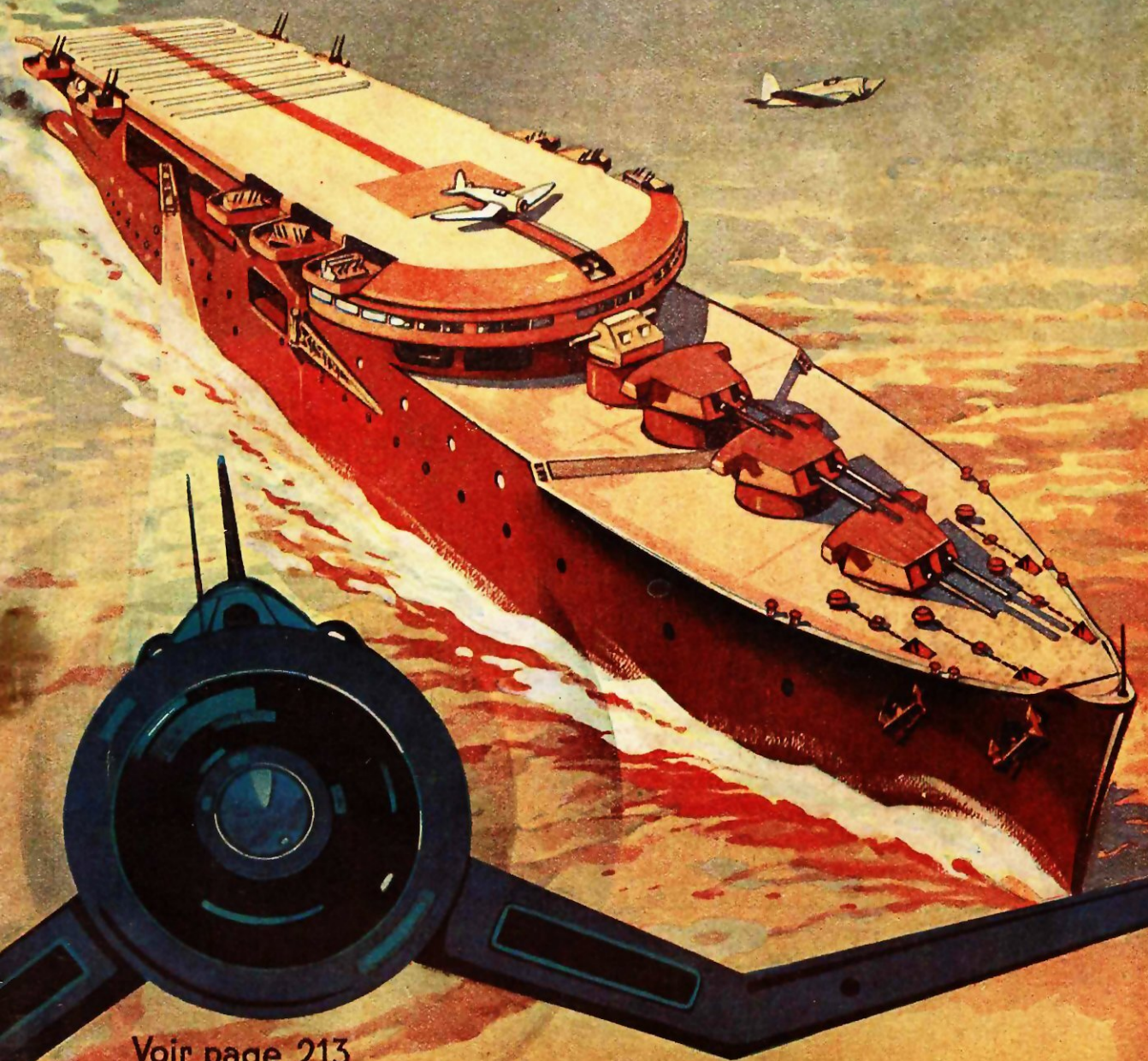


Novembre 1942

6 Francs

la Science et la Vie



Voir page 213

ECOLE SPECIALE DE T.S.F.

Normalement à SECTION DE L'ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL Pendant la guerre:
PARIS **NICE**

Sauf pendant la guerre Fondée en 1917
152, Avenue de Wagram 3, Rue du Lycée

COURS PAR CORRESPONDANCE (Inscription à toute époque)

Les élèves des Cours par correspondance reçoivent des cours autographiés ou ouvrages imprimés et des séries de devoirs qui leur sont corrigés et retournés conformément à un emploi du temps.

SECTION ADMINISTRATIVE

L'importance de cette section est des plus grandes, car les seuls brevets de Radiotélégraphiste délivrés par l'Etat ont les trois certificats que délivre après examen le Ministre des P.T.T. Aucune limite d'âge au-dessus de 17 ans.

CERTIFICAT SPÉCIAL

Accessible aux jeunes gens ayant une bonne instruction primaire.

CERTIFICAT DE 2^e CLASSE

Accessible aux jeunes gens ayant une bonne instruction primaire supérieure ou ayant fait le lycée jusqu'à la seconde.

CERTIFICAT DE 1^{re} CLASSE

Accessible aux jeunes gens ayant terminé la classe de première de lycée ou 3^e année des écoles professionnelles.

A QUOI SERVENT CES BREVETS ?

Le certificat spécial permet l'entrée dans les armées du Génie, de l'Air, de la Marine de guerre; comme écoutateur sur les navires de commerce. Il peut servir aux officiers de la Marine marchande et aux navigateurs aériens.

Les certificats de 1^{re} et 2^e classe, à condition d'être titulaire du diplôme de Radio de la Marine marchande, leur permettent de naviguer comme officier sur les navires de commerce. Ils facilitent l'entrée dans toutes les Administrations.

AUTRES CONCOURS ET EXAMENS

DÉFENSE NATIONALE. — Engagement dans l'Armée, l'Aviation, la Marine; école de sous-officiers-élèves officiers, officiers de réserve.

MINISTÈRE DE L'AIR. — Opérateurs et chefs de poste des aérodromes, navigateurs aériens.

P. T. T. — Sous-ingénieurs radios, certificats de radios de postes privés.

POLICE. — Inspecteurs radios.

COLONIES. — Préparations spéciales suivant les colonies.

MARINE MARCHANDE. — Préparation à la section radio des écoles de la Marine marchande (loi du 4 avril 1942).

DÉFENSE DU TERRITOIRE. — Mécaniciens radios, opérateurs, sous-chefs radios (emplois nouveaux).

SECTION INDUSTRIE

Plus que jamais, la radiotechnique s'offre aux jeunes gens en quête d'une carrière pleine d'intérêt. Depuis 1918, notre école s'est spécialisée dans cet enseignement, et des cours et des devoirs sont gradués et mis au point d'une façon rationnelle.

COURS D'AMATEUR RADIO

Cours très simple à l'usage des amateurs.

COURS DE MONTEUR-DÉPANNEUR

Notions d'arithmétique, algèbre, géométrie, Electricité. T. S. F. Dépannage, Construction et Montage de postes.

COURS D'OPÉRATEUR

Arithmétique, Algèbre, Géométrie, Physique, Mécanique, Electricité industrielle, T. S. F., Dessin, Dépannage, Construction et Montage de postes.

COURS DE RADIOTECHNICIEN

Arithmétique, Algèbre, Géométrie, Trigonométrie, Règle à calcul, Mécanique, Résistance des matériaux, Physique, Chimie, Electricité, Moteurs thermiques, Radiotechnique théorique et appliquée, Dépannage, Construction et Montage, Dessin.

COURS DE SOUS-INGÉNIEUR

Algèbre, Géométrie, Trigonométrie, Règle à calcul, Mécanique, Résistance des matériaux, Electricité, Mesures radioélectriques, Radioélectricité théorique et appliquée, Emission, Réception, Installation et ensemble, Ondes dirigées, Moteurs thermiques, Télévision, etc.

COURS D'INGÉNIEUR

Mathématiques supérieures, Géométrie analytique, Géométrie descriptive, Physique, Thermodynamique, Mécanique, Résistance des matériaux, Electrotechnique théorique et appliquée, Mesures, Construction de l'appareillage, Radioélectricité théorique et appliquée, Projets, Télévision, Moteurs thermiques.

ÉLECTROTECHNICIEN EN TÉLÉVISION ET CINÉMA

Electricité, Radiotechnique, Acoustique, Optique, Cinéma, Cinéma sonore, Télévision.

Envoi du programme général. (Joindre 3 fr. 50 en timbres)

COURS SUR PLACE

La loi du 4 avril 1942 a réorganisé les programmes de radio de la Marine marchande. Le programme des cours sur place enseignés dans les écoles autorisées sera envoyé, accompagné du programme complet de l'examen, contre la somme de 12 francs en timbres.

ECOLE PRIVÉE D'ENSEIGNEMENT MARITIME DE NICE, 21 boulevard Frank-Pilatte (autorisée). Programme des cours sur place gratuits. (Joindre 3 fr. 50 pour frais d'envoi.)

Les cours par correspondance de L'ÉCOLE UNIVERSELLE

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

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

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

BROCHURE N° L. 5.632. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Diplôme d'études primaires préparatoires, Certificat d'études, Bourses, Brevets, Certificat d'aptitude pédagogique, etc.

BROCHURE N° L. 5.633. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Examens de passage, Certificat d'études classiques ou modernes du premier cycle, Diplôme de fin d'études secondaires, Baccalauréats, etc.

BROCHURE N° L. 5.634. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats (Lettres, Sciences, Langues vivantes, Classes élémentaires des Lycées, Collèges, Professorats pratiques), Examens professionnels, P.C.B., etc.

BROCHURE N° L. 5.635. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES : Agriculture, Industrie, Travaux publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Assistance, Colonies, etc.

BROCHURE N° L. 5.636. — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS : Ingénieur (diplôme d'Etat), Sous-Ingénieur, Dessinateur, Conducteur, Chef de chantier, Contremaître, etc.

BROCHURE N° L. 5.637. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural, etc.

BROCHURE N° L. 5.638. — CARRIÈRES DU COMMERCE (Administrateur commercial, Secrétaire, Correspondancier, Sténo-dactylo, Représentant, Services de publicité, Teneur de livres), de l'INDUSTRIE HOTELIÈRE, des ASSURANCES, de la BANQUE, de la BOURSE, etc.

BROCHURE N° L. 5.639. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, DESSIN, ÉCRITURE, etc.

BROCHURE N° L. 5.640. — LANGUES VIVANTES (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol, Arabe, Annamite), TOURISME (Interprète), etc.

BROCHURE N° L. 5.641. — AIR, RADIO, MARINE : Pont, Machine, Commissariat, T.S.F., etc.

BROCHURE N° L. 5.642. — SECRÉTARIATS, BIBLIOTHÈQUES, JOURNALISME (Rédaction, Administration, Direction), etc.

BROCHURE N° L. 5.643. — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Flûte, Clarinette, Instruments de jazz, Professorats, etc.

BROCHURE N° L. 5.644. — ARTS DU DESSIN : Dessin pratique, Anatomie artistique, Dessin de Mode, Illustration, Composition décorative, Aquarelle, Gravure, Peinture, Fusain, Pastel, Professorats, Métiers d'art, etc.

BROCHURE N° L. 5.645. — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE : Petite main, Seconde main, Première main, Vendeuse, Retoucheuse, Modéliste, Professorats, etc.

BROCHURE N° L. 5.646. — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ : Coiffeuse, Manucure, Pédicure, Masseur, etc.

BROCHURE N° L. 5.647. — CARRIÈRES FÉMININES dans toutes les branches d'activité.

BROCHURE N° L. 5.648. — TOUTES LES CARRIÈRES ADMINISTRATIVES : Secrétariats d'Etat, Administrations financières, Inspection du Travail, Banques, Magistrature, Police, P.T.T. Ponts et Chaussées, Chemins de fer, Préfectures, Mairies, etc.

ÉCOLE UNIVERSELLE

12 place Jules-Ferry, LYON

59 boulevard Exelmans, PARIS

C'est si facile maintenant d'apprendre à dessiner...

nous dit **MARC SAUREL**, créateur de l'enseignement du dessin par correspondance, inventeur de la célèbre méthode

“LE DESSIN FACILE”

Institution française



“ Mon nouveau cours est si facile que tout le monde peut le suivre. J'ai du reste des élèves de tous âges, des jeunes gens, des adultes, et d'autres qui ont dépassé la soixantaine. Tous me disent la joie qu'ils éprouvent à dessiner en suivant ma méthode. Elle est pourtant bien simple et j'étais loin de m'attendre aux étonnants résultats qu'elle donne ”.

Ce que ne dit pas M. Marc Saurel, c'est qu'il a acquis une expérience inégalable dans l'enseignement du dessin par correspondance au cours de ses 30 et

quelques années de succès continuels. N'a-t-il pas également su grouper autour de lui une “équipe de collaborateurs d'élite, professeurs diplômés ou artistes notoires”, animés comme

lui de la même passion du dessin? Et ne vient-il pas de créer un cours simplifié pour les enfants appelé à connaître un étonnant succès?

Son enseignement, qui fera de vous en moins d'un an un excellent dessinateur aborde les différents sujets dans un ordre logique. Pour éviter toute perte de temps à rechercher des modèles, de magnifiques planches photographiques vous seront remises avec les cours. Ainsi vous vous familiariserez par une formule attrayante avec les divers exercices conseillés. Ces exercices, corrigés à intervalles réguliers, constituent de véritables leçons particulières. Et vous connaîtrez à votre tour la joie et l'enthousiasme des élèves de Marc Saurel.



Premier croquis exécuté d'après nature par un élève.

BON pour une brochure SV. 27 illustrée gratuite, à envoyer, en soulignant le genre de dessin qui vous intéresse :
 Croquis, Portrait, Paysage, Dessin de Mode, d'Illustration, de Publicité, de Lettres, Dessin Animé pour Cinéma, etc...
“LE DESSIN FACILE”, 11, Rue Keppler, PARIS (16^e)
 Z. N. O. : “LE DESSIN FACILE”, BANDOL (Var)

ÉCOLE PRIVÉE D'ENSEIGNEMENT MARITIME

ouverte conformément à la loi du 1^{er} avril 1942
NICE, 21, Boulevard Franck-Pilatte — Téléphone : 61-14

ENSEIGNEMENT SUR PLACE

Pont - Machines - T. S. F.

Sections ouvertes en Octobre 1942

PONT

Préparation au brevet d'élève-officier au long cours :
Niveau de l'examen d'entrée : Baccalauréat première partie. Age minimum : 17 ans. Maximum : 23 ans.
Programme d'études : Mathématiques supérieures. Physique. Electricité. Astronomie. Navigation. Français. Morale. Anglais. Technologie navale. Législation.

MACHINES

Préparation au brevet d'officier-mécanicien de deuxième classe (théorie) :
Niveau de l'examen d'entrée : Brevet industriel.
Programme d'études : Français. Machines. Physique. Mécanique. Electricité. Dessin industriel. Législation. Travail manuel.

RADIOTELEGRAPHIE

Préparation au brevet d'opérateur-radio des P. T. T. de deuxième classe :
Niveau de l'examen d'entrée : Brevet élémentaire.
Programme des études : Français. Anglais. Electricité. Radiographie. Législation. Lecture au son. Appareils en usage à bord.

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

PONT

Préparation au brevet de capitaine de la Marine marchande (théorie) :
Niveau de l'examen d'entrée : Brevet élémentaire.
Programme d'études : Français. Cosmographie. Navigation. Manœuvre et Législation.

MACHINES

Préparation au brevet d'officier-mécanicien de deuxième classe (voir plus haut).

RADIOTELEGRAPHIE

Préparation au brevet d'opérateur-radio des P. T. T. de deuxième classe (voir plus haut).

Envoi gratuit des conditions d'admission (joindre un timbre pour la réponse).
Envoi contre la somme de 8 francs du programme détaillé de chaque section.

ÉCOLE PRIVÉE D'ENSEIGNEMENT MARITIME DE PARIS

152, Avenue de Wagram, 152

Le service de renseignements de l'Ecole, 3, rue du Lycée, Nice, pourra envoyer toute documentation.

Une usine volante



Il y a souvent loin de la coupe à l'usine. Les transports sont coûteux et difficiles. En traitant le bois au cœur même de la forêt, on recueille à moindres frais les produits semi-finis. Débarassés de leur poids d'eau tassée, ils sont acheminés ensuite vers l'usine régionale, qui les rectifie et les conditionne.

Telle est la collaboration rationnelle qui doit s'établir entre l'exploitation forestière difficilement accessible et l'usine fixe de carbonisation.

Pour réaliser ce programme, il est indispensable de disposer de fours modernes, mobiles, robustes, facilement transportables, susceptibles de produire sur place du bois stuvé pour gaze-bois, du bois roux, du charbon de bois, de récupérer les goudrons et les pyroligneux, d'écorcer le chêne, sans surveillance et sans combustible d'appoint.

Le four G. BONNECHAUX, fruit de 14 années d'expérience, répond à ces conditions. Des centaines d'appareils en service peuvent en témoigner. C'est le trait d'union indispensable entre la forêt et l'usine.

**FOURS A CARBONISER
G. BONNECHAUX**

CARBO-FRANCE
Siège Social :
6 Av. de la Vesouze
Toulon
Tél. 6398



CARBO-FRANCE
PARIS
24, Rue de Châteaux
Neuilly-sur-Seine
Tél. Mouton 1939

128 distributeurs et agents de vente en France, aux Colonies et à l'Étranger.

Agences : FRANCE, COLONIES, ÉTRANGER
TOULON, ARLÈS, BÉZIERS, AMBERT, LIMOGES,
LYON, PERPIGNAN, AIX-EN-PROVENCE,
TOULOUSE, TUNIS, PARIS, LANGENTHAL (Suisse)

UNE CARRIERE SANS ALEA



INDUSTRIE
COMMERCE
RADIO
MARINE
AVIATION
T.S.F.
TELEVISION

Choisissez un métier sans chômage. - Orientez-vous vers la Radio-Electricité aux débouchés multiples. - Suivez chez vous par correspondance les cours de radio-monteur, dépanneur, sous-ingénieur de T.S.F.

Brochure gratuite N° 6
L'ECOLE VESUNA
24, Boul' A.-Clavelle
PERIGUEUX

SERIES de TIMBRES

provenant
d'ŒUVRES et d'ÉCHANGES

FORTE REMISE

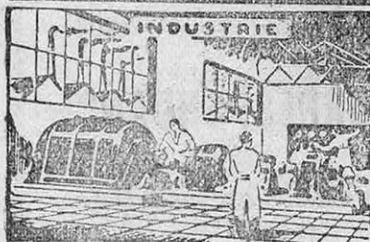


ÉCRIRE :

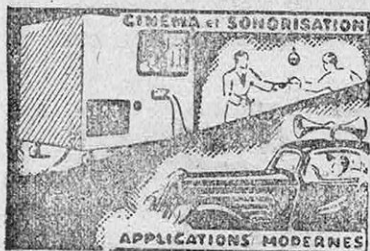
Ab. DENIS

LA COQUILLE (Dordogne)

R. C. Seine 3.541



- 24 années de fonctionnement et d'expériences.



- 25 Professeurs-Ingénieurs, parmi lesquels figurent les grands noms de la Radio.

- 24.000 Élèves instruits et placés.

- 1919, depuis cette date, ses Méthodes d'Enseignement, ont classé l'École Centrale de T.S.F., indiscutablement à la 1^{re} Place.



Telles sont quelques-unes des Références que nous vous apportons en zone non-occupée où nous avons créé pour vous une annexe.

Demandez-nous dès aujourd'hui, le "GUIDE GRATUIT DES CARRIÈRES"

ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

12 rue de la Lune PARIS - Téléphone Central 78-87
Annexe, 8 rue Porte de France - VICHY (Allier)

Publicités Réunies



■ POURQUOI hésiteriez-vous, **JEUNES GENS**, à chercher votre voie ?
 Votre jeunesse impatiente d'action y trouvera les plus grandes possibilités
 d'avenir, et de nombreux débouchés riches en perspectives nouvelles,
 modernes, sportives...

SUIVEZ NOS COURS SPÉCIAUX PAR CORRESPONDANCE

Notre Ecole, dirigée par le Commandant DUPONT, ancien professeur des
 Ecoles militaires, vous donnera le **maximum de chances possibles**
de succès aux examens et concours officiels.

Nos cours, spécialement étudiés, répondent à **chaque cas** particulier,
 suivant le degré d'instruction de **chaque élève** et la spécialisation vers
 laquelle il souhaite se diriger.

○ **SI VOUS AIMEZ LA MER**, les voyages à tra-
 vers le monde, le changement, **LA CARRIÈRE**
D'OFFICIER RADIO DE LA MARINE MAR-
CHANDE vous conviendra tout particulièrement
 par suite de sa vie saine, instructive et nouvelle.

○ **SI VOUS AIMEZ LA VIE DES COLONIES**,
 comme **CHEF DE POSTE RADIO DES MINISTÈRES**,
DES STATIONS DU RÉSEAU TRANSSAHARIEN,
 vous aurez une vie pleine d'attraits et dont la
 principale caractéristique est l'indépendance.

○ **LA VIE INDUSTRIELLE** vous apportera avec
 les carrières d'**INGÉNIEUR**, de **DÉPANNÉUR**, ou
 de **MONTEUR RADIO**, toutes les satisfactions
 techniques que demande votre esprit à tour-
 nure scientifique et pratique tout à la fois.

○ **SI VOUS AIMEZ L'AVIATION**, la vie spor-
 tive, les grands espaces, **LA CARRIÈRE D'OPÉ-**
RATEUR RADIO VOLANT de l'Aéronautique
 civile ou militaire vous donnera toutes les
 satisfactions que vous pouvez en attendre.

○ **SI VOUS PRÉFÈREZ LA MÉTROPOLÉ ET LES**
FONCTIONS ADMINISTRATIVES, les carrières
 d'**OPÉRATEUR RADIO** terrestre des Ministères et
 des grandes Administrations d'État ou privées,
 d'**INSPECTEUR RADIO POLICE** vous conviendront

○ **LA TÉLÉVISION ?...** est déjà une réalité
 commerciale. **Demain**, elle prendra le développe-
 ment prodigieux qu'on est en droit de prévoir.
Sachez, dès aujourd'hui, préparer votre ave-
 nir en vous apprêtant à la fonction de **SPÉCIALISTE**.

JEUNES GENS, N'HÉSITÉS PAS A NOUS DEMANDER CONSEIL
IL VOUS SERA RÉPONDU PAR RETOUR DU COURRIER

— NOTICE GRATUITE SUR DEMANDE —

ÉCOLE de RADIOÉLECTRICITÉ et de TÉLÉVISION de LIMOGES

15, RUE DU DOCTEUR BERGONIÉ — LIMOGES — H.V.

Monsieur le directeur Veuillez m'adresser, sans engagement de ma part, la documentation
 GRATUITE concernant votre ÉCOLE et plus particulièrement le cours de

NOM PRÉNOMS

ADRESSE

P.R.D.I

SEULE la méthode A.B.C.

permet à un débutant de réussir des croquis
d'après nature dès la première leçon.

La Méthode A.B.C. a, dans le monde entier, depuis 23 ans, permis à plus de 60.000 personnes de connaître les joies et les avantages que procure le dessin.

La Méthode A.B.C. est toujours la plus moderne des méthodes. Ecartant tout travail de copie, elle s'adapte à la personnalité de chaque élève, facilite aussi leur spécialisation, soit dans une branche artistique ; portrait, paysage, soit dans une branche commerciale ; illustration, décoration, dessin publicitaire, etc.

BROCHURE GRATUITE

Envoyez le coupon et vous recevrez la brochure gratuite (joindre 5 francs en timbres pour tous frais). Spécifiez bien le cours qui vous intéresse : cours de dessin pour enfants ou pour adultes.



Remarquable croquis d'un de nos élèves après six mois d'étude.

ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN

Z. O. : (Service C B 4) 12, Rue Lincoln — PARIS

Z. N. O. : (Service C B 4) 6, Rue Bernadotte — PAU (Basses-Pyr.)

Cours choisi :

NOM :

ADRESSE :



ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL, AIR ET MARINE INDUSTRIELLES

PARIS, 152, Avenue Wagram
 Secrétariat en Zone Libre :
 NICE, 3, Rue du Lycée, 3

Enseignement par correspondance

(INSCRIPTION A TOUTE ÉPOQUE)

INDUSTRIE

DESSINATEUR, TECHNICIEN, SOUS-INGÉNIEUR, INGÉNIEUR en Mécanique générale, Constructions aéronautiques, Electricité, Electromécanique, Radiotechnique, Chimie industrielle, Bâtiment, Travaux Publics, Constructions navales, Géomètres.

ADMINISTRATIONS

Ponts et Chaussées et Génie rural (ad-joint technique et ingénieur adjoint) ; P. T. T. (opé-rateurs radios, surnuméraires, vérificateurs, dessina-teurs, etc.) ; Divers - Tous les concours techni-ques, géomètres compris, des diverses admi-nistrations France et Colonies.

MARINE

Ecole Navale et Ecole des Elèves Ingénieurs-Mécaniciens, Ecoles de Maistrance, Ecole nation-als des Elèves-Officiers, Ecoles nationales de la Marine marchande.

AIR ET ARMÉE

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

AVIATION CIVILE

Brevets de Navigateurs aériens. Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs Adjointes Météorologistes, Opérateurs Radioélectri-ciens, Chefs de Poste.

COMMERCE - DROIT

Secrétaire, Comptable et Directeur, CAPACITÉ EN DROIT, ÉTUDES JURIDIQUES.

LYCÉES

Préparation de la 6^{me} aux Bacco-lauréats compris.

AGRICULTURE

AGRICULTURE GÉNÉRALE, MÉCANIQUE ET GÉNIE AGRICOLE.

ÉCOLES NATIONALES

Préparation à l'entrée à toutes les Ecoles nationales, secondaires, techniques et supé-rieures.

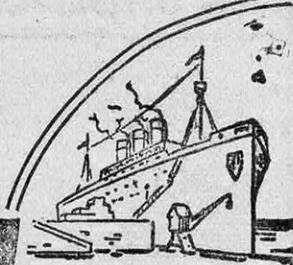
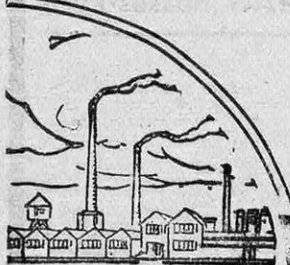
SECTION SCIENCES

Etude et développement par correspon-dance des Sciences mathématiques et appliquées depuis les cours d'initiation jusqu'aux cours les plus élevés. (voir la page spéciale à l'Ecole des Sciences mathématiques). Les cours sont groupés de façon à permettre aux élèves d'obtenir des titres qui, bien que privés, ont la valeur consacrée par un examen passé sous l'autorité d'une école sérieuse. Ces titres sont par ordre d'importance : les diplômes d'initiation mathématique, de mathématiques préparatoires, de mathématiques appli-quées, mathématiques théoriques, de calcul infinitésimal et appliqué, de mathématiques générales et géométrie analytique, de mathé-matiques supérieures et appliquées. On trouve dans ces différentes sections les éléments de préparation scientifi-que à tous les examens et concours existants.

PROGRAMMES GRATUITS (Envoi du programme contre 3 fr. 50 en timbres)

MARINE MARCHANDE

En vertu de la loi du 4 avril 1942, seules, les Ecoles privées autorisées par le Secrétariat à la Marine, peuvent préparer à un certain nombre de brevets de Pont, Mécaniciens, T. S. F., sur place ou par correspondance. Envoi gratuit du programme de l'Ecole privée d'Enseignement Mari-time de Nice, 21, boul. Frank-Pilatte, contre 3 fr. 50 en timbres pour frais d'envoi.



(L'Association des Anciens Étèves est reconstituée en zone libre).

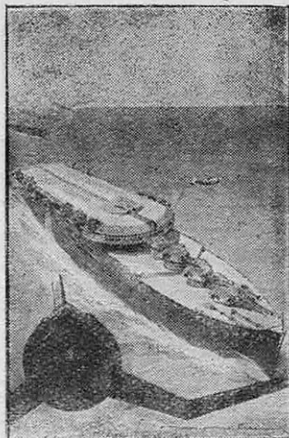
la Science et la Vie

Tome LXII — N° 303

SOMMAIRE

Novembre 1942

- ★ L'arme antichars : fusil de 13 mm ou canon de 380 mm ? par Camille Rougeron..... 205
- ★ L'évolution des flottes de combat : Vers le porte-avions cuirassé de 60 000 tonnes et le croiseur porte-avions de 10 000 tonnes, par Pierre Belleruche..... 212
- ★ Les molécules géantes, par G. Champetier..... 223
- ★ L'âge de l'aluminium succède à l'âge du fer, par André Fournier 234
- ★ La lumière noire et la microscopie de fluorescence, par Maurice Déribéré..... 237
- ★ La lutte du projectile et de la cuirasse, par V. Reniger 240
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor..... 247

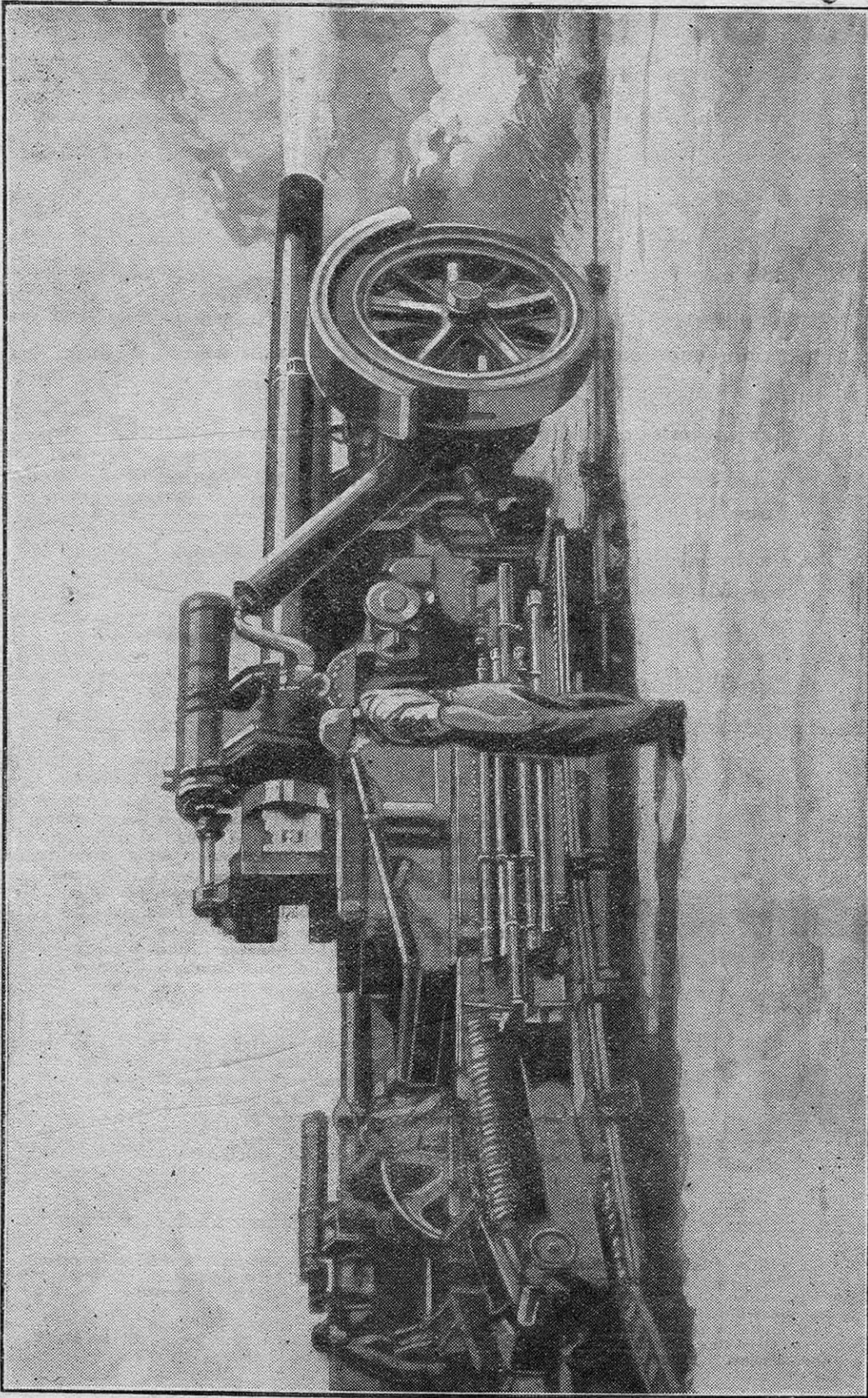


T W 22392

Dans les batailles navales du Pacifique, les flottes ennemies sont demeurées à 200 km et plus les unes des autres, l'aviation embarquée intervenant seule dans le combat. Dans l'Atlantique, la défense des convois marchands soumis aux attaques des avions torpilleurs et bombardiers exige la protection de la chasse. Toutes les grandes flottes de combat réclament aujourd'hui des avions. Faudra-t-il doubler chaque bâtiment de surface d'un porte-avions? Il apparaît aujourd'hui plus rationnel de ménager sur le pont de chaque unité importante une plate-forme d'atterrissage complétée par des catapultes d'envol, afin de disposer constamment de formations aériennes appréciables sans nuire aux facteurs capitaux d'armement et de protection. Ainsi sont nées les conceptions du cuirassé porte-avions de 60 000 tonnes et du croiseur porte-avions d'escorte de 10 000 tonnes. La couverture du présent numéro représente un bâtiment de ce dernier type lançant ses avions de chasse par ses catapultes obliques sous le pont d'atterrissage (voir page 212 l'article sur les porte-avions).

« La Science et la Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la vie moderne, rédigé et illustré pour être compris de tous. Rédaction, Administration, actuellement, 3, rue d'Alsace-Lorraine, Toulouse. Chèque postal : numéro 184.05 Toulouse. Téléphone : 230-27. Publicité : 68, Rue de Rome, Marseille.

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « La Science et la Vie », Novembre mil neuf cent quarante-deux. Registre du Commerce : Toulouse 3235 B. Abonnements : France et Colonies, un an : soixante-dix francs.



T W 22393

ARTILLERIE LOURDE ALLEMANDE FAISANT DU TIR DIRECT CONTRE CHARS

L'ARME ANTICHARS : FUSIL DE 13 mm OU CANON DE 380 mm ?

par Camille ROUGERON

Les campagnes victorieuses de l'armée allemande en 1939 et 1940 nous ont fait assister au spectacle paradoxal de divisions blindées pénétrant sans grand dommage dans les lignes de l'adversaire, insuffisamment défendues par le feu d'un petit nombre d'armes antichars spécialisées, tandis que l'artillerie de campagne, constituant la plus grande part de la puissance de feu de la défense, demeurait passive. En trois ans de guerre, la défense antichars active a fait des progrès considérables grâce à une double course au calibre et à la vitesse initiale. Mais c'est surtout la collaboration de tous les modèles d'artillerie de campagne, jusqu'à l'artillerie lourde incluse, et des canons de D.C.A., qui a donné au feu antichars une puissance, une profondeur et une densité suffisantes pour briser l'assaut des engins blindés les plus lourds. Il est d'ores et déjà permis d'entrevoir l'époque où tout matériel, aussi élevée que soit sa puissance, devra, en plus de ses missions normales, participer à la lutte contre les chars.

L'histoire du canon antichars

POUR être brève, l'histoire du canon antichars présente cette complexité qui est le plus souvent le caractère des problèmes mal posés.

La question préalable ne s'écarte déjà pas sans difficulté : le canon antichars doit-il être distinct du char ou de l'avion ? Nous sommes persuadé que tel est bien l'aboutissement normal des progrès du canon antichars, lorsqu'on aura compris que la traction humaine ou animale ne convient plus aux matériels de guerre, et que le châssis automoteur tous terrains ou l'avion sont le moins qu'on puisse offrir comme

affût à un tube de canon. Nous en avons exposé tous les avantages ici même (1).

Mais cet avis n'est pas universellement partagé. Il y a des pays où l'on produit cent millions de tonnes de métaux ferreux par an, où chaque famille a son auto, où nul ne songerait à labourer sans une charrue multisoies à traction mécanique, mais qui sont assez économes pour ne pas gaspiller les moteurs au point d'en affecter un à chaque arme antichars ; le mulet ou les bras de l'homme paraissent suffisants pour déplacer rapidement ces

(1) Voir : « L'évolution du char », dans *La Science et la Vie*, n° 297, mai 1942.

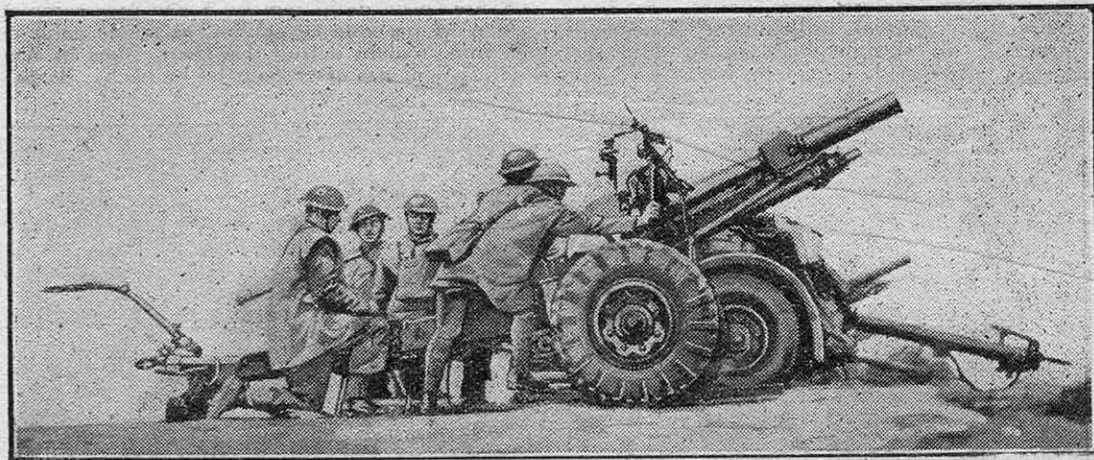


FIG. 1. — LE CANON-OBUSIER BRITANNIQUE DE 25 LIVRES

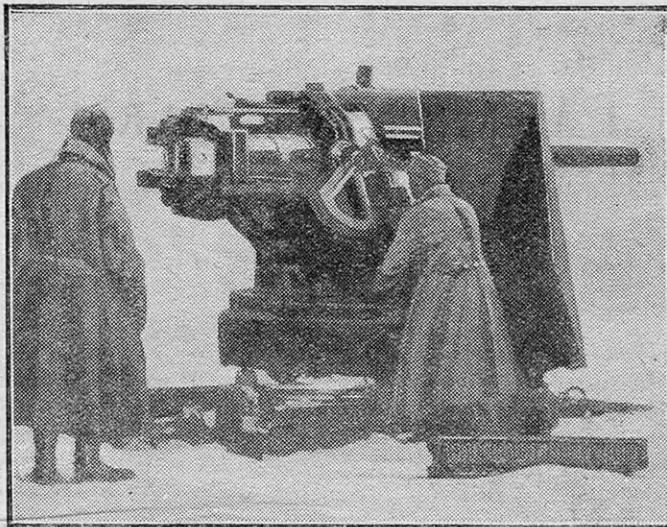
T W 22395

Ce matériel, dénommé d'après le poids de son projectile (11,250 kg) peut faire soit le tir tendu du canon, soit le tir courbe de l'obusier. Il est monté sur une plate-forme circulaire qui permet son emploi comme arme antichars à champ de battage de 360°.

engins sous le feu. Jusqu'à ce que cette conception disparaisse, il reste intéressant d'examiner l'évolution du canon antichars, ne serait-ce que pour en enregistrer les vicissitudes.

Les premiers principes de l'armement antichars ont été posés par Ludendorff, qui ne croyait pas avoir grand besoin du char et de l'avion pour faire la guerre; on ne s'étonnera donc pas qu'il n'ait pas posé le principe de la confusion de l'arme antichars avec le char et l'avion. Mais, sur tous les autres points, ses vues étaient aussi remarquablement justes qu'on pouvait l'attendre d'un tacticien de sa classe. Sa solution était la combinaison d'un fusil de 13 mm, arme d'infanterie, et du canon de 77 mm, arme d'artillerie; le premier tirait une balle perforante pleine qui devait aisément traverser des blindages établis pour résister à la mitrailleuse d'infanterie; le second tirait soit un projectile percutant ordinaire, soit un projectile de rupture, aussi surabondants l'un que l'autre. Le fusil et le canon étaient d'ailleurs fort judicieusement complétés par une série d'autres moyens de défense dont la collection n'a guère été augmentée : pièges, fossés, mines, paquets de grenades...

La défense à l'aide de l'artillerie de campagne donna ce qu'on en attendait, si l'on s'en rapporte aux pertes importantes que le canon de 77 mm infligea aux unités de chars engagées. Mais, comme, malgré leurs pertes, les chars ouvrirent en général brillamment la route à l'infanterie, il est difficile de parler d'un succès de la défense. L'emploi du fusil de 13 mm



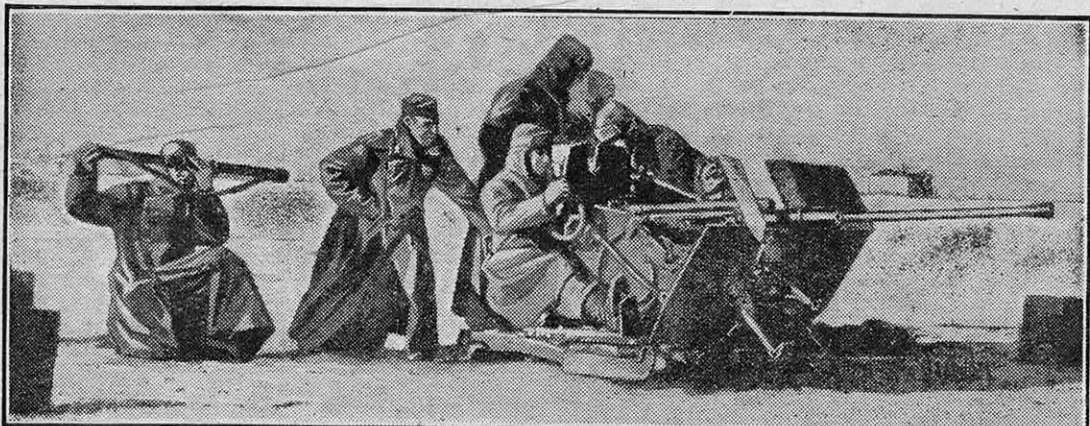
T W 22401

FIG. 2. — PIÈCE ALLEMANDE DE D.C.A. EFFECTUANT UN TIR ANTI-CHARS SUR LE FRONT RUSSE

fut beaucoup moins heureux; le fantassin allemand dut le plus souvent l'abandonner en se repliant. Ludendorff s'en est expliqué dans ses Mémoires; il a soutenu que la lutte contre les chars est affaire de nerfs et que le soldat allemand de l'été 1918 n'était pas dans les conditions voulues pour la soutenir; c'est une application particulière de sa thèse générale de la démoralisation de l'avant par l'arrière.

De 1918 à 1939, l'histoire du canon antichars est assez simple. Presque toutes les armées se mirent d'accord pour doter leur infanterie d'un matériel de 37 mm spécialement établi à cet effet. Les exceptions furent rares. La plus notable était celle de l'armée française, où le calibre de 25 mm avait été jugé suffisant; le canon Hotchkiss de 25 mm rachetait d'ailleurs en partie son infériorité de calibre par sa vitesse initiale. En sens inverse, on doit noter la tendance, à la veille de la guerre, vers les calibres supérieurs; la Roumanie, par exemple, avait été assez heureuse pour se faire livrer, en 1938 et 1939, un excellent matériel Schneider de 47 mm; l'armée française avait elle-même entrepris de compléter son Hotchkiss de 25 mm par un Puteaux de 47 mm, plus puissant que le matériel Schneider, mais qui n'était pas encore en service à la déclaration de guerre.

Si l'on en juge par le résultat d'ensemble de 1939 et 1940, l'échec de l'arme spécialisée de calibre voisin de 37 mm fut à peu près complet. Ce n'est pas que ce calibre, et même celui de 25 mm, n'aient détruit des chars. Mais ils n'en détruisaient pas assez pour les empêcher de pas-



T W 22402

FIG. 3. — CANON AUTOMATIQUE DE LA D.C.A. ALLEMANDE EN BATTERIE CONTRE LES CHARS

ser. Les pertes des « Panzerdivisionen » furent très inférieures aux pertes des unités de chars françaises et britanniques en 1918; partout où ils entreprirent de percer, les chars ne furent jamais sérieusement inquiétés par les canons antichars.

Une transformation complète des principes de l'arrêt des chars par l'artillerie s'imposait. Elle s'observe, en 1941 et 1942, dans trois voies : l'emploi généralisé de l'artillerie de campagne à cette mission, le recours à l'artillerie de D.C.A., et enfin le relèvement de puissance des canons antichars spécialisés, dernière solu-

tirant jusqu'à 17 km un projectile de 11 kg; c'est donc un matériel à grande vitesse initiale, tirant un projectile très lourd pour son calibre et qui convient mieux que l'obusier du point de vue perforation. L'affût est monté sur plaque tournante permettant un emploi aisé comme arme antichars.

Mais la défense contre les chars ne se limite point à l'artillerie légère, si l'on peut appeler « léger » un matériel qui tire à 17 km un projectile de 11 kg. La nouveauté du printemps 1942 aura été l'emploi sur le front Est de l'artillerie lourde dans cette même mission; le calibre de

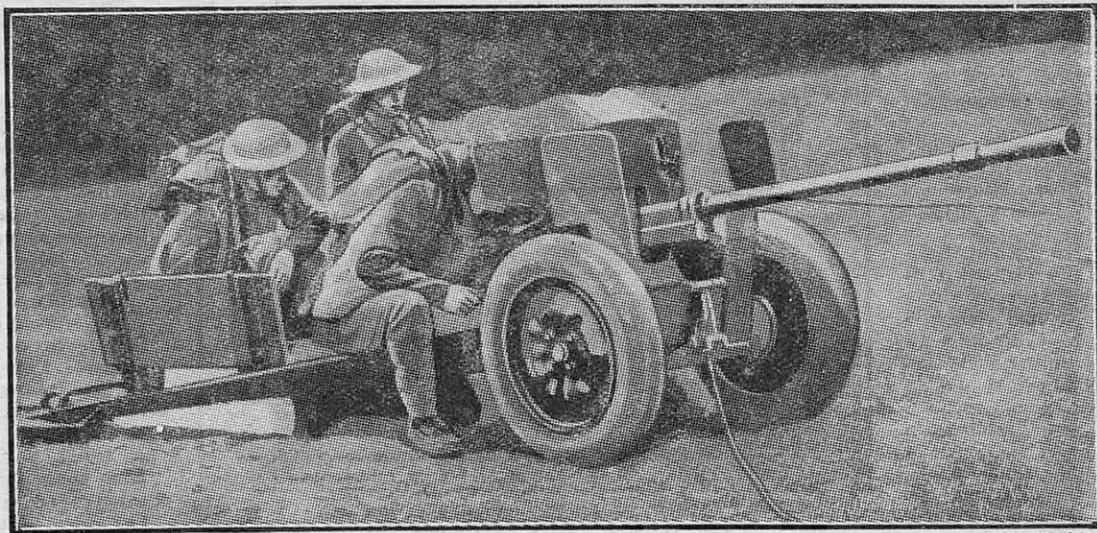


FIG. 4. — CANON ANTICHARS BRITANNIQUE

T W 22394

tion en date qui réclamait la sortie de nouveaux matériels.

L'emploi généralisé de l'artillerie de campagne comme arme antichars est le retour à la solution de Ludendorff. Elle n'avait, au fond, jamais été abandonnée. L'artillerie allemande qui a choisi comme sujet de monument à ses morts de 1914-1918 cet officier qui fut cité dans le communiqué britannique pour s'être fait tuer sur sa pièce de 77 mm après avoir épuisé ses munitions en détruisant un nombre de chars extraordinaire, connaissait sa puissance d'arrêt. Le règlement sur l'École de combat de l'artillerie enseignait encore, à la veille de la transformation de son armement que « le 77 mm modèle 1916 est l'arme la plus efficace pour détruire les chars de combat »; l'obusier de 105 mm qui l'a remplacé s'est vu attribuer cette même mission. Ce n'est donc qu'en apparence que l'armée allemande était réduite aux 72 canons antichars de 37 mm par division qu'on lui prêtait; toute l'artillerie divisionnaire avait reçu cette mission essentielle.

Le nouveau canon de campagne britannique, en service sur le front d'Égypte depuis l'hiver 1941-1942, présente même des caractéristiques et des dispositions spécialement adaptées à cette mission. C'est un canon-obusier (1) de 87 mm,

150 mm, aussi bien du côté allemand que du côté russe, paraît très convenable à la défense contre les nouveaux chars lourds.

Pas plus que l'emploi généralisé de l'artillerie de campagne, celui de l'artillerie de D.C.A. dans la lutte contre les chars n'est une nouveauté en Allemagne. Depuis 1918, le règlement allemand sur l'École de combat de l'artillerie prévoit que « les canons contre avions peuvent exceptionnellement être employés dans le combat terrestre pour battre des buts fugitifs dangereux, comme les chars de combat ». Le 20 mm Oerlikon, qui est d'ailleurs une conception allemande de 1918, est prévu, depuis sa création déjà ancienne, à la fois comme canon de D.C.A. et canon antichars. Les unités de D.C.A. allemandes ont employé dès le début de la guerre leurs matériels de 20 mm, de 37 mm et de 88 mm à la lutte contre les chars; les communiqués allemands ont indiqué les résultats en appareils détruits qui, sur le front russe, étaient souvent plus importants en chars qu'en avions. Le dernier emploi du 88 mm de D.C.A. comme arme antichars est celui qu'inaugura, avec le succès que l'on sait, Rommel dans l'offensive qui devait le mener aux abords du Caire; c'était le montage de ce canon sur char, spécialisé dès lors dans la lutte contre chars à grande distance.

(1) Le « canon-obusier » est une des solutions les plus heureuses de l'unification des matériels divisionnaires à tir tendu et à tir courbe. Plusieurs constructeurs avaient mis au point, au lendemain de la guerre de 1914-1918, des matériels réunissant la précision du tir courbe à faible et moyenne distance,

et la portée dans le tir à vitesse initiale élevée. De telles solutions s'imposent absolument dès que l'on considère que le tir contre chars à blindage épais est une des missions essentielles de l'artillerie de campagne.

Formule et tactique avaient depuis longtemps été définies en Allemagne. Dans un article du 4 octobre 1936 du *Militär Wochenblatt* consacré au « Panzerjäger » (chasseur de chars), celui-ci est défini sous forme d'un canon automoteur, à cuirasse légère pour la seule protection contre la balle de mitrailleuse et les éclats, à vitesse plus grande que celle du char pour le rejoindre et lui imposer le combat à grande distance, et porteur d'un canon long, de 50 à 75 mm, de portée et de puissance de perforation très supérieures aux pièces courtes des chars de l'époque. L'aptitude à la D.C.A. était prévue. Au calibre près, c'est le « Panzerjäger » de 88 mm de Rommel. Mais cette limite commune du canon antichars et du canon de D.C.A. ne diffère guère du char.

La dernière transformation de l'arme antichars spécialisée devait être le relèvement simultané du calibre et de la vitesse initiale. Au lendemain de son succès contre la France, l'armée allemande n'a pas négligé l'apport du 47 mm Puteaux, à grande vitesse initiale; elle a utilisé les prises de guerre et fait achever le matériel en cours de construction. Depuis, elle a complètement renoncé, semble-t-il, à son 37 mm pour le remplacer par un 50 mm. L'armée britannique, de son côté, a fait choix d'un canon de 57 mm dont le calibre marque la limite des matériels à grande vitesse initiale ayant la mobilité que l'on exigeait autrefois pour l'artillerie légère de campagne; le poids du 47 mm Puteaux était déjà de l'ordre de celui du 75 mm et du 77 mm avec lesquels les armées française et allemande sont entrées en guerre en 1914. Mais, en période de guerre, les considérations de mobilité ne pèsent guère devant les exigences de la puissance. C'est en grande partie avec ce 57 mm, qui aurait été construit et mis en service en grandes quantités dans l'été 1942, que l'armée britannique prétend avoir repoussé l'opération de Rommel contre ses lignes d'Egypte aux derniers jours d'août 1942.

La course au calibre

Il n'est pas d'exemple, croyons-nous, d'une course au calibre comparable à celle qui vient de porter, en deux ans, le canon antichars de 25 et 37 mm à 150 mm. Comme les blindages n'ont pas augmenté dans ce rapport, c'est donc que l'on avait très fortement surestimé les capacités de destruction des petits calibres.

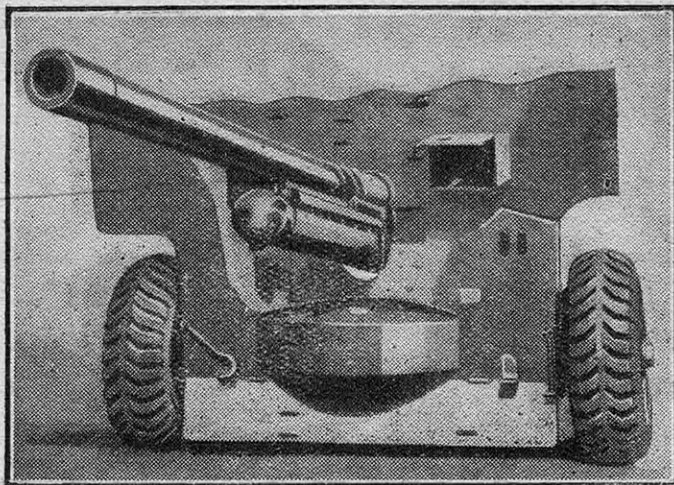
C'est là une erreur générale et très ancienne que nous avons régulièrement rappelée ici-même

à toute occasion qui s'offrait d'étudier, depuis 1939, les enseignements des combats sur terre, sur mer et dans les airs. Aucune démonstration plus probante ne pouvait en être fournie que la première en date, celle du combat du Rio de la Plata (1), où la coque de croiseurs britanniques, que l'on croyait tout juste protégés contre le calibre de 152 mm qu'ils portaient, put encaisser sans trop de dommages le feu des 280 mm d'un *Admiral Graf Spee*. Or les blindages de chars lourds sont du même ordre que les ceintures de 76 mm et les ponts blindés de 51 mm de beaucoup de croiseurs légers. Là où

les marines croient devoir attaquer de tels blindages avec du 152 mm, et du 152 mm « de marine », les armées faisaient preuve d'une confiance singulière en y destinant du 25 mm, du 37 mm, ou même du 75 mm « de campagne ». L'expérience de la guerre en a montré l'insuffisance fréquente en France, en Afrique et en U. R. S. S.; il a bien fallu admettre que l'artillerie lourde n'était pas de trop.

Le petit calibre perd très rapidement sa vitesse;

il est donc inapte au tir à quelques kilomètres qui a été l'une des innovations les plus heureuses de la tactique de l'artillerie dans sa lutte contre les chars. Le fusil antichars de 13 mm de 1918 ne devait être utilisé qu'au-dessous de 200 m; les canons de 25 et 37 mm étaient censés convenir entre 500 et 1000 m; l'artillerie légère de campagne avait une certaine efficacité jusqu'à 2000 ou 3000 m. Mais tout cela était exact, au maximum, contre chars légers ou moyens; la puissance de perforation tombait très vite avec la distance, même pour les calibres de l'ordre de 75 mm. Le tir à grande distance des gros calibres conserve son efficacité contre les chars; il maintient longtemps les vagues de chars sous un feu qui finit par leur causer des pertes sensibles même en formation dispersée; il met l'arme antichars à l'abri de la riposte directe du char visé; il la place même pratiquement à l'abri de la réaction des escadres d'assaut, qui n'ont pas la même facilité que dans le cas du tir direct pour découvrir dans le feu d'ensemble d'une artillerie dispersée, latéralement et en profondeur, à une quinzaine de kilomètres, les batteries qui prennent à parti les chars accompagnés. On trouvait tout naturel qu'une artillerie lointaine fût prête à déclencher au premier signal un tir d'arrêt sur une vague d'assaut d'infanterie; la menace du char est assez grave pour qu'on lui applique les mêmes prin-



T W 22397

FIG. 5. — LE NOUVEAU CANON ANTICHARS ANGLAIS DE 57 MM
Cette pièce munie d'un affût bi-fleche, est servie par deux hommes : un pointeur-tireur et un chargeur. Elle tire un obus de 2,72 kg qui serait capable de percer à 1000 m un blindage de 60 à 70 mm.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 272, page 103.

cipes et les calibres au moins équivalents qui seront nécessaires.

Le petit calibre exige en général la multiplication des atteintes pour arrêter un char, même s'il en perfore les blindages. On ne s'est pas d'ailleurs toujours donné la peine voulue pour organiser le projectile en vue d'en tirer le maximum d'efficacité. On acceptait trop facilement, pour simplifier, la balle pleine : cela s'explique pour le calibre de 13 mm, mais non pour celui de 25, de 37 et même de 75 mm pour lesquels on trouve encore le boulet plein. La puissance de perforation de l'obus explosif, à très faible charge d'explosif et fusée de culot est à peine inférieure à celle du boulet. A partir du 25 mm, l'effet contre le personnel de l'explosion à l'intérieur d'un char, n'y aurait-il que quelques grammes d'explosif, est beaucoup plus à redouter que la mise hors de combat par un projectile non explosif. Ce qu'on fait pour une balle explosive de 13 mm de mitrailleuse d'avion, comment a-t-on pu accepter de le négliger pour un projectile cinq ou dix fois plus lourd? En obligeant à renoncer à cette simplicité, l'augmentation des calibres aura puissamment servi l'efficacité des armes antichars.

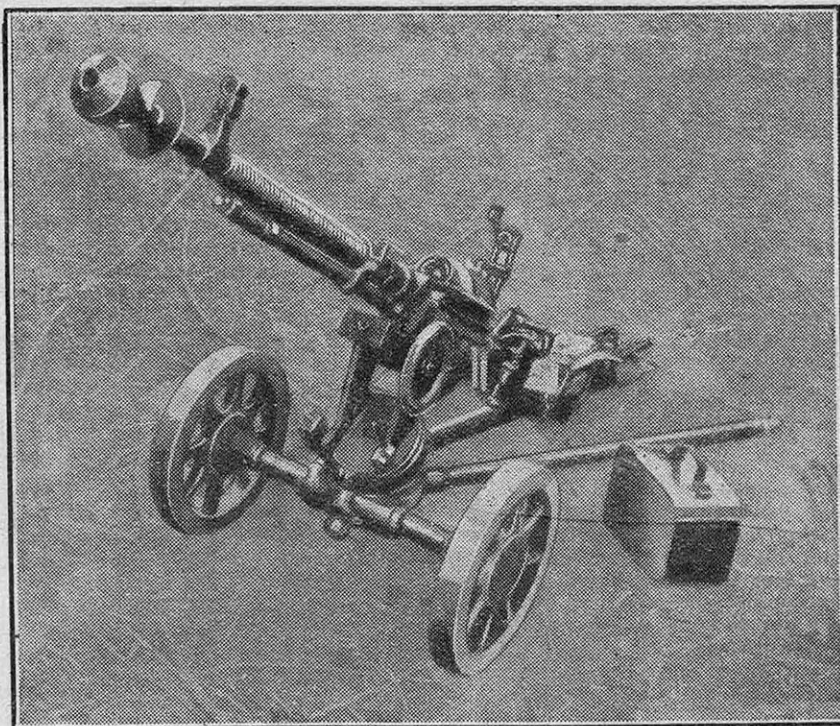
La course à la vitesse initiale

La vitesse initiale, dans la mesure où elle conditionne la vitesse d'impact et la vitesse



FIG. 6. — LE FUSIL ANTICHARS CANADIEN

T W 22398



T W 22399

FIG. 7. — UNE MITRAILLEUSE LOURDE RUSSE ANTICHARS ET ANTIAVIONS

Cette mitrailleuse, du calibre de 12,7 mm tirant 500-600 coups par minute, est efficace à la fois contre chars légers et avions d'assaut blindés. On notera l'extrême légèreté de l'affût (le matériel sur roues pèse 140 kg) qui tient à l'emploi d'un frein de bouche à grande efficacité.

moyenne sur la trajectoire, est un autre facteur de puissance essentiel de l'arme antichars. A puissance donnée de l'arme, exprimée par l'énergie cinétique du projectile à la bouche, la vitesse initiale présente même sur le calibre des avantages qui doivent la faire préférer, et telle était bien l'explication du choix du canon Hotchkiss de 25 mm par l'armée française. Mais l'erreur était de poser la question sous la forme calibre ou vitesse initiale, alors qu'il fallait l'un et l'autre pour atteindre une puissance plusieurs fois supérieure à celle qu'on croyait suffisante.

La vitesse d'impact est plus intéressante pour la perforation que le calibre, et le poids du projectile qui lui est pratiquement lié d'une manière assez étroite. A force vive donnée du projectile à l'impact, le calibre le plus faible traverse une épaisseur supérieure. La préférence donnée à la vitesse initiale n'en résulte pas d'une manière évidente, car le projectile de calibre plus élevé conserve mieux sa vitesse; d'autre part, surtout dans les petits calibres où l'effet, après traversée du blindage, est tout juste suffisant, on peut le préférer de ce point de vue.

Mais la vitesse initiale a encore un autre avantage, aussi essentiel du point de vue rendement du tir : c'est la réduction de la durée de trajet, qui conditionne la justesse du tir contre un objectif mobile

de la vitesse des chars actuels. Là encore, la conclusion n'est pas évidente, car le projectile de calibre plus élevé et de vitesse initiale inférieure, conservant mieux sa vitesse, peut dans certaines conditions de calibre, de vitesse initiale et de distance de tir, avoir une durée de trajet moindre. Néanmoins, dans les conditions actuelles de la lutte entre chars et artillerie, il semble bien que la vitesse initiale doive être choisie aussi élevée que le permettent les considérations d'usure des tubes.

Il faut reconnaître à la vitesse initiale les mêmes avantages dans la réduction des corrections de vent, dans la diminution de l'influence d'une estimation erronée de la distance...

C'est à la grande vitesse initiale des pièces de D.C.A. de moyen calibre qu'il faut attribuer les remarquables succès des 88 mm allemands, qu'ils aient été montés sur leurs affûts spéciaux ou installés sur chars. La même raison explique la supériorité des canons-obusiers britanniques sur les obusiers tirant à moindre vitesse un projectile plus lourd.

L'avenir de l'artillerie antichars

Nous sommes assurément dans une période d'évolution rapide, qui est loin d'être terminée, de l'arme antichars. Il serait très imprudent de croire qu'elle va se figer dans les formules actuelles. Elles ne sont qu'une simple étape d'une adaptation généralisée de toutes les armes à toutes les missions.

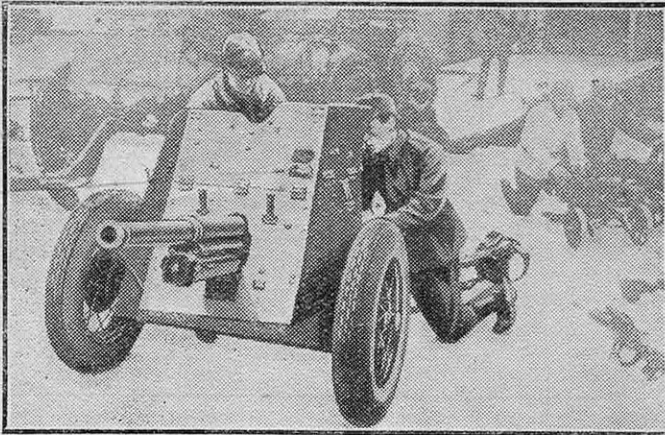
Dans le chemin parcouru jusqu'ici, il faut d'abord retenir les résultats remarquables de l'artillerie de campagne et de l'artillerie de D. C. A. dans leur emploi contre chars. Le canon établi pour le tir contre le personnel à découvert, le personnel abrité, les défenses accessoires de la fortification de campagne ou l'avion, s'est montré en somme très supérieur au canon spécialisé. On peut d'abord en tirer une leçon de scepticisme vis-à-vis des programmes de matériels spécialisés; ce n'est d'ailleurs pas la première fois où le hasard aura mieux fait les choses que la réflexion.

Mais l'erreur commise nous paraît beaucoup plus générale. La supériorité de l'artillerie de campagne ou de l'artillerie de D.C.A. ne tient pas seulement à ce que leurs caractéristiques se seront trouvées mieux adaptées que celles des canons antichars; elle tient aussi bien à l'énorme supériorité de leur nombre et de leur puissance totale. Comment a-t-on pu admettre que lors d'une attaque massive de chars, dont nul ne discutait le danger, l'ensemble d'une armée assistât, presque passivement, à son effondrement, n'attendant son salut que de l'intervention d'une très faible fraction de ses armes à feu? Toutes doivent prendre part à l'action

et peuvent le faire avec un rendement élevé, si l'on a doublé d'un projectile spécial (la fusée spéciale suffira quelquefois) ceux qu'elles tirent dans leurs autres missions. Les canons de campagne ou de D.C.A. ne seront pas les seules armes auxquelles on fera appel; beaucoup d'autres devront subir les transformations plus ou moins profondes qui les rendront aptes à cet emploi.

C'est ainsi que l'artillerie d'accompagnement à tir courbe dont toutes les infanteries disposent en grand nombre doit absolument être adaptée à la défense contre les chars; une arme qui peut lancer jusqu'à 4 km

un projectile de plus de 3 kg a une puissance suffisante pour qu'on ne la laisse pas de côté dans les moments critiques. Sous la forme du « Minenwerfer » léger que l'armée allemande a conservé depuis 1914, la solution est immédiate; le matériel est apte au tir tendu comme au tir courbe, et son emploi contre les chars était prévu dès



T W 22400

FIG. 8. — LE CANON ANTICHARS RUSSE

1916; contre les chars actuels, il est indispensable de lui donner un projectile spécial, à forte charge d'explosif et fusée instantanée pour l'attaque des chenilles, ou un projectile de rupture pour la perforation des blindages légers. Mais la solution du « Minenwerfer » n'a généralement pas été admise et toutes les infanteries ont préféré le mortier sans recul, à chargement par la bouche qui, en 81 mm, décomposé en trois fardeaux d'une vingtaine de kilogrammes, est aussi transportable qu'on peut le désirer. C'est ce matériel qui a pratiquement remplacé l'artillerie de campagne dans toutes les guerres de 1918 à 1939, en Amérique du Sud comme en Asie, et qui est encore le seul utilisé aujourd'hui dans la jungle de Nouvelle-Guinée. Il est indispensable de lui permettre le tir tendu à courte distance.

Le deuxième enseignement à retenir dans cette évolution de l'arme antichars est la nécessité de faire appel à tous les calibres en service au lieu de se limiter à celui qu'on croit le mieux adapté. Le canon automatique de D.C.A. de 37 à 40 mm pour défense rapprochée était le plus voisin des armes antichars spécialisées de 1939 par ses caractéristiques balistiques; on n'a cependant pas hésité à employer le 88 mm de défense éloignée et on a eu la satisfaction d'un rendement encore supérieur. De même, on n'a certainement eu qu'à se féliciter de n'avoir pas limité les missions antichars à l'artillerie légère et d'avoir fait appel aux calibres de 150 mm. Là encore, on devra pousser l'évolution à l'extrême en adaptant tout matériel à la défense contre les chars, si élevée que soit sa puissance. Ne semblera-t-il pas un jour extraordinaire que des divisions blindées aient pu enlever aussi facilement des réserves de milliers de pièces d'artillerie lourde sans que

le commandement de celles-ci se soit aperçu qu'il avait entre ses mains un excellent moyen d'arrêt? Le calibre des armes antichars ne se limitera pas au 150 mm; tout canon qui a la mobilité suffisante pour paraître sur un champ de bataille doit pouvoir être utilisé contre le char.

N'a-t-on pas l'exemple de plusieurs siècles d'évolution des armes employées contre le combattant non blindé? De la mitrailleuse aux canons de plusieurs centaines de tonnes, il n'est pas d'arme qu'on ne puisse utilement employer contre l'homme à découvert. C'est l'homme que visaient les pièces de marine de 380 mm de 1914-1918 tirant sur les arrières à 50 km, ou les « Berthas » tirant à 120 km sur Paris. Pourquoi ces calibres et ces distances n'auraient-ils pas d'applications dans le tir contre chars? Il n'est pas question de pratiquer le tir individuel. Mais le tir à 30 km du 380 mm contre les vagues de chars qui s'avancent par centaines en formation serrée serait tout aussi juste et tout aussi efficace que le tir à la mer du même calibre à même distance contre un navire de vitesse moyenne supérieure à celle du char. On aura vu employer à Stalingrad tout ce qu'on a pu amener d'armes de tous calibres, des moniteurs de la Volga aux pièces monstres de Sébastopol; soyons persuadés que leur tir aura au moins autant gêné la progression des chars que celle de l'infanterie. Peut-être reconnaîtra-t-on un jour que des armées qui possédaient des matériels à peine moins puissants auront laissé passer les chars sans tirer sur eux par simple souci d'économie.

Le choix du projectile, celui de la fusée, celui des conditions du tir, permettent d'adapter avec un rendement acceptable tous les calibres aussi bien contre le char que contre l'homme. Il ne faut évidemment pas tirer n'importe quoi; le projectile de semi-rupture avec fusée à retard, efficace contre le béton, n'aura d'effet que sur les chars directement atteints; le rendement serait faible. Mais le projectile à très faible charge d'explosif, avec fusée choisie pour l'éclatement hors du sol, distribuée dans une vaste zone des éclats qui produiront de gros dégâts dans les trains de roulement et qui même, pour les très gros calibres, pourront perforer les blindages.

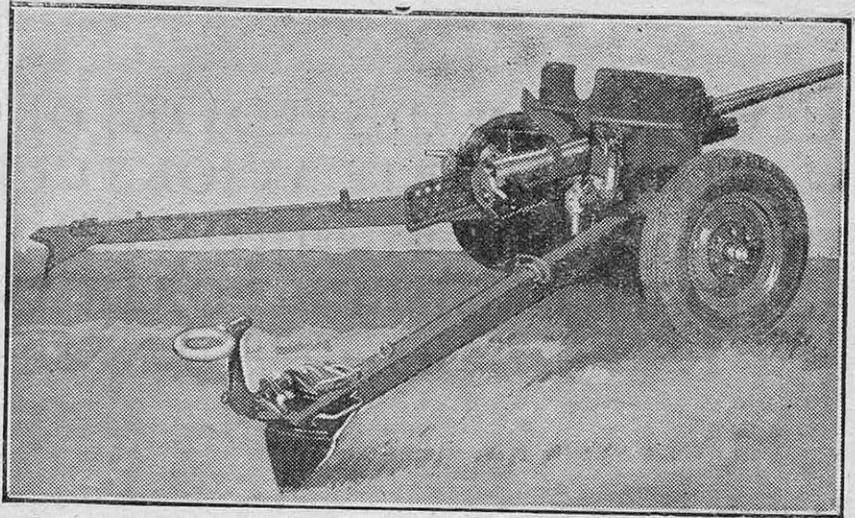


FIG. 9. — LE CANON ANTICHARS AMÉRICAIN

En tir courbe, il faudra une fusée instantanée; en tir à ricochet, une fusée à retard. Les combattants britanniques sur le front d'Egypte ont découvert récemment l'emploi fait contre eux de ces « obus sauteurs » qui ne sont autres que les obus explosifs à ricochet, avec fusée retardée, qu'employait contre le personnel l'artillerie française de 1914. Mais le passage du calibre de 75 mm à vitesse initiale modérée à celui d'une artillerie lourde à grande vitesse initiale étend considérablement les limites d'emploi d'un tel tir, surtout si l'on tient compte de la pente du terrain que l'on arrose et qui peut favoriser le ricochet. On s'apercevra peut-être un jour que les moyens les plus puissants d'arrêt des chars sont les batteries de côte de Leningrad et Sébastopol, tirant jusqu'à 12 km le même projectile de rupture, avec la même fusée, qui conviennent au tir contre le cuirassé, et qui distribuent après ricochet une gerbe de gros éclats d'ogive efficaces contre chars jusqu'à plusieurs centaines de mètres. Et Vauban, qui inventa le tir à ricochet pour la contre-batterie, n'aurait aucune peine à reconnaître dans cette lutte l'aboutissement normal des progrès de la balistique, des explosifs et de la mécanisation.

Dans les cas graves, on faisait autrefois « feu de toutes pièces »; la ruée de quelques centaines de chars sur un front étroit était une éventualité assez menaçante pour qu'on y préparât l'ensemble des bouches à feu d'une armée au lieu d'y destiner quelques pièces légères. Ce n'est pas le dernier des tours que la spécialisation jouera à ses adeptes.

Camille ROUGERON.

La flotte commerciale du Japon s'élevait, en 1939, à plus de 5,6 millions de tonneaux et venait au troisième rang dans le monde, après les marines marchandes anglaise et américaine. La capacité de construction de ses chantiers navals était en plein développement : en 1938, 180 navires ont été lancés au Japon, d'un tonnage total dépassant 450 000 tonneaux. Plus de 200 000 tonneaux de navires-citernes sont actuellement en commande.

L'ÉVOLUTION DES FLOTTES DE COMBAT : VERS LE PORTE-AVIONS CUIRASSÉ DE 60 000 TONNES ET LE CROISEUR PORTE-AVIONS DE 10 000 TONNES

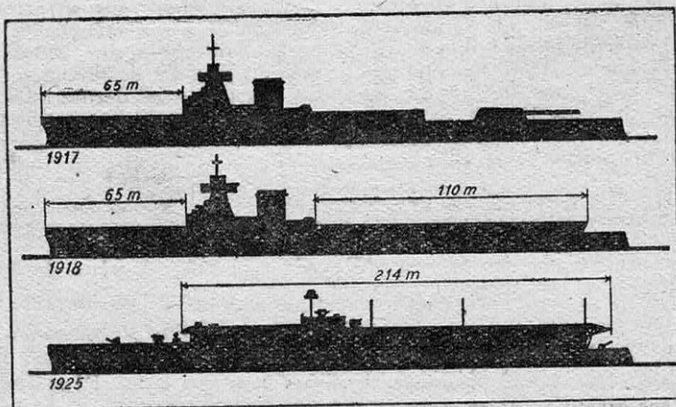
par Pierre BELLEROCHE

La guerre du Pacifique a montré que le porte-avions, longtemps considéré comme un bâtiment auxiliaire, est un des éléments les plus importants des flottes de combat modernes. Il fut longtemps admis que c'était un bâtiment de type uniforme, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'on présentait la thèse du « navire armé d'avions » se développant parallèlement au « navire armé de canons » et, comme lui, se différenciant suivant plusieurs types. Avant 1939, les Américains s'orientaient vers deux variantes : le grand porte-avions, où domine l'aviation de torpillage, et le porte-avions moyen armé de bombardiers en piqué. En 1942, les Japonais nous ont révélé le porte-avions d'escorte, uniquement armé d'avions de chasse. Ces trois types présentent déjà le défaut d'exister en nombre trop faible devant les demandes croissantes de protection aérienne des forces navales et les pertes élevées enregistrées depuis un an. Le souci de protéger efficacement ces bâtiments particulièrement vulnérables contre le navire de surface, le sous-marin et l'avion va conduire sans doute à réunir sur une même coque les deux principes du navire « porte-avions » et du navire « porte-canons ». Ainsi parvient-on à la conception du « cuirassé porte-avions » dont le tonnage, accru jusqu'à 60 000 tonnes, permettrait une protection globale satisfaisante, et du « porte-avions d'escorte » de 10 000 tonnes qui résoudrait le problème de l'escorte aérienne du croiseur.

LE premier navire porte-avions à plate-forme est né en 1917 d'un croiseur de bataille, le *Furious*, de 22 000 tonnes, qui devait porter deux tourelles doubles de 457 mm — le « biggest big gun » cher à l'amiral Fisher. On commença par enlever la tourelle avant, que l'on remplaça par une plate-forme d'envol de 65 mètres de longueur; la tourelle arrière restait intacte, l'amiral Beatty, alors commandant en chef de la « Grand Fleet », s'étant opposé à son enlèvement. Le problème de l'envol fut sans histoire : les Sopwith «Pup» monoplaces, ou même les Sopwith biplaces décollèrent aisément. Restait le problème de l'atterrissage à bord. Le 7 août 1917, le com-

mandant Dunning pilotant un « Pup » réussit à poser ses roues sur l'étroite plate-forme d'envol du *Furious*. Se présentant obliquement, « en crabe », il élongea la passerelle du grand croiseur en marche à 18 nœuds, par vent debout, et survola la plate-forme à une vitesse relative si faible qu'un groupe d'officiers et de marins réussit à saisir les bouts d'ailes du « Pup »

avant que les roues aient touché le pont. Quelques jours plus tard, en essayant de renouveler son exploit, Dunning se noya. Sa présentation « en crabe », trop oblique, lui fit éclater un pneu, et il versa en abord. La plate-forme d'envol du *Furious* était trop étroite pour une manœuvre aussi acrobatique de présentation. Le



T W 22404

FIG. 1. — LES TRANSFORMATIONS SUCCESSIVES DU PORTE-AVIONS ANGLAIS « FURIOUS »

PORTE-AVIONS		TONNAGE	NOMBRE D'AVIONS ENBARQUÉS	ARTILLERIE
PORTE-AVIONS « PURS »	Ryujo (1929).....	7 100 t	25	XII 127 mm AA
	Ranger (1931).....	14 500 t	70	VIII 127 mm AA
	Ark-Royal (1937).....	22 000 t	70	XVI 114 mm AA
	Enterprise (1938).....	19 900 t	70	VIII 127 AA
	Bonhomme-Richard (1941).....	25 500 t	80	XII 127 mm AA
} en bordée sur des encoffrements latéraux				
PORTE-AVIONS « MIXTES »	AVEC PIÈCES EN BORDÉE :			
	Furious (1920).....	22 450 t	33	X 140 mm
	Hosho (1920).....	7 470 t	25	IV 140 mm
	Hermes (1923).....	10 850 t	15	VI 140 mm
	Eagle (1928).....	22 600 t	25	IX 152 mm dont 1 axiale
	Akagi (1926).....	26 900 t	60	X 203 mm
AVEC PIÈCES EN TORUELLES :				
Saratoga (1927).....	33 000 t	80	VIII 203 mm (tourelles axiales décalées)	
Graf-Zeppelin (1937).....	19 250 t	40	XVI 150 mm (8 en tourelles axiales décalées et 8 en casemates, soit 12 pièces par bordée).	

TABEAU I. — L'ARTILLERIE PRINCIPALE DES PORTE-AVIONS

La plate-forme du porte-avions occupant à peu près toute la longueur du bâtiment, il est difficile de monter sous tourelle les pièces de son artillerie principale. Aussi sur certains porte-avions renonce-t-on à assurer par l'artillerie la défense contre les bâtiments de surface. On a alors affaire au porte-avions « pur », dont l'artillerie est entièrement employée à la D.C.A. Pour les bâtiments « mixtes », on peut, soit se résigner à voir le nombre des pièces utiles dans chaque bordée divisé par deux (pièces en bordée), ou disposer en partie ou en totalité les pièces sous tourelles décalées sur le pont.

résultat de cet accident fut que les techniciens britanniques de l'époque aménagèrent à l'arrière du Furious une deuxième plate-forme — réservée à l'atterrissage celle-là, à la place de la fameuse tourelle arrière de 457 mm que l'amiral Beatty s'était refusé à laisser enlever au printemps 1917. Au début de 1918, le Furious reparut avec deux plates-formes, une à l'avant, l'autre à l'arrière, séparées par le bloc central de la cheminée et des passerelles. Décollant à l'avant, les avions devaient se poser à l'arrière. Chose étonnante, l'atterrissage se révéla catastrophique. Non pas qu'avec 110 mètres, cette plate-forme fût trop courte, mais les remous « aérodynamiques » provoqués par la cheminée et les superstructures centrales y étaient

tels, surtout à grande vitesse, que les avions qui se présentaient y étaient très fortement secoués. En réduisant la vitesse du navire, les remous devenaient moins violents. Encore fallait-il essayer de guider l'avion récalcitrant au moyen de filières longitudinales tendues à plat pont, à quelques centimètres au-dessus, à la manière de cordes à violons, et empêcher l'appareil de rebondir au moyen de crochets disposés sous l'essieu du train d'atterrissage. Les résultats furent des plus décevants, et une solution satisfaisante pour l'atterrissage ne fut obtenue qu'en nivelant les deux plates-formes, avant et arrière, et en supprimant le bloc central de superstructures, causes des remous perturbateurs. Ainsi naquit, à partir de 1939, le porte-avions

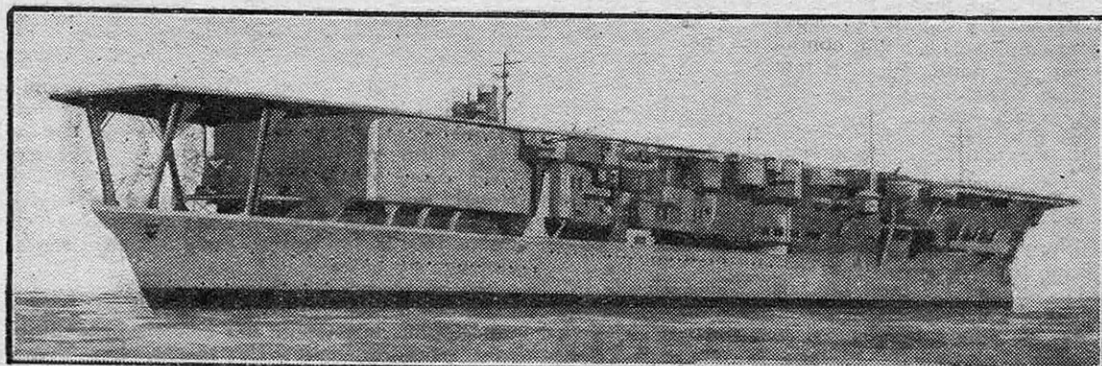


FIG. 2. — LE PORTE-AVIONS JAPONAIS « KAGA » DE 26 900 TONNES

T W 22413

Les porte-avions Kaga et Akagi, qui auraient été détruits à la bataille aéronavale de Midway, le 5 juin 1942, portaient dix canons de 203 mm contre ennemi de surface, soit deux pièces de plus que le Lexington et le Saratoga américains, pour un tonnage moindre de 5 000 tonnes. La disposition des pièces, par bordées en casemates basses, ne permet pas la concentration des feux des dix pièces sur le même objectif et, en fait, cette concentration n'était obtenue que pour chacune des bordées de cinq pièces. La disposition du Lexington en quatre tourelles axiales décalées est donc plus favorable à une concentration du tir qui peut être obtenue avec huit pièces de 203 mm.

« flush-deck », c'est-à-dire à pont continu, prototype des navires actuels armés d'avions, et dont la longueur varie de 150 à 250 mètres.

Difficulté de combiner canons et pont d'aviation

Le « pont continu » élimina à peu près l'artillerie du nouveau type de navire. Il fallut se résoudre à la disposer latéralement, par bordées, ce qui divisait par deux la concentration du tir sur le même objectif. Le *Furious* s'équipa de cette manière de dix canons de 140 mm, l'*Eagle* de neuf de 152 mm et les *Akagi* japonais (26 900 t), de dix canons de 203 mm. Avec les *Saratoga* (33 000 t), une solution plus intéressante fut réalisée : l'artillerie contre navires de surface, du calibre de 203 mm, au lieu d'être répartie en casemates latérales, fut concentrée en tourelles. Celles-ci étaient obligatoirement décalées, dans l'alignement de « l'ilot » de tribord. La concentration du tir des huit pièces devenait possible, mais d'une manière asymétrique : le tir par tribord ne gênait pas considérablement les mouvements d'avions, tandis que le tir par bâbord, par-dessus la plate-forme, les interdisait complètement.

La disposition des pièces des *Saratoga* fut reprise en 1938 par le porte-avions *Graf Zeppelin*, avec le calibre de 150 mm. Ces croiseurs porte-avions portaient quatre tourelles doubles décalées à tribord, soit huit pièces, les huit autres pièces de 150 mm étant disposées en casemates latérales.

Tous les autres porte-avions construits entre 1929 et 1939 ont renoncé délibérément à l'artillerie contre l'ennemi « de surface », pour s'en tenir à de l'artillerie de D.C.A. (calibre 114 mm ou 127 mm) qui, elle, s'accommode fort bien de la disposition par bordées. A la lumière de ces deux tendances, on pourrait classer, comme le fait le tableau I, les porte-avions construits de 1919 à 1942 en deux groupes :

— Les porte-avions « purs », dont l'armement en canons se limite à de la D.C.A. ;

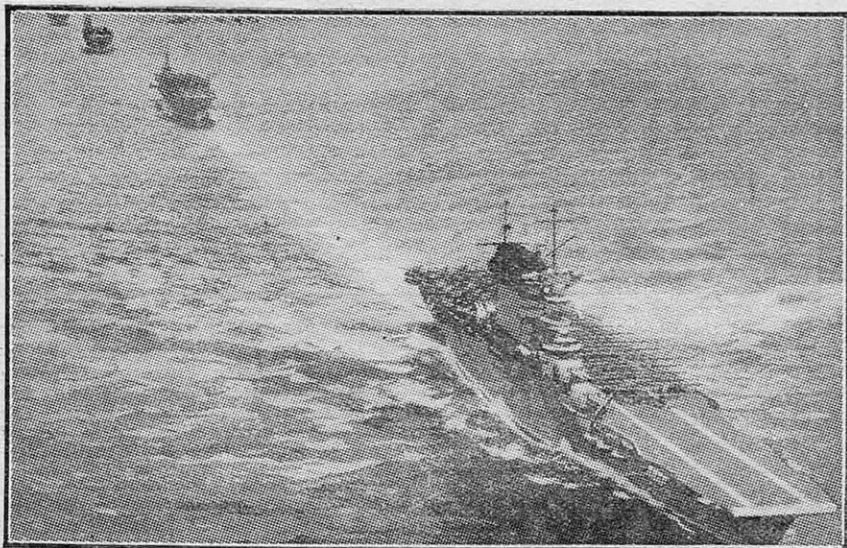
— Les porte-avions « mixtes », dont l'armement en canons comporte aussi des pièces d'artillerie réservées à combattre l'ennemi de surface, et dont le calibre s'échelonne de 140 mm à 203 mm.

On notera que les porte-avions les plus récents, ceux construits à partir de 1929, appar-

tiennent tous à la catégorie des porte-avions « purs », à l'exception du *Graf Zeppelin* allemand et de son similaire : le *Deutschland*.

L'expérience de la guerre 1939-1942

Le navire porte-avions n'avait pas fait l'expérience de la guerre de 1914-1918, à l'exception de l'attaque lancée sur les hangars à zeppelins de Tondern (Schleswig), le 18 juillet 1918, par



T W 22416

FIG. 3. — LE « LEXINGTON », PORTE-AVIONS AMÉRICAIN DE 33 000 TONNES

Le *Lexington*, qui fut perdu le 8 mai 1942, à la suite de la bataille de la mer de Corail, était un bâtiment de 33 000 tonnes, résultant de la transformation, entre 1925 et 1927, de la coque du croiseur de bataille de 43 000 tonnes *Constellation*, arrêté à la suite de la conférence navale de Washington en 1922. La coque, de 263 m de longueur, a permis l'aménagement d'une plate-forme de 270 m de long et de 32 m de large au maximum, la largeur de pont étant cependant réduite à 24 m à hauteur de « l'ilot ». Cet îlot latéral (qui comprenait quatre tourelles doubles de 203 mm, la passerelle et la cheminée) s'étendait sur une longueur de 105 m dans la partie centrale de la plate-forme. A la bataille de la mer de Corail, le *Lexington*, qui portait le pavillon du contre-amiral Fitch, encaissa deux bombes et deux torpilles, et fut avarié par deux autres bombes ayant éclaté très près du bord. Pendant qu'il rentrait à 20 nœuds, la soute à essence, rendue non étanche par les avaries, fit explosion subitement, et le violent incendie qui se déclara entraîna l'explosion de la soute à torpilles des avions torpilleurs. Le bateau coula sous l'effet de ces deux explosions internes. Derrière le *Lexington*, on aperçoit ici le *Ranger*, le *Yorktown* et l'*Enterprise*.

sept « Camel » envolés du *Furious*, première version. L'année 1939 passa sans que les porte-avions aient l'occasion de manifester leur utilité, sinon pour la recherche de l'*Admiral Graf Spee* dans l'Atlantique Sud par l'*Ark Royal*, en novembre et décembre 1939. C'est à cette occasion que fut constitué pour la première fois le tandem tactique « porte-avions + croiseur de bataille ».

Après l'entrée de l'Italie dans les hostilités, ce tandem tactique fut appliqué en Méditerranée, pour le passage des convois britanniques, avec plus ou moins de succès. Les derniers convois de Gibraltar à Malte, du 11 au 13 août 1942, ont exigé jusqu'à quatre porte-avions : *Furious*, *Eagle*, *Illustrious* et *Argus*, dont l'un, l'*Eagle*, fut coulé au début par les torpilles d'un sous-marin, et deux autres, dont le *Furious*, avariés. Toutes ces opérations de porte-avions dans les eaux européennes de 1940 à 1942, y compris l'affaire du *Bismarck* en mai 1941, ont présenté un caractère unilatéral.

du fait que la marine allemande ne s'est pas encore décidée à confier des opérations de guerre au *Graf Zeppelin* et à son similaire, le *Deutschland*. Il était réservé à l'immense Pacifique de devenir le théâtre, en 1942, des premières « batailles entre porte-avions ». En mer de Corail, le 7 mai 1941, vinrent aux prises le *Lexington* et le groupe *Ziūkaū-Shōkaū*. Combat aéro-naval livré entre deux plates-formes évoluant à des distances de 100 à 200 kilomètres les unes des autres, sans qu'aucun coup de canon fût tiré, sauf par la D.C.A. Ce combat s'est soldé

devant Narvik. Mais que dire de la vulnérabilité des croiseurs dont vingt et un sont avoués coulés par Londres? Que dire enfin de la vulnérabilité du cuirassé lui-même, dont cinq britanniques ont été détruits en moins de trois ans? Deux par des torpilles de sous-marins (*Royal Oak* et *Barham*), deux par des torpilles d'avions (*Prince of Wales* et *Repulse*) et un qui explosa dans un combat au canon, le *Hood*.

Dès que l'on arrive à des coques de 20 000 à 35 000 tonnes, le problème de la vulnérabilité du porte-avions s'apparente à celui de la vul-

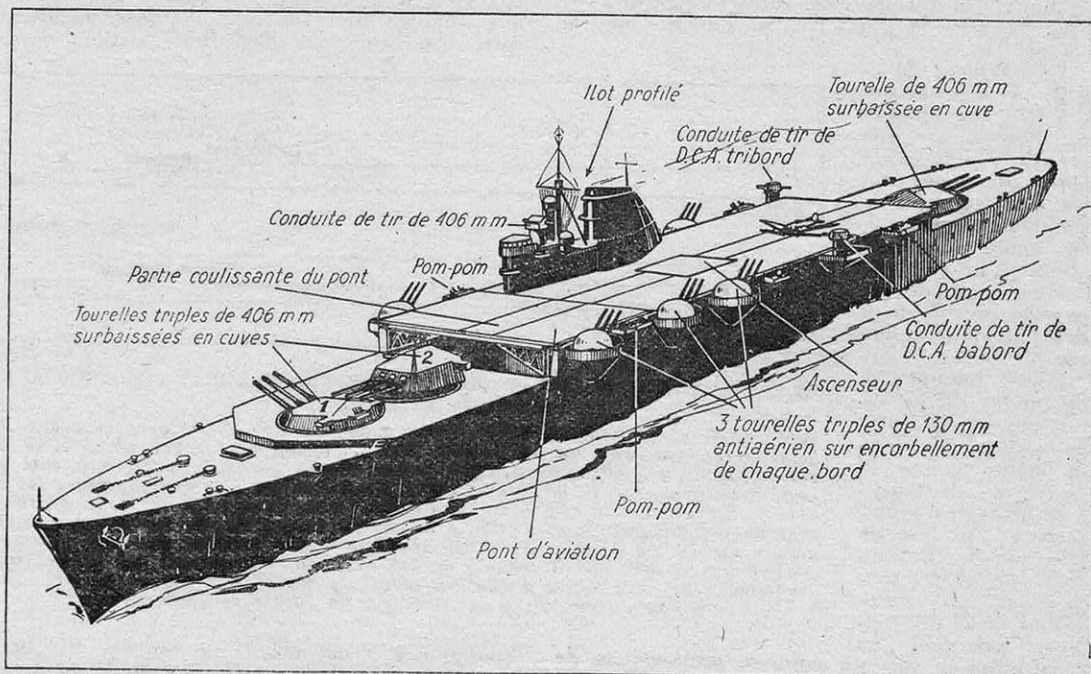


FIG. 4. — PROJET DE CUIRASSÉ PORTE-AVIONS

T W 22411

Ce bâtiment serait armé de trois tourelles triples de 406 mm, deux à l'avant, la troisième à l'arrière. Le pont d'aviation central serait en partie fixe. Il comporterait un rallongement amovible couvrant la tourelle 2 et la tourelle 3. Au tonnage total de 58 000 tonnes, la longueur totale de la coque serait de 280 m, celle de la partie fixe du pont d'aviation de 125 m, celle du pont déplié de 195 m; le cuirassé pourrait emporter cinquante avions de chasse et de bombardement en piqué. Au tonnage total de 65 000 tonnes, la longueur de la coque atteindrait 300 m, celle du pont d'aviation fixe 145 m, celle du pont déplié 215 m; le nombre d'avions emportés atteindrait 60, tant de chasse, de bombardement en piqué que de torpillage.

par la perte du *Ziūkaū* (13 000 t) et du *Lexington* (33 000 t), ce qui confirmait la vulnérabilité du navire porte-avions, même de grand tonnage. A la bataille de Midway, 3 au 5 juin 1942, il faudrait admettre la perte de quatre ou cinq porte-avions, aux dires du communiqué de Washington, le *Kaga* et l'*Akagi*, tous deux de 26 900 tonnes, le *Soryū* de 10 000 tonnes et le *Yorktown* de 19 900 tonnes.

L'accroissement de tonnage est-il un remède contre la vulnérabilité du porte-avions?

La vulnérabilité du navire porte-avions est un sujet sur lequel les chroniqueurs maritimes aiment volontiers à insister. Certes, en trois années de guerre, 1939-1942, il faut reconnaître la perte — rien que du côté britannique — de six porte-avions, dont quatre ont été coulés à la torpille (*Courageous*, *Ark Royal*, *Eagle*, *Audacity*), un par bombes d'avions (*Hermes*) et et le sixième au canon, le *Glorious*, le 8 juin 1940

nérabilité du bâtiment de ligne, du moins pour ce qui concerne la protection antisous-marine. Or, la guerre actuelle a montré qu'elle n'était pas assurée d'une manière satisfaisante avec le tonnage de 35 000 tonnes, et qu'il fallait passer à 45 000 et 55 000 tonnes. Pourquoi refuser le même bénéfice au navire porte-avions?

La vulnérabilité du porte-avions résulte également de son pont d'aviation, qu'il faudra bien se résoudre à blinder, et de l'insuffisance de sa cuirasse de ceinture. Le *Glorious*, qui, devant Narvik, ne résista pas longtemps aux projectiles du 280 mm du *Scharnhorst*, n'était protégé que par une ceinture de 56 à 76 mm d'épaisseur et son pont blindé interne n'était pas plus solide. L'accroissement délibéré du tonnage permettra seul de cuirasser efficacement les ponts d'aviation.

Dès que l'on atteint des tonnages considérables, la formule du porte-avions « pur » devient risquée. Le calibre antiaérien de 130 mm — celui des torpilleurs de surface — ne permet plus de mettre une aussi grosse cible à

l'abri d'attaque de bâtiments légers, contre-torpilleurs et croiseurs. La nécessité d'une artillerie de surface s'impose, au moins pour pouvoir tenir tête au calibre de 203 mm. Dès lors, pourquoi ne pas envisager l'installation de canons de gros calibre?

L'aviation de chasse, remède à la vulnérabilité du bâtiment de ligne

Réciproquement, la vulnérabilité du bâtiment de ligne à la torpille a été suffisamment démontrée. Le remède immédiat est l'escorte par la chasse.

Le bâtiment de ligne ayant besoin d'avions, la solution du tandem tactique est-elle suffisante? Devra-t-on dans l'avenir, pour résoudre le problème aéronaval, se contenter d'adjoindre à un cuirassé, devenu lui-même surprotégé, un bâtiment dont la vulnérabilité est dénoncée?

Aussi peut-on se demander s'il ne serait pas plus avantageux de réunir dans la même coque le tandem tactique « porte-avions + cuirassé ». Au lieu de faire escorter un cuirassé de 35 000 tonnes par un porte-avions de 23 000 tonnes, pourquoi ne construirait-on pas un cuirassé porte-avions de 58 000 tonnes?

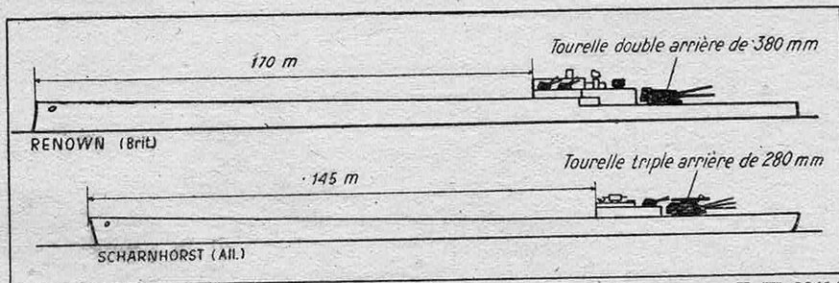
Vers le cuirassé porte-avions de 60 000 tonnes

Le vote américain du 7 juin 1942, transférant en porte-avions une tranche entière de cuirassés, viserait précisément la tranche des cinq *Montana* de 58 000 tonnes. Avec des bâtiments de 280 mètres de longueur, une plate-forme d'aviation à pont continu de 120 mètres au minimum peut s'insérer entre les tourelles de gros calibre d'un cuirassé, sans qu'il soit nécessaire d'en modifier l'emplacement.

Un dispositif extensible du pont d'aviation central jusqu'au-dessus des tourelles voisines, permettrait d'allonger la plate-forme de 35 mètres à chacune de ses extrémités. On disposerait donc, dans le cas envisagé ci-dessus, d'une longueur de 190 à 200 mètres, lorsque le bâtiment serait utilisé à plein en porte-avions. Pour se battre au canon, le bâtiment rétracterait l'élément amovible de sa plate-forme, de manière à dégager le champ de tir de ses tourelles. Avec une longueur de coque de 300 mètres, le problème serait encore amélioré, car la longueur de plate-forme permanente insérée entre les tourelles atteindrait 145 mètres (la plate-forme du *Ryujo*), et la partie extensible la porterait à 215 mètres (la plate-forme du *Furious*). Le porte-avions cuirassé pourrait donc emporter des avions torpilleurs.

Ainsi, le problème du cuirassé porte-avions

est avant tout dominé par une longueur de coque permettant un pont continu d'aviation. L'accroissement de tonnage n'est que corrélatif. En 1923, déjà, l'architecte naval, Sir George Thurston, avait proposé, avec plans à l'appui, le projet d'un tel bâtiment étudié pour un tonnage de 45 000 tonnes. L'armement en canons proposé comprenait trois tourelles triples de 406 mm, et l'armement en avions une escadrille de chasse et une escadrille de torpillage, plus trois ou quatre avions d'observation, au total vingt-cinq avions. La plate-forme envisagée était à la mesure des avions de l'époque aux voilures biplanes peu chargées au mètre carré. Le projet de 1923 fut-il victime de la



T W 22414

FIG. 5. — LES POSSIBILITÉS DE TRANSFORMATION DE CROISERS CUIRASSÉS OU DE CUIRASSÉS EN PORTE-AVIONS

Si on supprime la tourelle arrière pour maintenir les seules tourelles avant, la longueur du *Renown* (242 m) permet seule l'aménagement d'une plate-forme de 145 m. Si on supprime les tourelles avant comme ci-dessus, pour maintenir la seule tourelle arrière, la longueur du pont d'aviation est plus avantageuse : 145 m avec le *Scharnhorst* et 170 m sur le *Renown*. Dans l'ensemble, les deux solutions sont un peu étriquées, même celle, à la rigueur acceptable, du *Renown* à tourelle arrière unique. La solution du problème ne peut être facilitée que par un allongement très sensible de la coque : de 240 à 280 m, allongement qui permet seul d'intercaler la plate-forme d'aviation entre les tourelles avant et arrière. Une telle solution conduit à des tonnages de l'ordre de 50 000 tonnes.

limitation à 35 000 tonnes du tonnage des bâtiments de ligne à la conférence de Washington de 1922? Toujours est-il qu'on n'en parla plus. L'absence de toute limitation de tonnage, la nécessité démontrée éloquentement d'accoupler des porte-avions aux bâtiments de ligne, a fait, moins de vingt ans après, sortir des cartons le projet de Sir George Thurston.

Mais aujourd'hui, les 35 000 tonnes ne suffisent plus à assurer la protection antisous-marine du cuirassé. Le « cuirassé porte-avions » doit aujourd'hui atteindre de tonnage de 60 000 t et une longueur de coque de 300 mètres. Il apporterait ainsi une solution complète au problème de l'avenir du bâtiment de ligne. Avec 60 000 tonnes, il ne serait plus question de faillite du cuirassé à la merci d'une défaillance de son escorte aérienne, pas plus que de déplorer la vulnérabilité du porte-avions. La controverse actuelle « bâtiment de ligne ou porte-avions? » serait close.

Le « cuirassé porte-avions » géant ne suffirait évidemment pas à résoudre tous les problèmes aéronavals, et la nécessité de navires porte-avions de tonnage moindre ne fera même que croître.

Le porte-avions d'escorte armé d'avions de chasse

Les succès de la campagne japonaise dans le Pacifique asiatique ont été dus pour une large part à l'emploi d'un grand nombre de porte-avions de petit tonnage uniquement armés d'avions de chasse. L'exemple du *Ryujo* de

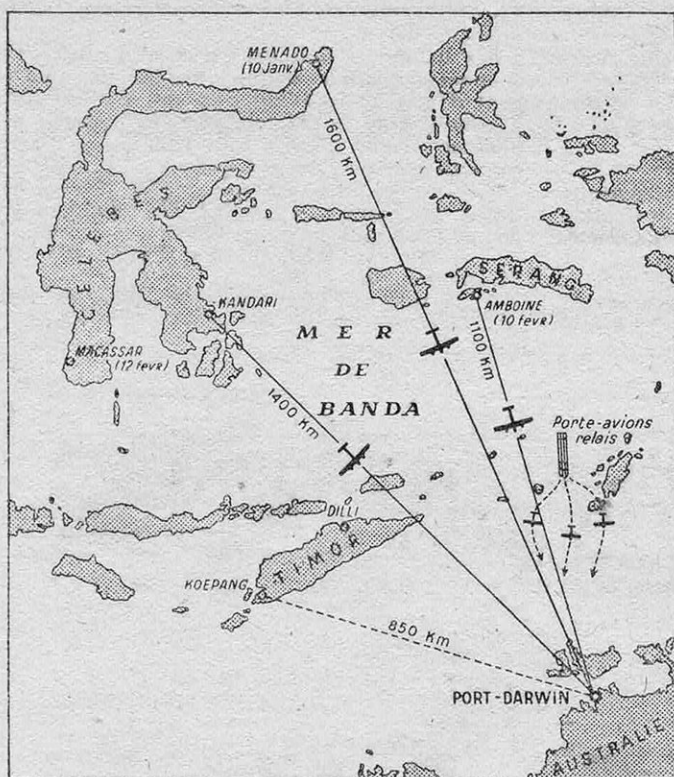


FIG. 6. — LE BOMBARDEMENT DE PORT DARWIN, LE 19 FÉVRIER 1942, AU MOYEN DE BOMBARDIERS ESCORTÉS PAR DES CHASSEURS FOURNIS PAR UN PORTE-AVIONS

Le 19 février 1942, la base aéronavale importante de Port Darwin eut la surprise de se voir survolée et attaquée par près de 80 bombardiers escortés par 20 chasseurs. La chasse d'interception se trouva impuissante et des dégâts considérables furent causés au port où étaient arrivés des renforts à destination de Java (le transport militaire américain Melville en particulier fut coulé au port). Or, le 19 février 1942, les Japonais n'occupaient que les aérodromes de Célèbes (Makassar, Kandari, Ménado) et celui d'Amboine, à des distances comprises entre 1100 et 1600 kilomètres. Seuls des bombardiers lourds bimoteurs pouvaient les avoir franchies. Les aérodromes de Timor (Koepang et Dilli) étaient encore aux mains des Hollandais. L'escorte de chasse nipponne fut fournie par un porte-avions croisant probablement en mer de Banda, à environ 500 km de Port Darwin. Le bombardement du 19 février fut suivi des premiers débarquements à Timor, les 20 et 21 février 1942, avec porte-avions d'escorte pour neutraliser les aérodromes de Koepang et de Dilli. Ces opérations faisaient partie de la manœuvre d'encercllement aérien de Java.

T W 22403

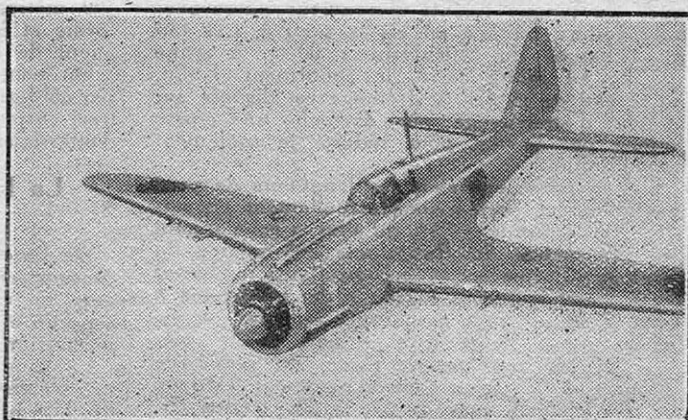
7 100 tonnes, de 167 mètres de longueur de coque et de 149 mètres de plate-forme, montre que des cargos rapides peuvent être transformés en porte-avions de 150 mètres de pont, capables de mettre en œuvre deux douzaines d'avions de chasse modernes du type Mitsubishi « 00 ».

Dans la conquête des Iles de la Sonde ou des Philippines, chaque convoi de débarquement était escorté par un de ces porte-avions dont les avions de chasse assuraient en outre la maîtrise de l'air au-dessus des points de débarquement. Les réservoirs supplémentaires largables, avec lesquels décollaient les chasseurs, prolongeaient leur rayon d'action pour les missions d'escorte des bombardiers (1). Tous les

(1) Voir *La Science et la Vie*, juillet 1942, page 47.

FIG. 7. — LE CHASSEUR DE LA MARINE JAPONAISE MITSUBISHI 00

Cet avion, dont le prototype date de 1940, est un monoplane à aile basse et train rentrant, équipé d'un moteur Nakajima de 900/1100 ch. Sa vitesse maximum est de 505 km/h à l'altitude de 3 000 mètres (une autre version toute récente atteindrait 550 km/h). Le Mitsubishi 00 a été étudié pour les porte-avions. Son envergure est de 12 m; sa surface portante est de 23,8 m² pour un poids total de 2,3 tonnes, ce qui donne une charge à l'aile relativement faible, de 100 kg au m², dans le but de réduire la vitesse d'atterrissage. Cet avion se pose très aisément sur la plate-forme d'un porte-avions tel que le Ryujo, d'une longueur inférieure à 150 m. Le Mitsubishi 00 peut décoller avec des réservoirs supplémentaires variables qui portent son rayon d'action normal de 950 km (vitesse de croisière 425 km/h) à 2 400 km (vitesse réduite à 260 km/h). L'armement du Mitsubishi 00 comprend deux mitrailleuses synchronisées à la partie supérieure du fuselage et deux canons de 20 mm dans les ailes. Une variante récente porterait quatre canons de 20 mm dans les ailes.



T W 22415

bombardements d'aérodromes adverses furent effectués par des bombardiers escortés par de la chasse, celle-ci partant des aérodromes les plus récemment conquis, ou à défaut d'un porte-avions « relais », comme ce fut le cas pour le bombardement de Port Darwin, le 19 février 1942.

D'autre part, la bataille de l'Atlantique, et celle de l'Arctique de l'été 1942, ne réclameraient-elles pas des porte-avions d'escorte uniquement armés d'avions de chasse, pour combattre les quadrimoteurs Focke-Wulf « Kurier » ou les bimoteurs Heinkel torpilleurs ou Jun-

kers 88 Stukas? Mais les marines anglo-saxonnes n'avaient pas, à l'exemple de la marine nipponne, dès 1929, fait l'étude d'un prototype, comme le firent les Japonais avec le *Ryujo*.

La longueur de pont minimum nécessaire à l'atterrissage

Le problème du porte-avions « d'escorte » uniquement armé d'avions de chasse, et de tonnage modéré, se ramène à celui d'une plate-forme permettant l'atterrissage d'avions de chasse, dans les dimensions minima.

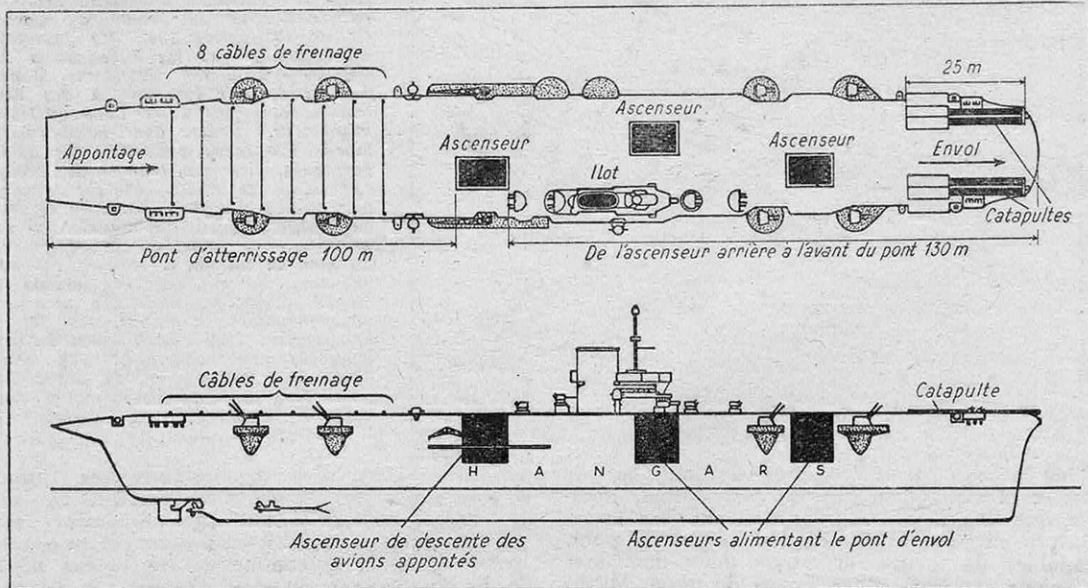
Le problème est d'abord d'ordre aérodyna-

que une plate-forme de 150 à 160 mètres paraît suffisante (1).

Les longueurs indiquées ci-dessus concernent un pont d'aviation continu considéré comme un pont d'atterrissage et un pont d'envol mis bout à bout : le pont d'atterrissage à la partie arrière et le pont d'envol à la partie avant, avec empiètement de l'un sur l'autre.

Prenons comme exemple l'*Ark Royal*, sur lequel les Flottes de combat 1940 donnent les données les plus précises. On constate que :

- la longueur totale du pont d'aviation atteint 240 mètres;
- le réseau d'atterrissage (8 câbles de frein-



T W 22405

FIG. 8. — DISPOSITION DU PONT D'ATTERRISSEMENT ET DU PONT D'ENVOL SUR LES PORTE-AVIONS DU TYPE « ARK ROYAL »

mique, et sa solution appartient en premier lieu au constructeur d'avions : par l'emploi de voilures relativement peu chargées, de dispositifs hypersustentateurs et de freinage aérodynamique. La longue fidélité des avions embarqués à la voilure biplane en est la preuve. Les faibles charges du Mitsubishi « 00 », à peine 100 kg au mètre carré, le confirment. Enfin, un réseau de câbles de freinage est disposé sur le pont d'atterrissage, où s'accroche une crosse traînée par l'avion pour réduire le roulement au minimum.

Si l'on passe en revue les longueurs de pont d'aviation des porte-avions actuellement en service, on constate : 1° qu'elles s'échelonnent des 149 mètres du *Ryujo* aux 268 mètres du *Saratoga*; 2° que les avions torpilleurs modernes et les bombardiers « lourds » de 3,5 tonnes à 4 ou 5 tonnes sont embarqués sur des plates-formes d'une longueur supérieure à 200 mètres (1), les bombardiers légers en piqué de 3 tonnes à 3,5 tonnes ou d'avions d'éclairage sur des plates-formes de 170 à 200 mètres (2). Si on se limite, comme les Japonais, à des avions de chasse (tonnage 2 à 2,5 t environ),

(1) Exemple : les *Illustrious* : 228 mètres, et *Enterprise* : 245 mètres.

(2) Exemple : le *Ranger* : 195 mètres, et les *Soryu* : 178 mètres.

nage) s'arrête à une distance de 85 mètres de la tranche arrière de la plate-forme;

— l'ascenseur arrière réservé à la descente des avions après appontage se trouve placé à 100 mètres de la tranche arrière de la plate-forme et à 115 mètres, si l'on englobe la longueur de l'ascenseur lui-même (15 m).

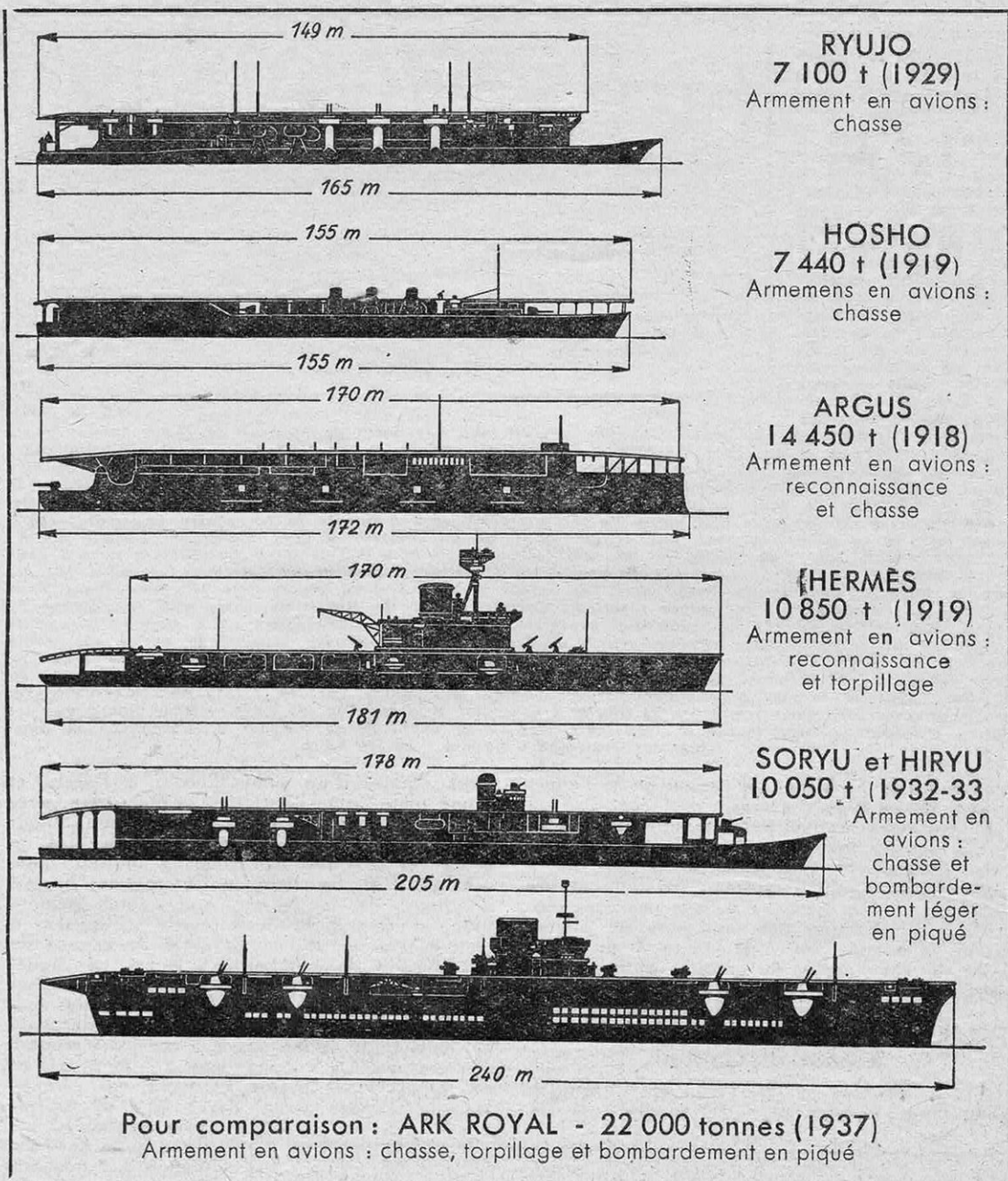
On peut en conclure que, grâce au freinage par câbles et crosse, cette longueur (85 à 115 mètres) correspond à la longueur effective du pont d'atterrissage.

La longueur de pont minimum nécessaire à l'envol

De l'ascenseur arrière de l'*Ark Royal* à l'ascenseur avant, réservé à l'envol des avions légers, on compte environ 75 mètres, et de l'ascenseur avant à la tranche avant de la plate-forme, un peu plus de 50 mètres.

La longueur totale disponible pour l'envol, qui s'étend à partir des câbles de freinage, est de 155 mètres (tous ascenseurs fermés). En résumé, la longueur du pont d'envol atteint 150 mètres, tandis que la longueur du pont d'atterrissage varie entre 85 et 115 mètres. Le

(1) Exemple : le *Ryujo* : 149 mètres, et l'*Hosho* : 155 mètres.



T W 22409

FIG. 9. — LES LONGUEURS DE PLATES-FORMES DES PORTE-AVIONS DE TONNAGE MODÉRÉ

Il faut noter un accroissement général de la longueur de plate-forme, entre 1919 et 1939, en fonction de l'amélioration des performances des avions. L'Argus et l'Hermès, de 1919, devaient à l'époque recevoir des avions torpilleurs; mais il s'agissait de Sopwith pesant 1,5 à 2 tonnes et d'une vitesse maximum de 150 km/h. L'avion torpilleur moderne a doublé de poids et plus que doublé de vitesse. Les plates-formes qu'il exige sont supérieures à 200 mètres : ce sont des monoplans de 425 km/h comme le Grumman « Avenger », et non plus des biplans Fairey « Swordfish » de 250 km/h.

décollage sur roues nécessite donc une longueur plus grande que l'appontage (1). C'est l'explication de la présence sur ces mêmes porte-avions modernes de deux catapultes fixes encastées dans le pont d'envol.

Est-ce l'explication de la réduction de lon-

(1) Voir *La Science et la Vie*, avril 1942, page 211.

gueur des récents porte-avions britanniques : des 240 mètres de l'Ark Royal aux 229 mètres des *Illustrious* et aux 222 mètres des *Indomitable*?

En ce qui concerne le porte-avions d'escorte, c'est-à-dire *uniquement armé d'avions de chasse*, les dimensions indiquées ci-dessus montrent qu'un pont continu de 150 mètres suffirait

FIG. 10. — SCHEMAS COMPARATIFS DU PORTE-AVIONS ANGLAIS « HERMÈS » ET DU PORTE-AVIONS JAPONAIS « RYUJO »

L'Hermès de 10 850 t, le premier bâtiment conçu comme porte-avions (1917) et construit en 1919, était un bâtiment « flushdeck » (à pont continu) dont le pont d'aviation avait une longueur sensiblement égale à celle de la coque (182 m). L'armement en canons comprenait six pièces de 140 mm contre ennemi flottant, mais réparties en deux bordées de trois, placées dans des casemates latérales sous le pont d'aviation.

C'était donc une sorte de croiseur de 10 000 tonnes à six canons de 140 mm et un pont d'aviation. Les projets américains de 1930 portaient sur un bâtiment de même tonnage, mais armé de huit pièces de 150 mm et d'une vitesse atteignant 30 nœuds au lieu de 25. C'eût été vraisemblablement un bâtiment dérivé de l'Hermès. En 1930, fut réalisé le Ryujo, de 7 100 tonnes, armé de douze canons de 127 mm anti-aériens disposés par affûts doubles en encoirbellement rapportés sur la coque. Les pièces de 127 mm permettent d'ailleurs le tir contre bâtiments légers. L'adoption de ce calibre à deux fins fit avorter l'idée du croiseur à pont d'aviation. Comme D.C.A., l'Hermès n'avait que trois pièces de 102 mm, disposées en ligne sur le pont d'aviation à tribord dans l'alignement de « l'ilot ». Leur insuffisance éclata le 29 avril 1942 quand l'Hermès fut coulé par les bombes d'avions japonais. Le Ryujo de 7 100 tonnes présentait donc quatre fois plus de canons anti-aériens que l'Hermès et d'un calibre supérieur. Comme avions, le Ryujo ne porte que des avions de chasse (plate-forme de 149 m). L'Hermès portait quinze Fairey « Swordfish » ou « Albacore » équipés en avions de reconnaissance et éventuellement de torpillage. La marine britannique aurait été mieux inspirée en l'armant uniquement d'avions de chasse et en l'utilisant comme porte-avions d'escorte. Cela eût évité probablement la perte du Prince of Wales et du Repulse, le 9 décembre 1941, en Malaisie. Mais la marine britannique paraît avoir été très pauvre, en 1940 et 1941, en avions de chasse modernes embarqués. Pour remplacer les Gloster « Gladiator » périmés de 405 km/h, elle ne trouva que des Fairey « Fulmar », trop lourds et trop lents (410 km/h) avant de se résigner à commander en Amérique des Grumman « Martlet » de 520 km/h.

à résoudre le problème de l'envol et de l'atterrissage de ce type d'avions.

Si l'on admet l'envol par catapulte, une plate-forme de 115 mètres, pour l'atterrissage seulement, pourrait convenir. Dans ce cas, une disposition multicatapultes assurerait un débit rapide à l'envol : trois avions à la fois par exemple.

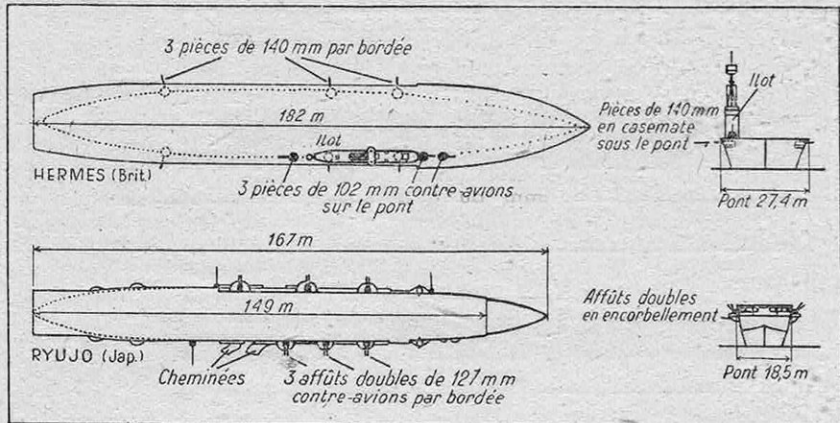
Mais la réduction des longueurs de plates-formes d'aviation est intéressante à un autre point de vue : celle du croiseur hybride, mi-porte-avions et mi-croiseur armé de canons.

L'hypothétique croiseur hybride à pont d'aviation

L'idée remonte à 1917-1918, au Cavendish britannique, croiseur de 9 000 tonnes, qui fut

alors équipé d'un pont d'envol à l'avant et d'une plate-forme d'atterrissage à l'arrière, avec quelques pièces de 152 mm au centre autour du bloc « passerelles-cheminées ». Ce fut un échec, et le Cavendish redevint croiseur intégral en 1920. En 1930, le Commander Forrest Sherman, de la marine américaine, suggéra l'idée d'un « flight deck cruiser », croiseur à pont d'aviation, qui serait armé de canons de 152 mm et de bombardiers légers en piqué. Le tonnage de ce bâtiment devait impérativement rester inférieur à 10 000 tonnes pour rester dans la classe « croiseurs » définie au traité de Washington et ne pas être considéré comme porte-avions. Le commandant Sherman croyait au porte-avions comme bâtiment de l'avenir, mais le tonnage global de ce type de navires

ayant un plafond fixé par le traité de Washington, il pensait avantageux de le compléter au moyen de croiseurs à pont d'aviation, aux dépens de croiseurs à canons de 152 mm qui paraissaient superflus à la marine américaine entichée de croiseurs lourds à canons de 203 mm. L'idée ne fut retenue que pour les négociations navales de 1930 et de 1935, et une clause spéciale du traité de Londres accorda à la marine



T W 22407

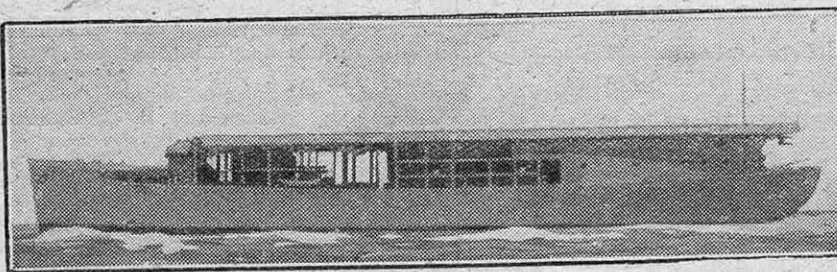


FIG. 11. — LE PORTE-AVIONS AUXILIAIRE AMÉRICAIN « LONG ISLAND »

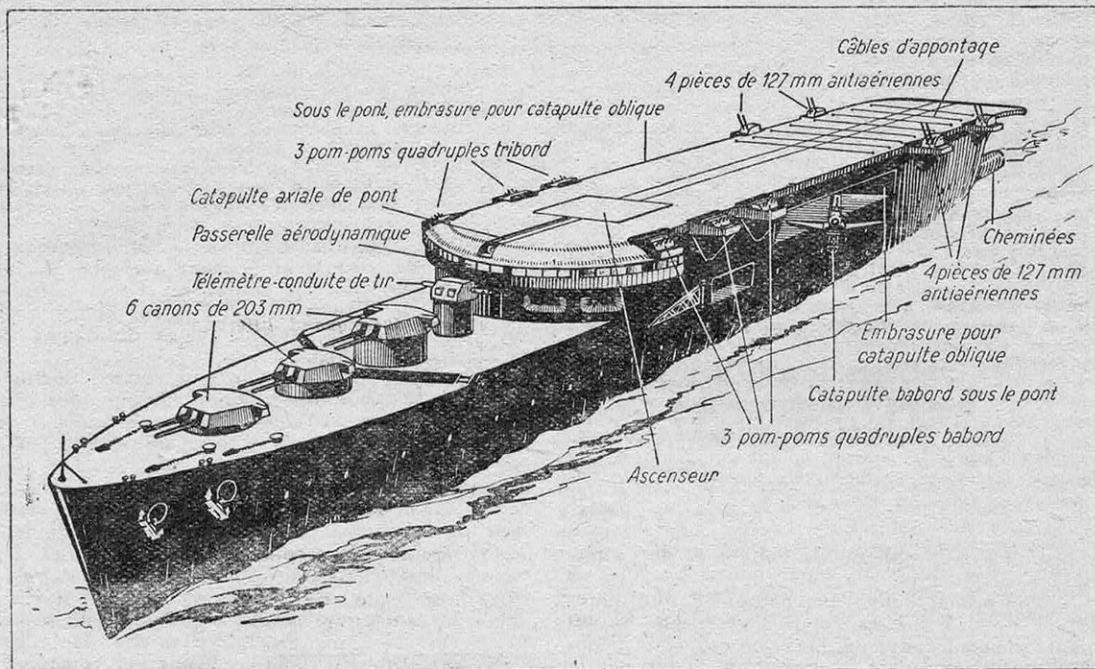
T W 22412

Ce porte-avions auxiliaire dérive du cargo type C. 3 qui est construit actuellement en grande série dans les chantiers navals américains (voir La Science et la Vie, n° 302, page 171). La longueur de la plate-forme, 135 m environ, ne permet d'employer que des avions de chasse (une trentaine environ). Plusieurs cargos à moteurs Diesel du type C. 3 sont en cours de transformation. Les deux premiers ont donné le Core (fin 1941) et le Long Island (été 1942).

américaine l'autorisation de construire 80 000 tonnes de ces bâtiments à pont d'aviation en plus de son allocation de porte-avions. Clause toute platonique, car le « flight deck cruiser » américain de 1930 ne vit pas le jour. Sa réalisation fut-elle tuée par l'apparition des *Mogami* japonais, croiseurs où le nombre de canons de 152 mm ou de 155 mm atteignait quinze? Il est certain que le tonnage réservé aux croiseurs hybrides fut utilisé par les *Nashville*, réplique des *Mogami*

léger, mais aussi de « Stukas » et peut-être même d'avions torpilleurs. Quant à l'artillerie, elle totalise seize pièces de 150 mm (c'est-à-dire plus de pièces qu'un *Mogami* japonais ou qu'un *Nashville* américain), et une partie a pu être disposée en tourelles, ce qui améliore sensiblement l'étendue des champs de battage.

Le porte-avions *Graf Zeppelin* de 19 250 tonnes apparaît donc, à une échelle agrandie, comme une solution du « flight deck cruiser » américain de 1930.



T W 22410

FIG. 12. — PROJET DE CROISSEUR A PONT D'AVIATION, ARMÉ DE SIX CANONS DE 203 MM ET PORTANT QUINZE AVIONS DE CHASSE, DONT LE LANCEMENT PEUT ÊTRE EFFECTUÉ PAR TROIS CATAPULTES, UNE AXIALE SUR LE PONT, DEUX OBLIQUES SOUS LE PONT

Il faut reconnaître que le problème technique du croiseur « mixte » ou « hybride », tel qu'il fut présenté en 1930 dans les limites des traités de Washington, était d'une réalisation difficile : Faire tenir dans une coque de 10 000 tonnes et de 180 mètres de longueur des canons de 150 mm et une plate-forme pour avions de bombardement en piqué. Longueur de coque et longueur de plate-forme étant sensiblement égales, l'artillerie de 150 mm serait placée en casemates latérales et réparties par bordée, ce qui aurait divisé par deux la concentration du tir par rapport à la disposition en tourelles axiales.

Le cas du « Graf Zeppelin » (1937-1942)

Lorsque les Allemands reprirent le problème en 1937, en concevant leurs deux *Graf Zeppelin*, avec l'idée vraisemblable d'un porte-avions « corsaire », ils n'étaient pas bloqués, comme les Américains en 1939, par le tonnage de 10 000 tonnes. Ils choisirent un tonnage nettement supérieur : 19 000 tonnes, et surtout ils allongèrent la coque au maximum : 250 mètres. Une telle longueur permet une plate-forme qui atteindrait 230 mètres; c'est dire que l'on ne se contentera pas de bombardiers de type

Le croiseur lourd armé d'avions de chasse

Si l'on écarte délibérément les avions lourds et ceux de bombardement en piqué, pour s'en tenir uniquement à de la chasse, une plate-forme réduite à 155 mètres de longueur serait, nous l'avons vu, suffisante pour assurer à la fois l'envol et l'atterrissage. Pour compenser l'absence des bombardiers en piqué, on forcerait sur le calibre des canons en passant du 150 mm à celui de 203 mm, calibre des croiseurs lourds. Une longueur de la plate-forme de 155 mètres pour une longueur de coque de 200 mètres permettrait d'adopter la disposition axiale pour quelques-uns de ces canons en tourelles sur la plage avant. Enfin, la limitation à quinze avions de chasse (au lieu de quarante avions divers du *Graf Zeppelin*) pourrait conduire à une compression du volume des hangars diminuant la hauteur et la vulnérabilité des superstructures. Un tel croiseur « hybride » serait, au total, la combinaison « gros canons et avions de chasse » réalisée à l'échelle réduite du calibre de 203 mm et d'un tonnage de 10 000 à 13 000 tonnes.

Une autre version pourrait comporter une simple plate-forme d'atterrissage avec ascenseur de dégagement; longueur totale : 115 mè-

tres. L'envol étant éliminé de cette plate-forme pour être reporté en-dessous, au moyen de catapultes traversières ou obliques débouchant par des embrasures latérales.

Rappelons que dans la marine britannique le catapultage à bord des grands croiseurs et des cuirassés s'effectuait par des catapultes fixes traversières, encastrées dans une tranchée transversale et lançant l'avion par le travers. Sur l'Exeter, ces deux catapultes fixes étaient disposées obliquement et lançaient à 60 degrés environ. La longueur de plate-forme étant réduite à 115 mètres, cette disposition pourrait être appliquée à des croiseurs d'un tonnage de 10 000 tonnes au maximum.

Les croiseurs lourds actuels sont-ils transformables en croiseurs hybrides ?

Mais la guerre actuelle a ses exigences immédiates. Le plus difficile problème devient de donner à tous les navires à la mer une escorte suffisante par avions de chasse. Les cuirassés s'adjoignent par priorité les porte-avions disponibles. Les croiseurs sont moins bien servis, pour ne pas dire pas du tout. Aussi sont-ils les victimes de choix des « Stukas ». Le 10 jan-

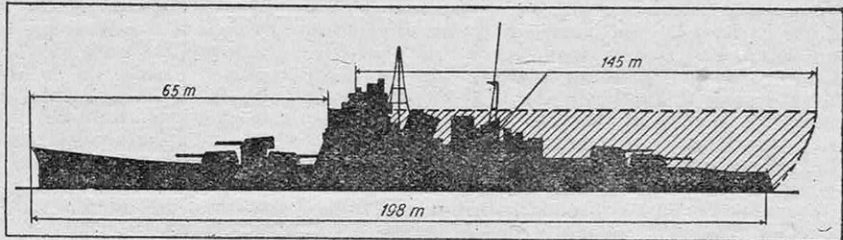


FIG. 14. — LA TRANSFORMATION POSSIBLE DES CROISSEURS JAPONAIS TYPE « ATAGO » (9 850 TONNES) EN CROISSEURS A PONT D'AVIATION

L'armement de ces croiseurs comporte dix pièces de 203 mm, six à l'avant (en trois tourelles doubles), quatre à l'arrière (en deux tourelles doubles). La longueur totale de la coque est de 198 m et celle de la plage avant de 65 m. En conservant intacte toute la partie avant du croiseur, de l'étrave à la passerelle, y compris la conduite de tir (longueur 68 m), il reste 130 m disponibles pour la transformation de l'arrière en pont d'aviation, en sacrifiant les deux tourelles arrière de 203 mm. Avec un prolongement de 15 m en porte à faux au delà de l'étambot, un pont d'atterrissage de 145 m serait réalisable à l'usage d'avions de chasse.

vier 1941, l'« Illustrious » fut sauvé de justesse par ses propres avions, et le « Southampton », qui ne put être escorté, fut coulé. En Crète périrent le « Fiji » et le « Gloucester ». A Ceylan, le « Cornwall » et le « Dorsetshire », faute d'avions de chasse de protection.

Si un jour, las de voir leur espèce décimée sous les coups d'une aviation chaque jour plus menaçante, les croiseurs lourds — après avoir en vain réclamé une escorte de chasse, sans aucun espoir de l'obtenir devant la crise toujours croissante de porte-avions — se décidaient enfin à vouloir assurer eux-mêmes leur escorte par de la chasse, au prix du sacrifice de leur artillerie arrière, pourraient-ils le faire ? De quelle longueur de coque disposent-ils entre la tour (passerelle et conduite de tir) et l'étambot pour y installer un pont d'aviation qui laisserait

intactes la plage avant et l'artillerie correspondante (4 à 6 pièces de 203 mm) ?

L'examen des croquis des « Flottes de combat » montre que les « Pensacola » américains ne disposeraient ainsi que de 112 mètres de longueur, les « London » de 127 mètres et les « Atago » japonais de 131 mètres. Ainsi, les moins favorisés seraient les croiseurs américains, à cause de leur coque trop courte (178 à 182 mètres), les plus favorisés les japonais, avec 198 mètres de coque. En forçant sur la longueur de ses croiseurs lourds, la marine nipponne se serait-elle montrée, là encore, plus prévoyante que ses rivaux ?

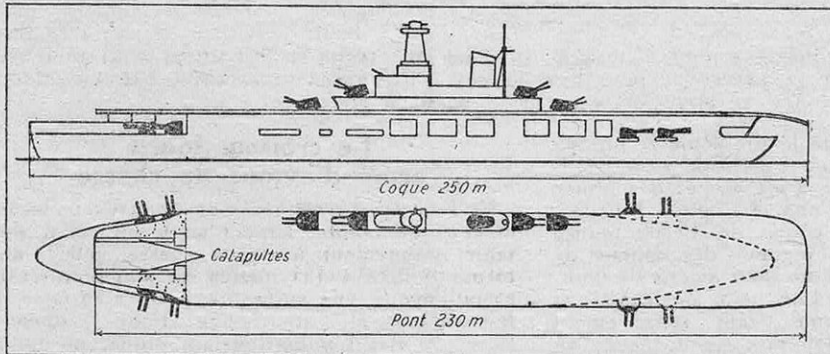


FIG. 13. — CROQUIS SCHÉMATIQUE DU PORTE-AVIONS ALLEMAND « GRAF ZEPPELIN »

Le « Graf Zeppelin » et le « Deutschland » ont été conçus tous deux en 1936-1937, et le premier a été lancé à la fin de 1938 ; ils n'étaient pas encore mis en service actif en 1942. Ces deux bâtiments sont remarquables par la réunion sur une même coque d'un armement en canons de croiseur de 9 000 à 10 000 tonnes (16 pièces de 150 mm) et d'un armement en avions d'un porte-avions de 10 000 tonnes environ, à savoir 40 avions. La longueur de coque (250 m) est considérable pour un bâtiment de ce tonnage (19 250 t), la longueur de pont étant de l'ordre de 230 mètres. Le croquis ci-dessus indique, sans garantie d'exactitude, la disposition de l'artillerie, partie en quatre tourelles axiales doubles, décalées sur tribord, partie en casemates latérales. Cette disposition mixte assure une concentration de douze pièces sur seize dans tous les azimuts, sauf dans l'axe longitudinal. La disposition des quatre tourelles a été empruntée au Lexington américain, disposition asymétrique sur tribord qui rend le combat au canon désavantageux par bâbord, car le tir prive alors le bâtiment de l'usage de son pont d'aviation. Une disposition symétrique des tourelles serait plus avantagée, mais elle conduirait à allonger encore la coque, pour la placer en contre-bas du pont d'aviation, et à réduire autant que possible la longueur de la plate-forme, c'est-à-dire à se limiter à des chasseurs de types légers.

P. BELLEROCHÉ.

LES MOLÉCULES GÉANTES

par G. CHAMPETIER

Maître de Recherches

Parmi les éléments qu'étudie la chimie, le carbone occupe une place à part grâce au pouvoir qu'il possède de s'unir à lui-même presque indéfiniment pour former la charpente de molécules géantes renfermant parfois plusieurs milliers d'atomes. Ces molécules peuvent être des édifices très compliqués (protéines), mais elles peuvent aussi être formées par la répétition d'un même « thème », qui est la molécule d'un composé plus simple (polymérisation), soit les molécules de plusieurs composés soudées les unes aux autres. La structure moléculaire des polymères, étudiée avec précision au moyen de la diffraction des rayons X, se traduit par des propriétés physiques très intéressantes. Tandis que les molécules formées d'un réseau à trois dimensions sont solides, certaines molécules en chaînes peuvent glisser les unes sur les autres et la substance devient plastique. Si les chaînes n'acquièrent leur extension complète que sous un effort de traction, la substance est élastique. La connaissance des propriétés des polymères est venue expliquer les pratiques purement empiriques de l'industrie du caoutchouc et des matières plastiques (celluloïd, ébonite, etc...). Elle a permis également, sinon de les reproduire entièrement par synthèse, du moins de réaliser des produits de structure moléculaire comparable et qui sont parfois, au point de vue pratique, de qualité supérieure (nylon (1), buna (2), etc.).

LE XIX^e siècle et le XX^e siècle ont consacré le magnifique développement de la chimie; les succès de la synthèse organique ne sont plus à rappeler. De nombreuses substances nouvelles ont été créées et un grand nombre de produits naturels ont pu être reproduits de toutes pièces au laboratoire : l'urée, l'indigo, le camphre et beaucoup d'autres. Mais il est une classe de composés naturels pour laquelle, malgré de multiples tentatives et les efforts de nombreuses écoles de chimistes, l'insuccès est resté la règle. Il s'agit cependant de produits d'importance vitale pour l'homme. Tels sont les constituants fondamentaux des textiles animaux et végétaux dont l'utilisation remonte aux origines de la civilisation, et le caoutchouc qui, par ses applications modernes, a trouvé des débouchés considérables.

En fait, nous verrons que, si la reproduction de ces matières s'est avérée jusqu'à présent impossible, les chimistes ont réussi néanmoins à créer des substances de constitution voisine dont les propriétés s'approchent de celles des produits naturels et quelquefois même sont nettement meilleures. Ces produits, dits de remplacement : textiles artificiels, caoutchoucs artificiels, matières plastiques diverses, dont les emplois se développaient déjà avec rapidité quelques années avant la guerre, principalement dans les pays à régime autarcique, ont rapidement attiré l'attention des autres pays, et, dans les difficiles circonstances que nous subissons, c'est vers eux que se tournent nos espoirs angoissés.

(1) Voir : « Les nouvelles fibres de synthèse », dans *La Science et la Vie*, n° 296 (avril 1942).

(2) Voir : « Un nouveau caoutchouc synthétique en Allemagne », dans *La Science et la Vie*, n° 227, (mai 1936).

Bien que les tentatives de synthèse des produits naturels envisagés n'aient connu que l'insuccès, le patient labeur des chimistes a permis de préciser au cours de ces dernières années la constitution de tous ces corps. Ils forment une classe de composés, désignés récemment sous le nom de « hauts polymères », qui se distinguent des corps habituels de la chimie organique par les dimensions anormalement grandes de leurs molécules. Alors que les corps classiques de la chimie organique sont formés par une centaine d'atomes au maximum, les substances fortement polymérisées résultent fréquemment de l'union de plusieurs milliers d'atomes, voire même de plusieurs dizaines de milliers; leurs poids moléculaires atteignent de ce fait des valeurs de l'ordre de 100 000, ce qui se traduit pour ces corps par des propriétés particulières.

La cellulose, constituant des textiles végétaux

C'est par l'étude de la cellulose qu'un grand nombre de points essentiels sur la constitution des substances fortement polymérisées ont été acquis.

La cellulose, dont l'analyse chimique révèle la composition, contient, pour 6 atomes de carbone, 10 atomes d'hydrogène et 5 atomes d'oxygène : c'est la substance de soutien des cellules végétales; elle se trouve associée dans les bois à de nombreux autres corps dont le plus important est la lignine, mais on peut la trouver à l'état presque pur dans divers duvets végétaux, dont le plus important est le coton. La cellulose est le constituant fondamental des textiles végétaux; aussi son étude a fait l'objet de travaux extrêmement nombreux.

Il est à remarquer que l'analyse chimique,

qui attribue à la cellulose la formule $C_6H_{10}O_5$, ne peut pas renseigner sur la façon dont les atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène sont enchaînés dans la molécule de cellulose. C'est par l'étude des réactions chimiques de ses composés et, en particulier, par l'étude de ses produits de dégradation sous l'influence des acides, qu'il a été possible de se rendre compte de sa structure moléculaire.

Si l'on fait agir un acide concentré sur la cellulose, on la transforme en un sucre : le glucose, dont la constitution est bien connue et dont la formule $C_6H_{12}O_6$ correspond simplement à la fixation d'une molécule d'eau H_2O sur le groupement atomique $C_6H_9O_5$ de la cellulose.

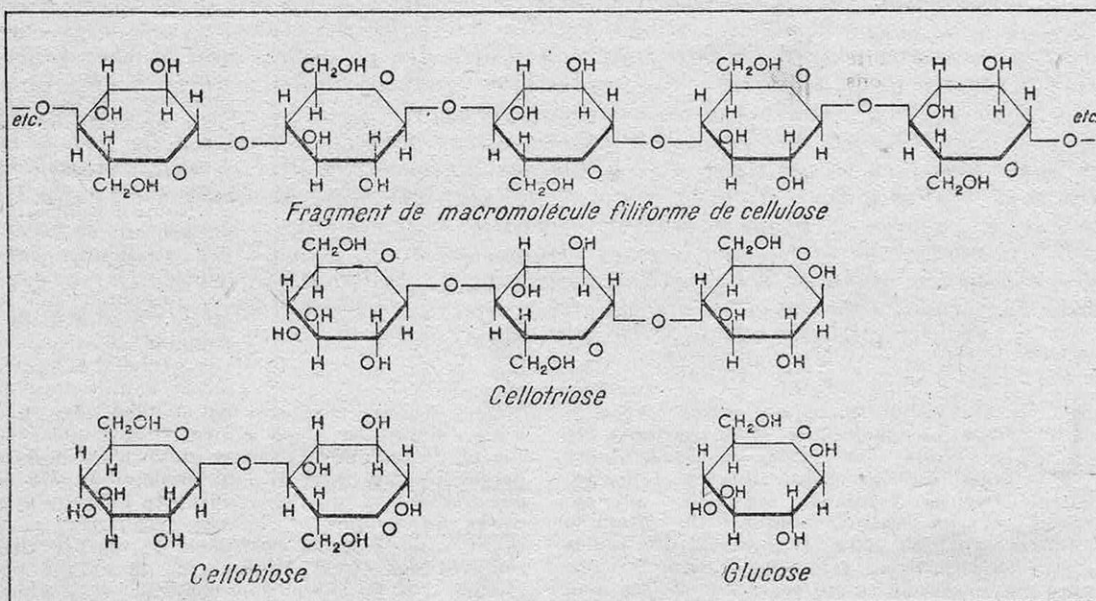
Toutefois, l'on peut être certain *a priori* que

Diverses théories avaient été échafaudées sur l'union des groupes anhydroglucose, mais, aucune d'elles, ne pouvant s'appuyer sur des faits expérimentaux précis, n'avait conquis l'adhésion unanime des chercheurs.

La dégradation hydrolytique de la cellulose

Un premier pas dans l'étude de la constitution de la cellulose fut réalisé par l'étude systématique des produits d'hydrolyse de cette substance sous l'action plus ou moins poussée des acides.

L'action ménagée d'un acide dilué transforme les fibres cellulosiques en une poussière impalpable dont la formule reste $(C_6H_{10}O_5)_n$, mais



T W 22432

FIG. 1. — LA MOLÉCULE DE CELLULOSE ET TROIS DE SES PRODUITS DE DÉGRADATION HYDROLYTIQUE

La molécule de cellulose se compose d'une chaîne de radicaux identiques. En hydratant la molécule, on parvient à la couper en tronçons plus ou moins longs. Les trois plus simples des produits d'hydrolyse de la cellulose comportent respectivement trois, deux et un « maillons »; ce sont le cellotriose, le cellulose et le glucose.

la cellulose n'est pas simplement du glucose déshydraté et que sa molécule doit présenter des différences essentielles avec celle du glucose si, par ailleurs, d'autres points sont communs. En particulier, le glucose est un produit parfaitement cristallisé, soluble dans l'eau, alors que la cellulose est une substance apparemment non cristalline, dont l'aspect est celui de la fibre originelle, qui ne subit au contact de l'eau qu'un phénomène de gonflement d'ailleurs assez faible et dont la solubilité est pratiquement nulle. Ce caractère d'insolubilité de la cellulose avait été attribué dès l'origine au fait que la particule élémentaire de cellulose, sa molécule, ne devait pas être constituée d'un seul groupement $C_6H_9O_5$, mais d'un grand nombre de ces groupements, associés d'une manière d'ailleurs non connue, ce que l'on traduisait simplement par la formule $(C_6H_9O_5)_n$. On disait que la cellulose résultait de la polymérisation du groupement anhydroglucose $C_6H_9O_5$, mais il était impossible de préciser le nombre des groupements associés, c'est-à-dire la valeur de l'indice de polymérisation n .

qui, au contact de l'eau, subit un gonflement extrêmement important et peut même fournir une dispersion mucilagineuse analogue à un empois; si l'on effectue l'hydrolyse par des acides de concentrations croissantes ou durant des temps de plus en plus longs, on finit par obtenir des substances qui deviennent réellement solubles dans l'eau et dont les poids moléculaires peuvent alors être déterminés par les procédés courants de la chimie organique. Ces produits d'hydrolyse sont formés par une vingtaine seulement de groupes anhydroglucose.

Une hydrolyse encore plus prolongée par l'acide sulfurique concentré par exemple, donne du cellohexose, sucre issu de l'union de six groupes glucose, puis du cellotriose, et du cellulose dont les formules, établies sans ambiguïté, correspondent respectivement à la combinaison de 3 et de 2 groupes glucose; enfin, le terme ultime de l'hydrolyse est le glucose $C_6H_{12}O_6$.

Cette suite de produits laisse donc prévoir que la cellulose doit être constituée par des motifs $C_6H_9O_5$ unis les uns aux autres comme

le sont les maillons d'une longue chaîne, et que l'hydrolyse coupe cette chaîne, à la faveur d'une fixation d'eau, en des fragments de plus en plus courts jusqu'au terme ultime : le glucose (fig. 1).

La diffraction des rayons X par la cellulose

Ces résultats ont été confirmés récemment par l'étude de la diffraction des rayons X par la cellulose. Il n'est pas inutile de rappeler que Von Laue a montré qu'une substance cristallisée, du sel marin par exemple, est susceptible de diffracter les rayons X, c'est-à-dire qu'elle se comporte vis-à-vis des radiations lumineuses de très courtes longueurs d'onde, les rayons X, comme le fait un réseau, constitué par une série de traits équidistants et très serrés tracés sur une lame de verre, vis-à-vis de la lumière visible dont la longueur d'onde est relativement grande. Un réseau ordinaire scinde un faisceau de lumière blanche en plusieurs rayons *diffractions* correspondant respectivement aux radiations

Friedrich et Knipping, est une magnifique justification de la répartition triplement périodique des atomes dans un cristal, hypothèse qui avait été émise auparavant par Bravais. Elle a permis, connaissant les distances entre atomes dans un cristal, de déterminer les longueurs d'onde des radiations X, et, inversement, connaissant la longueur d'onde des rayons X, de calculer les distances interatomiques dans une substance cristallisée. A partir de ces dernières

mesures il est possible de remonter à la structure du cristal et d'en déduire des conclusions sur la constitution des molécules ou des groupements atomiques formant la substance cristallisée (1).

Il est remarquable que, malgré son aspect non cristallin, la cellulose donne des effets de diffraction de rayons X comme une substance cristallisée. C'est qu'en vérité, elle est formée, quelle que soit son origine, de parties cristallines, des *crystallites*, dont les effets de diffraction sur les rayons X ont permis d'établir la structure. Les recherches entreprises dans cette voie ont montré que les fibres cellulosiques sont constituées par la répétition régulière dans la direction de fibres d'un

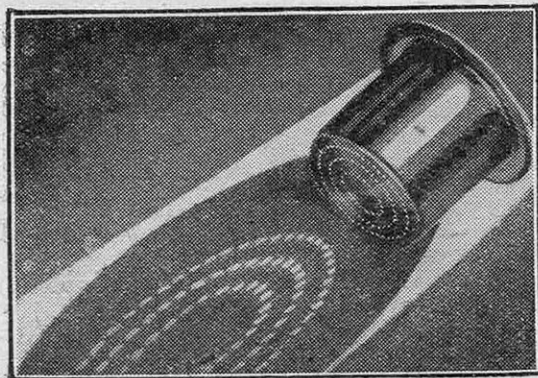
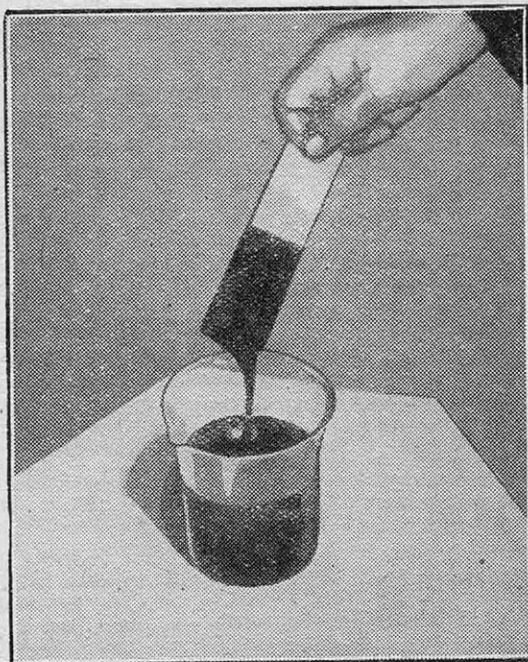


FIG. 2. — LA FABRICATION DU FIL DE RAYONNE

En haut, la viscose de cellulose, de consistance analogue à celle du miel. A gauche, filière de platine servant à produire le fil de rayonne. A droite, fils de rayonne bobinés sur la paroi d'un pot tournant à grande vitesse (le fil vient adhérer à la paroi sous l'effet de la force centrifuge).

des différentes longueurs d'onde constituant la lumière blanche; si un cristal de sel marin agit de même vis-à-vis des radiations X, c'est que les atomes formant le cristal jouent le même rôle que les traits du réseau ordinaire, ils sont disposés régulièrement dans le cristal et leurs distances mutuelles sont du même ordre de grandeur que les longueurs d'onde des rayons X (fig. 3).

La vérification expérimentale de la diffraction des rayons X par les cristaux, effectuée par

motif atomique dont la longueur est exactement celle que l'on peut calculer pour un groupe anhydroglucose $C_6H_{10}O_5$, soit $5,15 \text{ \AA}$ (2) (fig. 4).

Tous ces motifs sont unis dans la direction

(1) Voir : « Comment les rayons X révèlent et contrôlent la structure de la matière », dans *La Science et la Vie*, n° 239 (mai 1937).

(2) Un A (Angström) = 10^{-8} cm ou 1 dix millionième de millimètre.

de la fibre par les mêmes liaisons atomiques que l'on trouve entre les atomes des molécules habituelles. Par contre, dans les directions transversales, les motifs anhydroglucose sont maintenus assemblés par des liaisons beaucoup plus lâches, analogues aux forces de cohésion assemblant les molécules entre elles dans les édifices cristallins. Ainsi les molécules de cellulose consistent en de longues chaînes de groupes anhydroglucose dont le nombre n'est certainement pas inférieur au millier. Nous avons affaire à des molécules géantes dont la longueur atteint 5000 à 10000 Å, disposées parallèlement les unes aux autres dans les fibres celluloses (fig. 5 a).

Les propriétés de la cellulose La solubilité des dérivés celluloses

La constitution macromoléculaire de la cellulose a une répercussion sur ses propriétés et sur celles de ses dérivés. D'une manière générale, l'existence de grands enchaînements moléculaires se traduit par un ensemble de propriétés particulières qui ont trouvé de multiples applications au cours de ces dernières années.

La cellulose présente la constitution chimique d'un alcool; chaque groupe anhydroglucose est porteur de trois fonctions alcooliques. Or la cellulose ne possède pas la propriété commune à tous les polyalcools d'être soluble dans l'eau. A peine subit-elle sous l'action de ce liquide un léger gonflement transversal. La raison de ce comportement anormal doit être recherchée dans l'existence des macromolécules filiformes. Chaque macromolécule se trouve liée aux macromolécules voisines par une multitude de liens dus à l'attraction mutuelle des oxyhydriles alcooliques. Ces liens, bien que faibles, pris isolément, assurent par leur grand nombre une cohésion suffisante à l'assemblage de macromolécules. L'eau s'insinue entre les chaînes celluloses, mais ne peut arriver à rompre simultanément leurs attaches latérales; aussi la dispersion individuelle des chaînes dans l'eau ne peut se produire.

La dispersion de la cellulose dans l'eau ne pourra être réalisée qu'en diminuant considé-

ablement l'attraction mutuelle des fonctions alcooliques à la faveur de la fixation de substances salines sur ces fonctions. C'est ce qui a lieu avec le chlorure de zinc, le sulfocyanure de calcium ou encore l'hydroxyde de cuivre ammoniacal.

Les complexes celluloses formés sont alors dispersables dans les solutions aqueuses de ces sels.

La dispersion des chaînes celluloses dans un solvant pourra encore être obtenue en mettant en œuvre non plus la cellulose elle-même, mais un de ses dérivés. Grâce à ses fonctions alcooliques, la cellulose peut en effet donner entre autres des combinaisons avec les acides minéraux ou organiques; il se forme dans ce cas des éthers sels dont le type

est la nitrocellulose ou encore l'acétate de cellulose.

Ces dérivés présentent la propriété de se disperser dans de nombreux solvants organiques. La solubilisation est provoquée par le relâchement des liaisons entre chaînes et par la forte attraction du solvant sur les nouvelles fonctions chimiques substituées aux fonctions alcooliques le long des chaînes celluloses.

Une des propriétés caractéristiques de ces solutions est leur viscosité d'autant plus grande que les macromolécules dispersées sont elles-mêmes plus longues, c'est-à-dire que le dérivé cellulose a été moins dégradé par les traitements chimiques. Cette propriété a été mise en œuvre pour la réalisation de fibres textiles artificielles.

Les textiles artificiels celluloses

Les premiers essais de textiles artificiels remontent au XVII^e siècle; leur but était d'imiter la soie naturelle. Le problème à résoudre consiste à réaliser un monofil tel qu'il sort des filières du ver à soie. Il est indispensable d'avoir à cette fin une solution visqueuse

dont le solvant puisse être facilement éliminé, après passage à la filière, soit par dissolution dans l'eau, soit par simple évaporation.

Quelques tentatives effectuées avec du verre filé ou des solutions à base de gélatine furent vite abandonnées. Hilaire de Chardonnet eut alors l'idée de s'adresser à une solution visqueuse d'un dérivé cellulose, la nitrocellulose. Les résultats obtenus furent accepta-

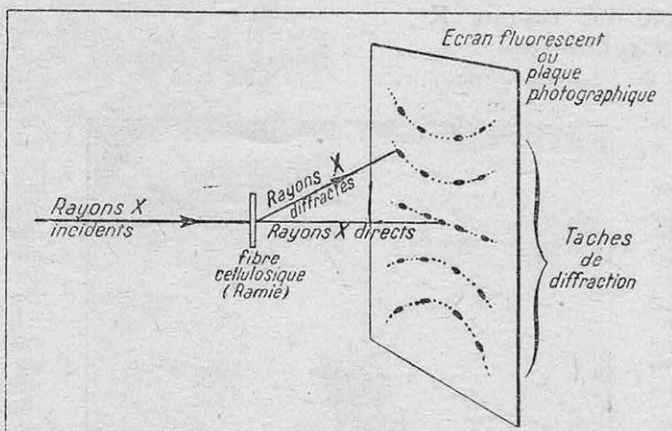


FIG. 3. — LA DIFFRACTION DES RAYONS X PAR UNE FIBRE CELLULO-SIQUE DE RAMIE

L'arrangement régulier des maillons de la molécule de cellulose et la juxtaposition des molécules dans le sens de la longueur (fig. 4) donnent à la fibre cellulosique, au point de vue optique, la structure d'un réseau à trois dimensions analogue à un cristal. Comme un cristal, ce réseau diffracte les rayons X en faisceaux minces suivant des directions privilégiées. Les angles des rayons diffractés avec le rayon incident permettent de calculer les dimensions du réseau.

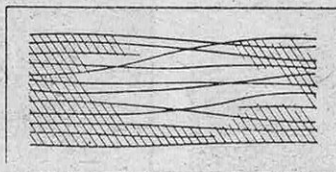


FIG. 4. — LA STRUCTURE MICROSCOPIQUE D'UNE FIBRE CELLULO-SIQUE

Les régions hachurées correspondent aux parties cristallines.

T W 22427

bles, mais la nitrocellulose dut être abandonnée par suite de sa trop grande inflammabilité ou des difficultés que présente sa dénitration. Un autre procédé fit appel, par la suite, à une dissolution de cellulose dans un solvant constitué par de l'oxyde de cuivre dissous dans l'ammoniaque et connu sous le nom de liqueur de Schweizer.

Actuellement la fabrication de la rayonne utilise soit l'acétate de cellulose, soit une cellulose régénérée : la viscosse. L'acétate de cellulose, combinaison de la cellulose et de l'acide acétique, est simplement dissous dans un solvant volatil (mélange alcool-acétone). Le collodion visqueux obtenu est filtré, puis filé; le fil est coagulé, par simple évaporation du solvant. La viscosse est une combinaison sodique de sulfure de carbone et de cellulose dispersable dans la soude étendue. Le fil est obtenu en coagulant par un acide la solution au sortir des filières.

L'importance de ces fabrications est bien connue de tous. Si elles n'ont pas encore conduit à un textile ayant toutes

les qualités de la soie naturelle, principalement du point de vue de la solidité et de l'isolement thermique, elles ont tout au moins l'intérêt d'un prix de revient relativement faible. Elles permettent en outre de se libérer en grande partie de l'emploi du coton en longues fibres et aussi d'utiliser, comme cellulose de départ, les fibres de coton très courtes rejetées par les filatures et la cellulose de bois. Il est ainsi possible de compenser la pénurie de coton naturel et de diminuer les importations étrangères au profit des matières premières nationales.

L'existence des macromolécules donne aux solutions cellulosiques la haute viscosité qui permet leur filage, elle assure, en outre, la résistance du fil obtenu. Celle-ci est en effet la conséquence des multiples liaisons latérales qui se développent entre les macromolécules accolées, ce qui ne peut avoir lieu avec de petites molécules.

Il a été d'ailleurs bien souvent observé que les solutions de dérivés cellulosiques partiellement dégradées, c'est-à-dire où les longues molécules ont été fragmentées en tronçons plus courts, donnent à la fois des solutions moins visqueuses et des fils peu solides. Au surplus, une manière d'augmenter la résistance mécanique des fils consiste à effectuer le filage sous forte traction. Il s'ensuit une parallélisation des macromolécules filiformes qui, en régularisant

la répartition des forces de cohésion latérales entre chaînes, assure une meilleure résistance à leur assemblage.

La plasticité des dérivés cellulosiques

D'après ce qui précède, un dérivé cellulosique est caractérisé par l'existence de longs enchaînements atomiques solidement unis dans une direction par des liaisons résistantes, alors que ces longues chaînes sont maintenues accolées les unes aux autres par des forces de

cohésion beaucoup plus lâches. Si, à la faveur de certaines conditions, les liaisons latérales viennent encore à s'affaiblir, il sera possible de faire glisser les longues chaînes macromoléculaires les unes sur les autres et de déformer la masse cellulosique. On obtient ainsi des déformations permanentes, qualifiées de plastiques pour les distinguer des déformations temporaires ou élastiques, qui cessent en même temps que l'effort qui les produit.

Pour la cellulose, le relâchement des liaisons

latérales entre macromolécules peut être obtenu par action de l'eau qui s'insinue entre les chaînes cellulosiques et affaiblit l'attraction entre les fonctions alcooliques réparties sur celles-ci. Toutefois, les propriétés plastiques de la cellulose naturelle sont assez faibles. Il n'en est pas de même pour les dérivés cellulosiques : nitrocellulose, acétate de cellulose, benzylcellulose, etc.

Certains solvants lourds désignés des noms de « plastifiants » ou de « gélatinisants » ne provoquent pas la solubilisation complète du dérivé cellulosique, mais seulement un très fort gonflement dû à l'écartement des chaînes (fig. 5). Celles-ci acquièrent de ce fait une plus grande liberté les unes par rapport aux autres. Le glissement des macromolécules peut être encore facilité par une élévation de température qui, en accroissant l'agitation thermique, affaiblit les forces de cohésion latérales. Le dérivé cellulosique plastifié est déformable à chaud; il récupère sa rigidité à la température ordinaire. Le *celluloïd*, nitrocellulose plastifiée par du camphre; le *rhodoïd*, acétate de cellulose additionné de divers plastifiants, jouissent de cette propriété. Ce sont des substances dites *thermo-plastiques* dont les applications sont devenues extrêmement nombreuses, en particulier dans la fabrication d'objets moulés ou pour imiter l'écaille, l'ivoire et la nacre. Ces substances

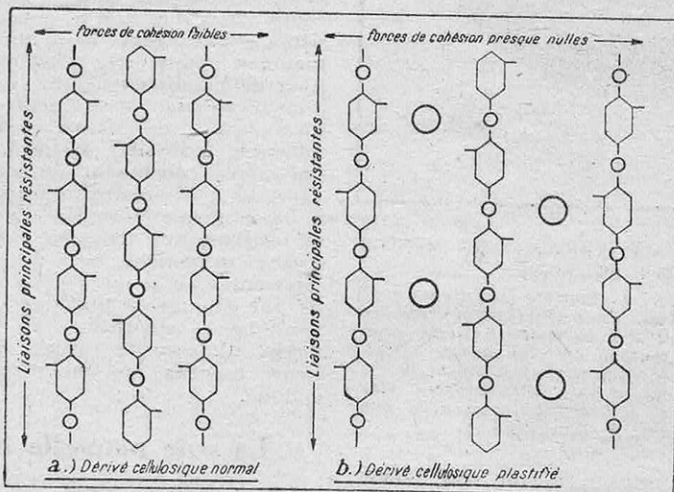
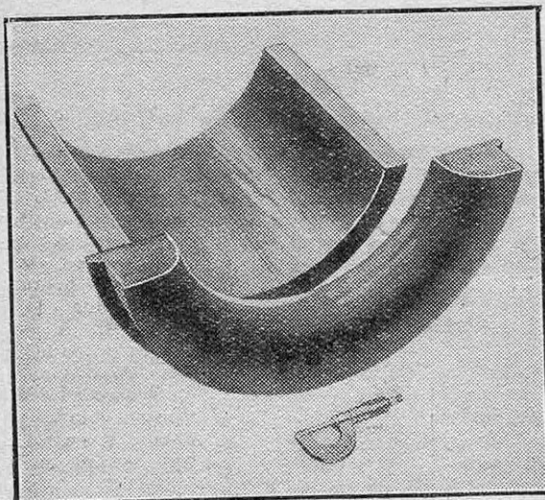


FIG. 5. — L'ACTION D'UN PLASTIFIANT SUR LES CHAINES MOLÉCULAIRES DE LA CELLULOSE

(a) Avant le traitement, les chaînes cellulosiques sont au contact et des forces de cohésion assez considérables existent entre leurs maillons. (b) Les molécules du plastifiant s'intercalent entre les chaînes cellulosiques, provoquent leur écartement et font ainsi presque entièrement disparaître les forces de cohésion qui les unissent les unes aux autres. La cellulose devient alors déformable, plastique, et le demeure tant que le plastifiant ne s'élimine pas.

T W 22429



T W 22418

FIG. 6. — COUSSINET DE LAMINOIR EN MATIÈRE PLASTIQUE (CÉLORON)

Les pièces mécaniques en matière plastique sont généralement constituées d'une substance stratifiée obtenue en imprégnant des couches de tissus avec une résine. Elles présentent sur les pièces métalliques l'avantage d'un coefficient de frottement moins élevé et d'une longévité accrue. Elles peuvent être lubrifiées soit à l'huile, soit à l'eau, soit avec une émulsion d'huile dans l'eau.

peuvent encore servir à préparer des films; elles entrent dans la composition de nombreux vernis dont elles constituent l'élément homogène.

Les matières thermoplastiques de synthèse

Les dérivés cellulosiques ne sont pas les seules matières thermoplastiques; la caséine, autre substance macromoléculaire, durcie par le formol, fournit la plus ancienne des matières plastiques artificielles préparées par l'industrie : la galalithe.

Mais en outre, depuis quelques années, la technique a fourni de nouvelles substances thermoplastiques entièrement synthétiques susceptibles de remplacer le bois, les métaux, le verre, de fournir des films et de se substituer aux résines naturelles dans les vernis.

Il s'agissait pour les obtenir de créer de longs enchaînements moléculaires, analogues aux macromolécules cellulosiques. C'est ce qui a pu être réalisé en s'adressant à un groupe particulier de composés organiques, les dérivés vinyliques, composés non saturés que l'on peut préparer assez aisément à partir de l'acétylène.

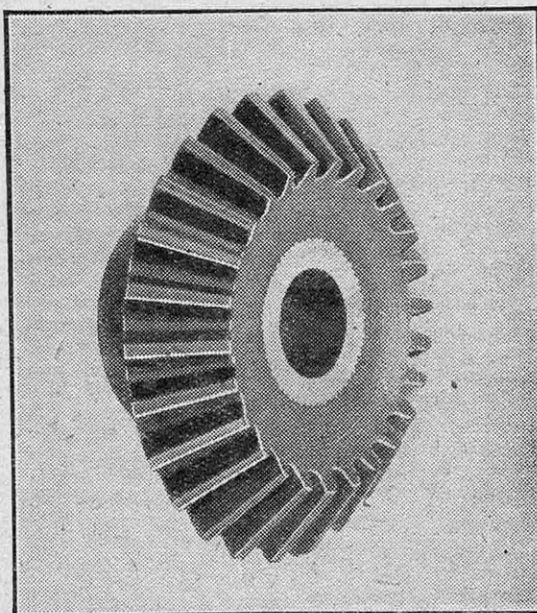
Le chlorure de vinyle $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{Cl}$
 l'acétate de vinyle $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{OCO}-\text{CH}_3$
 le styrène $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$
 l'acide acrylique $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{CO}_2\text{H}$

se polymérisent spontanément en formant de longues chaînes moléculaires renfermant plusieurs milliers d'atomes et atteignant, comme les dérivés cellulosiques, des longueurs de plusieurs milliers d'Angströms (fig. 8). La polymérisation peut être améliorée en faisant agir la chaleur, la lumière solaire, les radiations ultraviolettes ou certains catalyseurs minéraux : chlorures métalliques, eau oxygénée, peroxydes organiques, etc. Il est alors aisé, en choisissant convenablement les conditions de polymé-

risation, d'obtenir des polymères à macromolécules plus ou moins longues. En faisant par ailleurs jouer la nature chimique du composé vinylique de départ, ou mieux en réalisant des copolymérisations de deux dérivés vinyliques, par exemple de chlorure et d'acétate, ou de chlorure et d'acrylate, on peut obtenir des matières plastiques dont les domaines d'application s'étendent depuis les vernis jusqu'aux verres organiques, en passant par les poudres à mouler les plus diverses. Ces produits, dont les noms commerciaux sont des plus variés, possèdent, suivant leur nature, des qualités de solubilité ou au contraire d'insolubilité et de résistance aux agents chimiques qui en font des matières premières devenues indispensables pour de nombreux usages (verres isolants, revêtements résistant aux réactifs chimiques, imperméabilisation des tissus, isolants électriques, similicuirs, adhésifs, apprêts). Certains de ces polymères constituent de véritables verres organiques parfaitement transparents, se moulant à basse température (120-150° C), très souples et résistants aux déformations, extrêmement légers et présentant, en outre, des propriétés intéressantes au point de vue de l'insonorisation. Ils ont conquis le domaine de l'industrie aéronautique et automobile où ils constituent des glaces de sécurité planes ou galbées idéales. Leurs qualités les ont même fait utiliser en optique.

La soie naturelle et le nylon

Les textiles artificiels que nous avons envisagés précédemment ne sont qu'une imitation assez grossière de la soie naturelle. Ils ne peuvent la remplacer dans tous les domaines. Il faut dire que la constitution chimique des textiles cellulosiques est totalement différente



T W 22417

FIG. 7. — PIGNON EN MATIÈRE PLASTIQUE (CÉLORON)

Les matières plastiques à tissu amortissent 140 fois plus les vibrations que l'acier; les engrenages en matière plastique sont par suite parfaitement silencieux.

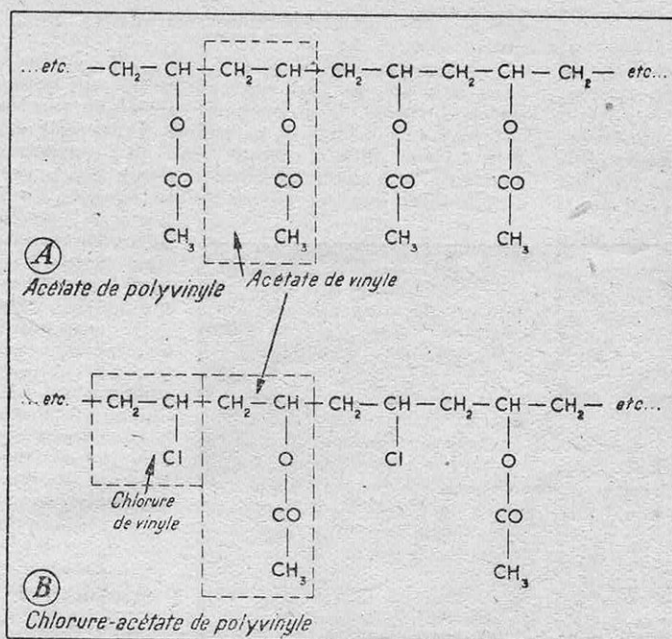


FIG. 8. — FRAGMENTS DE MOLECULES GEANTES DE DEUX DERIVES VINyliQUES : L'ACETATE DE POLYVINYLE (A) ET LE CHLORURE-ACETATE DE POLYVINYLE (B)

La polymérisation s'effectue par disparition de la double liaison dans les composés non saturés, acétate de vinyle et chlorure de vinyle. Les deux valences supplémentaires ainsi apparues servent à lier chaque maillon à ses deux voisins. Le premier composé est un isopolymère, dont tous les maillons sont des molécules d'acétate de vinyle. Le deuxième est un copolymère où alternent l'acétate et le chlorure.

de celle de la soie. Le principal constituant de cette dernière est la *fibroïne*, composé polypeptidique résultant de l'union en longues chaînes d'acides α -aminés (glycocolle et alanine) (1) alors que la cellulose et ses dérivés correspondent à la condensation de molécules de glucose, substance du groupe des sucres. La soie naturelle est une matière azotée, alors que les dérivés cellulosiques ne renferment pas d'azote.

Les tentatives déjà anciennes de Fischer en vue de réaliser l'enchaînement des molécules d' α -aminoacides n'avaient pas permis de préparer des molécules géantes analogues aux substances protéiques naturelles. Tout au plus, avait-on pu réaliser ainsi l'union d'une vingtaine de petites molécules d'aminoacide, ce qui est bien loin des macromolécules, formées de plusieurs centaines ou milliers

(1) C'est-à-dire d'aminoacides dans lesquels la fonction acide CO_2H et la fonction amine NH_2 ne sont séparées que par un atome de carbone.

de motifs élémentaires, présentes dans la soie (fig. 9).

La création de macromolécules filiformes polypeptidiques a été récemment réalisée à la suite de travaux de Carothers et de son école par la Société américaine Dupont de Nemours. Les substances de départ ne sont plus des α -aminoacides, mais des aminoacides dans lesquels les deux groupements fonctionnels, acide et amine, sont séparés par 7 atomes de carbone au minimum et parfois par plus de 20. La polycondensation est alors possible et fournit une matière thermoplastique : le *Nylon*, qui, filée à chaud et étirée au cours du refroidissement, donne un fil dont les qualités de solidité, d'aspect et de teinture n'ont rien à envier à la soie naturelle.

La mise au point de ce textile synthétique qui a nécessité d'importants capitaux est une magnifique illustration de ce que peut permettre la collaboration de la Science et de l'Industrie. Le produit obtenu, dont les licences sont depuis peu en exploitation dans de nombreux pays, est appelé dans un bref avenir à détrôner la soie naturelle.

Les substances élastiques Caoutchoucs naturels et artificiels

La cellulose et la soie ont des propriétés élastiques peu importantes. Soumises à des efforts de traction, la période des allongements réversibles est courte; on arrive rapidement au stade de déformation permanente, puis à la rupture des fibres ou des fils.

Il n'en est pas de même pour le caoutchouc, haut polymère à macromolécules filiformes pourtant analogues aux précédentes. Cette différence de comportement doit être recherchée dans la disposition des longues chaînes moléculaires.

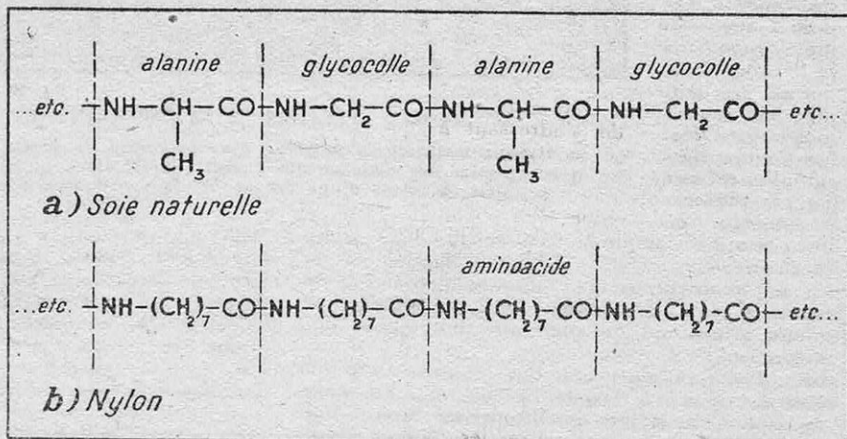


FIG. 9. — SOIE NATURELLE ET SOIE SYNTHÉTIQUE

En (a), fragment de la molécule de fibroïne de la soie naturelle. Elle résulte de la copolymérisation du glycocolle et de l'alanine. En (b), fragment de la molécule de nylon.

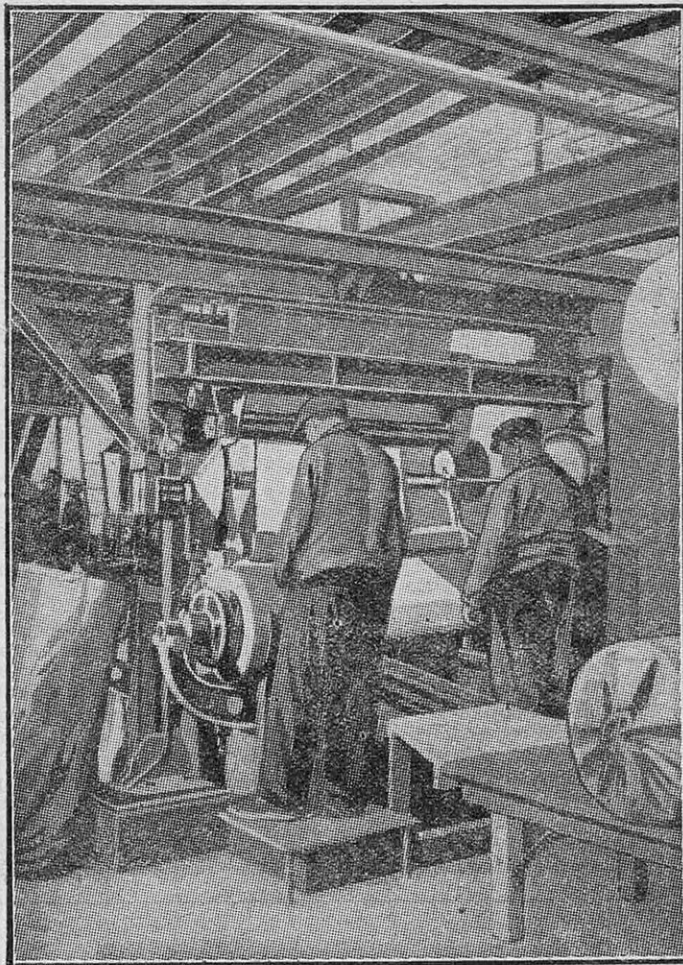
Le motif atomique, qui par sa répétition régulière engendre les macromolécules filiformes de caoutchouc, est l'isoprène (fig. 11), groupement atomique renfermant une liaison éthylénique dont la non-saturation joue un rôle important dans la vulcanisation. Il ne semble toutefois pas que les longues chaînes isopréniques aient dans le caoutchouc normal la même disposition régulière que les chaînes cellulosiques dans

une fibre végétale ou les chaînes de fibroïne dans un fil de soie naturelle. Le caoutchouc normal ne donne pas d'image de diffraction de rayons X, il se comporte comme une substance amorphe dans laquelle les atomes constitutifs ne sont pas disposés en réseau triplement périodique. Par contre, le caoutchouc fortement tendu donne des effets de diffraction; il faut donc que la tension, en provoquant l'allongement, ait déterminé une parallélisation des chaînes isopréniques. Lorsque la tension est supprimée, le caoutchouc se raccourcit et le cliché de diffraction de rayons X disparaît pour réapparaître lors d'une nouvelle tension et ainsi de suite. On doit donc admettre que, dans le caoutchouc normal non tendu, les macromolécules filiformes sont repliées sur elles-mêmes (fig. 12) grâce aux possibilités de libre rotation des atomes autour des liaisons de la chaîne. La tension produit un dépliement ou un déroulement de ces chaînes macromoléculaires, d'où l'allongement de la substance en même temps qu'une régularisation dans l'arrangement.

La synthèse du caoutchouc naturel n'a jamais pu être reproduite, avec un rendement intéressant, à partir de l'isoprène; mais il a été possible de créer des substances voisines qui possèdent les mêmes propriétés élastiques. Tels sont entre autres les polymères de butadiène (*buna*) et de chloroprène (*duprène*, *néoprène*) dont les synthèses sont passées dans le domaine industriel et qui sont à la base des

caoutchoucs artificiels que l'on peut trouver sur le marché (fig. 11).

Il est remarquable que les propriétés élastiques sont encore l'apanage des molécules géantes filiformes. Des recherches systématiques ont montré qu'elles apparaissent seulement au delà d'un certain degré de polymérisation d'ailleurs très élevé et correspondant à l'union d'un millier environ de petites molécules. Il est possible que la présence de liaisons non saturées joue également un rôle très important en mettant en jeu des actions polaires qui déterminent le repliement ou l'enroulement des longues chaînes moléculaires.



T W 22419

FIG. 10. — LA DERNIÈRE OPÉRATION DE LA FABRICATION DU BUNA

Le caoutchouc synthétique fabriqué sous la forme de petits fragments passe entre des rouleaux qui tirent pour le stockage le Buna sous la forme d'une longue bande continue.

ces longues chaînes sont soudées transversalement à la faveur d'une union chimique des groupes latéraux. C'est ce qui a lieu dans la *kératine* (fig. 13) constituant fondamental de la laine et des cheveux. Les α -aminoacides formant les longues chaînes principales portent des groupements fonctionnels latéraux acides ou basiques qui, se combinant mutuellement entre chaînes, assurent une liaison solide et rigide entre celles-ci. La macromolécule résultante ne présente plus l'aspect d'un long fil, mais celui d'un treillage plus ou moins régulier.

Les liaisons chimiques transversales peuvent être créées artificiellement. C'est ce que l'on

Les molécules géantes lamellaires et tridimensionnelles

Toutes les substances qui viennent d'être passées en revue appartiennent au groupe des composés macromoléculaires filiformes, les atomes constituant les macromolécules étant unis par les liaisons ordinaires de la chimie organique dans une seule direction de l'espace. Rappelons que les longues chaînes ainsi formées sont simplement maintenant maintenues accolées par des forces de cohésion. Mais il est des cas où

réalise dans la vulcanisation du caoutchouc sous l'action du soufre. Celui-ci se fixe sur les liaisons non saturées isopréniques et forme des liens rigides entre les longues chaînes primitives. Un phénomène analogue se produit sous l'action du chlorure de soufre, autre agent de vulcanisation. La soudure latérale des chaînes peut même s'effectuer sous l'action des radiations ultraviolettes par ouverture des liaisons éthyléniques des chaînes, puis raccordement de ces liaisons entre chaînes différentes.

L'apparition de ces liaisons rigides latérales n'est d'ailleurs pas limitée à la formation de molécules lamellaires; les liaisons peuvent se développer dans les trois directions de l'espace pour donner d'immenses macromolécules tridimensionnelles. Les longues chaînes macromoléculaires en se soudant transversalement perdent leur liberté relative. La plasticité de la substance diminue à mesure que les liaisons transversales se développent. Elle disparaît complètement lorsque, les liaisons s'étant développées dans toutes les directions de l'espace, la macromolécule est devenue tridimensionnelle et forme un bloc dans lequel les groupes d'atomes ne peuvent plus glisser les uns sur les autres.

La vulcanisation du caoutchouc est un exemple de l'influence de l'apparition des liaisons latérales entre chaînes. L'incorporation progressive du soufre s'accompagne de la perte des propriétés élastiques du caoutchouc et du durcissement de la masse. Le produit final, l'ébonite, est devenu un produit dur et cassant. Le phénomène de vulcanisation est utilisé pour durcir le caoutchouc après moulage et lui faire perdre la propriété de se coller à lui-même (fig. 14).

Les matières plastiques therm durcissables

La disparition progressive de la plasticité par agrégation macromoléculaire est mise particulièrement en évidence dans un groupe de matières plastiques, dont le type est la bakélite.

Cette substance est obtenue en condensant du phénol et du formol. Des produits analogues peuvent être préparés à partir d'autres composés phénoliques et aldéhydiques. La condensation peut être effectuée soit en milieu acide et conduit alors à des produits fusibles, les novolacs, et solubles dans divers solvants organiques. Elle peut être aussi réalisée en milieu alcalin. En chauffant progressivement le mélange de phénol et de formol et le cataly-

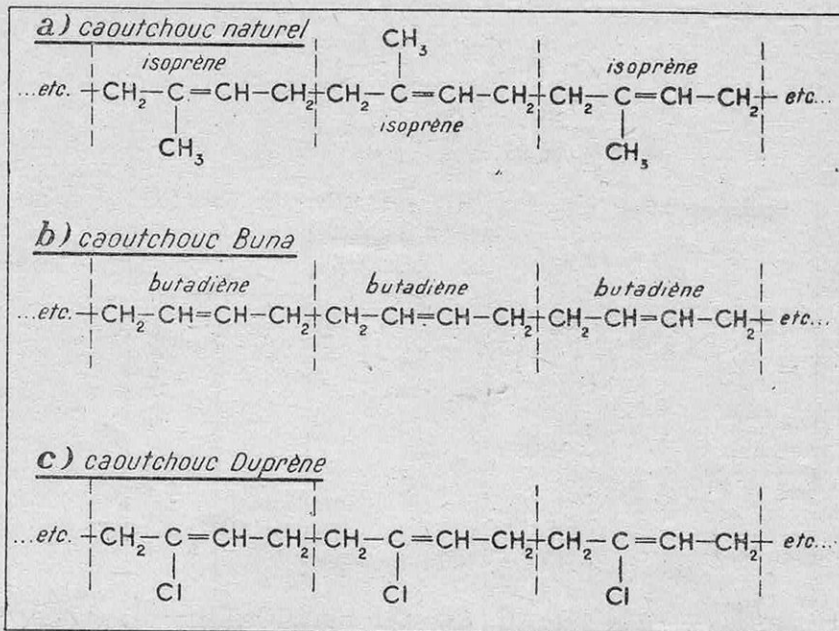


FIG. 11. — CAOUTCHOUC NATUREL ET CAOUTCHOUC SYNTHÉTIQUE

En (a), caoutchouc naturel, produit de condensation de l'isoprène. En (b), molécule de caoutchouc Buna, obtenue par polymérisation du butadiène. En (c), molécule de caoutchouc duprène, produit de condensation du chloroprène.

seur alcalin on arrive à une combinaison progressive conduisant tout d'abord à des macromolécules filiformes. A ce stade, la substance est liquide ou facilement fusible et soluble dans de nombreux solvants. Elle peut être utilisée à la préparation des vernis.

Un chauffage plus prolongé fournit une condensation plus poussée, les macromolécules filiformes s'unissent latéralement, la substance perd ses caractères de solubilité, son point de fusion s'élève, elle est devenue une matière plastique moulable.

Si l'on continue le chauffage, le réseau moléculaire se complète. Les chaînes ou les nappes achèvent de se combiner transversalement. La molécule géante tridimensionnelle se forme et la substance perdant toute plasticité devient

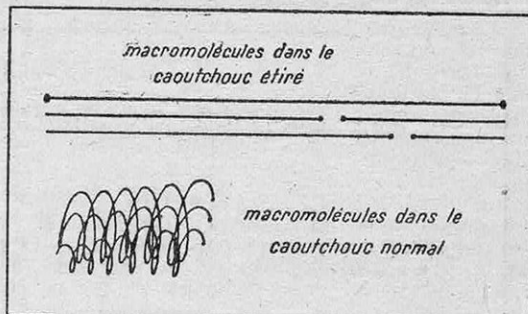


FIG. 12. — L'EFFET DE LA TRACTION SUR LES MOLECULES DU CAOUTCHOUC

Quand le caoutchouc est au repos, ses molécules sont enroulées sur elles-mêmes, et il ne diffracte pas les rayons X. La diffraction apparaît quand on le soumet à une force de traction, ce qui a pour effet de déployer complètement ses molécules, qui forment alors un réseau.

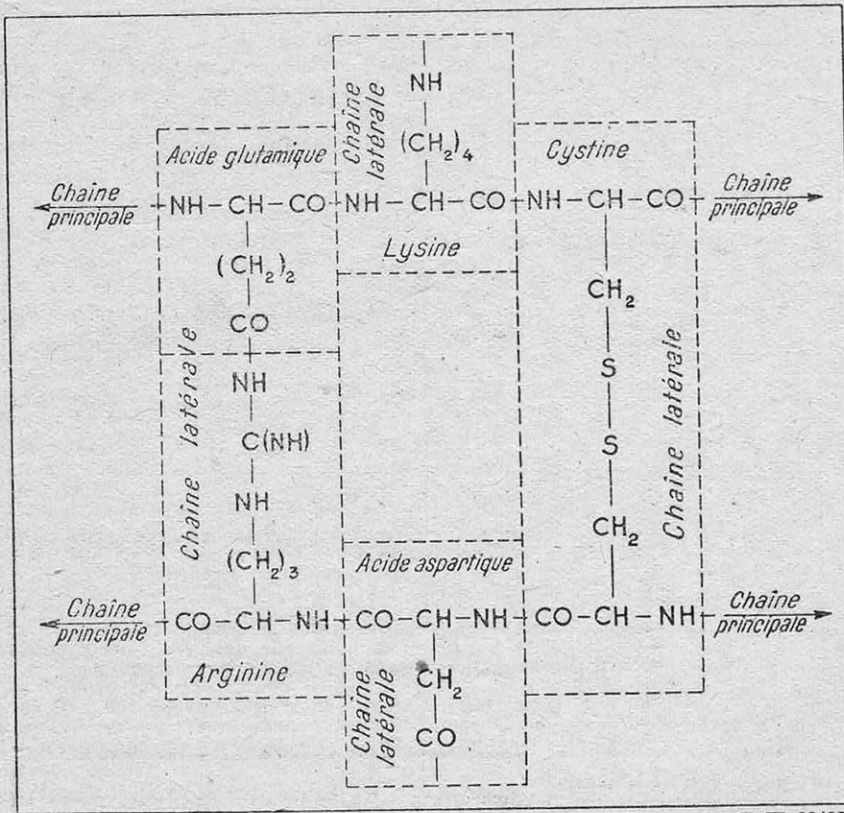


FIG. 13. — UN FRAGMENT DE LA MOLÉCULE GÉANTE LAMELLAIRE DE KÉRATINE (LAINE)

ture et rigide. La bakélite est donc une matière plastique thermodurcissable. Il convient de la mouler lorsqu'elle se trouve au stade intermédiaire d'agrégation puis de poursuivre le chauffage, afin de lui donner sa rigidité définitive et irréversible.

D'autres matières thermodurcissables ont été créées depuis quelques années. Les produits de condensation urée-formol se comportent comme les dérivés formophénoliques, ils offrent l'avantage de fournir des substances de condensation, parfaitement incolores et transparentes. D'autres matières analogues ont encore

nombreuses propriétés, riches en applications, qui découlent de la structure macromoléculaire des hauts polymères. Il est bien certain que beaucoup de ces substances étaient utilisées avant que les études de laboratoire eussent précisé leur constitution. Mais jusqu'à ces dernières années, toutes ces fabrications présentaient un caractère purement empirique. Les récents progrès dans la réalisation des caoutchoucs synthétiques n'ont cependant été rendus possibles que par la découverte des grands enchaînements atomiques linéaires constituant les molécules des substances douées de pro-

été obtenues en condensant des diacides avec des polyalcools. Les produits de condensation de l'anhydride phtalique et de la glycérine sont de ce type. Ce sont, somme toute, des éthers sels ordinaires, mais dans lesquels l'union des deux fonctions acides de l'acide phtalique s'effectue avec deux molécules différentes de glycérine. Il s'ensuit que l'estérification se propageant de proche en proche sur des molécules différentes fournit un enchaînement macromoléculaire tridimensionnel de complexité croissante acquérant de la dureté après être passé par le stade plastique. Ces produits de condensation, connus généralement sous le nom de *glyptals* (figure 15), sont des véritables résines artificielles dont les emplois sont devenus extrêmement nombreux.

Le but de cet exposé a été de montrer les

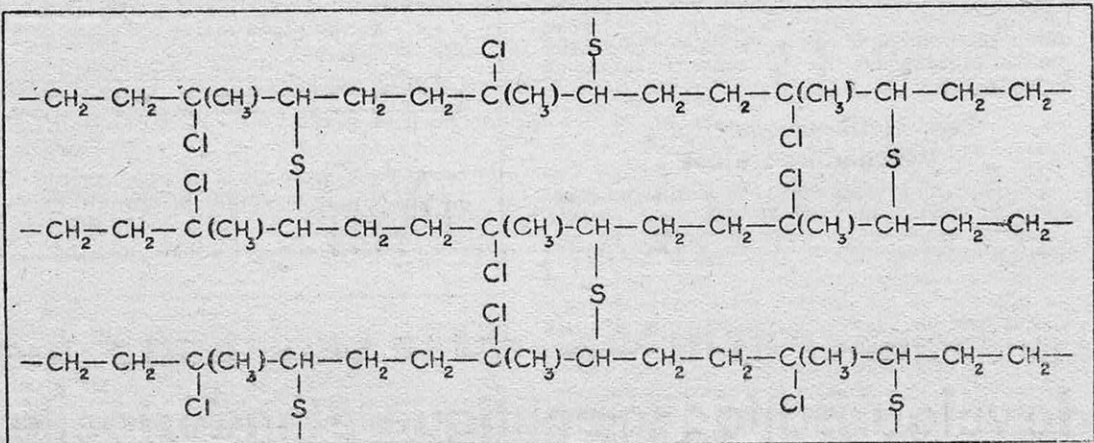


FIG. 14. — MOLÉCULE GÉANTE LAMELLAIRE DU CAOUTCHOUC VULCANISÉ AU CHLORURE DE SOUFRE

priétés élastiques et par l'appréciation de leur longueur. De même l'industrie des matières plastiques, dont les efforts ne paraissent jusqu'à présent aboutir qu'à la production d'une multitude de produits plus ou moins disparates, commence à orienter ses fabrications vers la réalisation de substances dont les propriétés prévues à l'avance s'adaptent à des besoins industriels précis. Elles ont trouvé leur guide dans les connaissances récentes sur la constitution des macromolécules et sur leurs réactions d'agrégation. Dans ces domaines, comme dans beaucoup d'autres, ce sont les recherches théoriques relevant de la chimie pure, de la chimie physique et même de la physique pure qui, utilisées par les laboratoires industriels, ont permis aux

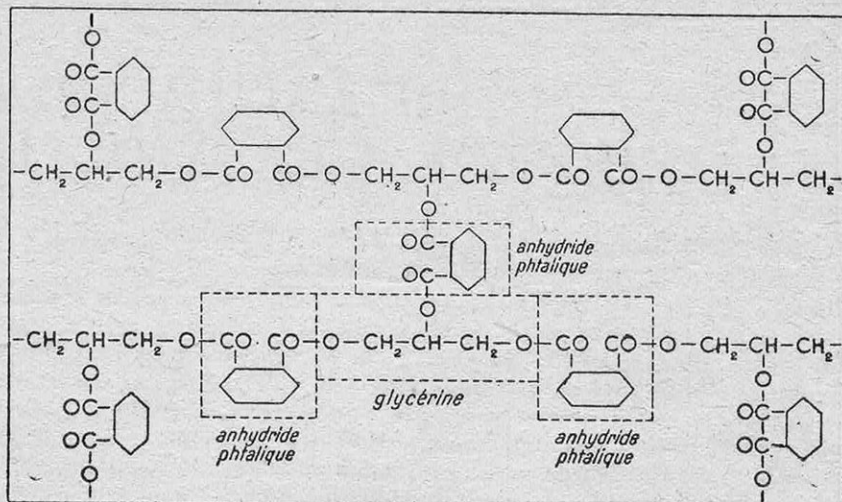


FIG. 15. — RÉSEAU D'UNE MOLECULE GEANTE DES GLYPTALS

Les constituants de cette molécule géante sont la glycérine et l'anhydride phthalique. Chaque molécule d'anhydride saturé deux fonctions alcool, et chaque molécule de glycérine se soude à trois molécules d'anhydride.

fabrications de s'évader de l'empirisme et de s'orienter à coup sûr vers les buts qu'elles s'étaient assignées.

G. CHAMPETIER.

Le développement du formidable programme d'armement américain se heurte depuis plusieurs mois déjà, malgré les ressources naturelles du nouveau continent et la capacité de production sans cesse accrue de la grande industrie nord-américaine, à la pénurie des matières premières. L'ampleur des besoins des usines d'armement, des chantiers navals, des constructions aéronautiques en aciers spéciaux et en alliages légers a déjà conduit à mettre à l'étude l'emploi de matériaux de substitution. C'est ainsi qu'aux Etats-Unis, on s'efforce de remplacer partout où cela est possible les pièces métalliques pour avions par des pièces en **matières moulées ou en contreplaqué**; la construction en bois prend de nouveau et pour la même raison une extension imprévue. Les économies d'alliages légers peuvent être appréciables : sur un appareil tel que le North American AT-6 « Harvard » d'entraînement à la chasse, l'emploi du bois dans la structure du fuselage libère près de 200 kg d'aluminium; celui de l'acier fondu soudé par points pour la structure et le recouvrement des ailes près de 450 kg. Ces transformations entraînent bien entendu une augmentation du poids total et c'est pourquoi on ne peut les pratiquer sur les avions de combats à hautes performances. De nombreuses usines américaines d'importance inégale exploitent les procédés récents d'amélioration du contreplaqué par les résines synthétiques (procédés Vidal et Duramold) et fabriquent, depuis des pièces détachées et des accessoires, tels que des boîtiers, des réservoirs, des flotteurs d'hydravions, jusqu'à des éléments de fuselages ou d'ailes et même des avions entiers, appareils d'entraînement, de tourisme et même de transport.

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

L'AGE DE L'ALUMINIUM SUCCÈDE A L'AGE DU FER

par André FOURNIER

Bien qu'il soit incomparablement plus répandu que les autres métaux à la surface du sol, l'aluminium, dont les minerais (feldspath, argile) sont pratiquement inépuisables, n'avait avant la guerre qu'un champ restreint d'applications. Les causes en étaient principalement son peu de résistance à la corrosion quand il est impur et la difficulté de sa préparation que l'on ne savait réaliser qu'à partir de minerais spéciaux (bauxites). L'énorme extension de l'industrie aéronautique a amené les belligérants à développer et à perfectionner considérablement la métallurgie des métaux légers dont l'importance aura sans doute décuplé pendant cette guerre. Des alliages légers à grande résistance mécanique et peu sensibles à la corrosion pourront dorénavant être produits à très bas prix. Il en résultera une révolution dans la métallurgie de l'après-guerre, l'aluminium remplaçant les autres métaux dans toutes les applications (aéronautique, automobile, marine, etc...) où le poids est le principal ennemi.

Les progrès de la production de l'aluminium au cours de la guerre

Si la guerre provoque un développement général de la production métallurgique, aucun métal n'en a bénéficié autant que l'aluminium.

Au cours de la dernière année d'avant-guerre, 1938, l'Allemagne tenait nettement la tête dans la production d'aluminium avec 165 000 t par an. C'était plus que la production des Etats-Unis, qui ne dépassait pas 130 000 t. Les autres pays ne venaient que très loin derrière; l'année suivante, malgré les besoins de guerre, la production française dépassait légèrement 50 000 t, la production italienne 32 000 t, la production norvégienne 31 000 t, et la production britannique arrivait bonne dernière de tous les grands pays d'Europe avec 25 000 t.

Cette production s'est accrue, en trois ans, dans des proportions qu'on aurait difficilement imaginées. Des usines, qu'on trouvait trop exposées à l'aviation ennemie, ont été doublées d'autres plus éloignées; c'est ainsi que le gouvernement britannique aurait renoncé à remettre en état les usines de la métropole atteintes par les bombardements de 1940-41 et transporté au Canada ses centres de production. De même, l'U. R. S. S., trouvant trop exposées ses usines d'Ukraine, avait commencé dès 1940 à les doubler par d'autres usines dans l'Oural et en Sibérie. Tous les pays, ceux du moins qui pouvaient se procurer l'outillage considérable nécessaire, se sont mis à transformer la bauxite ou d'autres sources d'aluminium; c'est ainsi que la Norvège a vu augmenter considérablement sa production depuis l'occupation allemande, avec le concours des capitaux allemands; que la Hongrie, le deuxième producteur européen de bauxite après la France, qui ne produisait que 300 t par an en 1935, 1 500 t en 1938, a vu sa production augmenter régulièrement depuis la guerre par la construc-

tion, avec concours allemand, d'une usine chaque année, Totis en 1939, Felsögalla en 1940.

Mais le plus gros progrès tient, de beaucoup, à l'énorme accroissement de la production propre des grands belligérants. Il est difficile de connaître la production exacte de certains d'entre eux, soit qu'ils ne la publient pas, soit qu'elle ait pu se ressentir beaucoup de l'effet des destructions aériennes. Mais le seul examen des chiffres donnés par les deux derniers, quelque temps avant leur entrée en guerre, permet de juger de ce que les autres ne publient pas. Le Japon, qui produisait 17 000 t en 1938, aurait produit 65 000 t en 1941 et réaliserait actuellement un programme visant à une production annuelle de 260 000 t. Les Etats-Unis sont passés de 130 000 t en 1938 à 147 000 t en 1939, 211 000 t en 1940. La production y a dépassé les 300 000 t en 1941, et 1942 doit voir battre de loin tous les records puisque le seul programme de production d'armements pour cette année prévoyait l'emploi de 720 000 tonnes d'aluminium, dont les deux tiers pour la seule industrie aéronautique. Or, ce programme était antérieur à l'entrée en guerre des Etats-Unis; on sait que le président Roosevelt lui en a substitué, en janvier 1942, un autre beaucoup plus ambitieux.

Un trait particulier de ce développement est la nécessité d'une production à base de minerais souvent très différents de la bauxite, soit que le jeu des blocus empêche de s'en procurer, soit simplement que les difficultés des transports par terre et par mer poussent au traitement de minerais moins coûteux. La Norvège a transformé sa production en partant de la labradorite norvégienne au lieu de bauxite; la Suède fait appel à l'andalousite; le Japon, qui s'était vu refuser la bauxite des Indes néerlandaises, avait dû se rabattre sur l'alunite de Corée et les schistes alumineux du Mandchoukoo; les Etats-Unis eux-mêmes, manquant de bauxite ou ne pouvant la transporter depuis la Guyane hollandaise, s'adresseraient

eux aussi à l'alunite, dont on tirerait simultanément de la potasse et de l'acide sulfurique.

L'aluminium : un métal dont le prix baisse en temps de guerre

Ce n'est pas un des traits les moins curieux de cette révolution dans la métallurgie, que la baisse de prix qui accompagna, contrairement à la loi de l'offre et de la demande, l'énorme accroissement de celle-ci. En 1939, le seul producteur américain, l'Aluminium Company of America, vendait l'aluminium 20 cents la livre anglaise. Le prix tomba en 1940 à 17 cents, puis à 15 cents, et son principal concurrent, aidé par l'administration américaine depuis la guerre, annonçait même l'intention d'en faire tomber le prix à 10 cents.

Avant la guerre, la métallurgie de l'aluminium et l'industrie des alliages légers passaient pour être étroitement contrôlées par quelques producteurs qui s'étaient répartis les marchés, avaient fixé les prix et entendaient les maintenir au chiffre qui leur permettait de tirer de la clientèle le profit maximum. Ils ne voyaient aucun inconvénient à développer l'emploi des alliages légers, mais à condition qu'ils fussent un produit de luxe. Si une telle hypothèse est à rejeter en certains pays, la démonstration de ce malthusianisme industriel a été clairement administrée aux Etats-Unis, où les concurrents de l'Aluminium Co suscitèrent en 1941 une enquête sénatoriale sur la situation du marché. Le résultat fut, dès 1941, la construction aux frais de l'Etat de sept grandes usines nouvelles, une de 13 500 t à Tacoma, une de 27 000 t à Spokane, une de 31 700 t à Los Angeles, une de 40 000 t à Grand Coulee, deux de 45 000 t auprès des gisements de bauxite de l'Arkansas et à Lister Hill, une de 68 000 t à Massena, dont l'entrée en service doit porter un coup fâcheux à un monopole jugé indésirable.

Les alliages légers inoxydables

Un développement de la production, en quelques années, dans le rapport de 1 à 10, la submersion du marché mondial par les centaines de milliers de tonnes provenant d'usines payées par le réarmement américain, sans souci de la répartition internationale établie par les ex-détenteurs de monopoles, doivent transfor-

mer complètement les conditions d'emploi de l'aluminium et des alliages légers.

Il s'y ajoutera un progrès technique d'une importance considérable, qui est l'introduction d'alliages légers pratiquement inoxydables, d'excellentes qualités mécaniques.

On sait que l'aluminium à très haut degré de pureté est pratiquement inoxydable, même au contact de produits comme l'eau de mer. L'oxydation est presque toujours une corrosion électrolytique provoquée par la présence des impuretés. Mais la vitesse de corrosion dépend dans une très large mesure de la nature du métal allié à l'aluminium. Le fer est un des plus nuisibles. L'alliage léger le plus souvent employé, connu généralement en France

sous le nom de duralumin, et de composition assez différente suivant les fabricants, est un alliage d'aluminium avec une faible proportion (0,2 à 1,5 %) de manganèse et de magnésium, et une assez forte proportion (3,5 à 5 %) de cuivre. Il est assez oxydable, cette propriété tenant principalement à la présence du cuivre. Or on a mis récemment au point, en divers pays, des alliages légers sans cuivre (alumat, peraluman...), contenant de 4 à 8 % de magnésium, et presque aussi inoxydables que l'aluminium pur. Les caractéristiques mécaniques de ces alliages sont voisines de celles du duralumin; ils peuvent même acquérir, par étirage à froid, une résistance à la rupture nettement plus élevée, au détriment d'ailleurs de l'allongement; ils ajoutent enfin à cette résistance mécanique, par rapport au duralumin, l'avantage d'une densité plus faible qui tient au remplacement du cuivre par le magnésium.

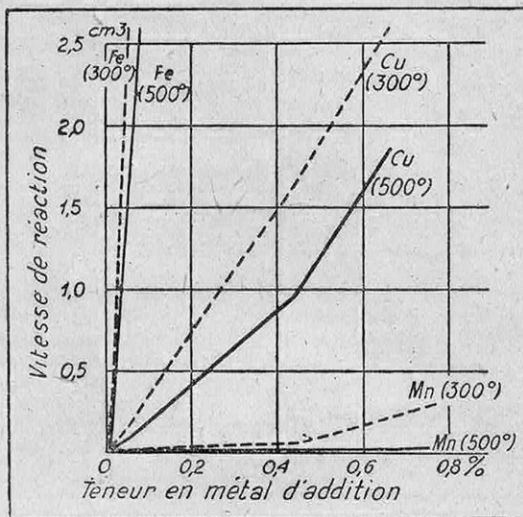


FIG. 1. — VITESSE DE CORROSION DES ALLIAGES D'ALUMINIUM

Le diagramme ci-dessus donne, en fonction de la teneur en métal d'addition, la vitesse de corrosion représentée par le dégagement d'hydrogène en cm³, par heure et par cm² de surface de l'éprouvette, dans une solution d'acide chlorhydrique à 10 %. On y voit l'effet très fâcheux du fer qui est la cause de destruction la plus rapide de beaucoup d'articles de ménage à bon marché obtenus à partir de vieux métaux refondus; l'effet fâcheux du cuivre (duralumin...). Les courbes relatives au magnésium ne sont pas tracées; à l'échelle choisie, elles seraient sensiblement confondues avec l'axe des abscisses. On a donné, pour chacun des alliages, deux courbes, l'une après recuit à 300° C, l'autre après recuit à 500° C; le recuit abaisse en effet très sensiblement la vitesse de corrosion.

min, l'avantage d'une densité plus faible qui tient au remplacement du cuivre par le magnésium.

Le champ d'application des alliages légers

Les principes mêmes des applications des alliages légers ont été parfaitement élucidés et ne se modifieront vraisemblablement guère; dans tous les problèmes où intervient la seule résistance à la rupture, l'alliage léger concurrence l'acier ordinaire par son poids presque trois fois plus faible; si le gain de poids est beaucoup moins important dans la comparaison avec les aciers spéciaux dont la résistance à la rupture peut être deux à trois fois supérieure à celle des alliages légers, l'avantage subsiste dès qu'intervient la résistance locale, ou la résistance au flambement; enfin l'économie s'am-

plifie lorsque le poids propre de l'ouvrage est une part importante des efforts qu'il doit supporter (ponts ou ponts-roulants de grande portée...).

Le triomphe des alliages légers est le matériel de transport, où ils permettent une réduction de poids mort qui en paye largement l'emploi. Le poids mort par voyageur ne dépasse pas 150 kg sur d'excellents avions de tourisme biplaces en alliage léger; il atteint 200 kg au moins sur les autos légères, 1 000 kg environ sur le matériel ferroviaire courant, 10 000 à 30 000 kg sur les paquebots rapides. Toutes ces constructions s'accoutument parfaitement d'un emploi étendu des alliages légers.

L'habitude de l'automobile à 200 kg, quand ce n'est pas 300 kg, par passager ne doit pas nous faire considérer comme impossible de descendre au-dessous des 150 kg de l'avion; c'est que l'avion doit satisfaire à une exigence supplémentaire que ne connaît pas l'auto; sa voilure. La guerre, en imposant le recours à des solutions comme la voiture électrique où la recherche du poids mort minimum est essentielle, sera peut-être à l'origine d'un progrès décisif. Ne vise-t-on pas en effet à atteindre les 50 kg par passager en conduite intérieure, ce qui suppose évidemment l'emploi généralisé des alliages légers pour le châssis et la carrosserie?

Avant la guerre, les alliages légers commençaient à prendre pied dans la construction des autos de transport, autocars, camions-citernes... Dans ce dernier usage en particulier, ils permettaient une augmentation de charge utile de 30 à 40 %. On peut s'attendre à leur généralisation dans ces domaines et à l'extension de leur emploi à d'autres transports par route.

Les alliages légers avaient pénétré depuis longtemps dans le matériel ferroviaire. Dès 1925, en France, ils apparaissaient dans les toitures de voitures de la Compagnie des Wagons-lits, dans différentes applications du duralumin en remplacement de la tôle d'acier sur le P. O.; dès 1933, des séries de voitures à étages des chemins de fer de l'Etat en comportaient un emploi étendu. L'entrée en service des automotrices légères leur a fourni l'occasion

d'applications nouvelles. La reconstitution du matériel ferroviaire européen d'après-guerre sera vraisemblablement une des plus importantes sources de consommation d'alliages légers.

Les marines de guerre avaient accepté, depuis près de vingt ans, un emploi étendu des alliages légers. Dans la mesure où on les remplacera après la guerre, elles devraient être un consommateur important, surtout en alliages inoxydables d'aluminium et magnésium, et donner l'exemple des premières applications de cet alliage à la coque résistante, qui transformerait complètement les performances à attendre des navires légers.

Les marines de commerce avaient ignoré jusqu'ici presque complètement les alliages légers. Ils devraient nor-

malement faire leur apparition sur le paquebot, même pour la coque résistante; mais y aura-t-il beaucoup d'armateurs assez osés pour se lancer dans la construction de paquebots, devant la concurrence de l'avion? Notons que le cargo ne se prête guère à ce genre d'application; c'est en effet un des moyens de transport où le rapport du poids mort à la charge utile est le plus faible, nettement au-dessous, pour la plupart des navires, des 50 kg par 75 kg de charge utile vers lesquels tendent les automobiles électriques.

L'avion reste, bien entendu, aussi bien dans ses applications militaires que civiles, l'engin type à construire en alliage léger pour tous les tonnages au-dessus de 1 000 kg, les contreplaqués imprégnés et les produits plastiques à haute résistance pouvant être intéressants pour les faibles tonnages.

La baisse de prix de l'aluminium en présence d'une hausse générale des autres métaux, l'énorme développement de sa production, la mise au point d'alliages légers inoxydables à haute résistance, doivent mettre à la disposition de l'industrie mécanique le produit idéal, qui réunira la légèreté, un prix acceptable si on le compare à la dépense de main-d'œuvre qu'on lui incorpore, et cette résistance à la corrosion qui fait retourner à la terre, chaque année, presque autant d'oxyde de fer qu'on en extrait.

André FOURNIER.

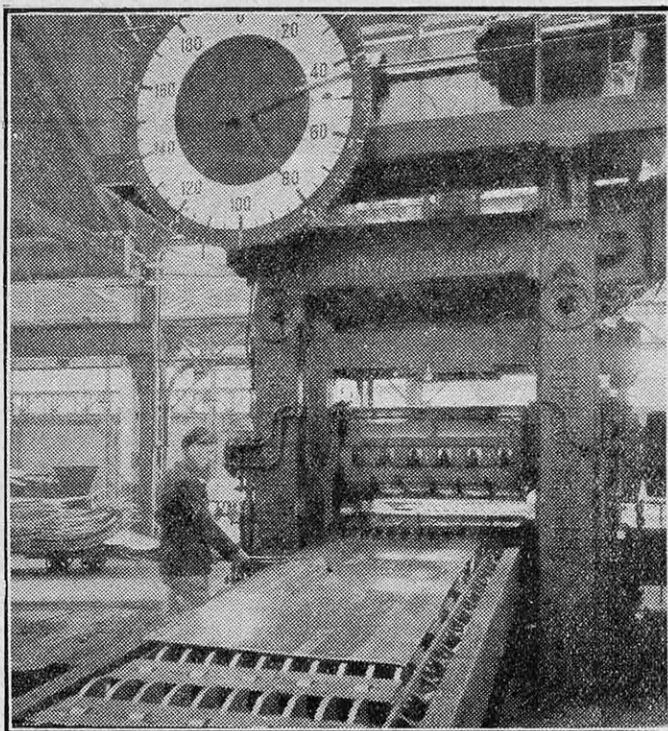


FIG. 2. — LE LAMINAGE D'UNE TOLE D'ALUMINIUM A L'USINE DE FAREMOUTIERS (SOCIÉTÉ DU DURALUMIN)

T W 22034

LA LUMIÈRE NOIRE ET LA MICROSCOPIE DE FLUORESCENCE

par Maurice DÉRIBÉRÉ

Ingénieur E. B. P.

L'intérêt de la microscopie de fluorescence

LES phénomènes de luminescence et en particulier de fluorescence sous l'action des rayons ultraviolets sont de plus en plus inventoriés dans leur détail et il y a déjà plusieurs années qu'une technique spéciale pour l'examen microscopique de substances ainsi illuminées a été élaborée. Sa mise au point, cependant, a rencontré de nombreuses difficultés qui sont aujourd'hui résolues.

Nous savons que la fluorescence est la faculté qu'ont certaines substances de restituer en lumière visible, sans transformation thermique, les rayonnements invisibles de plus courte longueur d'onde et, en particulier, les rayons ultraviolets filtrés, dénommés aussi « lumière de Wood » ou « lumière noire » (1).

Lorsqu'il s'agit d'examiner un liquide ou une masse compacte, une poudre homogène, etc., l'examen direct suffit; mais, si nous désirons examiner en fluorescence des bactéries douées de cette propriété, et elles sont nombreuses, des poudres hétérogènes ou les constituants intimes d'un mélange, on conçoit l'intérêt de la microscopie. Ainsi, dans un caoutchouc d'aspect compact et qui reste sombre sous la lumière noire, nous observerons au microscope des points fluorescents qui indiquent la présence des pigments utilisés et que leur couleur permettra même d'identifier.

La microchimie, qui s'est beaucoup développée en ces dernières années dans les laboratoires de recherches, sera souvent complétée aussi, fort utilement, par les examens en lumière de Wood. Par ce moyen,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 260, page 148.

il devient possible, sans avoir à effectuer de délicates et longues manipulations chimiques, de déceler et d'apprécier, sous le microscope, grâce à sa luminescence, la présence de 1 % d'oxyde de zinc dans du sulfure de mercure.

Les appareils de microscopie en lumière ultraviolette

Un ensemble pour microscopie de fluorescence comportera essentiellement un dispositif de lumière « noire » excitatrice et un dispositif d'observation avec fort grossissement.

Le dispositif d'observation ne comporte pas, en fait, de conditions particulières. C'est un simple microscope à grossissement variable. Il pourra être utilement complété par un appa-

reil de prise de vues, un spectrographe, etc. En effet, l'objet en étude n'est plus justiciable des rayons ultraviolets invisibles. Il les a recueillis, s'est mis en état d'excitation et ne renvoie, du moins utilement quant aux observations désirées, que de la lumière visible ordinaire.

Par contre, l'excitation des objets ou des préparations a rencontré de grosses difficultés de réalisation. Il est nécessaire d'avoir ici une source très puissante et très concentrée de rayons ultraviolets excitateurs, d'intensité invariable pendant l'observation. Ces rayons doivent être aussi complètement que possible séparés des rayons visibles et infrarouges.

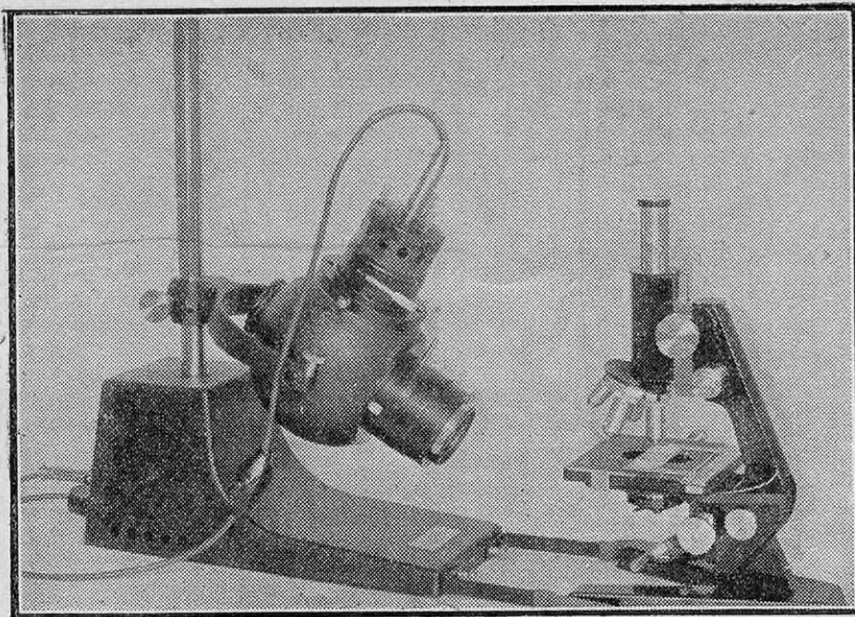
Les lampes à vapeur de mercure en quartz, les nouvelles ampoules haute pression de mercure, les lampes à arc constituent de bonnes sources de lumière ultraviolette. Les rayons sont concentrés par des réflecteurs et filtrés par des verres noirs spéciaux de Wood, à l'oxyde de



FIG. 1. — DIAMANTS OBSERVÉS AU MICROSCOPE

En éclatrage ordinaire (en haut), ils ne se distinguent guère des cristaux avoisinants; en fluorescence, ils brillent de vives couleurs allant du jaune au vert et au bleu, le quartz et le zircon restant sombres. (J. Peter.)

T W 18409



T W 18411

FIG. 2. — VUE D'ENSEMBLE D'UNE INSTALLATION POUR MICROSCOPE DE FLUORESCENCE
A droite, le microscope; à gauche, la source de rayons ultraviolets dirigés sous
la préparation par le miroir incliné. (G. Jarre.)

nickel, qui ne laissent passer que les rayons utiles. Dans les lampes à arc, on a été conduit à adopter des électrodes de fer qui donnent un spectre ultraviolet plus étendu avec moins d'infrarouge que le charbon. Cette source est cependant génératrice de chaleur et les appareils doivent comporter un dispositif de refroidissement (ventilation, refroidisseurs à ailettes...). Les rayons peuvent aussi traverser, après concentration, une solution aqueuse de sulfate de cuivre qui arrête l'infrarouge et aussi une partie des rayons visibles, ce qui facilitera d'autant le travail du filtre de Wood.

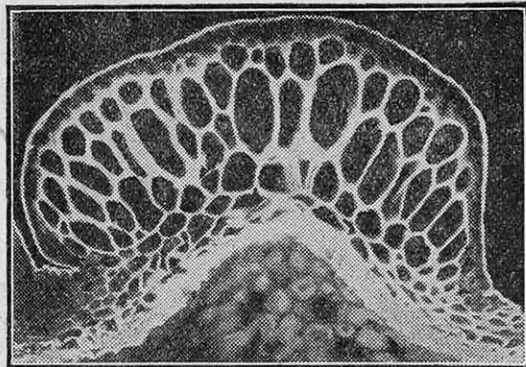
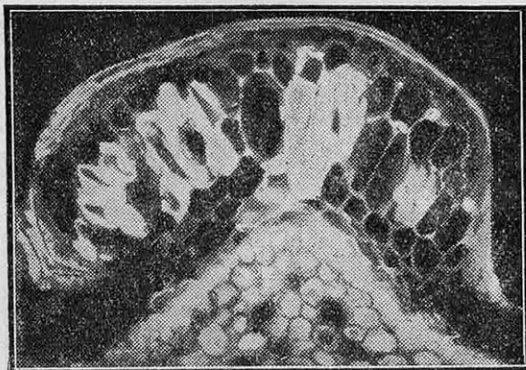
Le filtre de Wood a parfois été remplacé par des superpositions de filtres ou par l'emploi d'un monochromateur, c'est-à-dire d'une source lumineuse donnant un rayonnement de longueur d'onde unique, mais ces solutions, si elles sont rationnellement plus souples, sont moins efficaces. Elles arrêtent beaucoup de rayons utiles et conduisent généralement à des intensités du rayonnement exciteur insuffisantes. Il est donc normal de constater la faveur actuelle et la généralisation des verres à l'oxyde de nickel du genre Wood, dans les installations de microscopie de fluorescence. Ce filtre sera disposé à l'extrémité d'un système optique formant tube d'éclairage et contenant une cuve filtrante remplie d'eau ou, mieux, comme il a été dit précédemment, d'une solution bleue de sulfate de cuivre. Toute la partie optique de cet ensemble doit, bien entendu, être transparente aux rayons ultraviolets; c'est pourquoi elle sera entièrement faite en quartz ou en fluorine, à l'exception du filtre spécial de Wood.

La préparation doit être, selon le mode classique d'examen, disposée à 45° par rapport aux rayons excitateurs et à 45° par rapport à la ligne d'observation. Pour les forts grossissements, c'est là un défaut sensible, mais il est généralement possible de resserrer ces angles. Il est plus simple et plus généralement admis

aujourd'hui de ne plus envoyer les rayons excitateurs directement sur l'objet, mais de les réfléchir sur un miroir à 45° et d'éclairer ainsi en lumière noire la préparation par en dessous. Cette dernière est alors observée suivant la verticale et suivant les modes usuels.

La technique des fluorochromes

En examinant en microscopie la fluorescence de coupes minces de tissus animaux ou végétaux, on est souvent surpris en voyant apparaître par luminescence des détails nouveaux, invisibles dans l'examen ordinaire, de voir se préciser des structures à



T W 18412

FIG. 3. — COUPE DE CELLULOSE D'ÉCORCE DE PIN
EXAMINÉE AU MICROSCOPE

En haut, photographie à la lumière ordinaire; en bas, à la lumière de Wood. Outre la finesse particulière des détails, la fluorescence fait apparaître la partie centrale rouge et la périphérie verte. (J. Peter.)

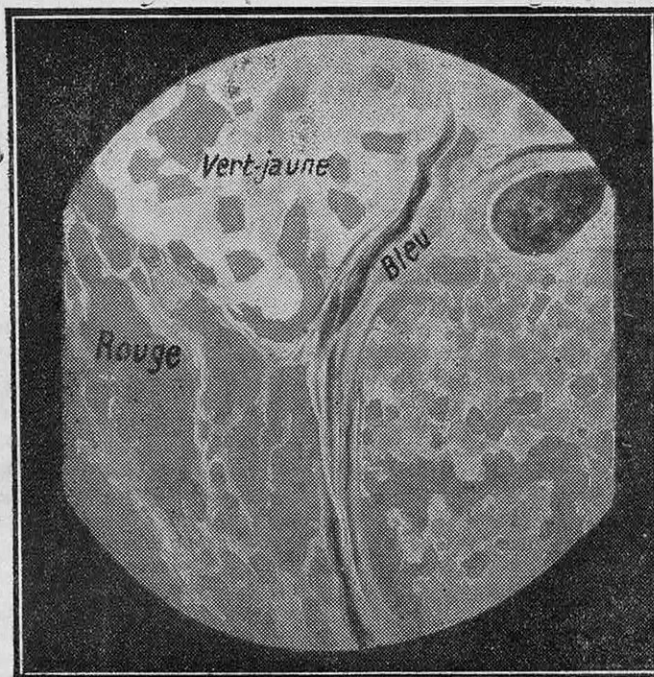
peine pressenties ou même entièrement nouvelles. Il est certain, dans cet ordre d'idées, que l'examen en fluorescence est ici beaucoup plus précis, plus riche d'indications que l'examen en lumière polarisée.

Cependant, on sait que la microscopie ordinaire serait loin d'être ce qu'elle est si les biologistes n'avaient imaginé de teindre leurs préparations avec des colorants organiques judicieusement choisis et qui précisent la visibilité et les détails.

Pareillement, le professeur Haitinger a eu l'idée d'utiliser, pour les préparations à examiner en lumière noire, des colorants fluorescents, qu'il a désignés du nom suggestif de « fluorochromes ».

Ces colorants, utilisés en solutions diluées, pour teindre les préparations préalablement durcies, sont choisis de telle manière qu'ils sont sélectivement adsorbés par certaines parties seulement de la préparation auxquelles ils communiquent une bonne fluorescence, le reste de la préparation ne devant pas être affecté. Bien entendu, des cas d'espèces se posent pour chaque genre de préparations. C'est ainsi que l'on peut colorer en gammes fluorescentes intéressantes : les graisses avec la chlorophylle à fluorescence rouge; le protoplasma des cellules avec du sulfate ou chlorhydrate de berbérine à fluorescence jaune; les amidons avec la fluoresceïne à luminescence verte; les virus avec la primuline, etc...

La technique des fluorochromes, dite aussi des « fluorescences provoquées », peut être comparée à la technique de coloration habituelle en microbiologie, mais elle est beaucoup plus riche en ressources et en netteté, et il arrive souvent que, par l'emploi d'un seul sel fluorescent, un tissu, une coupe de plante donnent des luminescences de tons ou même de couleurs différentes, soit par de nouvelles combinaisons formées, soit parce que la fluorescence propre de certains constituants joue son rôle.



T W 18414

FIG. 4. — COUPE D'UNE GLANDE SALIVAIRE TRAITÉE PAR DES FLUOROCHROMES ET OBSERVÉE SOUS L'ÉCLAIRAGE ULTRAVIOLET

Cette préparation a été traitée cinq secondes par du sulfate de berbérine et trois minutes par de la chlorophylle. Les graisses apparaissent rouge vif, les noyaux cellulaires vert jaunâtre et le tissu conjonctif bleu. (G. Jarre.)

Applications de la microscopie de fluorescence

La netteté des détails observés sous le microscope de fluorescence, l'application encore plus indicative des fluorescences provoquées, font de cette méthode un moyen de choix pour les investigations microbiologiques et l'étude des tissus animaux ou végétaux.

De bonnes photos, souvent bien supérieures à celles que l'on pourrait obtenir par les procédés ordinaires, peuvent être prises ainsi. C'est aussi ce principe qui a récemment permis d'obtenir des prises de

vues cinématographiques de valeur dans le domaine de l'infiniment petit.

L'étude des tissus, des fibres, des caoutchoucs puise dans la microscopie de fluorescence de très précieuses indications. Il en est de même en pharmacopée, où l'on pourra, par exemple, distinguer la novocaïne de la cocaïne et les séparer dans les mélanges au moyen d'une pointe d'aiguille, sous l'objectif grossissant.

En munissant l'oculaire du microscope d'un microspectroscope, Haitinger a pu doser des éléments rares dans des perles de borax ou des minéraux, et cet exemple illustre bien l'intérêt de cette méthode dans le domaine de la chimie analytique.

En microbiologie pure, la fluorescence des microbes a été inventoriée par de nombreux chercheurs. L'obtention des spectres de fluorescence a permis de reconnaître les pigments luminescents présents dont l'intérêt est souvent considérable.

En raison de son élégante précision, de l'importance des résultats comparée avec la simplicité du matériel mis en œuvre, de la sensibilité extrême et de la rapidité de la méthode, la microscopie de fluorescence est devenue un auxiliaire précieux de la recherche scientifique comme du laboratoire industriel.

Maurice DÉRIBÉRE.

LA LUTTE DU PROJECTILE ET DE LA CUIRASSE

par V. RENIGER

La lutte du projectile et de la cuirasse est aussi vieille que l'art militaire, et chaque progrès de la technique en modifie les données. La guerre de 1914-1918 avait offert deux aspects principaux de cette lutte : le combat naval et la destruction des fortifications par l'artillerie. La guerre actuelle y ajoute la lutte du char et de l'arme antichars, de l'avion blindé et de la mitrailleuse lourde ou du canon automatique. Enfin, la menace de l'avion, capable de transporter des bombes d'un poids et d'une teneur en explosif incomparablement plus élevés que ceux des plus gros obus, obligera sans doute à chercher des formules nouvelles pour la constitution des blindages.

Les deux formes d'énergie d'un projectile

UN projectile peut agir sur son but de deux manières bien distinctes : Du fait de sa grande vitesse restante, il possède une énergie cinétique considérable, énergie grâce à laquelle il développe au point d'impact une pression énorme. Cette pression, si elle est suffisante, lui permet de perforer les corps les plus durs, à la façon dont un clou pénètre dans une planche.

De plus, le projectile peut servir de véhicule à une certaine charge d'explosif qui, en détonant au contact ou à l'intérieur de l'objectif, produira des effets de destruction ou complètera ceux déjà obtenus par le premier processus.

Suivant que l'effet de destruction est obtenu par l'une ou l'autre forme d'énergie, on a affaire à deux types extrêmes de projectiles : l'obus perforant plein ou la bombe à forte teneur d'explosif, types entre lesquels se placent tous les intermédiaires possibles.

La perforation d'un blindage par un projectile plein

La puissance de perforation d'un projectile plein dépend d'un très grand nombre de facteurs :

- l'énergie qu'il possède encore au moment de l'impact, et qui est fonction de sa masse et de sa vitesse restante ;

- la masse de blindage qui est intéressée par le choc, et qui par conséquent résiste à la pénétration du projectile. Ce facteur fait intervenir à la fois le calibre du projectile et l'épaisseur du blindage résistant ;

- la qualité du matériau — terre, béton ou métal — dont est constitué le blindage ;

- l'angle d'incidence du projectile.

Enfin, le projectile perforant est en quelque sorte un outil, qui doit posséder une résistance suffisante pour ne pas se rompre pendant le « travail » qu'on lui demande.

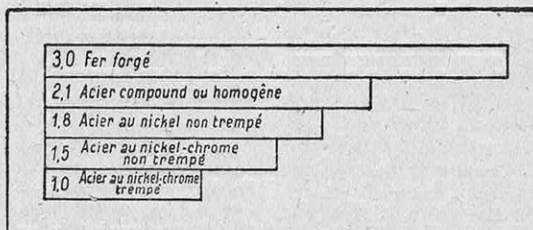
Des formules empiriques ont été établies suivant les divers matériaux chargés de résister à la perforation entre les caractéristiques du blindage et de l'obus qui le traverse. Le moyen le plus simple d'augmenter la protection est évidemment d'augmenter l'épaisseur de la cuirasse opposée au projectile; aussi quand le poids du blindage ne subit aucune limitation est-ce toujours la cuirasse qui a le dernier mot. Une épaisseur convenable de béton surmonté de terre vient à bout de n'importe quel projectile. Mais sur mer, dans l'air et sur terre, il existe une catégorie de blindages dont la masse est forcément limitée par divers facteurs, en particulier par la puissance des propulseurs capables de les mettre en mouvement.

Pour ces engins le problème de la protection est plus compliqué : on pourra espérer améliorer la cuirasse en recherchant le meilleur acier possible, les meilleurs angles probables d'impact, et aussi pour certains engins tels que les navires en augmentant l'épaisseur de la cuirasse, ce qui, avec la recherche d'un armement puissant, justifie la course au tonnage. Les données du problème du meilleur blindage sont complètement différentes suivant

le « budget » qui est alloué à la cuirasse et suivant le calibre des projectiles auxquels on veut résister.

Le blindage du navire de guerre

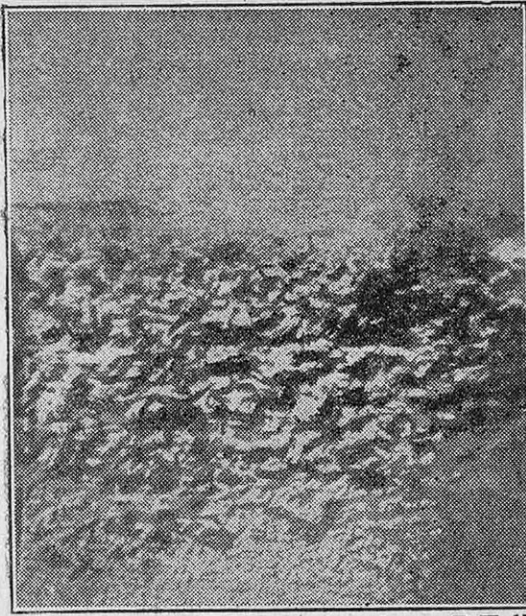
Tous les coups qui atteignent un navire de guerre n'ont pas la même gravité. Certains diminueront son aptitude au combat en détruisant une tourelle de tir par exemple. D'autres pourront diminuer sa mobilité.



T W 17079

FIG. 1. — ÉPAISSEURS RELATIVES DE DIVERSES PLAQUES DE BLINDAGE POUR UNE MÊME RÉSISTANCE A LA PERFORATION

Si on prend comme unité l'épaisseur d'une plaque d'acier au nickel-chrome, on voit que le fer forgé employé jadis nécessitait des épaisseurs triples, et pour l'acier au carbone utilisé par la suite, des épaisseurs doubles de celles actuellement employées.



T W 17087

FIG. 2. — LA CASSURE D'UNE PLAQUE CÉMENTÉE ET TREMPÉE DE 250 MM D'ÉPAISSEUR

On reconnaît la couche d'acier trempé et dur à la petitesse du grain de la cassure. Cette couche dure s'étend sur le tiers de l'épaisseur totale. La couche d'acier doux est reconnaissable au contraire à sa belle structure fibreuse.

Les dommages les plus considérables sont ceux qui peuvent compromettre sa flottabilité, c'est-à-dire ceux qui l'atteignent au-dessous de sa ligne de flottaison. Le danger a d'ailleurs été limité par l'adoption des cloisons étanches. Enfin le navire possède certains organes vitaux : soutes à munitions, machines, qui doivent être protégés en première urgence. Toutes ces considérations ont amené les constructeurs, qui ne peuvent pas accorder à toutes les parties du navire le blindage maximum, à renforcer une certaine longueur de la coque du navire au voisinage de la ligne de flottaison : c'est ce qu'on appelle la cuirasse de ceinture, qui atteint 356 mm d'épaisseur sur le cuirassé anglais Nelson.

La cuirasse est formée de plaques assemblées par clavetage ou par vissage; la fig. 12 représente schématiquement un tel élément.

Deux qualités qui s'excluent : dureté et résilience

Nous avons dit que l'obus pénètre dans l'acier du blindage de la même manière qu'un outil pénètre dans la matière qu'il travaille. Plus le blindage sera dur, et plus il sera difficile à l'obus de le pénétrer. L'adoption de l'acier à la place du fer forgé, puis des aciers spéciaux et enfin le traitement de ces aciers par la trempe et la cémentation (1) a augmenté

(1) La cémentation est un procédé permettant d'accroître la teneur en carbone de la couche superficielle de l'acier et d'augmenter ainsi considérablement la dureté de cette couche après trempe. On la pratique en mettant l'acier porté à 950° C au contact de carbone. Dans le procédé Krupp, le carbone provient de la décomposition du gaz d'éclairage

progressivement la dureté (1) du métal dont sont constitués les blindages, et permis d'utiliser des plaques de plus en plus résistantes à épaisseur égale (fig. 1).

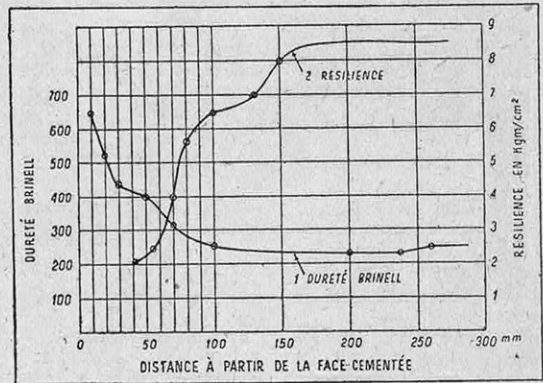
Mais l'obus est un outil d'une espèce particulière, son énergie cinétique est libérée brusquement sous forme d'une percussion. Or, plus le métal est dur, plus il est difficile de provoquer sa déformation permanente, et plus étroite est aussi la limite de rupture de ce métal sous une déformation donnée : plus il est fragile. Cette fragilité est mesurée par son inverse : la résilience (2).

Actuellement c'est la plaque monobloc en acier spécial cémenté et trempé à la face avant qui est considérée comme formule optimum. Les aciers contiennent généralement du nickel et du chrome. A titre d'exemple, la partie non cémentée de la plaque de blindage de 300 mm d'épaisseur provenant du cuirassé allemand Thuringen présente la composition suivante :

que l'on met au contact de la face à cémenter portée à la température précitée. La profondeur de cémentation dépend de la durée de l'opération.

(1) La dureté d'un métal est sa capacité de résister à la pénétration d'un corps étranger. On la mesure en pratiquant une empreinte avec une bille de 10 mm de diamètre chargée de 3 000 kg. Plus le métal est dur, plus l'empreinte est petite. Le chiffre de dureté Brinell est le quotient de la charge appliquée à la bille exprimée en kilogrammes (c'est-à-dire 3 000) par la surface de l'empreinte en millimètres carrés. Il existe pour les aciers une relation très simple entre le chiffre de dureté Brinell et la résistance à la traction : on obtient cette dernière en multipliant le chiffre de dureté Brinell par un rapport qui est en général égal à 0,34, mais peut varier de 0,32 à 0,36 avec les aciers au nickel-chrome.

(2) La résilience est mesurée par la quantité d'énergie (en kg.m) nécessaire par unité de surface (cm²) pour provoquer la rupture d'une éprouvette.



T W 17077

FIG. 3. — DURETÉ ET RÉSILIENCE D'UNE PLAQUE DE BLINDAGE CÉMENTÉE

La dureté Brinell (mesurée par la pénétration d'une bille d'acier dur dans la plaque sous une pression donnée) varie en sens inverse de la résilience (résistance au choc), et ne peut donc être augmentée au delà d'une certaine limite sans amener une fragilité excessive. On obtient la dureté sans la fragilité en cémentant la face externe, et en la trempant. La couche externe va s'adoucissant jusqu'à une profondeur de 80 mm à partir de la face externe, et cette face est constituée sur une épaisseur de 4 mm par du carbure double de fer et de chrome, de dureté 650 Brinell. La masse non cémentée, d'une dureté bien inférieure (250 Brinell), possède par contre une résilience de 8 kg/cm², plus de quatre fois supérieure à celle de la couche dure.

Carbone	0,36 %
Chrome	2,07 %
Nickel	3,95 %
Manganèse	0,28 %
Silicium	0,11 %
Phosphore	0,013 %
Soufre	0,022 %
Fer	le reste.

Comme on ne peut pas dépasser une certaine dureté même avec ce genre d'acier à cause du danger de fragilité excessive, on s'arrange de façon à limiter la couche dure à une fraction (25 à 30 %) de l'épaisseur totale en partant de la face avant, l'épaisseur restante constituée par du métal à grande ténacité forme un support résistant exempt de fragilité.

Pour accroître davantage la résistance à la perforation on a fait cémenter la face avant dont la dureté après trempe atteint alors des chiffres impressionnants de l'ordre de 600 à 650 Brinell correspondant à une résistance à la traction de 220 kg/mm². La figure 2 montre la cassure d'une telle plaque d'acier cémentée et trempée. La dureté et la résilience de la plaque varient en sens inverse en fonction de la distance à la face avant de la plaque (fig. 3).

Blindage « mou » ou blindage dur ?

A mesure que la course au ton-

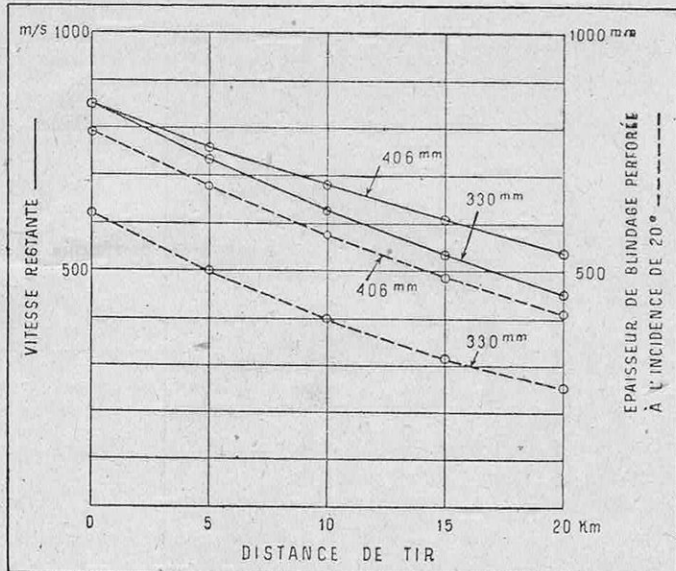


FIG. 5. — VARIATION DU POUVOIR DE PERFORATION D'OBUS DE GROS CALIBRE, EN FONCTION DE LA VITESSE DE TIR

L'épaisseur de plaque perforée par un obus croît avec l'énergie cinétique qu'il possède au moment de l'impact, et par conséquent avec sa vitesse restante. On a représenté (en trait plein) pour les deux calibres de 406 mm et 330 mm et pour une vitesse initiale couramment réalisée de 850 m/s, la vitesse restante en fonction de la distance de tir. L'épaisseur de plaque perforée sous l'incidence de 20° par le projectile est représentée en pointillé. On peut voir que, dans les limites normales de portée du tir à la mer, la règle qui conseille de donner au navire une épaisseur de cuirasse égale au calibre des pièces qu'il porte (et à celles des navires auxquels il peut raisonnablement s'opposer) est pleinement justifiée.

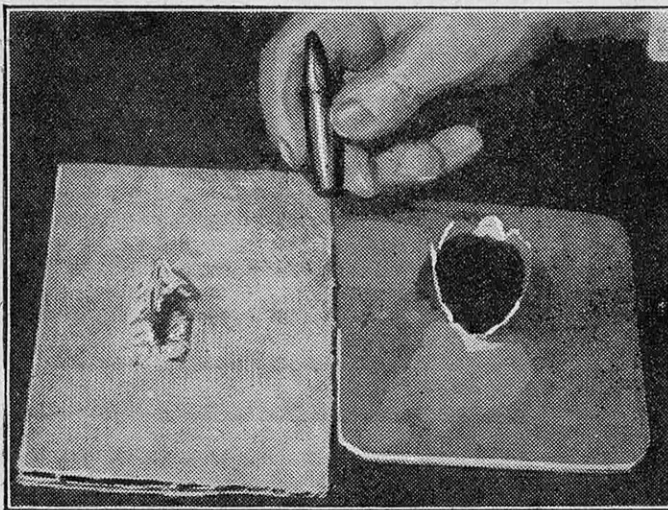


FIG. 4. — UN BLINDAGE LÉGER EN MATIÈRE PLASTIQUE

La demande soudaine de certains métaux stratégiques pour les besoins de la défense nationale a provoqué aux États-Unis la recherche de matières de remplacement, en particulier dans le domaine des matières plastiques. C'est ainsi que l'on a réalisé des plaques d'une texture comparable au linoléum, qui possèdent pour une épaisseur plus faible d'un tiers la même résistance que les plaques d'aluminium, et leur sont préférées pour la construction des parois externes de réservoirs étanches d'aviation. En effet, les balles y font des brèches moins étendues. À gauche, le trou d'une balle de 13 mm dans une telle plaque; à droite, le trou de la même balle dans une plaque d'aluminium.

nage augmente l'épaisseur des blindages employés dans la marine, les traitements thermiques (trempe) deviennent de plus en plus difficiles. Aussi a-t-on pensé à réaliser des plaques composites.

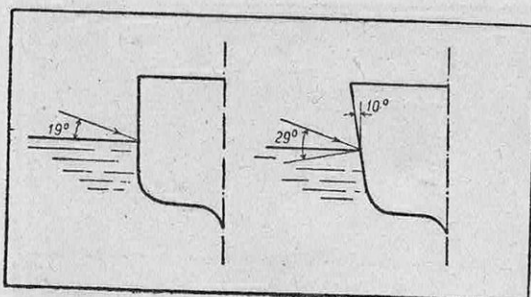
Les essais des plaques accouplées formant la même épaisseur totale ont donné des résultats inférieurs à ceux de la plaque monobloc : la résistance à la perforation était de 25 à 30 % inférieure à celle d'une plaque monobloc de même épaisseur.

Il semble toutefois que les recherches dans cet ordre d'idées permettent d'escompter des résultats intéressants.

Le problème est d'absorber par la cuirasse toute l'énergie de l'obus avant que celui-ci ne l'ait traversée. De toutes les cuirasses qui satisfont à la condition, la plus avantageuse est celle qui a la plus petite masse.

Cette cuirasse optimum sera-t-elle un blindage dur en acier dense ou un blindage relativement mou en métal léger ?

Des recherches ont été déjà exécutées dans cette voie. Voici quels sont les arguments que mettent en évidence les partisans du blindage « mou », et épais :



T W 17078

FIG. 6. — L'INFLUENCE DE L'ANGLE D'INCIDENCE SUR LA PÉNÉTRATION DE L'OBUS DANS UN BLINDAGE

La trajectoire d'un obus de 330 mm tiré à 20 km à la vitesse de 350 m/s fait avec l'horizontale un angle de 19°. Une légère inclinaison de la ceinture du navire fait passer l'incidence à l'impact de 19° à 29°, ce qui équivaut comme gain de résistance de la cuirasse à une augmentation de 34 % de l'épaisseur de blindage.

— Dans un blindage épais une part notable de l'énergie du projectile est dissipée latéralement sous la forme d'une onde de choc. Le choc intéresse donc, non seulement la portion du blindage que vient frapper directement l'obus, mais une large zone autour de cet impact.

— Le blindage mou résiste pendant un temps beaucoup plus considérable que le blindage dur à la pénétration de ce projectile, et par conséquent il lui est plus facile de faire dévier celui-ci. Pratiquement, dans un corps d'épaisseur infinie, le projectile peut même revenir en arrière après avoir parcouru un certain trajet dans le blindage. Ces deux facteurs agissent de concert pour diminuer le pouvoir perforant de l'obus. Des résultats encourageants ont été obtenus avec une plaque composée dont la face avant était constituée par une tôle mince aussi résistante que possible, au-dessous de laquelle se trouvaient deux couches de billes en acier trempé suivies d'une plaque épaisse en duralumin. Lors de l'impact de l'obus toutes les billes sont ébranlées et s'incrustent plus ou moins profondément dans la plaque en duralumin, ce qui produit une première dilution de l'énergie d'impact. Les frottements internes inégaux amènent une certaine déviation de l'obus et favorisent sa rupture. La pointe avant entraîne, devant elle, au moins 4 ou 5 billes. Son profil avant ainsi modifié il perd une part notable de son pouvoir perforant. De plus, l'énergie employée à la perforation s'exerce sur une surface supérieure au calibre de l'obus et la pression spécifique exercée sur la plaque arrière est très notablement réduite.

L'obus de rupture de la marine

L'obus de rupture de la marine doit être capable de percer le blindage maximum du navire auquel il est opposé — un obus de 406 mm perce en principe la cuirasse de 356 mm du Nelson.

Il doit contenir une charge d'explosif capable de produire à l'intérieur de la coque des effets de destruction considérables; mais cette charge d'explosif ne doit pas être d'une importance telle que la cavité qui la loge puisse compromettre la solidité de l'obus.

Quels sont donc les moyens pour accroître le pouvoir perforant d'un obus de rupture? Si nous nous reportons aux diverses formules expérimentales donnant l'épaisseur de blindage perforée en fonction de divers facteurs, nous trouverons que

cette épaisseur croît avec la vitesse d'impact et avec le poids d'obus.

Pour augmenter la vitesse d'impact il faut, ou bien améliorer le coefficient balistique afin de réduire le plus possible le freinage de l'obus par la résistance de l'air, ou bien accroître la vitesse initiale. Le premier moyen consiste surtout à allonger l'ogive, en particulier en fixant une fausse ogive à l'avant de l'obus. Son emploi est assez rapidement limité par les considérations de stabilité de l'obus sur sa trajectoire. La fausse ogive est nuisible à la perforation, mais le gain réalisé sur la vitesse restante compense et au delà la perte de pouvoir perforant qui résulte de sa présence.

Le deuxième procédé, consistant à augmenter la vitesse initiale, présente l'inconvénient d'augmenter l'usure du canon, surtout dans le cas des calibres de l'ordre de 300 mm et des vitesses supérieures à 900 m/s. Rappelons que même aux environs de cette dernière vitesse le tube d'un gros canon de la marine est hors d'usage après une centaine de coups. On remédie, il est vrai, à cet inconvénient par l'adoption des canons chemisés dans lesquels la partie rayée qui s'use est facilement remplaçable. Elle est constituée à cet effet par un tube à parois minces introduit dans le tube extérieur à parois épaisses et immobilisé convenablement. Au départ du coup le tube intérieur ou la chemise se dilate élastiquement et vient porter contre les parois du tube extérieur qui supporte ainsi la pression des gaz de poudre (pouvant atteindre 4 000 kg/cm²).

Pour accroître le poids de l'obus, le moyen le plus simple est l'augmenter le calibre. L'accroissement très rapide du poids du canon impose toutefois une limite. Au point de vue de l'accroissement du pouvoir perforant il est beaucoup plus avantageux d'augmenter le poids sans changer le ca-

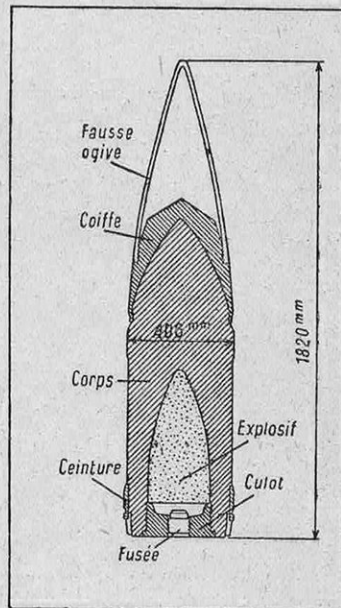


FIG. 7. — OBUS DE RUPTURE D'UN CANON AMÉRICAIN DE 406 MM

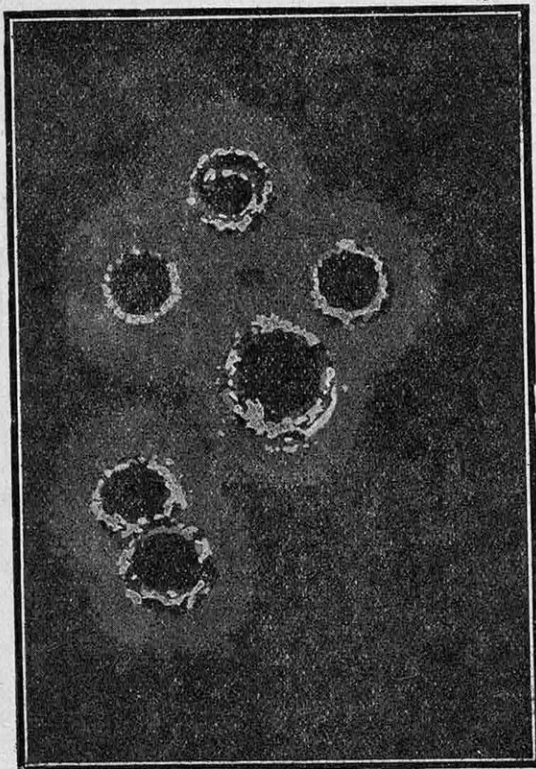
Le projectile, qui pèse 1090 kg en ordre de tir, ne contient que 23,8 kg d'explosif (rendement

T W 17082

en explosif 2,2 %). Tiré à la vitesse de 850 m/s, il perce une plaque de 400 mm à une distance de 20 km sous l'incidence de 20°. Il se compose du corps d'obus, renforcé vers l'avant par une coiffe d'acier spécial à pointe trempée sertie sur l'ogive. Une fausse ogive vissée sur la coiffe améliore les qualités balistiques de l'obus. L'explosif est contenu dans une cavité ménagée à l'arrière du corps d'obus. Le culot qui ferme cette cavité sert de support à une fusée à retard qui provoque l'explosion de la charge après la perforation de la plaque. Le corps d'obus est renforcé à l'arrière par une daque d'acier, qui empêche la rupture lors d'un impact oblique.

libre. On peut y arriver soit en allongeant l'obus, soit en le confectionnant en un métal plus dense que l'acier. L'emploi du premier procédé est vite limité par la diminution de résistance à l'impact du corps trop long, surtout aux impacts obliques. Le deuxième moyen n'a actuellement qu'une valeur théorique car les matériaux susceptibles d'accroître d'une façon sensible le poids de l'obus sans trop compromettre sa tenue à l'impact, tels que divers composés à base des carbures de métaux lourds et plus particulièrement ceux à base de carbure de tungstène, tel que « widia » (densité 15, résistance à la compression 400 kg/mm^2), coûtent beaucoup trop cher (quelques milliers de francs le kilogramme). Théoriquement, la substitution du « widia » à l'acier entraînera un accroissement du pouvoir perforant de l'obus de 23 %, sans tenir compte de l'amélioration due à une meilleure conservation de la vitesse sur la trajectoire. Signalons en passant que la conservation de la vitesse initiale malgré l'alourdissement de l'obus n'est pas chose facile à réaliser; pour y arriver, il faut en effet augmenter la charge propulsive et la pression maximum; il faut en outre compter avec l'accroissement du recul; on comprend aisément qu'un canon existant ne permettra généralement pas de réaliser ces modifications.

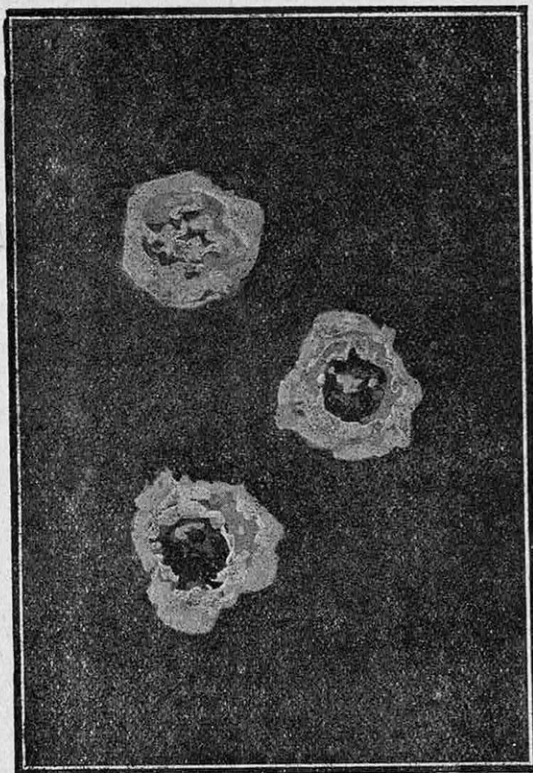
Le pouvoir perforant d'un obus diminue avec l'angle d'incidence (angle formé par la trajectoire avec la normale à la plaque au point d'impact).



T W 17083

FIG. 8. — RÉSULTAT D'UN TIR DE 120 MM SUR UNE PLAQUE D'ACIER AU NICKEL-CHROME DE 150 MM D'ÉPAISSEUR

La vitesse restante des projectiles était de 655 m/s. Les impacts étant très rapprochés, la structure du métal s'est trouvée modifiée, et le sixième impact a donné lieu à la perforation de la plaque.



T W 17089

FIG. 9. — FACE AVANT D'UNE PLAQUE D'ACIER DE 240 MM ATTAQUÉE PAR DES OBUS DE 240 MM

Le blindage a résisté, mais la couche superficielle dure et fragile s'est écaillée autour des impacts.

A l'incidence de 20° la plaque qui résiste à un projectile donné est de 18 % moins épaisse que celle qui résiste au même projectile sous l'incidence normale, à 30° le gain est de 39 %, et pour une incidence dépassant 40 à 45° , l'obus ricoche.

Une autre cause intervient dans certains cas pour réduire le pouvoir perforant des obus. Ils quittent parfois le tube avec leur axe légèrement incliné sur la trajectoire. Les Anglais appellent cet angle d'inclinaison « yaw ». Après la sortie, le « yaw » augmente jusqu'à une valeur maximum et diminue ensuite à 0° si l'obus est stable. Le « yaw » compromet le pouvoir perforant de l'obus. C'est pourquoi on constate parfois que tel obus ne perce pas telle plaque à une certaine distance rapprochée, mais la perce facilement à une distance plus grande. On a également observé qu'un déplacement de la plaque de quelques mètres suffit pour amener la perforation puisque la plaque arrive à se placer à l'endroit où dans son oscillation l'axe de l'obus passe par la tangente à la trajectoire.

Enfin nous avons dit que l'obus doit résister aux efforts énormes qu'il doit développer pour percer la plaque. Ici encore on doit adopter un compromis entre la dureté du métal et sa résilience, et la solution est assez comparable à celle que nous avons vu adopter pour la cuirasse : la pointe du projectile doit être très dure pour perferer la couche la plus dure de la cuirasse, le corps d'obus doit présenter une grande résilience. La cavité contenant l'explosif est placée à l'endroit où les efforts subis

sont les moins grands, c'est-à-dire à l'arrière.

Les obus de rupture de la marine comportent essentiellement un corps en acier spécial traité, une coiffe généralement en acier demidur protégeant la pointe de l'ogive et une fausse ogive en tôle ou en alliage léger destinée à diminuer la résistance de l'air ou, comme disent les artilleurs, à améliorer le coefficient balistique. L'acier du corps d'obus contient généralement 0,5 à 0,8 % de carbone, 2,3 à 4 % de nickel et 2 à 2,6 % de chrome; on y ajoute parfois du manganèse. L'obus est fabriqué par

1916), les Anglais ont chèrement payé l'insuffisance de mise au point de leurs obus quant à la stabilité au choc de la charge explosive : leurs obus de rupture de 340 mm, chargés en mélinite, tout en donnant une bonne précision n'arrivaient pas à couler les navires allemands à cause de l'insuffisance de stabilité de la charge qui explosait spontanément au choc de l'obus contre la cuirasse, à la surface de celle-ci. Or, l'explosion à la surface du blindage n'est que rarement dangereuse pour la flottabilité du navire.

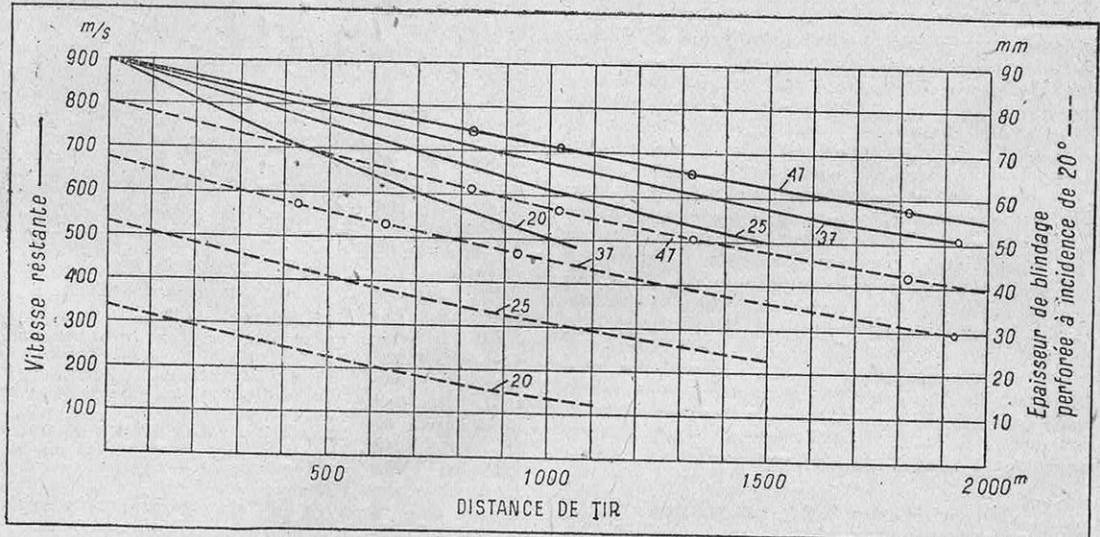


FIG. 10. — LE POUVOIR DE PERFORATION DES OBUS DE PETIT CALIBRE

T W 17084

On a représenté en trait plein la courbe de la vitesse restante du projectile en fonction de la distance, et en pointillé l'épaisseur de blindage perforé sous l'incidence de 20°. Les courbes sont tracées pour des projectiles de calibre de 20 mm, 25 mm, 37 mm et 47 mm, tirés à la vitesse initiale de 900 m/s.

forgeage en partant du lingot. Le corps possède une épaisse ogive dont la dureté à l'avant atteint 600 Brinell et une cavité contenant la charge explosive. Afin de ne pas amincir trop les parois du corps, le poids d'explosif ne dépasse pas 3 % du poids total de l'obus. Pour assurer la bonne tenue des parois à l'impact on accroît leur ténacité en limitant la dureté à 280 Brinell. L'explosif est amorcé à l'aide d'une fusée de culot qui fonctionne par inertie et qui comporte un retard choisi de façon à provoquer l'éclatement de l'obus après la traversée du blindage.

Le calibre de ces obus varie de 150 à 406 mm et leur poids de 45 kg à 1 100 kg.

Pour que l'obus développe son plein effet à l'impact, la charge explosive doit être suffisamment stable pour ne pas détoner au choc. A ce point de vue la tolite est particulièrement indiquée puisque, parmi de nombreux explosifs militaires, elle est la moins sensible au choc. Il est possible de diminuer la sensibilité au choc d'un explosif, soit en le mélangeant à un corps inerte (par exemple à de la paraffine), soit en l'enfermant dans une enveloppe (chargement en cartouche) qui absorbe en partie les déformations dues au choc. Les enveloppes en carton sont particulièrement indiquées.

Pendant les batailles navales de Coronel (1^{er} novembre 1914), du Doggerbank (24 janvier 1915) et du Jutland (31 mai et 1^{er} juin

Au contraire, les Allemands eurent vite fait de couler trois navires britanniques en se servant d'obus de 305 mm chargés en tolite stabilisée par l'addition de 1 % de paraffine ou de cire.

Le problème de la protection contre la bombe

Dans le cas où la cuirasse est attaquée, non plus par un projectile perforant, mais par une bombe, c'est la charge d'explosif qui jouera le principal rôle dans la rupture de la cuirasse, et la qualité principale de cette cuirasse sera évidemment sa résilience. La bombe obligera peut-être les constructeurs de blindage à adopter, même à rendement moindre, la cuirasse composite, avec un certain espace entre ses deux plaques constituantes. La première plaque aurait pour mission de faire exploser la bombe à une distance suffisante de la deuxième pour que ses effets soient atténués. On voit que la construction du navire pourrait s'en trouver profondément modifiée.

La lutte du char et de l'arme antichars

L'apparition, pendant la guerre mondiale 1914-1918, des chars de combat étendit la lutte entre l'obus et la cuirasse aux combats terrestres. Au début, en absence d'armes appro-

priées, l'avantage était du côté du char qui exploitait largement l'effet de surprise; mais assez rapidement l'introduction des fusils et des canons antichars permit à l'obus de reprendre le dessus, et actuellement la situation est semblable à celle existant dans la marine.

Les blindages des chars de combat

Les chars de combat sont protégés par des plaques de blindage dont les plus épaisses sont à l'avant. Les chars lourds pesant plus de 50 t ont à l'avant un blindage de 40 à 60 mm; les chars moyens, de 20 t environ, jusqu'à 30 mm et les chars légers de 3 t jusqu'à 10 mm. Ces blindages sont généralement en acier au nickel-chrome laminé ou coulé. On emploie souvent des plaques trempées non cémentées accusant une dureté de 475 Brinell. Parfois les plaques sont cémentées, comme dans la marine; leur fabrication est toutefois assez délicate à cause des faibles épaisseurs. Les plaques cémentées dans les épaisseurs employées pour les chars moyens sont parfois trop fragiles et éclatent au choc de l'obus. L'acier des plaques contient généralement 3 1/2 % d'éléments spéciaux tels que le chrome, le nickel, le molybdène, le vanadium et le manganèse.

La dureté est fonction du poids de l'obus qui attaquerait le blindage. Ainsi, quand on suppose que le blindage sera attaqué par un obus léger on le fait très dur; au contraire, on le fait plus doux quand on prévoit une attaque avec des obus lourds.

Obus de rupture antichars

L'obus antichars doit en principe perforer le blindage d'un char à 1 000 m et à l'incidence de 20° ou mieux de 30°. Jusqu'au calibre de 25 mm, l'obus est généralement plein sans charge explosive; au-dessus et jusqu'au plus gros calibre antichars actuel de 47 mm, on emploie parfois des obus contenant un peu d'explosif; leur construction est dans ce cas semblable à celle des obus de rupture de la marine. Les obus pleins sont souvent chemisés à la manière de balles de fusil. Le meilleur acier pour obus antichars, plus particulièrement pour obus pleins, est l'acier à 3 % de tungstène, permettant de réaliser des duretés à la pointe jusqu'à 650 Brinell, sans fragilité excessive.

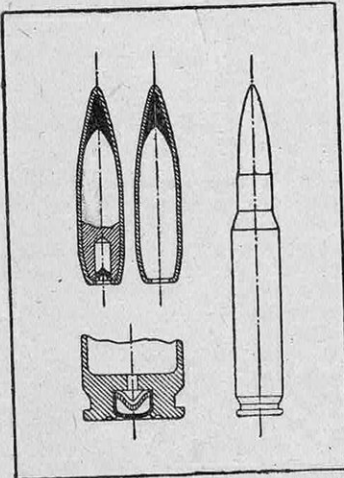


FIG. 11. — PROJECTILE DE RUPTURE CHEMISÉ DE 13,2 MM

Le noyau d'acier dur est enrobé dans une chemise de laiton. A la pointe de ce noyau se trouve une petite quantité de plomb anti-monium, dont le rôle est de protéger la pointe au choc et de la lubrifier.

attaquer une plaque cémentée ou non cémentée.

La figure 10 montre la variation de la vitesse restante et de l'épaisseur de blindage perforée à l'incidence de 20° en fonction de la distance de tir pour les obus de rupture pleins de 20, 25 37 et 47 mm tirés avec une vitesse initiale uniforme de 900 m/s.

Les obus de rupture explosifs, moins denses, auront un pouvoir perforant moindre, d'autant plus que la distance de tir est plus grande; leur moindre résistance due à la présence de la cavité contenant l'explosif ne leur permet d'ailleurs pas de perforer un blindage nettement plus épais que le calibre de l'obus.

En examinant de près les courbes, on voit que le calibre de 47 mm est tout juste suffisant pour perforer avec une vitesse initiale de 900 m/s un char lourd à 1 000 m et à 20° d'incidence. Si l'on veut tirer avec des obus de rupture explosifs, il y a lieu de prendre des calibres supérieurs.

Les chars moyens sont perforés dans les mêmes conditions de tir à partir d'un calibre de 25 mm. Si l'on préfère employer des obus de rupture explosifs, on peut tirer avec un obus de 37 mm à la vitesse initiale de 700 m/s ou avec un 47 mm à 620 m/s.

Enfin, les chars légers sont facilement perforés par des obus de 20 mm, pleins et explosifs, tirés avec une vitesse initiale de 700 m/s. Avec une vitesse initiale de 900 m/s on perforé à 600 m et à 20° d'incidence un blindage de 20 mm, c'est-à-dire celui d'un char moyen faiblement protégé.

Lors de la perforation des plaques dures des chars, l'obus arrache, côté sortie, un certain volume de métal de la plaque formant un évènement tronconique. Les débris ainsi arrachés sont animés d'une grande vitesse et jouent le rôle d'éclats d'obus. C'est pour cela que certains techniciens estiment inutile de prévoir une charge explosive éclatant après la traversée du blindage. On accroît ainsi le pouvoir perforant de l'obus et on simplifie notablement sa construction.

Il a été constaté que l'action des obus de rupture tirés sur un blindage était beaucoup plus forte quand le tir se faisait en automati-

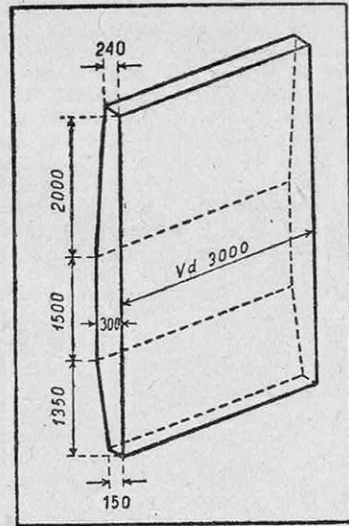


FIG. 12. — UNE PLAQUE DE CEINTURE D'UN CUIRASSÉ

Le blindage d'un cuirassé se compose d'un certain nombre d'éléments assemblés par clavetage ou vissage. Le schéma ci-dessus donne en millimètres les dimensions d'un de ces éléments. On voit que la protection passe par un maximum au voisinage de la ligne de flottaison. Le poids d'un élément de blindage est de 30 tonnes. Les cotes du dessin sont en millimètres.

que, à cause probablement des vibrations des plaques engendrées par les impacts, vibrations diminuant la cohésion du métal et par là sa résistance à la perforation.

Nous voyons donc que la cuirasse du char est nettement surclassée par l'obus antichars. La situation est même encore plus défavorable si l'on considère que l'arme antichars peut être portée sur un avion (une version récente du chasseur américain Bell « Airacobra » est équipée d'un canon de 37 mm) et par conséquent attaquer sous des incidences imprévisibles une cuirasse qui est loin de présenter l'épaisseur maximum. Mais cela n'empêchera pas le char de remporter des succès, car sa cuirasse n'est qu'un des éléments de sa protection — les autres étant sa mobilité et son invisibilité qui diminuent le rendement de l'arme antichars.

L'avion blindé et le canon

La protection de certaines parties vitales d'un avion (siège du pilote, réservoirs, etc.) contre la balle explosive ou perforante, pose des pro-

blèmes entièrement nouveaux. La qualité la plus recherchée du blindage d'avion est évidemment la légèreté. De plus on lui impose parfois des conditions auxquelles jamais un autre blindage n'avait eu à satisfaire, comme d'être transparent. Aussi est-ce dans ce domaine que les solutions les plus originales ont été trouvées, grâce à l'emploi des *matières plastiques* les plus diverses. C'est ainsi que les vitres de plexiglas des tourelles de mitrailleuses sont à l'épreuve des balles, que l'on a fabriqué des cuirasses composées d'acier et de caoutchouc, trouvé une matière plastique ayant l'aspect du linoléum (fig. 4) et la même résistance que l'aluminium pour une épaisseur égale aux deux tiers de l'épaisseur de celui-ci, et qu'enfin c'est sur l'avion que l'on a pour la première fois employé une cuirasse constituant les parois mêmes des réservoirs de combustible (1), et qui est capable de « cicatrifier » instantanément ses blessures!

V. RENIGER.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 270 (déc. 1939).

LES A COTE DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

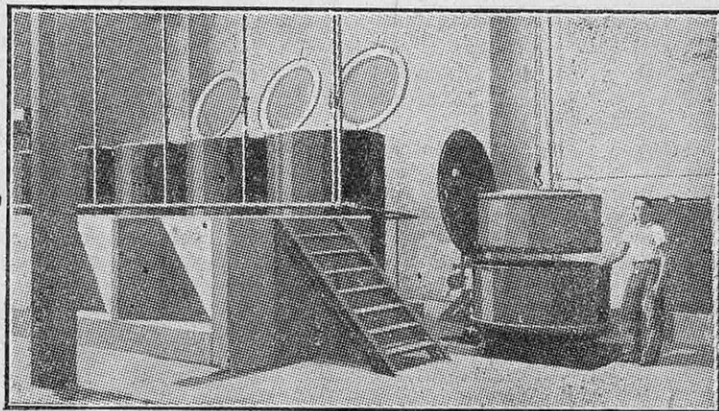
La laine de pin

LE bois se classe actuellement parmi les matériaux auxquels on a le plus recours en vue de la fabrication des produits de remplacement nécessitée par la pénurie des matières premières dont souffre le monde. C'est ainsi qu'il remplace aujourd'hui la houille pour le chauffage domestique et industriel, l'essence pour la traction au tomobile, le coton pour le tissage (rayonne), etc.

Mais voici que l'on fait encore appel à la forêt française pour remplacer la laine d'Australie ou l'amiante du Cap dont nous sommes privés. C'est au cours de recherches, en vue de la fabrication de produits à base d'amiante, d'un maté-

riau léger, insonore, calorifuge, isolant, peu inflammable, résistant aux bases et aux acides, susceptible d'être

filé ou même tissé, seul ou mélangé à d'autres textiles, que les ingénieurs du Comptoir des Minéraux et Ma-



T W 22345

FIG. 1. — APRÈS LE TRAITEMENT CHIMIQUE SUBI DANS CES CUVES, LES AIGUILLES DE PIN NE CONTIENNENT PLUS QUE DE LA CELLULOSE

tières premières ont retenu les aiguilles de pin que l'usine de Saint-Vaize-Pont-la-Pierre (Charente-Maritime) traite industriellement.

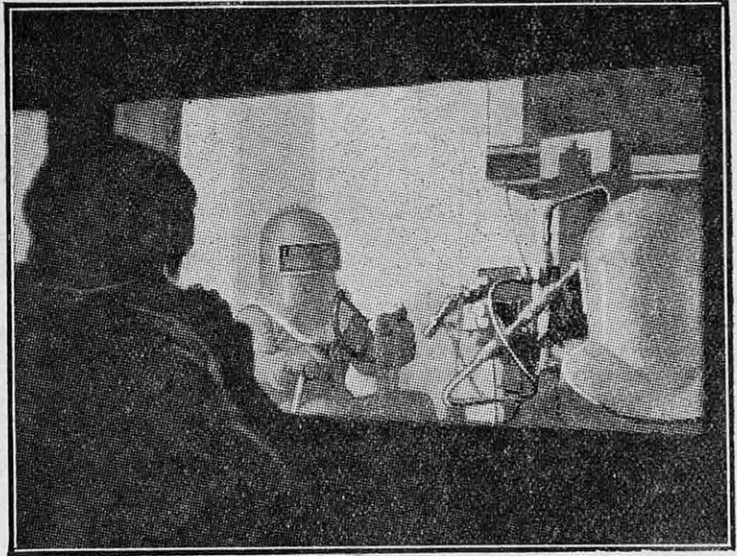
Après passage dans différents bains alcalins ou acides, les aiguilles, soigneusement lavées et essorées, ne contiennent plus que la cellulose sous forme de fibres de 20 cm de long environ. Cardages, broyages, peignages, filochages donnent finalement le « Pin Tex », fibre plus ou moins fine; le rendement en poids est de 60 %.

Elle permet de confectionner des cloisons assurant l'insonorisation ou le calorifugeage, l'isolement électrique ou thermique, des tissus protecteurs contre le feu (après ignifugation), de l'étoffe pour joints, du fibrociment, des plaques de couvertures d'immeubles (genre Everite), etc. Mélangée à d'autres textiles, elle peut servir à la préparation de fils ou tissus (laine de pin); pure et tordue, elle donne une ficelle très résistante qui peut être tissée pour la confection de sacs.

Quant aux sous-produits retenus dans les bains du traitement chimique (huiles, résines), ils doivent pouvoir être récupérés par distillation fractionnée, ce qui régénère les bases et les acides utilisés, et on espère obtenir ainsi des savons à base de résine et de soude.

Le ramassage peut s'effectuer soit sur les coupes (aiguilles vertes donnant la fibre la plus fine ou laine de pin), soit sur le sol à l'état sec. Les calculs et les études ont montré qu'un ramassage bien conduit (écrémage de la surface de la couche d'aiguilles qui jonche le sol et établissement d'une rotation convenable) ne risquait pas de nuire à la végétation de la forêt de pins.

Sur le million d'hectares que couvre le pin maritime dans le Sud-Ouest de la France, 400 000 peuvent être exploités. A raison de 5 t d'aiguilles par hectare (correspondant sensiblement à la chute annuelle d'aiguilles) et avec une rotation de dix ans, on peut compter obtenir, en admettant un rendement de 50 %, 100 000 t de « Pin Tex » par an.



T W 22346

FIG. 2. — LA CHAMBRE FROIDE LABORATOIRE

Chambres froides pour l'étude des vols stratosphériques

POUR l'étude du comportement aux hautes altitudes de l'organisme humain et des diverses matières entrant dans la fabrication des avions, la firme Douglas a mis au point, dans ses usines de Santa-Monica (Californie), une chambre froide où l'on peut réaliser les conditions physiques semblables à celles que l'on est susceptible de rencontrer à haute altitude (10 000 m). La température de cette chambre réfrigérée par de la glace sèche (neige carbonique) peut être réglée depuis -40° jusqu'à -76° . Casqué d'aluminium, recouvert de vêtements de laine, l'aviateur-témoin est constamment en communication téléphonique avec l'extérieur.

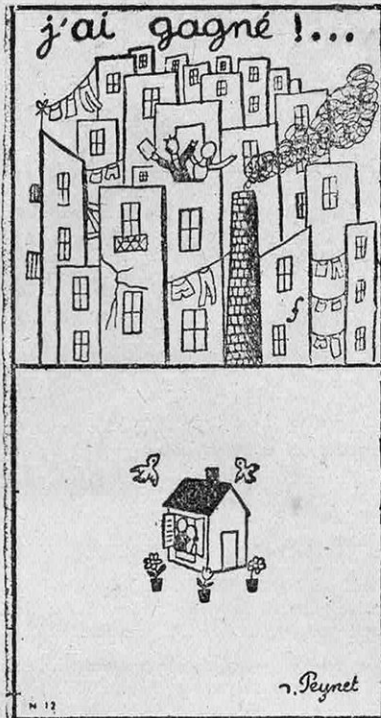
Les huiles de graissage, le caoutchouc, les peintures, etc., etc., peuvent être étudiés ainsi aux basses températures en vue des vols stratosphériques.

De curieux phénomènes ont pu être ainsi observés. Ainsi, à -55° , la contraction du métal est suffisante pour que la peinture de son camouflage s'écaille et tombe et le caoutchouc ordinaire perd toute élasticité.

La chimie des groupes sanguins

ON sait que tous les êtres humains se répartissent du point de vue sanguin entre quatre groupes appelés par convention A, B, AB et O. Le mélange de deux sangs A et B, par exemple, donnant lieu au phénomène d'agglutination, on avait rapporté ces phénomènes à la présence dans les différents sangs de substances chimiques déterminées, mais si subtiles que l'on ne pouvait les mettre en évidence que par des réactions sérologiques. On est cependant parvenu à isoler et à analyser la principale substance qui confère au groupe sanguin A ses propriétés. Elle se compose principalement d'une combinaison à poids moléculaire élevé d'un sucre ordinaire (galactose) avec un sucre contenant de l'azote (acétylglucosamine) et des acides aminés dont deux, l'alanine et la thréonine, ont été isolés. Cette substance serait encore activée à la concentration de un vingt-milliardième. Elle n'est présente que chez les hommes des groupes A et AB, tandis qu'on la rencontre en permanence chez certaines espèces animales, par exemple le cheval, la vache et le porc.

Réalisez votre rêve...



Grâce à la
LOTÉRIE NATIONALE

AVIS IMPORTANT NUMÉROS DISPONIBLES

Voici la liste des numéros disponibles *actuellement*. Tous ces numéros sont expédiés franco contre 6 fr. 50 par exemplaire et 13 francs franco pour les numéros 280, 284 et 292.

Reliures. — Tomes III, IV, de X à XXVIII, XXX, de XXXVII à XLVI. Prix franco : 15 fr. par reliure.

Tous les règlements doivent être effectués au C. C. postal 184.05 Toulouse.

Les commandes seront servies au fur et à mesure des arrivées.

Nous nous réservons le droit de rembourser celles qui ne pourront pas être exécutées par suite de l'épuisement du stock.

- 23 - 24 - 26 - 29 - 30 - 31 - 32 - 33 - 34
35 - 36 - 37 - 38 - 39 - 41 - 104 - 107 - 129
223 - 224 - 225 - 226 - 227 - 228 - 229 - 230 - 231
232 - 241 - 242 - 243 - 244 - 245 - 246 - 247 - 248
249 - 250 - 251 - 252 - 253 - 254 - 255 - 256 - 257
258 - 276 - 277 - 278 - 279 - 280 - 281 - 282 - 283
284 - 285 - 286 - 288 - 289 - 290 - 291 - 292 - 301

Les numéros de 1942 sont tous épuisés jusqu'au 300. Les abonnements ne peuvent commencer avant le numéro 301.

N. B. — Nous demandons à nos abonnés de joindre la dernière bande ou de rappeler les numéros figurant sur les bandes dans leur correspondance.

TARIF DES ABONNEMENTS

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis..... 1 an..... 70 fr.
Envois recommandés 1 an..... 100 fr.

ÉTRANGER

(Suisse, Espagne, Portugal)

Envois simplement affranchis..... 1 an..... 130 fr.
Envois recommandés 1 an..... 180 fr.

Les abonnements sont payables d'avance, par chèque postal. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 2 francs en timbres-poste.

Rédaction et Administration : actuellement : 3, rue d'Alsace-Lorraine - Toulouse (H^e G.) Chèques Postaux : Toulouse 184.05

BULLETIN D'ABONNEMENT (303)

Nom (en majuscules) et prénoms :

Adresse :

Déclare m'abonner pour **un an**, au prix de (tarif ci-dessus), que je vous adresse par Chèque postal 184-05 Toulouse. Le premier numéro à envoyer sera le n^o

Ce qu'il faut savoir

des

BONS D'ÉPARGNE

- ★ Ils rapportent **3 pour cent**.
- ★ Ils sont à **quatre ans d'échéance**.
- ★ Mais ils sont **remboursables par anticipation**, sur demande, dans l'un des cas suivants :
 - Mariage, naissance ou décès ;*
 - Etablissement dans une entreprise agricole ou artisanale ;*
 - Acquisition d'un bien rural ;*
 - Calamités agricoles.*
- ★ Les **coupoles** sont de 1.000 frs, 5.000 frs, 10.000 frs et au-dessus.
- ★ Deux ans d'intérêts sont **payés d'avance** au moment de la souscription, deux ans sont payés lors du remboursement. Exemple : un Bon de 5.000 francs est émis à 4.700 francs et remboursé à 5.300 francs.
- ★ Les Bons d'Epargne sont **exempts de tous les impôts frappant les valeurs mobilières**.
- ★ On trouve des Bons d'Epargne : dans les Caisses publiques, les Bureaux de Poste et les Banques, chez les Agents de Change et les Notaires ; auprès des Caisses d'Epargne.

B E 2



*On ne se rase pas
avec du carton!*

Ne regrettez donc pas l'étui qui enveloppait jadis la boîte de **RazVite** puisque la qualité de la crème "QUI SEULE IMPORTE" est toujours la même. **RazVite**, crème onctueuse et émolliente, rase en un instant sans savon, sans blaireau et sans douleur.



RAZVITE

79, Champs-Élysées, PARIS : LA BOITE POUR 21 Frs
44, Canebière, MARSEILLE : 4 MOIS.

LA RADIO

manque

DE SPECIALISTES !

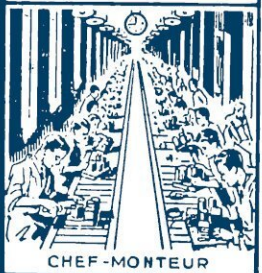
JEUNES GENS !...



RADIO VOLANT



SOUS-INGENIEUR



CHEF-MONTEUR

Pour répondre aux besoins sans cesse grandissants de la Radio française en cadres spécialisés, nous conseillons vivement aux jeunes gens de s'orienter délibérément vers les carrières de la I. S. F.

AVIATION CIVILE, INDUSTRIE,
MARINE MARCHANDE, COLONIES,
MINISTÈRES et ADMINISTRATIONS

Ces carrières réaliseront les aspirations de la jeunesse moderne, puisqu'elles joignent à l'attrait du scientifique celui de travaux manuels importants.

PRÉPAREZ CES CARRIÈRES
en suivant nos cours spéc. à distance

PAR CORRESPONDANCE

conçus d'après les méthodes les plus modernes de l'enseignement américain.

INSCRIPTIONS

à toute époque de l'année.

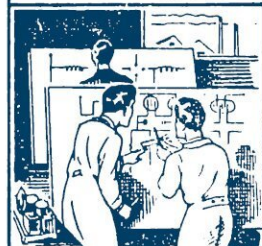
TOUS NOS COURS COMPORTENT DES
EXERCICES PRATIQUES A DOMICILE.

PLACEMENT

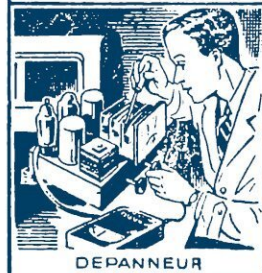
A l'heure actuelle, nous garantissons le placement de tous nos élèves opérateurs radiotélégraphistes **DIPLOMÉS**.



MARINE MARCHANDE



INGENIEUR



DEPANNEUR

Demander nos notices envoyées

gratuitement sur demande

ECOLE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE

RUE DU MARECHAL LYAUTEY-VICHY-(ALLIER)

Adresse de repli

NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



Des millions
de
mètres carrés
de références

