

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

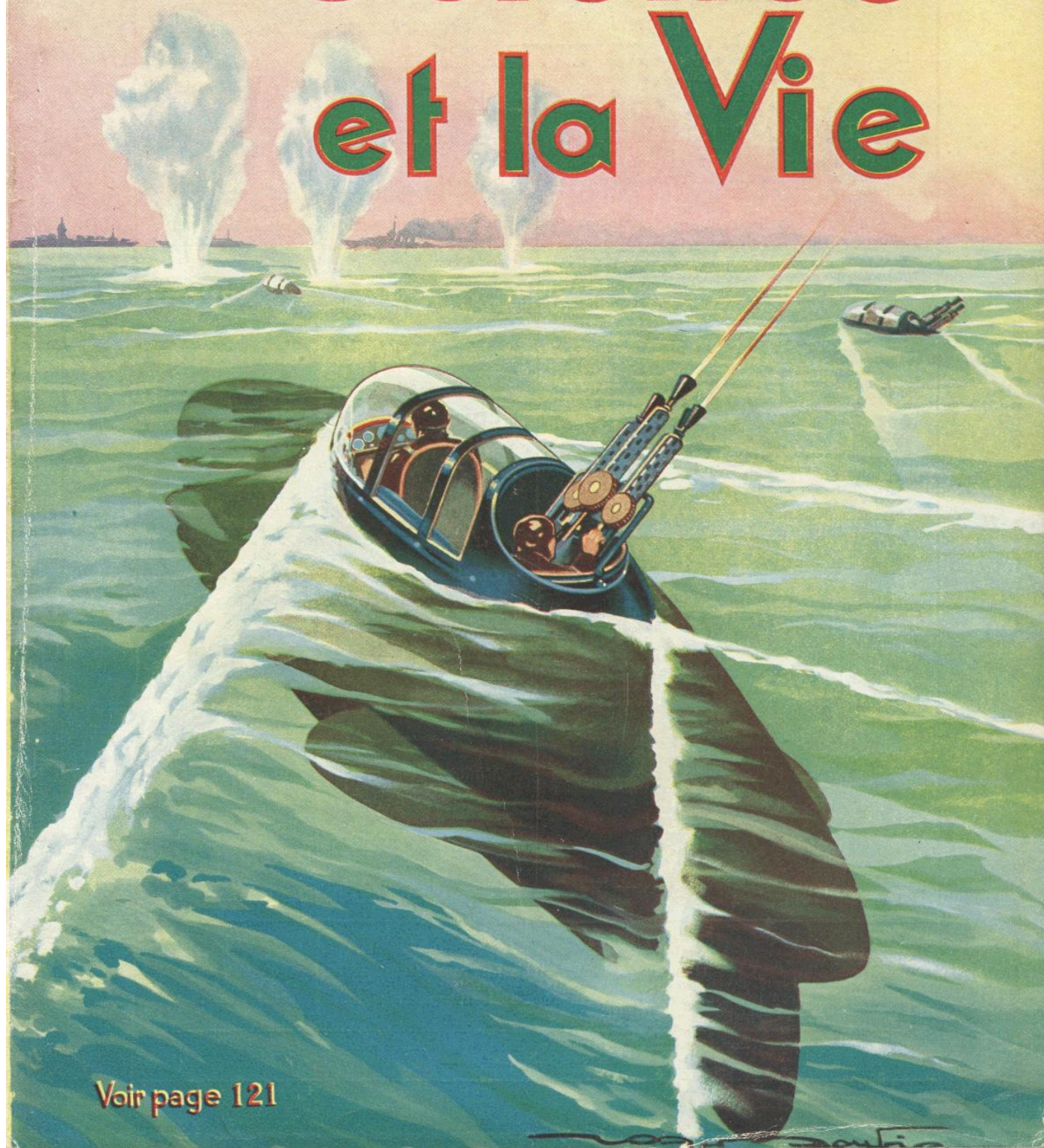
Notice de la Revue	
Auteur(s) ou collectivité(s)	La science et la vie
Auteur(s)	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Adresse	Paris : La science et la vie, 1913-1945
Collation	339 vol. : ill. ; 24 cm
Cote	SCI.VIE
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Note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

Notice du Volume	
Auteur(s) volume	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Volume	Tome 61. n. 295. Mars 1942
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1942
Collation	1 vol. (VI p.-p.[119]-168) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 295
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.295

Mars 1942

6 francs

la Science et la Vie



Voir page 121

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 sont les trois certificats que délivre après examen le Ministre des P. T. T. :

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.

A QUOI SERVENT CES BREVETS ?

Le certificat spécial permet l'entrée dans les armes du Génie, de l'Air, de la Marine de guerre. Il permet d'être embarqué comme écouteur à bord des navires de commerce. Il peut servir aux officiers de la Marine marchande et aux navigateurs aériens.

Le certificat de 2^e classe, à condition d'être titulaire du diplôme de Radio de la Marine marchande, permet de naviguer comme officier sur les navires de commerce.

Le certificat de 1^{re} classe permet de devenir officier chef à bord des navires de commerce. Il est exigé pour se présenter à tous les concours administratifs : Aviation civile, Police, P. T. T., etc.

A noter que les concours d'opérateur et de Chef de Poste radioélectricien du Ministère de l'Air sont des plus intéressants.

DIPLOME DE RADIOTÉLEGRAPHISTE DE LA MARINE MARCHANDE

Ce diplôme est délivré par le Ministre de la Marine après un examen portant sur la navigation. Ajouté au certificat de 1^{re} ou 2^e classe des P. T. T., il permet de naviguer comme officier sur les navires de commerce.

Les candidats doivent posséder la 1^{re} ou 2^e classe P. T. T.

Opérateur du Ministère de l'Air, Inspecteur radio de la Police, etc.

SECTION INDUSTRIE

COURS DE MONTEUR-DÉPANNEUR

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

COURS D'ADJOINT TECHNIQUE OU D'OPÉRATEUR

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

COURS DE RADIOTECHNICIEN OU CHEF DE POSTE

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 (courant continu, courant alternatif), Unités des mesures électriques, Mesures électriques, Radioélectricité théorique et appliquée, Émission, Réception, Installation et ensemble, Ondes dirigées, Machines et moteurs thermiques, etc.

COURS D'INGÉNIEUR

Mathématiques supérieures, Géométrie analytique, Géométrie descriptive, Physique, Thermodynamique, Mécanique, Résistance des matériaux, Electricité (moteurs et machines), Electrotechnique, Essais des moteurs, Calcul des machines, Mesures, Construction de l'appareillage, Radioélectricité technique, théorique et appliquée, Projets, Rapports techniques, Machines et moteurs thermiques.

COURS SUR PLACE

L'École libre de Navigation Maritime, 21, Boulevard Frenck-Pilatte, NICE, reçoit des jeunes gens, candidats aux divers brevets spéciaux, 2^e classe ou 1^{re} classe (P. T. T., Marine marchande), comme élèves externes ou internes. Un cours préparatoire d'aspirant radio, pour l'entrée aux sections ci-dessus, y est également organisé.

Envoi gratuit du programme détaillé pour chaque section.
(Joindre un timbre pour réponse)

Grâce à l'ÉCOLE UNIVERSELLE par correspondance Vous n'êtes plus seul

pour mener à bien vos études générales ou pour vous préparer à la carrière de votre choix. La direction et les professeurs de l'Ecole Universelle se sont appliqués depuis trente-cinq ans à perfectionner sans cesse les méthodes d'enseignement par correspondance. Aussi ses élèves obtiennent-ils chaque année les plus brillants succès aux examens et concours officiels. L'Ecole Universelle est connue dans le monde entier. Dans beaucoup de pays elle a servi de modèle à de nombreux établissements privés et à de nombreux établissements bénéficiant de l'appui de l'Etat. Profitez à votre tour des facilités d'un enseignement qui vous offre le maximum de chances de succès et grâce auquel vous étudierez chez vous, à vos heures, quel que soit le lieu de votre résidence, avec le minimum de dépenses et dans le minimum de temps.

Renseignez-vous, aujourd'hui même, gratuitement et sans aucun engagement, en demandant la brochure qui vous intéresse :

BROCHURE N° L. 404. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse, Examens de passage, Certificat d'études classiques ou modernes, Diplôme de fin d'études secondaires, Baccalauréats, etc.

BROCHURE N° L. 405. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Certificat d'études, Bourses, Brevets, Certificat d'aptitude pédagogique, etc.

BROCHURE N° L. 406. — 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. 407. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES : Agriculture, Industrie, Travaux publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Assistance, etc.

BROCHURE N° L. 408. — TOUTES LES CARRIÈRES ADMINISTRATIVES.

BROCHURE N° L. 409. — 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. 410. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural, etc.

BROCHURE N° L. 411. — CARRIÈRES DU COMMERCE (Administrateur commercial, Secrétaire, Correspondancier, Sténo-dactylo, Représentant, Services de publicité, Expert-comptable, Comptable, Teneur de livres), de L'INDUSTRIE HOTELIÈRE, des ASSURANCES, de la BANQUE, de la BOURSE, etc.

BROCHURE N° L. 412. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, DESSIN, ÉCRITURE, etc.

BROCHURE N° L. 413. — LANGUES VIVANTES (Anglais, Allemand, Espagnol, Russe, Italien, Portugais, Arabe, Annamite, Espéranto), TOURISME (Interprète), etc.

BROCHURE N° L. 414. — AIR, RADIO, MARINE : Ponts, Machines, Commissariats, T. S. F., etc.

BROCHURE N° L. 415. — SECRÉTARIATS BIBLIOTHÈQUES, JOURNALISME (Rédaction, Administration, Direction), etc.

BROCHURE N° L. 416. — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Flûte, Clarinette, Instruments de jazz, Professorats, etc.

BROCHURE N° L. 417. — 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. 418. — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE : Petite main, Première main, Vendeuse, Retoucheuse, Coupeur, Coupeuse, Modéliste, Professorats, etc.

BROCHURE N° L. 419. — CARRIÈRES FÉMININES dans toutes les branches d'activité.

BROCHURE N° L. 420. — ART DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ : Coiffeuse, Manucure, Pédicure, Masseur, etc.

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

répondra gracieusement, de façon détaillée, à toutes les personnes qui lui exposeront leur cas particulier.

12 place Jules-Ferry, LYON -- 59 boulevard Exelmans, PARIS

EXPLOITATION FORESTIÈRE, AGRICOLE ET INDUSTRIELLE

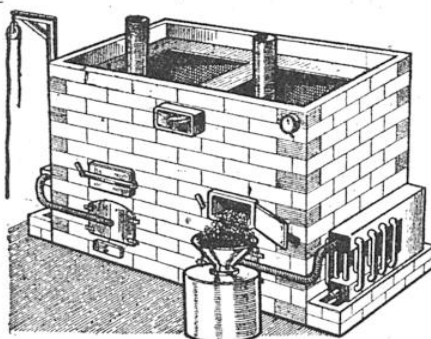
5, rue Monjardin, 5
NIMES

R. C. Nîmes 17721 B

Téléphone : 29-31, 39-21

S. A. R. L. au capital de
400.000 francs

A volume égal
les fours
CARBODISTIL
produisent
11 fois plus ...



10 stères de
bois carbodis-
tillés produi-
sent 1 tonne de
charbon épuré
et vivifié.

On peut obtenir du bois séché en 1/2 heure; du charbon roux en 2 heures; du charbon épuré en 5 heures.

Tous les sous-produits de la récupération : goudrons, jus pyroligneux, indépendamment de leur valeur marchande, ont leur emploi dans l'agriculture et pour l'entretien des bâtiments.

Les fours CARBODISTIL donnent un charbon automatiquement cuit à point en 5 heures, sans trace de goudrons et sans incuits.

Leur rendement est de 25 à 30 % du poids du bois employé.

Tous les végétaux sont carbodistillés par nos fours : sarments, grignons d'olives, etc., etc.

" JE VOUS APPRENDRAI A DESSINER "

dit M. Marc SAUREL,
Créateur de la nouvelle méthode
" LE DESSIN FACILE "



MARC SAUREL

Près de 30 ans de pratique et de succès continus ont permis à Marc Saurel d'inventer sa nouvelle Méthode d'enseignement du dessin par correspondance " LE DESSIN FACILE " qui, dès son apparition a obtenu tant en zone occupée qu'en zone libre le plus éclatant succès. Deux heures par semaine suffisent à l'étude des leçons. De magnifiques modèles photographiques inédits sont fournis. Ainsi vous pouvez étudier vos cours, le soir, sous la lampe, sans avoir à rechercher d'introuvables modèles. " Le DESSIN FACILE " vous spécialise suivant vos désirs dans les carrières lucratives du dessin : illustration, Dessin de Mode, de Publicité, Dessin Animé pour Cinéma. Caricature, Dessin de lettres, etc...

Demandez dès aujourd'hui au " DESSIN FACILE " sa Brochure de renseignements gratuite en profitant du Bon ci-dessous.



BON

POUR UNE BROCHURE GRATUITE SV9
Retournez-nous ce bon avec votre nom et votre adresse. Mentionnez le genre de dessin qui vous intéresse.

LE DESSIN FACILE
à BANDOL (Var)

Siège à Paris : 17, rue Lauriston - 16°

COMMERÇANTS... INDUSTRIELS...

à l'heure actuelle, notre Revue est la seule en zone libre qui vous permette de diffuser vos produits parmi une vaste clientèle sélectionnée.



UTILISEZ
les pages d'annonces de
" la science
et la vie "

LES MATHÉMATIQUES

enseignées par correspondance

Rien n'est à la fois plus facile et plus difficile que d'apprendre les mathématiques. Chaque fois qu'un élève comprend difficilement cette science précise, c'est que les mathématiques lui sont mal enseignées. Mais on peut affirmer que chaque fois que les mathématiques ont été rationnellement enseignées, il y a eu pour l'élève un profit rapide.

Nos cours de mathématiques ont été dosés avec tant de soin que l'un de ces cours au moins répond à n'importe quel cas qu'on nous présente.

Celui qui ne sait rien pourra commencer par le cours d'initiation.

Le deuxième degré correspond aux cours complémentaires des E. P. et à ce qu'un bon ouvrier et un contremaître doivent connaître.

Le troisième cours correspond au Brevet élémentaire ou à ce que doit savoir un adjoint technique ou agent de maîtrise.

Le quatrième degré est du niveau du Baccalauréat ou des Ecoles professionnelles ainsi que des connaissances que doit posséder un technicien ou sous-ingénieur.

Le cinquième correspond à l'enseignement donné dans les Ecoles techniques du niveau des Ecoles d'Arts et Métiers. C'est l'instruction que doit posséder toute personne voulant exercer dans l'industrie des fonctions d'ingénieur.

Le sixième et le septième préparent à l'admission aux Grandes Ecoles.

Ce que nous venons de dire pour les Mathématiques s'applique intégralement à la Physique et à la Chimie.

Le succès de l'enseignement que nous donnons repose d'ailleurs sur trois bases essentielles :

1° Les cours sont divisés en un nombre de degrés tel qu'il est possible d'avoir un enseignement bien particulier pour chaque catégorie d'élèves possible.

2° Le style des cours, dont la plupart ont été sténographiés sur les leçons du professeur, s'il n'est pas aussi académique que celui d'un ouvrage de librairie où l'auteur s'est ingénié à polir ses phrases, a l'avantage d'être plus vivant, plus explicite, plus clair. L'élève y a tout à gagner.

3° Dans la plupart des classes, on ne fait pas assez de problèmes. Or, un cours de mathématiques ou de physique et chimie ne s'apprend véritablement que par une gymnastique considérable de problèmes. Après avoir appris son cours, plus on fait de problèmes, plus on fait de progrès.

C'est ainsi que nous avons organisé notre Enseignement.

Les élèves ayant suivi avec profit l'un de nos cours pourront subir un examen et obtenir l'un des diplômes correspondant à leur cours.

Cet enseignement est donné par

L'ÉCOLE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET APPLIQUÉES

Section importante de l'Ecole du Génie civil, installée en zone libre, 3, rue du Lycée, Nice.

Envoi gratuit du programme complet et détaillé

Joindre un timbre pour la réponse.

TOUT POUR LA CARBONISATION		
CARBONISATION Fours automatiques à distillation. Condenseur "TORNADO" avec éjecteur à vapeur		RÉCUPÉRATION Fours automatiques Double paroi — Sole Monobloc 634 à volets autorégulateurs
ECORÇAGE Fours mobiles à éjecteur		ÉTUVAGE Fours spéciaux transportables
GAZOGÈNES		ACCESSOIRES
AGENCES en ALGERIE MAROC TUNISIE A. O. F.		AGENCES en FRANCE et ETRANGER
CARBO-FRANCE SOCIÉTÉ D'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS G. BONNECHAUX 40, BOULEVARD CARNOT - TOULOUSE - TEL - 218-40		
CARBO-FRANCE-ARLES. — 11 bis, boulevard Emile-Zola, ARLES-sur-RHÔNE (B.-du-Rhône), tél. 5.08. CARBO-FRANCE-BEZIERS. — 24, rue des Docteurs-Bourguet, BEZIERS (Hérault). CARBO-FRANCE-CENTRE. — 44, boulevard Henri-IV, AMBERT (Puy-de-Dôme), tél. 179. CARBO-FRANCE-LIMOGES. — 21, rue de la Fonderie, LIMOGES (Haute-Vienne), tél. 28.77. CARBO-FRANCE-LYON (Ets H. RABATEL). — 9, r. de la République, LYON (Rhône), tél. Burdeau 63.31. CARBO-FRANCE-SUD. — 2 bis, rue Porte-de-l'Assaut, PERPIGNAN (P.-O.), tél. 5.66. CARBO-FRANCE-SUD-EST. — Pont d'Anthoine, AIX-EN-PROVENCE (B.-du-R.), tél. 15.36. CARBO-FRANCE-SUD-OUEST. — 3, rue de la Colombette, TOULOUSE (H.-G.). CARBO-FRANCE-ALGERIE-MAROC (Ets H. RABATEL). — 9, rue de la République, LYON (Rhône). CARBO-FRANCE-CORSE. — 77, rue de la Joliette, MARSEILLE (B.-du-R.), tél. Colbert 41.83. CARBO-FRANCE-TUNISIE (Ets LE MOTEUR). — 54, avenue de Carthage, TUNIS (Tunisie), tél. 54.39. CARBO-FRANCE-PARIS. — 2 bis, avenue de Villars, Paris, téléph. Invalides 25-60.		

A NOS LECTEURS

Voici les principaux avantages réservés à nos abonnés :

- 1^o Ils reçoivent le numéro avant la date de mise en vente;
- 2^o Les tables des matières semestrielles leur sont offertes gracieusement;
- 3^o Les numéros spéciaux sont compris dans le prix de l'abonnement.

ABONNEZ-VOUS POUR 60 FRANCS PAR AN

Compte Courant Postal : 184-05 Toulouse.

La renommée d'une marque
ne s'improvise pas...

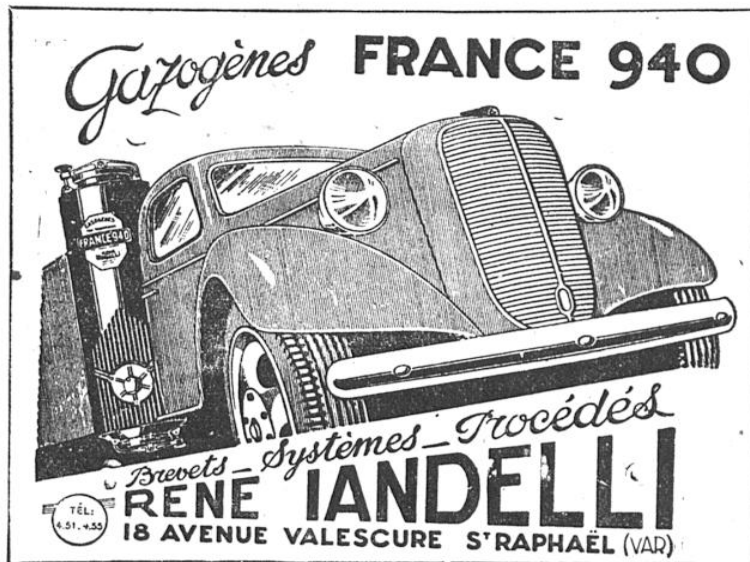
L'expérience non plus...

Des centaines d'équipements
en circulation depuis **1936...**

POUR VOS

C A M I O N S ,
VOITURES de TOURISME,
TRACTEURS AGRICOLES,
MOTEURS FIXES,
MOTEURS MARINS...

ADOPTÉZ :



Charbon de bois - Bois - Anthracite - Tourbe

Homologué n° 526

Agrément n° 521



ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL AIR ET MARINE INDUSTRIE

PARIS, 152, Avenue Wagram
 SECRÉTARIAT EN ZONE LIBRE :
 NICE, 3, Rue du Lycée, 3

Enseignement par correspondance

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

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

MARINE MARCHANDE
 Entrée dans les Ecoles de Navigation, Brevet d'Elève-Officier (Pont, Machines, T.S.F.), Brevets de Lieutenants, d'Officiers-Mécaniciens et d'Officiers Radios.

MARINE MILITAIRE
 Ecole Navale et Ecole des Elèves Ingénieurs-Mécaniciens, Ecoles de Maistrance, Ecole des Elèves-Officiers.

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

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

COMMERCE - DROIT
 SECRÉTAIRE, COMPTABLE ET DIRECTEUR, CAPACITÉ EN DROIT, ÉTUDES JURIDIQUES.

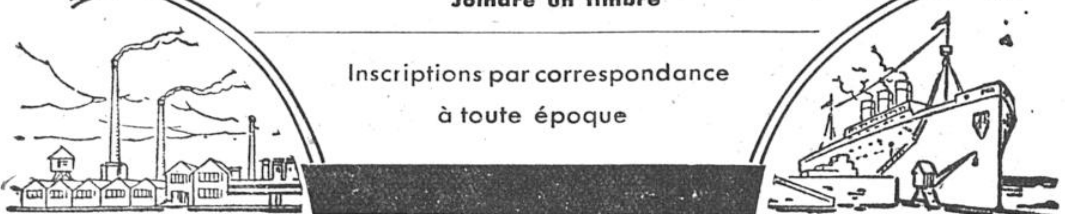
LYCÉES Préparation de la 6^e aux Baccalauréats.

AGRICULTURE
 AGRICULTURE GÉNÉRALE, MÉCANIQUE ET GÉNIE AGRICOLE.

SECTION SCIENCES
 Etude et développement par correspondance des Sciences mathématiques et appliquées depuis les cours d'initiation jusqu'aux cours les plus élevés. Arithmétique, Géométrie, Algèbre, Trigonométrie, Mécanique, Cosmographie, Géométrie descriptive, Mathématiques générales, Calcul différentiel, Calcul intégral, Géométrie analytique, Physique, Chimie, Électricité, Résistance des matériaux.
 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 appliquées, mathématiques théoriques, de calcul infinitésimal et appliqué, de mathématiques générales et géométrie analytique, de mathématiques supérieures et appliquées.
 On trouve dans ces différentes sections les éléments de préparation scientifique à tous les examens et concours existants.

PROGRAMMES GRATUITS
 Joindre un timbre

Inscriptions par correspondance
 à toute époque



la Science et la Vie

Tome LXI — N° 295

SOMMAIRE

Mars 1942

- ★ L'avenir du sous-marin : de la torpille humaine au sous-marin biplace, par Camille Rougeron..... 121
- ★ L'interception des expéditions de bombardement, par Pierre Belleruche 131
- ★ La synthèse des hormones, par A. Vandel..... 137
- ★ L'art militaire au Japon : technique, tactique et stratégie, par Camille Rougeron 145
- ★ Les mines antichars, par V. Reniger..... 151
- ★ Un an et demi de progrès dans la technique du gazogène, par A. Lepoivre..... 156
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor..... 165



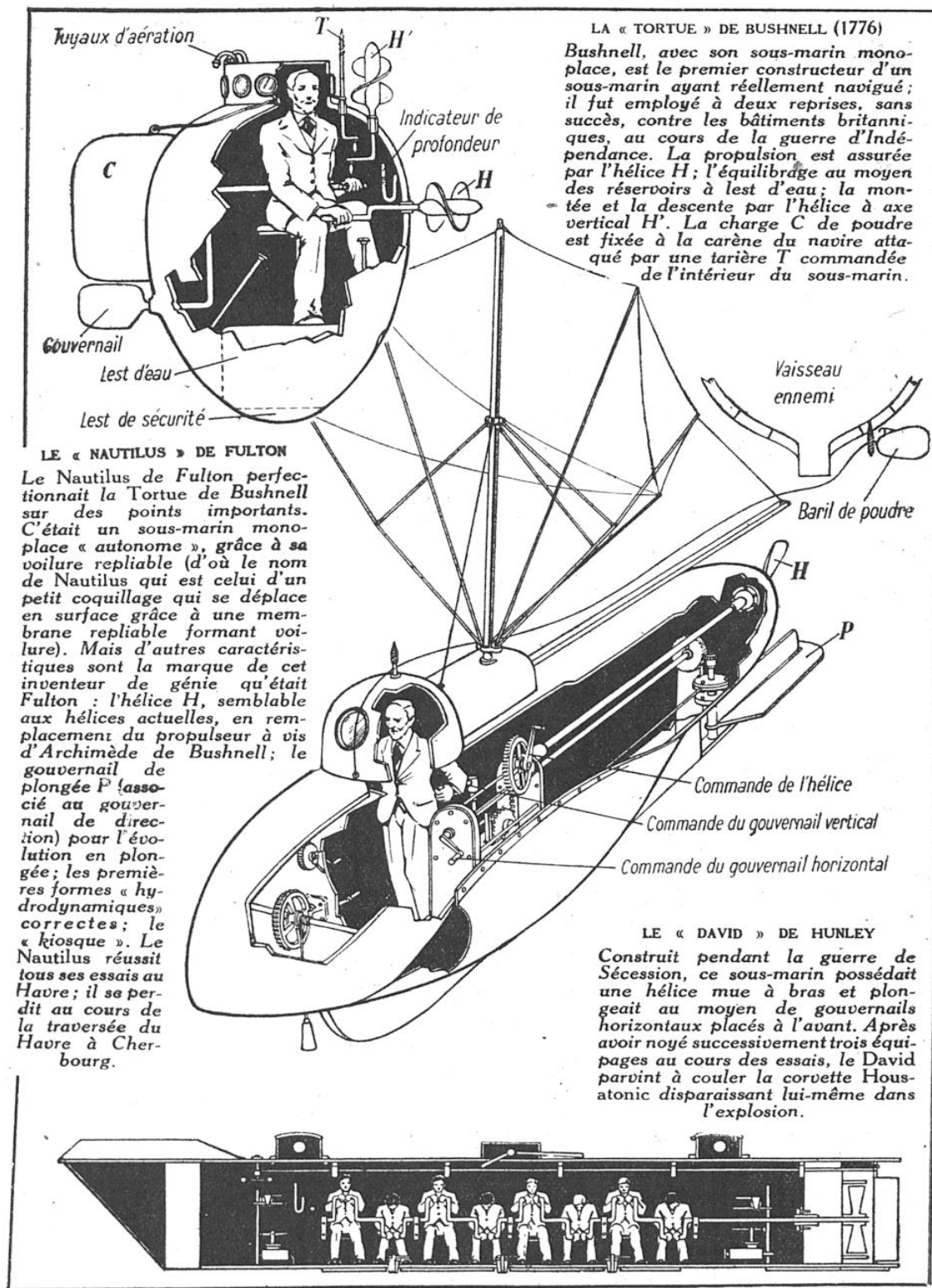
T W 15986

Au moment où le rendement des sous-marins de quelques centaines de tonnes engagés dans la « bataille de l'Atlantique » paraît faiblir, la marine japonaise fait appel au sous-marin biplace, d'une dizaine de tonnes. Quels ont été leurs succès? Ont-ils leur part des navires de ligne coulés à Pearl-Harbour? On ne sera probablement fixé sur ce point qu'à la fin des hostilités. Mais la crainte de ces sous-marins, comme des bombardiers en piqué et des avions torpilleurs japonais, est certainement pour beaucoup dans la prudence manifestée par les marines anglo-saxonnes, qui ont renoncé à s'opposer aux débarquements japonais par l'envoi en Extrême-Orient des cuirassés qui leur restent. La couverture de ce numéro représente une attaque de grands bâtiments par une « patrouille » de trois sous-marins en demi-plongée dont les pilotes sont guidés par leur avion d'observation, hors d'atteinte de la D.C.A. (Voir l'article page 121 de ce numéro.)

« La Science et la Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la vie moderne, rédigé et illustré pour être compris de tous. Rédaction, Administration, Publicité : actuellement, 22, rue Lafayette, Toulouse. Chèque postal : numéro 184.05 Toulouse. Téléphone : 230-27.

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « La Science et la Vie », mars mil neuf cent quarante-deux. Registre du Comm. : Seine 116-654.

Abonnements : France et Colonies, un an : soixante francs; six mois : trente-deux francs.



L'AVENIR DU SOUS-MARIN

DE LA TORPILLE HUMAINE AU SOUS-MARIN BIPLACE

par Camille ROUGERON

Les succès aéronavals du Japon contre les marines anglo-saxonnes ont fait croire au début que les aviateurs et marins japonais avaient employé des armes spéciales comportant le sacrifice délibéré du pilote. Il n'est pas impossible que certains pilotes d'avions japonais se soient précipités avec leur chargement de bombes sur les ponts du navire qu'ils attaquaient. Il est d'ailleurs difficile de savoir si l'écrasement est volontaire ou non; en septembre 1939, au cours de la première attaque britannique contre les navires au mouillage à Kiel et Brunsbüttel, le communiqué allemand affirma que les seuls dégâts causés étaient le fait d'un avion abattu par la D.C.A. et s'étant écrasé sur le pont d'un croiseur. La capture d'un sous-marin japonais biplace a éclairci la question en ce qui concerne les soi-disant torpilles humaines navales; il s'agit d'un engin qui applique la technique de 1941 aux conceptions inaugurées autrefois par les Américains Bushnell, Fulton et les constructeurs des David de la guerre de Sécession. Le sous-marin biplace est un nouvel exemple (après les vedettes rapides) des possibilités presque illimitées qu'ouvre à la construction navale en général la mise en œuvre systématique des conquêtes techniques de ces toutes dernières années, qui seules paraissent capables de permettre au navire de guerre de subsister en face de l'avion.

La torpille humaine et la destruction des navires de ligne anglo-saxons dans le Pacifique

LA destruction de navires de ligne américains et britanniques en nombre suffisant pour renverser provisoirement la suprématie navale dans le Pacifique a aussitôt été expliquée par l'emploi de torpilles « humaines », sous-marines ou aériennes. L'explication était naturelle. On admettait difficilement que la marine et l'aviation japonaises aient pu réussir avec les mêmes armes que les marines occidentales, là où celles-ci avaient toujours échoué. On savait d'ailleurs que la marine japonaise avait étudié des engins minuscules, à peine plus gros qu'une torpille ordinaire, dont le pilotage humain devait remédier à l'incertitude fâcheuse de la direction du lancement de ces engins.

Il semble bien qu'en réalité la destruction des navires de ligne anglo-saxons n'ait rien eu à voir avec l'emploi de tor-

pilles humaines, c'est-à-dire d'engins dirigés jusqu'au contact avec l'objectif par un homme ayant fait le sacrifice de sa vie. Bien au contraire, le résultat remarquable obtenu par l'aviation japonaise ne lui a coûté qu'un nombre infime d'appareils, très inférieur aux pertes des aviations britannique et italienne contre le *Scharnhorst* et le *Gneisenau* à Brest ou les cuirassés escorteurs de convois en Méditerranée. Le succès japonais est le résultat d'une tactique soigneusement étudiée d'emploi en masse de l'aviation. Des déclarations d'attachés navals japonais en Europe, en soulignant le mépris du danger des pilotes japonais, ont démenti qu'on leur demandât d'aller s'écraser avec leurs bombes sur le pont du navire attaqué. Dans ses déclarations aux Communes sur la perte du *Prince of Wales* et du *Repulse*, M. Churchill a confirmé l'explication du résultat par l'attaque massive d'avions torpilleurs.

La seule arme japonaise nouvelle consisterait en un sous-marin biplace, dont

un exemplaire a été capturé lors de l'attaque des îles Hawaï. Il y a loin de cette arme à la torpille humaine.

L'histoire de la torpille humaine

La torpille humaine n'en existe pas moins, sur mer, depuis longtemps. Elle a même précédé la torpille automatique et il est curieux que l'on n'ait pas rappelé que c'est précisément une invention américaine.

Le 21 août 1863, les Confédérés firent

Mais tout l'équipage du sous-marin périt dans l'explosion. Rien ne permet de supposer que l'héroïsme des équipages de sous-marins japonais biplaces ait dû aller jusque-là.

Pendant quelques années, la torpille portée, dont on contestera difficilement qu'elle mérite vraiment le nom de torpille humaine, connut quelque succès. Elle devait disparaître devant la torpille automobile, qui permettait le lancement à plusieurs centaines de mètres d'abord,

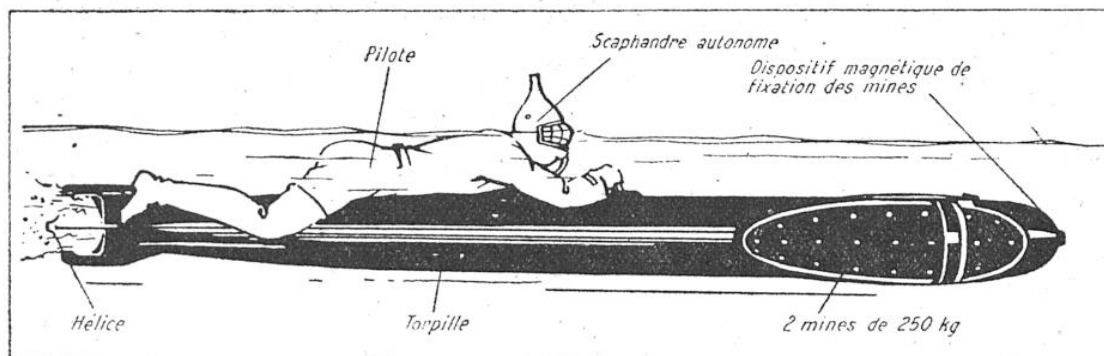


FIG. 1. — TORPILLE HUMAINE ITALIENNE DE 1918

T W 15961

C'est avec une torpille de ce type que l'ingénieur du génie naval italien Rossetti et le médecin de marine Paolucci coulèrent, le 1^{er} novembre 1918, le cuirassé Viribus Unitis en rade de Pola, en traversant en plongée les filets de protection.

leur première tentative pour détruire le cuirassé *New Ironsides* au moyen d'une torpille qu'un torpilleur rudimentaire, simple chaloupe à vapeur, portait au bout d'un espars; la chaloupe fut canonisée et repoussée; la tentative échoua. Elle fut reprise le 5 octobre par le *David*, bâtiment de surface, mais naviguant à la manière d'un sous-marin en demi-plongée, qui s'enfonçait jusqu'à ce que sa petite cheminée et le panneau de son écoutille fussent seuls hors de l'eau; le *New Ironsides* fut touché, légèrement avarié, et le *David* put s'échapper après avoir encaissé 13 boulets sans grands dommages. Enhardie par ce demi-succès, la marine confédérée mit en chantier un véritable sous-marin, dont l'hélice était mue à bras par huit hommes. Au premier essai de plongée, le sous-marin coula; l'équipage périt, mais on put relever le bâtiment. L'opération se renouvela ainsi cinq fois de suite; on conçoit que le dernier équipage préférât partir à l'attaque en demi-plongée, à la manière du *David*. Le 17 février 1864, il réussit parfaitement, en coulant le croiseur *Housatonic*.

à plusieurs kilomètres ensuite. Le torpilleur qui la portait fit des progrès parallèles à ceux de la torpille; il devint en quelques dizaines d'années un bâtiment puissant, doué de toutes les qualités marines désirables. Au terme de son évolution, tel qu'on l'a connu à la veille de la guerre de 1939, il n'avait plus qu'un défaut, mais grave: il avait fait de tels progrès qu'il était devenu capable de bien des missions, mais certainement plus de couler un grand bâtiment à la torpille. L'expérience de la guerre actuelle est aussi démonstrative à cet égard qu'on peut le désirer. La torpille est restée une arme puissante; les grands bâtiments de guerre qu'elle a permis de détruire en deux ans et demi se comptent par dizaines; les torpilleurs des pays en guerre par centaines; mais nous ne croyons pas qu'aucun torpilleur de surface ait jusqu'ici coulé un grand bâtiment.

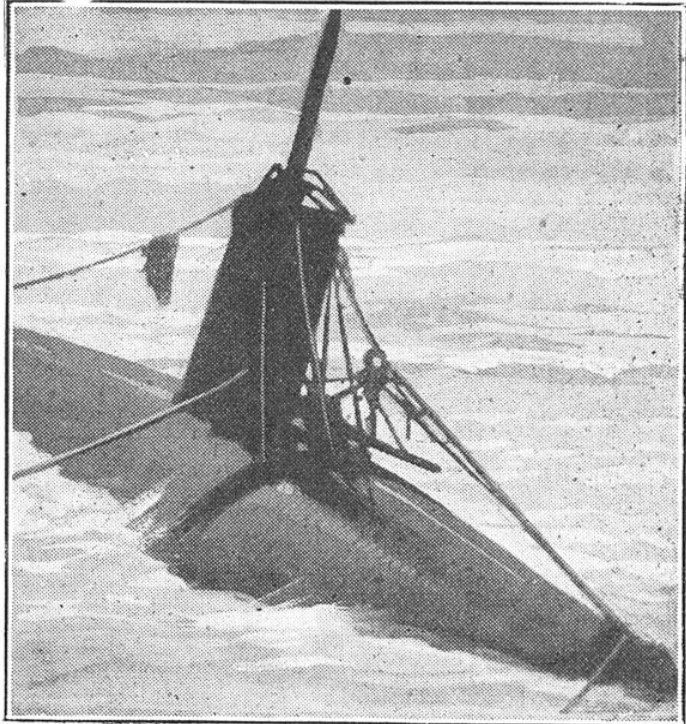
Cet insuccès est-il particulier aux torpilleurs et contre-torpilleurs de 1500, 2000 t et plus, lançant des torpilles dont la portée dépasse 20 km? Il pouvait s'observer déjà d'une manière très nette au

cours de la guerre de 1914-1918, où les succès du torpilleur de surface furent des plus maigres. On peut même trouver les caractères marqués de la défaillance du torpilleur dans ce que l'on a pris quelquefois pour son âge d'or, la guerre russo-japonaise. Si l'on met à part la surprise de Port-Arthur, où les torpilleurs attaquèrent au mouillage une flotte qui n'avait pas pris les moindres précautions pour sa protection, et Tsoushima, où ils eurent à achever des cuirassés dont l'artillerie de défense avait été complètement détruite par le tir de l'artillerie japonaise, on ne trouve pas que les nombreuses actions des torpilleurs japonais aient remporté de tels succès. Les torpilles furent presque toujours lancées à limite de portée et aisément évitées (1). Il semble qu'à mesure que les progrès de la torpille éloignaient davantage sa mise en œuvre de celle de la torpille portée, ses succès aient été en diminuant.

Ils devaient reprendre, en 1914, avec le sous-marin, véritable successeur du torpilleur de surface, aussi bien dans l'attaque des flottes de guerre que des flottes marchandes. On doit en reconnaître les succès, importants et répétés, au cours de la guerre de 1914 comme au cours de la guerre actuelle. Il n'en apparaît pas moins que, sous sa forme classique, le sous-marin n'obtient aujourd'hui que des résultats en régression marquée, malgré des effectifs considérables, des bases de départ exceptionnellement bien placées et des équipages dont il faut bien reconnaître l'héroïsme.

La torpille humaine devait d'ailleurs connaître quelques succès retentissants vers la fin de la guerre de 1914, sous les différentes formes que lui donna la marine italienne. Les vedettes MAS qui tentèrent de torpiller, en décembre 1917, les cuirassés *Wien* et *Budapest*, étaient, par leur tonnage, une réédition des premiers canots porte-torpilles; mais le moteur à

explosion leur assurait une vitesse supérieure à celle des plus rapides torpilleurs à vapeur. Invisibilité, maniabilité et vitesse leur permettaient de renouveler les exploits des débuts de la torpille portée; l'emploi de la torpille automobile sup-



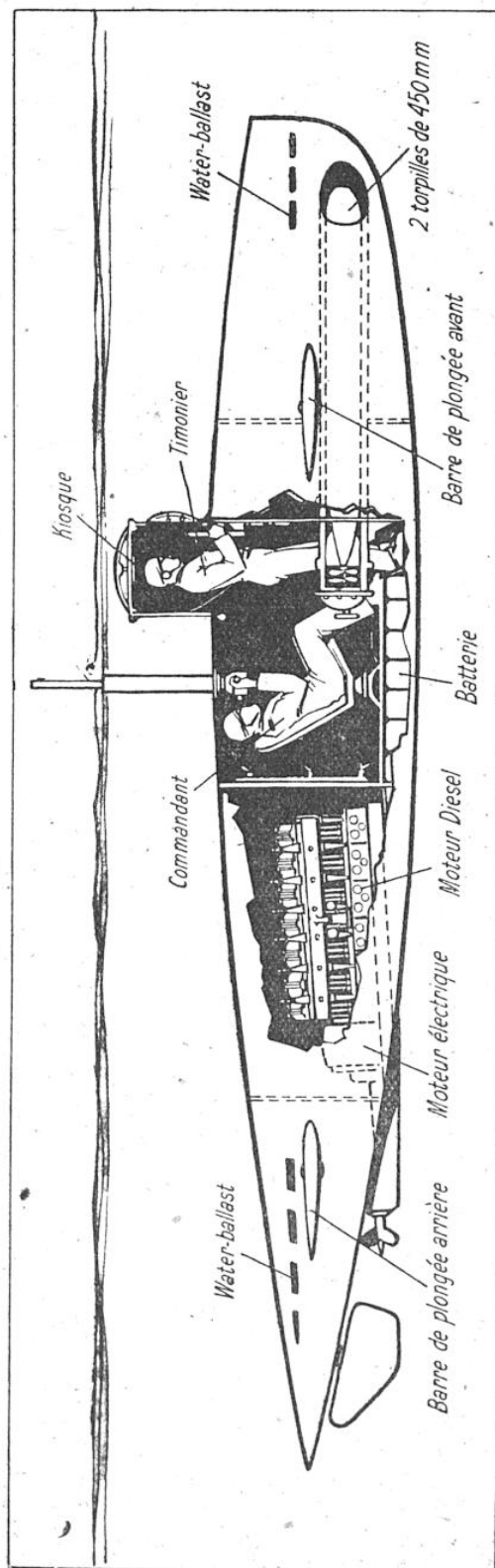
T W 15960

FIG. 2. — LE SOUS-MARIN JAPONAIS BIPLACE CAPTURÉ À PEARL-HARBOR

primait le risque pour l'assaillant de disparaître dans l'explosion.

En 1918, la marine italienne introduisit un nouvel engin qui était, en un sens, le plus voisin de la torpille humaine qu'on eût jamais réalisé, puisqu'il se composait d'une véritable torpille, sur laquelle se plaçait, à cheval, le pilote muni d'un scaphandre autonome. La charge d'explosif était détachable et pouvait être fixée contre la coque par un électroaimant; elle était munie d'une fusée à mouvement d'horlogerie. Le pilote pouvait ensuite rentrer avec sa torpille délestée de son cône de charge. C'était une réédition de la *Tortue* de Bushnell (encore un Américain), employée pour la première fois, en 1776, pendant la guerre d'Indépendance, contre la frégate britannique l'*Aigle*. Mais Bushnell n'avait que ses bras pour assu-

(1) C'est notamment la thèse de l'amiral Daveluy dans ses « Enseignements de la guerre russo-japonaise ».



T W 15962

FIG. 3. — SOUS-MARIN DE 10 TONNES TYPE A

Ce sous-marin aurait à peu près les caractéristiques du sous-marin japonais capturé à Pearl-Harbour.

rer la propulsion sous-marine de sa *Tortue* et qu'une tarière faisant vis à bois pour fixer la charge; il eut la malchance de rencontrer dans son travail l'une des pièces de fer qui supportaient les gonds du gouvernail. C'était exactement le même principe que *Fulton* (toujours un Américain) devait reprendre dix ans plus tard avec son *Nautilus*, qui ne différait guère de la *Tortue* de Bushnell que par l'addition d'une voilure. La torpille humaine italienne était l'œuvre de l'ingénieur du génie naval Rossetti, qui, accompagné d'un médecin de marine, parvint à fixer ses charges d'explosif sur la coque du cuirassé autrichien *Viribus Unitis*, qui sauta le 1^{er} novembre 1918. Les deux pilotes n'eurent pas la force de rentrer et furent faits prisonniers.

Les torpilles humaines italiennes de 1941

Les torpilles humaines ont fait leur réapparition en 1941 sous la forme des « vedettes d'assaut » de la marine italienne. Elles ont été employées trois fois, à Malte en juillet 1941, à Gibraltar en août 1941, à Alexandrie en janvier 1942.

L'attaque sur Malte, menée par un nombre d'appareils assez élevé, à en croire les nombreuses destructions que le communiqué britannique affirma en avoir été fait, fut un insuccès complet. Au cours de leur approche en surface, les engins furent soumis à un tir puissant d'artillerie, puis à la poursuite de l'aviation de chasse; il ne semble pas qu'aucune des torpilles ait atteint son but.

L'attaque sur Gibraltar réussit beaucoup mieux. Le communiqué italien prétendit qu'un grand nombre de bâtiments, de guerre et de commerce, avaient été atteints; le communiqué britannique limita les pertes à quelques chalands.

L'attaque sur Alexandrie aurait également permis, toujours d'après le communiqué italien, de toucher plusieurs bâtiments de guerre, dont un cuirassé.

D'après les renseignements assez sommaires qui ont été publiés sur les nouveaux engins, ils différaient nettement de ceux de Rossetti en 1918. Le problème essentiel, dans l'attaque au mouillage, est le franchissement des obstructions, filets, barrages de madriers

ARTICLE	SOUS-MARIN TYPE		
	A	B	C
Coque.....	2 000 kg	3 800 kg	800 kg
Appareil moteur de surface.....	1 000 kg	1 500 kg	2 500 kg
Combustible.....	400 kg	400 kg	3 200 kg
Moteur électrique.....	800 kg	200 kg	"
Batterie.....	2 500 kg	600 kg	"
Torpilles et mitrailleuses lourdes.....	1 500 kg	1 700 kg	1 700 kg
Emménagements, équipage et divers.....	1 800 kg	1 800 kg	1 800 kg
TOTAL.....	10 000 kg	10 000 kg	10 000 kg

TABLEAU I. — DEVIS DE POIDS DE SOUS-MARINS DE 10 TONNES

Le type A est voisin du sous-marin japonais; le type B est un sous-marin d'escadre destiné à agir contre navires de ligne à 32 nœuds, du genre de celui que représente la couverture du présent numéro; le type C n'est pas un sous-marin à proprement parler, mais une vedette pouvant naviguer en demi-plongée, suivant le principe des David de la guerre de Sécession, à grande vitesse et grand rayon d'action (voir les figures 3, 4 et 5).

flottants... Rossetti le résolvait par l'emploi du sous-marin de dimensions minima, la torpille, qui pouvait « passer en maille » dans le filet, au sens propre du mot. Les vedettes d'assaut de 1941 sont, au contraire, des engins de surface qui franchissent les barrages en sautant par-dessus, au cours d'un bond à grande vitesse. De plus, le dispositif de propulsion est scindé en deux. Le pilote est assis dans un canot à moteur indépendant posé sur la torpille; la séparation a lieu à l'instant du lancement; la torpille continue sa route en plongée, pendant que le pilote rentre avec son canot, ou tente de le faire.

Il se peut d'ailleurs qu'il y ait différents types d'engins; on a prétendu que l'expédition de Malte avait été conduite par des hommes-torpilles où le pilote était muni d'une simple combinaison en caoutchouc et n'avait plus qu'à attendre d'être fait prisonnier.

Le sous-marin japonais biplace

Le sous-marin japonais biplace, du type capturé récemment aux îles Hawaï, est un engin de nature toute différente et beaucoup plus voisin du sous-marin classique que de la torpille humaine. C'est « le sous-marin minimum », et même pas tout à fait, car la réalisation d'un sous-marin monoplacement ne pose pas de problèmes insolubles.

D'après le communiqué du haut commandement naval américain, la longueur du sous-marin est de 12,5 m; la largeur de 1,5 m; Il est surmonté d'un kiosque de 1,4 m. Il est muni d'une double propulsion par moteur électrique en plongée, par Diesel en surface; la vitesse en surface serait de 24 nœuds; le rayon d'action en surface de 200 milles (370 km). La coque en tôle de 6 mm est divisée en cinq compartiments étanches. L'armement comprend deux torpilles de 457 mm et une charge d'explosif de 150 kg placée à l'avant qui peut être utilisée pour des destructions, y compris celle du sous-marin lui-même. L'équipage comporte un officier et un homme. Les sous-marins de ce type employés contre Hawaï auraient été mis à l'eau d'un croiseur japonais à 100 milles au large.

Le compromis et les solutions extrêmes

Si, avec son sous-marin biplace, la marine japonaise reste donc loin en arrière des réalisations des torpilles humaines, son mérite n'en est pas moindre. Le bâtiment minuscule est, de tous, celui dont la création exige l'appréciation la plus juste des réalités techniques et tactiques.

Tout navire de guerre, affirme-t-on souvent, est un compromis entre exigences contradictoires, et l'on n'est pas loin d'en conclure que tout l'art d'un programme consisterait en un dosage convenable des

CARACTÉRISTIQUES	SOUS-MARIN TYPE		
	A	B	C
Armement { Torpilles de 450 mm.....	2	2	2
Mitrailleuses de 13 mm.....	"	4	4
Profondeur de plongée.....	80 m	300 m	"
Vitesse en surface.....	24 n	35 n	60 n
Rayon d'action en surface (à 15 n).....	200 milles	200 milles	1 600 milles
Vitesse en demi-plongée.....	20 n	30 n	42 n
Vitesse en plongée.....	5 n	5 n	"
Rayon d'action en plongée (à 5 n).....	40 milles	10 milles	"

TABLEAU II. — CARACTÉRISTIQUES DE SOUS-MARINS DE 10 TONNES CORRESPONDANT AUX DEVIS DE POIDS DU TABLEAU I

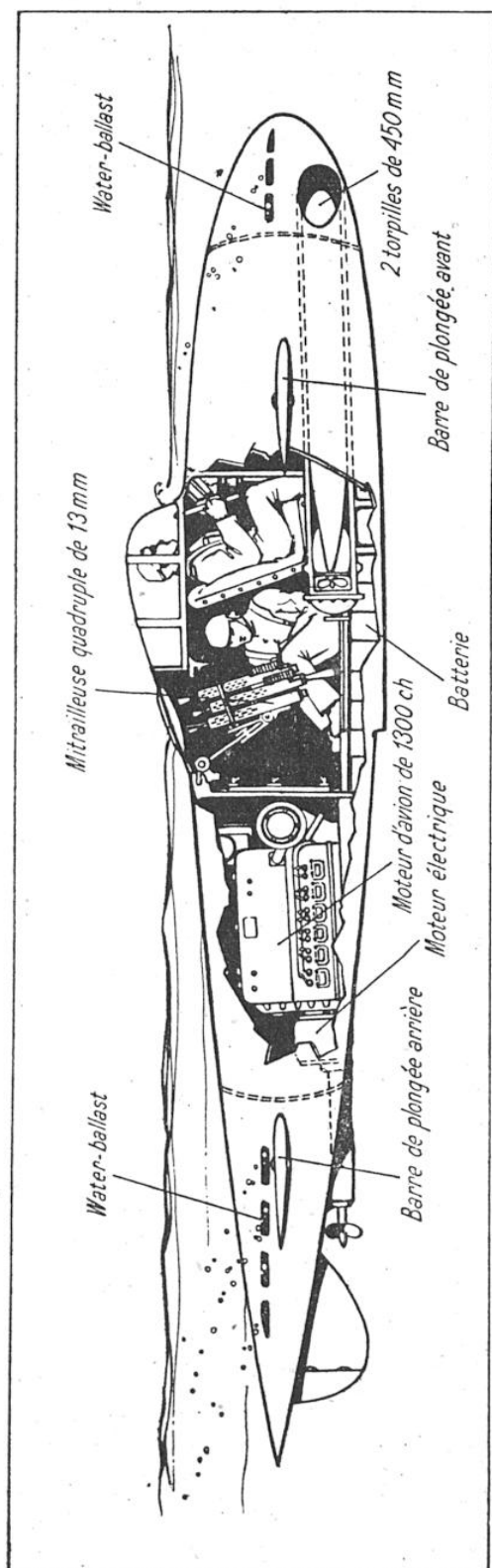


FIG. 4. — SOUS-MARIN DE 10 TONNES TYPE B

Ce sous-marin, dont le devis de poids et les caractéristiques sont donnés dans les tableaux I et II, est un sous-marin à vitesse de surface moyenne (35 n), vitesse et rayon d'action en plongée faibles. Les poids ainsi disponibles ont été consacrés à la protection, sous forme d'une coque résistante en acier à blindage de 20 mm dans la région centrale et d'un kiosque en verre spécial de 120 mm, qui protègent contre les projectiles de 37 mm des bâtiments de surface, et les projectiles de 13 à 20 mm des avions, en raison de l'angle de chute de ces différents projectiles. Les mêmes épaisseurs permettaient la plongée à 300 m. L'armement de défense est constitué par une mitrailleuse quadruple de 13 mm, escamotable à l'intérieur.

T W 15963

facteurs armement, protection, vitesse, rayon d'action, qui serait, à une époque donnée, celui du bâtiment préférable. Cependant, on n'en est plus à compter les échecs de cette formule et des compromis considérés comme judicieux qui ont été surclassés par des bâtiments où l'on avait délibérément sacrifié un des facteurs de puissance.

S'il est bien un type de navire où cette méthode permette des réalisations variées, c'est le sous-marin. Le grand bâtiment ne dispose guère que de trois facteurs que l'on puisse faire varier dans de grandes limites : l'armement, la protection, la vitesse. Les faibles consommations des appareils propulsifs actuels, le logement aisé du pétrole en doubles-fonds et dans le caisson de protection, et surtout la non-limitation du combustible embarqué dans l'évaluation du déplacement standard, ne prêtent guère à des programmes très différents par le rayon d'action. Aussi, jusqu'à ces dernières années, n'avait-on guère que deux types de navires de ligne nettement tranchés : le cuirassé où l'on avait sacrifié la vitesse, le croiseur de bataille où l'on avait sacrifié la protection ; il a fallu la construction par la marine allemande du *Scharnhorst* et du *Gneisenau*, où le sacrifice porte sur l'armement, pour introduire un troisième type.

La variété des sous-marins possibles tient à l'existence de deux facteurs de puissance spéciaux à ce type de navire, la vitesse et le rayon d'action en plongée, qui coûtent l'un et l'autre extrêmement cher. Le moteur électrique de plongée est lent, donc lourd ; il pèse au moins une vingtaine de kilogrammes au cheval. Le rayon d'action en plongée est plus onéreux encore ; avec les 20 kg par cheval-heure des meilleures batteries d'accumulateurs, il coûte cent fois plus que le rayon d'action en surface, où la consommation de pétrole et d'huile est de l'ordre de 0,200 kg au cheval-heure. On ne s'étonnera

donc pas qu'il soit cent fois plus faible et que bien des sous-marins à 10 000 milles de rayon d'action en surface ne puissent faire que 100 milles en plongée. On ne peut même pas tabler sur la disparition du facteur protection; c'est que la protection prend sur le sous-marin une forme spéciale, celle de la profondeur de plongée. Le sous-marin dont la coque épaisse supporte 100 m d'eau a d'abord l'avantage d'échapper en profondeur aux grenades dont on l'arrose; mais il a surtout la capacité de résistance, à moindre profondeur, à cette surpression qu'est l'onde explosive de la grenade, qui détruirait beaucoup plus facilement le sous-marin plongeant à 30 ou 50 m dont on se contentait autrefois.

Ainsi, le nombre considérable de facteurs de puissance, armement, protection, vitesses de surface et de plongée, rayons d'action en surface et en plongée, apporte un élément de variété dont ne dispose pas le navire de ligne. De plus, le nombre de ces facteurs que l'on peut sacrifier et le poids élevé que cette opération rend disponible permettent de pousser l'un d'eux à l'extrême en donnant au bâtiment correspondant des caractéristiques tout à fait anormales, qu'on ne concevrait même pas sur un bâtiment de surface.

Aucune tentative n'avait été faite jusqu'ici pour user de ces possibilités illimitées. On conservait un vague équilibre entre les différents facteurs de puissance, en leur consacrant des poids du même ordre de grandeur, mais on se gardait bien de se lancer dans l'étude des points remarquables de cette fonction de six variables. Ce n'est pas qu'on ne sentit la déficience de certaines performances. Le bâtiment de ligne satisfait à peu près tout le monde. Dans la limite du canon de 280 mm à celui de 456 mm, de la ceinture de 250 à 406 mm, de la vitesse de 24 à 32 nœuds, chaque marine peut marquer ses préférences par quelques nuances; aucune ne se donnerait le ridicule de faire porter son choix sur quelque monstre armé d'une tourelle de 600 mm, porteur d'une cuirasse de 800 mm, ou filant 50 nœuds. Or, depuis ses débuts, le sous-marin souffre de tares graves; les plus rapides ont toujours eu quelques nœuds de moins qu'il eût fallu pour leur rôle de « sous-marin d'escadre » : accompagnement en surface de l'escadre amie et manœuvre à grande vitesse pour se

placer sur l'avant de l'escadre adverse. Les mieux protégés sont bien loin de pouvoir s'offrir ce blindage qui résiste à la bombe chargée de quelques centaines de kilogrammes d'explosif éclatant au contact, et qui leur permettrait de s'immerger à quelques centaines de mètres en résistant à n'importe quel grenadage. On se résigne aux 20 nœuds et aux tôles de 25 mm comme s'il était indispensable que les deux fussent réunis, et l'on ne songe pas davantage à sacrifier quelque fraction des 10 nœuds en plongée, des rayons d'action de 10 000 milles en surface et de 100 milles en plongée, ou des tubes lance-torpilles.

Le mérite le plus remarquable de la marine japonaise est d'avoir consenti quelques-uns de ces sacrifices. Son sous-marin biplace n'a certainement pas 10 000 milles de rayon d'action en surface, 100 milles en plongée. Mais il fait 24 nœuds en surface; il est le premier *sous-marin d'escadre*. On appréciera tout le sel de la réalisation en remarquant que la formule du sous-marin d'escadre avait été cherchée jusqu'ici dans la voie des gros déplacements, et qu'on ne se résignait à s'en passer qu'en arguant que la solution serait trop onéreuse. La marine japonaise résout le problème en 10 tonnes.

Le sous-marin biplace qu'elle présente à celles qui voudront bien suivre ses leçons n'est au surplus qu'un des très nombreux types réalisables suivant de tels principes. Les tableaux I et II donnent le devis des poids et les caractéristiques de trois d'entre eux, qui sont loin d'atteindre les limites de l'originalité possible, et utile, en ce domaine.

La réduction de déplacement et la simplification des installations

Le mérite de la marine japonaise apparaît sur un autre point. Elle a mis en échec l'une des lois qui, pour être le plus souvent inexprimée, n'en est pas moins l'une des plus certaines de la construction navale : l'impossibilité d'améliorer un type de bâtiment en en réduisant le déplacement. C'est elle qui vaut à toutes les marines les navires de ligne de 35 000 tonnes, les croiseurs « légers » de 8 000 à 10 000 tonnes, les contre-torpilleurs de 2 500 tonnes et les sous-marins de 1 500 tonnes.

En cherchant bien, on trouve à justifier la loi par des raisons techniques dans

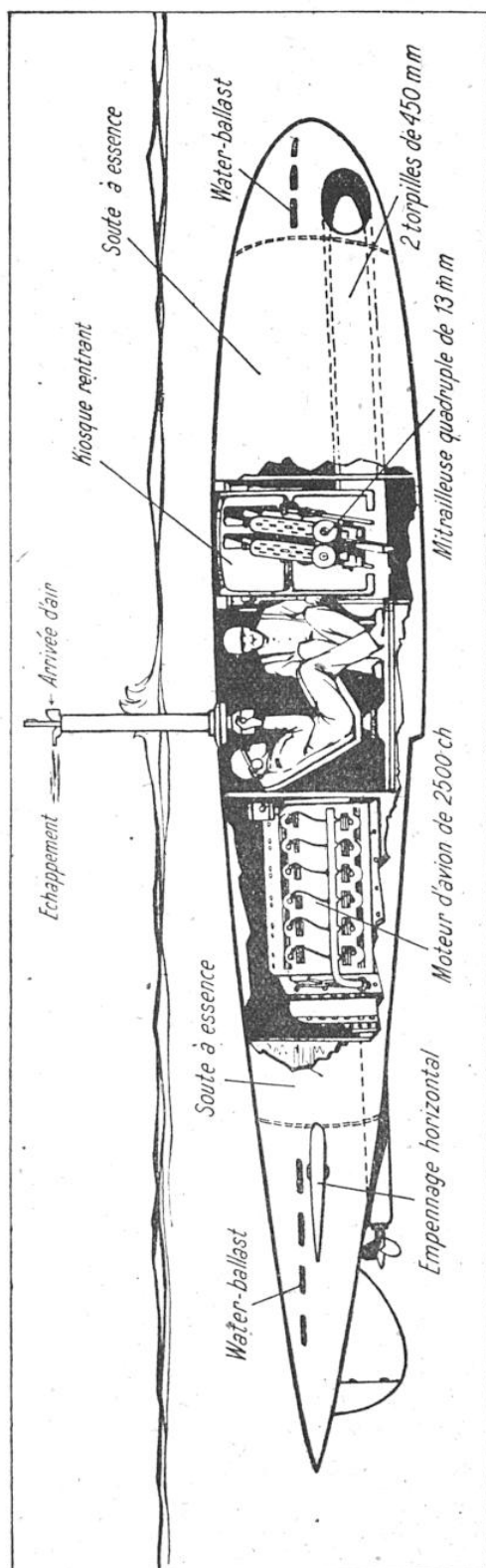


FIG. 5. — SOUS-MARIN DE 10 TONNES TYPE C

Ce bâtiment, dont le devis de poids et les caractéristiques sont donnés dans les tableaux I et II, n'est pas un sous-marin à proprement parler; il navigue simplement en demi-plongée à la manière des David de la guerre de Sécession. On a sacrifié les autres caractéristiques à la vitesse et au rayon d'action. Le kiosque est escamotable pour ne pas réduire la vitesse qui, avec un moteur de 24 cylindres genre D.B. 605, doit dépasser 40 n en demi-plongée et 60 n en surface, sur redan. La coque est en dural de 3 mm, à l'exception du kiosque, en acier de 10 mm, pour la protection du service des mitrailleuses de défense.

quelques cas très rares, par exemple lorsqu'on veut augmenter la protection du navire de ligne. Mais le plus souvent, la soi-disant loi s'explique simplement par l'impuissance où l'on se trouve de décider quelles seront les installations que l'on simplifiera ou que l'on supprimera lorsqu'on voudra réduire le déplacement.

Le sous-marin présente de nombreux exemples de caractéristiques qui s'améliorent naturellement par la réduction du déplacement.

La protection, que nous avons montrée être représentée par la profondeur de plongée, est, au contraire du navire de surface, indépendante du tonnage. Si l'on consacre une même fraction du déplacement à la coque résistante, le sous-marin, qu'il soit gros ou petit, pourra plonger à la même profondeur pour un même taux de fatigue du métal. C'est la même loi qui fait qu'un récipient de gaz comprimé en contient une fraction de son poids indépendante de son volume, si on le fait travailler au même taux.

Si l'on suppose que les moteurs pèsent le même poids par tonne de déplacement, consomment la même énergie de combustible ou la même énergie électrique au cheval-heure, et qu'on affecte à chacun des facteurs, vitesse et rayon d'action en surface, vitesse et rayon d'action en plongée, la même fraction du déplacement, un raisonnement simple montre que les vitesses et rayons d'action varient comme la puissance $1/9$ du déplacement (1). C'est d'ailleurs là une loi de décroissance très lente lorsque le déplacement diminue; la réduction n'est que

(1) Dans l'hypothèse (seulement approchée) d'une résistance proportionnelle aux surfaces, c'est-à-dire à la puissance $2/3$ du déplacement, et au carré de la vitesse, la résistance est de la forme $k_1 D^{2/3} V^2$; la puissance de l'appareil propulsif, dans son poids total, si le poids au cheval est constant, est de la forme $k_2 D^{1/3} V^3$. Si ce poids total représente une fraction $k_3 D$ du déplacement, l'égalité $k_1 D^{2/3} V^2 = k_3 D$ entraîne $V = k D^{1/3}$. Un raisonnement analogue conduirait à un résultat semblable pour le rayon d'action.

de 8 % lorsqu'il est diminué de moitié.

En fait, elle est vérifiée pour les rayons d'action, car les consommations au cheval-heure restent bien à peu près les mêmes pour des appareils de puissance très différente. Elle ne l'est pas pour les vitesses, car le poids par cheval des appareils propulsifs, tels qu'on les installe sur les sous-marins, c'est-à-dire sans réducteurs, décroît rapidement avec la puissance. La raison en est dans le nombre de tours de l'hélice, qui, à vitesse donnée du navire, augmente de manière très sensible à mesure que le tonnage et la puissance diminuent. Le Diesel et le moteur électrique du petit sous-marin sont des moteurs à régime élevé, donc légers.

La marine japonaise a parfaitement compris la variation en sens contraire des deux facteurs vitesse et rayon d'action, en donnant à son sous-marin biplace les 24 nœuds du sous-marin d'escadre (lorsque l'escadre adverse est composée de cuirassés américains à 21 nœuds) et les 200 milles seulement de rayon d'action en surface qu'autorise le transport de ces bâtiments par un croiseur.

Elle a pareillement compris les simplifications et suppressions nécessaires, et a trouvé des techniciens pour les exécuter. Lorsqu'on visite un poste central de sous-marin et qu'on le trouve garni de manœuvres électriques et à bras des gouvernails de plongée, d'indicateurs d'angle de barre, de pendules d'assiette, de manomètres de profondeur et de tant d'autres appareils de mesure et volants de commande que contemple et manœuvre un personnel hautement spécialisé et longuement entraîné, on se demande comment un seul homme pourra servir tout cet ensemble, en laissant à son commandant le soin de l'utilisation militaire du bâtiment.

A la réflexion, on s'aperçoit que le problème est exactement le même pour le pilote et le navigateur d'un bombardier biplace et qu'il n'est cependant jamais venu à l'idée d'aucune aviation d'organiser la conduite de ses appareils suivant le principe des postes centraux de sous-marins. Si Fulton avait construit son *Nautilus* un siècle après Ader, au lieu de venir un siècle avant, il aurait adapté à son pilotage en plongée un des nombreux appareils automatiques qui, dans cinquante ans, dispenseront le pilote du plus léger de nos avions de tourisme de tout souci de conduite. Mais les construc-

teurs de sous-marins n'avaient pas ce précédent; ils ont donc refoulé tous les inventeurs obligeants qui, voici trente ans, leur présentaient des appareils de manœuvre automatique agissant sur les barres de plongée ou les caisses d'assiette. La marine japonaise les a accueillis, ou leur a peut-être même posé le problème, et il est bien probable que le pilote du sous-marin japonais, faute de pouvoir commander tous les volants d'un poste central, se borne à regarder une petite boîte le faire, et le faire beaucoup mieux que lui.

Moteur à explosion et Diesel léger

Le sous-marin biplace japonais est la deuxième étape de la conquête des marines de guerre par le moteur léger; la première avait été la vedette lance-torpilles.

Dans une communication de 1938 à une association de constructeurs navals, Ricardo, le technicien bien connu du moteur, se demandait pourquoi on ne ferait pas tourner le moteur marin un peu plus vite, ce qui éviterait d'embarquer à bord des navires des appareils pesant de 10 à 150 kg par cheval, quand tant de moteurs d'automotrices sont tout aussi endurants avec 5 kg par cheval, et que le Diesel d'avion descend même à 1 kg par cheval. Les constructeurs japonais se sont encore laissé convaincre, et ont accepté d'embarquer sur leur sous-marin biplace un de ces nombreux moteurs. Ils ont obtenu du coup, sans la moindre difficulté, la vitesse qui serait si désirable pour les centaines de sous-marins que poursuivent les torpilleurs et les corvettes.

Le moteur léger, disons même le moteur d'avion, est le seul type d'appareil propulsif qui laisse aux marines de guerre quelque chance de survie, après la sévère leçon que vient de leur infliger l'aviation japonaise. Ne croyons pas que le moteur d'avion est incompatible avec le blindage; les constructeurs de chars avaient cru pouvoir se permettre, eux aussi, en 1915, les moteurs lourds et les solutions compliquées des groupes électrogènes, pour la raison que le poids n'avait pas grande importance sur un appareil qu'on surchargeait de tonnes de blindage. L'expérience des moteurs de chars extra-légers de 1940, très voisins du moteur d'avion, montre qu'ils avaient tort. Le moteur d'avion sauvera le pilote du sous-marin comme il sauve le conducteur de char.

L'avenir du sous-marin

On croyait jusqu'ici que le navire de guerre, même si l'avion le chassait des mers étroites, trouverait au moins à s'employer dans les océans. L'expérience des opérations aéronavales dans le Pacifique laisse planer un doute sur cette ultime ressource des marines aux prises avec l'avion.

La mer restera toujours un domaine dont la maîtrise aura les conséquences les plus importantes. Le Japon s'en aperçoit bien, maintenant qu'il la détient dans les mers d'Extrême-Orient, et qu'il peut à son aise les exploiter pour la pêche, les sillonner de ses cargos ou les traverser par les convois de ses troupes à la conquête d'un Empire. Mais cette maîtrise peut être obtenue aussi bien par l'avion qui survole le chalutier, le pétrolier ou

le transport de troupes qu'elle le fut autrefois par le navire de guerre.

Si les marines veulent à toute force retrouver leur ancienne place, il leur faudra adapter leur matériel à la menace aérienne; la meilleure façon de résister à l'avion est encore de le copier, et le sous-marin, ainsi traité, réserve bien des surprises à ceux qui auront patiemment mis au point des tactiques savantes pour subordonner la maîtrise de la mer à la maîtrise aérienne. Mais, pour parvenir à secouer le joug de l'avion, il ne suffit pas de faire des programmes sensationnels de centaines de navires de guerre financés par des milliards de dollars; il faut avoir conservé un peu de l'esprit qui animait Bushnell, Fulton et la pléiade d'inventeurs de la guerre de Sécession.

Camille ROUGERON.

Les pertes récentes de territoires qu'a subies l'U.R.S.S. ont, pour la conduite future de la guerre, une importance au moins aussi grande que les pertes en hommes et en matériel qu'ont éprouvées ses armées, du fait qu'elle se trouve aujourd'hui privée d'inappréciables ressources en matières premières et en outillage industriel. Dans un ouvrage publié à Berlin peu après la signature du pacte germano-soviétique (1), M. W. Just, ancien correspondant à Moscou de plusieurs journaux allemands, a donné le premier quelques précisions sur les nouveaux centres industriels comportant d'énormes usines de tracteurs, de chars, de canons et d'avions que, depuis 1928, les dirigeants soviétiques se sont efforcés de développer entre l'Oural et le lac Baïkal, et auxquels échoit la formidable tâche d'équiper les divisions russes en formation. On sait que l'U.R.S.S. possède trois grands centres industriels, l'un dans la région de Moscou-Toula, l'autre dans le bassin du Donetz, le troisième, l'ensemble industriel de Kousnetsk, derrière l'Oural. En 1933, la répartition des hauts-fourneaux entre ces trois régions était de 12, 44 et 47 respectivement. En 1933, elle était de 16, 61 et 62. Si le bassin du Donetz fournissait toujours 61,7 % de la fonte, le Kousnetsk atteignait déjà 30,8 % et groupait le quart des installations pour la production de l'acier. L'extraction du charbon y dépassait 31 millions de tonnes en 1938. Nul doute que ce mouvement vers l'est ne se soit accentué depuis pour des raisons stratégiques, dans une proportion impossible à préciser étant donné le mystère qui, au pays des Soviets, entoure tout ce qui touche à la production industrielle. On sait seulement qu'au delà de l'Oural d'énormes gisements de fer et de chrome ont été découverts, qu'une usine traite le minerai de cuivre sur la rive désolée du lac Baïkal, que l'aluminium et le zinc sont d'ores et déjà produits en quantités suffisantes. Mais les autres minerais sont beaucoup moins abondants, en particulier le manganèse, indispensable à la métallurgie du fer; le principal gisement qui reste à la disposition des Russes est celui de Tschiatyry sur la mer Noire. De même, la prospection du pétrole en Oural et au delà n'a donné que des résultats insuffisants. La défense du Caucase revêt de ces deux faits une importance capitale pour que puisse se maintenir l'effort de guerre russe.

(1) *Die Sowjetunion, Staat, Wirtschaft, Heer*, par Artur W. Just.

L'INTERCEPTION DES EXPÉDITIONS DE BOMBARDEMENT

par Pierre BELLEROCHÉ

Certains théoriciens mettaient en doute, avant la guerre, la possibilité pour la chasse d'intervenir efficacement pour interdire les expéditions de bombardement. Avec des chasseurs à peine plus rapides que les bombardiers, on pouvait croire qu'il serait impossible de joindre ceux-ci et d'engager le combat. D'autre part, l'entretien de patrouilles permanentes était évidemment trop coûteux. Mais l'aviation de combat a su, au cours des grandes batailles aériennes qui ont marqué les deux étés 1940 et 1941, adopter une tactique dite d'« interception » qui met à profit toutes les ressources de la technique. La détection électromagnétique (1) lui donne le recul suffisant pour prendre l'air à temps et rejoindre l'ennemi à son altitude de navigation, et les transmissions radiotéléphoniques entre le sol et les chasseurs en vol peuvent guider ceux-ci jusqu'au contact de l'ennemi. L'efficacité de l'interception s'est montrée telle que le bombardier ne doit plus compter sur la surprise et que toute expédition un peu importante comporte aujourd'hui un nombre imposant de chasseurs d'escorte (on compte parfois jusqu'à quinze chasseurs pour un bombardier). C'est entre chasseurs d'interception et chasseurs d'escorte que se livrent les grandes batailles aériennes.

C'EST sur le « front aérien » du Pas de Calais que se sont déroulés, au cours des deux étés 1940 et 1941, les combats aériens les plus fréquents, les plus nombreux et sans doute les plus acharnés.

Sur ce théâtre de la guerre, les deux adversaires sont séparés par une mer étroite, jouant le rôle de fossé antichars et, par suite, assurant, pour les forces aériennes, la fixité géographique des bases. Le Pas de Calais et ses abords, le ciel anglais et le ciel des Flandres sont donc devenus, en 1940 et en 1941, un véritable « polygone d'essais » de tactique aérienne pure.

Dans les limites de ce polygone d'essais, il faut distinguer deux grandes périodes de combats aériens, remarquables par leur fréquence et leur intensité :

— la période allant d'août 1940 à octobre 1940, et que l'on a pris l'habitude d'appeler la « bataille d'Angleterre » (2) ;

— la période débutant en juin 1941 et que l'on peut appeler « bataille des Flandres ».

La première période est caractérisée par l'offensive de la Luftwaffe contre les ports du sud de l'Angleterre et Londres. Les combats aériens se livrent presque tous dans le ciel anglais.

La seconde période est caractérisée par l'offensive lancée par la R.A.F. pour essayer de sou-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 293, janvier 1942.

(2) Pour cette période, voir : « Cinq mois de bataille dans le ciel anglais », dans *La Science et la Vie*, janvier 1941.

lager le front russe, en « fixant » sur les aérodromes de l'ouest le maximum d'escadrilles de chasse allemandes. Les combats aériens ont lieu presque tous dans le ciel du Pas de Calais et des Flandres.

Rappelons qu'entre ces deux périodes s'intercale celle des raids nocturnes massifs de la Luftwaffe contre la Grande-Bretagne, caractérisée par la tactique de Coventry (novembre 1940 à mai 1941), et au cours de laquelle les combats aériens furent relativement rares.

Les combats aériens résultent de la manœuvre d'interception

Qu'il s'agisse de raids diurnes ou de raids nocturnes, le problème est le même pour la défense : mettre en l'air le maximum de chasseurs et les amener au contact des assaillants.

Nous supposons au départ que ces assaillants sont des bombardiers.

Le combat aérien, qu'il soit diurne ou nocturne, n'a lieu encore actuellement qu'à très courte portée : 100 à 300 mètres. Or, les avions modernes parcourent, par seconde, des distances de l'ordre de 150 mètres. La portée du tir aérien représente donc à peine la distance parcourue entre une et deux secondes. On conçoit que le problème de base, pour qu'il y ait combat aérien, est d'amener les adversaires au contact à courte distance. Ce problème de base est appelé *manœuvre d'interception*. Il est résolu par

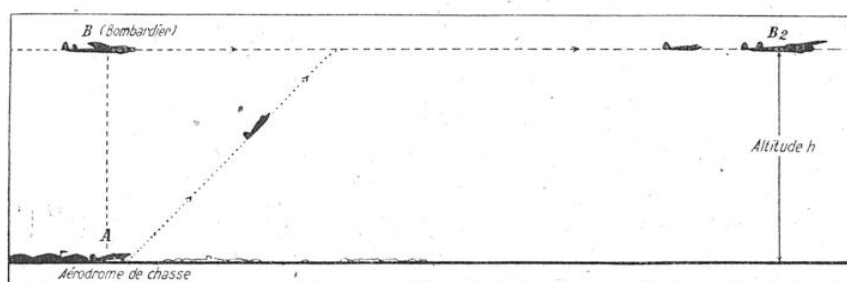


FIG. 1. — LA NÉCESSITÉ D'UN RECU CONVENABLE DE LA CHASSE POUR L'INTERDICTION DES BOMBARDEMENTS

Le chasseur qui prend l'air au moment où le bombardier le survole, doit commencer par prendre l'altitude convenable pour engager le combat. Pendant la montée, la composante horizontale de sa vitesse n'est que le tiers environ de ce qu'elle est dans un vol horizontal. Lorsqu'il sera arrivé à l'altitude du bombardier, celui-ci l'aura donc distancé. Etant donnée la faible supériorité de vitesse du chasseur sur le bombardier, la poursuite durera jusqu'en un point B_2 distant de plusieurs centaines de kilomètres du point de départ.

l'organisation au sol d'un réseau serré de détection et d'alerte.

Voyons d'abord l'aspect cinématique du problème, tel qu'il résulte des vitesses de bombardiers atteignant les 500 kilomètres à l'heure, à des altitudes de 5 000 mètres.

La cinématique de l'interception

Si l'on attendait que les bombardiers adverses passent à la verticale de tel aérodrome de chasse, pour déclencher l'envol de celle-ci, les chasseurs, ayant à la fois à grimper et à rattraper, n'arriveraient en contact qu'à une distance pouvant atteindre en ligne droite plusieurs centaines de kilomètres (fig. 1).

Cette distance considérable résulte d'abord de la nécessité pour le chasseur de grimper à l'altitude h des bombardiers, et ensuite du faible écart de vitesse entre le bombardier moderne et le chasseur (1). Prenons le cas d'un « Hurricane » (535 km/h) ayant à rattraper un Junkers 88 (505 km/h à 5 000 mètres d'altitude). L'écart de vitesse n'est que de 30 km/h et la durée de grimpe à 5 000 mètres est de 6 minutes. Le calcul montre que la distance parcourue par le bombardier avant que le chasseur le rejoigne est alors voisine de 500 kilomètres.

S'il s'agissait de rattraper, dans les mêmes conditions, un Dornier 17 de 495 km/h, l'écart de vitesse devient 40 km et la distance tombe à 440 km pour la même altitude de 5 000 mètres.

De telles distances démontrent d'abord la nécessité de guider par radiophonie les avions de chasse en vol vers leurs adversaires aériens.

Nous avons, dans ce calcul, supposé que la chasse décollait au moment où les bombardiers passaient à la verticale de l'aérodrome de chasse.

Supposons maintenant (fig. 2) que l'on puisse prévenir assez longtemps à l'avance la chasse pour qu'elle se trouve en vol à l'alti-

(1) Voir : « Le duel du chasseur et du bombardier », dans *La Science et la Vie*, no 279, nov. 1940.

tude des bombardiers. Dans ce cas, il suffit qu'elle décolle à l'avance du temps t de montée à l'altitude h des bombardiers (6 minutes pour l'altitude de 5 000 m dans l'exemple considéré), c'est-à-dire au moment où les bombardiers sont encore à 50 km environ de la verticale de l'aérodrome de chasse.

Le recul nécessaire à l'interception

Le produit de la vitesse des bombardiers à l'altitude h , par la durée de grimpe à cette altitude h donne le recul minimum nécessaire à l'interception.

On mesure ici l'intérêt de disposer d'un réseau détecteur renseignant suffisamment tôt l'aérodrome de chasse, c'est-à-dire susceptible de donner, à l'instant du décollage, un recul minimum de 50 km environ, pour des bombardiers de 500 km/h, à l'altitude de 5 000 mètres, et des chasseurs de 6 minutes de grimpe à cette altitude.

Nous avons supposé que le chasseur soit tenu en alerte, prêt à décoller instantanément, et que le délai de transmission du poste de détection jusqu'à l'aérodrome de chasse soit également instantané. En fait, il faut compter un délai pratique de quelques minutes (5 à 6), de sorte que le recul minimum nécessaire à l'interception se trouve, dans le cas considéré ci-dessus, porté de 50 à 100 km environ. C'est en fonction de ce recul qu'est organisé le réseau d'interception (fig. 3).

Nous sommes loin des 600 kilomètres nécessaires pour rattraper lorsqu'on ne dispose d'aucun recul.

Ces considérations cinématiques montrent que le réseau de détection doit être installé au minimum à une centaine de kilomètres en amont des aérodromes de chasse, si l'on veut intercepter au plus tard à la verticale de ces aérodromes.

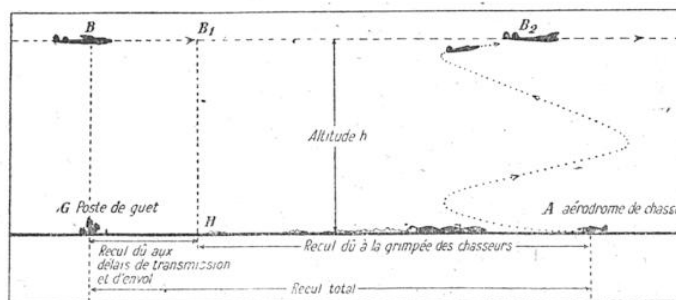


FIG. 2. — LE CALCUL DU RECU NÉCESSAIRE À L'INTERCEPTION

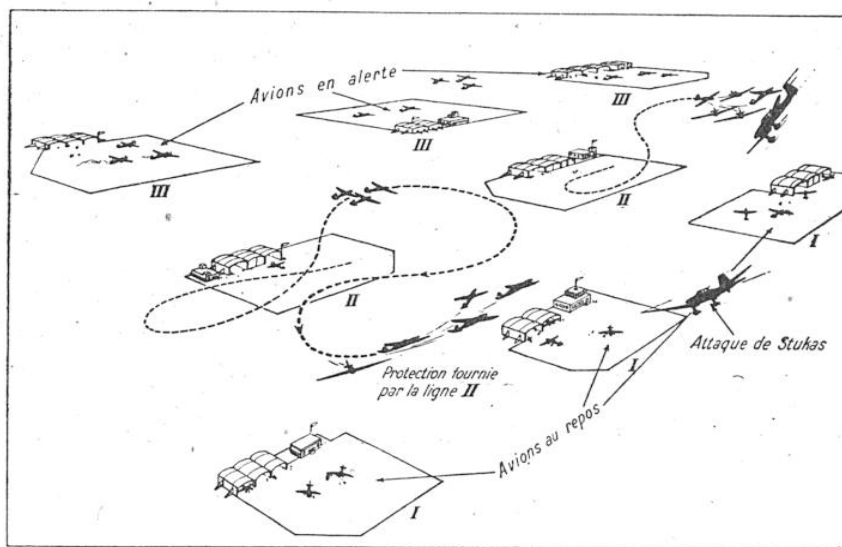
Le bombardier est signalé à son arrivée en B par les postes de guet. Pendant la transmission de l'alerte au chasseur et l'envol de celui-ci le bombardier parvient en B_1 . Si B_1 est à la distance convenable du terrain de départ de la chasse, le chasseur prendra l'altitude du bombardier pendant le temps mis par celui-ci pour parcourir la distance $B_1 B_2$. Le bombardier sera rejoint en B_2 par le chasseur.

La « détection électro-magnétique »

De récentes informations britanniques ont fait allusion à un système radioélectrique de repérage dit *radiolocation*, il faudrait dire plutôt en français « détection électromagnétique » (1). Le principe en est le suivant : un poste émetteur à ondes courtes crée un champ électrique dirigé, la masse métallique d'un avion traversant ce champ produit un écho qu'un poste récepteur enregistre. De la fréquence de l'émission qui permet de « dater » le signal émis et du déphasage de cet écho radioélectrique on déduit la distance de la masse métallique perturbatrice : l'avion.

Ces renseignements sont centralisés au quartier général de la chasse et retransmis aux aérodromes pour les avions de chasse en alerte, en-

(1) Voir *La Science et la Vie*, no 293, janvier 1942.

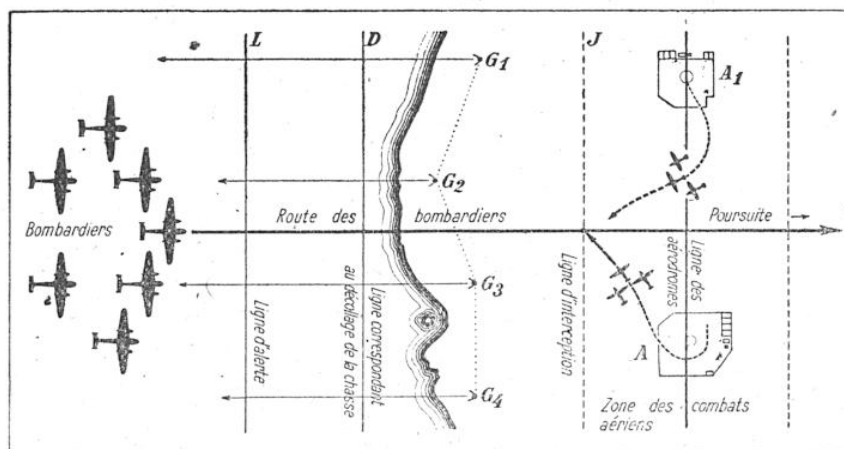


T W 15940

FIG. 4. — LES DIFFÉRENTS DEGRÉS D'ALERTE DES AÉRODROMES ASSURENT À CHAQUE INSTANT LE NOMBRE NÉCESSAIRE DE PATROUILLES DE CHASSE DISPONIBLES

Tandis que les chasseurs des aérodromes I sont au repos et procèdent aux réparations et au ravitaillement des appareils, les chasseurs II sont en l'air et survolent les terrains I pour les protéger. Les chasseurs II seront relevés par les appareils III qui sont susceptibles de s'envoler en trois minutes au maximum.

fin retransmis par radiophonie aux avions de chasse en vol. La liaison est constante. Les avions de chasse sont donc conduits sur leurs adversaires avec la précision même du repérage.



T W 15939

FIG. 3. — L'ORGANISATION D'UN RÉSEAU D'INTERCEPTION AÉRIENNE

Les postes de radiorepérage sont installés en G₁, G₂, G₃, G₄, sur la cote. Leur repérage s'exerce à une distance de quelques dizaines de kilomètres jusqu'au delà de la ligne L, dite ligne d'alerte. Lorsque les bombardiers B franchissent cette ligne L, l'alerte est donnée aux aérodromes A. La distance qui sépare la ligne L de la ligne A correspond au « recul » maximum donné par le radiorepérage. Les avions de chasse en A doivent décoller au plus tard lorsque les bombardiers franchissent la ligne D (dite ligne de décollage). Grâce au radiorepérage, ce recul est suffisant pour que les chasseurs puissent, tout en grimpant, aller au-devant des bombardiers. La rencontre a donc lieu en J, « en amont » des aérodromes. La zone des combats aériens est la zone comprise en deçà de la ligne J (dite ligne d'interception). Sans le système de radiorepérage, les bombardiers n'auraient été signalés qu'au moment où ils franchissent la ligne de postes de guet G₁, G₂, G₃, G₄, et quand la chasse aurait pu décoller, les bombardiers se seraient trouvés presque à la verticale de la ligne A.

Au cours de la bataille aérienne de Grande-Bretagne (août-octobre 1940), un tel réseau radioélectrique de repérage, complété par une liaison radiophonique avec les avions en vol, a permis d'amener les « Spitfire » et les « Hurricane » au contact immédiat des bombardiers, dans la proportion de 70 % et même de 90 %. Autrement dit, 80 % en moyenne des raids allemands purent être « interceptés ». Sans la détection radioélectrique, les chasseurs britanniques auraient été lancés dans le ciel, en enfants perdus, et il n'y aurait pour ainsi dire pas eu de combats aériens. Le 15 août, le 31 août et le 15 septembre 1940, les avions abattus de part et d'autre ont largement dépassé la centaine.

Répartition des aérodromes en trois « lignes » d'alerte

Ajoutons que l'organisation de l'interception exige une répartition des aérodromes suivant plusieurs lignes de défense, en général trois, et un échelonnement du degré d'alerte des escadrilles de chasse :

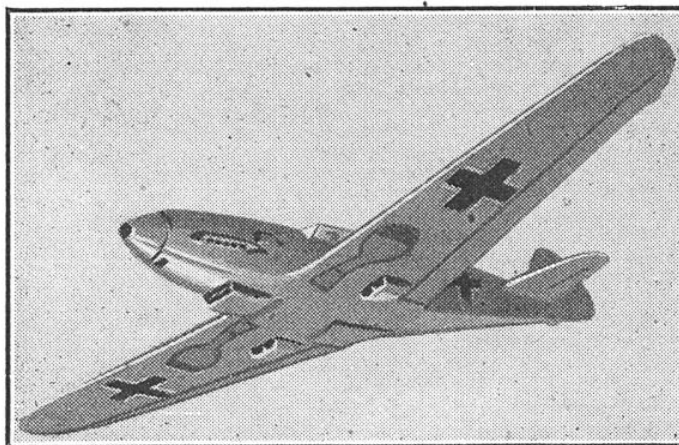
- au repos,
- disponibles,
- en alerte immédiate.

Un roulement très exact est à établir entre les différentes escadrilles, les différents degrés d'alerte et les différents aérodromes.

Par exemple, les escadrilles des aérodromes de première ligne, placés à portée des avions de bombardement en piqué adverses, ne doivent pas atterrir pour refaire le plein d'essence, sans qu'une ou plusieurs escadrilles des aérodromes de deuxième ligne viennent patrouiller au-dessus des aérodromes de première ligne, pour assurer la sécurité du ravitaillement contre toute surprise. Au cours de la bataille de Grande-Bretagne de 1940, par exemple, vers le 16 août 1940, une escadrille de « Spitfire » fut mitraillée au sol sur un aérodrome de première ligne parce que la patrouille de protection prévue pour couvrir l'opération n'avait pas été envoyée.

On voit que l'organisation de la défense aérienne par la chasse aboutit à transformer le territoire et le ciel au-dessus de lui en un vaste échiquier pour le combat aérien.

Comment les assaillants vont-ils manœuvrer



T W 15941

FIG. 5. — UN AVION DE CHASSE SEMI-STRATOSPHERIQUE : LE MESSERSCHMITT 109-F, RÉALISÉ EN 1941

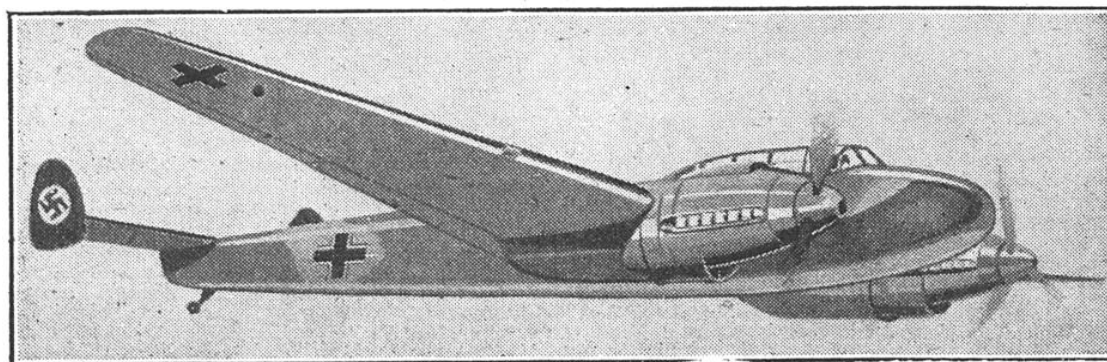
Le Me 109 type F est un chasseur destiné au combat aérien entre 6 500 et 12 000 m. Les mitrailleuses d'ailes ont été supprimées sans doute à cause des risques d'enrayage par grands froids. L'armement comprend deux mitrailleuses de capot et un canon dans l'axe de l'hélice (canon de 20 mm Rheinmetall ou de 15 mm Mauser), toutes ces armes étant aisément maintenues réchauffées par le moteur. Le moteur Daimler Benz DB 601 N de 1 150 ch lui donne une vitesse maximum de 610 km/h à 6 400 m d'altitude.

chasse limite inéluctablement en profondeur les raids diurnes des bombardiers.

En 1939, les Allemands réalisèrent un avion de chasse bimoteur dont le rayon d'action dépassait nettement celui du chasseur monomoteur monoplace classique : c'est le fameux « destroyer » Messerschmitt 110 dont la vitesse atteint 585 km/h (soit 20 km de plus que le Me 109 monoplace de 565 à l'heure). En outre, avec le Me 110, l'autonomie à vitesse de croisière passe d'une heure et demie à trois heures. Les « Zerstörer » Messerschmitt 110 furent largement utilisés sur le front aérien d'Angleterre en 1940 pour la protection des formations de bombardiers attaquant de jour en formations massives.

Quelle est la tactique de la chasse d'escorte ?

Au début de la bataille d'Angleterre (attaque de la zone côtière dite première phase : 8-10 août 1940),



T W 15942

FIG. 6. — LE DESTROYER D'ESCORTE MESSERSCHMITT 110

Il est armé de 4 mitrailleuses et 2 canons de 20 mm dans le nez du fuselage, plus une mitrailleuse arrière mobile. Sa vitesse maximum est de l'ordre de 580 km/h.

la Luftwaffe adopta un système d'escorte assez lâche. Les bombardiers en piqué (Junkers 87 et Junkers 88) et les bombardiers en vol horizontal (Dornier 17 et Heinkel 111 K) restaient groupés en vol serré par escadrilles de neuf avions, tandis que les escadrilles de chasse (Messerschmitt 109 et 110) se tenaient largement au-dessus, à une altitude supérieure variant de 1500 à 3000 mètres. Ce système d'escorte ne se révéla pas très efficace. Au cours de la deuxième phase (23 août-5 septembre : attaque des aérodromes anglais de l'intérieur), la Luftwaffe adopta un système d'escorte beaucoup plus serré. En même temps, le nombre des chasseurs d'escorte était accru par rapport au nombre des bombardiers. Les destroyers Messerschmitt 110 se chargèrent de la protection rapprochée en avant des bombardiers et sur leurs flancs, voire sur leurs arrières, « emboîtant » complètement la formation. Les monoplaces Messerschmitt 109 constituèrent les patrouilles supérieures, mais seulement à 1 000 et 1 250 mètres au-dessus, c'est-à-dire à un écart d'altitude moitié moindre qu'au cours de la première phase.

Ce système d'escorte se révéla beaucoup plus efficace, mais il avait l'inconvénient d'alourdir quelque peu la formation d'ensemble chasseurs-bombardiers.

La tactique des feintes pour éluder l'interception

Une autre méthode, pour éluder l'interception, consiste à lancer de fausses attaques pour déclencher l'envol de la chasse et l'attirer dans une direction, tandis qu'on lancera l'attaque

principale au moment opportun dans une direction différente. Pendant la bataille d'Angleterre de 1940 on vit la Luftwaffe lancer de fausses attaques sur des objectifs côtiers, et lancer l'attaque principale 30 à 45 minutes plus tard. L'autonomie de l'avion de chasse monoplace volant à pleine puissance étant de l'ordre d'une heure, la Luftwaffe espérait ainsi que la chasse anglaise envolée à l'alerte initiale se trouverait à court d'essence au moment précis de l'attaque principale. Cette tactique des *diversions géographiques* ne pourra être déjouée que par un commandement de la chasse constamment et parfaitement renseigné par son réseau de détection.

Une autre variante de la tactique des feintes utilisée par la Luftwaffe en 1940 consista à entraîner à grande altitude les patrouilles de chasse anglaises. Dans la période du 7 septembre au 6 octobre 1940, des vagues de Messerschmitt 109 furent d'abord envoyées entre 6 000 et 7 000 mètres au-dessus des nuages, pour y attirer les Spitfire, tandis que 15 minutes plus tard à peine, et 3 000 mètres plus bas, apparaissaient les bombardiers escortés par des Me 110 pour essayer de passer sous les nuages.

La proportion croissante chasseurs-bombardiers : 7 pour 1 en 1940, 16 pour 1 en 1941

Il est évident que ces feintes exigent de la part de l'assail-

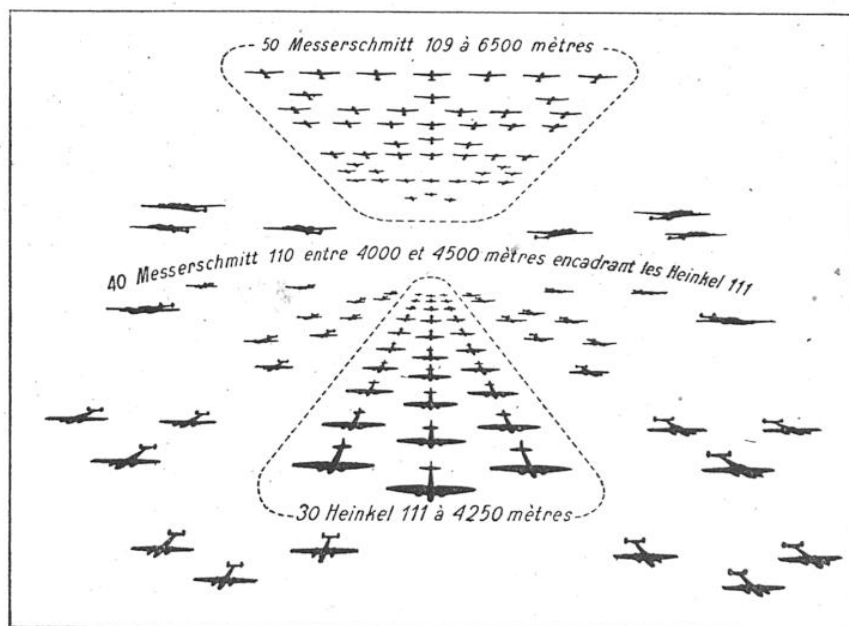


FIG. 7. — EXEMPLE DE FORMATION DE LA LUFTWAFFE POUR UNE ATTAQUE DE JOUR TYPE 1940 SUR L'ANGLETERRE

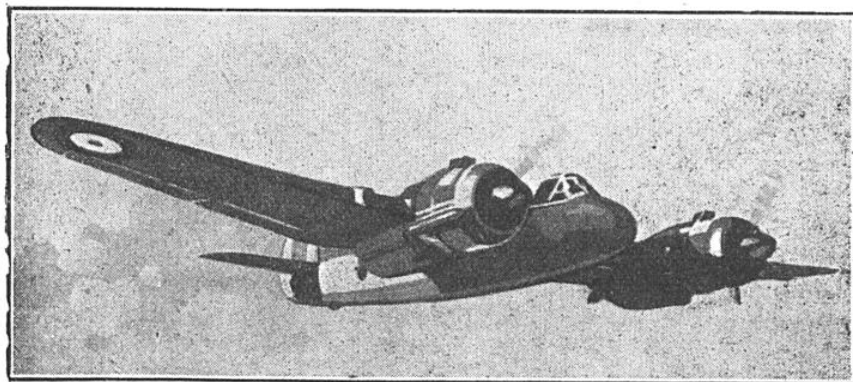


FIG. 8. — LE DESTROYER BIMOTEUR BRISTOL « BEAUFIGHTER » T. W 14529

lant — un nombre accru de chasseurs d'escorte. En septembre 1940, dans le ciel de Londres, la proportion globale des chasseurs d'escorte atteignit 7 chasseurs pour 1 bombardier.

Un an plus tard, en septembre 1941, dans le ciel des Flandres, la proportion était plus que doublée. Un communiqué, en date du 18 septembre 1941, a mentionné que deux escadrilles de « Blenheim » (soit 18 avions), escortés par 300 « Spitfire », avaient attaqué l'usine électrique de Béthune. Si ces chiffres sont exacts, ils indiqueraient une proportion de 16 chasseurs pour 1 bombardier.

La proportion des pertes proclamées aux communiqués est similaire : 18 « Spitfire » et 1 « Blenheim » abattus, d'après le communiqué de Berlin du 13 octobre 1941. Il est vrai que Londres ramène le chiffre des chasseurs à 13. Il n'en subsiste pas moins que la proportion reste comprise entre 13 et 18 chasseurs pour 1 bombar-

dier. Ajoutons que, pour la même journée du 18 septembre 1941, Londres a revendiqué 20 chasseurs allemands abattus, ce qui montre que l'interception type 1941 aboutit de plus en plus au combat « chasseurs contre chasseurs ».

Vers les combats stratosphériques?

En résumé, en dépit des vitesses atteintes aujourd'hui par les bombardiers et par les chasseurs, les combats aériens sont restés, en 1940 et 1941, aussi relativement fréquents et nombreux qu'ils l'étaient en 1918. Les progrès de la détection électromagnétique et de la radiophonie à bord des avions de chasse a suivi le progrès des vitesses. L'interception s'est perfectionnée. La tactique de 1942 et de 1943, pour éluder l'interception, sera-t-elle l'attaque stratosphérique?

P. BELLEROCHÉ.

Les emplois industriels du chrome se sont prodigieusement développés depuis trente ans et en ont fait aujourd'hui un métal dont l'industrie des armements terrestres, navals ou aériens ne saurait se passer. C'est lui qui est, en effet, à la base de la métallurgie des aciers de guerre, tant pour la fabrication des tubes d'artillerie et des projectiles, que pour celle des plaques de blindage des navires et des chars. En outre, tous les aciers inoxydables, les aciers pour outils, ceux à grande dureté et à haute résistance mécanique, sont à base de chrome, ainsi que les revêtements des fours à haute température. Son seul minerai industriel est la chromite (fer chromé) qui est relativement peu répandu à la surface du globe. Ses principaux producteurs sont la Rhodésie du Sud (275 000 t de minerai en 1937), l'U.R.S.S. (220 000 t), la Turquie (192 000 t), l'Afrique du Sud (168 000 t), le groupe des Balkans (Grèce et Yougoslavie, 120 000 t), Cuba (94 000 t), les Indes Britanniques (60 000 t) et la Nouvelle-Calédonie (48 000 t). Les minerais russes viennent tous de l'Oural. Ceux de Turquie sont sur le continent lydien, en face de l'île de Rhodes et au sud de l'Olympe de Bythénie. De 1860 jusqu'à l'apparition sur le marché des minerais néocalédoniens, ces gisements constituèrent la source la plus importante du monde. Ils furent dépassés par la suite par les gisements rhodésiens russes et, pour peu de temps, par ceux des Indes Britanniques et de l'Union Sud-Africaine. Aujourd'hui, la Turquie constitue, après l'U.R.S.S. et peut-être même avant elle, étant donnée l'incertitude des statistiques concernant l'U.R.S.S., le principal producteur européen de chrome. Il est remarquable de constater que les Etats-Unis, pourtant si admirablement dotés de toutes les matières premières naturelles sur leur immense territoire, n'ont pour ainsi dire pas de ressources propres en minerais de chrome, si on met à part les gisements du Wyoming, de l'Orégon et surtout de Californie. Ces derniers, qui avaient pu fournir à eux seuls 50 000 t en 1917, ne produisaient plus que 2 000 à 3 000 t par an en 1937. Cependant, la consommation de l'industrie américaine est énorme. On l'évaluait en 1937 à quelque 200 000 t. Sans doute, d'importants stocks de minerais ont-ils été constitués, car les importations ont atteint 317 000 t en 1939 et même 658 000 t en 1940.

LA SYNTHÈSE DES HORMONES

par A. VANDEL

Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse

Chacun connaît aujourd'hui, au moins de nom, les substances appelées hormones. Rappelons brièvement qu'elles sont élaborées, chez les vertébrés, par les glandes à sécrétion interne ou glandes endocrines, dont les principales sont les glandes surrénales, les glandes thyroïde et parathyroïde, l'hypophyse, les glandes génitales, etc. Ces glandes, dépourvues en principe de canaux excréteurs, déversent les produits de leur activité dans la circulation générale. Ces sécrétions internes sont entraînées ainsi à travers tout l'organisme; mais chacune d'elles n'agit que sur certains tissus ou organes nettement définis, souvent fort loin de son centre de production, alors que tous les autres tissus ou organes lui restent indifférents. Elle provoque, suivant les cas, telle ou telle forme d'activité (1) : elle détermine, par exemple, la prolifération de certaines cellules, ou excite une sécrétion particulière, etc. On a reconnu aujourd'hui que le rôle des hormones est capital pour le maintien de l'équilibre organique et pour l'accomplissement de toutes les fonctions vitales. Les travaux consacrés aux hormones depuis une quarantaine d'années sont, à proprement parler, innombrables; leurs applications dans le domaine de la biologie pratique sont infinies. La science des hormones ou hormonologie est devenue l'une des branches les plus fécondes et les plus actives de la physiologie. Pendant longtemps, l'hormonologie est restée l'œuvre exclusive des biologistes. Depuis une quinzaine d'années, leur effort a été secondé par celui des chimistes. Le problème de la structure chimique des hormones a été courageusement attaqué et brillamment résolu. La fortune ne sourit qu'aux audacieux. Ce que nous savions de la structure si formidablement complexe des matières protéiques (2) pouvait incliner à regarder celle des hormones comme ne l'étant pas moins. En fait, la constitution chimique des hormones s'est révélée relativement simple et d'une analyse très accessible. Dans le même temps, la composition chimique des principales vitamines était éclaircie. Deux séries de substances d'une importance biologique capitale nous sont ainsi connues dans leur structure intime. Parallèlement, l'analyse s'attaquait à d'autres productions organiques, normales ou pathologiques. Quoique moins bien connus, les organisateurs embryogéniques (3), les substances cancérogènes (4) les plus actives paraissent étroitement liés aux hormones génitales et à certaines vitamines. Tous ces corps semblent faire partie de la même grande famille chimique. Dès maintenant, nous entrevoyons dans les actions produites par ces substances, en apparence si diverses, des mécanismes analogues.

LE public ignore trop souvent l'esprit qui anime les laboratoires d'aujourd'hui. Il s' imagine volontiers que la découverte scientifique est l'ouvrage de savants isolés œuvrant en leurs laboratoires, aussi reclus que l'était le docteur Faust en sa cellule.

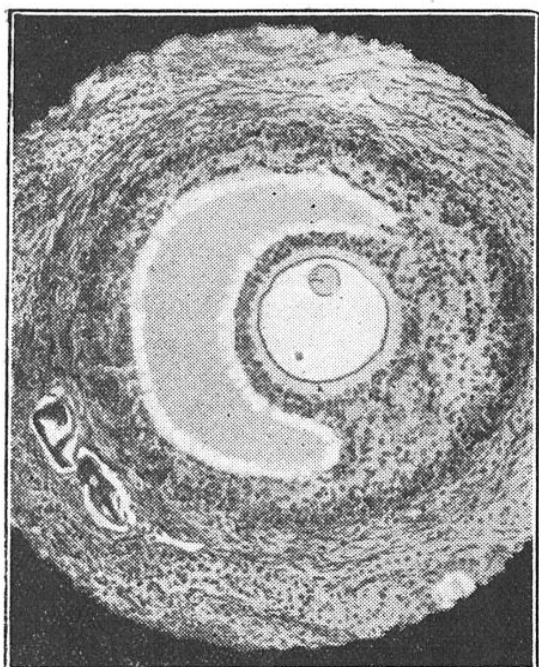
(1) « Hormone » vient d'un verbe grec qui signifie « j'excite ».

(2) Les protéines sont les constituants chimiques les plus importants de la matière vivante. Leur poids moléculaire est très élevé : 34 500 pour l'albumine de l'œuf et jusqu'à 5 000 000 pour l'hémocyanine pigment sanguin des mollusques.

(3) On donne le nom d'organiseurs à des substances présentes dans les différentes parties d'un embryon, provoquant dans un sens précis la différenciation des cellules qui donnent ainsi naissance à des ébauches d'organes spécialisés. Ces organisateurs sont de nature chimique et certains ont pu être obtenus par synthèse.

(4) Tels que certains dérivés du phénanthrène (voir *La Science et la Vie*, octobre 1938).

Rien n'est plus éloigné de la réalité. La science a toujours été œuvre collective, résultante d'efforts multiples indéfiniment répétés. L'extension prise par la science moderne fait aujourd'hui de la collaboration une nécessité. Ceci ne signifie point que le génie et la valeur individuelle ne jouent point dans la découverte, aujourd'hui comme jadis, le rôle primordial; mais, cela veut dire qu'aucun esprit, aussi puissant soit-il, ne peut pénétrer, de façon approfondie, les différentes branches de la science moderne. Les plus grands maîtres doivent s'adjoindre des collaborateurs spécialisés. Cette idée ne saurait trouver de meilleure justification que dans l'histoire de l'hormonologie. Les hormones sont aujourd'hui étudiées, de points de vue différents mais convergents, par des physiologistes, des embryologistes, des histologistes, des chimistes, pour nous en tenir à ceux qui les envisagent du seul point de vue spéculatif. C'est par leur



T W 15989

FIG. 1. — PORTION D'UN OVAIRE DE CHATIE AVEC UN FOLLICULE DE DE GRAAF BIEN DÉVELOPPÉ ET, AU CENTRE DU FOLLICULE, L'OVULE AVEC SON NOYAU (D'APRÈS R. COURRIER)

entraide que l'hormonologie est devenue la science splendide et féconde qu'elle est aujourd'hui.

Les hormones sexuelles

Il ne sera question ici que des hormones sexuelles, les hormones parmi les mieux connues au point de vue chimique. Les hormones sexuelles sont des substances secrétées par les glandes génitales des vertébrés. Elles agissent sur des organes réactionnels appelés *caractères sexuels* (tels la crête et le plumage chez le coq et la poule; la taille, la forme du corps, la pilosité, la voix, dans l'espèce humaine).

Les biologistes avaient reconnu depuis longtemps que les hormones sexuelles se répartissent en trois catégories. La chimie a pleinement confirmé la validité de cette classification. Il n'existe qu'une seule catégorie d'hormones mâles, mais il y a deux classes d'hormones femelles : les hormones œstrogènes, dont la principale est la folliculine ou œstrone, et les hormones du groupe de la progestérone. Les hormones œstrogènes, dont la folliculine est le type, sont secrétées par le follicule de Graaf, organe de protection qui enveloppe, dans l'ovaire, l'ovule des mammifères (fig. 1). L'hormone œstrogène détermine l'entrée en chaleur (œstre) des femelles de mammifères, et tous les phénomènes physiologiques et histologiques qui y sont liés. La progestérone est secrétée par le corps jaune (fig. 2) qui résulte de la transformation du follicule de Graaf après que l'ovule a été pondu; la progestérone a pour effet de provoquer, dans l'utérus, les modifications en rapport avec l'implantation (nidation) de l'embryon à son intérieur.

La constitution du phénanthrène

La composition chimique des hormones sexuelles est relativement simple, infiniment moins complexe, en tout cas, que celle des substances protéiques qui constituent la base de la matière vivante. Les hormones sexuelles, de même que plusieurs substances d'une importance biologique capitale dont nous parlerons à la fin de cet article, appartiennent au groupe du phénanthrène qui est un carbure tricyclique. Rappelons brièvement ce que sont les carbures cycliques et quels sont les termes de complexité croissante qui mènent au phénanthrène.

Toute étude de chimie organique débute par celle des carbures d'hydrogène ou hydrocarbures. On sait que l'on divise les hydrocarbures en deux grandes séries : les carbures à chaîne ouverte, dits carbures acycliques ou encore carbures de la série grasse; et les carbures à chaîne fermée, dits carbures cycliques ou encore carbures de la série aromatique. Nous n'avons à nous occuper que de ces derniers.

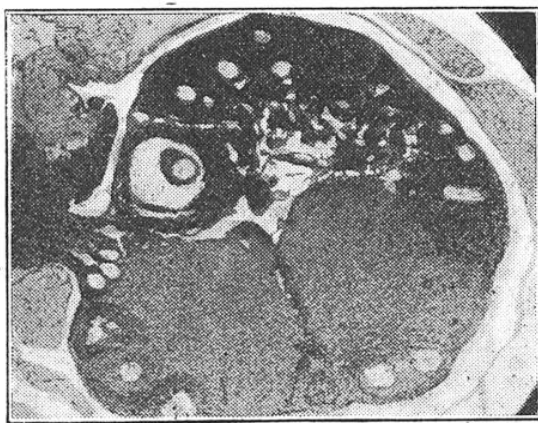
Les carbures cycliques ou carbures de la série aromatique sont extraits pour la plupart des goudrons de houille ou des huiles de pétrole.

Les uns, appelés cyclanes, n'ont que des liaisons simples. Ils correspondent à la formule générale : C_nH_{2n} . Citons comme exemples le cyclopentane (ou pentaméthylène), de formule C_5H_{10} (formule développée, tableau I, 1), et le cyclohexane (ou hexaméthylène), vulgairement naphène, de formule C_6H_{12} (tableau I, 2).

La plupart des carbures de la série aromatique présentent des doubles liaisons. Le corps de base de cette série est le benzène (la benzine, constituée en majeure partie par du benzène, n'est pas un corps pur) que l'on extrait des huiles de houille. Sa formule est C_6H_6 (tableau I, 3).

Il est facile de passer des carbures à double liaison aux cyclanes. Cette transformation se fait par hydrogénation. Sabatier et Senderens ont obtenu le cyclohexane en faisant passer des vapeurs de benzène et de l'hydrogène, à une température de 180°, sur du nickel réduit.

Le benzène se trouve à la base de combinaisons chimiques dont le nombre est extrêmement



T W 15988

FIG. 2. — OVAIRE DE SOURIS AVEC, A LA PARTIE SUPÉRIEURE, DES FOLLICULES A DIFFÉRENTS STADES ET, A LA PARTIE INFÉRIEURE, DEUX « CORPS JAUNES » (D'APRÈS R. COURRIER)

élevé. Son squelette a reçu le nom de **noyau benzénique** (1).

Les noyaux benzéniques peuvent s'associer entre eux pour former des corps plus complexes. Le cas le plus simple est évidemment celui où deux noyaux benzéniques s'accollent l'un à l'autre. On dit, dans ce cas, qu'il s'agit d'un **carbure dicyclique**. Le type des carbures dicycliques est le **naphtalène** (vulgairement **naphtaline**), corps solide, blanc brillant, extrait du goudron de houille. Sa formule brute est $C_{10}H_8$. Il est formé par deux noyaux benzéniques accolés et réunis par deux atomes de carbone communs (tableau I, 7).

Les associations peuvent être plus complexes. Les **carbures tricycliques** sont formés par l'association de trois noyaux benzéniques. Tel est le **phénanthrène**, extrait du goudron de houille. Sa formule est $C_{14}H_{10}$. Il est formé d'un noyau naphtalénique et d'un noyau benzénique accolés (tableau I, 8).

Les **carbures tétracycliques** sont constitués par l'association de quatre noyaux cycliques. Citons comme exemple le **cyclopentano-phénanthrène**, formé par l'association du cyclopentane et du phénanthrène (tableau I, 9).

Retenons dès maintenant ce fait extrêmement important : le cyclopentano-phénanthrène constitue une substance d'un intérêt biologique extrême. Il constitue, en effet, le squelette d'une série de corps d'une importance physiologique primordiale : les stéroïdes, et en particulier le cholestérol, les acides biliaires, les hormones sexuelles, la vitamine D antirachitique, les carbures cancérogènes, les organisateurs embryogéniques, etc.

Les hormones du groupe de la folliculine (hormones œstrogènes)

La **folliculine** ou **œstrone** est la première hormone que l'on ait obtenue à l'état pur et cristallisé. C'est en 1927 que deux savants allemands, Zondek et Aschheim, montrèrent que la folliculine est renfermée en grande quantité dans l'urine des femmes enceintes. Ils en extraient, pour la première fois, la folliculine pure et cristallisée. La quantité de matière brute à traiter est considérable. Il faut traiter 18 ton-

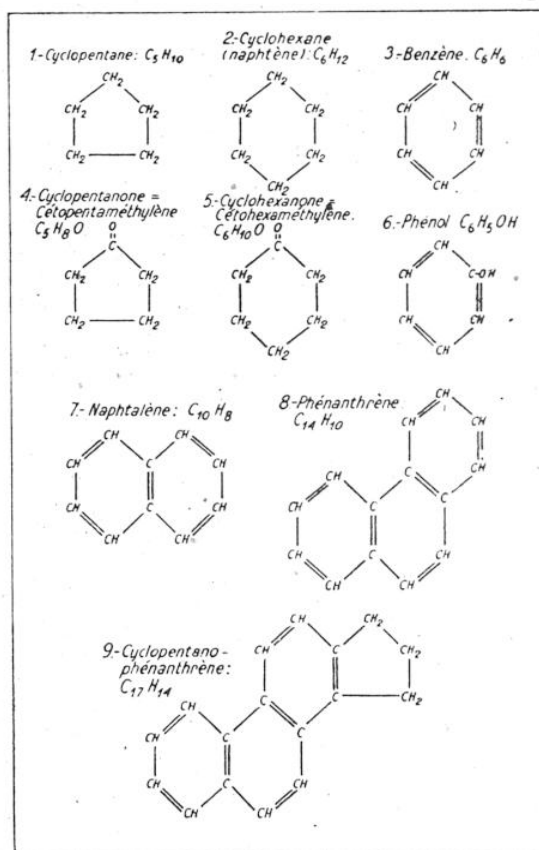
(1) Dans les carbures cycliques, un ou plusieurs atomes d'hydrogène peuvent être remplacés par des fonctions diverses. Trois d'entre elles nous intéressent ici :

Fonction cétone. — On donne le nom de **fonction cétone** au groupement $>C=O$. Exemple : l'acétone, $CH_3-CO-CH_3$.

Lorsque, dans un carbure cyclique, un atome d'oxygène remplace deux atomes d'hydrogène, on obtient une **cétone aromatique**. Telles sont les **cyclanones**, obtenues à partir des cyclanes. Citons à titre d'exemples la **cyclopentanone** ou **cétopentaméthylène** (tableau I, 4) et la **cyclohexanone** ou **cétohexaméthylène** (tableau I, 5).

Fonction phénol. — Les phénols sont des composés qui résultent de la substitution de l'hydroxyle OH à l'un des atomes d'hydrogène du noyau (non d'une chaîne latérale) d'un carbure cyclique. Tel le **phénol**, C_6H_5OH (tableau I, 6).

Fonction alcool. — Les alcools dérivent des carbures d'hydrogène par substitution d'un (alcools monovalents) ou de plusieurs (alcools polyvalents) hydroxyles OH à un ou plusieurs atomes d'hydrogène. On appelle **alcools primaires** ceux qui renferment le radical $-CH_2-OH$, **alcools secondaires** ceux qui contiennent le groupe $>CH-OH$, et **alcools tertiaires** ceux qui contiennent le groupe $\equiv C-OH$.



T W 15990

TABLEAU I. — GENÈSE DES CARBURES CYCLIQUES AYANT UNE IMPORTANCE BIOLOGIQUE

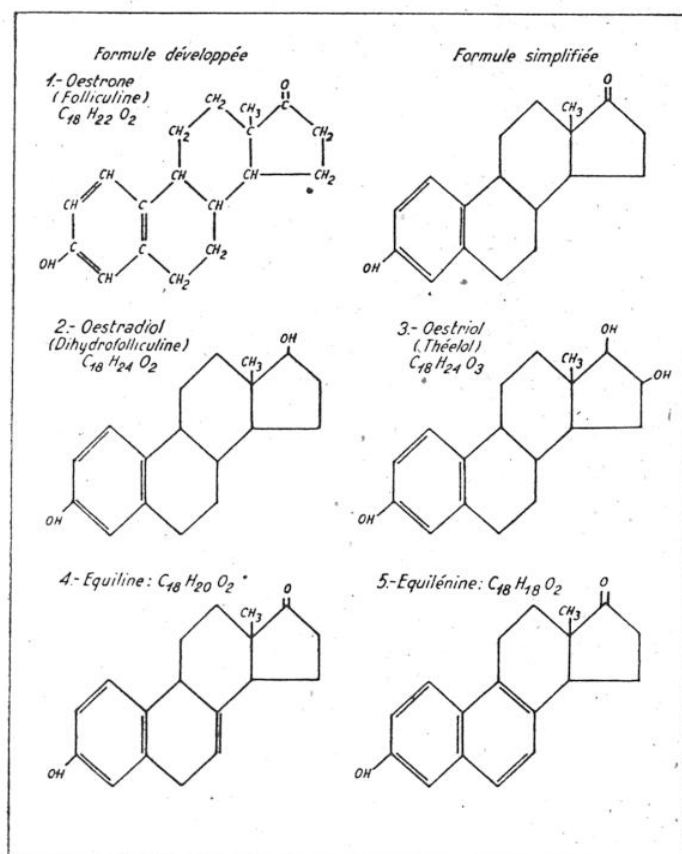
nes d'urine et employer 90 tonnes de chloroforme pour obtenir un gramme de folliculine cristallisée.

En 1930, Zondek fit connaître que l'urine de juments gravides est de 10 à 40 fois plus riche en folliculine que l'urine de femme enceinte. L'urine des juments pleines constitue, à l'heure actuelle, la principale source d'où l'on tire la folliculine commerciale.

La folliculine cristallisée est d'ailleurs **extrêmement active**. Son action physiologique se fait sentir à des doses de un dix millièmes de milligramme.

Les recherches de Butenandt, en Allemagne, celles de Girard, en France, ont permis d'établir la formule de la folliculine. Sa formule brute est $C_{18}H_{22}O_2$; sa formule développée est indiquée ci-contre (tableau II, 1). On voit que la folliculine est un carbure tétracyclique dont la formule se rapproche singulièrement de celle du cyclopentano-phénanthrène; elle n'en diffère que par l'hydrogénation et l'adjonction d'un radical méthyle, CH_3 . Mais, la folliculine présente une **fonction cétone** et une **fonction phénol**. Ces deux fonctions jouent certainement un rôle physiologique important. Leur suppression atténue ou même fait disparaître l'action œstrogène.

Sa constitution chimique une fois connue, on a pu obtenir la folliculine **par synthèse**. Elle a



T W 15991

TABLEAU II. — LES HORMONES DU GROUPE DE LA FOLLICULINE

La formule développée n'a été indiquée que pour la folliculine. Les formules simplifiées mettent en évidence les analogies et les différences entre tous ces corps. Pour lire ces formules, il suffit de se rappeler qu'à chaque sommet des polygones se trouve un C et qu'à chaque C se trouvent attachés autant d'H qu'il est nécessaire pour que les quatre valences du carbone soient occupées, comme on peut le vérifier sur la formule développée.

été tirée de l'ergostérol, stérol largement répandu dans les levures, divers champignons et l'ergot de seigle.

D'autres substances œstrogènes, voisines de la folliculine, ont été obtenues, en ces dernières années. La plus intéressante est la dihydrofolliculine ou œstradiol. Elle a été extraite de l'ovaire de la truie par Doisy et ses collaborateurs, en 1935. C'est la substance œstrogène la plus active que nous connaissions. Elle est 5 à 7 fois plus active que la folliculine. C'est probablement la véritable hormone ovarienne. La folliculine n'en serait que la forme d'élimination. La formule brute de l'œstradiol est $C_{18}H_{24}O_2$. Sa formule développée (tableau II, 2) s'obtient à partir de celle de la folliculine en remplaçant, dans le noyau pentagonal, la fonction cétone par une fonction alcool secondaire $>CH-OH$.

Citons encore, parmi les substances œstrogènes, l'œstriol ou théelol (tableau II, 3) extrait de l'urine de femme enceinte et des fleurs femelles de saule, l'équiline (tableau II, 4) et l'équilénine (tableau II, 5), extraites par Girard

et ses collaborateurs de l'urine des juments gravides.

Hormones du groupe de la progestérone

La progestérone a été obtenue, à l'état cristallisé, en 1934. On l'extrait des corps jaunes de truie et de vache. Sa formule brute est $C_{21}H_{30}O_2$. Sa formule développée (tableau III, 1) rappelle celle de la folliculine. Elle en diffère par l'existence de deux fonctions cétone. C'est donc une dicétone. La synthèse de la progestérone a été obtenue par Butenandt, en partant d'un stérol, le stigmasterol, extrait de la graine de soja.

L'urine ne renferme pas de progestérone. Mais l'urine de femme, et surtout celle prélevée pendant la seconde moitié de la grossesse, renferme une hormone du même groupe, le prégnandiol. C'est un dérivé complètement hydrogéné de la progestérone (tableau III, 2).

La couche corticale des capsules surrénales (cortico-surrénale) sécrète également une hormone voisine de la progestérone; c'est la corticostérone. Elle possède une fonction cétone et une fonction alcool primaire (tableau III, 3).

Les hormones mâles

La première hormone qui fut isolée à l'état pur est l'androstérone. Elle fut extraite par Butenandt, en 1931, de l'urine de l'homme. Sa formule brute est $C_{19}H_{28}O_2$. Sa formule développée (tableau IV, 1) montre que l'androstérone est fort voisine de la folliculine; elle possède aussi une fonction cétone; mais elle diffère de la folliculine : 1° par l'introduction d'un radical méthyle CH_3 dans le noyau naphthalénique. Il en résulte que les hormones mâles ont un atome de carbone de plus que les hormones œstrogènes (hormones œstrogènes : C_{18} ; hormones mâles : C_{19}). 2° par la suppression de toutes les doubles liaisons. La fonction phénol est remplacée par une fonction alcool secondaire $>CH-OH$.

La synthèse de l'androstérone a été obtenue à partir du cholestérol, et aussi à partir du cinchol, stérol extrait de l'écorce de quinquina.

Butenandt a également retiré de l'urine de l'homme une autre hormone mâle, la déhydroandrostérone ou androsténone; sa formule (tableau IV, 2) est très voisine de celle de l'androstérone.

Mais, ces hormones ne représentent pas la véritable hormone mâle. La véritable hormone mâle fut extraite des testicules et non de l'urine, par le biologiste hollandais Laqueur et ses collaborateurs (1935). Cette hormone a reçu le nom de testostérone. Elle est 7 à 10 fois plus active que l'androstérone. L'androstérone n'est qu'un

produit de désintégration de la testostérone. La formule de la testostérone est voisine de celle de l'androstérone : $C_{19}H_{28}O_2$. La formule développée (tableau IV, 3) montre que la première diffère de la seconde : 1° par la position de l'hydroxyle OH; 2° par la position de la fonction cétone; 3° par la présence d'une double liaison. La synthèse de la testostérone a été obtenue à partir du cholestérol et du stigmastérol.

On a extrait de la cortico-surrénale une hormone masculinisante, l'adrénostérone, qui est une dicétone. On savait d'ailleurs, avant sa découverte, que les extraits de cortico-surrénale ont une action masculinisante. C'est probablement cette hormone qui est responsable des cas de *virilisme* qui apparaissent parfois, chez la femme, à la suite de tumeurs de la cortico-surrénale.

L'équilibre hormonal

On a cru tout d'abord que les hormones sexuelles, mâles d'une part, femelles d'autre part, ne sont produites que par l'un des sexes. Les recherches récentes ont montré que c'était là une grave erreur. La plupart des hormones sont produites par les deux sexes, mais en inégale quantité.

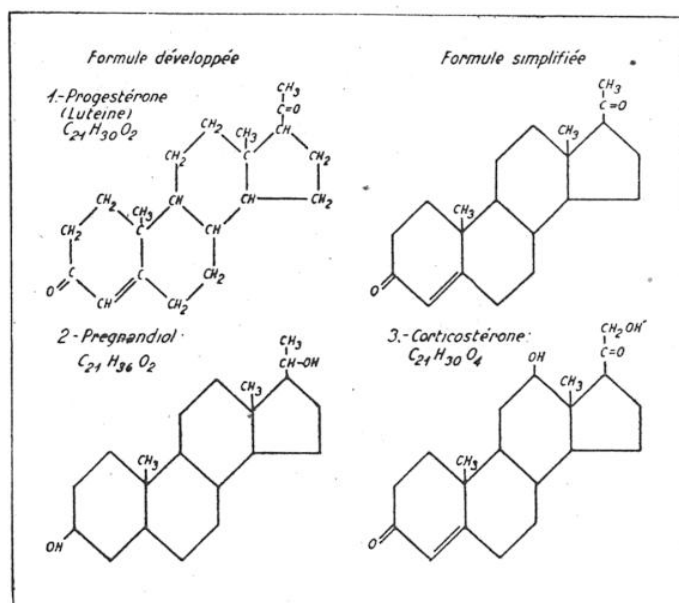
C'est ainsi que l'on trouve de la folliculine dans le testicule du cheval, du taureau et du porc. Elle se rencontre en quantité appréciable dans l'urine de l'homme; elle est très abondante dans l'urine des chevaux entiers. Il est facile de prouver que la folliculine est produite, chez le mâle, par le testicule, car elle disparaît dans l'urine des animaux châtrés.

Inversement, l'ovaire de truie sécrète de l'androstérone. L'urine de femme renferme aussi de l'androstérone. Elle est produite par l'ovaire, car elle disparaît de l'urine des femmes ovariectomisées.

Ces faits ont une importance biologique considérable. Ils montrent que les hormones mâles et les hormones femelles (au moins les hormones œstrogènes) sont sécrétées par les deux sexes, mais en inégale quantité. Il s'établit donc un *équilibre hormonal*, caractéristique de chaque sexe. Cet équilibre assure, dans les conditions normales, le développement des caractères sexuels dans un sens déterminé, mâle ou femelle. Il est aisé de comprendre qu'une légère perturbation de cet équilibre soit capable d'entraîner des perversions ou même des inversions sexuelles considérables.

Comparaison entre hormones mâles et hormones femelles; les hormones ambosexuelles

Le tableau V donne la constitution chimique des principales hormones mâles et femelles; il montre avec la plus grande évidence que toutes ces substances appartiennent à la même famille chimique. On comprend donc aisément qu'il soit possible de passer de l'une à l'autre, et qu'un même organe puisse produire simultanément deux types d'hormones.



T W 15992

TABLEAU III. — LES HORMONES DU GROUPE DE LA PROGESTÉRONNE

La dernière n'est pas sécrétée par les glandes sexuelles, mais par la couche corticale des capsules surrénales. L'analogie de sa constitution avec celle de la lutéine est cependant frappante.

Rien n'empêche, d'autre part, d'imaginer l'existence de substances rigoureusement intermédiaires entre les hormones mâles et les hormones femelles, exerçant à la fois une action masculinisante et une action féminisante, ayant en un mot une *fonction ambosexuelle*. De telles substances sont sorties du domaine de l'imagination pour entrer dans celui de la réalité, grâce aux remarquables recherches de Butenandt.

Nous avons cité plus haut trois hormones mâles : l'androstérone, la déhydroandrostérone et la testostérone. Ajoutons-y l'androstanolone, substance de synthèse, obtenue par Butenandt, et qui ne diffère de l'androstérone que par la position des radicaux O et OH (tableau V, 2). Ces quatre corps ont une action masculinisante très marquée. Ils possèdent aussi un pouvoir œstrogène, mais à des degrés très divers. Celui de l'androstanolone paraît à peu près nul. Celui de l'androstérone est très faible et ne peut être mis en évidence que par l'emploi de très fortes doses. La testostérone et la déhydroandrostérone ont une action œstrogène lorsqu'on les injecte à fortes doses. Ces deux dernières hormones sont donc en une certaine façon des substances ambosexuelles; mais, leur pouvoir masculinisant dépasse de beaucoup leur pouvoir féminisant; ce dernier ne peut être mis en évidence que, dans les conditions expérimentales, par l'emploi de fortes doses. Dans les conditions naturelles, l'hormone est sécrétée en trop faible quantité pour produire un effet ambosexuel.

Si nous comparons ces quatre corps (tableau V), nous voyons que les hormones dont l'action est entièrement ou à peu près exclusivement masculinisante, comme l'androstérone et l'androstanolone, sont des *carbures entièrement saturés*. Au contraire, les hormones mâles, à action œstrogène assez marquée, comme la testostérone et la déhydroandrostérone, ne sont

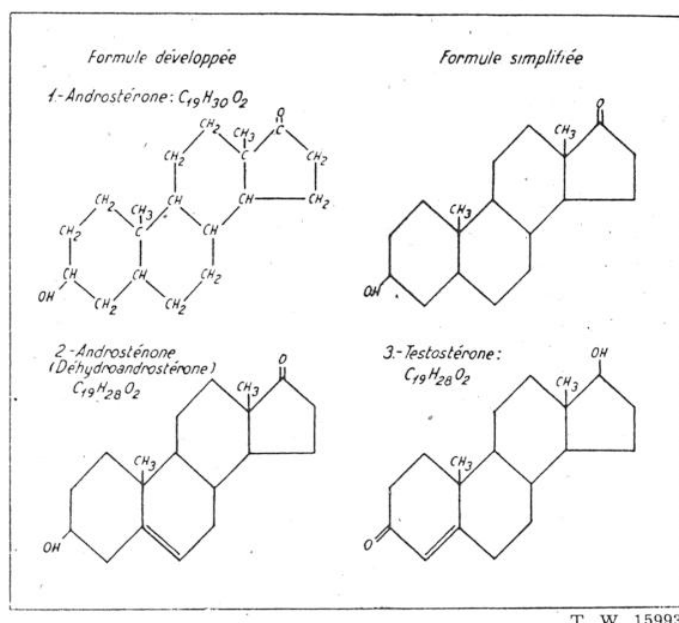


TABLEAU IV. — LES HORMONES MASCULINES

La véritable hormone mâle est la testostérone, les deux premières n'étant vraisemblablement que les produits de sa désintégration.

pas entièrement saturés. Cette opposition prend tout son intérêt lorsqu'on se rappelle que, dans la série des hormones œstrogènes, le premier anneau benzénique et parfois le second ne sont pas saturés.

Le corps le plus intéressant obtenu par Butenandt est l'androstadiol. Il l'a obtenu à partir de la déhydroandrostérone, en remplaçant l'O de la fonction cétonique par un hydroxyle OH (tableau V, 5). Ce léger changement a des conséquences physiologiques considérables. Les propriétés masculinisantes sont diminuées par rapport aux hormones précédentes, mais les propriétés féminisantes sont fortement augmentées. L'androstadiol représente une véritable hormone ambosexuelle. C'est d'ailleurs l'unique substance connue jusqu'ici dans laquelle les pouvoirs masculinisant et féminisant soient approximativement équivalents. On peut croire que les hormones de ce type jouent un rôle important dans la genèse de certains cas d'intersexualité.

Les propriétés féminisantes peuvent encore être augmentées. Si, dans la déhydroandrostérone, on remplace l'hydroxyle OH par un carboxyle COOH, on obtient l'acide androstanone-carboxylique (tableau III, 6). Ce corps a une action œstrogène très marquée et une action masculinisante à peu près nulle (1).

Ces remarquables recherches établissent ainsi la réalité d'un passage graduel des hormones mâles aux hormones femelles. Butenandt admet d'ailleurs que, dans l'organisme, la testostérone et la folliculine dérivent toutes deux d'une même substance, la déhydroandrostérone. Il est par suite aisé de comprendre qu'une même

(1) Dans la nature, les propriétés féminisantes des hormones génitales semblent plutôt liées, comme l'a été dit plus haut, à l'existence de doubles liaisons dans le premier et parfois dans les deux premiers anneaux benzéniques.

glande puisse sécréter simultanément les deux hormones.

Origine des hormones sexuelles

Les hormones sexuelles se rattachent à la grande famille des stérols dont le rôle en biologie est capital. Le stérol le plus important, largement répandu chez l'homme et les animaux supérieurs, est le cholestérol (cholestérine), étroitement allié aux acides biliaires et, en particulier, à l'acide cholique. Il est à peu près certain que, dans l'organisme, les hormones génitales dérivent du cholestérol. On remarquera que la déhydroandrostérone, source de toutes les hormones sexuelles, suivant Butenandt, a exactement la même squelette que le cholestérol (tableau VI, 1). On obtient d'ailleurs la synthèse de la déhydroandrostérone à partir du cholestérol. On supprime par oxydation la chaîne latérale et on la remplace par une fonction cétone. Il est à noter que les stérols, et en particulier le cholestérol, sont sexuellement inactifs. La fonction cétone doit donc jouer un rôle important dans les propriétés des hormones génitales.

Les rapports des hormones sexuelles avec d'autres substances d'une grande importance biologique

La chimie biologique a apporté la preuve que les hormones sexuelles ont une composition qui se rapproche de celle d'une série de corps d'une importance biologique considérable.

Nous avons déjà dit que les hormones sexuelles se rattachent étroitement aux stérols et aux acides biliaires, et qu'elles tirent leur origine de l'un d'eux, le cholestérol.

Or, le cholestérol donne aussi naissance, dans l'organisme, à une autre substance d'une grande importance biologique : la vitamine D antirachitique ou calciférol. Sa formule, $C_{28}H_{44}O$ (tableau VI, 3), montre que ce corps appartient à la même famille chimique que les hormones sexuelles. On l'a obtenu, par synthèse, en irradiant l'ergostérol (tableau VI, 2), stérol riche représenté dans l'ergot de seigle.

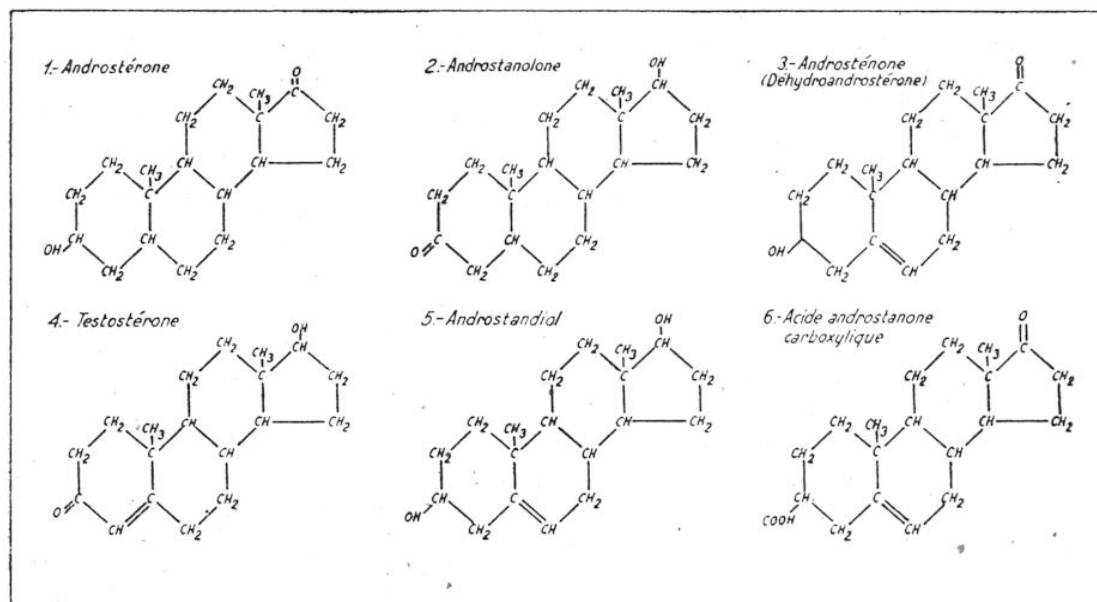
Des rapprochements d'une importance pratique considérable peuvent être établis entre les substances cancérogènes et les hormones sexuelles. L'école anglaise, sous la direction de J. W. Cook, a établi que des substances cancérogènes extrêmement actives peuvent être retirées du goudron de houille, c'est-à-dire de la substance de laquelle on extrait tous les constituants des hormones sexuelles.

On a, d'autre part, obtenu à partir du cholestérol, source normale des hormones sexuelles, un acide biliaire, l'acide cholanique, dont le squelette (tableau VI, 4) rappelle très exactement celui des hormones sexuelles. On a réalisé, par synthèse, à partir de l'acide cholanique, une substance dont l'action cancérogène est l'une des plus puissantes que l'on connaisse aujourd'hui; c'est le méthylcholanthrène (tableau VI, 5).

Ces faits, d'une importance extrême, conduisent à formuler une interprétation extrêmement suggestive de l'origine du cancer. On sait que le cancer est une maladie de vieillards qui apparaît le plus souvent, chez la femme, après la ménopause. Les résultats que nous venons d'exposer brièvement inclinent à penser que les substances cancérogènes, agents du cancer, résultent de la perturbation, concomitante de la vieillesse, des mécanismes qui donnent norma-

Les disciplines d'abord divergentes de l'embryologie, de la génétique, de la sexologie et de l'hormonologie tendent ainsi, à la suite des recherches récentes, à ramener tous les mécanismes qui assurent le développement de l'organisme à un type commun qu'on pourrait qualifier de *type humoral*.

Aussi blasé soit-on sur les progrès surprenants de la science biologique contemporaine,



T W 15994

TABLEAU V. — PASSAGE DES HORMONES MALES AUX HORMONES FEMELLES

lement naissance aux hormones sexuelles. Les hormones sexuelles et les substances cancérogènes stimulent la prolifération des tissus; les premières provoquent des développements ou stimulent des fonctions déterminées, les secondes déclenchent des multiplications anarchiques. Mais, leur mode d'action fondamental n'est pas essentiellement différent. Dans les deux cas, certains territoires ou certaines régions sensibilisées répondent seuls à la stimulation de ces substances.

Les rapprochements précédents reposent sur des bases expérimentales solides. Mais il n'est pas interdit d'anticiper et de proposer quelques suggestions non encore complètement vérifiées. Les organisateurs sont des territoires qui tiennent sous leur dépendance les développements embryogéniques; leur action s'exerce par l'intermédiaire de substances diffusibles qui semblent, autant qu'on le sache, appartenir au groupe des stéroïdes et, par conséquent, se rapprocher des hormones sexuelles.

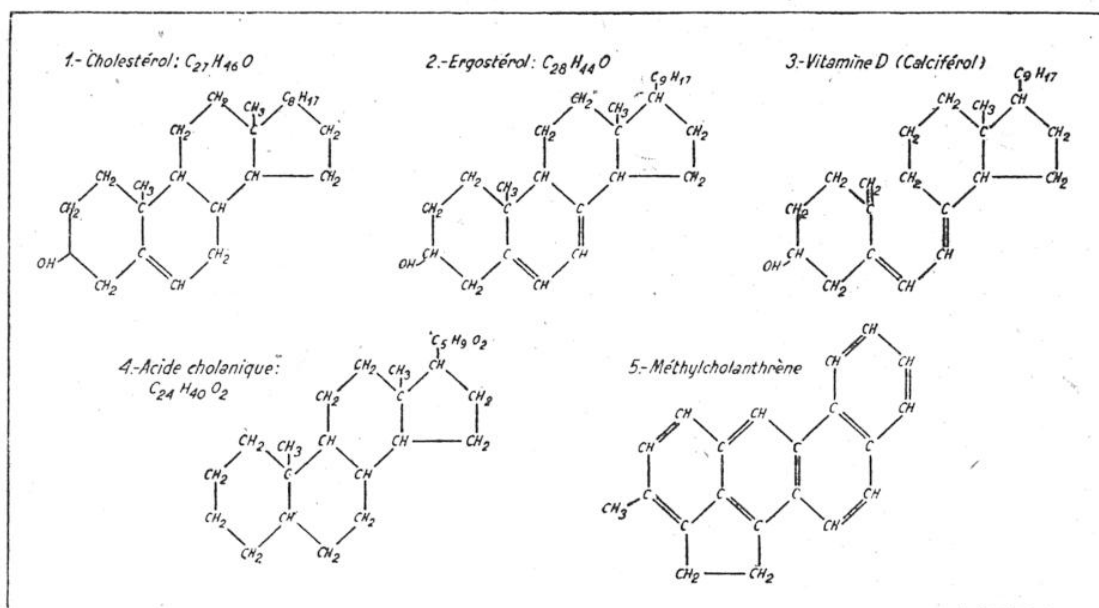
On sait, d'autre part, que la génétique ou science de l'hérédité a prouvé que les caractères héréditaires se trouvent sous la dépendance de microscopiques corpuscules renfermés dans les chromosomes et appelés gènes. Or, ce que nous savons du mode d'activité des gènes fait croire que leur action s'exerce par l'intermédiaire de substances diffusibles analogues à celles sécrétées par les organisateurs embryogéniques.

on ne peut se défendre d'un sentiment d'admiration à l'égard des remarquables résultats obtenus en hormonologie; formulés il y a seulement un quart de siècle, ils auraient paru sortir de l'imagination d'un Jules Verne.

Nous possédons dans les hormones sexuelles cristallisées des agents morphogénétiques d'une extraordinaire puissance. Quelques millièmes de milligramme exercent sur l'organisme des effets puissants. Des doses plus fortes, injectées à l'embryon, permettent d'inverser tous les organes sexuels; à la suite de ce traitement, les femelles de batraciens et d'oiseaux sont capables de développer des testicules producteurs de spermatozoïdes, les mâles des ovaires typiques (1).

Nous connaissons la composition chimique précise de toutes les hormones sexuelles. Nous savons que le déplacement de quelques atomes d'oxygène ou d'hydrogène, la substitution dans la molécule de doubles liaisons à des liaisons simples, la présence d'une fonction cétone ou d'une fonction alcool, changent du tout au tout les propriétés physiologiques des hormones; des substances masculinisantes peuvent être transformées en agents féminisants. Nous savons produire par synthèse des substances ambosexuelles caractérisées par l'équivalence de leurs propriétés masculinisantes et de leurs propriétés féminisantes.

(1) Voir *La Science et la Vie*, no 285, mai 1941.



T W 15995

TABLEAU VI. — QUELQUES SUBSTANCES ORGANIQUES VOISINES DES HORMONES SEXUELLES

Le cholestérol est présent dans toutes les cellules vivantes; les hormones sexuelles en dérivent. Par irradiation de l'ergostérol prend naissance la vitamine D. De l'acide cholannique (acide biliaire) dérive le méthylcholanthrène, puissant agent cancérogène.

Nous savons que les développements embryogéniques, les processus héréditaires, la détermination du sexe et des caractères sexuels relèvent de mécanismes analogues qui sont d'ordre humoral.

Nous avons enfin établi les rapports des hor-

mones sexuelles avec les stérols, les acides biliaires, certaines vitamines, les substances cancérogènes, et ces rapprochements jettent la plus vive lumière sur le cycle des processus physiologiques, tant normaux que pathologiques.

A. VANDEL.

Dans les pays qui ont officiellement et depuis longtemps adopté le système métrique, bien des systèmes archaïques et hétéroclites survivent à leur raison d'être par la force de la routine. Pour s'en tenir à la France seule, et à l'industrie textile en particulier, on connaît encore, dans le coton, à côté des unités métriques, le pouce et le quart de pouce (ce dernier étant d'ailleurs défini comme la 148^e partie du mètre!), ainsi que l'aune d'1,19 m, dont le nom a été oublié, mais à laquelle on se réfère par fraction d'1/4, dites « quarts ». En draperie, le même mot « quart » désigne le « quart de Saxe » d'environ 0,15 m. Parmi les autres unités bizarres, on trouve la « portée » (40 fils) et, dans certaines régions, le « rang » (2,50 m) et le « double » (1 500 m), pour n'en citer que quelques-unes. Pour la finesse des filés ou *titre*, il existe en France au moins douze systèmes de numérotage, exprimant tous la relation du poids de l'unité de longueur à l'unité de poids ou inversement. Les unités sont d'une diversité incroyable : 1 000 g, 500 g, 1 livre de Paris (489,5 g), 1 livre anglaise (453,6 g), 1 denier (0,05 g), etc., pour le poids; 450 m, 500 m, 700 m, 710 m, 714 m, 1 254 aunes (1 493,6 m), 3 600 m, etc., pour la longueur. Tout ce fatras se clarifierait par l'adoption du mètre, du kilogramme, et, pour le titre, du *numéro métrique*, nombre exprimant la longueur en mètres du fil pesant 1 kilogramme. Adopté par certaines branches du textile, ce système ne s'est pas généralisé faute d'avoir été rendu obligatoire. Il vient de prendre force de loi dans l'industrie cotonnière. Il convient d'en étendre l'obligation à toutes les branches du textile. Ainsi la ménagère achetant une pelote de 50 g saurait enfin non seulement si elle « ira loin » ou non, mais même « jusqu'où » elle ira.

L'ART MILITAIRE AU JAPON : TECHNIQUE, TACTIQUE ET STRATÉGIE

par Camille ROUGERON

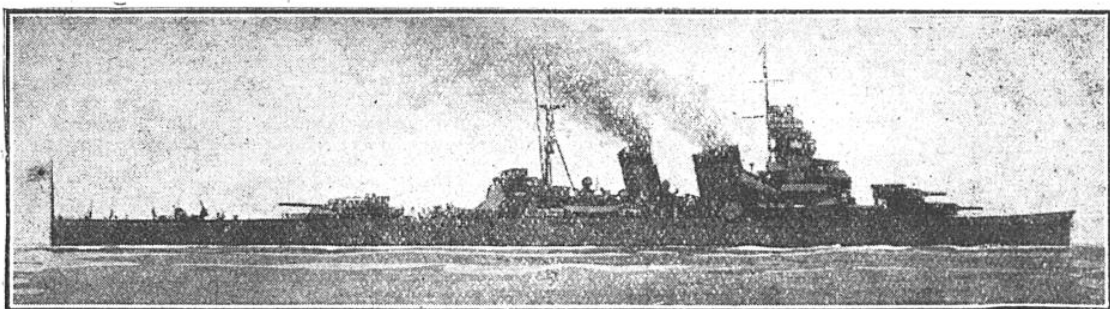
Dès les premières heures du conflit d'Extrême-Orient, les observateurs internationaux n'ont pas manqué d'être surpris à la fois de la rapidité d'action et de la violence avec laquelle le Japon a porté ses coups. Pour tous ceux qui croyaient l'économie japonaise épuisée par le long effort fourni en Chine, l'ampleur des moyens mis en œuvre et la maîtrise dans l'utilisation tactique de ces armes aura été une révélation. Le Japon, une fois de plus dans l'histoire du monde, s'est dressé soudainement en égal des grandes puissances occidentales qui le sous-estimaient visiblement. La tâche qu'il entreprend cette fois apparaît singulièrement vaste, et la dispersion même de ses attaques va à l'encontre des lois de l'art militaire qui paraissent encore aujourd'hui les moins contestables pour des esprits occidentaux. Un avenir prochain nous montrera si, comme tant d'autres, elles seront démenties par les faits, c'est-à-dire par des succès durables remportés sur les multiples théâtres où le Japon porte simultanément ses efforts.

Les particularismes militaires

Si les peuples admettent volontiers les discussions sur la valeur littéraire comparée des œuvres d'Homère, du Dante, de Cervantès, de Shakespeare et de Goethe, s'ils reconnaissent qu'Hippocrate, Pasteur et Ehrlich ont des titres différents, mais du même ordre, à leur reconnaissance médicale, ils se montrent beaucoup plus chatouilleux dès qu'il s'agit de questions militaires. « A quoi servirait une armée, a-t-on dit, si elle n'était la première du monde ? » Beaucoup plus de militaires qu'on ne l'imagine prennent la formule au sérieux et ne jugent pas toujours à leur juste valeur les armées voisines ; beaucoup de marins et d'aviateurs les imitent. De temps à autre, il faut bien que les redressements s'opèrent ; au grand étonnement des intéressés. Mais la leçon est vite oubliée.

Les qualités militaires sont beaucoup mieux réparties qu'on ne le pense communément. On se gardera d'en conclure que, sur ce point, toutes les nations se valent ; des expériences trop récentes viennent de démontrer le contraire. Mais on doit du moins rompre avec certains préjugés qui attribuent aux grandes puissances et à la race blanche le monopole des qualités militaires.

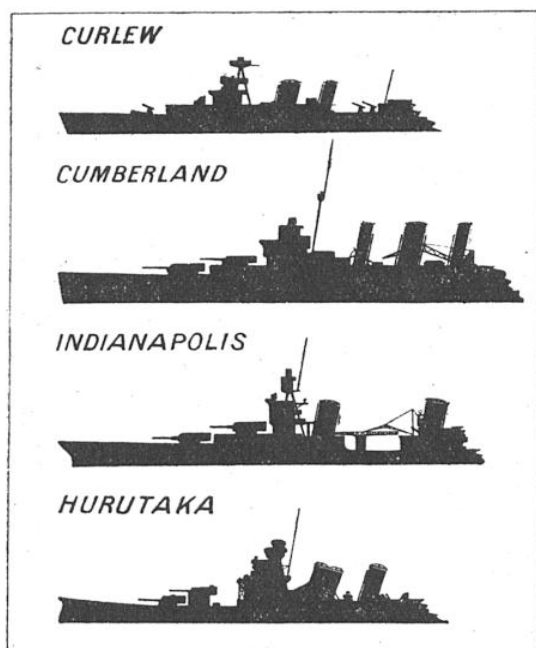
Il faut pareillement bannir l'état d'esprit de ceux qui trouvaient régulièrement aux succès japonais une explication dans l'insuffisance de leurs adversaires. Lorsque les visiteurs de l'amiral Ting, commandant en chef de l'escadre chinoise au cours de la guerre sino-japonaise, le trouvaient régulièrement jouant aux dés avec son factionnaire, on ne s'étonnait plus qu'au Yalou des croiseurs protégés japonais aient pu détruire une imposante escadre de cuirassés, et rapporter du combat quelques projectiles de rupture qu'un



T W 15967

FIG. 1. — LE CROISEUR JAPONAIS « HURUTAKA »

Ce croiseur, mis en chantier en 1922, est une adaptation d'un projet japonais pour calibre moindre aux caractéristiques de la conférence de Washington. Ceci explique, sans les justifier, des solutions aussi bizarres que le montage des six canons de 203 mm en tourelles simples (disposition primitive changée en 1939 pour la répartition des six pièces en trois tourelles doubles comme ci-dessus) ou le choix d'un tonnage aussi faible (7 100 t). On voit nettement sur la photographie la forme de l'étrave caractéristique des navires japonais, le dévers accentué de l'avant au voisinage immédiat du pont supérieur, une disposition mixte tour-tripode pour le soutien de la tourelle de télépointage, très heureuse du point de vue vibrations.



T W 15972

FIG. 2. — DISPOSITION DES CHEMINÉES PAR RAPPORT A LA MÂTURE SUR QUELQUES CROISEURS

Dès que l'on commença à placer sur l'avant des cheminées une mâture et des passerelles de grande largeur, on s'aperçut que, même par vent venant de l'avant, la dépression créée derrière la mâture attirait la fumée et gênait considérablement la conduite du tir. La gêne vient non seulement de l'obscurcissement dû à la fumée, mais surtout de la réfraction dans l'air chaud, même parfaitement transparent, et de la déformation des images qui en résulte. Telle était la disposition très gênante admise sur les croiseurs anglais mis en chantier au début de la guerre de 1914 (voir schéma du « Curlew »). Dès ses premières constructions d'après-guerre, l'Amirauté britannique porta remède à ce grave défaut en faisant déboucher les cheminées au-dessus de la tourelle de télépointage; c'est la règle suivie dans la construction des immeubles pour être sûr que les cheminées ne fument pas : prolonger les cheminées plus haut que le faite (« Cumberland » de 1924). La disposition des cheminées des croiseurs américains ne tient aucun compte de ce principe (« Indianapolis » de 1930). La marine japonaise obtient le même résultat que la marine britannique avec une hauteur de cheminée moindre en tordant la cheminée avant pour l'accoler à la cheminée suivante, et, ce qui n'apparaît pas sur le schéma, en réduisant la largeur des installations de conduite de tir dans la partie qui dépasse la hauteur des cheminées.

fournisseur mal contrôlé avait chargés d'un mélange de ciment et de charbon de bois. Lorsque, après des semaines de tension diplomatique, l'amiral Stark, commandant l'escadre de Port-Arthur, demandait au vice-roi Alexeïeff l'autorisation de mettre son escadre en état de repousser une attaque et recevait la réponse que cela était « prématuré » (on se demande ce qu'il faut admirer le plus de la question ou de la réponse), on croyait tenir l'explication des succès de l'amiral Togo; on était bien certain que de telles circonstances ne se rencontreraient pas en décembre 1941. On a eu tort, ces derniers mois, de juger l'organisation militaire japonaise à son impuissance à résoudre l'affaire de Chine, de trop tabler sur l'inaptitude congénitale de

l'Oriental à la manœuvre d'un avion. Le soldat japonais qui ne vient pas à bout d'un Chinois ne craint rien du même Australien qui a tenu Tobrouk pendant des mois sous l'assaut des divisions blindées de Rommel; l'aviateur japonais coule fort bien, au large de Malacca, les cuirassés qui narguaient les « Stukas » et les « Picchiattelli » dans le canal de Sicile.

Technique occidentale et japonaise

C'est un lieu commun de rappeler que le Japonais ne sait pas créer, mais seulement copier. Il n'a assurément inventé ni la poudre sans fumée, ni les blindages en acier au nickel-chrome cimentés, ni les canons autofrêtés, et s'est borné à construire des navires de guerre où ses ingénieurs ont appliqué toutes ces découvertes de leur mieux.

Le Japonais serait-il donc le seul à opérer ainsi, et faut-il voir un signe d'infériorité de réussir à la guerre sans armes inédites? L'Allemand n'a pas davantage inventé le char; lui refusera-t-on la gloire d'avoir transformé les conditions de la guerre grâce à lui?

C'est un mérite qui n'est pas mince de savoir choisir parmi toutes les armes et leurs différentes réalisations la plus convenable à vous assurer le succès. Il est des pays où bien des gens sont capables, non seulement d'inventer le char, mais de découvrir toutes les raisons pour lesquelles cet engin ne doit absolument rien changer aux conditions de la guerre, et de démontrer qu'il est inutile d'en fabriquer. Cette agilité intellectuelle fait assurément défaut au Japonais; est-ce vraiment une infériorité?

Depuis que le Japon a commencé l'exécution de ses tentatives d'hégémonie en Extrême-Orient, ses chefs militaires ont toujours fait preuve du jugement le plus sain dans le choix de leurs armes.

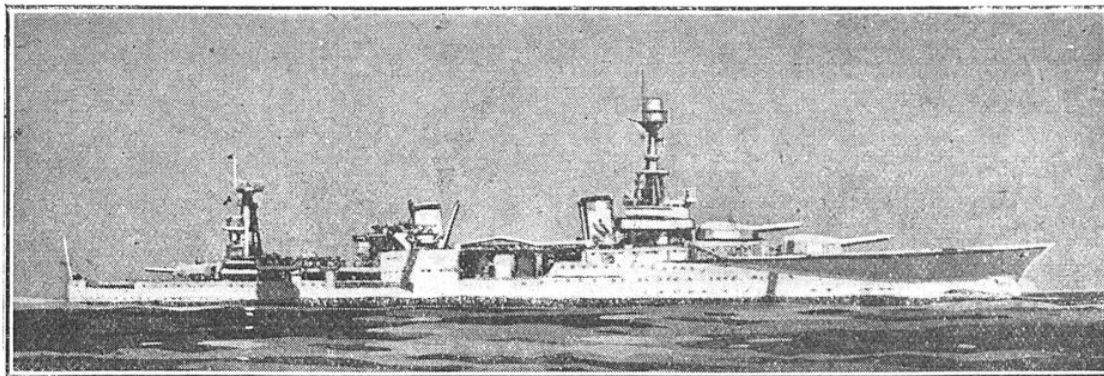
Pour entreprendre sa première guerre contre la Chine, il fallait au Japon une marine. Il était encore moins riche qu'aujourd'hui, et la marine chinoise n'était pas négligeable. Elle comprenait un nombre imposant de cuirassés qu'il eût été long et coûteux de vouloir surclasser en nombre, car rien n'assurait que l'adversaire, méfiant, n'en construirait pas d'autres pour maintenir son avance. L'Amirauté japonaise fit appel à l'ingénieur français du génie maritime Bertin, qui essayait vainement d'opposer le principe du cloisonnement au principe du cuirassement. Seule la marine italienne, avec ces deux ancêtres du croiseur de bataille qu'étaient l'*Italia* et le *Lepanto*, avait accepté de remplacer la cuirasse de ceinture par une tranche cellulaire à la flottaison. La marine japonaise fut séduite par cette solution; Bertin lui construisit une série de croiseurs « protégés », c'est-à-dire sans ceinture et recouverts d'un seul pont blindé que surmontait un cloisonnement serré; l'armement comportait à la fois l'artillerie moyenne à tir rapide jugée alors indispensable pour le tir à grande distance (c'est-à-dire 4 000 ou 5 000 m) et une artillerie de 310 mm, calibre inusité pour des bâtiments d'aussi faible tonnage, mais indispensable pour la perforation des ceintures à courte distance (2 000-3 000 m) au cas où la première ne suffirait pas. La marine chinoise n'avait pas lieu de prendre ombrage de bâtiments aussi modestes. Mais les croiseurs protégés japonais remplirent exactement le rôle qui leur était assigné et l'on assista, au Yalou, à ce spectacle curieux de quelques croiseurs protégés écrasant une escadre de cuirassés. Le choix judicieux des

bâtiments japonais entraient certainement dans le résultat pour une part au moins égale à celle de l'amour du jeu chez l'amiral Ting, ou à l'habileté de ses fournisseurs à vendre des projectiles d'exercice pour des projectiles de combat.

On ne doit d'ailleurs pas croire que le Japonais est incapable d'améliorer les solutions qu'il emprunte à l'étranger. Il suffit de regarder ses navires pour s'en convaincre. Les transformations qu'il fait subir au modèle nous choquent le plus souvent. Ses cuirassés, avec un avant muni d'une guibre parimonieuse, une cheminée tordue et un mât heptapode surchargé de passerelles nous paraissent bien mal dessinés. Pourquoi ne pas faire, comme tout le monde,

en pénétrant à 36 nœuds dans les lames, il n'y a pas de raison pour qu'il ne résiste pas aussi bien, si on le met à l'avant d'un croiseur qui n'en fait que 34. Ils ont donc entrepris de faire les avants avec des échantillons de tôle à peu près indépendants du déplacement, ce qui n'aurait aucun succès auprès du Lloyd et de quelques autres sociétés de classification, mais paraît dénoter une certaine compréhension du rôle respectif de la tôle de bordé et des membranes sous bordé.

Cette cheminée tordue qui dégrade si fâcheusement la silhouette des bâtiments japonais, on n'a pas la prétention de découvrir qu'elle a pour objet d'éloigner la fumée et l'air chaud des instruments d'observation placés au sommet de



T W 15960

FIG. 3. — LE CROISEUR AMÉRICAIN « AUGUSTA »

Ce croiseur, de 9 050 tonnes, avec ses neuf canons de 203 mm, sa ceinture légère et son pont blindé, ses 35 nœuds, représentait un type courant de la construction navale à l'époque où il fut mis en chantier (1928). On notera les solutions où la technique japonaise est supérieure à la technique occidentale : forme de l'étrave et dévers de l'avant, emploi d'un tripode de grande hauteur, certainement sujet à d'importantes vibrations, cheminée avant enfumant ou gênant la tourelle de télépointage.

une guibre à faible courbure qui améliore si heureusement la silhouette avant, des cheminées légèrement inclinées qui donnent l'impression de la vitesse, et un mât tripode dégagé, à l'époque du moins où le mât tripode était à la mode?

En réalité, toutes ces innovations ont été soigneusement pesées.

Les formes d'avant, en dehors de l'esthétique, n'ont d'autre rôle que de permettre le maintien de la vitesse en évitant au mieux les embruns. Les guibres imposantes se payent au moment fléchissant au maître-couple au moment où elles entrent dans la lame. Soyons assuré que la petite pointe d'étrave et le dévers à forte courbure qui la suit ont été expérimentés pour répondre aux conditions militaires indispensables avec le moindre poids de coque. Il n'est pas de petites économies quand on veut monter sur un croiseur quinze canons de 155 mm, là où d'autres se contentent de huit.

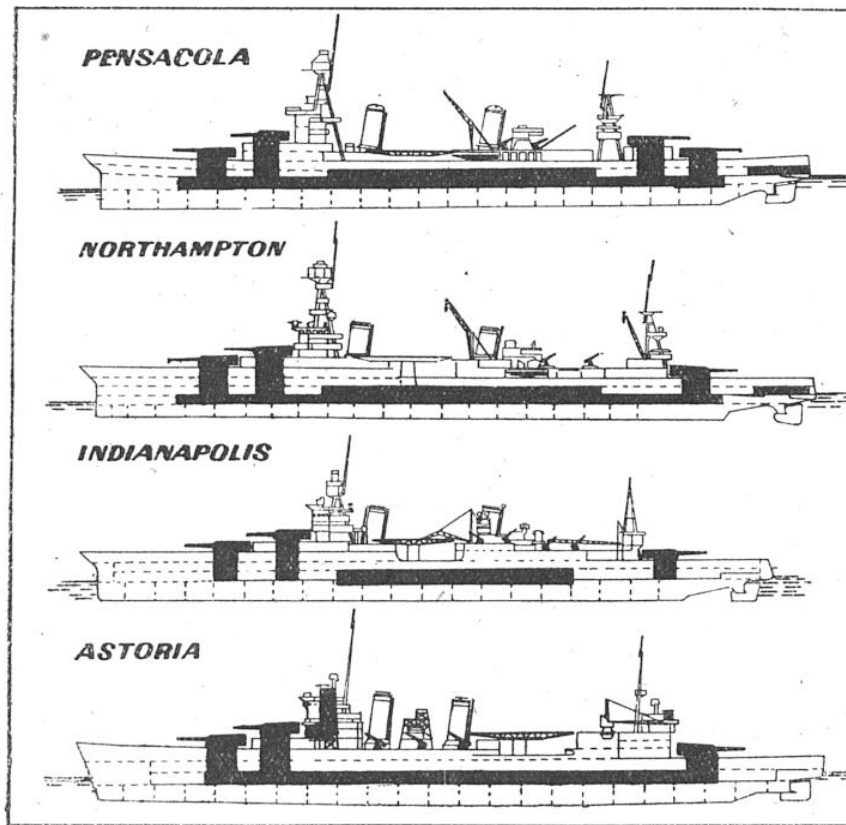
Toutes les marines, de guerre et de commerce, déterminent les échantillons de tôles de l'avant en appliquant un certain coefficient de réduction aux échantillons dans la région centrale : le bordé de carène d'un croiseur, en tôle de 20 mm au maître-couple, sera par exemple réduit à 12 mm à l'avant; celui d'un contre-torpilleur, en tôle de 10 mm, sera réduit à 6 mm. La règle, vérifiée par plus d'un siècle d'expérience de la construction métallique, semble au premier abord naturelle. Mais les constructeurs japonais, malins, ont remarqué que, puisqu'un avant de contre-torpilleur en tôle de 6 mm ne s'écrase pas

la mâture avant dans le cas où le vent vient de l'arrière. Si l'on compare la silhouette d'un croiseur américain et celle d'un croiseur japonais, nul doute que la première soit beaucoup plus agréable. Mais faut-il payer ce souci d'esthétique en sacrifiant une qualité essentielle dans le combat d'artillerie?

Le mode d'installation des tourelles de télépointage est l'une des questions qui a été traitée de la manière la plus variée par les différentes marines. Le problème est de fournir à cette tourelle, à une hauteur au-dessus de la flottaison qu'impose le tir à des distances de 30 000 à 40 000 m, un bâti rigide. La rigidité s'entend ici, non point de la déformation possible sous l'action du vent, des forces d'inertie au roulis... mais de la résistance aux vibrations qui sont le facteur le plus gênant pour l'observation.

La marine britannique avait adopté le mât tripode. Elle sortait de la guerre de 1914-1918 avec une réputation méritée. Toutes les marines ou presque se mirent donc à installer des tripodes sur les navires en service ou en construction de 1918 à 1930. La marine française admit le tripode; la marine italienne également; la marine américaine remplaça ses mâtures en treillis par des tripodes. Deux grandes marines seulement se refusèrent à suivre la mode: la marine allemande, qui resta fidèle au mât unique, et la marine japonaise, qui adopta une solution de mâture heptapode d'apparence extraordinaire.

Pour peu qu'on examinât théoriquement le problème, ou qu'on se donnât la peine de re-



T W 15969

FIG. 4. — ÉVOLUTION DE LA MÂTURE AVANT DES CROISEURS LOURDS AMÉRICAINS

Les quatre schémas ci-dessus permettent d'étudier l'évolution de la mâture avant des quatre types de croiseurs américains de la classe A, c'est-à-dire porteurs d'une artillerie de 203 mm. La classe Pensacola, mise en chantier en 1926-27, comporte le mât tripode de grande hauteur, mât entretoisé, à la mode après 1918. La classe Northampton, mise en chantier en 1928, comporte une amélioration de l'entretoisement du tripode, efficace parce qu'appliqué aux extrémités, et une transformation de l'arrière, en vue de réduire l'amplitude des vibrations transmises par les hélices. La classe Indianapolis, mise en chantier en 1930, comporte les deux seules améliorations vraiment efficaces, réduction sensible de hauteur de la tour de télépointage, incorporation du mât tripode à une superstructure avant qui en étouffe à peu près complètement les vibrations. La classe Astoria, mise en chantier de 1930 à 1935, comporte la suppression du tripode remplacé par une tour et un mât unique. C'est la solution universellement admise aujourd'hui; elle n'est pas supérieure à celle du tripode court, noyé dans les superstructures, du point de vue des vibrations; mais, supprimant le tripode inutile, elle est plus légère. Ainsi, il a fallu huit ans à la marine américaine, et l'expérience fâcheuse de la moitié de ses croiseurs lourds en service en 1931, pour porter remède à un défaut grave auquel la marine japonaise avait paré dès 1922.

garder vibrer un mât tripode, on s'apercevait que cette disposition était l'une des plus fâcheuses qu'on pût imaginer pour résister aux vibrations, et la marine britannique, qui avait été la première à l'essayer, fut aussi la première à l'abandonner et à la remplacer par la « tour » des *Nelson* mis en chantier en 1922. Mais la construction navale n'a point des réactions aussi rapides que la construction aéronautique ou automobile. Dix ans plus tard, la mode du tripode n'avait pas encore complètement disparu, et la marine américaine remplaçait encore par des tripodes des mâts en treillis certainement beaucoup mieux adaptés à leur rôle.

Des deux marines dissidentes, l'une, la marine allemande, présentait une solution qui avait pour elle, en apparence, toutes les justifications

théoriques. Pour éviter des vibrations de fréquence connue (ici, celle du passage des ailes d'hélice devant la coque), il suffit d'interposer un support à vibration propre de fréquence beaucoup plus faible : c'était le mât unique aux lents balancements. On emploie la même solution en technique aéronautique pour éviter la transmission des vibrations des moteurs à la charpente, puis de la charpente aux appareils de tableau. On avait malheureusement oublié un certain nombre de facteurs, en particulier la différence de vitesse de rotation des hélices et les « battements » à faible fréquence qui en résultent, et la marine allemande, qui admettait encore le mât unique sur le *Deutschland*, mis en chantier en 1928, devait passer à la tour sur le deuxième bâtiment de la série, l'*Admiral-Scheer*, mis en chantier en 1931.

Le défaut essentiel du mât tripode est la vibration synchrone des pieds, visible à l'œil nu sur les tripodes légers. Il est fort probable que la mâture heptapode japonaise, avec ses mâts de guingois et ses nombreuses passerelles, n'a pas été la conception originale d'un service technique, mais le rafistolage de quelque mât tripode dont

on aura trouvé les vibrations trop gênantes. On y reconnaîtra du moins le mérite d'avoir su sacrifier l'esthétique aux qualités militaires et de n'avoir pas cru que la solution du problème était d'entraîner un télémetriste à saisir la coïncidence d'images sautillantes et déformées par la réfraction dans les fumées. La technique américaine est assurément incomparable pour supprimer les vibrations d'un moteur d'automobile à douze cylindres ou de sa boîte de vitesse automatique : elle avait, en 1930, des leçons à prendre auprès de la marine japonaise pour atténuer les vibrations des mâtures.

La véritable solution de la mâture rigide est la tour, dont la fréquence des vibrations propres est beaucoup plus élevée que celle des vibrations imprimées au navire par ses hélices.

Elle a été empruntée par les marines occidentales, souvent avec cinq ou dix ans de retard, à la marine britannique qui l'inaugura sur le *Nelson*, mis en chantier en décembre 1922. La marine japonaise en avait compris l'intérêt en même temps, peut-être même avant, avec ses croiseurs type *Hurutaka*, mis en chantier en 1922, et *Nachi*, en 1923.

De ce rapide examen de quelques-unes des réalisations originales de la marine japonaise, limité aux plus visibles, on conclura sans doute que ce que l'on n'en aperçoit pas n'est pas sans qualités.

Tactique occidentale et japonaise

La manière de se servir d'une arme a tout autant d'importance que l'arme; on en trouvera dans l'emploi du char et de l'avion au cours de la guerre de 1939 autant d'exemples qu'on en désirera. Mais il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre les armes à la mode pour que s'affirme la prééminence du facteur tactique dans l'art militaire. La tactique est l'art de réussir, en situation offensive comme en situation défensive, même avec des armes désuètes, et la défense de Narvik, sans chars et sans avions, montre ce qu'on peut faire dans cet ordre d'idées.

Si l'on persiste à refuser aux Japonais l'imagination technique, nul, croyons-nous, ne leur refusera le sens tactique.

Si l'on en croit Bertin, il insista beaucoup,

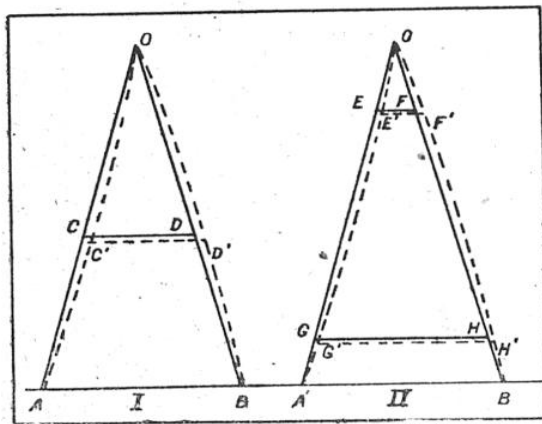


FIG. 5. — VIBRATIONS DES MÂTURES TRIPODES

Le défaut commun des mâtres tripodes est la vibration synchrone de leurs pieds. Elles transmettent donc aux appareils de mesure et d'observation qu'elles supportent les vibrations gênantes à fréquence faible des pieds pris individuellement, et non pas les vibrations peu gênantes à grande fréquence de la pyramide triangulaire supposée pleine dont les pieds forment les arêtes. Il n'y a donc pas d'amélioration sensible par rapport à la mâtresse simple, si ce n'est une réduction de l'amplitude des balancements sous l'action du vent et du roulis, qui sont très peu gênants. La figure, qui représente schématiquement deux des pieds d'un tripode, montre qu'on ne peut espérer s'opposer à ces vibrations par des entretoises encastrées sur les pieds (passerelles...) disposées à mi-hauteur. En effet, au cours de la vibration (passage de la position en traits pleins à la position en traits mixtes), les angles C et D de l'entretoise et des pieds ne varient pas. Au contraire, des entretoises encastrées, telles que EF et GH, sont efficaces, parce que l'encastrement s'oppose à la variation des angles des entretoises et des pieds. L'amplitude des vibrations d'un tripode tel que I est donc très supérieure à celle d'un tripode tel que II.

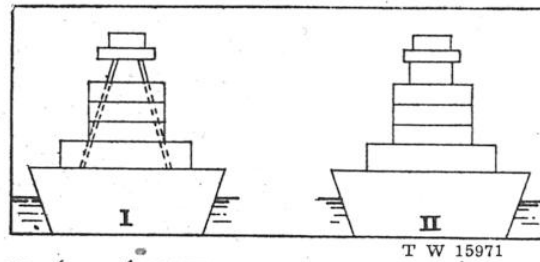


FIG. 6. — ÉTOUFFEMENT DES VIBRATIONS D'UN TRIPODE PAR DES SUPERSTRUCTURES LÉGÈRES

On ne peut songer à réduire l'amplitude des vibrations ou à en modifier la fréquence par renforcement des échantillons d'un tripode : la fréquence, et, en première approximation, l'amplitude des vibrations d'une tige cylindrique creuse à parois minces sont indépendantes de l'épaisseur de cette paroi. Les tripodes très lourds employés, sur les navires de ligne, à l'origine des tourelles de télépointage, ne valaient guère mieux que les tripodes plus légers qu'on a dû monter sur les croiseurs. Au contraire, si on relie le tripode sur toute sa hauteur à des superstructures légères (fig. 1), on étouffe ses vibrations par la présence de cette charpente à base large, qui n'est susceptible que de vibrations à grande fréquence. On peut d'ailleurs supprimer le tripode (tour de la fig. II); le résultat est sensiblement le même du point de vue vibrations.

avant son départ du Japon, pour que l'on n'exposât pas les croiseurs protégés qu'il avait construits à un tir d'enfilade dont quelques coups étaient susceptibles de compromettre l'étanchéité de la tranche cellulaire sur de grandes longueurs. C'était condamner le combat en ligne de front, à la mode depuis Lissa, et l'organisation de l'étrave en éperon, et imposer le choix de la décision par l'artillerie au cours d'un combat en ligne de file. Le choix était risqué; s'il était bien un cas où l'éperon eût des chances de l'emporter, c'était dans l'attaque d'un croiseur rapide et manœuvrant contre un cuirassé lent et lourd; Bertin, malgré son diplôme de docteur en droit et sa découverte de la théorie de la houle trochoïdale (cette dernière aptitude est encore moins utile que les connaissances juridiques dans l'étude d'un problème tactique) pouvait être jugé une autorité insuffisante en la matière. Le commandement japonais accepta le retour au combat en ligne de file et n'eut, au Yalou, qu'à s'en féliciter.

La marine japonaise, au cours de ses combats avec les escadres russes, fut incontestablement l'initiatrice du tir à grande distance. Là encore, on peut vouloir rapporter l'initiative à sir Percy Scott qui lançait au même moment la marine britannique dans la même voie; on trouve des précurseurs en tous domaines. Mais il faut bien reconnaître à la marine japonaise le mérite d'avoir donné à la conduite du tir à grande distance une solution qui ne faisait aucun appel à l'étranger; on ne trouvait alors sur le marché ni inclinomètres ni conjugateurs mécaniques. Le résultat fut parfait; la proportion des coups au but fut presque dix fois plus forte dans le tir japonais que dans le tir russe.

De tels précédents expliquent que l'aviation navale japonaise ait été la première à couler un navire de ligne. Une fois de plus, il est bien certain que l'on trouvera des précurseurs pour avoir proclamé que l'avion devait venir à bout du cuirassé, pour avoir affirmé que la seule tactique possible était l'attaque en piqué, pour avoir même conseillé l'attaque massive si l'on

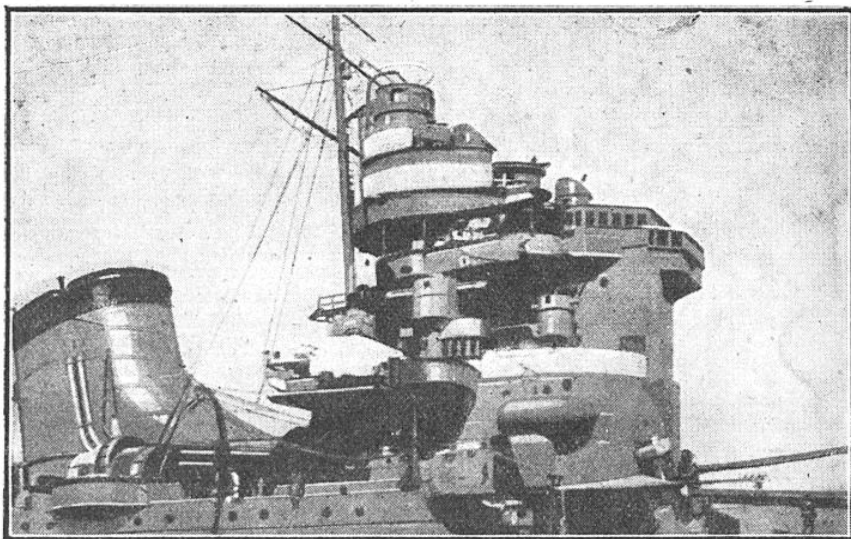


FIG. 0. — LE BLOCKHAUS ET DEUX CHEMINÉES AVANT DU CROISEUR JAPONAIS DE 10 000 TONNES « MYOKO »

voulait obtenir le résultat avec le moins de pertes. Mais il faut bien reconnaître que la marine japonaise fut la seule à s'être laissée convaincre, et à avoir manifesté sa conviction par l'envoi risqué de ses deux plus gros porte-avions à Hawaï, et peut-être même par une déclaration de guerre aux deux plus puissantes marines du monde.

Stratégie occidentale et stratégie japonaise

Si le Japonais est capable d'innover en technique et en tactique, pourquoi s'en abstenait-il en stratégie? Il vient de le faire avec une audace que seule peut expliquer l'énorme disproportion apparente des forces nippones et de la coalition qu'elles doivent affronter.

Quand le général Karl von Clausewitz, après trente ans d'études de la guerre et vingt ans de professorat, mourut avant d'avoir pu terminer son œuvre maîtresse, il tint à prévenir les futurs lecteurs que le premier chapitre du premier livre était le seul qu'il considérât comme achevé. Le septième livre sur l'offensive, n'était qu'une « esquisse »; le huitième, sur le plan de guerre, qu'une « ébauche ». C'est cependant cette ébauche, du plus philosophique des esprits qui aient jamais médité sur la guerre, qui nous explique depuis plus d'un siècle les échecs réguliers de tant de grands généraux qui croient pouvoir en mépriser les principes.

Tant qu'il s'agit de savoir si l'on enveloppera les ailes ou si l'on attaquera le centre, ou même s'il ne vaut pas mieux, comme le soutenait le général Boum de « La Grande-Duchesse de Gérostein », enfoncer le centre en même temps qu'on tourne les ailes, on peut se permettre les innovations en nombre assez limité qui ont vite fait d'épuiser le sujet. L'étude de Clausewitz pourra d'ailleurs porter à quelque scepticisme les admirateurs trop exclusifs de la bataille de Cannes ou de Napoléon. Mais, dès qu'il s'agit de la conduite de la guerre sur un plan plus général, la liberté se restreint.

Le commandement japonais a débuté par une de ces offensives générales qui doit combler d'aise tous ceux dont la seule crainte est que « de restrictions en arguties, de tempéraments en accommodements on n'arrive à tuer l'esprit d'offensive, dont la vigueur exige précisément la pureté et peut-être même l'outrance première ».

Signalons à ceux qui n'ont point le temps ou le désir de faire, comme Timochenko, de Clausewitz leur livre de chevet, qu'il est peu d'auteurs qui insistent davantage sur la puissance de la défensive, et ne mettent mieux en garde contre « l'anéantissement

de l'assaillant par ses propres efforts, principe qui, dans la plupart des campagnes, a porté le grand coup, quoi qu'on en fasse à peine mention ».

Lorsqu'on a décidé de passer à l'offensive — et on admettra aisément que le Japon n'est pas entré en guerre pour attendre sur la défensive l'usure de ses adversaires — il faut choisir ses objectifs successifs. On a une tendance bien naturelle à essayer de les atteindre dans l'ordre où ils sont le plus aisés. C'est peut-être la découverte la plus remarquable de Clausewitz d'avoir soutenu que l'offensive devait être dirigée d'abord contre « l'ennemi principal », que celui-ci une fois terrassé, tout le reste s'écroulera, et qu'à vouloir suivre la marche inverse on payait cher les succès brillants remportés au début.

En tout cas, s'il est un principe encore plus indiscuté de la stratégie occidentale, c'est de sérier ses efforts offensifs pour venir successivement à bout de ses adversaires dans l'ordre où on les aura choisis. Si Hitler s'est permis quelques entorses aux principes de Clausewitz, il n'a jamais transgressé celui-là. En Pologne, en Norvège, sur le front occidental, dans les Balkans, en U.R.S.S., il s'est toujours arrangé pour n'avoir à conduire qu'une opération offensive unique. Dès la première semaine, le Japon, engagé en Chine depuis quatre ans, lançait ses attaques en Malaisie, en Birmanie, aux Philippines, à Hong-Kong, à Bornéo. Pour une guerre qui, à en croire le porte-parole officiel du ministère de la Guerre japonais, doit durer dix ans, c'est entreprendre bien vite des opérations dont on ne peut escompter pour toutes une conclusion rapide. Leur entretien sera-t-il très aisé dans quelques années?

L'avenir dira si les débuts brillants de l'offensive japonaise vaudront au commandement les succès durables qu'il en espère, ou si les disciples de la stratégie occidentale classique n'auront à enregistrer qu'une confirmation nouvelle de leur doctrine.

Camille ROUGERON

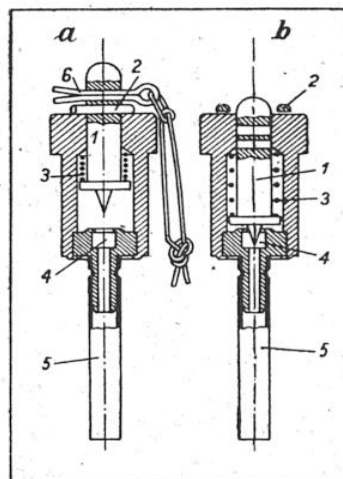
LES MINES ANTICHARS

par V. RENIGER

Dans leurs offensives-éclaircies des premiers mois de guerre, les divisions blindées ne trouvèrent en face d'elles qu'une défense insuffisamment pourvue de tous les engins actifs et passifs étudiés pour arrêter les chars et encore inexperte à les coordonner. Aujourd'hui, en Russie comme en Afrique, il n'est aucune offensive, d'envergure qui ne rencontre, sur de grandes profondeurs, des obstacles artificiels de toute sorte, complétant de plus en plus efficacement les fortifications de l'adversaire, et qui ne cherche à se protéger elle-même des contre-attaques par des champs de mines étendus et denses hâtivement posés. L'emploi systématique et massif de la mine terrestre oblige l'assaillant à des opérations de détection et de nettoyage très dangereuses et lentes, et il faut voir là, avec les difficultés d'approvisionnement dues à l'allongement des lignes de communications, une des causes principales de l'évolution récente de la méthode de progression des forces blindées.

LES opérations qui se déroulent à l'Est depuis le milieu de l'année 1941 font intervenir des masses de chars encore plus considérables qu'aucune campagne précédente. Pourtant les blindés n'ont pas obtenu sur ce front des résultats aussi rapides que sur le front occidental et dans les Balkans. Si cette différence de succès peut être attribuée à une moins grande disproportion des forces sur le nouveau front que sur les anciens et aux difficultés rencontrées par la Wehrmacht du fait du climat et de l'état du terrain en Russie, on doit aussi pour une grande part l'attribuer au perfectionnement des méthodes de défense antichars. Obstacles de toutes sortes, pièges, lance-flammes sont employés sur de grandes profondeurs pour retarder la progression des blindés. Les chasseurs de chars et les avions d'assaut

s'emploient à en détruire le plus possible. Mais le procédé le plus facile à mettre en œuvre pour retarder et rendre extrêmement coûteuse l'avance de l'assaillant est

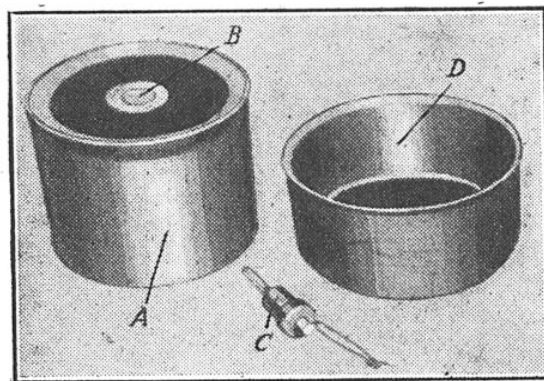


T W 15944

Sous l'action d'une charge de 150 à 200 kg, la goupille 2 en laiton est cisailée et libère le percuteur 1. Le ressort 3 lance alors celui-ci sur l'amorce 4 qui, en détonant, provoque l'explosion du détonateur 5. En (b), la fusée après fonctionnement.

FIG. 1. — FUSÉE DE MINE ANGLAISE FONCTIONNANT PAR CISAILEMENT D'UNE GOUPILLE

En (a), la fusée munie de sa goupille de sécurité 6, que l'on retire en posant la mine. En (b), la fusée après fonctionnement.



T W 15955

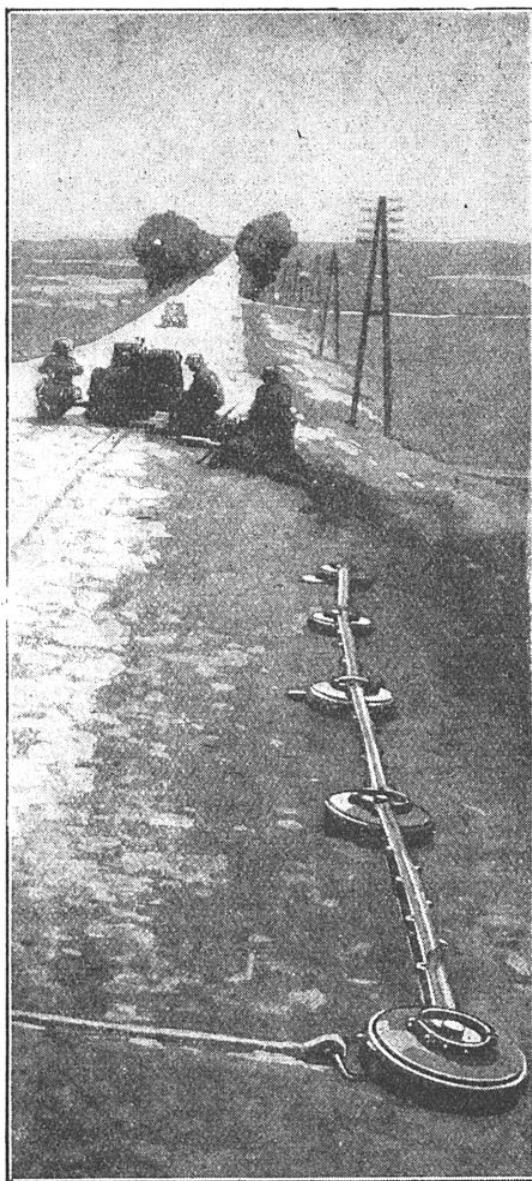
FIG. 2. — MINE ANGLAISE ANTICHARS AT MARK III

Cette mine, d'un poids total de 4 kg, renferme une charge de 2,9 kg qui est coulée dans un récipient complètement hermétique A. Sur le couvercle de ce récipient est fixé par soudure un logement B pour la fusée C. Celle-ci est du type décrit à la fig. 1; elle n'est pas vissée dans le logement, ce qui permet de la retirer avec un minimum de danger. Les fusées à goupille présentent en effet cet inconvénient qu'on ne sait pas si la goupille est encore en bon état quand on retire la fusée. Le couvercle D en tôle de 1,5 mm d'épaisseur forme cloche à plongeur et la mine peut ainsi fonctionner sous l'eau. La mine ne peut être placée à découvert à cause de sa forme particulière; de plus, dans le cas d'une charge excentrée, la cloche peut se coincer et empêcher le fonctionnement de la fusée. Cette mine remarquablement simple est facile à construire en grande série.

sans conteste l'emploi massif de la mine terrestre qui le force à perdre son temps au nettoyage du terrain avant toute progression et qui, rapidement posée sur les arrières des éléments aventureux, peut leur couper la retraite comme ce fut le cas pendant l'offensive de 1939-1940 sur le front finlandais, pour les divisions blindées soviétiques.

Les communiqués des belligérants nous ont appris que vers la fin du mois de novembre 1941 Moscou était protégée par d'immenses champs de mines. En même temps on a cons-

taté un changement de la tactique des divisions blindées allemandes qui ont renoncé à leurs opérations hardies de progression rapide sur l'arrière des lignes ennemies.



T W 15950

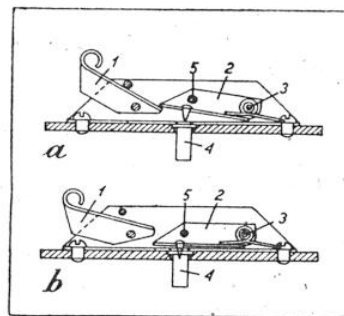
FIG. 3. — CHAPELET DE MINES SOVIÉTIQUES DÉTÉRÉES SUR UNE ROUTE PAR L'ARMÉE ALLEMANDE

Mines antichars et mines contre le personnel

La mine terrestre n'est pas une nouveauté de l'art militaire, et les premiers chars français de la guerre de 1914-1918 rencontrèrent des mines antichars allemandes. On distingue actuellement deux sortes de mines terrestres. Les premières sont destinées à détruire les chars, les secondes

FIG. 4. — FUSÉE NORVÉGIENNE A DÉCLENCHEMENT PAR LEVIER

En (a), la fusée avant fonctionnement. Une traction exercée sur le levier 1 le fait pivoter sur son axe. Il libère alors le levier 2 qui porte la pointe du percuteur. Sous l'action du ressort 3, le percuteur vient frapper l'amorce 4. La sécurité est assurée pendant le transport par une broche 5 immobilisant le levier 2.



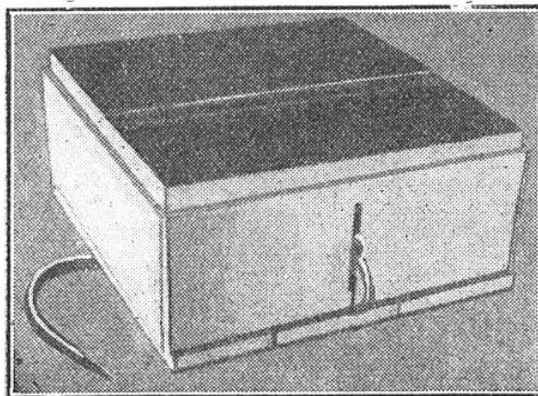
T W 15945

En (b), la fusée après fonctionnement.

agissent sur le personnel à découvert ou faiblement protégé.

Dans le premier cas, la mine n'agit pas par ses éclats qui sont inefficaces contre le blindage. Ses effets de destruction sont dus à la pression exercée par les gaz de l'explosion sur la cuirasse du plancher ou le métal de la chenille. La mine est légèrement enfoncée dans le sol qui constitue un bourrage. Comme c'est l'explosif qui agit dans ce cas, on a intérêt à réaliser une mine qui renferme la plus grande charge possible d'explosif pour un poids donné et dont les parois et la fusée pèsent au contraire le moins possible.

Dans le second cas, au contraire, l'effet recherché est celui d'un obus explosif agissant sur le personnel à découvert. L'effet de souffle de



T W 15953

FIG. 5. — MINE NORVÉGIENNE DE 8 KILOGRAMMES

Cette mine contient 3 kilogrammes de tolite, contenus dans une caisse de bois. Le couvercle de la caisse est double. Sur le couvercle inférieur une traverse d'acier porte le détonateur et la fusée qui est du type de la fig. 4. Le fonctionnement de la mine peut être déclenché de deux manières différentes. Si on exerce une pression sur le couvercle supérieur de la mine, celui-ci, qui n'est supporté que par des planches verticales très fragiles, vient écraser le levier 1 (fig. 4) et provoque le fonctionnement de la fusée. Si on essaie de relever la mine, un cordon (visible sur la photographie), ancré au sol et fixé à l'anneau de la fusée, provoque le fonctionnement de celle-ci. Etant donnée la faiblesse de la charge susceptible de faire fonctionner la mine, celle-ci est inefficace à la fois contre les chars et le personnel. Sa fabrication ne peut être entreprise en grande série, et elle ne peut être considérée que comme un engin accessoire.

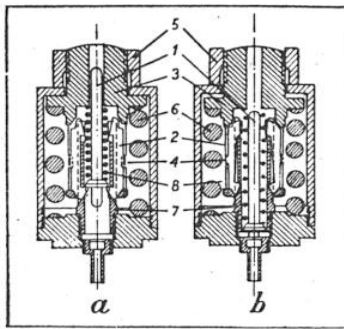


FIG. 6. — FUSÉE LOURDE BELGE POUR MINE ANTICHARS

Cette fusée n'est déclenchée que par une poussée de 850 kg. Aussi est-elle construite d'une façon très robuste et elle ne pèse pas moins de 1 kg. Le ressort 8 du percuteur 1 ne peut pousser celui-ci vers l'amorce que s'il est libéré des leviers 2.

Avant le fonctionnement de l'engin, ces leviers sont maintenus en place par une bague 4. Quand le poussoir 3 est abaissé avec une force suffisante, il agit sur la tête des leviers, et provoque la rupture de l'anneau 4. Un ressort très fort 6 s'oppose à l'enfoncement du poussoir (un anneau 5 de sécurité empêche l'enfoncement du poussoir au cours du transport). En (a), la fusée avant fonctionnement; en (b), la fusée au moment du fonctionnement. Cette fusée présente l'inconvénient de ne pas être étanche et sa complication rend difficile sa construction en grande série.

T W 15949

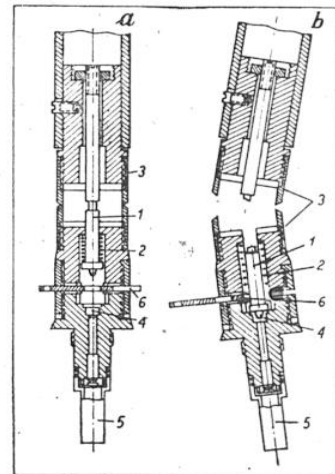


FIG. 8. — FUSÉE FRANÇAISE FONCTIONNANT PAR FLEXION

En (a), la fusée avant fonctionnement; en (b), le fonctionnement de cette fusée. La rupture du tube de cuivre 3 entraîne celle de l'extrémité du percuteur 1. Celui-ci est libéré et le ressort 2 le lance vers l'amorce 4 qui allume le détonateur 5. Le verrou de sécurité 6 s'interpose pendant le transport entre le percuteur et l'amorce et empêche le fonctionnement accidentel de la fusée.

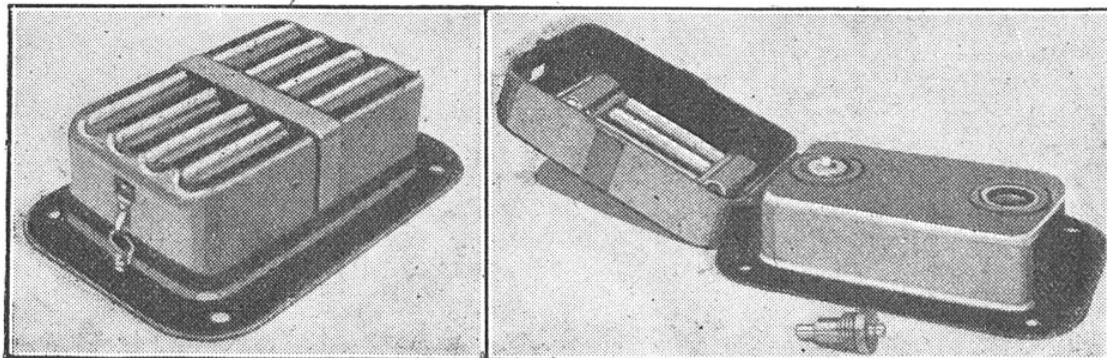
T W 15946

La mine antichars

L'expérience a montré que pour briser à coup sûr les chenilles du plus gros char il faut une charge explosive d'au moins 1,5 kg.

Comme explosif on emploie le plus souvent de la tolite ou de la mélinite. Allumés à l'air libre, ces explosifs brûlent difficilement, mais lorsqu'on fait exploser dans leur voisinage immédiat une petite charge explosive, appelée charge d'amorçage, l'explosif principal « détone », c'est-à-dire se transforme presque instantanément en produits gazeux occupant pour commencer le volume de l'explosif solide avant la détonation.

Cette transformation se fait avec une vitesse très élevée de 6 700 m/s pour la tolite et de 7 200 m/s pour la mélinite et la température des



T W 15954

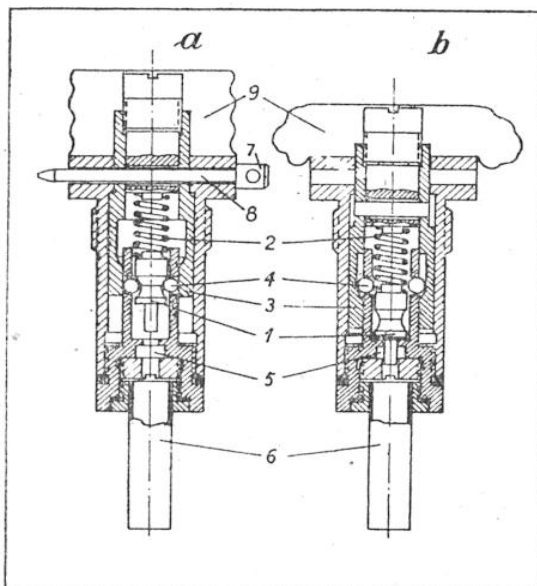
FIG. 7. — LA MINE ANTICHARS FRANÇAISE

A gauche, la mine fermée; à droite, la mine dont le couvercle de pression a été relevé. Cette mine, qui contient 3,3 kg de mélinite coulée par un orifice latéral, est d'un principe analogue à la mine anglaise (fig. 2). Elle est munie de deux fusées à goupille de cisaillement vissées sur la partie supérieure de la boîte de tôle contenant l'explosif. A la partie inférieure, une plaque percée de quatre trous permet d'ancrer solidement l'engin au sol. On aperçoit, au fond du couvercle, deux pièces de sécurité en acier qui sont destinées à protéger la tête des fusées pendant le transport. Les nervures du couvercle en augmentent la rigidité. Cette mine présente l'inconvénient de ne pouvoir être complètement enterrée, ce qui est incompatible avec un fonctionnement certain des fusées. Par contre, en la disposant perpendiculairement à la direction de l'ennemi, sa forme allongée donne une plus grande probabilité de fonctionnement.

gaz d'explosion atteint respectivement 2 820° C et 3 230° C.

On conçoit aisément qu'après cette transformation, pratiquement instantanée, alors que les gaz d'explosion occupent encore l'ancien volume de la charge solide, la pression doit être très élevée. Elle atteint, en effet, des valeurs considérables de l'ordre de 8 000 kg/cm² pour la tolite.

Comme explosif d'amorçage on se sert généralement des explosifs susceptibles de détoner sous l'effet d'un simple choc tels que fulminate de mercure, azoture de plomb, etc... La charge d'amorçage comporte généralement une amorce de mise de feu contenant quelques décigrammes de fulminate de mercure ou d'azoture de



T W 15956

FIG. 9. — FUSÉE A BILLES POUR MINE ANTICHARS HOLLANDAISE

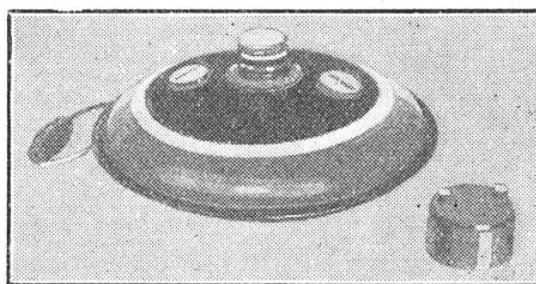
En (a), fusée avant, en (b), fusée après fonctionnement. Le percuteur 1 est verrouillé par des billes 4. Lorsque le poussoir 3 s'abaisse, il ménage une place pour les billes qui sont chassées et libèrent le percuteur. Le ressort 2 pousse alors le percuteur vers l'amorce 5. La sécurité est constituée par une goupille 8 qui immobilise le poussoir. Une coiffe de caoutchouc 9 assure l'étanchéité de cette fusée.

plomb, et un détonateur contenant de 2 à 3 g de fulminate ou de fulminate suivi d'un explosif très brisant tel que tétryl, pentrite ou hexogène, tassés dans un embouti cylindrique en cuivre ou en aluminium.

Le percuteur qui fait détoner l'amorce est déclenché par la pression de la chenille du char sur la partie supérieure de la mine.

Ce percuteur peut être de différents types. Il est constitué en principe par une pointe qu'un ressort lance vers l'amorce. Avant le fonctionnement, la pointe est maintenue en place soit par une goupille de cisaillement (fig. 1), soit par des leviers (fig. 4 et 6), soit par un système de billes (fig. 9).

La pression exercée sur la partie supérieure de l'engin cisaille la goupille, ou chasse les billes, ou déplace les leviers qui libèrent alors le percuteur.



T W 15952

FIG. 10. — LA MINE ANTICHARS HOLLANDAISE

Cette mine en forme de lentille est dépourvue de couvercle de pression et doit être placée sous une planche qui en tient lieu. On aperçoit au centre la fusée, du type décrit à la fig. 9, et de part et d'autre de la fusée les orifices de remplissage de la mine. Une coiffe vissée (en, avant sur la photo) protège la tête de fusée pendant le transport.

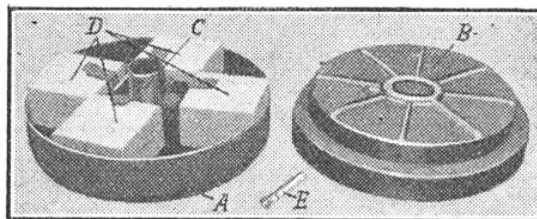
L'appareil est réglé en général de telle sorte qu'il ne puisse pas être mis en fonctionnement lors du passage d'un homme ou d'une voiture légère. Pour cela un ressort s'oppose à l'abaissement de la tête du percuteur pour une poussée inférieure à quelques centaines de kilogrammes.

L'enveloppe extérieure de la mine est constituée soit par une boîte de tôle mince, soit par une simple caisse de bois. Elle présente dans ce dernier cas l'avantage de pouvoir être réalisée à peu près n'importe où et d'être plus difficile à déceler par les détecteurs de mines. Lorsqu'elle est métallique, elle peut être plus facilement rendue étanche et elle est plus facilement fabriquée en grande série.

Pour réaliser l'étanchéité parfaite de la mine, ce qui est important lorsqu'elle doit séjourner longtemps en place ou même être placée dans un marais ou un gué, on peut fermer complètement l'enveloppe qui doit être écrasée pour que l'engin fonctionne.

Une autre solution consiste à réaliser un couvercle très profond qui agit à la manière d'une cloche à plongeur pour empêcher l'eau d'entrer dans la mine. Dans ce cas il est utile de prévoir une sécurité pour le transport de la mine jusqu'au lieu d'utilisation. Cette sécurité est constituée généralement par une pièce protégeant la tête du percuteur et que l'on enlève au moment de la pose de la mine en soulevant le couvercle que l'on remplace ensuite.

Dans d'autres cas l'étanchéité de la mine est obtenue par une petite coiffe de caoutchouc dans laquelle est noyée la tête du percuteur.



T W 15951

FIG. 11. — LA MINE POLONAISE ANTICHARS DE 1,5 KG

Cette mine contient 1 kg de tolite disposée en quatre pains D autour du détonateur placé en C. La fusée D de ce détonateur est du type à goupille de cisaillement. La boîte A et le couvercle B sont en tôle mince.

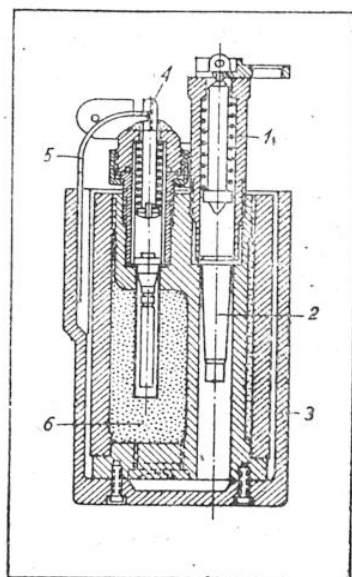
La mine est généralement posée de nuit par un ou deux hommes; elle est enterrée et recouverte d'une mince couche de terre ou de feuillage; ces conditions en limitent le poids et les dimensions. Ce poids peut néanmoins varier dans de très larges limites. C'est ainsi que la mine polonaise ne pesait que 1,5 kg, alors que la mine belge dépassait une vingtaine de kilogrammes. Mais, tandis que pour un poids de 1,5 kg, la mine polonaise contenait 1 kg de tolite, les mines belges ne contenaient respectivement que 3,5 et 5,8 kg d'explosif; le rendement en explosif était donc moindre dans le second cas que dans le premier.

Ce rendement est une des caractéristiques qui permettent de juger de la valeur d'un type de mine. Un autre critérium est la simplicité de la réalisation, car la mine n'est efficace que si on l'emploie en nombre énorme et les mines ne doivent pas être actuellement fabriquées en séries moins grandes que les obus dans les divers pays belligérants, et leur fabrication doit pouvoir s'effectuer dans la plupart des usines travaillant ordinairement à des buts civils.

Les figures ci-jointes donnent une faible idée de la diversité des réalisations dans les différents pays. La plus grande imagination est mise en œuvre tant dans la conception de leur fonctionnement que dans la manière de les dissimuler et de les disposer sur le terrain.

La figure 8 montre un type de fusée fonctionnant par flexion, destinée à équiper une mine en forme de long tube. Cette fusée comporte une rallonge tubulaire de 50 cm environ, que l'on attache à un buisson ou à un bâton. Lorsqu'un véhicule fait plier cette rallonge, la partie tubulaire en cuivre de la fusée

se casse à un endroit affaibli et entraîne la rupture du percuteur à sa partie faible, et la pointe du percuteur est



T W 15947

mine proprement dite. L'explosion de celle-ci, qui contient une charge 6 de nitrate d'ammonium, est provoquée par une fusée à levier 4. L'extrémité flexible 5 du levier de cette fusée est libérée et se détend quand la mine est éjectée, et, en raison de l'inertie de ce levier, le percuteur de la fusée 1 n'est libéré qu'au moment où la mine est à 1,7 m du sol.

projetée par son ressort contre l'amorce de mise de feu. L'effort de rupture, mesuré par son «moment» est de 52 kgm.

L'emploi de cette fusée ne peut être envisagé que dans des conditions spéciales de terrain, telles que bois, vigne, barbelés, etc...

La mine contre le personnel

La mine contre le personnel est plus compliquée comme conception et comme réalisation que la mine antichars.

On pourrait dire qu'elle comporte à la fois un canon et un obus. Le canon projette au-dessus du sol l'obus, qui éclate à une hauteur calculée d'avance.

La partie « canon » de la mine est constituée par une fusée qui est mise en action par la traction d'un fil, par exemple. Cette fusée met le feu à une charge de poudre qui provoque un bond de la mine au-dessus du sol.

Une petite charge de poudre noire qui brûle pendant une fraction de seconde et introduit un retard de petite durée, allume ensuite la charge de fulminate qui sert d'amorce à l'obus.

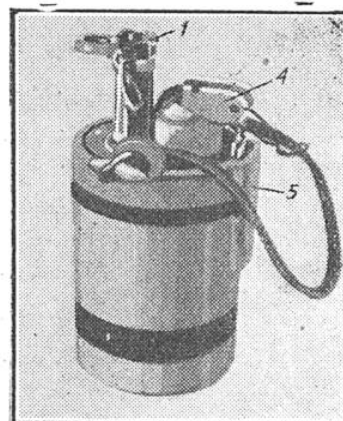
Les figures 12 et 13 montrent comment est réalisée la mine anglaise contre le personnel.

La mine à personnel est d'une fabrication sensiblement plus complexe que la mine antichars et ne peut donc être construite en aussi grande série. Elle n'est d'ailleurs destinée qu'à compléter l'action des mines classiques en rendant particulièrement périlleuse la tâche des nettoyeurs de mines.

Ces divers « Sperren », mine antichars et mine à personnel, sont sans doute appelés à s'opposer en quantités toujours croissantes à l'avance rapide des chars d'assaut. Ils modifieront profondément la tactique d'emploi de ces engins. Mais il est peu vraisemblable qu'ils parviennent à les éliminer. On perfectionnera les moyens de détection et de destruction des mines, l'emploi du char deviendra seulement plus compliqué et d'un moins bon rendement.

Il est certain également que la mine se perfectionnera et deviendra plus meurtrière, moins facile à déceler. Elle aura réussi, avec les autres obstacles dont est semé le champ de bataille moderne, à atténuer, sinon à supprimer, la supériorité énorme dont disposait au début de la guerre actuelle l'offensive en face d'une défensive mal adaptée.

V. RENIGER.



T W 15948

FIG. 13. — MINE ANGLAISE CONTRE LE PERSONNEL

On reconnaît sur cette photographie un certain nombre des organes décrits au schéma de la figure 12 : à gauche, la fusée 1; à droite, la fusée 4; formant saillie sur l'enveloppe extérieure de la mine, le logement de l'extrémité flexible du levier 5 de la fusée 4.

UN AN ET DEMI DE PROGRÈS DANS LA TECHNIQUE DU GAZOGÈNE

par A. LÉPOIVRE

Professeur A. M. et E. S. B.

Depuis l'effondrement militaire de la France, nous ne pouvons plus songer à recevoir de l'étranger l'essence que nous importions avant la guerre, et nous avons dû chercher sur notre propre sol les ressources en carburants de remplacement qui nous ont permis d'éviter, avec l'arrêt complet de tous les véhicules automobiles, une paralysie économique dont les conséquences eussent été incalculables. Nous avons fait un large appel au gazogène pour remettre en marche les véhicules nécessaires à notre ravitaillement. Le gazogène était déjà au point avant la guerre, et il s'est montré capable de s'adapter à tous les moteurs, depuis le moteur de la motocyclette jusqu'à celui du tracteur agricole. Mais le moteur à essence, qui, après des années de progrès, était d'un fonctionnement presque totalement automatique, avait sur le moteur à gazogène l'avantage d'être propre, de ne demander au chauffeur ni connaissances spéciales, ni soins supplémentaires, et de ne pas surcharger la voiture d'un appareillage encombrant. Si le moteur à gazogène continue, la paix revenue, à fonctionner concurremment avec le moteur à essence, il le devra aux perfectionnements que deux années de pratique lui ont déjà fait subir et qui rendront peut-être un jour sa conduite aussi simple que celle de son rival.

La gazéification d'un combustible

LE gazogène permet d'utiliser un combustible solide pour actionner un moteur à explosion, en le transformant en « gaz pauvre » par une combustion partielle. Le combustible est un composé organique du carbone : bois, débris végétaux, ou c'est du charbon végétal ou minéral. Quel que soit ce combustible, quand il est porté aux températures très élevées du foyer, il ne renferme plus, par suite des décompositions qu'il a subies, que du carbone, de l'eau et des matières combustibles. Ces dernières sont inertes et n'interviennent que pour gêner plus ou moins les réactions. En présence de l'air, le carbone se comporte de deux façons différentes :

Si, après avoir porté du charbon au rouge, on fournit — théoriquement, car pratiquement il en faut davantage — $9,33 \text{ m}^3$ d'air à 1 kg de charbon pur, le gaz produit est de l'anhydride carbonique, gaz incombustible ; mais l'opération a tiré du charbon toute la chaleur qu'il peut donner (de l'ordre de 7 800 grandes calories), et c'est elle que l'on cherche à réaliser dans les foyers domestiques ou industriels.

Si, au contraire, on ne fournit — toujours théoriquement — que $4,66 \text{ m}^3$ d'air, le gaz obtenu, l'oxyde de carbone, est combustible ; c'est ce gaz que l'on produit dans un gazogène. La chaleur produite par cette réaction n'est plus que de 2 150 calories par kg de carbone, mais le gaz formé peut brûler avec l'oxygène en donnant 5 650 calories (environ 2 m^3 d'un gaz de pouvoir calorifique égal à $3 030 \text{ cal/m}^3$).

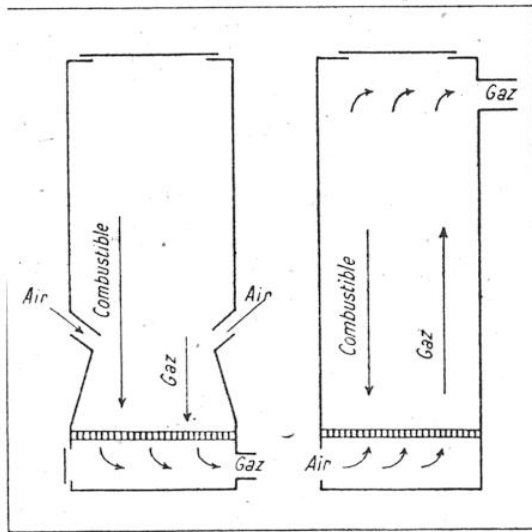
Dans la pratique, les deux réactions ont lieu simultanément dans un gazogène. A l'entrée de l'air, l'oxygène est en excès, et c'est le gaz carbonique qui se forme ; c'est là que se trouve la

région la plus chaude du foyer. Dans la région où le carbone est en excès, c'est la deuxième réaction qui se produit, et, en même temps, le carbone réduit le gaz carbonique déjà formé pour donner de l'oxyde de carbone avec absorption de chaleur. Cette région, qui entoure la zone incandescente, est beaucoup moins chaude. Après que les gaz l'ont traversée, ils ne renferment plus de gaz carbonique.

Quels sont, outre l'oxyde de carbone, les autres constituants de ce mélange ? Comme l'air renferme les deux tiers de son volume d'azote, et que celui-ci ne subit aucune transformation dans le gazogène, le gaz obtenu contient, théoriquement, un tiers d'oxyde de carbone et deux tiers d'azote et ceci influe fâcheusement sur le pouvoir calorifique théorique du gaz, qui n'est que $3 030 : 3 = 1 010 \text{ cal/m}^3$.

Enfin, l'élévation de la température du combustible libère l'eau qu'il contient. Cette eau ne doit pas être entraînée au moteur, car non seulement elle appauvrit le gaz, mais elle gêne le lancement du moteur, en humectant les bougies ; si le refroidissement du gaz est énergique, de l'eau se dépose sur les filtres et les colmate. Pour l'éviter, on s'arrange pour que la vapeur d'eau traverse le foyer avec le gaz ; on sait, en effet, que les charbons ardents dissocient la vapeur d'eau, avec dégagement d'hydrogène et d'oxygène, et ce dernier s'unit au carbone pour donner de l'oxyde de carbone ; ces gaz, tous deux combustibles, produits sans air, donc sans cet élément d'appauvrissement, l'azote, constituent le « gaz à l'eau », capable de fournir 2 810 calories par m^3 . L'action des charbons ardents sur l'anhydride carbonique et sur la vapeur d'eau ne peut se produire que si le foyer est à une température élevée, 1 200° environ.

Comme la dissociation de la vapeur d'eau



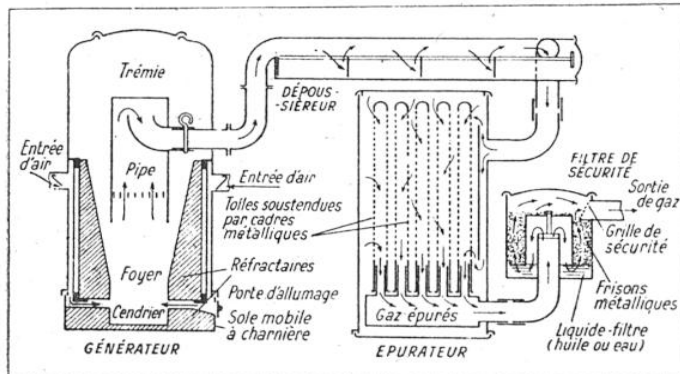
T W 15973

FIG. 1. — LES DEUX MODES DE TIRAGE D'UN GAZOGENE. A droite, schéma d'un gazogène à tirage direct. Les gaz de combustion traversent le combustible non brûlé et entraînent vers le moteur l'eau et les vapeurs qu'il renferme. A gauche, gazogène à tirage inversé : les vapeurs que dégage le combustible quand on le chauffe traversent la partie chaude au foyer où elles sont décomposées avant d'aller vers le moteur.

absorbe de la chaleur, elle tend à abaisser la température du foyer, et pour maintenir celui-ci suffisamment chaud, on doit limiter la gazéification à l'eau (production de gaz à l'eau).

La solution idéale consisterait à gazéifier les trois quarts du charbon à l'air et un quart à l'eau, et l'on obtiendrait un gaz dont la composition serait :

oxyde de carbone.....	36,36 %
hydrogène	9,09 %
azote	54,54 %



T W 15974

FIG. 2. — GAZOGENE NAUDET POUR CHARBON DE BOIS, CHARBON MAIGRE ET GRÉSILLON DE COKE

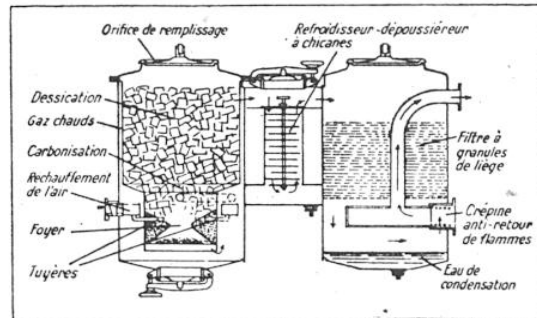
Ce gazogène est à tirage direct, mode de tirage qui présente ordinairement l'inconvénient de permettre l'entraînement des vapeurs de distillation du combustible vers le moteur. Mais ici cet inconvénient est supprimé par l'existence de la pipe centrale qui canalise ces gaz et les force à passer dans la région chaude du foyer où ils se décomposent. L'entrée d'air s'effectue par un orifice annulaire noyé dans la masse réfractaire.

et le pouvoir calorifique serait d'à peu près 1 340 cal/m³.

Pour se rapprocher de cet idéal, on a intérêt, sauf avec le bois qui contient déjà 20 % d'eau, à injecter de l'eau dans le foyer. Nous verrons plus loin comment sont réalisés les dispositifs d'injection d'eau.

Tirage direct et tirage inversé

Si l'on adopte pour le gazogène une circulation des gaz analogue à celle qui est réalisée dans un poêle ordinaire (tirage direct), le combustible, qui s'échauffe à mesure qu'il s'approche du foyer, libère des vapeurs de distillation (cas du bois) ou de la vapeur d'eau (charbon



T W 15975

FIG. 3. — GAZOGENE A BOIS « FACEL »

Le bois doit être séché et carbonisé dans le gazogène. Pour cela, l'appareil est à double paroi et dans le manchon compris entre les deux parois on fait circuler les gaz chauds qui viennent de traverser le foyer. Ces gaz vont ensuite dans un refroidisseur-dépoussiéreur à chicanes. Les poussières humides qu'ils retiennent encore à la sortie du dépoussiéreur sont arrêtées par un filtre à granules de liège.

de bois). Ces vapeurs sont entraînées par les gaz vers le moteur.

Le tirage direct n'est acceptable que si l'on dispose d'un combustible de faible teneur en eau. Au contraire, si l'on emploie le bois, par exemple, il importe que ces vapeurs soient détruites, et pour cela traversent la région la plus chaude du foyer. On adopte le tirage inversé (fig. 1), qui est le plus répandu actuellement ; certains constructeurs conservent le tirage direct en supprimant ses inconvénients par un dispositif approprié (fig. 2).

Les gazogènes à bois

Dans les gazogènes à bois (fig. 3), le tirage est obligatoirement inversé, d'une part, en raison de la forte proportion d'eau que le bois contient, d'autre part, parce que le bois, dans le gazogène, distille, émet des vapeurs d'acides et de goudrons qu'il faut détruire dans le foyer. Le tirage direct imposerait des épurateurs chimiques lourds et encombrants, inadmissibles ici.

Dans ces appareils, le bois doit d'abord sécher, puis distiller, afin d'arriver au foyer à l'état de charbon de bois, conditions indispen-

sable à la continuité de production de gaz aussi bien qu'à la variabilité de cette production; cet échauffement progressif est réalisé au moyen d'une trémie à double enveloppe. Le gaz, en sortant du foyer, passe dans la chambre annulaire de façon à chauffer suffisamment le bois pour provoquer sa carbonisation.

Le foyer doit être à température élevée pour décomposer les vapeurs produites par le bois. Cette élévation de température est obtenue à l'aide d'un étranglement qui augmente la vitesse de circulation des gaz. Très souvent les constructeurs recommandent de garnir la base extérieure du foyer avec du charbon de bois qui retient les goudrons non détruits dans le foyer. Enfin, la face intérieure de la trémie doit être protégée par un revêtement spécial : aluminium; cuivre, etc..., réfractaire aux pyrolyseux.

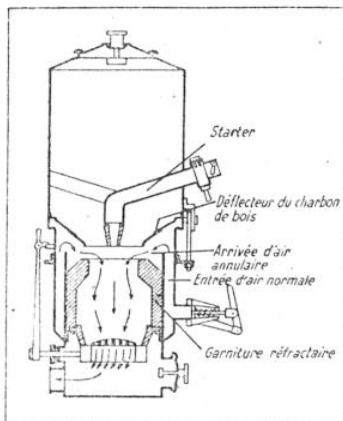
Gazogènes à charbon de bois

Ils sont de deux sortes, suivant le mode d'entrée d'air au foyer :

a) *Entrée d'air périphérique* : l'allumage du gazogène (fig. 4) se fait par le starter, un ventilateur à main ou électrique créant le tirage nécessaire; quand le moteur a tourné pendant quelques minutes, on ouvre le clapet d'entrée d'air normal et le clapet battant du starter retombe; l'air accède alors au foyer par l'espace annulaire d'environ 200 mm de diamètre sur 20 mm de hauteur, compris entre les bords du déflecteur et de la garniture réfractaire; le gaz s'échappe après avoir traversé le cendrier.

b) *Entrée d'air par tuyère* : l'air accède au foyer par une tuyère (fig. 5), c'est-à-dire par un bout de tuyau qui aboutit vers le centre du foyer et dont le diamètre varie entre 15 et 30 mm, selon l'importance du moteur.

Imaginons deux moteurs identiques (mêmes course, alésage, nombre de tours, taux de compression), alimentés l'un par un gazogène à entrée d'air périphérique, l'autre à entrée d'air par tuyère. Il faut que les deux gazogènes reçoivent, dans le même temps, des quantités égales d'air :



T W 15976

FIG. 4. — GAZOGÈNE A ENTRÉE D'AIR PÉRIPHÉRIQUE

L'allumage se fait par le starter qui insufflé de l'air dans la partie centrale du gazogène. Le tirage est inversé et l'air arrive par un orifice annulaire. Le foyer est de très grandes dimensions, ce qui rend nécessaire la protection des tôles par une garniture réfractaire. L'élimination des cendres s'effectue par une simple grille à secousse.

— que le foyer à entrée périphérique doit être plus volumineux que le foyer à tuyère; — que le calibre du charbon doit être assez gros (n° 2) dans le premier gazogène, sinon la circulation de l'air est trop freinée; dans le foyer à tuyère, au contraire, le calibre doit être petit (n° 1), car le charbon menu présente plus de surface de contact avec l'air et brûle plus vite.

La tuyère permet même d'utiliser les fines de charbon de bois, c'est-à-dire tous les grains de moins de 8 mm, non acceptés dans le calibre n° 1; le gazogène Sebina (fig. 6) accepte les fines de plus de 1 mm; il suffit de protéger le départ des gaz par une grille suffisamment serrée et capable de résister au feu, le gaz traverse une couche de grains réfractaires maintenus par une grille; l'emploi de ces fines donne des départs rapides, des reprises très vives et permet de récupérer environ 60 % des débris de concassage.

Le moteur a de meilleures reprises avec le gazogène à tuyère qu'avec l'entrée périphérique, en raison de l'écart des vitesses de l'air, plus grand dans le premier cas que dans le second.

Le gazogène à entrée périphérique supporte mieux le charbon humide ou mal cuit que le gazogène à tuyère, ceci en raison du volume du foyer et de la vitesse des gaz. Sur la figure 5, on voit qu'une particule de goudron ou de vapeur peut avoir un trajet réduit dans le foyer.

Dans le gazogène à tuyère, la température est élevée et les cendres fondent en formant du mâchefer; les dégrassements sont souvent pénibles, surtout s'il n'existe pas, comme sur la figure 5, une trappe permettant l'introduction d'une tôle retenant le charbon dans la trémie; dans le gazogène à entrée périphérique, les cendres restent pulvérulentes et il suffit de basculer la grille une ou deux fois pour nettoyer le foyer.

Avec un foyer volumineux, une garniture réfractaire est nécessaire pour protéger les tôles; avec un gazogène à tuyère, cela est inutile, car le globe incandescent est entouré d'une couche isolante de charbon noir.

La plupart des gazogènes actuels possèdent une ou plusieurs tuyères.

La tuyère plongeant dans un foyer à température élevée (parfois 1 500°), il faut la protéger, sinon la circulation de l'air est trop freinée; dans le foyer à tuyère, au contraire, le calibre doit être petit (n° 1), car le charbon menu présente plus de surface de contact avec l'air et brûle plus vite.

La tuyère permet même d'utiliser les fines de charbon de bois, c'est-à-dire tous les grains de moins de 8 mm, non acceptés dans le calibre n° 1; le gazogène Sebina (fig. 6) accepte les fines de plus de 1 mm; il suffit de protéger le départ des gaz par une grille suffisamment serrée et capable de résister au feu, le gaz traverse une couche de grains réfractaires maintenus par une grille; l'emploi de ces fines donne des départs rapides, des reprises très vives et permet de récupérer environ 60 % des débris de concassage.

Le moteur a de meilleures reprises avec le gazogène à tuyère qu'avec l'entrée périphérique, en raison de l'écart des vitesses de l'air, plus grand dans le premier cas que dans le second.

Le gazogène à entrée périphérique supporte mieux le charbon humide ou mal cuit que le gazogène à tuyère, ceci en raison du volume du foyer et de la vitesse des gaz. Sur la figure 5, on voit qu'une particule de goudron ou de vapeur peut avoir un trajet réduit dans le foyer.

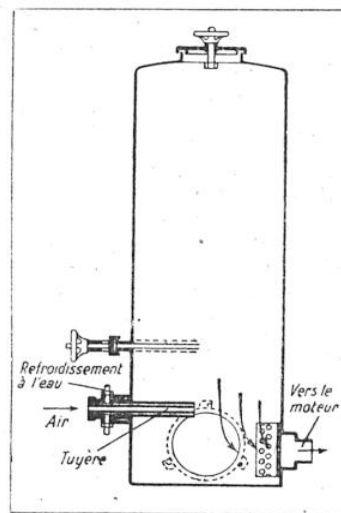
Dans le gazogène à tuyère, la température est élevée et les cendres fondent en formant du mâchefer; les dégrassements sont souvent pénibles, surtout s'il n'existe pas, comme sur la figure 5, une trappe permettant l'introduction d'une tôle retenant le charbon dans la trémie; dans le gazogène à entrée périphérique, les cendres restent pulvérulentes et il suffit de basculer la grille une ou deux fois pour nettoyer le foyer.

Avec un foyer volumineux, une garniture réfractaire est nécessaire pour protéger les tôles; avec un gazogène à tuyère, cela est inutile, car le globe incandescent est entouré d'une couche isolante de charbon noir.

La plupart des gazogènes actuels possèdent une ou plusieurs tuyères.

La protection de la tuyère

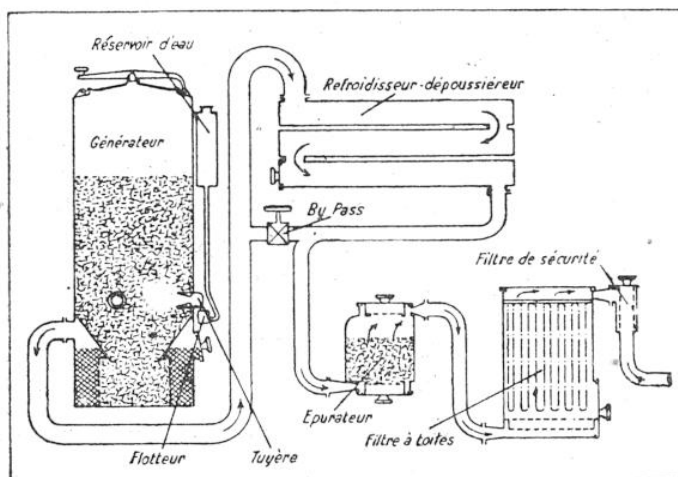
La tuyère plongeant dans un foyer à température élevée (parfois 1 500°), il faut la protéger,



T W 15977

FIG. 5. — GAZOGÈNE A ENTRÉE D'AIR PAR TUYÈRE

Le foyer est de dimensions plus restreintes que dans le cas de l'entrée d'air périphérique, et le charbon moins chaud qui l'entoure protège les tôles des parois. La tuyère doit être refroidie par une circulation d'eau ou d'air à l'intérieur d'une double paroi.



T W 15979

FIG. 6. — GAZOGENE SEBIA A INJECTION D'EAU UTILISANT LES FINES DE CHARBON DE BOIS

Ce gazogène se distingue d'un gazogène ordinaire à tuyère par un dispositif d'injection d'eau qui se règle à la manière du dispositif de vaporisation d'essence d'un carburateur. Les fines de charbon, qui pourraient être entraînées au moteur par le courant gazeux, sont arrêtées par une grille spéciale. Le refroidissement des gaz est réglable par un by-pass qui permet de faire passer directement une partie des gaz vers les épurateurs.

ger de la destruction par le feu; certaines tuyères sont à double paroi avec circulation d'eau, d'autres sont garnies d'ailettes longitudinales à l'intérieur du tube, ou encore des chicanes obligent l'air à parcourir trois fois la longueur de la tuyère; d'autres encore sont constituées par un fort cylindre de métal dans lequel on a percé un certain nombre de trous qui constituent autant de tuyères; quelques-unes sont refroidies par une circulation de plomb fondu. Jusqu'à présent, le cuivre rouge a pu être employé; la pénurie de ce métal conduit les constructeurs à utiliser la fonte réfractaire, ou le carborundum, mais cette matière ne résiste pas à quelques coups de ringard maladroits.

Avec l'emploi des charbons minéraux, bien des tuyères n'ont pu résister aux températures atteintes, ainsi qu'à l'action corrosive des mâchefer. On est d'ailleurs encore assez loin de la tuyère idéale. Les charbons minéraux ont introduit d'autres difficultés, par exemple la protection des tôles qui peut être réalisée par une importante garniture réfractaire ou par une enveloppe d'eau.

Dans le cas où l'on injecte de l'eau dans le gazogène, on peut refroidir la tuyère en lui faisant vaporiser cette eau par sa paroi intérieure (fig. 7).

L'élimination des cendres et le gazogène polycombustible

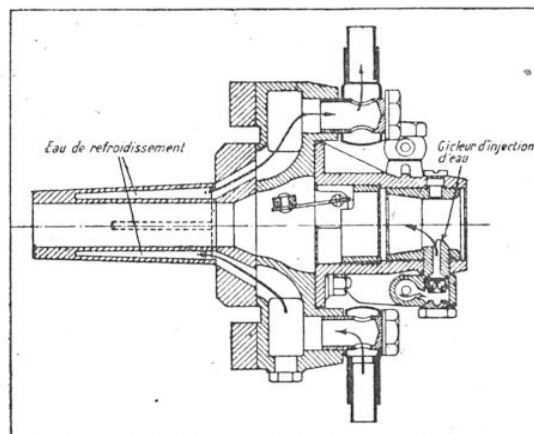
Les matières incombustibles forment le résidu solide de la gazéification, les cendres; si ces cendres sont réfractaires, c'est-à-dire si elles ne fondent qu'à des températures élevées, elles offrent peu de résistance au passage du gaz et, de plus, elles sont faciles à extraire; si, au contraire, elles sont fusibles, elles forment dans le foyer chaud des galettes pâteuses qui gênent le passage des gaz; en se refroidissant, la pâte devient très dure (même avec du bois), forme

un mâchefer tel que si le foyer est éteint il est presque impossible de le rallumer.

La teneur en cendres du charbon de bois est d'autant plus élevée qu'il s'agit de charbon provenant de branches plus fines; elle est particulièrement élevée pour celui qui provient de l'écorce pour lequel elle peut atteindre 7 à 8 %.

La teneur en cendres, généralement élevée, des combustibles minéraux a posé la question de l'enlèvement des mâchefers. La direction de l'axe de la tuyère a son importance: lorsque la tuyère est verticale ou oblique, ouverte vers le haut, elle risque d'être constamment bouchée; l'ouverture vers le bas est sans doute une des meilleures solutions à ce point de vue, car les mâchefer descendent par gravité, mais cette disposition est peu usitée; généralement, la tuyère est sensiblement horizontale et le mâchefer s'accumule à la sortie, obligeant l'air de se détourner, soit sur le côté, ce qui risque de faire chauffer les tôles, soit vers le haut, ce qui diminue le rayon d'action. Un coup de ringard par la tuyère semble rétablir la bonne marche, mais il n'en est rien: un canal a été formé dans le bloc

de mâchefer en prolongement de la tuyère et le foyer s'est reporté vers la tôle opposée qui bientôt va rougir. Dans le dispositif Gohin (fig. 8), le fond de l'appareil présente une petite entrée d'air (a) qui permet la combustion du charbon sous le mâchefer. Dans le dispositif Unic, le trou d'air est supprimé et la petite capacité sous la grille est réunie à la sortie des gaz. Dans l'un comme dans l'autre



T W 15978

FIG. 7. — TUYÈRE BRANDT A REFOUDDISEMENT PAR L'EAU ET INJECTION D'EAU AU FOYER

La tuyère est refroidie à la fois par une circulation d'eau intérieure et par la vaporisation de l'eau d'injection. L'injection se fait par un gicleur alimenté par une cuve à niveau constant. Le jaillissement d'eau, fonction de la dépression au foyer, peut être interrompu par un pointeau commandé depuis la planche de bord et intercalé entre le niveau constant et le gicleur.

dispositif, le mâchefer descend et dégage la tuyère.

L'injection de vapeur d'eau au foyer, dont nous allons parler, facilite, accessoirement, l'enlèvement des mâchefers en les pulvérisant.

L'injection d'eau au foyer

Nous avons vu que l'injection d'eau a pour effet d'enrichir le mélange gazeux et de faciliter l'enlèvement des mâchefers. Cette injection ne doit toutefois pas être faite en excès, car elle ralentit alors le foyer et provoque le colmatage des filtres.

Cette injection doit être suspendue :

— au départ, tant que le foyer n'a pas pris sa température de régime;

— au ralenti du moteur;

— quand le moteur a tendance à faiblir;

— avant l'arrêt du moteur; toutes ces conditions, sauf la deuxième, ne s'accommodent pas d'une commande de l'injection à l'accélérateur et on doit alors commander l'injection séparément.

Les figures 7 et 9 représentent deux dispositifs d'injection d'eau.

La tuyère de ralenti

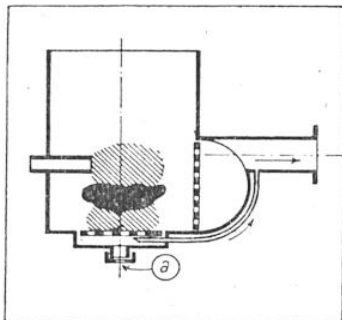
Nous avons vu que le gros avantage du gazogène à tuyère est de suivre plus facilement que les gazogènes à entrée d'air périphérique les à-coups de fonctionnement qui résultent des différences de régime du moteur.

On a encore pu réduire l'inertie du foyer au moment des reprises par l'emploi d'une tuyère de ralenti d'une section nettement plus faible que la tuyère de marche normale (fig. 10).

Le foyer, tout en diminuant de volume, conserve une température très élevée et le retour au fonctionnement normal est très rapide.

Le refroidissement du gaz

A sa sortie du générateur, le gaz est à une température qui peut varier entre 400 et 700°; si on l'admettait dans ces conditions au moteur,



T W 15980

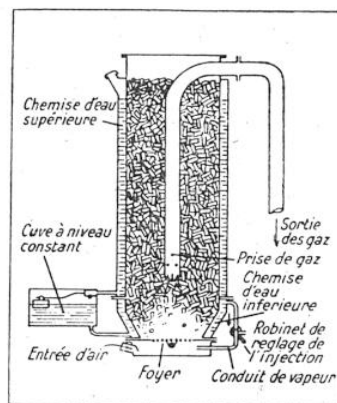
FIG. 8. — DISPOSITIF GOHIN POUR L'ÉLIMINATION DU LAITIER

Un petit appel d'air a est disposé à la partie inférieure de l'appareil. Cet appel d'air provoque une combustion du charbon qui se trouve entre le laitier et la grille du foyer et, par suite, la descente progressive du bloc de laitier. L'ouverture de la tuyère est donc débarrassée du laitier à mesure qu'il se forme.

celui-ci ne donnerait pas la puissance qu'on est en droit d'attendre : si on chauffe 1 m³ de gaz de 0 à 400°, en le laissant se dilater pour le laisser à la pression atmosphérique, il occupe 2,5 m³. Si ce gaz à un pouvoir calorifique à 0° de 1 200 cal/m³, ce nombre tombe à 1200 : 2,5 = 480 cal/m³, à 400°, autrement dit, la puissance d'un moteur alimenté avec du gaz chaud est 2,5 fois plus

FIG. 9. — GAZOGÈNE PIERSON A CHARBON DE BOIS ET CHARBONS MINÉRAUX

Le gazogène Pierson est un générateur à tirage direct et injection de vapeur d'eau. Les inconvénients du tirage direct sont atténués par le fait que la prise de gaz s'effectue au voisinage immédiat du foyer. Le gazogène est muni d'une circulation d'eau qui comprend plusieurs organes.



T W 15981

L'eau située dans la chemise qui entoure la partie supérieure du gazogène sert à refroidir la paroi du gazogène; dans la chemise qui entoure le foyer l'eau se vaporise et la vapeur dégagée est injectée en même temps que l'air du foyer, injection réglée par un robinet. L'eau est remplacée au fur et à mesure de sa vaporisation dans la seconde chemise d'eau par prélèvement sur la chemise d'eau supérieure. Ce prélèvement est contrôlé automatiquement par une cuve à niveau constant.

faible que celle du même moteur alimenté avec du gaz à 0°.

En outre, dans le cas du bois, le refroidissement du gaz découle de la nécessité de condenser la vapeur d'eau et, dans le cas du charbon de bois, les filtres, généralement en toile, seraient vite détruits par des gaz chauds.

Enfin, les gaz chauds étant plus visqueux que les gaz froids, ces derniers sont plus faciles à épurer que les premiers.

Les refroidisseurs opèrent soit par détente (boîtes à poussière), soit par transmission de la chaleur à l'air ambiant, par l'intermédiaire d'une cloison métallique (tubes avec ou sans ailettes faisant le tour du véhicule).

Nous avons dit que les gazogènes à tuyère supportent assez mal l'humidité dans le charbon de bois. Pour que, par temps froid, des condensations ne puissent colmater les filtres, le refroidissement ne doit pas être poussé au-dessous de 65 à 70°. On peut utiliser pour cela un premier refroidisseur avant les filtres et un autre après. Le plus souvent, un « by pass » (voir fig. 6) permet un trajet plus court à une partie du gaz, de façon à réchauffer l'autre fraction plus importante et plus énergiquement refroidie.

Épuration du gaz

Quel que soit le combustible, le gaz contient des poussières entraînées par l'aspiration du moteur. Il convient de les arrêter pour éviter une usure trop rapide du moteur. Le gaz de bois contient en outre de la vapeur d'eau dont l'excès serait nuisible.

Dans le cas du gaz de bois, la vapeur d'eau s'est condensée dans le refroidisseur et, en même temps, les poussières ont été humectées; pour arrêter ces gouttelettes d'eau sale, il suffit de multiplier les chocs. Le gaz traverse des tôles perforées disposées en chicanes, des couches d'anneaux Raschig ou de grains de liège, etc... En principe, il n'y a pas lieu d'épurer chimiquement le gaz, les pyrolyseurs ayant dû être détruits dans le foyer.

Pour le gaz de charbon de bois, les grains de poussière sont entraînés par le gaz grâce à une force de viscosité qui est une fonction croissante de la vitesse du gaz : si on annule ou diminue cette vitesse, le poids du grain de poussière devient prépondérant et ce grain tombe; ce principe est appliqué comme suit : colonne ascendante de gaz — chambre de détente ou boîte à poussières — chocs et chicanes, changement de direction. On peut aussi débarrasser le gaz de ses poussières par filtrage, par lavage ou barbotage du gaz dans un liquide.

Les mélangeurs

Le rôle de ces appareils est de préparer un mélange intime de gaz et d'air en proportions convenables pour que la combustion dans le moteur soit complète. D'après les compositions de gaz telles qu'elles ont été indiquées plus haut, on peut se rendre compte que 1 m³ de gaz exige, pour brûler, de 1,1 à 1,2 m³ d'air.

Un mélangeur (fig. 12) est constitué par la rencontre de deux tubulures, une de gaz, une

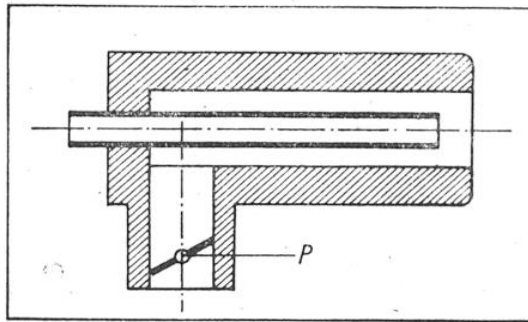


FIG. 10. — TUYÈRE GOHIN A DOUBLE SECTION

Pour le fonctionnement normal du gazogène, l'air est fourni à la fois par la tuyère centrale et par la tuyère annulaire. Quand on lâche l'accélérateur, le papillon P se ferme et seule débite la tuyère centrale. Ce dispositif permet de maintenir la vitesse d'arrivée de l'air à une valeur élevée. Au ralenti, le foyer diminue de volume, mais garde une température élevée, ce qui facilite les reprises.

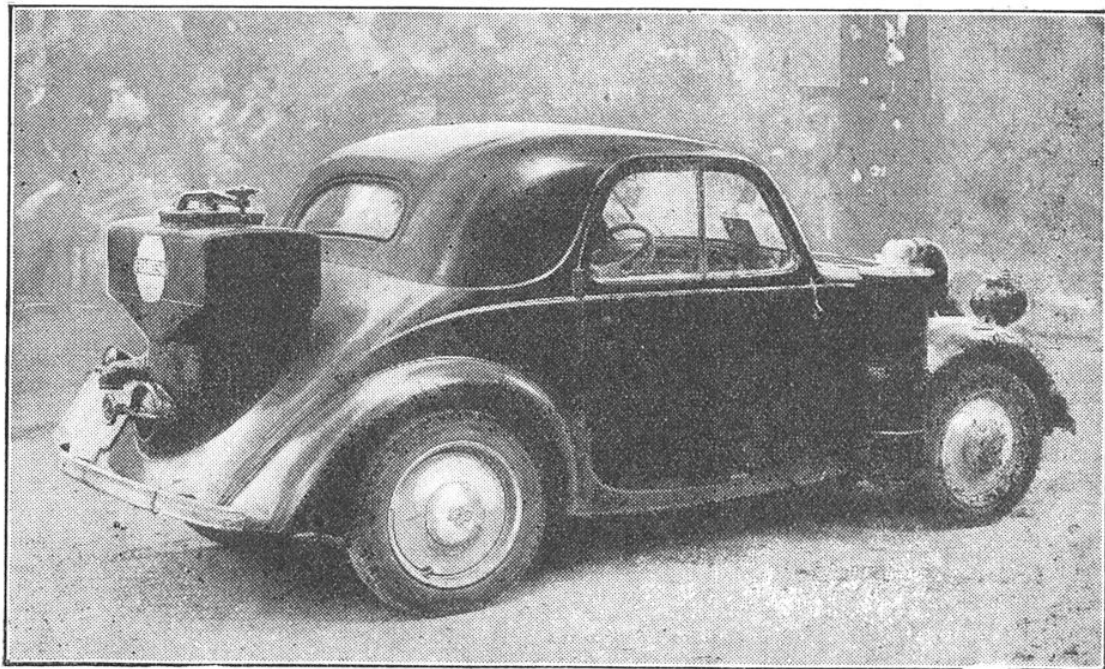
autre d'air, qui se fondent en une seule, la tubulure d'admission au moteur. Cette dernière peut être plus ou moins obturée par un papillon commandé par la pédale d'accélération; un papillon peut fermer plus ou moins l'entrée d'air.

Le problème qui se pose est de réaliser un mélange correct à toutes les allures du moteur. En marche normale, on a intérêt à ouvrir au maximum le papillon de réglage de l'air pour brûler complètement les gaz. Dans diverses circonstances, départ ralenti, descente, on doit fermer l'entrée d'air pour enrichir le mélange et

pour maintenir le tirage du gazogène à une valeur acceptable. Ce réglage peut être fait du tableau de bord ou être semi-automatique : une certaine fraction du déplacement du papillon se faisant grâce à l'accélérateur, une autre se faisant à la main.

Les figures 13 et 14 représentent deux dispositifs de réglage automatique de l'arrivée d'air.

Certains constructeurs ont prévu des mélangeurs de ralenti, mis hors circuit pendant la marche normale et ne fonctionnant qu'aux bas régimes du moteur.



T W 13874

FIG. 11. — UN GAZOGENE POLYCARBURANT INSTALLÉ SUR UNE SIMCA V

Ce type de gazogène est capable d'utiliser le charbon de bois, le bois, l'antracite, la lignite ou la tourbe (« France 940 » Iandelli).

Une autre cause vient compliquer le réglage du mélange en régime troublé; c'est ce que l'on pourrait appeler l'inertie du foyer, ou résistance du foyer au changement de volume sous l'action de la pédale d'accélération. Par exemple, lors d'un ralentissement brusque, le foyer, c'est-à-dire la zone des réactions, ne diminue pas instantanément de volume, et pendant un instant il y a excès de gaz; si la tuyère est munie d'un clapet battant, le gaz ne peut que refluer par l'entrée d'air du mélangeur et le moteur peut caler; le clapet battant est parfois remplacé par un tube de même hauteur que le générateur et relié à la tuyère par un tube flexible, mais le reflux de gaz à travers le foyer ralentit beaucoup l'activité du feu; il semble préférable de conserver le clapet battant et de monter un tube débouchant au générateur au-dessus du foyer, l'autre extrémité étant fermée par un clapet taré s'ouvrant lorsque la pression intérieure est supérieure à la pression atmosphérique.

Nous venons de voir les efforts faits pour atténuer l'inertie du moteur à la reprise au moyen de la tuyère de ralenti.

Démarrages et arrêts

Les mélangeurs sont obligatoirement munis d'aspirateurs d'allumage, destinés à préparer le gaz nécessaire au lancement du moteur; très souvent, les constructeurs laissent subsister le carburateur afin d'autoriser de petits déplacements du véhicule sans qu'il soit nécessaire d'allumer le foyer.

Nous ne dirons rien des départs à l'essence,

ceux-ci étant actuellement exceptionnels. Le démarrage sur le gaz exige une batterie et un démarreur puissant, ce qui n'est pas le cas habituel des véhicules à essence, donc à démarrage facile, équipés avec des gazogènes; il faut, en effet, que le moteur soit entraîné franchement, que l'aspiration au foyer soit suffisante pour que le foyer puisse remplacer immédiatement le gaz aspiré par le moteur. D'autre part, le ventilateur débite généralement plus de gaz que n'en demande le moteur et le départ en est compliqué. Il semble que le dispositif suivant puisse être

conseillé : le ventilateur ayant son orifice d'aspiration branché en amont du papillon d'accélération refoule au dehors en soulevant un clapet léger, puis, quand le gaz est reconnu bon, il alimente un mélangeur de départ branché, d'une part, sur le refoulement du ventilateur, en amont du clapet et, d'autre part, sur la tubulure d'admission, en aval du papillon d'accélération; si ce mélangeur auxiliaire est bien réglé, les départs sont immédiats.

Lorsqu'on doit arrêter le moteur, au cours de la journée, on ferme l'air et on supprime le ralenti, de façon à conserver du gaz à l'intérieur des appareils.

Le moteur à explosion adapté au gazogène

Le moteur à gaz ne diffère pas du moteur à essence : tous deux fonctionnent suivant le cycle à quatre temps.

La question pouvait se poser, avant la guerre, de construire des moteurs spécialement étudiés pour la marche au gaz. Aujourd'hui, le problème est d'adapter les moteurs à essence existants à la marche au gazogène.

La cylindrée d'un moteur à gaz au taux de compression 9 (1) serait égale, pour un même nombre de tours, à environ 1,3 fois la cylindrée d'un moteur à essence, au taux de compression 6 développant la même puissance, à la même vitesse. Cela tient à ce que le pouvoir calorifique du mélange air-gaz s'établit entre 550 et 600 cal/m³, tandis que le pouvoir calorifique du mélange air-essence atteint 850 cal/m³.

Imaginons que, sans toucher au moteur, on substitue un gazogène au carburateur d'un moteur et que celui-ci continue à tourner à la même vitesse. Dans le même temps, il absorbe, avant comme après la transformation, le même volume de gaz, mais il recevait 850 cal par m³ aspiré dans la marche à l'essence, et n'en reçoit plus que 600 dans les meilleures conditions (combustible approprié, appareils propres) et 550 dans les moins bonnes (appareils encrassés), soit,

(1) On sait qu'on appelle taux de compression le rapport entre le volume enfermé dans le cylindre quand le piston est en bas de sa course, et le volume enfermé dans la chambre de combustion quand le piston est en haut. On sait aussi que le taux de compression est le facteur principal du rendement thermique du moteur, qui est 26,6 % pour le taux 6, 29,8 % pour le taux 8 et 31,6 % pour le taux 9.

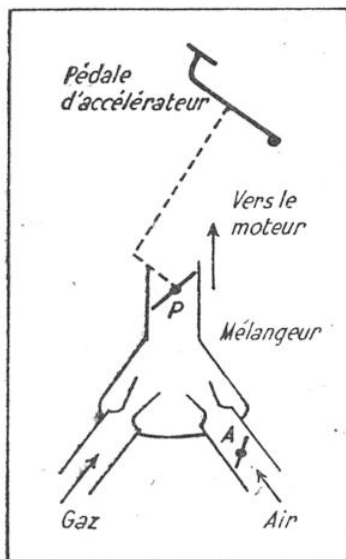


FIG. 12. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN MÉLANGEUR

Le moteur crée dans la tuyauterie d'admission une dépression qui se manifeste d'autant plus énergiquement dans le mélangeur que le papillon P réglé par la pédale de l'accélérateur est plus ouvert. La proportion d'air dans le mélange est réglée par le papillon A qui peut être réglé à la fois par l'accélérateur et par une commande du tableau de bord.

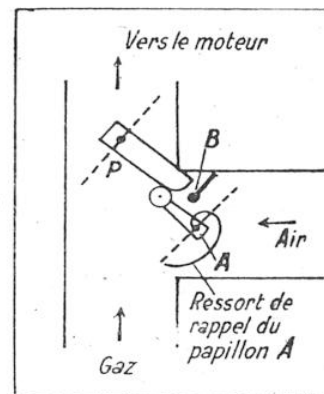


FIG. 13. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN MÉLANGEUR GOHIN

Le papillon A d'admission de l'air est lié au papillon des gaz pendant la course d'admission, en aval du papillon d'accélération; si ce mélangeur auxiliaire est bien réglé, les départs sont immédiats.

en moyenne; 575 cal/m³. La perte est donc de 275 cal par m³ aspiré, soit environ 33 %; la perte de puissance qui en résulte, exprimée par le même nombre, est inadmissible et l'on doit s'efforcer de la diminuer.

Comment rétablir la puissance du moteur?

Plusieurs moyens sont à la disposition de l'installateur :

Augmenter la cylindrée géométrique du moteur; il suffit pour cela de réalésier le cylindre; l'augmentation du volume des cylindres peut atteindre 4 % dans le cas des moteurs à enveloppe d'eau venue de fonderie avec les cylindres, et 12 % si le moteur comporte des chemises rapportées humides; dans ce dernier cas surtout, l'opération est intéressante.

Augmenter la cylindrée réelle : on sait que celle-ci est inférieure à la cylindrée géométrique, du fait de la résistance éprouvée par le gaz au passage des soupapes tant d'échappement que d'admission. Le remplissage est amélioré si on peut augmenter le diamètre des soupapes et des sièges et remplacer les tubulures d'admission et d'échappement par d'autres de diamètres supérieurs. On peut encore augmenter la hauteur et la durée de la levée des soupapes, mais ceci exige le remplacement de l'arbre à cames par un autre et l'opération, onéreuse, est rarement pratiquée.

On peut encore chercher à faire tourner le moteur plus vite, afin d'augmenter la cylindrée-minute. On sait que, du moteur aux roues motrices, la vitesse est démultipliée par un nombre compris entre 4 et 7; l'organe démultiplicateur est constitué par une roue conique appelée couronne du différentiel, et par un pignon d'attaque, solidaire du moteur. Augmenter la démultiplication revient à prendre une roue conique de diamètre plus grand, donc à réduire la résistance opposée au pignon d'attaque; le moteur, devant une résistance diminuée, tournera un peu plus vite et, dans un temps donné, aspirera davantage de mélange. On est limité, dans cette voie par le volume intérieur du carter de différentiel.

Il faut enfin se préoccuper de mieux utiliser les calories fournies au moteur, c'est-à-dire d'améliorer le rendement et, pour cela, augmenter le taux de compression.

Ce taux dépasse à peine 6 avec l'essence, car il faut

craindre les phénomènes de détonation ou de cliquetis si préjudiciables au moteur. Ces phénomènes ne se produisent pas avec le gaz de gazogène, et le taux de compression peut être porté actuellement à 9 : les appareils d'alumage ne paraissent pas permettre de pousser le taux à une valeur supérieure. D'ailleurs, dans les transformations de moteur, nous déconseillons de chercher à dépasser 8; le vilebrequin, les paliers pourraient ne pas supporter les pressions d'explosion qui en résulteraient.

Le réalésage et le rechemisage du cylindre relèvent le taux de compression de 1/30 à 1/10 de sa valeur, le meilleur gain étant obtenu par le rechemisage; cette solution étant insuffisante, il y a lieu d'employer les divers procédés suivants pour augmenter le taux de compression, à moins qu'on ne trouve une culasse donnant le taux cherché : remplacer les pistons par d'autres plus hauts; raboter l'un des joints culasse-cylindre ou cylindre-carter; employer des soupapes bombées; ces opérations sont limitées par le jeu des soupapes, par la nécessité de conserver le segment supérieur du cylindre dans sa gorge, par le jeu du piston; il faut, en effet, laisser une garde de 4 mm entre le piston et la culasse, en prévision du coulage d'une bielle.

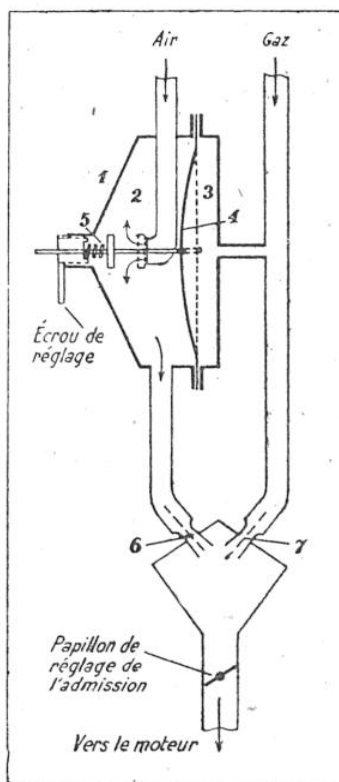
Nous déconseillons de souder une plaque sur le fond du piston ou sur la culasse, ce qui générerait le refroidissement de ces organes; on pourrait aussi augmenter le demi-coussinet côté cylindre de la bielle, mais celle-ci serait affaiblie.

Imaginons que la cylindrée ait pu être augmentée de 12 % et que, par réalésage, ainsi que par l'un ou plusieurs procédés indiqués pour le relèvement du taux de compression, celui-ci ait pu être porté de 6 à 8, le rapport des puissances serait passé de 0,66 à 0,84, c'est-à-dire que la perte de 33 % serait ramenée à 16 %. Ce résultat est remarquable, mais il est rarement obtenu dans la pratique.

En effet, les moteurs récents, dits poussés, ont un taux de compression élevé (6,2 à 6,3) et les procédés que nous venons d'indiquer leur sont difficilement applicables. Un seul moyen est alors à la disposition du mécanicien : suralimenter le moteur à l'aide d'un compresseur.

Le compresseur de suralimentation du moteur

Le compresseur peut : soit aspirer le mélange air-gaz et le refouler au moteur sous une



T W 15983

FIG. 14. — SCHÉMA D'UN MÉLANGEUR POINCIGNON

Quand l'entrée d'air est obturée par le clapet d'admission 1, un appel de gaz du moteur provoque une dépression à la fois dans la tubulure d'arrivée des gaz et dans la chambre 2. Cette dépression est plus forte en 2 que dans le tube d'arrivée du gaz, parce qu'elle n'est pas compensée par un apport de gaz. La chambre 3 communique avec le tube d'arrivée des gaz. La membrane élastique 4 est donc soumise à cette différence de pression, qui à un moment donné devient suffisante pour vaincre la résistance du ressort 5. Le clapet d'admission de l'air s'ouvre alors et se maintient ouvert, de telle sorte que la différence des dépressions entre les deux tuyères 6 et 7 croisse régulièrement avec la demande du moteur. Ces deux tuyères sont établies pour que les vitesses d'écoulement soient très grandes (100 m : s) et convergent sous un angle aigu, circonstances favorables à l'homogénéité du mélange.

pression de quelques centaines de grammes par cm^2 , soit aspirer de l'air et le refouler sous pression, partie à l'entrée au foyer, partie à l'entrée du mélangeur; à notre connaissance, ce dispositif est peu employé; il apparaît dangereux du fait de la surpression d'un gaz toxique dans des tubulures dont on ne peut garantir l'étanchéité absolue.

Les appareils utilisés sont de divers types : compresseurs centrifuges, compresseurs à palettes, turbo-compresseurs à deux rotors : l'un d'eux reçoit les gaz d'échappement du moteur et forme turbine à gaz; l'autre rotor est récepteur. Ce type est employé depuis longtemps déjà avec les moteurs d'avions — compresseurs Roots, qui sont de véritables pompes pneumatiques à engrenages, — compresseurs M.A.T.R.A. dont les palettes forment un dièdre d'ouverture variable, grâce à un mécanisme ingénieux.

La solution « compresseur » est séduisante, *a priori* : seule, elle permet de retrouver, à peu de chose près, la puissance que l'on avait à l'essence, malgré la puissance qu'absorbe le compresseur lui-même. Cependant, il s'en faut que les résultats soient toujours pleinement satisfaisants. Il ne faut pas oublier, en effet, que le rendement des compresseurs varie avec la vitesse et qu'ils ne peuvent être utilisés rationnellement qu'entre des limites de vitesses assez voisines, alors que le moteur qui les entraîne voit sa vitesse varier entre quelques centaines et quelques milliers de tours.

D'autre part, le compresseur, à bord d'une voiture, aspire un air chargé de poussière et l'étanchéité, le graissage, la durée sont fortement compromis : il y a encore beaucoup à faire dans cette voie.

L'allumage

L'augmentation du taux de compression a pour effet de relever la résistance électrique du mélange comprimé. Pour assurer néanmoins l'allumage, sans changer la magnéto ou la bobine, il faut ramener de 0,6 mm à 0,4 mm l'écartement des joints des bougies. Mais la longueur de l'étincelle étant réduite, des ratés d'allumage sont à craindre et il est préférable de remplacer le dispositif d'allumage par un autre donnant au circuit secondaire, de 18 000 à 20 000 volts; en même temps, on remplacera les bougies par d'autres dont l'isolant extérieur aura au moins 3 cm de hauteur, afin d'éviter la production d'étincelles hors du cylindre.

Le moteur Diesel adapté au gazogène

Les modifications à apporter sont moins nombreuses que lorsqu'il s'agit d'un moteur à explosion. On sait que, dans le fonctionnement suivant le cycle Diesel, le taux de compression

est élevé; il descend rarement au-dessous de 12 et atteint parfois 18; ces valeurs, impraticables avec le cycle Beau de Rochas, doivent être réduites à 9 au maximum, le plus souvent en substituant des pistons moins hauts aux pistons existants, car il est généralement impossible de changer la culasse; la pipe d'admission, qui autrefois était ouverte à l'air libre, doit être réunie au mélangeur.

Deux solutions sont possibles pour l'allumage :

— Remplacer les injecteurs par des bougies de moteurs à explosions et les pompes à gasoil par un appareil d'allumage, magnéto ou bobine et tête d'allumage; lorsqu'il s'agit d'un moteur à préchambre de combustion, la bougie doit en général être placée au fond de cette sorte de puits que forme la préchambre et la solution n'est pas toujours de réalisation commode.

— Conserver les pompes et injecteurs et ne rien changer au taux de compression, au départ, le moteur fonctionne suivant le cycle Diesel normal, puis on passe progressivement au gaz en réduisant la durée de l'injection pour l'amener au minimum compatible avec l'allumage; le moteur consomme un mélange ternaire gaz-gasoil-air. Le mélangeur doit fournir évidemment assez d'air pour la combustion du gaz et du gasoil. La solution est séduisante, mais elle exige du gasoil, dont la consommation n'est réduite que de quatre cinquièmes environ.

Le moteur deux temps

Dans ce qui précède, nous n'avons pas parlé du moteur à deux temps, à explosion, Diesel ou semi-Diesel. Le moteur à deux temps ne paraît pas, dans les circonstances actuelles, pouvoir être adapté à la marche au gaz.

On sait, en effet, que le cycle à deux temps exige le balayage des gaz brûlés : l'échappement et l'admission sont ouverts simultanément; le fluide admis est préalablement comprimé dans le carter à environ 1,3 kg/cm^2 , et, lors de l'admission, chasse les gaz devant lui. Dans un Diesel ou un semi-Diesel, le fluide admis est de l'air. Dans un moteur à explosion, le fluide de balayage est un mélange d'air et d'essence : ce fonctionnement, peu économique, n'est admissible que pour des moteurs de motocyclettes, pour lesquels on recherche surtout la légèreté et la régularité.

Si le moteur doit fonctionner au gaz de gazogène, le balayage doit se faire obligatoirement avec un mélange d'air et de gaz : celui-ci étant particulièrement nocif, on conçoit le danger de l'alimentation du moteur à deux temps par gazogène; nous savons que la question est à l'étude et que déjà des résultats intéressants sont obtenus qui permettent d'entrevoir une prochaine solution de ce problème.

A. LEPOIVRE.

La production mondiale d'aluminium pour l'année courante peut être évaluée entre 900 000 et 1 000 000 tonnes. Si tous les projets d'extensions actuellement annoncés se réalisent, ce chiffre sera doublé en 1944 2 millions de tonnes d'aluminium représentent 4 millions de tonnes d'alumine (produit intermédiaire entre la bauxite et l'aluminium) et, suivant la qualité du minerai, entre 8 et 10 millions de tonnes de bauxite.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

Les feuilles mortes, source précieuse de combustible

LES millions de tonnes de feuilles qui jonchent le sol en automne peuvent-elles remédier à la pénurie de combustible dont nous souffrons actuellement? C'est du moins ce que peuvent laisser espérer les essais effectués depuis un an dans la région parisienne, notamment à Neuilly-sur-Seine. Le traitement, très simple, consiste en principe à sécher les feuilles, à les carboniser et à agglomérer le charbon pulvérulent obtenu. Les boulets ou briquettes ainsi préparés ont un pouvoir calorifique de 4 800 à 5 000 calories par kilogramme, analogue à celui des boulets de charbon minéral de qualité moyenne.

L'installation, représentée schématiquement (fig. 1), comporte essentiellement un four à carboniser et les ap-

pareils nécessaires à la récupération des produits de la combustion.

Voici comment elle fonctionne. Les feuilles séchées par les gaz chauds qui se dégagent du four sont comprimées, puis carbonisées. Ainsi, les gaz inflammables dégagés pendant la carbonisation sont utilisés après épuration pour le chauffage du four, de sorte que, sauf pendant la période de démarrage, aucun combustible auxiliaire n'est nécessaire pour la marche de l'installation. D'ailleurs, dès qu'une certaine quantité de charbon de feuilles ou de « carbofeuilles » est obtenue, on peut l'utiliser pour l'amorçage.

Lorsque la carbonisation est terminée, le charbon pulvérulent est finement broyé, puis mouillé et mélangé à une partie du goudron provenant de la distillation des feuilles dans le four. Des presses lui donnent la forme de boulets ou de briquettes qu'un séchage de trois ou quatre jours suffit à rendre utilisables.

Une tonne de feuilles donnant environ 300 kg de charbon, on évalue à 6 000 t la production que pourraient assurer les 400 000 arbres du bois de Boulogne à 5 250 t le rendement du bois de Vincennes. Les essais effectués à Neuilly ayant donné satisfaction, on envisage d'exploiter une partie de la forêt de Fontainebleau qui fournirait 35 000 t de boulets.

Cependant, bien qu'un hectare de bois puisse donner en moyenne 7 t de charbon de feuilles, on ne pourrait fabriquer ainsi le charbon pour une famille, même disposant de 2 ou 3 hectares de bois, car une installation de carbonisation doit, pour avoir un rendement convenable, traiter plus de 30 t de feuilles par jour, ce qui correspond à 250 hectares de bois. Mais les résultats que l'on peut espérer d'une telle exploitation paraissent justifier la construction d'usines convenablement équipées pour le traitement rationnel d'une partie au moins des millions de tonnes de feuilles de la forêt française. Outre le charbon, 20 kg de goudron demeurent disponibles par tonne de feuilles traitées, d'où on peut extraire des huiles légères ou lourdes contenant des hydrocarbures, et on récupère également 200 litres de pyroligneux qui peuvent fournir un carburant dont l'indice d'octane serait compris entre ceux de l'alcool et de l'essence.

Pour déceler le travail des insectes dans le bois

LE travail de destruction du bois par les insectes, comme les termites, passe le plus souvent inaperçu jusqu'au moment où il atteint un degré tel que la solidité d'une construc-

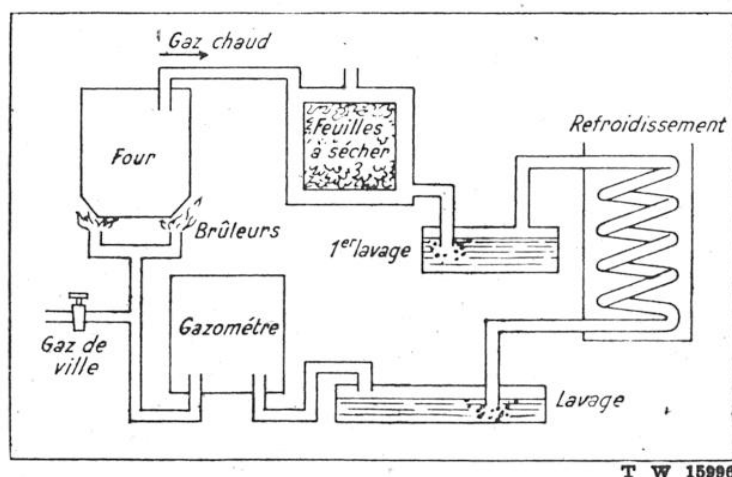


FIG. 1. — SCHÉMA D'INSTALLATION POUR LA CARBONISATION DES FEUILLES MORTES

Le four est chauffé par la combustion des gaz inflammables dégagés pendant la carbonisation des feuilles.

LE PROCHAIN NUMÉRO D'AVRIL 1942

de

la Science et la Vie

(NUMÉRO DE PAQUES 1942)

rassemblera plusieurs articles d'actualité particulièrement choisis : les plus récents modèles d'avions de combat en service sur tous les théâtres d'opérations; les méthodes du tir à la mer; le rôle de la fortification dans la lutte contre les divisions blindées; les ersatz alimentaires; la télévision en couleurs; les sources futures de l'énergie; les combustibles pour gazogènes, etc...

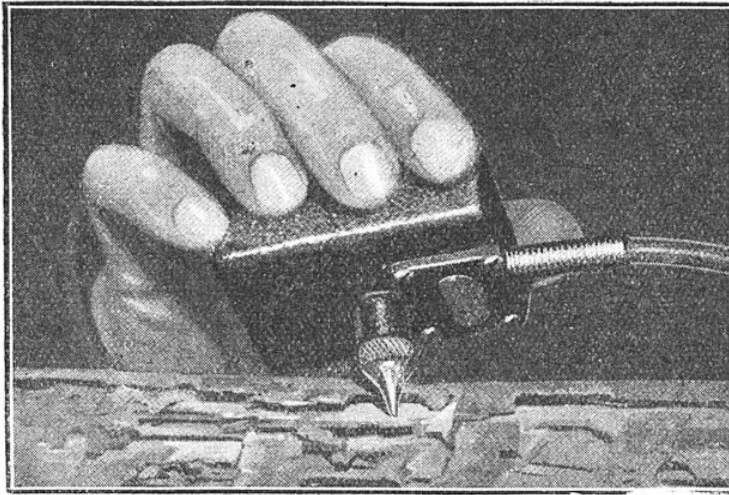
Il contiendra, en outre, un superbe **PLANISPHERE** spécialement dressé pour ce numéro de Pâques par le Service Cartographique de "La Science et la Vie" et tiré en **six couleurs** (56^{cm} x 90^{cm})

Le numéro de Pâques 1942 de "La Science et la Vie", accompagné de la grande carte en couleurs, sera mis en vente fin mars au prix de **12 francs**



Le tonnage de papier attribué à "La Science et la Vie" étant strictement limité, il n'est pas possible de prévoir comme les années précédentes une augmentation du tirage de ce numéro de Pâques. Aussi nous recommandons à nos lecteurs de retenir cette livraison chez leur libraire habituel, ou mieux de **souscrire dès maintenant un abonnement au prix habituel** (60 francs pour un an)

Compte de Chèques Postaux 184.05 Toulouse



T W 14517

FIG. 2. — LE MICROPHONE QUI DÉCÈLE LE TRAVAIL DES INSECTES DANS LE BOIS

tion, d'un plancher, se trouve compromise. L'Américain Walter Burgen et son fils Walter, de Benton Harbo (Michigan), ont mis au point un microphone capable de détecter les attaques de ces insectes. Comme le montre la photographie ci-dessus, ce microphone se compose d'un boîtier et d'un appendice qui permet d'ausculter la pièce de bois. Les vibrations provoquées dans le microphone par le bruit directement inaudible du travail de l'insecte dans le bois se traduisent par des courants extrêmement faibles que des lampes à électrodes multiples permettent d'amplifier.

On arrive ainsi à entendre nettement des craquements analogues au bruit de la chute de petits grains sur du papier.

Cet appareil permettrait de soumettre un bois en apparence sain à une épreuve décisive.

Pour la mesure de la vitesse des projectiles

Il est indispensable, dans les études de balistique, de connaître les vitesses des projectiles lancés par arme à feu. Souvent même, il faut mesurer ces vitesses en série, si l'on veut par exemple étudier un lot de munitions du point de vue de la charge de poudre, de

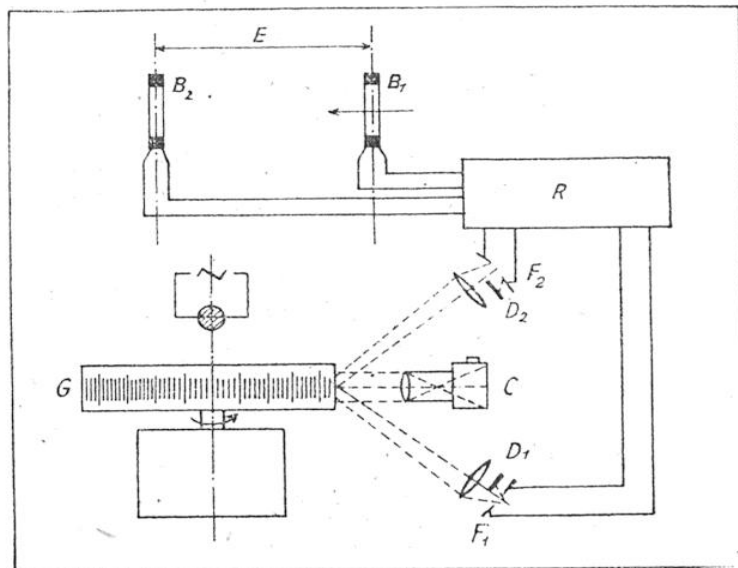
la qualité de celle-ci, etc. On sait que la photographie permet de procéder à ces mesures avec une haute précision. On peut pour cela soit mesurer la distance entre les deux positions occupées par le projectile au bout d'un intervalle de temps donné, soit au contraire mesurer le temps qui s'écoule entre les passages du projectile en deux points fixes dont la distance est exactement connue. Cette dernière méthode a donné lieu à une réalisation où le temps cher-

ché se mesure très aisément et quasi automatiquement.

Le schéma ci-dessous permet de comprendre le principe du procédé : La base de mesure E est limitée à chacune de ses extrémités par une grille ou bobine de mesure. Le passage du projectile à travers la première bobine B_1 produit une impulsion de courant qui, à travers un relais à tubes R et un condensateur à haute tension, provoque l'éclatement d'une étincelle en F_1 . Un condensateur de lumière et un diaphragme D_1 sont disposés de telle manière que seule est éclairée la partie inférieure d'une graduation G fixée sur un tambour tournant. En même temps, la camera C enregistre sur un film la partie éclairée de la graduation.

Au passage du projectile à travers la bobine B_2 , les mêmes phénomènes se reproduisent, mais le diaphragme D_2 est disposé de telle sorte que la partie supérieure de la graduation G est maintenant éclairée et enregistrée sur le film de la camera.

Ainsi, au développement de ce dernier, on observe : 1° l'image de la moitié inférieure de G au moment du passage du projectile à travers B_1 ; 2° l'image de la moitié supérieure de G au



T W 14519

FIG. 3. — SCHÉMA DE L'APPAREIL POUR LA MESURE DE LA VITESSE DES PROJECTILES

moment où le projectile traverse B_2 . Connaissant la vitesse de rotation du tambour, la différence entre les indications de ces moitiés de G situées sur une même verticale permet de calculer le temps mis par le projectile pour franchir l'espace E . Il est d'ailleurs aisé de graduer cette échelle en centièmes ou en millièmes de seconde afin de réduire à une seule soustraction le calcul du temps. Ce procédé élimine toute erreur sur les mesures de longueur, puisque la distance E est mesurée une fois pour toutes avec une grande précision, ainsi que toute erreur pouvant provenir d'une variation de la longueur du film au cours de son développement, fixage, etc.

On peut d'ailleurs vérifier l'appareil avant chaque série de mesures en faisant éclater simultanément les deux étincelles F_1 , F_2 . Les graduations doivent concorder; dans le cas contraire, il est aisé de tenir compte du léger décalage constaté.



T W 16013

FIG. 4. — LA NOUVELLE LOCOMOTIVE AMÉRICAINE DE 7 000 CH « BIG BOY »

La plus puissante locomotive du monde

LA locomotive la plus puissante (7 000 ch), la plus lourde du monde (596 tonnes avec le tender, 377 tonnes sans tender) a été mise récemment en service aux Etats-Unis. Elle mesure plus de 40 m de long. Construite par

l'American Locomotive Co de Schenectady pour l'Union Pacific Railroad, elle est munie d'un dispositif spécial pour l'alimentation en charbon du foyer. C'est la première d'une série de vingt machines du même type destinées à l'Union Pacific. Sa consommation est de 10 à 12 tonnes de charbon et de 67 000 litres d'eau à l'heure. Sa vitesse maximum atteint 135 km/h.

BULLETIN D'ABONNEMENT (295)

Nom (en majuscules) et prénoms :

Adresse :

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

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

TARIF DES ABONNEMENTS A "LA SCIENCE ET LA VIE"

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis.....	1 an.....	60 fr.
	6 mois.....	32 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	90 fr.
	6 mois.....	50 fr.

ÉTRANGER

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

Envois simplement affranchis.....	1 an.....	130 fr.
	6 mois.....	70 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	180 fr.
	6 mois.....	100 fr.

Pour les autres pays :

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

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

"LA SCIENCE ET LA VIE"

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

(Aucun envoi n'est fait contre remboursement)

Pour faciliter notre tâche, nous demandons à nos lecteurs d'effectuer tous leurs règlements uniquement par chèque postal au C/C 184-05 Toulouse.

LE GÉRANT : L. LESTANG.

T W 4896 - 18-2-42

IMP. RÉGIONALE, TOULOUSE.

ÉCOLE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE

(Inscription à toute époque de l'année)
actuellement : Rue Maréchal-Lyautey - VICHY

Cours sur place et par correspondance

INGENIEUR-RADIOTECHNICIEN

Trigonométrie, règle à calcul, calcul différentiel et intégral, mécanique, machines électriques, radiotechnique générale, construction et mise au point des appareils, cinéma sonore, télévision.

Admission : niveau B. S. ou classe de première.

SOUS-INGENIEUR-RADIO DE 1^{re} CLASSE

Mathématiques générales, électricité, radiotechnique, machines électriques, cours de travaux pratiques, émetteurs et récepteurs, études schématiques.

Admission : niveau du B. E. ou classe de seconde.

OPERATEURS-RADIO DE 1^{re} OU 2^{me} CLASSE

Electricité, magnétisme, statique, machines électriques, radiotélégraphie et radiotéléphonie, réglementation des radiocommunications, taxation, moteurs thermiques, géographie professionnelle, émetteur B 41 K, récepteurs en usage.

Admission

1^{re} classe : niveau B. E. ou classe de seconde.

2^{me} classe : notions d'algèbre.

MONTEUR-DEPANNEUR-RADIOTECHNICIEN

Electricité générale, circuits oscillants, ondes et propagation, accord des récepteurs et sélection, transmission radiophonique, différents modèles de lampes et utilisation, récepteurs batteries, tous courants, alternatif, vérification et mise au point, recherche des pannes, télévision.

Admission : niveau C. E. P.

(Notices contre 2 francs en timbres.)

NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



Des millions
de
mètres carrés
de références



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