

Avril 1941

10 francs

la Science et la Vie



NUMERO SPECIAL

PAQUES 1941

ECOLE SPECIALE DE T.S.F.

Normalement à

PARIS

152, Avenue de Wagram

Pendant la guerre :

NICE

21, Boulevard Frank-Pilatte

COURS SUR PLACE (*Rentrée à toute époque*)

COURS PAR CORRESPONDANCE (*Inscription à toute époque*)

Les élèves des Cours par correspondance ont le droit de faire un stage gratuit d'un mois dans les ateliers et laboratoires de l'Ecole, ainsi qu'aux salles de lecture au son. Ils peuvent également assister aux différents cours oraux.

SECTION P. T. T.

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.

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.

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.

N. B. — Les titres délivrés par l'Ecole de T.S.F. de Paris, après examen sont les suivants : Diplômes de monteur-dépanneur, dessinateur, contremaître ou adjoint technique, technicien ou chef de poste, sous-ingénieur ;

Certificat d'aptitude aux fonctions d'ingénieur.

Il est rappelé que les élèves par correspondance peuvent obtenir un diplôme d'ingénieur délivré par l'Etat en passant, s'ils réunissent certaines conditions, un examen au Conservatoire national des Arts et Métiers.

SECTION INDUSTRIE

COURS DE MONTEUR-DÉPANNEUR

Notions d'arithmétique, algèbre, géométrie. Electricité. Dessin électrique. T. S. F. Dépannage.

COURS D'ADJOINT TECHNIQUE

Arithmétique. Algèbre. Géométrie. Physique. Mécanique. Electricité industrielle. T. S. F. Dessin. Dépannage.

COURS DE TECHNICIEN OU CHEF DE POSTE

Arithmétique. Algèbre. Géométrie. Trigonométrie. Règle à calcul. Mécanique. Résistance des matériaux. Physique. Chimie. Electricité. Moteurs thermiques. Radiotechnique. Dessin.

Prix de la préparation : 850 francs.

COURS DE SOUS-INGÉNIEUR ADJOINT

Algèbre. Géométrie. Trigonométrie. Règle à calcul. Mécanique. Résistance des matériaux. Electricité (courant continu, courant alternatif). Unités des mesures électriques. Mesures électriques. Eclairage électrique. Bobinage électrique. Radioélectricité théorique et appliquée. Dessin.

COURS D'ÉTUDES SUPÉRIEURES EN T.S.F.

Mathématiques supérieures. Géométrie analytique. Géométrie descriptive. Physique. Thermodynamique. Mécanique. Résistance des matériaux. Electricité (moteurs et machines). Electrotechnique. Essais des moteurs. Calcul des machines. Mesures. Production et distribution. Construction de l'appareillage. Radioélectricité. Prévention des accidents. Projets.

GOHIN-POULENC

LE GAZOGÈNE
DE FRANCE

Résultat de 20 ans de recherches
et de progrès constants, établi sur des
données vraiment scientifiques,

LE GAZOGÈNE **GOHIN-POULENC**

"POLYCOMBUSTIBLE"

est celui que vous adopterez pour équiper :
CAMIONS, TRACTEURS, MOTEURS FIXES
et **FOURS DE TOUTE NATURE**
(Boulangerie, Foyers domestiques, Chauffe-
fage, etc.).

SPÉCIALISTE D'ADAPTATION DES TRACTEURS FORDSON

NOMBREUSES RÉFÉRENCES

Agents monteurs dans toute la France

COMPAGNIE DES PROCÉDÉS
GOHIN-POULENC

Siège Social : 78, Rue de Prony — PARIS

Etudes Techniques : 6, Rue Thiers - **CHOISY-LE-ROI**

Succursale du Midi : 27, Boulevard Riquet — **TOULOUSE**

ÉCOLE PROFESSIONNELLE

51, Boul^d Magenta - PARIS (X^e)

— ZONE LIBRE : —

CHATEAU DE VILLAC (Dordogne)
(Propriété de l'École)

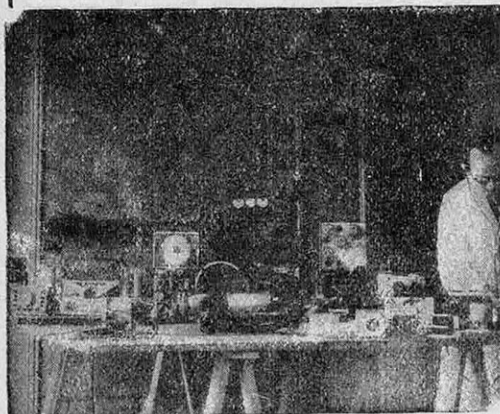


Préparation à toutes les carrières :

INDUSTRIE
P. T. T.
MARINE
AVIATION
ARMÉE
COLONIES



ENSEIGNEMENT
TECHNIQUE et PRATIQUE
par correspondance



LA RADIO

est une
Branche
d'Avenir



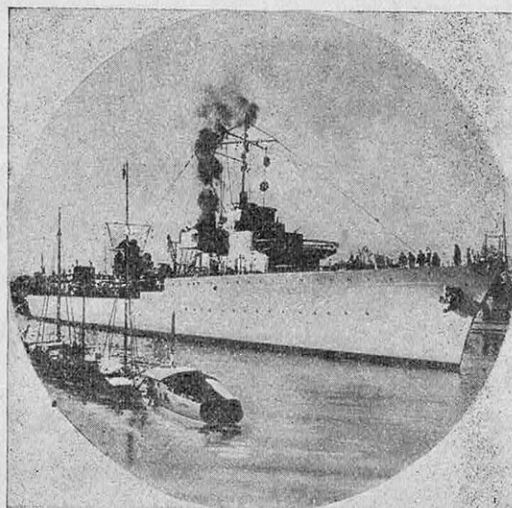
**DES SITUATIONS VOUS
SONT OFFERTES
JOURNELLEMENT**



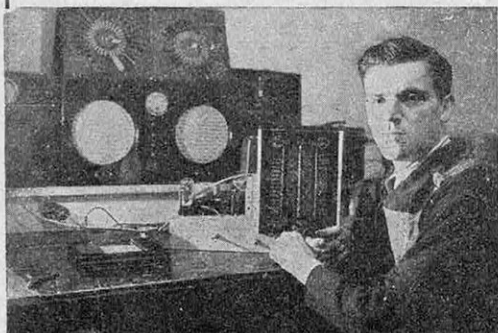
*Si vous voulez devenir un
Constructeur-Dépanneur ou
Chef dans une Usine de Radio.*

*Si vous voulez devenir Officier
Radio ou entrer dans une Admi-
nistration Ministérielle...*

**Suivez nos Cours par
Correspondance, pendant
vos heures de loisirs.**



SUPÉRIEURE DE T.S.F. ET DE TÉLÉVISION



NOS COURS

Vous permettent de
gagner de l'argent
dès le début de vos
études

SEULE ECOLE FAISANT FAIRE A
SES ELEVES DES MONTAGES
PRATIQUES PAR CORRÉSPONDANCE

Les études commencées en notre
Ecole, au Château de Villac
(Dordogne) peuvent être conti-
nuées à Paris et inversement

PRINCIPAUX PROFESSEURS :

M. Eugène KURSASKI

Ingénieur de l'Institut Polytechnique de
LIÈGE, Ancien Elève de la Faculté
des Sciences de l'Université de PARIS

M. P. HEMARDINQUER

Ingénieur, Rédacteur Technique à "La
Science et la Vie" — "La T. S. F.
pour Tous" — "La Nature", etc...

M. Max REYNES

Ingénieur, Officier de la Marine

M. Géo MOUSSERON

Rédacteur en Chef de différentes Revues
Radio

MM. L. BOURRIN,

J. BIALEK, P. EVIEUX

A. DUSSANGE

Ingénieurs spécialistes en T. S. F.

BON A DÉCOUPER

Monsieur le Directeur,

*Veillez m'envoyer gratuitement et sans engagement de ma part, le Programme
d'études ainsi que la Documentation concernant votre Ecole, à l'adresse ci-dessous.*

La préparation qui m'intéresse particulièrement est

NOM:

ADRESSE:

UN POSTE POUR CHACUN ÉTUDES CHEZ SOI

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

Le moyen vous en est fourni par les COURS PAR CORRESPONDANCE DE

L'ÉCOLE UNIVERSELLE PAR CORRESPONDANCE DE PARIS

qui a pu installer sa succursale pour la zone libre à

LYON. 12, PLACE JULES-FERRY

Ceux de ses cours qui préparent aux examens universitaires (*Baccalauréats, Brevets, etc.*) et aux concours administratifs conduisent chaque année au succès plusieurs milliers d'élèves.

L'École Universelle vous adressera gratuitement, par retour du courrier, celle de ses brochures qui vous intéresse :

BROCHURE N° 233. — Classes secondaires complètes, depuis la onzième jusqu'aux Baccalauréats et à la classe de Mathématiques spéciales;

BROCHURE N° 234. — Classes primaires complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets pratiques;

BROCHURE N° 235. — Enseignement supérieur, Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats;

BROCHURE N° 236. — Toutes les grandes Ecoles spéciales;

L I V R E N° 303. — Toutes les carrières administratives : (France et Colonies).

Voir page 9;

BROCHURE N° 238. — Toutes les carrières de l'Industrie et des Travaux publics;

BROCHURE N° 239. — Carrières de l'Agriculture métropolitaine et coloniale;

BROCHURE N° 240. — Carrières du Commerce, de la Banque, de la Bourse, des Assurances;

BROCHURE N° 241. — Langues étrangères, Tourisme;

BROCHURE N° 242. — Orthographe, Rédaction, Calcul, Ecriture;

BROCHURE N° 243. — Carrières de l'Air, de la Radio, de la Marine;

BROCHURE N° 244. — Etudes musicales, Professorats;

BROCHURE N° 245. — Carrières féminines;

BROCHURE N° 246. — Arts du dessin;

BROCHURE N° 247. — Métiers de la Couture, de la Coupe, de la Mode, Professorats;

BROCHURE N° 248. — Journalisme, Secrétariats;

BROCHURE N° 249. — Carrières du cinéma;

BROCHURE N° 250. — Carrières coloniales;

Si vous désirez, en outre, des renseignements particuliers sur les études que vous êtes susceptibles de faire et sur les situations qui vous sont accessibles, écrivez plus longuement.

Toutes les informations vous seront fournies de la façon la plus précise et la plus détaillée, toujours à titre absolument gracieux et sans engagement de votre part.

(Voir page 9, l'annonce relative aux carrières administratives.)

ÉCOLE UNIVERSELLE,

En zone occupée : 59, Boulevard Exelmans - PARIS (XVI^e)

— libre : 12, Place Jules-Ferry - L Y O N

AUTOCARBONE

Le matériel rationnel de carbonisation

Fours continus, vases clos produisant une tonne de charbon par 24 heures. Rendement garanti 25 kgs de charbon anhydre pour 100 kgs de bois carbonisés. Possibilité de récupérer tous les sous-produits.

DÉCOUPEUSES à bois à grand travail.

CONCASSEURS-TRIEURS DÉPOUSSIÉREURS donnant moins de 10 % de poussières (garantie sur facture)

Écrire : **AUTOCARBONE**
EYMOUTIERS (Haute-Vienne)

CEYBE publicité.

MATÉRIEL pour la PRODUCTION du GAZ des FORETS

FOURS A CARBONISER

TABLES DE CALIBRAGE
CONCASSEURS, GRANULATEURS
TOUS DÉBITS

LIVRAISON RAPIDE
20 années d'expérience

Fournisseurs des Eaux et Forêts
et du Ministère des Colonies
Les plus nombreuses références

J. et J.G. ROLLAND F^{ères}

58-60, Rue Barrault - PARIS (XIII^e)
— Téléphone : Gobelins 93.37 —

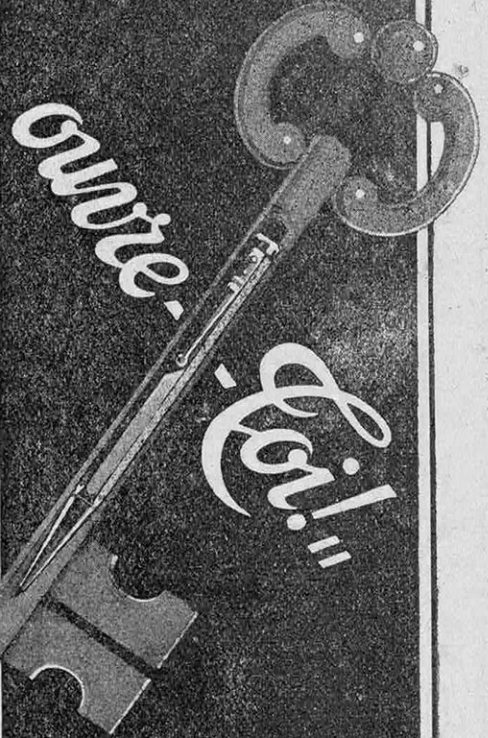
AGENCE DE LYON :
26, Rue Malesherbes, 26
Téléphone : Lalande 33.79

et Nombreux Agents Régionaux

CEYBE, Publicité.

"Sésame

BREVETÉ
S.G.D.G.



Porte-Mine
AUTOMATIQUE
DEMONTABLE



PLUME STYLO
INOXYDABLE

Gros: Les Fils de Charles VUILLARD
SAINT-CLAUDE (Jura)

CEYBE, Publicité.

EQUIPEMENT LILOR ACÉTYLÈNE

LE PREMIER AGRÉÉ PAR L'O. C. A.

■
GÉNÉRATEUR BASSE PRESSION
FILTRATION PARFAITE DU GAZ
DISTRIBUTEUR AUTOMATIQUE INDÉRÉGLABLE

■
SIMPLICITÉ - ÉCONOMIE - SÉCURITÉ

■
SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE LIOTARD FRÈRES - Suc^{le}, 4, Place Jérusalem - AVIGNON

CEYBE, Publicité.

Les Usines de Fabrication de **charbon roux**
sont étudiées et montées par les

Gazogènes "MOTRIX"

Usine du Pont Juvénal - MONTPELLIER

qui construisent également :

GAZOGÈNES SPÉCIAUX A BOIS TORRÉFIÉ

GAZOGÈNES A CHARBON (Gaz mixte)

GAZOGÈNES FIXES POLYCOMBUSTIBLES

(Lignite, Anthracite, Grignon d'olive)

Pour usages de traction, chauffage, force motrice

CEYBE, Publicité.

COMPAGNIE AUXILIAIRE DE SIDÉRURGIE

PARIS-VICHY

GAZCO

**L'équipement s'adaptant sur tous
les véhicules automobiles
pour leur marche au**

GAZ DE VILLE COMPRIMÉ

**BOUTELLES HAUTE PRESSION
DÉTENTEURS MÉLANGEURS
ET
ACCESSOIRES COMPLÉMENTAIRES**

**L'équipement peut être également
monté sur nos remorques spéciales
à décrochage rapide**

COMPAGNIE AUXILIAIRE DE SIDERURGIE

C. A. U. S. I. D.

SIÈGE SOCIAL : Zone libre, 127, boulevard des Etats-Unis

V I C H Y

Adr. Tél. GAZCO-VICHY

Téléphone 22.79

A nos lecteurs

Rappelez-vous que les abonnés reçoivent, sans augmentation de prix, tous les **numéros spéciaux** de l'année avec la table des matières semestrielle.

Vous réaliserez une économie en vous abonnant dès maintenant.

PRIX DE L'ABONNEMENT : **55 FRANCS** — C. C. Postal 184.05 Toulouse

GAZOGÈNE
SABATIER-DECAUVILLE
FOUR A CARBONISATION
LILLOISE-TRIHAN Fils



LA LILLOISE

36, Rue Dubois, 36
LYON

AGENTS RÉGIONAUX
et CENTRES DE MONTAGE
DANS TOUTE LA FRANCE
(Adresses sur demande)

**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 "**

UN POSTE POUR CHACUN

LES CARRIÈRES ADMINISTRATIVES

Depuis trente-cinq ans, l'ÉCOLE UNIVERSELLE documente les jeunes et les familles, avec une scrupuleuse conscience, sur tous les examens, sur toutes les carrières. Ses élèves peuvent faire **par correspondance** toutes les études qui les intéressent. Vous trouverez, page 4, la liste des brochures relatives aux enseignements qui préparent à toutes les carrières de l'Industrie, de l'Agriculture, des Travaux publics, du Commerce, de la Marine, du Dessin, de la Musique, de la Couture, etc...

L'ÉCOLE UNIVERSELLE a également obtenu les plus brillants succès dans la préparation aux carrières administratives. Fondée en 1907, elle a pu, dès ses débuts, et en deux ans seulement, compter **cent six de ses élèves** admis avec le **numéro un** aux examens et concours administratifs auxquels prenaient part les candidats et les candidates de la France entière. Depuis cette époque, ces succès se sont constamment amplifiés. C'est vous dire que, quel que soit le concours qui vous intéresse, vous avez le plus grand avantage à confier la direction de vos études à l'ÉCOLE UNIVERSELLE, dont chaque section spécialisée vous offre les meilleurs professeurs que vous puissiez souhaiter.

Bien que l'ÉCOLE UNIVERSELLE prépare à toutes les fonctions publiques, nous ne pouvons vous indiquer ici, faute de place, qu'un très petit nombre de concours classés par grandes administrations.

MINISTÈRES. — Rédacteur au Ministère de l'Intérieur; Rédacteur au Ministère des Finances; Rédacteur au Secrétariat d'Etat aux Colonies; Rédacteur au Ministère du Travail, etc...

ADMINISTRATIONS FINANCIÈRES. — Commis stagiaire des Contributions directes; Commis des Contributions indirectes; Commis auxiliaire du Trésor; Commis du Trésor, Commis titulaire de l'Enregistrement; Surnuméraire des Contributions directes; Surnuméraire de l'Enregistrement; Stagiaire des Indirectes; Contrôleur adjoint des Douanes; Rédacteur à la Caisse des Dépôts et Consignations, etc...

BANQUES. — Commis d'ordre, Dame employée, Rédacteur à la Banque de France; Employé au Comptoir National d'Escompte, au Crédit Lyonnais, à la Société Générale, etc...

MAGISTRATURE. — Examen d'admission dans la Magistrature; Examen professionnel de Juge de paix, etc...

POLICE. — Gardien de la paix; Inspecteur de la Sûreté; Inspecteur de police mobile; Secrétaire de police; Commissaire de police, etc...

P. T. T. — Surnuméraire des P. T. T.; Agent des installations extérieures des P. T. T.; Vérificateur des installations électromécaniques; Dame sténo-dactylo, etc...

PONTS ET CHAUSSEES. — Chef cantonnier; Adjoint technique des Ponts et Chaussées et des Mines; Ingénieur des Travaux publics de l'Etat, etc...

CHEMINS DE FER. — Apprenti à la S. N. C. F.; Mineur piqueur; Dessinateur-calqueur, etc...

MANUFACTURES DE L'ÉTAT. — Contrôleur adjoint de culture et Rédacteur aux Manufactures de l'Etat; Vérificateur de culture, etc...

PRÉFECTURES, MAIRIES. — Rédacteur dans les Préfectures; Secrétaire de Mairie, etc...

STATISTIQUE GÉNÉRALE DE LA FRANCE. — Statisticien adjoint; Dame employée, etc...

COLONIES. — Commis du Trésor en Tunisie; Commis des Contributions diverses en Algérie; Géomètre stagiaire du Service topographique en Algérie; Rédacteur à la Banque de l'Algérie; Commissaire de police en Algérie; Contrôleur civil stagiaire au Maroc et en Tunisie, etc...

Nous attirons votre attention sur le fait que l'Ecole prépare à tous les concours administratifs. Pour vous documenter plus complètement, demandez à l'ÉCOLE UNIVERSELLE l'envoi gratuit du livre n° 303. Ce volume de deux cents pages vous renseignera sur toutes les fonctions publiques.

ÉCOLE UNIVERSELLE,

En zone occupée : 59, Boulevard Exelmans - PARIS (XVI^e)

— libre : 12, Place Jules-Ferry - LYON

Voir page 4 l'annonce générale

Des Années d'Expérience...
Des Centaines d'Équipements en circulation...

GAZOGENES FRANCE "940"

(Brevetés en France et à l'Étranger)

HOMOLOGATION DÉFINITIVE { En FRANCE : N° 526
En TUNISIE : N° 25 ("J. O." du 27 février)



Les seuls qui possèdent :

- ★ TIRAGE DIRECT ET INVERSE (double zone de réduction).
- ★ TUYÈRE - PORTE (Tuyère accessible sans démontage).
- ★ ÉPURATEUR A CADRE UNIQUE (démontage instantané par un seul écrou).



BREVETS, PROCÉDÉS ET SYSTÈMES

RENE IANDELLI

Constructeur Agréé par l'État N° 521



Bureau d'Études et Service Commercial :

18, Avenue de Valescure, 18

SAINT-RAPHAËL (Var)

TÉLÉPHONE 4.51, 4.55



Agents dans toute la France et les Colonies

la Science et la Vie

Tome LIX - N° 284

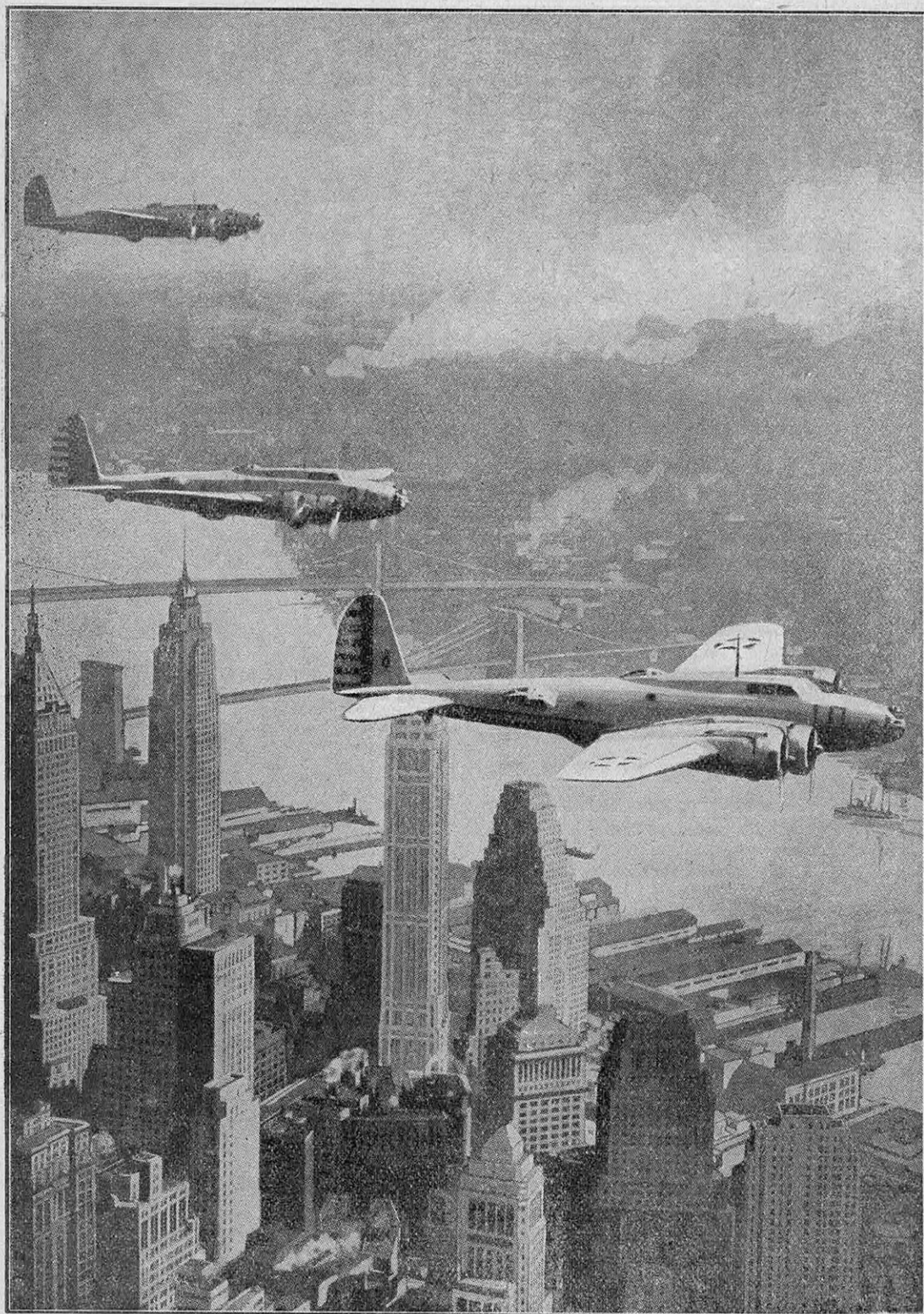
SOMMAIRE

Avril 1941

- ★ L'essor de l'aviation américaine en 1941, par P. Cambiand 197
- ★ Les bâtiments de combat et les bases navales de la marine américaine, par François Courtin..... 215
- ★ Un grand problème social : la recherche de la paternité devant la science, par Jean Labadié..... 230
- ★ Les tourelles quadruples des bombardiers britanniques, par Pierre Armont..... 239
- ★ Du monoplace de chasse au destroyer bimoteur, par Pierre Dublanc..... 247
- ★ L'évolution des espèces vivantes et les origines de l'homme, par Victor Jouglà..... 255
- ★ Le percement des lacs de montagne et le stockage de la houille blanche, par I. Léviand 268
- ★ La renaissance de l'automobile électrique, par Edmond Blanc 276
- ★ Avions et sous-marins dans l'Atlantique en 1940-1941, par P. Belleroche..... 286
- ★ Les porte-avions en Méditerranée, par Emile Borderie.. 299
- ★ Du laboratoire au studio et à la salle de projection : les progrès du cinéma sonore, par P. Hémardinquer..... 310
- ★ Le rôle stratégique des bases navales sur les grandes routes maritimes du monde, par Edmond Delage..... 321
- ★ Chars et avions aux prises dans le désert libyque, par Camille Rougeron..... 332
- ★ De la meule forestière à l'usine de distillation et d'hydrolyse du bois, par F.-S. de Condé..... 340
- ★ La traction automobile au gaz d'éclairage comprimé, par V. Reniger.....
- ★ Les A côté de la science, par V. Rubor..... 359

« 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.

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. *Copyright* by « La Science et la Vie », avril mil neuf cent quarante et un, Registre du Commerce Seine 116.544
Abonnements : France et Colonies, un an : cinquante-cinq francs ; six mois : vingt-huit francs.



LES « FORTERESSES VOLANTES » (« FLYING FORTRESS ») DE L'U. S. ARMY AIR CORPS EN VOL DE PATROUILLE AU-DESSUS DES GRATTE-CIEL

T W 5954

Ces appareils, d'un poids de 20 tonnes, équipés pour le vol stratosphérique et dotés de tourelles multiples, ont une vitesse maximum dépassant 500 km/h. Ils sortiront, en 1941, des usines américaines à la cadence de 25 par mois.

L'ESSOR DE L'AVIATION AMÉRICAINE EN 1941

par P. CAMBLANC

Malgré son apparent isolement entre deux vastes océans, l'Amérique se sent depuis quelques mois directement menacée. Après bien d'autres, elle vient de découvrir son « espace vital » qui s'étend pour elle à plusieurs milliers de kilomètres au large de ses côtes. Elle s'efforce de le couvrir d'un réseau très étendu de bases aéronavales nouvelles et de les garnir de forces aériennes en nombre suffisant. Les enseignements de l'histoire la plus récente lui ont montré en outre les faiblesses d'une position strictement défensive. Elle cherche la sécurité, autant que dans son propre réarmement, dans l'aide unilatérale qu'elle apporte à un des belligérants européens. C'est ainsi qu'au programme du Président Roosevelt de 50 000 avions de première ligne pour l'U. S. Army Air Corps et pour l'U. S. Navy s'ajoutent les commandes britanniques : sur la fin de 1940, elles portaient déjà sur 14 000 appareils de tous types, et elles se sont augmentées récemment de 12 000 avions et hydravions nouveaux. L'industrie aéronautique américaine du temps de paix ne possédait évidemment ni les installations, ni la main-d'œuvre, ni les méthodes de production nécessaires pour satisfaire de pareilles demandes. Un gigantesque effort se poursuit outre-Atlantique pour la construction et l'équipement d'usines nouvelles, pour s'assurer aussi la coopération d'autres industries, comme l'industrie automobile (Ford, General Motors, Chrysler). Pour consacrer le maximum d'efforts au programme de défense nationale, cette dernière a renoncé, pour 1941, à la création de nouveaux modèles. Déjà, dans l'intervalle d'une seule année, la production mensuelle a quintuplé, passant de 300 avions en mai 1940 à 1 500 avions au printemps 1941 : l'an prochain, elle dépassera 4 000 avions par mois ! Le problème de la production industrielle des armements est celui qui actuellement prime tous les autres. Les Etats-Unis se sont transformés en un gigantesque arsenal où les ressources immenses de la nation sont mises à contribution pour faire de l'aviation américaine, terrestre et navale, la première du monde.

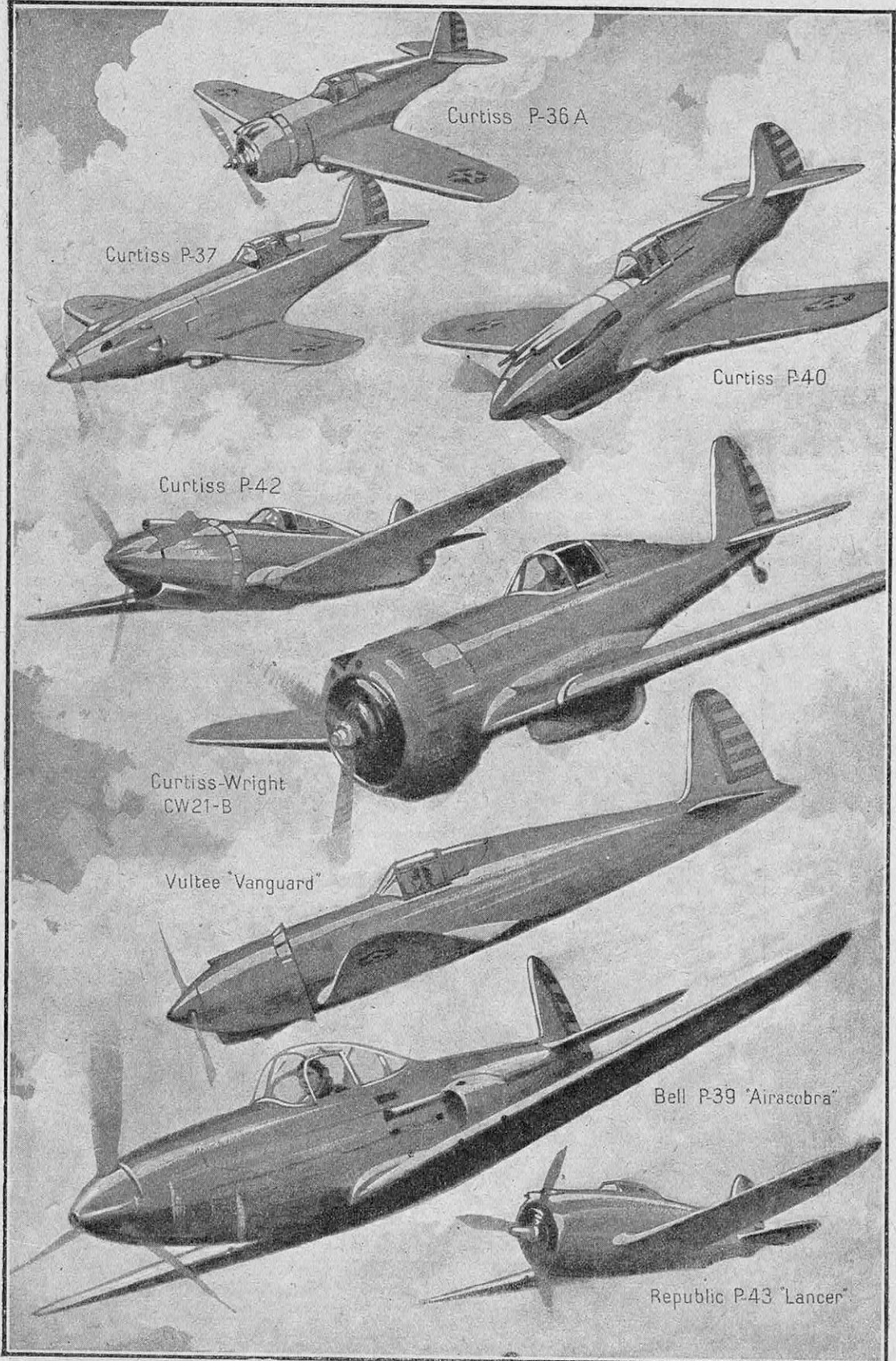
L est assez difficile d'évaluer, au début de 1941, la puissance de l'aviation américaine, celle-ci étant en plein essor.

Il faut reconnaître que, jusqu'en 1940, les Etats-Unis — patrie d'origine de l'aviation et d'une technique de première qualité — avaient surtout porté leur effort sur l'aviation civile et s'étaient limités à des programmes militaires modestes, où l'aviation navale tenait d'ailleurs la première place. En septembre 1940, on pouvait évaluer à 2 500 avions de première ligne les forces aériennes des Etats-Unis, dont 1 100 pour l'armée (Army Air Corps) et environ 1 400 pour la marine (U. S. Navy). C'était évidemment peu au moment où l'on pouvait évaluer la puissance de la Luftwaffe allemande à quelque 10 000 ou 15 000 avions de première ligne. Depuis les événements du printemps 1940 en Europe, les mili-

itaires se sont alarmés. La presse spécialisée américaine jeta le cri d'alarme en révélant que, si New York devait subir des attaques aériennes avec autant d'intensité que Londres, il suffirait d'une semaine ou deux de combats quotidiens pour que l'armée de l'air américaine devienne aussi impuissante que celle de la Pologne en septembre 1939. Un journaliste yankee allait même plus loin. Sur les 2 500 avions dits de première ligne, il en comptait moins de 400 vraiment modernes, dont 59 bombardiers lourds.

Ces révélations pessimistes sur la faiblesse numérique de l'aviation américaine stimulèrent l'opinion publique. En outre, elles expliquaient la lenteur des livraisons à la France et à la Grande-Bretagne au cours de la première année de la guerre (un millier d'avions à la France et 800 à la Grande-Bretagne).

Mais l'Amérique dispose d'une puis-



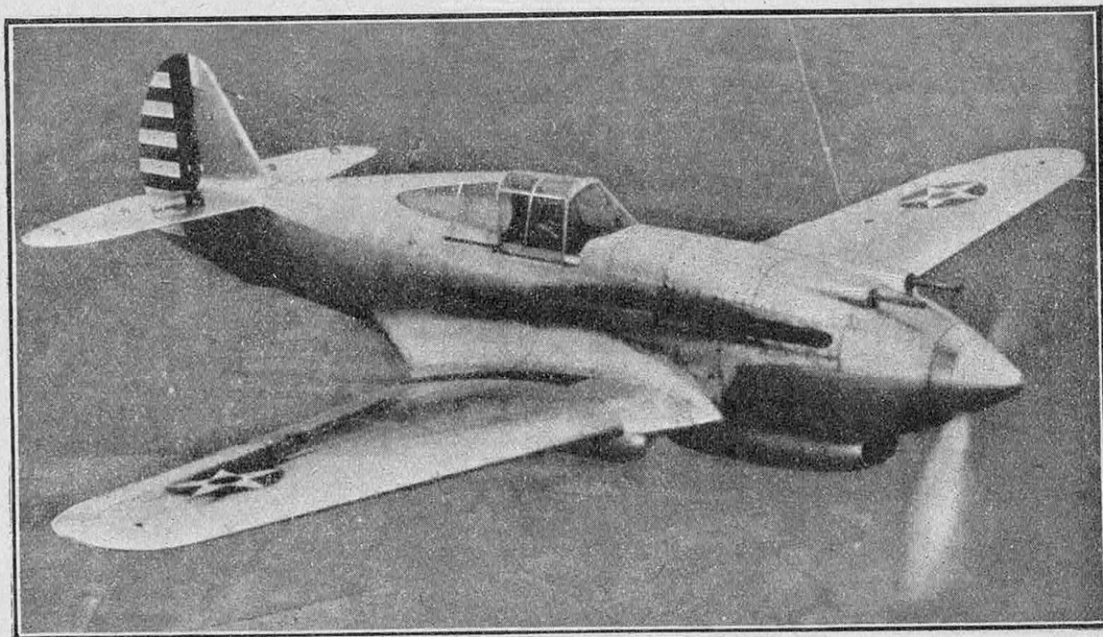


FIG. 1. — LE CHASSEUR MONOMOTEUR CURTISS P-40 « TOMAHAWK »

T W 5967

LES CHASSEURS MONOMOTEURS

Le Curtiss P-36 A. — Cet appareil de construction entièrement métallique est équipé d'un moteur Pratt et Whitney 14 cylindres en double étoile à refroidissement par air, développant 1 100 ch. Sa vitesse en altitude est de 485 km/h. Il est armé de deux mitrailleuses de capot et quatre mitrailleuses d'aile. C'est une version modifiée du P-36 livrée à la France. Le reliquat de la commande française non livrée à cause de l'armistice est fourni à la Grande-Bretagne qui le dénomme Curtiss « Mohawk ».

Le Curtiss P-37. — C'est un monoplan monoplace entièrement métallique, équipé d'un moteur Allison 12 cylindres en V à 60° développant 1 000 ch à 2 600 tours par minute et refroidi à l'éthyl-glycol, entraînant, par l'intermédiaire d'un réducteur, une hélice métallique tripale à vitesse constante, d'un diamètre de 3 mètres. Le radiateur est disposé dans le fuselage, l'air entrant par deux ouvertures latérales réglables. Le réservoir d'huile est placé dans le bord d'attaque de la partie centrale de l'aile. Le train d'atterrissage et la roue de queue sont escamotables. L'envergure de l'appareil est de 11 m 40, le poids total est de 1 500 kg. Sa vitesse maximum est de 570 km/h et le plafond est de 10 000 mètres. Autonomie 8 000 km. L'armement comprend un canon de 37 mm dans l'axe (cadence de tir 60 coups par minute) et deux mitrailleuses Browning dans l'aile.

Le Curtiss P-40. — Cet appareil connu dans l'armée britannique sous le nom de Curtiss « Tomahawk » sera fabriqué actuellement à la cadence de huit appareils par jour livrés tous à la Grande-Bretagne. Il est équipé d'un moteur Allison 1 710 à 12 cylindres en V à 60° développant 1 100 ch. Sa vitesse maximum dépasserait 680 km/h. De construction entièrement métallique et muni de train d'atterrissage et de roue de queue éclipçables en vol, il serait armé de plusieurs mitrailleuses de capot tirant à travers l'hélice et de quatre mitrailleuses d'aile. Ces appareils doivent sortir, en 1941, à la cadence de 250 par mois.

Le Curtiss P-42. — Ce nouveau chasseur monoplace de construction entièrement métallique sera équipé d'un moteur Allison X de 2 200 ch à refroidissement par liquide. Sa vitesse maximum atteindrait 645 km/h.

Le Curtiss Wright 21 B « Interceptor ». — Cet appareil destiné à l'interception des avions de bombardement possède une vitesse ascensionnelle particulièrement élevée de l'ordre de 1 500 m par minute. Il est équipé d'un moteur Wright Cyclone de 1 000 ch. Il est armé de quatre mitrailleuses Colt de 12,7 mm tirant à travers l'hélice. Sa vitesse maximum est de 535 km/h.

Le Vultee « Vanguard ». — Cet appareil est équipé d'un moteur Pratt et Whitney Double Wasit de 1 600 ch. Sa vitesse maximum approcherait de 640 km/h. Il serait armé de dix mitrailleuses, dont six dans les ailes et quatre dans le fuselage. Des avions de ce type avaient été commandés par la Suède.

Le Bell P-39 « Airacobra ». — C'est un monoplan de construction entièrement métallique, mesurant 10 m d'envergure et 9 m de longueur. Il est armé d'un canon de 37 mm et de quatre mitrailleuses. Le moteur est un Allison à refroidissement par liquide, 12 cylindres en V de 1 000 ch. Il est logé derrière la cabine du pilote, l'arbre de transmission passant entre les jambes de ce dernier. Le train d'atterrissage tri-cycle est éclipçable en vol. Du fait de la position du moteur à l'arrière, le centre de gravité se trouve reporté beaucoup plus en arrière que dans les appareils ordinaires, ce qui conférerait à l'appareil une beaucoup plus grande maniabilité. La vitesse maximum dépasserait 650 km/h, et la vitesse de croisière serait de 520 km/h (voir aussi le dessin page 200). L'appareil est équipé d'une hélice « Curtiss Electric » du type que l'on trouve sur les appareils les plus récents de l'aviation de guerre américaine. L'habitacle du pilote doit recevoir, à l'avant, un blindage de forme conique.

Le Republic P-43 « Lancer ». — Cet appareil est prévu pour être utilisé dans la stratosphère. Son envergure est de 11,8 m et sa longueur de 9,2 m. Il pèse en ordre de vol 3 130 kg. Il est équipé d'un moteur Pratt et Whitney Twin Wasp en double étoile de 1 200 ch. Il est armé de deux mitrailleuses de 12,7 mm à la partie supérieure du fuselage, tirant à travers l'hélice, et de quatre mitrailleuses d'aile de 7,6 mm. Il peut emporter des bombes de petit calibre.

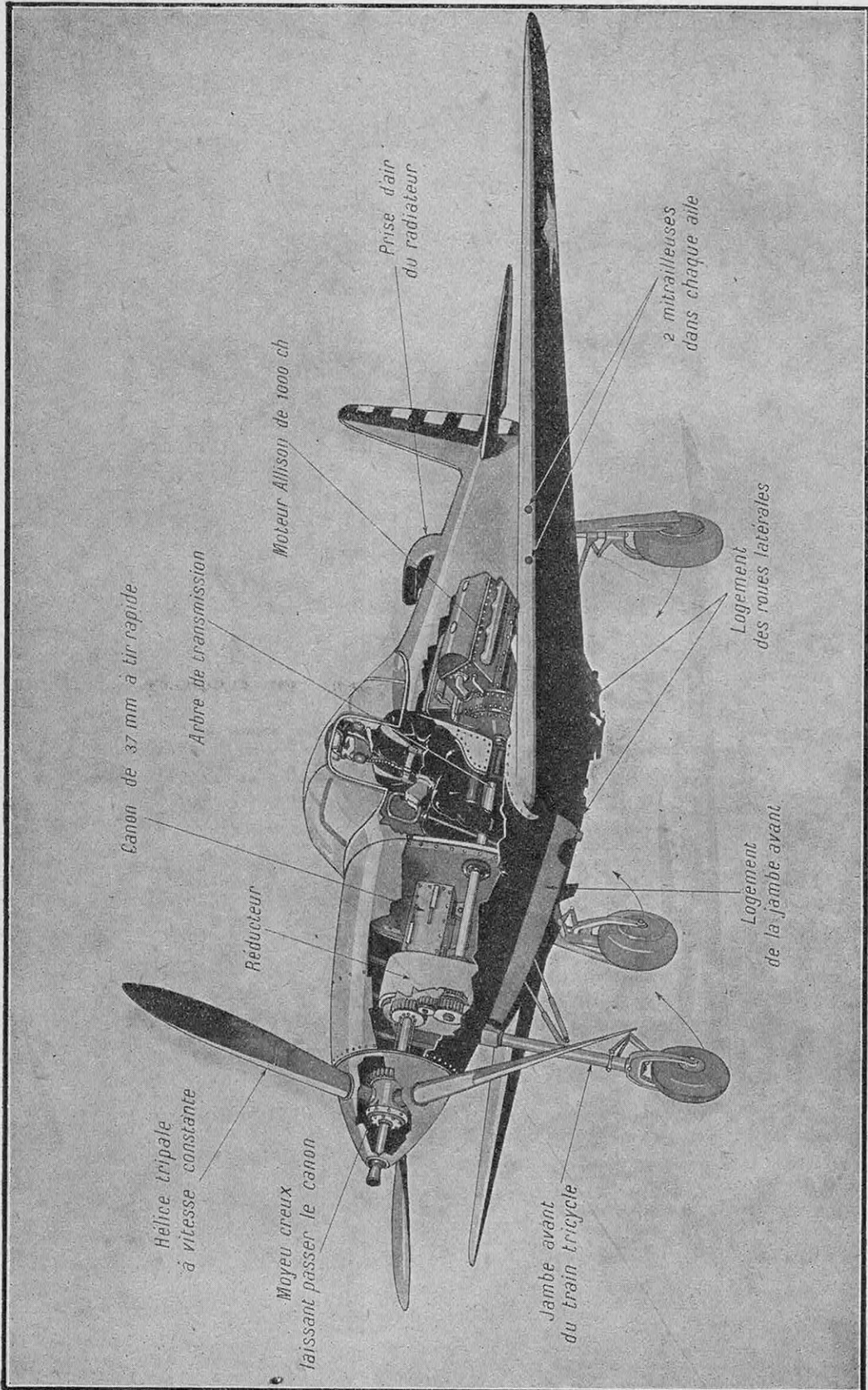


FIG. 2. — LE MONOPLAN MONOPLACE DE CHASSE BELL P-39 « AIRACOBRA »

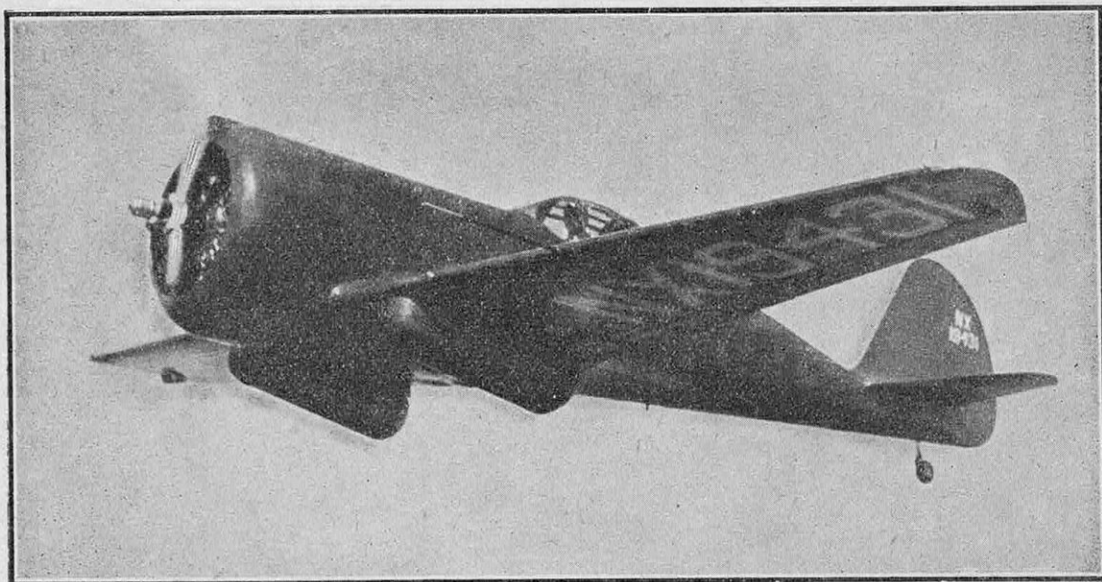


FIG. 3. — LE CHASSEUR CURTISS-WRIGHT CW-21 « INTERCEPTOR »

T W 5957

sante industrie capable de produire en masse. Dès l'été 1940, le Président Roosevelt l'a mise en branle et il a su doser les larges commandes que réclamait l'opinion publique en fonction des possibilités du développement industriel : 20 000 avions furent commandés en juin 1940 et 50 000 en novembre. De nouvelles usines aéronautiques sortirent de terre. En outre, toute l'industrie automobile est mobilisée. Détroit, la grande cité de l'automobile, est certainement la ville la mieux équipée du monde pour sortir des avions à la « chaîne » ; mais la transformation des chaînes de montage des automobiles n'est pas instantanée, et il faut encore attendre quelques mois avant que la production aéronautique américaine atteigne son plein rendement.

La production mensuelle aéronautique est donc à observer avec soin aux Etats-Unis dans les mois à venir. Les prototypes sont prêts : il reste à les sortir en série. L'évolution de la production aéronautique américaine est d'autant plus intéressante à suivre que c'est non seulement la source des forces aériennes nationales, mais, avant tout, une industrie d'exportation à l'usage d'un des belligérants.

Les prototypes américains de 1939 à 1941

Lorsqu'à la fin de 1938 et de 1939, la France et la Grande-Bretagne, disposant alors d'une industrie aéronautique faible ou insuffisamment développée, se

tournèrent vers l'industrie aéronautique américaine, les prototypes qui leur furent offerts apparurent très nombreux, mais d'une capacité de production variable.

Pour la *chasse monoplace*, le seul appareil disponible en série était le Curtiss 75 « Hawk », dit P-36, de vitesse 475 km/h, à moteur refroidi par l'air (Pratt and Whitney). La France en commanda 210 exemplaires. La Grande-Bretagne, qui disposait des « Spitfire » et des « Hurricane » de vitesse supérieure (540 et 550 km/h), préféra attendre la sortie de son successeur le Curtiss P-40, à moteur Allison refroidi par liquide, qui devait dépasser largement les 600 km/h.

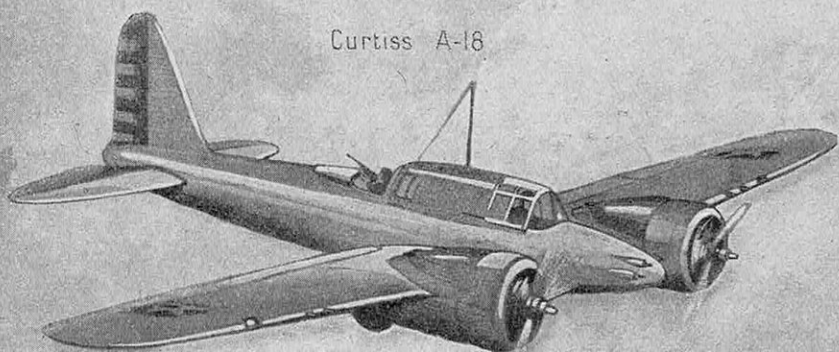
Pour le bombardement, il y avait les Martin 167 et les Douglas DB-7 (maintenant A 20 A). La France commanda, en 1939, 215 des premiers et 105 des seconds.

La Grande-Bretagne préféra commander des avions de reconnaissance côtière Lockheed « Hudson », au nombre de 420, et environ 735 avions-école North American. Quant à la Suède inquiète, elle dut se contenter, pour la chasse, des Seversky P-35 « Republic » et des Vultee « Vanguard » (une centaine de chaque type fut commandée).

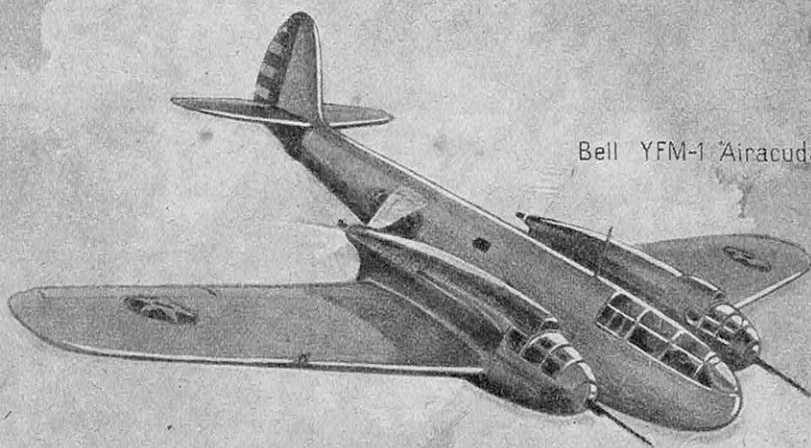
En 1940, d'autres prototypes se présentent, parmi lesquels nous citerons seulement :

Pour la chasse :

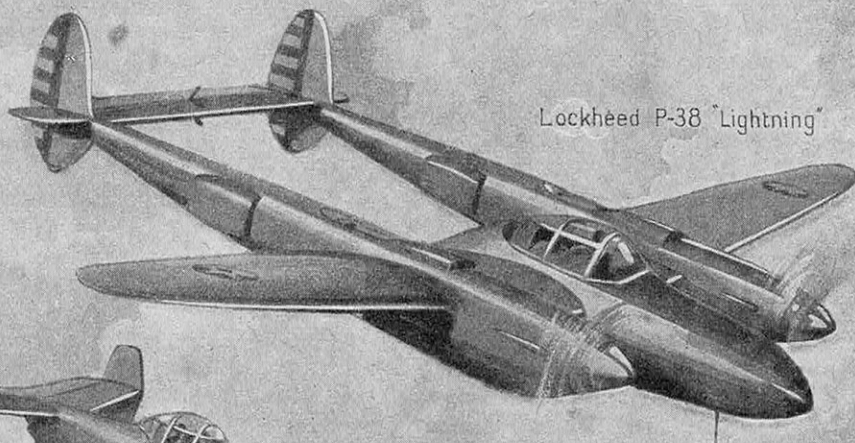
- le Bell « Airacobra » à moteur Allison de 650 km/h, monoplace canon ;
- le Lockheed « Lightning » P-38, bi-



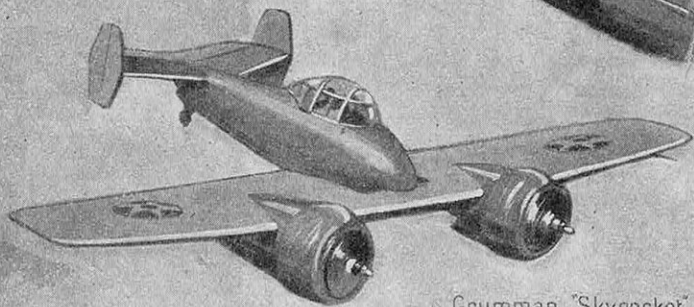
Curtiss A-18



Bell YFM-1 'Airacuda'



Lockheed P-38 'Lightning'



Grumman 'Skyrocket'

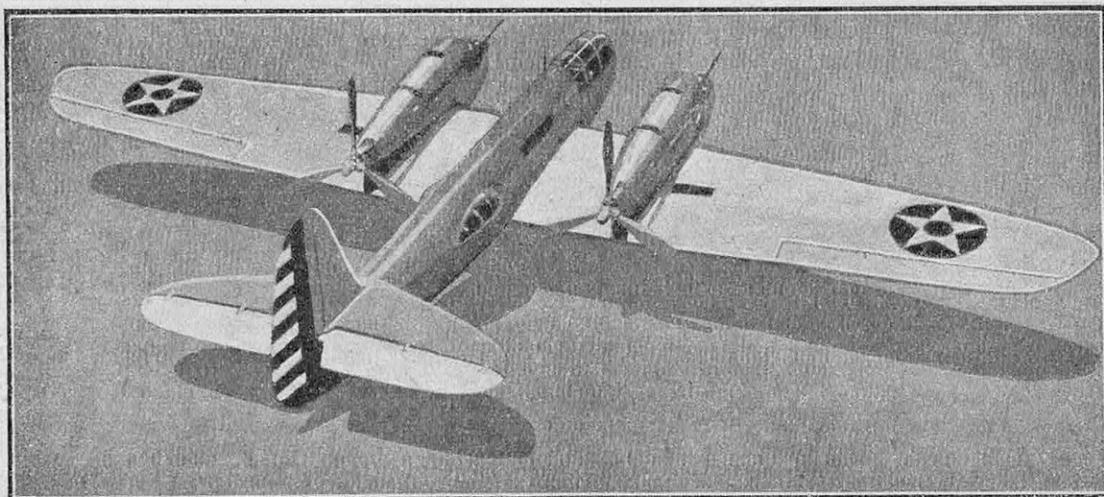


FIG. 4. — LE DESTROYER BIMOTEUR BELL YFM-1 « AIRACUDA »

T W 5968

moteur Allison, vitesse 700 km/h, monoplace, multicanons;

— le Grumman « Skyrocket », bimoteur de performances analogues;

— le Brewster F 2 A-1 et le Grumman G. 38, tous deux monoplaces pour porte-avions, vitesse 550 à 650 km/h.

Pour le bombardement léger :

En dehors du Douglas DB-7 apparaît un nouveau Martin, type B. 26.

Pour le bombardement lourd :

— le Boeing 299, quadrimoteur dit « forteresse volante », dont le prototype remonte à 1936 (type B-17 A), mais qui fut amélioré en 1938 et 1939; le modèle de 1940 est le B-17 C, *stratosphérique*, dont la vitesse en charge est de 510 km/h;

— le Consolidated B-24, également quadrimoteur, de performances analogues à celles du plus récent B-17 C.

Pour l'exploration maritime :

— le Consolidated PBY, amélioré depuis 1938.

1940 : afflux de commandes pour l'exportation

Au début de 1940, l'afflux des commandes par la Grande-Bretagne et la France redoubla et l'industrie aéronautique américaine, tout en commençant à se développer, fut « pompée » par les fabrications demandées par l'exportation. Les livraisons à l'Air Corps et à l'aviation maritime s'en trouvèrent ralenties. C'est ainsi qu'il a été indiqué récemment que sur les 2 685 avions militaires sortis des usines américaines au cours de l'année 1940, moins de 400 (le chiffre de 375 a été précisé) auraient été livrés à l'armée et à la marine, les 2 310 autres ayant été expédiés en Europe ou dans les Dominions britanniques.

C'est ce qui explique la faiblesse de l'aviation américaine, dénoncée par la presse spécialisée au cours de l'été 1940 — à un moment où les commandes passées par les Alliés, au début de 1940, atteignaient 9 500 avions.

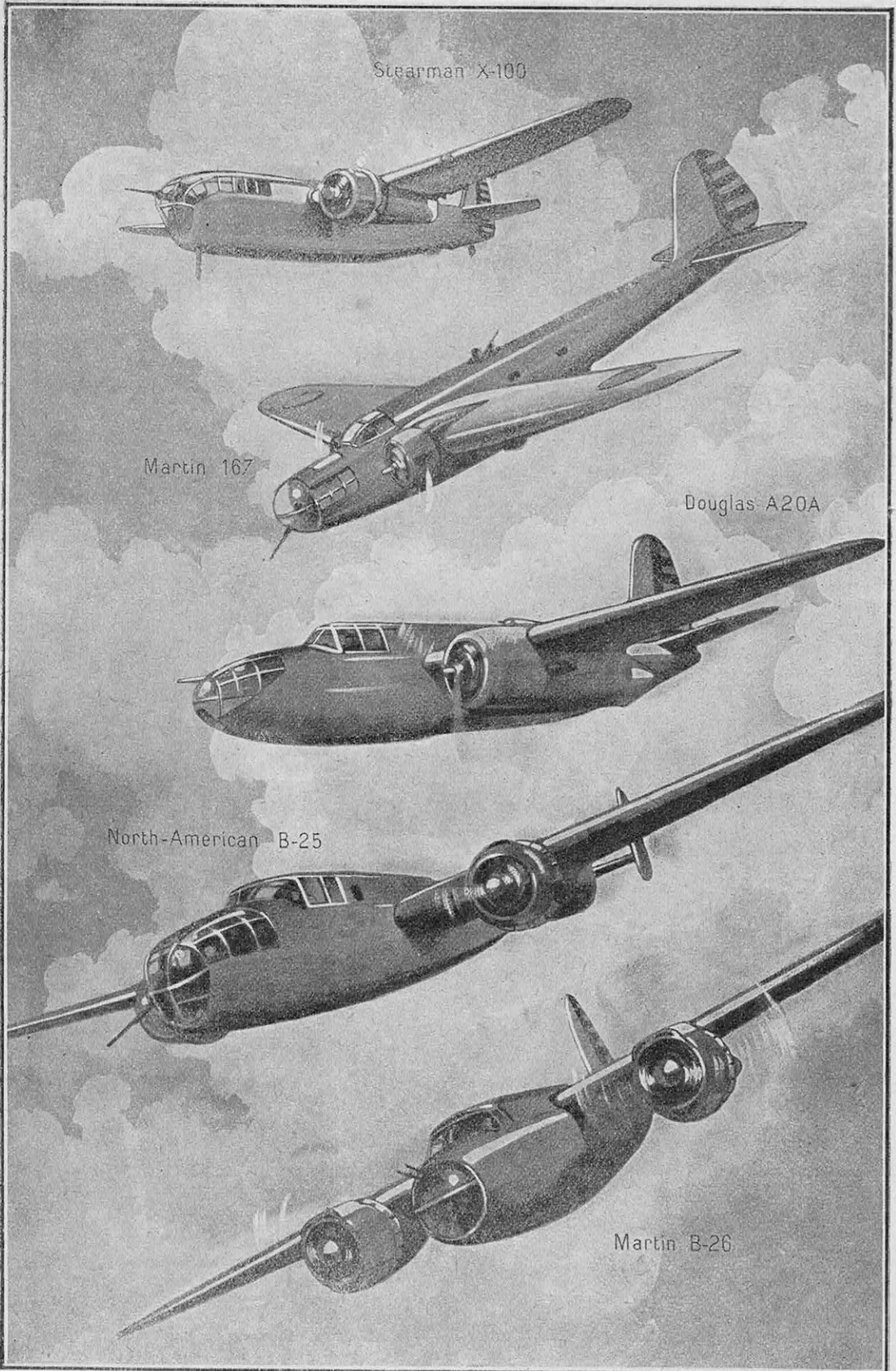
LES CHASSEURS-DESTROYERS BIMOTEURS

Le Curtiss A-18. — De construction métallique, cet appareil à train d'atterrissage éclipse est équipé de moteurs Wright Cyclone entraînant des hélices Curtiss Electric à vitesse constante. Il est armé de quatre mitrailleuses fixes Colt dans le nez du fuselage, d'une mitrailleuse mobile dans le poste arrière et peut emporter vingt bombes légères dans le fuselage. Eventuellement, les porte-bombes peuvent être installés dans les ailes pour quatre bombes de 50 kg. Sa vitesse maximum à 1 400 m est de 410 km/h. Son plafond dépasse 9 000 m.

Le Bell YFM-1 « Airacuda ». — Cet appareil est équipé de deux moteurs Allison de 1 000 ch. Son envergure est de 20,4 m et sa longueur de 12,6 m. Les hélices sont propulsives, ce qui permet l'installation d'un canon à l'avant de chacune des nacelles. La vitesse maximum serait de 480 km/h, et le rayon d'action de 4 000 km. L'Airacuda est armé de deux canons de 37 mm fixés dans les nacelles des moteurs; en outre, il porte un armement défensif constitué par deux postes de mitrailleuses escamotés à l'intérieur du fuselage et qui peuvent sortir des parois latérales pour le tir. L'équipage est de six hommes. Le train d'atterrissage tricycle est escamotable en vol.

Le Lockheed P-38 « Lightning ». — Cet appareil est équipé de moteurs Allison développant 1 200 ch au décollage. Son envergure est de 16 m et sa longueur de 11,5 m. Il est armé d'un canon et de cinq mitrailleuses dont l'une tirant vers l'arrière ou deux canons et quatre mitrailleuses fixes. La vitesse maximum atteindrait 700 km/h. Les premières versions de cet appareil sont monoplaces avec blindage pour le pilote.

Le Grumman « Skyrocket ». — C'est un chasseur bimoteur monoplace armé de deux canons et de plusieurs mitrailleuses. Sa vitesse maximum atteindrait 680 km/h.



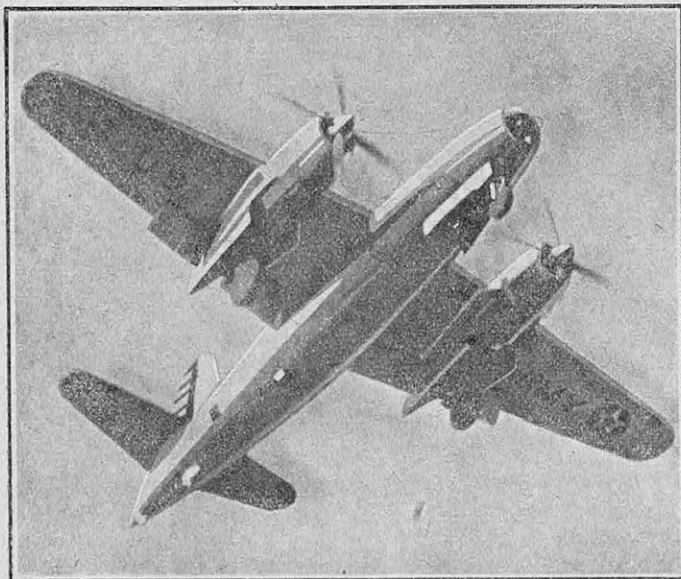
Stearman X-100

Martin 167

Douglas A20A

North-American B-25

Martin B-26



T W 5969

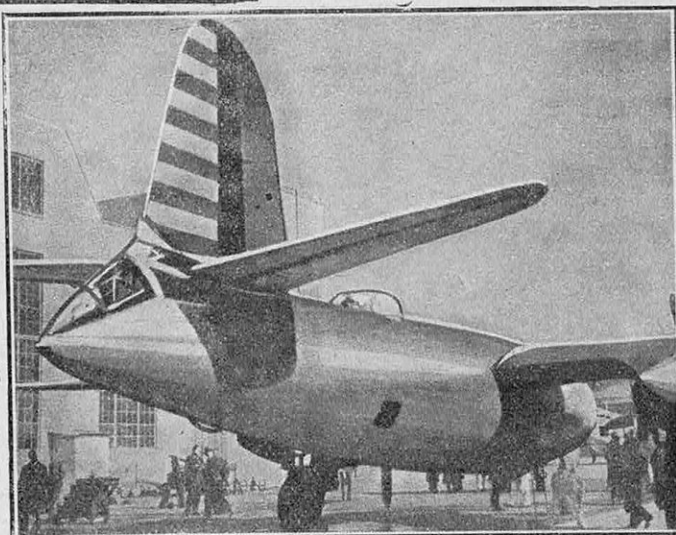
FIG. 5. — LE NOUVEAU BOMBARDIER BIMOTEUR MARTIN B-26

Les chiffres des avions commandés aux Etats-Unis en 1940 ont été publiés dans toutes les revues étrangères spécialisées. Jusqu'à l'armistice, la France aurait commandé environ 4 900 avions, dont environ 3 800 avions de guerre et environ 1 000 avions-école. La Grande-Bretagne et ses Dominions près de 4 600 avions, dont 2 600 avions de guerre et près de 2 000 avions-école. Ces commandes — qui paraissent énormes — furent étonnamment lentes à « sortir ». Sur ces 6 400 avions de guerre, à peine 900 au-

raient été livrés à la Grande-Bretagne (1) ou à ses Dominions, et environ 1 500 livrés ou encore en cours de livraison à la France; au total, 25 % des commandes.

Ces lenteurs de fabrication jusqu'à l'été 1940 mesurent l'insuffisance du débit de l'industrie aéronautique américaine au cours des années cruciales 1939-1940.

(1) Pour l'Angleterre seule (à l'exclusion des Dominions), la moyenne des livraisons mensuelles de septembre 1939 à mai 1940 n'aurait été que de 20 à 25 par mois. Cette moyenne serait passée à 170 par mois à partir de juin 1940 pour atteindre 350 par mois au début de 1941.



T W 5972

FIG. 6. — LA TOURELLE VITRÉE DE QUEUE DU BOMBARDIER BIMOTEUR MARTIN B-26

← LES BOMBARDIERS LÉGERS ET AVIONS DE COMBAT

Le Stearman X-100. — Cet appareil, équipé de deux moteurs Pratt et Whitney de 1 400 ch, pèse en charge environ 9 t. Son envergure est de 19,5 m et sa longueur de 15,6 m. Son équipage est de quatre hommes, il est armé de mitrailleuses et de bombes. Le nez vitré du fuselage assure une excellente visibilité.

Le Martin 167. — Equipé de deux moteurs Pratt et Whitney Twin Wasp de 1 050 ch à 2 700 tours par minute, cet appareil aurait une vitesse maximum de 490 km/h. Son envergure est de 18,7 m et sa longueur de 14,2 m. De ce type dérive le Martin 187 désigné dans l'armée de l'air britannique sous le nom de Baltimore. Le Martin 167 porte, dans l'armée anglaise, le nom de Maryland.

Le Douglas A-20 A. — Ce type d'appareil a été construit pour l'armée de l'air française sous le nom de Douglas DB-7, équipé de deux moteurs Pratt et Whitney Twin Wasp de 900 ch; sa vitesse maximum était alors de 480 km/h. Le Douglas A-20 A, livré actuellement à la Grande-Bretagne sous le nom de Boston, est muni de deux moteurs Wright Cyclone de 14 cylindres en double étoile développant 1 600 ch au décollage.

Le North American B-25. — Cet appareil équipé de deux moteurs Wright Cyclone de 1 600 ch, atteindrait une vitesse de 580 km/h. Il est muni d'un train d'atterrissage tricycle escamotable.

Le Martin B-26. — Equipé de deux moteurs Pratt et Whitney 18 cylindres en double étoile de 1 850 ch à refroidissement par air, cet appareil aurait une vitesse de l'ordre de 600 km/h et un rayon d'action de 2 400 km. Le train d'atterrissage tricycle est escamotable en vol. L'armement comprend une tourelle actionnée par servo-moteur, à la partie supérieure du centre du fuselage; à l'arrière, sous le gouvernail de profondeur, est aménagée une tourelle permettant la surveillance de tout l'espace aérien derrière l'avion; en outre, deux mitrailleuses lourdes mobiles sont installées dans le nez du fuselage. L'équipage comprend cinq hommes dans des postes de combat blindés et le poids en ordre de vol est de 12 t; 1 100 bombardiers de ce type sont en commande pour l'U. S. Army Air Corps.

**En un an, de 1940 à 1941,
la production mensuelle a quadruplé;
dans un an elle aura décuplé**

Il est assez difficile de préciser la production mensuelle totale de l'industrie américaine. Selon les observateurs, elle aurait été, pour les années 1939 et 1940, de l'ordre de 200 à 300 avions par mois, ce qui est faible en face des 1 000 à 1 500 avions sortis par les usines allemandes pendant la même période.

Le démarrage industriel n'est sensible qu'à partir de l'automne 1940, avec 900 avions par mois en septembre contre 300 seulement en mai. Au début de 1941, il serait de 1 150 à 1 200, de 1 400 en mars.

Le nombre exact de la production mensuelle des avions est naturellement gardé secret. D'après le colonel John Jouett, président de la section aéronautique de la Chambre de commerce de New York, la production mensuelle atteindrait au printemps 1941 le chiffre de 1 500, et de 2 000 en automne 1941.

Au début de 1942, 2 500, et 3 000 au printemps de la même année. Au début de 1943, le chiffre de 4 000 avions par mois serait atteint.

Ces chiffres sont intéressants à noter, car ils indiquent qu'en 1942, la production américaine à elle seule surclassera la production allemande.

Le 6 janvier 1941, le Président Roosevelt, dans son discours au Congrès, confirmait les chiffres ci-dessus, en précisant que d'ici juin 1942, il faudrait construire 35 000 avions, dont 25 000 pour l'armée de l'air et 10 000 pour l'aviation maritime.

Le rôle du Comité Knudsen

Pour l'exécution du programme de production, un comité (Office for Production Management of Defence) a été constitué, sous la direction de William S. Knudsen, avec Sidney Hillman, et les deux secrétaires d'Etat à la Marine et à la Guerre, le colonel Knox et le colonel Stimson. Ce nouvel office de l'armement comprend trois sections : la section de la production, la section des achats et la section des « priorités ».

Un des problèmes les plus difficiles qui se soient présentés à ce comité a été celui de l'uniformisation des types. L'industrie aéronautique américaine, jusqu'ici entièrement libre, avait donné libre cours à une floraison variée de prototypes. La

première tâche du comité fut d'en réduire le nombre en vue d'accélérer la construction en série.

Pour la chasse, on choisit le Curtiss P. 40 E, dit « Tomahawk » (quelques commandes de Republic P 44 et de Bell « Airacobra » furent néanmoins retenues);

Pour l'entraînement à la chasse, le Vultee « Valiant »;

Pour les bombardiers légers, le Douglas DB-7 et le Martin B-26;

Pour le bombardement lourd, le Boeing B-17 D ou F et le Consolidated B-24.

Ceci provisoirement, c'est-à-dire en attendant la mise au point des nouveaux prototypes (Republic P-44, Curtiss P-42), sans compter un nouveau North American tenu secret.

Aux dernières nouvelles, le récent avion de chasse anglais monomoteur monoplace Hawker « Tornado » à moteur Rolls Royce « Vultee » sera construit en série aux Etats-Unis pour les armées de l'air américaine et anglaise. Ce serait le second essai d'unification des avions de chasse anglaise et américaine, le premier étant celui du Curtiss P-40 « Tomahawk ». La vitesse du « Tornado » est de 685 km/h; il est armé soit de 12 mitrailleuses d'ailes, soit de 8 mitrailleuses et 3 canons de 20 mm.

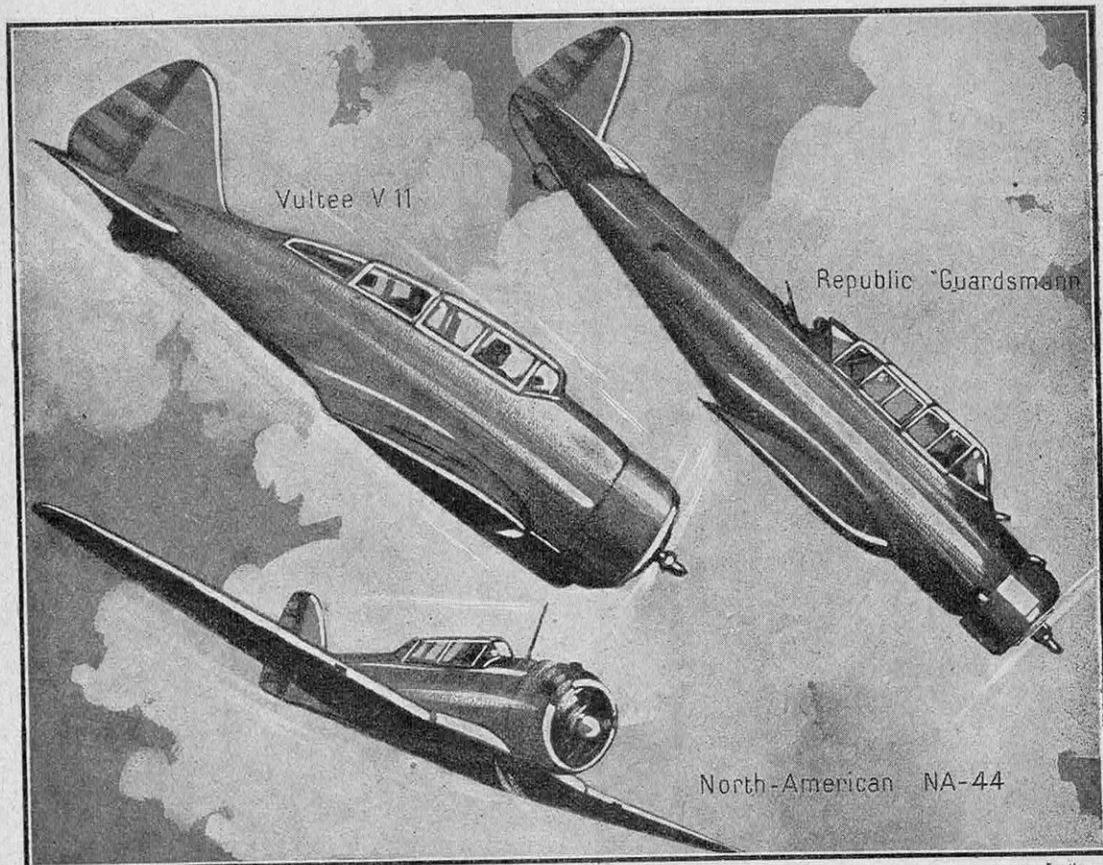
**Les commandes de l'Air Corps
en novembre 1940**

D'après la revue américaine *Aviation*, les commandes déjà passées en novembre 1940 pour l'Army Air Corps comprendraient :

- 850 bombardiers quadrimoteurs :
 - 500 Boeing B-17;
 - 350 Consolidated B-24.
- 2 550 bombardiers moyens bimoteurs :
 - 1 400 Douglas DB 7;
 - 1 150 Martin 187.
- 600 destroyers bimoteurs :
 - Lockheed P-38 « Lightning ».
- 5 250 monoplaces de chasse :
 - 1 750 Curtiss P-40;
 - 1 000 Republic P-44;
 - 700 Bell P-39 « Airacobra »;
 - 1 800 d'un type non précisé.

Au total : 9 650 avions de combat, auxquels il faut ajouter 300 avions de transport et environ 9 000 avions-école.

En tout, 18 970 avions de différents types.



LES BOMBARDIERS EN PIQUÉ

T W 5661

Le Vultee V 11. — Cet appareil est équipé d'un moteur Wright Cyclone développant 1 600 ch à 2 400 tours. Son envergure est de 15,25 m, sa longueur de 11,4 m. Son poids en charge est de 4 700 kg. Sa vitesse maximum à 4 000 m est de 451 km/h.

Le Republic « Guardsman ». — Cet appareil, muni d'un moteur Pratt et Whitney Twin Wasp de 950 ch aurait un rayon d'action de 2 900 km et sa vitesse dépasserait 480 km/h. Son plafond pratique serait de 9 000 m. Il peut emporter six bombes de 45 kg sous les ailes et une bombe de 340 kg sous le fuselage, accrochées à un dispositif provoquant un mouvement de bascule pour le lancement en piqué en vue de dégager le cercle de l'hélice. Il est armé de deux mitrailleuses lourdes dans le fuselage et d'une mitrailleuse orientable au poste arrière.

Le North American NA-44. — Equipé d'un moteur Wright Cyclone développant 545 ch à 2 100 tours par minute, cet appareil atteindrait une vitesse de 402 km/h à 3 500 m. Son plafond serait de 8 000 m.

Les nouvelles commandes de début 1941

Au début de 1941, un nouveau programme de commandes portant sur 20 000 avions de bombardement fut révélé au public :

- 8 000 bimoteurs légers;
- 8 000 bimoteurs moyens;
- 4 000 quadrimoteurs.

C'est ainsi que l'on aboutit au programme total des 50 000 avions. Un vaste programme de formation de personnel volant complète ce tableau grandiose de commandes.

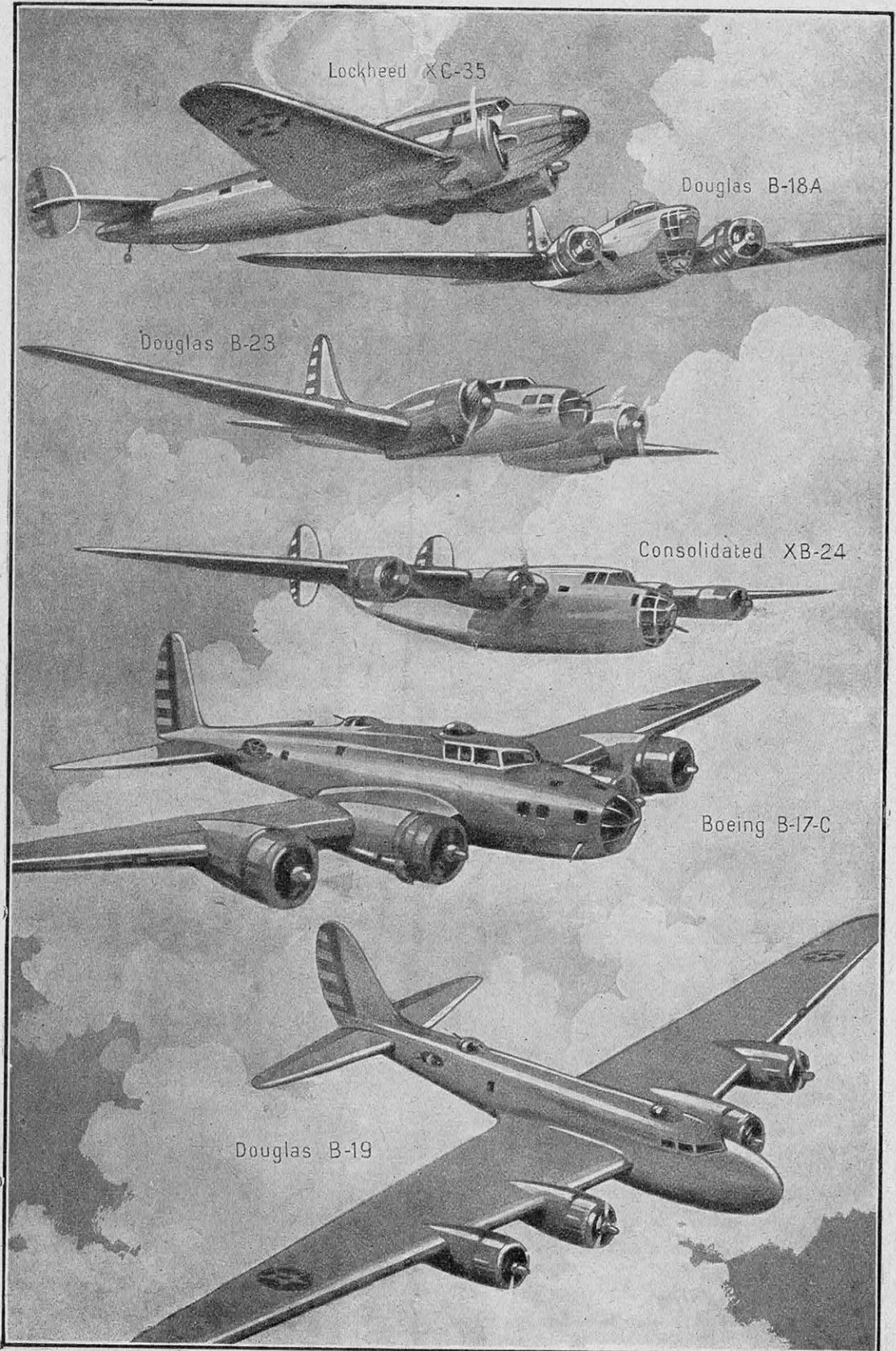
Sept mille nouveaux pilotes rien que pour l'Air Corps

A la fin de 1940, il était prévu la formation, rien que pour l'Air Corps, de

10 000 aviateurs dont 7 000 pilotes et 3 600 navigateurs de bombardement. Trois nouveaux aérodromes (Randall Field, Maxwell Field, Moffet Field) sont réservés à l'instruction, — ceci pour l'Air Corps, — car, de son côté, l'U. S. Navy trouvant insuffisants Pensacola et Floyd Bennett Field, établit pour l'instruction une nouvelle base aéronavale sur les rives ensoleillées du golfe du Mexique à Corpus Christi (Texas).

L'aviation navale

D'après les déclarations de l'amiral Towers, faites en janvier 1941 aux représentants de la Commission de la Marine de la Chambre, l'effectif de l'aviation maritime américaine aurait été, au 1^{er} janvier 1940, de 2 145 avions de tous



Lockheed XC-35

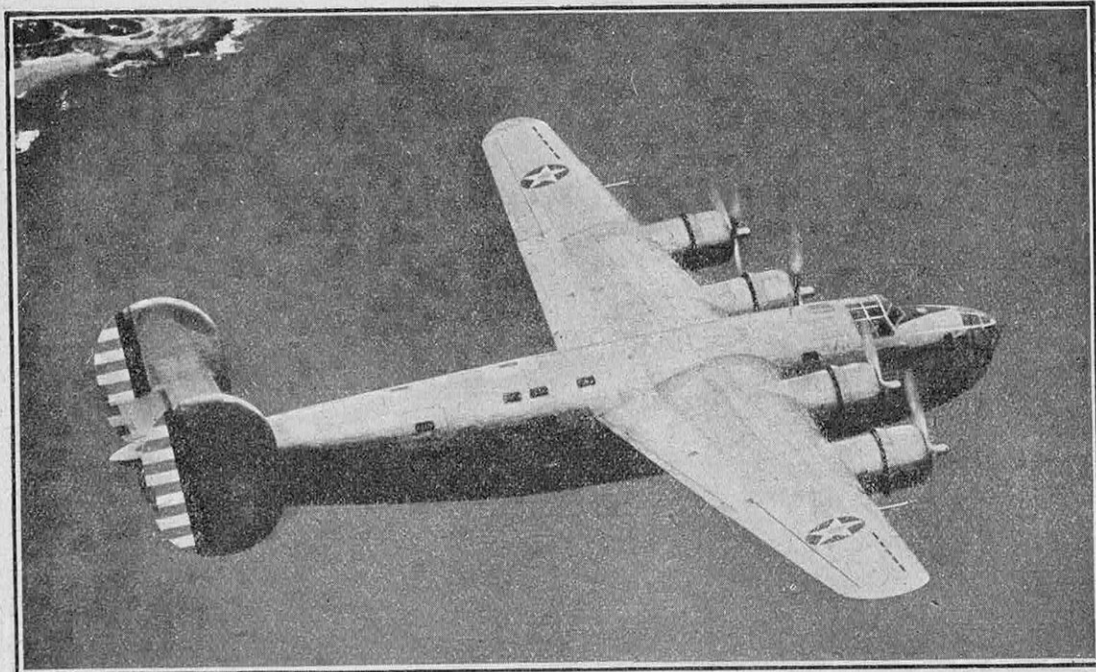
Douglas B-18A

Douglas B-23

Consolidated XB-24

Boeing B-17-C

Douglas B-19



T W 5958

FIG. 7. — LE BOMBARDIER LOURD CONSOLIDATED « B-24 »

types et au 1^{er} janvier 1941 de 2 590 avions en service. 6 000 appareils seraient en commande, dont 1 000 hydravions de reconnaissance.

Le programme de livraison prévu porte sur une moyenne de 300 à 350 avions par mois, soit 3 500 à 4 000 avions en 1941. Compte tenu de la « casse », il faut compter que l'U.S. Navy dépassera 6 000 avions en service à la fin de 1941, dont 1 000 navires volants.

Pour les opérations en liaison avec les

porte-avions, on termine la construction d'un biplace de bombardement en piqué désigné sous le nom de Curtiss SB 2 C-1, monomoteur à aile basse, équipé d'un moteur Wright-Cyclone en double étoile refroidi par air de 1 700 ch.

Parmi les plus récents prototypes, signalons le Vought-Sikorsky F 4 U-1 muni d'un moteur Pratt and Whitney de 1 850 ch et indiqué comme le plus rapide des avions militaires américains (vitesse au sol de 640 km/h) lui permettant néan-

LES APPAREILS DE BOMBARDEMENT

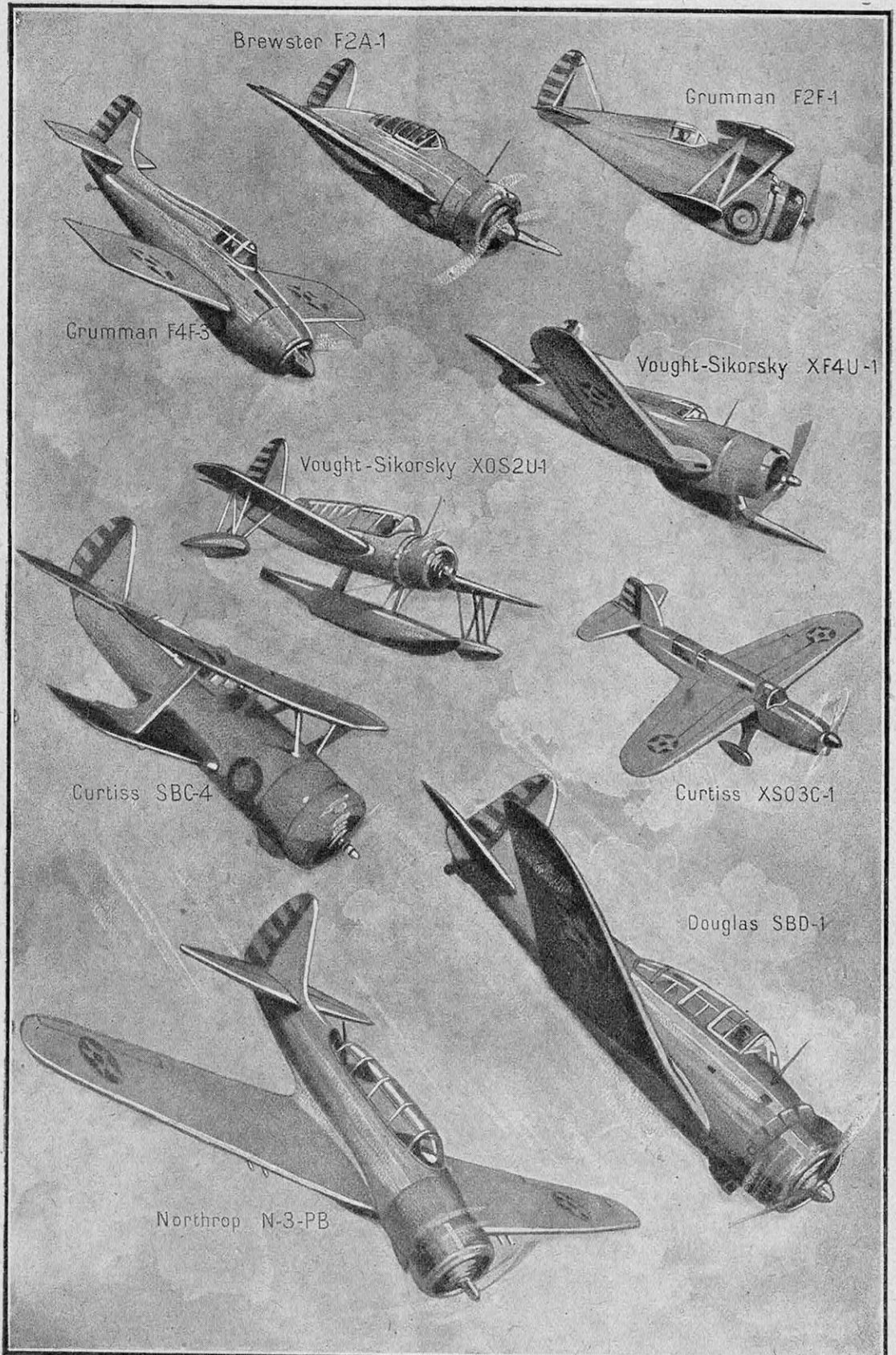
Le Lockheed X C 35. — Cet appareil, dont aucune caractéristique n'a été publiée, est spécialement prévu pour opérer dans la stratosphère.

Le Douglas B-18 A et le Douglas B-23. — Ces appareils sont parmi les plus récents en service dans l'aviation américaine. On remarquera, pour le B-18 A, le revêtement vitré de l'avant sous lequel apparaît le support à rotule d'une mitrailleuse. Une tourelle vitrée est installée à l'arrière.

Le Consolidated B-24. — C'est un appareil entièrement métallique équipé de quatre moteurs Pratt et Whitney 14 cylindres à refroidissement par air, développant chacun 1 200 ch. Le poids total en charge est de l'ordre de 20 t, l'envergure de 33 m et la longueur de 19,2 m. L'équipage est de neuf hommes. Le train d'atterrissage tricycle est éclipable en vol. La vitesse maximum serait de l'ordre de 480 km/h, le rayon d'action d'environ 3 200 km. L'appareil emporterait 4 t de bombes. Il est équipé, à l'avant et à l'arrière, de tourelles à mitrailleuses actionnées par des moteurs. Sa dénomination militaire anglaise est le Liberator. Le premier avion de ce type a été livré à la Grande-Bretagne par la voie des airs à la fin de février 1941.

Le Boeing B-17 « Flying Fortress ». — Du type original B-17 aervient un certain nombre de modèles connus sous le nom de B-17 A, B, C, D et E. Leurs caractéristiques générales sont les suivantes : envergure, 31,6 m; longueur, 20,7 m; poids à vide, 11 900 kg; poids en ordre de vol, 20 625 kg. Pour le type original, la vitesse maximum était de 432 km/h à 4 270 m, le plafond de 9 000 m, le rayon d'action de 5 000 km. Sur le B-17 C, les moteurs Wright Cyclone à turbo-compresseur et l'affinement du fuselage ont permis de porter la vitesse maximum à 510 km/h. Le B-17 C serait équipé pour les vols en altitude (cabine étanche). L'armement est réparti entre cinq postes : une coupole en matière transparente placée à droite et au-dessus du poste de pilotage; deux postes pour la défense arrière au-dessus et au-dessous du fuselage; deux postes latéraux à l'arrière. Les types B-17 D et B-17 E actuellement en construction doivent être équipés de tourelles actionnées par servo-moteur, du modèle anglais Nash-Thompson.

Le Douglas B-19. — Cet appareil, actuellement en construction, sera le bombardier le plus lourd du monde, son poids à vide atteignant 38 t, son poids en vol normal 63,6 t et son poids en surcharge 74,5 t. Sa vitesse maximum est prévue pour 338 km/h et sa vitesse de croisière pour 300 km/h. L'envergure atteindra 64 m, la longueur 40 m. Il sera équipé de quatre moteurs Wright Duplex Cyclone de 2 000 ch. Le rayon d'action normal de 9 600 km pourrait être porté à 11 000 km aux dépens de la charge utile.



Brewster F2A-1

Grumman F2F-1

Grumman F4F-5

Vought-Sikorsky XF4U-1

Vought-Sikorsky XOS2U1

Curtiss SBC-4

Curtiss XS03C-1

Douglas SBD-1

Northrop N-3-PB

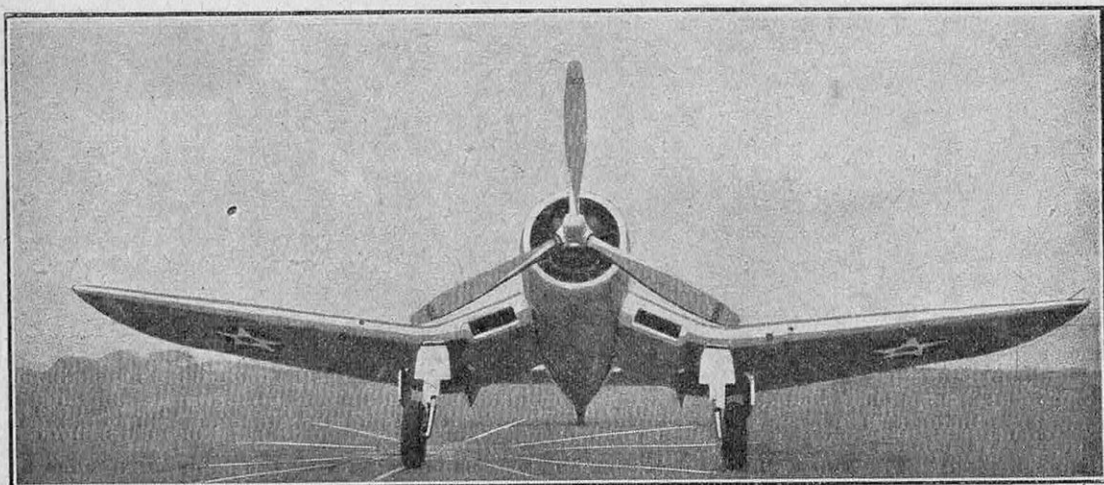


FIG. 8. — LE VOUGHT-SIKORSKI XF 4 U-1, AVION DE CHASSE DE L'AÉRONAUTIQUE NAVALE T W 5966

moins de se poser sur la plate-forme d'un navire porte-avions.

Pour l'exploration maritime, le prototype le plus intéressant est le Glenn-Martin à coque bimoteur PBM. 1 de 20 t et de 400 km/h et de 20 heures de vol.

Au total, la marine américaine de fin 1941 comportera sur ses porte-avions des chasseurs ultra-rapides de 640 km/h et sur la côte des navires volants de 400 km/h.

La crise des moteurs refroidis par liquide L'industrie automobile entre en jeu

Ce programme grandiose sera-t-il réalisé dans les délais prévus?

On peut en douter tant que l'industrie automobile américaine, la première du monde, ne sera pas entrée en jeu.

Jusqu'en 1939, sa seule intervention

← LES APPAREILS DE L'AÉRONAUTIQUE NAVALE

Le Brewster F2 A-1. — C'est un monoplace de chasse à train d'atterrissage escamotable, équipé d'un moteur Wright Cyclone. Le prototype était armé de deux mitrailleuses tirant à travers l'hélice. Il est connu dans l'armée anglaise sous le nom de Buffalo. Vitesse voisine de 550 km/h.

Le Grumman F2 F-1. — Ce chasseur de la marine américaine, survivant du type biplace, est remarquable par sa forme particulière en tonneau qui doit lui permettre de demeurer à la surface en cas d'amerrissage forcé. Il atteindrait une vitesse de 386 km/h. Son train d'atterrissage peut être relevé en vol par une commande à main.

Le Grumman F4 F-3. — Chasseur monomoteur monoplace construit actuellement en grande série pour l'U. S. Navy, qui doit l'employer sur ses porte-avions. Sa vitesse maximum est de 520 km/h. Sa dénomination dans l'aéronautique navale anglaise est Grumman « Martlet ».

Le Vought-Sikorski XF4U-1. — C'est le plus récent prototype destiné à l'U. S. Navy, monoplace monomoteur entièrement métallique destiné à la chasse. Le train d'atterrissage est entièrement escamotable. Il est équipé d'un moteur Pratt et Whitney de 18 cylindres en double étoile, à refroidissement par air, développant 1 850 ch au décollage et 1 600 ch à 6 500 m. Son envergure est de 12,2 m, sa longueur de 9,15 m, son poids total de 4 100 kg. Il serait armé de quatre mitrailleuses dont deux dans les ailes et deux dans le fuselage. Sa vitesse au sol serait de 675 km/h, et on prétend qu'il serait plus rapide que tous les appareils actuellement existants.

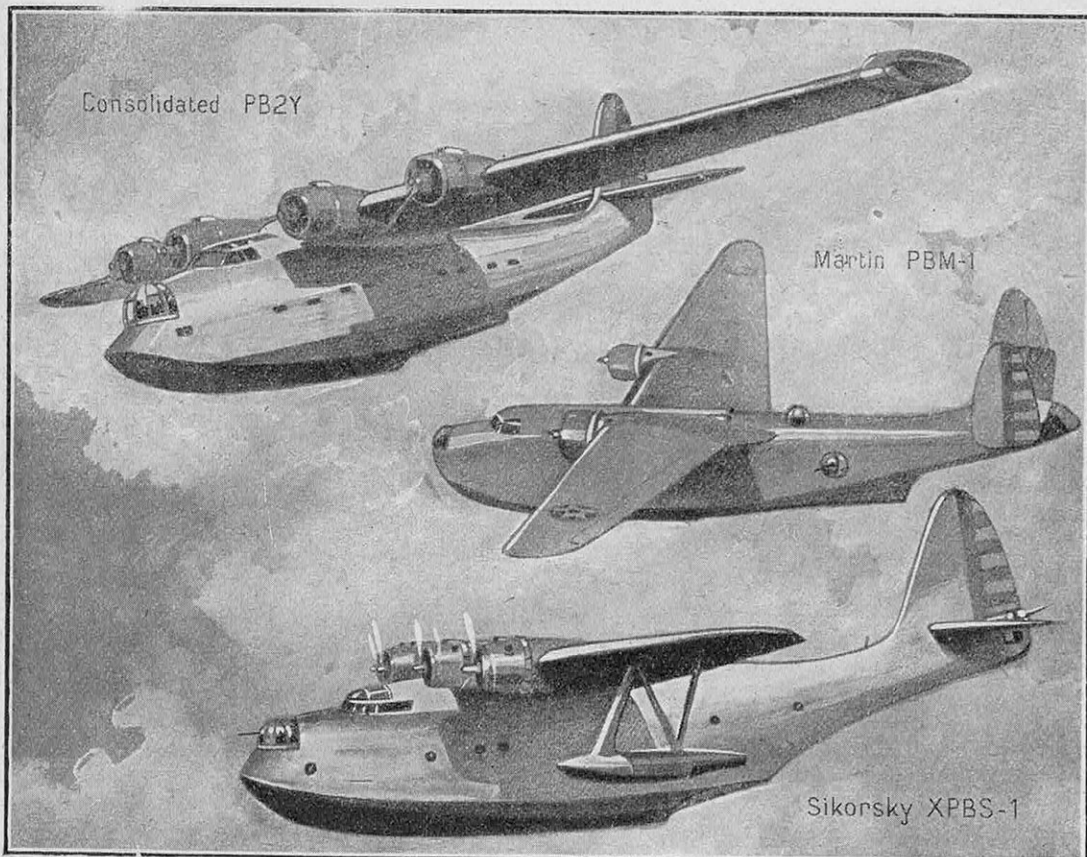
Le Vought-Sikorski XOS2U-1. — Cet appareil léger équipé d'un moteur Pratt et Whitney Wasp-Junior développant 400 ch au décollage, existe en deux versions, terrestre ou navale à un seul flotteur. Cette dernière est destinée au catapultage à partir des cuirassés ou des croiseurs pour le réglage du tir de l'artillerie. Son poids en hydravion est de 2 380 kg et en terrestre de 2 250 kg.

Le Curtiss SB C-4. — Cet appareil muni d'un moteur Wright Cyclone est destiné à équiper les porte-avions et à assurer l'éclairage des formations navales ainsi qu'à exécuter des attaques en piqué.

Le Curtiss XSOC-1. — Cet appareil de reconnaissance existe en deux versions, terrestre à train d'atterrissage caréné, et navale avec un seul flotteur central. Il est destiné à être catapulté à partir des cuirassés ou des croiseurs pour l'éclairage des formations navales. Il est équipé d'un moteur type Ranger 12 cylindres en V inversé à refroidissement par air.

Le Douglas SB D-1. — C'est un bombardier en piqué biplace de construction entièrement métallique. Le train d'atterrissage et la roue de queue sont escamotables. Il est armé de deux mitrailleuses d'ailes et d'une mitrailleuse mobile à la disposition de l'observateur. Des bombes peuvent être fixées sous le fuselage et sous les ailes.

Le Northrop N-3-PB. — Cet appareil destiné à la reconnaissance et au bombardement existe en deux versions, terrestre et navale à flotteurs. Il est équipé d'un moteur Wright Cyclone de 1 000 ch ou, pour la version terrestre, Pratt et Whitney de 1 650 ch. La vitesse maximum de l'hydravion est de 370 km/h, celle du type terrestre de 490 km/h. Il est armé d'un canon de 20 mm et de cinq mitrailleuses. Des avions de ce type ont été livrés aux forces norvégiennes au service de la Grande-Bretagne.



LES APPAREILS DE L'AÉRONAUTIQUE NAVAL (suite)

T w 5965

Le Consolidated P B 2 Y. — Les hydravions type Consolidated bimoteurs sont en service dans les escadrilles d'exploration et de bombardement de la marine américaine. Ils s'apparentent aux Clippers des services commerciaux et aux hydravions type Sunderland de l'aviation anglaise. Le P B 2 Y est équipé de quatre moteurs Pratt et Whitney Twin Wasp de 1 050 ch. Son envergure est de 35 m, sa longueur de 23 m 80. Les ballonnets latéraux peuvent se relever en bout d'ailes. L'armement est disposé en deux tourelles, l'une à la proue, l'autre à l'arrière sous les gouvernes horizontales. Les hydravions P B Y livrés à la Grande-Bretagne portent la dénomination Catalina et assurent l'escorte aérienne des navires de commerce au large de l'Irlande. Les récents Consolidated 31 (2 moteurs Wright Duplex Cyclone de 2 000 ch) sont prévus pour le même emploi.

Le Martin P B M-1. — Cet hydravion bimoteur de 20 t pour le bombardement à grande distance aurait un rayon d'action dépassant 8 000 km, aux dépens de la charge utile; à pleine charge de bombes, son autonomie atteindrait encore 1 500 km. Il est équipé de deux moteurs Wright Cyclone 14 cylindres de 1 200 à 1 500 ch. Sa vitesse maximum dépasserait 400 km/h. Les flotteurs de boat d'ailes sont escamotables en vol. L'armement comprend deux tourelles multiples du type britannique actionnées par des servo-moteurs, l'une à l'avant, l'autre au-dessus du fuselage, et deux postes de mitrailleuses vitrés dans les parois latérales du fuselage.

Le Sikorsky X P B S-1 « Flying Dreadnaught. » — Quadrimoteur lourd de bombardement et de reconnaissance équipé de moteurs Pratt et Whitney Twin Wasp, armé de plusieurs canons et mitrailleuses dans les deux tourelles à commande mécanique à l'avant et à l'arrière.

avait été purement technique : la mise au point par une filiale de la General Motors, l'Allison Engineering, de moteurs d'aviation refroidis par liquide.

En effet, l'aviation de guerre, de chasse et de bombardement, appelée à opérer dans la stratosphère, ne peut se contenter, dans l'air raréfié des hautes altitudes, de moteurs à refroidissement direct. Allison fut chargé d'étudier le problème. La mise au point du A. 1170 fut très lente. En août 1941, la production d'Allison n'atteignait que 80 moteurs par mois à peine. La sortie du Curtiss « Tomahawk » P 40 s'en trouva

ralentie, également celle du Bell « Airacobra » et celle du Lockheed « Lightning ». A la fin de 1940, Allison arriva à 250 moteurs par mois. En avril 1941, on peut l'estimer à 350 ou 400 par mois. On prévoit une production de 1 000 moteurs par mois d'ici quelques mois.

Cette crise de production de moteurs refroidis par liquide au cours de l'année 1940 eut d'autres conséquences. En particulier, la construction sous licence en Amérique des moteurs anglais Rolls Royce « Merlin ».

La proposition fut d'abord présentée à Ford qui refusa; elle fut finalement ac-

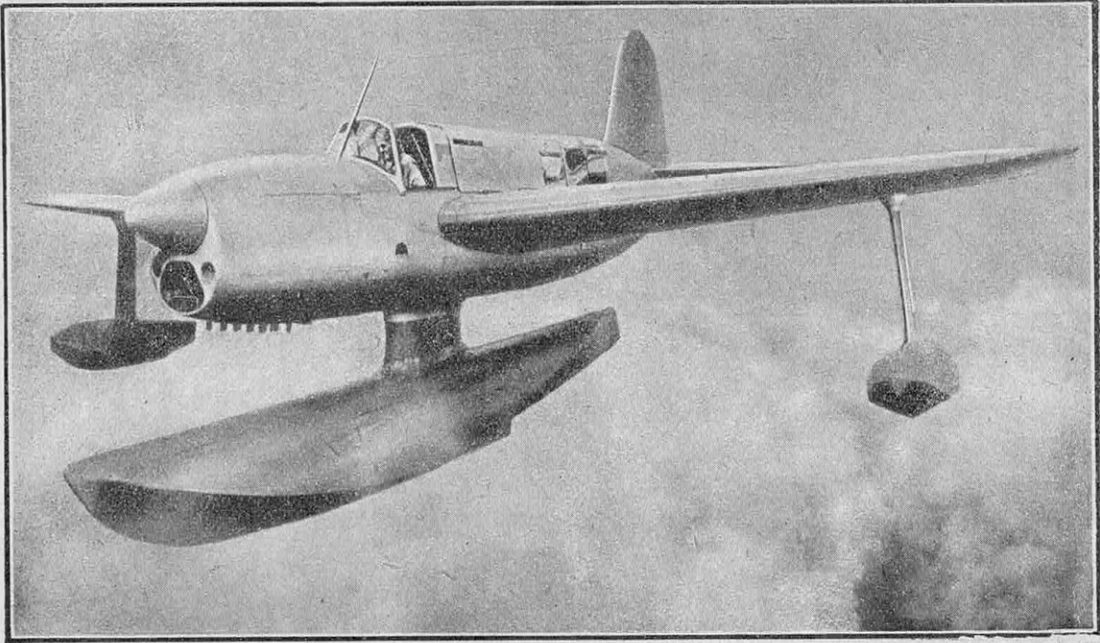


FIG. 9. — L'HYDRAVION DE RECONNAISSANCE MONOFLOTTEUR CURTISS XSO3C-1

T W 5955

ceptée par les automobiles Packard, qui signèrent un contrat pour la construction de 9 000 moteurs « Merlin », dont 6 000 à livrer en Grande-Bretagne, les 3 000 autres restant en Amérique. Ces moteurs sortiront au cours de l'année 1941. Une nouvelle commande de 15 000 moteurs « Merlin » a été passée au début de 1941, dont 10 000 pour la Grande-Bretagne et 5 000 pour les Etats-Unis. Ford, Chrysler et la General Motors usinent des pièces détachées.

Mais, ce n'est pas tout. Le programme Knudsen prévoit, en outre :

— la fabrication de moteurs Wright, en pièces détachées, par les automobiles Hudson, les usines Buick et Studebaker.

— la fabrication de moteurs Pratt and Whitney « Twin Wasp » par Ford;

— la fabrication de moteurs Allison par Buick.

Pour la construction des avions eux-mêmes, la collaboration :

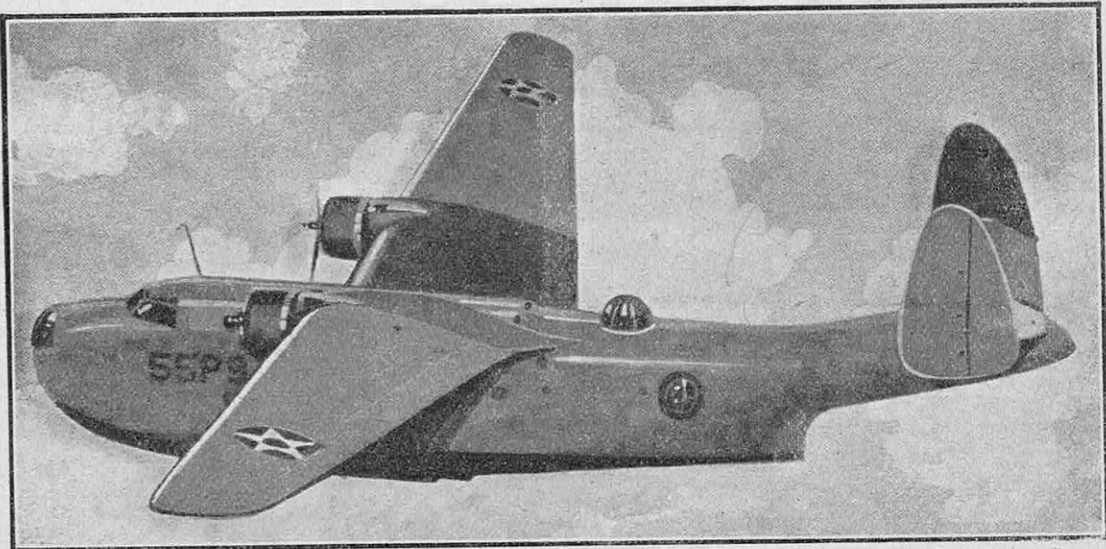


FIG. 10. — L'HYDRAVION DE COMBAT BIMOTEUR MARTIN PBM-1

T W 5971

— de Ford, usine de Tusla (Oklahoma), et de Douglas;

— de Chrysler, usine de Omaha (Nebraska) et de Glenn Martin, pour la production du B-26;

— de General Motors, usine de Kansas City (Kansas), et de North American et des firmes construisant les quadrimoteurs.

Un programme de 1 000 avions par

nado ». Il a fallu modifier la construction des Curtiss P. 40 pour améliorer leur armement, d'où retard.

De même, l'armement en tourelles des bombardiers a été jugé insuffisant, et les Britanniques ont dû céder leurs tourelles quadruples Nash-Thompson pour équiper les Boeing B. 17. Autres retards...

Quoi qu'il en soit, le programme de réarmement aéronautique des Etats-Unis

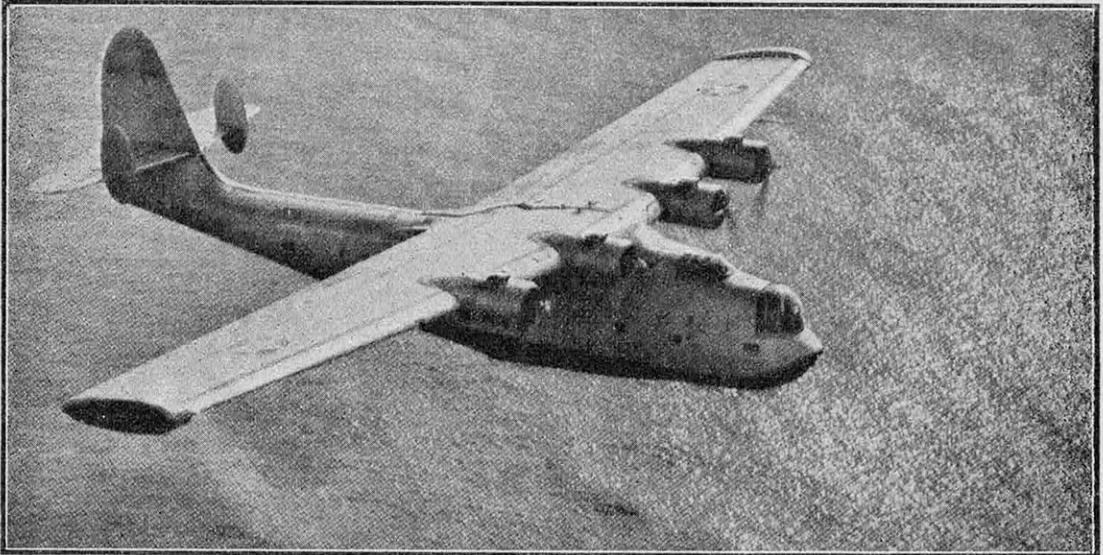


FIG. 11. — L'HYDRAVION DE RECONNAISSANCE QUADRIMOTEUR CONSOLIDATED PB2Y « CATALINA »

T W 5956

jour, pour utopique qu'il puisse paraître, est néanmoins à l'étude.

Un point faible de l'aviation de guerre américaine : l'armement

Un autre point faible de l'aviation américaine est peut-être l'armement.

L'Amérique possède probablement les meilleures mitrailleuses du monde, les Browning (1) et les canons de 37 mm, type American Armament Corporation, qui armeront les chasseurs Bell « Airacobra » (tir à travers le moyeu de l'hélice, prolongé par un arbre de transmission).

Mais il faut bien reconnaître que les chasseurs américains sont tout au plus équipés de 4 ou 6 mitrailleuses, alors que les Britanniques (« Spitfire », « Hurricane », « Fulmar ») en portent 8, et les plus récents 12 à 14 (Hawker « Tor-

est actuellement en marche et en plein essor.

Le projet « prêt ou bail » de livraisons à la Grande-Bretagne qui vient d'être voté le 10 mars 1941 lui donne une actualité nouvelle.

L'écrivain militaire américain, le major George Fielding Eliot, a résumé récemment en une phrase le point de vue américain, qui est celui de la majorité, à part quelques isolationnistes irréductibles :

« Les îles britanniques doivent tenir jusqu'à ce que le poids de l'armement américain tombe dans la balance. »

Rapprochons cette phrase du journaliste anglais Ward Price (*Daily Mail*) : « Dans les prochains six mois, l'Angleterre doit vaincre ou succomber. »

Six mois pour sortir le maximum d'avions. Tel est l'enjeu de la politique américaine en 1941. Six mois dramatiques, car six mois sont souvent plus que nécessaires pour passer du prototype le plus parfait à la construction massive en série.

P. CAMBLANC.

(1) L'Angleterre a commandé 12 400 mitrailleuses d'avions tirant 900 coups par minute à la Colt Firearms Company.

LES BATIMENTS DE COMBAT ET LES BASES NAVALES DE LA MARINE AMÉRICAINE

par François COURTIN

Lorsque éclata la guerre de 1939, la Marine des Etats-Unis, comme conséquence des traités navals de Washington et de Londres, se trouvait presque à égalité avec la Marine britannique. L'« U. S. Navy » de 1939 comptait 358 unités de combat (15 cuirassés, 6 porte-avions, 37 croiseurs, 197 torpilleurs-destroyers, 103 sous-marins) (1). Au 1^{er} janvier 1941, sa puissance pouvait être évaluée à 440 unités en service et 50 en achèvement pour le courant de 1941. Au cours du deuxième semestre de l'année passée, 300 unités nouvelles ont été commandées, de sorte que l'on peut prévoir que la flotte américaine de 1942-1943 comptera 683 unités de combat. L'accroissement de l'« U. S. Navy » sera donc de 90 % entre 1939 et 1943. Un pareil effort répond à la nécessité de faire face à la fois dans l'Atlantique et dans le Pacifique. La situation de la Marine américaine, très précaire au point de vue des bases navales, se trouve améliorée aujourd'hui par les concessions à bail que vient de consentir la Grande-Bretagne et qui renforcent de la manière la plus efficace les défenses du canal de Panama dont le rôle stratégique s'affirme capital entre les deux océans.

UNE politique extérieure active, correspondant aux besoins du peuple américain, ne peut s'appuyer que sur une flotte puissante », proclamait, il y a quarante ans, Théodore Roosevelt, oncle de l'actuel Président des Etats-Unis, au moment où il était porté au pouvoir, en 1901, après l'assassinat du Président Mac Kinley. La marine des Etats-Unis était alors à peu près inexistante. Considérable en 1865, au sortir de la Guerre de Sécession, tombée à quelque 40 bâtiments disparates et démodés aux environs de 1880, elle avait repris un peu d'importance à la veille de la guerre hispano-américaine en 1898; mais, au début de ce siècle, elle se classait loin derrière les marines de l'Angleterre, de la France, de l'Allemagne, de la Russie même. Théodore Roosevelt ne borna pas son intervention à des discours enflammés : sous son impulsion, on agit vigoureusement. Dans les seules années 1904 et 1905, douze cuirassés et sept croiseurs cuirassés furent lancés. Le budget naval, passé de 145 millions de dollars en 1895 à 361 en 1904, atteignit 725 millions en 1910, et la flotte américaine était arrivée au troisième rang derrière l'Angleterre

et l'Allemagne qu'elle talonnait. La guerre de 1914-1918 permit aux Etats-Unis d'accroître encore leur puissance navale (1) et en 1922, à la Conférence de Washington, le Département de la Marine américaine obtenait d'être traité désormais à égalité avec l'Amirauté britannique.

La parité des deux marines anglo-saxonnes et le caractère du « navalisme » américain

On n'eut certes pas imaginé, quelques années plus tôt, qu'il dût en être si rapidement ainsi; la Grande-Bretagne avait toujours refusé de s'incliner devant un autre « navalisme » que le sien. Il fallut la situation financière désastreuse de la Grande-Bretagne pour que l'Angleterre admît ce nouvel état de choses et acceptât de passer du « two power standard » au « one power standard » (2). On peut penser que son sacrifice d'amour-propre fut sérieux; mais, malgré quelques for-

(1) Au titre des différents programmes de 1916 et 1917, la construction de 10 cuirassés, 6 croiseurs de bataille, 10 croiseurs légers, 267 destroyers, 50 dragueurs de mines, 96 sous-marins, 402 chasseurs de sous-marins fut autorisée.

(2) La formule du « two power standard » impliquait que la puissance navale anglaise fût au moins égale à celle des deux plus fortes puissances étrangères réunies.

(1) A l'exclusion des patrouilleurs, escorteurs, navires auxiliaires ou bâtiments hors d'âge.

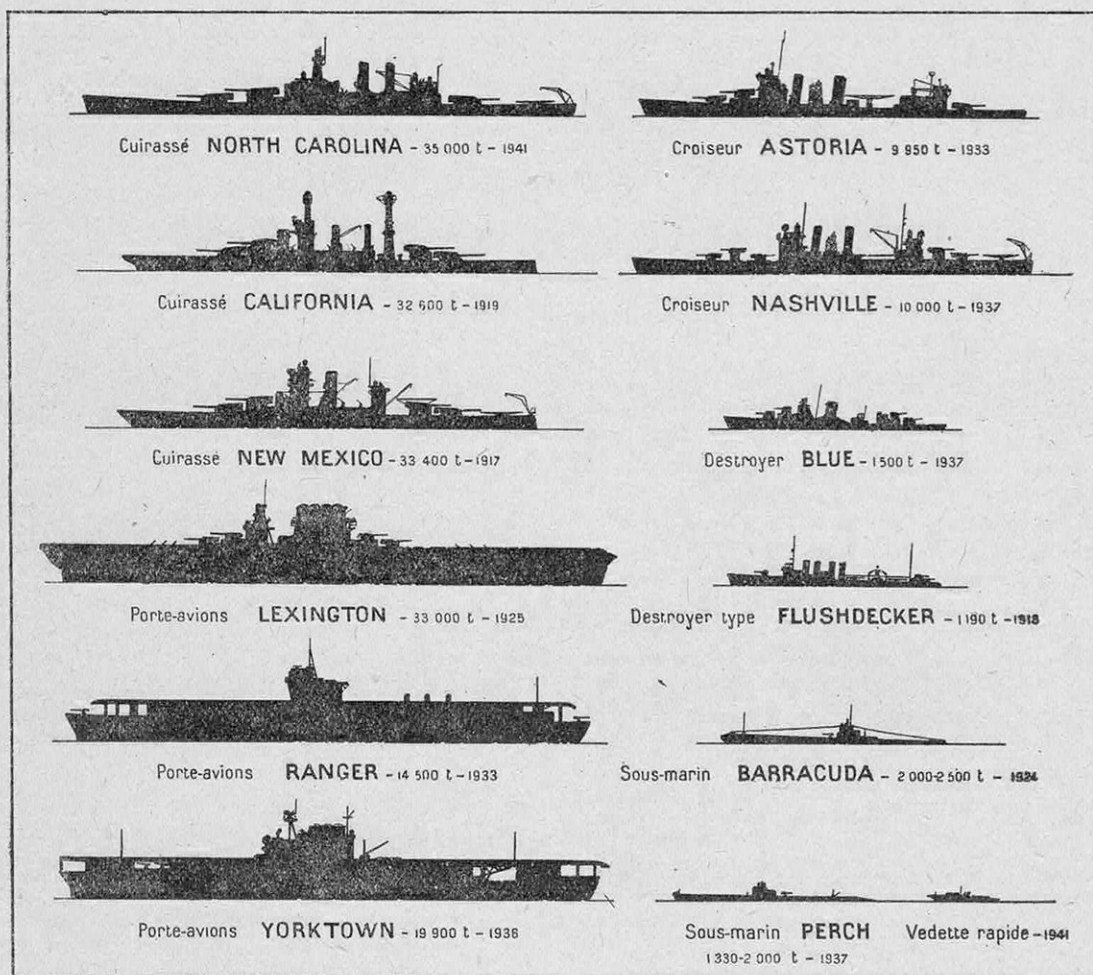


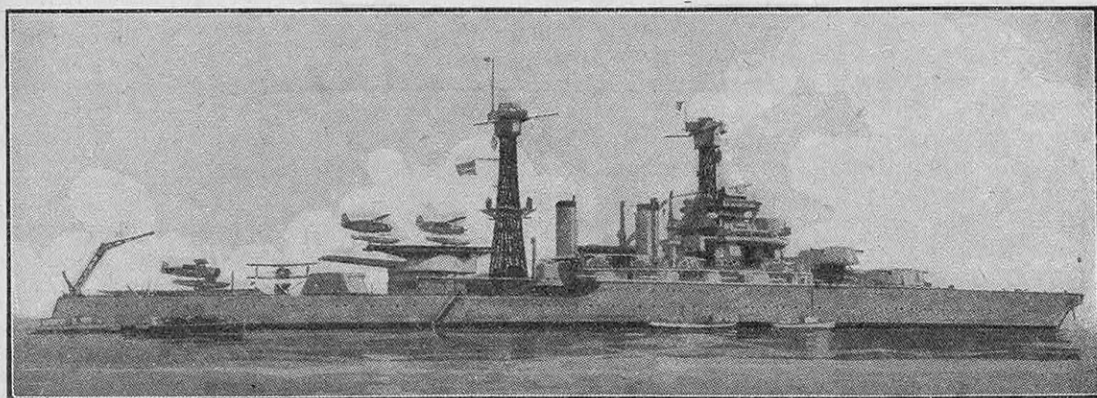
FIG. 1. — SILHOUETTES DES PRINCIPAUX TYPES DE BATIMENTS DE LA MARINE AMÉRICAINE

La Marine américaine comprenait, au 1^{er} mars 1941, 15 cuirassés en service, antérieurs à 1922 (Colorado, Maryland, West Virginia, California, Tennessee, Idaho, Mississippi, New Mexico, Pennsylvania, Arizona, Oklahoma, Nevada, New York, Texas, Arkansas), 10 en construction (6 de 35 000 t, dont 2, North Carolina et Washington, vont entrer en service, et 4 de 45 000 t) et 7 en commande ou sur cale; 6 porte-avions (Enterprise, Yorktown, Wasp, Ranger, Lexington, Saratoga), 3 en construction et 4 en commande ou sur cale; 18 croiseurs en service à canons de 203 mm; 19 croiseurs en service à canons de 155 mm, 21 en construction et 27 en commande ou sur cale; 186 torpilleurs en service, 67 en construction et 115 en commande ou sur cale; 102 sous-marins en service, 38 en construction et 45 en commande ou sur cale. En 1943, la Marine américaine disposera donc de 32 cuirassés, 18 porte-avions, 85 croiseurs, 368 torpilleurs, 185 sous-marins, auxquels il faut ajouter 18 000 avions. Le personnel comptera, au total, 232 000 hommes.

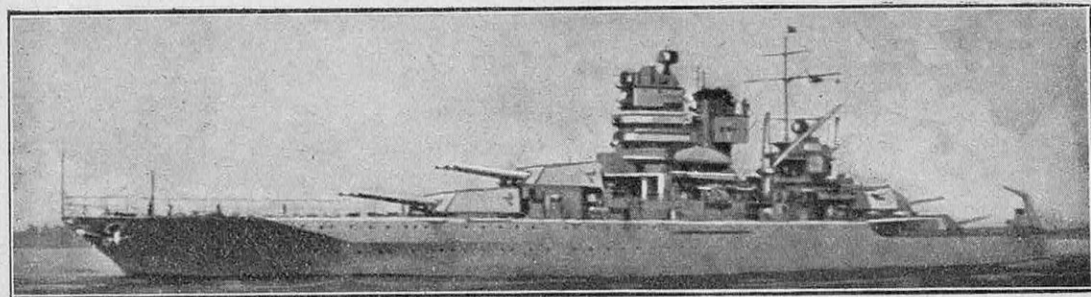
fanteries américaines, on ne pouvait envisager sérieusement de conflit entre les deux grandes puissances anglo-saxonnes pour une question de rivalité maritime. Il parut préférable de s'entendre. Après tout, la situation matérielle des deux parties était telle que l'accord confirmant leur double suprématie pouvait se faire sur le dos des autres puissances. L'égalité des deux marines, scellée en 1922, lors de la signature du premier traité de limitation des armement navals, se trouva confirmée — une seconde fois — à Londres, en 1930.

Il s'en faut, cependant, que l'effort naval des Etats-Unis ait toujours été aussi vigoureux et surtout aussi constant que l'exigeait leurs prétentions à la parité avec l'Angleterre, au maintien de la « politique de la porte ouverte en Extrême-Orient » (1) et à la défense de la « liberté des mers », autrement dit de l'inviolabilité de la propriété privée sur mer, thèse qui a toujours été chère aux politiciens américains.

(1) Énoncée pour la première fois en 1898 par le Président Mac Kinley et par le Sous-Secrétaire d'Etat Hay.



T W 58r8



T W 58r9

FIG. 2. — LES NAVIRES DE LIGNE « CALIFORNIA » (EN HAUT) ET « NEW MEXICO » (EN BAS)

Les huit bâtiments de ligne construits au titre du budget 1914-1915-1916 ont les mêmes caractéristiques générales, sauf pour l'artillerie principale : 8 pièces de 406 mm pour trois d'entre eux (Colorado, Maryland et West Virginia), 12 pièces de 356 mm pour les autres (California, Tennessee, Idaho, Mississippi, New Mexico). Les trois plus anciens (type New Mexico) ont été complètement refondus et sont maintenant très différents d'aspect des California qui, bien que plus récents, ont encore la silhouette classique des anciens cuirassés américains avec mâts-treillis. En attendant l'achèvement des North Carolina, ces unités sont les plus puissantes de la flotte américaine et les mieux protégées. Leur protection contre les explosions sous-marines a été poussée à l'extrême et s'étend à l'intérieur de la coque sur une profondeur de plus de 5 mètres de chaque bord.

Le « navalisme » américain s'est très souvent manifesté par « poussées » ; on en avait déjà fait la remarque avant 1914. Isolé dans son vaste continent, séparé des autres grandes puissances par les espaces immenses du Pacifique et de l'Atlantique, l'Américain se sent rarement menacé. En dehors de périodes de crise, provoquées surtout par les nuages qui s'élèvent périodiquement entre le Japon et les Etats-Unis, il a tendance à négliger ses moyens de défense.

Le Président Franklin Roosevelt veut faire de la marine américaine la première du monde

Une fois encore, le « navalisme » américain subit ainsi une légère éclipse au lendemain de la Conférence de Washington. Pendant plusieurs années, l'égalité entre les deux marines anglo-saxonnes demeura plus théorique que réelle. En

dix ans, de 1924 à 1934, les Etats-Unis firent construire ou mettre sur cale un porte-avions et seize croiseurs de 10 000 t, il est vrai ; mais seulement douze destroyers et dix sous-marins.

Depuis l'arrivée au pouvoir de Franklin Roosevelt, qui s'est toujours intéressé aux questions de politique navale et qui connaît bien la marine pour en avoir été, il y a vingt ans, le sous-secrétaire d'Etat, l'Amirauté américaine a entrepris la construction de nouvelles unités à un rythme accéléré, avec l'intention bien affirmée de placer la flotte tout au premier rang. L'intervention du Japon en Chine, la dénonciation par les Nippons du Traité de Washington, les événements d'Europe ont été les raisons profondes de cette reprise.

A la loi du 13 février 1929, qui avait marqué un premier réveil du « navalisme » américain, sont venus s'ajouter

successivement la loi du 15 mai 1933, le « Vinson-Trammell Act » du 27 mars 1934 et plusieurs programmes complémentaires ou de remplacement, accordés en augmentation des tranches annuelles normales. C'est ainsi que le 17 mai 1938, le Président Roosevelt entérinait le vote émis par le Congrès qui autorisait la mise en route d'un programme supplémentaire à exécuter dans le délai de huit ans. Il devait en résulter une augmentation de

dont : 13 croiseurs, 30 destroyers et 22 sous-marins. Encore ne mentionnons-nous que les principales catégories de bâtiments de combat; mais les programmes comportent également de très importants crédits pour l'augmentation du train d'escadre et de l'aviation navale; deux éléments importants de la puissance navale américaine. On conçoit que le budget naval des Etats-Unis, qui était de 526 millions de dollars pour l'exercice

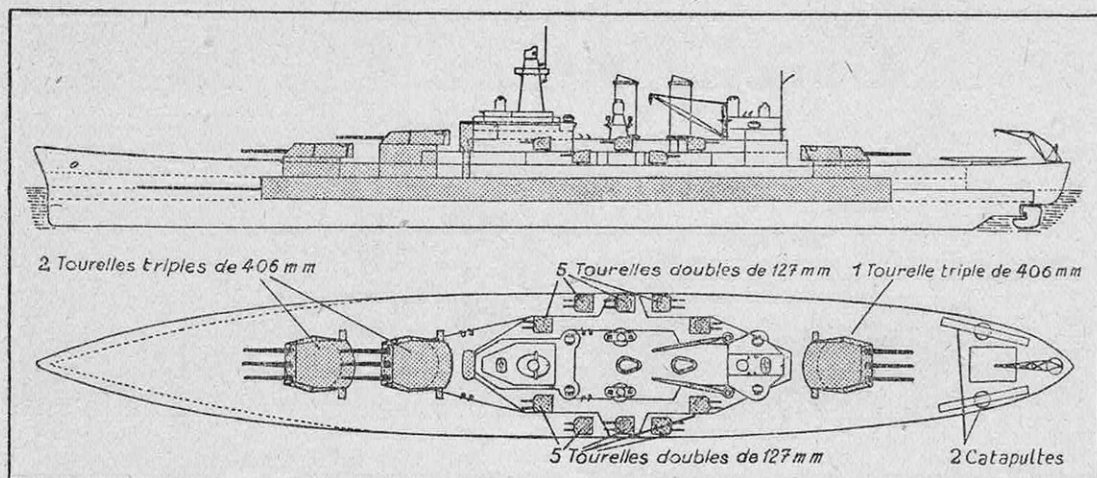


FIG. 3. — SILHOUETTE ET SCHÉMA DES CUIRASSÉS « NORTH CAROLINA » ET « WASHINGTON »

Le North Carolina, dont l'entrée en service est prévue pour le 11 avril 1941, est le premier d'une série de six cuirassés d'un déplacement de 35 000 t. L'entrée en service du second, le Washington, est prévue pour le 15 mai 1941. Les quatre autres 35 000 t entreront en service en 1942. Le North Carolina est armé de 9 canons de 406 mm en trois tourelles triples, 20 pièces de 127 mm antiaériennes. Il doit emporter quatre avions et est équipé de deux catapultes. Sa vitesse prévue est de 28 nœuds.

20 % environ du tonnage des différentes catégories de bâtiments de guerre, c'est-à-dire que celles-ci devaient passer :

De 525 000 t à 660 000 t pour les navires de ligne;

De 135 000 t à 175 000 t pour les porte-avions;

De 180 000 t à 180 000 t pour les croiseurs calibre 203 mm (sans changement);

De 163 500 t à 232 500 t pour les croiseurs calibre 152 mm;

De 190 000 t à 228 000 t pour les destroyers;

De 68 300 t à 82 000 t pour les sous-marins.

Aux termes du « Naval Expansion Bill » du 16 juin 1940 et du « Two Ocean Navy Expansion Bill » du 20 juillet 1940, le tonnage global de la flotte américaine doit être porté finalement au chiffre sans précédent de 3 050 000 tonnes.

Il y a quelques semaines, enfin, des informations de presse annonçaient la prochaine commande de nouveaux bâtiments

1937-1938, soit passé à 964 millions pour 1940-1941.

La flotte américaine de 1941 peut être ainsi caractérisée :

— des navires de ligne lents et fortement cuirassés;

— des croiseurs fortement armés en artillerie grâce à l'emploi généralisé de la tourelle triple;

— des torpilleurs destroyers à artillerie unique contre l'ennemi aérien et contre l'ennemi flottant;

— de nombreux porte-avions et la première aviation navale du monde;

— des sous-marins de gros tonnage et de grand rayon d'action.

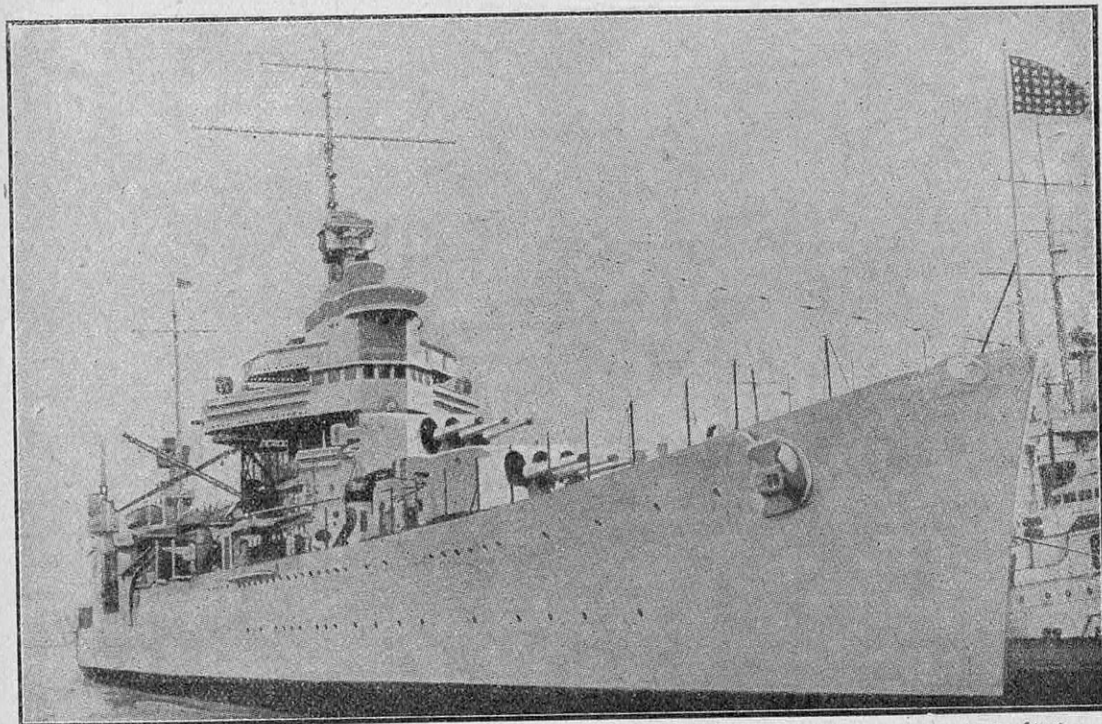
Des cuirassés « tortues »

L'épine dorsale de la flotte — les cuirassés — est aujourd'hui constituée par dix-sept bâtiments de ligne, dont deux vont entrer en service au cours de l'été 1941 : *North Carolina* et *Washington*.

Tandis que les dix-sept bâtiments de ligne anglais en service comptent douze cuirassés d'une vitesse de 21 à 25 nœuds et cinq de 27 à 28 nœuds, quinze des cuirassés américains se contentent d'une vitesse de 20 à 21 nœuds. A peine les deux plus récents approcheront-ils de 27 nœuds.

Par contre, les épaisseurs des cuirasses sont plus fortes. Pour les cuirassés armés

calibre 406 mm). Les récents *North Carolina* portent du 406 mm, alors que leurs contemporains (les *King George V* anglais) se contentent de canons de 356 mm, et les *Tirpitz* allemands et les *Littorio* italiens de 380 mm. Il est vrai que les cuirassés japonais portent du 406 mm, et la marine américaine ne veut pas se laisser surclasser de ce côté.



1 W 5815

FIG. 4. — LE CROISEUR DE 10 000 T « VINCENNES »

Il existe, dans la Marine américaine, huit croiseurs identiques de ce type, armés de 9 pièces de 203 mm en trois tourelles triples, et entrés en service entre 1934 et 1937. Leur vitesse serait de 33 nœuds. Ils sont équipés de deux catapultes et peuvent emporter huit avions.

de canons de 356 mm, la cuirasse de ceinture est de 356 mm (règle de l'épaisseur de ceinture égale au calibre). Pour des canons de 406 mm (à partir des *Colorado*), la cuirasse s'épaissit à 406 mm, alors que les Anglais se contentent d'épaisseurs de ceinture allant de 305 à 330 mm (seuls les *Nelson* atteignent l'épaisseur de 356 mm).

La protection horizontale contre les bombes d'avions des cuirassés américains n'est pas moins soignée. Sur les récents *North Carolina*, elle comprendrait deux ponts blindés, un de 152 mm d'épaisseur, à l'épreuve de la bombe de 500 kg, et l'autre de 102 mm.

Comme artillerie principale, l'U. S. Navy totalise en 1941, en service, 136 gros canons (94 du calibre 356 mm et 42 du

Tous les anciens cuirassés américains ont été modernisés ou sont en cours de refonte. Augmentation de l'angle de pointage des pièces principales, renforcement de la D. C. A., accroissement sensible de la protection anti-sous-marine et horizontale, éventuellement remplacement complet des chaudières et des appareils moteurs, tels sont quelques-uns des travaux entrepris au prix de dépenses de 7 millions à 10 millions de dollars par unité. Il fallait bien cependant songer à remplacer ces bâtiments, dont les plus âgés sont entrés en service en 1912 et 1914, et la construction de dix nouveaux navires de ligne a été entreprise (6 de 35 000 t et 4 de 45 000 t). Tous auraient le même armement principal: IX pièces de 406 mm; on doit donc admettre que, à vitesse

égale, la protection des quatre bâtiments de 45 000 tonnes sera sensiblement plus développée. Il n'est pas impossible, non plus, que le supplément de tonnage des 45 000 tonnes soit consacré à la vitesse; certains renseignements laissent, en effet, à penser que ces unités devront donner 35 nœuds au lieu de 27 pour les 35 000 tonnes. En 1940, enfin, l'amiral Stark, chef du bureau des opérations, a exposé devant la Commission de la Marine que l'on envisageait la prochaine mise sur cale de nouvelles unités de 50 000 à 52 000 tonnes et 33 nœuds, armées avec du 457 mm; ce sont finalement sept cuirassés de 55 000 tonnes qui ont été autorisés.

Une caractéristique de la marine américaine est l'emploi généralisé de la tourelle triple. Il en est ainsi, depuis 1914 pour la quasi totalité des navires de ligne, ainsi que pour tous les croiseurs postérieurs à 1925.

Un calibre antiaérien unique : le 127 mm

Autre point intéressant à souligner à propos de l'artillerie des bâtiments de guerre américains : l'adoption, depuis 1925, d'un calibre assez élevé pour la défense antiaérienne : le 127, alors que dans toutes les autres marines on s'est longtemps contenté de pièces des calibres 75 à 100. Au cours de leurs refontes, tous les anciens cuirassés ont ainsi reçu huit de ces pièces (de 25 calibres de longueur) et ce chiffre de huit pièces représente également la dotation normale de tous les croiseurs, qu'ils soient « lourds » ou « légers ». Ce même calibre de 127, mais avec des pièces de 38 calibres de longueur, a été adopté pour les nouveaux destroyers mis sur cale depuis 1932 dont l'artillerie peut être utilisée aussi bien contre buts flottants que contre objectifs aériens.

Les croiseurs

Les Etats-Unis possèdent un plus grand nombre de croiseurs lourds de 10 000 tonnes qu'aucune autre marine; ils en ont dix-huit, armés de IX pièces de 203 mm, en trois tourelles triples, sauf les deux premiers qui en ont X. Les plus anciens ont prêté à bon nombre de critiques : ils manquaient de stabilité de plate-forme et roulaient beaucoup; ils souffraient aussi de vibrations excessives à l'arrière, graves inconvénients au point de vue du tir.

A ces bâtiments de 10 000 tonnes, s'ajoutent dix-neuf croiseurs armés de 152 mm.

Dix, du type « Omaha », achevés de 1923 à 1925, ne correspondent plus aux canons modernes de la construction navale, quoique rapides et assez bien armés; mais les neuf autres comptent parmi les bâtiments les plus puissants dans leur catégorie. Ils ont XV pièces de 152 mm en cinq tourelles triples, VIII pièces contre avions de 127 mm et ils embarquent quatre avions. Un nouvel aménagement du hangar d'aviation, tout à l'arrière et à l'intérieur de la coque, leur donne une silhouette complètement « flush deck » ni gaillard arrière) très particulière. (c'est-à-dire qu'ils n'ont ni gaillard avant Vingt et un nouveaux croiseurs légers sont en construction, dont dix-sept de 10 000 tonnes avec douze pièces de 152 mm. Les quatre autres auraient été étudiés soit comme bâtiments conducteurs des escadrilles de destroyers, soit comme croiseurs rapides de défense contre avions, destinés à accompagner la flotte. On leur attribue dans cette éventualité un armement de XVI pièces de 127 mm antiaériennes, montées deux par deux en tourelles, et XII canons automatiques antiaériens de 28 mm.

Aucun croiseur américain n'est très rapide : ils n'ont jamais été prévus que pour 31/32 nœuds en pratique; par contre, leur protection est plutôt plus développée que celle de leurs contemporains étrangers.

Les flottilles américaines de destroyers et de sous-marins

La flottille des destroyers américains est caractéristique de l'inconstance, à certaines époques, de la politique de construction de Washington. De 1917 à 1919, au moment des grands programmes, dus à la guerre anti-sous-marine de la précédente guerre, la marine américaine fit lancer 267 destroyers. On conçoit que, pendant longtemps, les Etats-Unis, en possession d'une flottille aussi nombreuse, n'aient pas senti le besoin d'y ajouter. Le malheur est que ces bâtiments, tous du même âge, se sont trouvés vieillir ensemble et cela d'autant plus vite que beaucoup avaient été construits très hâtivement. Il eut, peut-être, été préférable de prévoir leur remplacement progressif plus tôt qu'il n'a été fait (1932). Parmi les survivants des destroyers de 1917-1918, bien que cinquante aient été cédés à la Grande-Bretagne en septembre 1940, il en reste encore une centaine, dont quel-

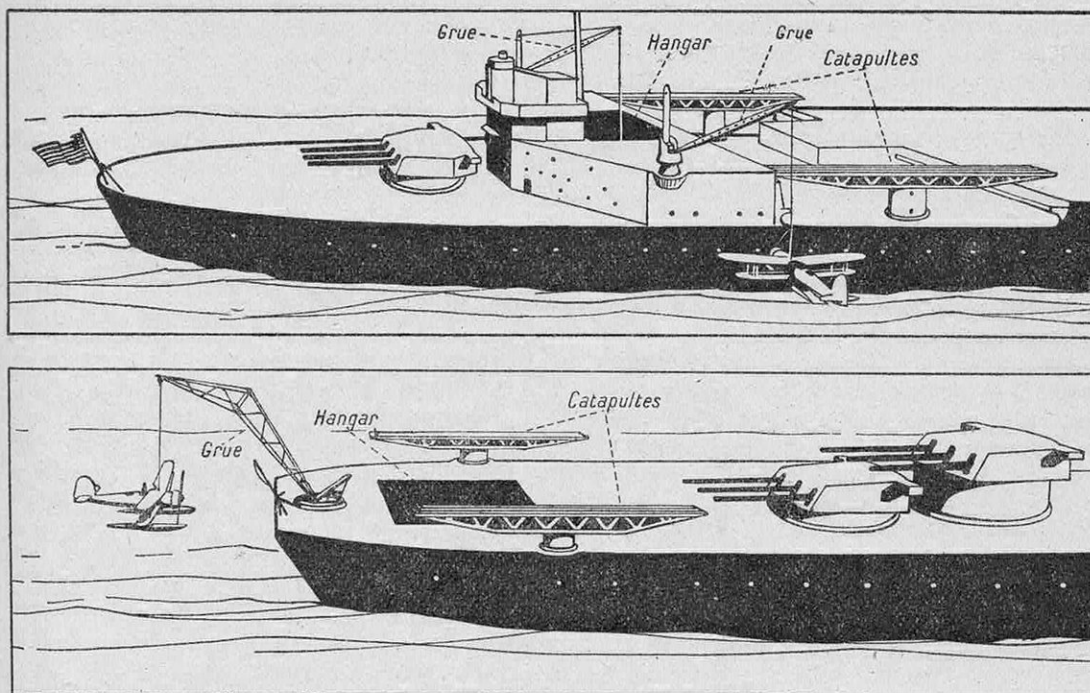


FIG. 5. — DEUX EXEMPLES D'INSTALLATION DE CATAPULTAGE SUR LES CROISEURS DE 10 000 T « ASTORIA » ET « NASHVILLE »

On trouve sur ces navires, dans les deux cas, deux catapultes, une de chaque bord. Sur les Astoria, le hangar surélevé est placé sur l'avant de la tourelle arrière et son toit est à la hauteur exacte du chariot des deux catapultes. C'est en quelque sorte un « hangar chargeur » pour deux « catapultes mitrailleuses » (4 avions). Sur les Nashville, le hangar est encastré sous le pont arrière, et les deux catapultes sont surbaissées au ras du pont. Une seule grue (au lieu de deux sur les Astoria) dessert le hangar et les deux catapultes.

ques-uns ont été aménagés en mouilleurs de mines légers (après débarquement des tubes) et d'autres en ravitailleurs rapides d'hydravions.

Depuis 1932, le Département de la Marine de Washington a fait un effort considérable au point de vue destroyers : 97 conducteurs de flottilles et destroyers neufs sont entrés en service en six ans ; 30 autres sont sur cale et la construction de 40 autres a été autorisée. Ces bâtiments ont sensiblement les mêmes caractéristiques que leur contemporains étrangers (vitesse de l'ordre de 36 nœuds) : ils sont équipés du calibre unique de 127 mm, pouvant tirer contre objectifs flottants ou aériens. Leur artillerie est donc intégralement antiaérienne. Ils sont en outre puissamment armés en torpilles et possèdent tous XII ou XVI tubes (en plates-formes quadruples).

Les sous-marins océaniques

Le sous-marin n'est pas en grande faveur aux Etats-Unis. Autant qu'en Grande-Bretagne, on le considère comme

une arme gênante pour les nations qui ont un intérêt majeur à conserver la libre disposition des Océans à l'usage de leur commerce maritime, et les débats auxquels ont donné lieu les traités de désarmement naval en 1922 et 1930 ont amplement témoigné que l'on aurait envisagé avec satisfaction leur condamnation.

La caractéristique de la marine américaine, du côté des sous-marins, est la faveur des unités d'assez gros tonnage, à grand rayon d'action, qui soient à la mesure du vaste Pacifique.

Tels sont les six *Barracuda* (de 1924-1929) dont le tonnage en surface atteint 2 000 à 2 700 tonnes. Ils ont deux canons de 152, 14 torpilles, un rayon d'action de 18 000 milles (le Japon aller et retour).

A partir de 1933, cependant, apparaissent les sous-marins de tonnage moins considérable : les *Dolphin*, les *Cuttlefish* et les *Porpoise*, d'un tonnage de 1 300 à 1 500 tonnes, avant-coureurs de la série des *Sargo* de 1 450 tonnes, série à laquelle appartenait le *Squalus*, coulé accidentellement en juin 1939, au cours de ses essais.

Au total, 26 unités en service et 18 en construction.

On remarquera que ces sous-marins récents n'ont cependant qu'une très faible artillerie : un canon de 76 mm seulement, alors que leurs similaires étrangers ont du 100 ou du 120. Les Etats-Unis sont — il ne faut pas l'oublier — le pays qui a formulé de très strictes règles à observer par les sous-marins dans leurs opérations contre les bâtiments de commerce !

Les autres sous-marins en service sont des unités « hors d'âge » de tonnage moyen (500 à 1 000 t). Il faut cependant signaler la récente mise sur cale, à titre expérimental, de deux bâtiments de 800 t.

La marine américaine a considérablement développé son aviation navale

L'aviation navale américaine était déjà, en 1939, la plus forte aviation maritime du monde : au 1^{er} juin 1940, 2145 appareils étaient en service et 1 098 en construction ; on prévoyait qu'au début de la présente année, 2 590 appareils seraient armés par les escadrilles de la marine, dont 1 000 hydravions d'exploration et 500 de bombardement et de torpillage ; on a indiqué, enfin, qu'au milieu de l'été 1941 le nombre des appareils en service dépassera 3 000, si l'on tient compte des déclarations de l'amiral Towers indiquant qu'au début de 1941, 6 120 nou-

veaux avions avaient été commandés pour la marine.

Il est possible que l'aviation navale de certaines puissances en guerre ait connu, depuis dix-huit mois, un développement tel qu'elles aient maintenant un nombre d'appareils équivalent ou supérieur, mais cette constatation n'infirme en rien le fait que les Etats-Unis sont, de toutes les nations, celle qui a compris la première qu'une grande marine ne pouvait être vraiment efficace sans une aviation importante. La technique aéronautique de la marine américaine a toujours été à l'avant-garde du progrès : la catapulte a été mise au point par elle dès 1922, et les premiers bombardements en piqué ont été mis à l'étude par ses escadrilles en 1928.

C'est en 1925 que la marine américaine transforma en porte-avions deux coques de croiseurs de bataille géants, qui avaient été prévus au programme naval de 1916 (six croiseurs de bataille de 43 500 t, type *Constellation*). Ce furent le *Lexington* et le *Saratoga*, de 33 000 tonnes et de 34 nœuds, portant chacun 90 avions, mis en service en 1927. Ce sont d'ailleurs les seuls porte-avions du monde portant un armement en canons important (8 pièces de 203 mm, l'armement d'un croiseur lourd).

Mais ces porte-avions géants ne furent pas reproduits. Certains théoriciens amé-

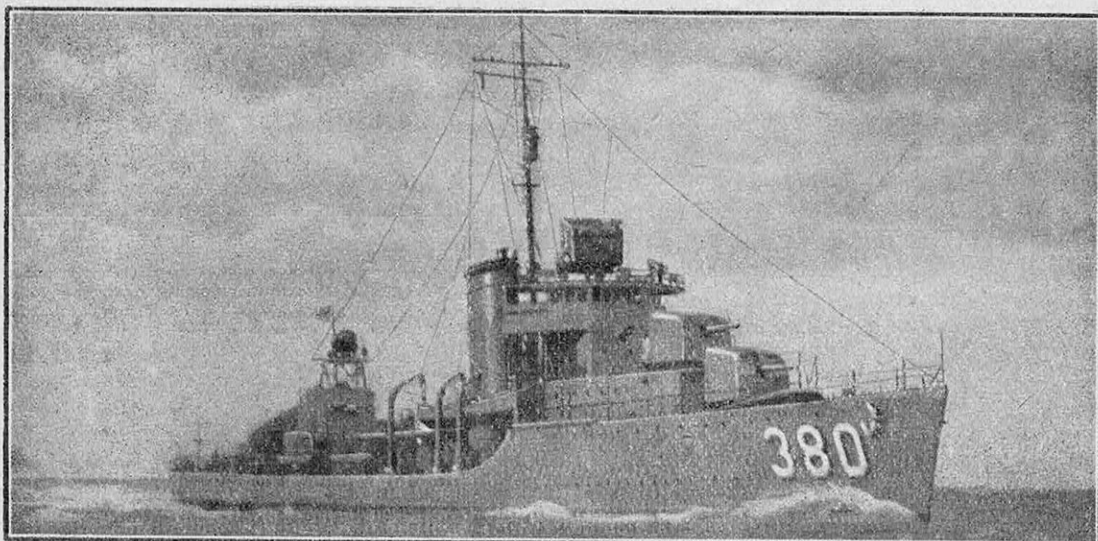
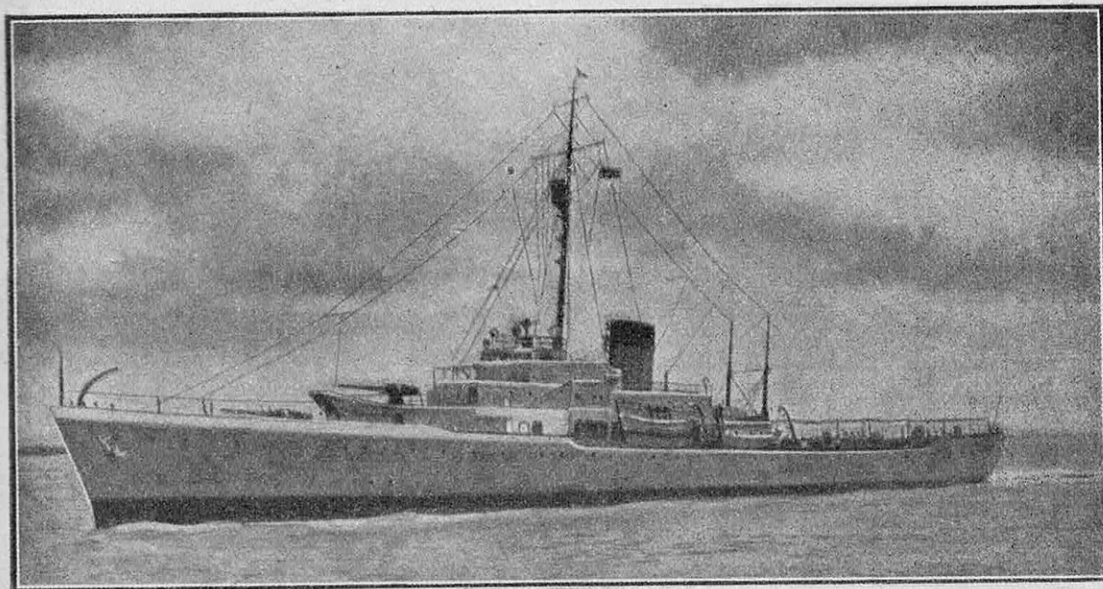


FIG. 6. — LE DESTROYER DE 1 500 T « GRIDLEY »

T W 58r3

Les bâtiments de ce type sont caractéristiques des nouvelles unités de flottille construites depuis 1934. Le Gridley déplace 1 500 t, est armé de 4 canons de 127 mm anti-aériens, de 4 mitrailleuses et de 16 tubes lance-torpilles. Sa vitesse, prévue pour 36,5 nœuds, a été dépassée sensiblement aux essais.



T W 5814

FIG. 7. — LE « CUTTER » GEO C. CAMPBELL

Les « Cruising Cutters » du Coast Guard Service seraient en temps de guerre de précieux escorteurs. Les sept unités de la série Campbell déplacent 2 000 t et sont plus rapides (20 nœuds) que leurs prédécesseurs (7 nœuds). Ils recevraient en temps de guerre 4 pièces de 127 mm, 8 mitrailleuses lourdes antiaériennes et un hydravion.

ricains préconisaient pour un tonnage donné de multiplier les plates-formes : en effet, si on remplace un porte-avions de 30 000 t par deux de 15 000 t, on dispose de deux plates-formes et d'une « surface de pont » relativement plus grande.

Aussi, à partir de 1930, voit-on la marine américaine essayer les tonnages de 14 000 tonnes et de 20 000 tonnes. Ce sont : *Ranger* et *Wasp* d'une part, et *Yorktown* et *Enterprise* d'autre part. Trois autres *Yorktown* sont en achèvement. Quatre autres porte-avions, autorisés en septembre 1940 et aussitôt mis sur cale seront des bâtiments de 26 000 tonnes et 34 nœuds. Ils porteront le nom de : *Essex*, *Bonhomme Richard*, *Intrepid* et *Kearsage*.

Avec le type *Ranger* (14 500 t), la vitesse tombe à 29 nœuds, mais avec les *Yorktown* (de 20 000 t), elle se maintient à 34 nœuds, comme pour les *Saratoga*.

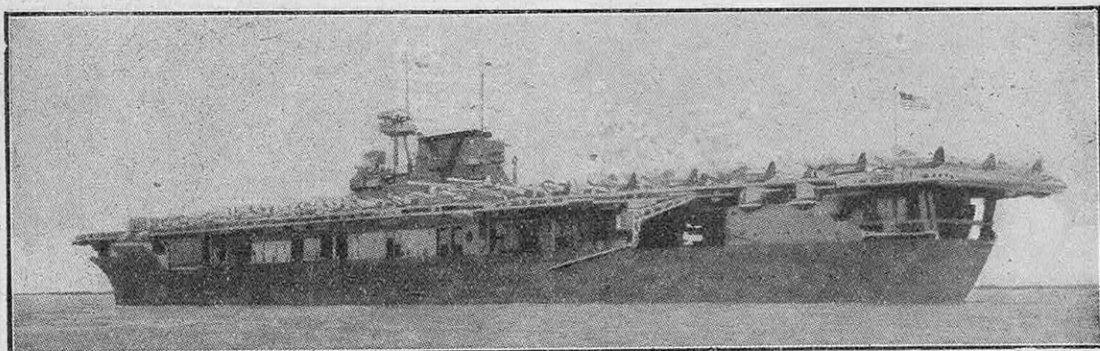
A bord de chacun des porte-avions sont généralement embarquées quatre escadrilles de dix-huit appareils, plus un certain nombre d'appareils de service général ; chacune des escadrilles est spécialisée : chasse, bombardement, torpillage ou éclairage.

Comme type d'avions, les *Ranger* se contentent d'avions de chasse et de bombardement en piqué ; les *Yorktown* portent en outre des avions torpilleurs.

Au total, 500 avions embarqués sur six porte-avions.

Nous serions incomplets, sur ce chapitre, si nous omettions d'indiquer que les croiseurs et les cuirassés en service ne totalisent pas moins de 100 catapultes, capables de catapulter plus de 200 hydravions de reconnaissance.

Enfin, indépendamment de ces escadrilles et de celles qui dépendent de bases terrestres, il convient de signaler une formation qui a longtemps été particulière aux Etats-Unis : l'« Aircraft Scouting Force » ou « force aérienne d'exploration », qui fait partie intégrante de la « flotte de haute mer ». Cette escadre « volante » a remplacé les escadrilles de destroyers, autrefois rattachées à la « force d'éclairage des croiseurs », puissante formation de douze croiseurs de 10 000 tonnes. La marque du commandant de cette force est portée par un croiseur, et l'« Aircraft Scouting Force » comporte 5 « patrol wings », totalisant 26 escadrilles (plus de 300 appareils) dont le matériel comprend exclusivement de grands hydravions à coque. Ce sont pour la plupart des Consolidated bimoteurs PB-Y, dont les derniers modèles ont une envergure de 31,70 m et pèsent près de 14 tonnes. Leurs moteurs de 1 000 ch leur assurent une vitesse de croisière supé-



T W 5816

FIG. 8. — LE PORTE-AVIONS « YORKTOWN »

Deux porte-avions de ce type sont en service (Enterprise et Yorktown). Chacun d'eux embarque normalement 80 avions. Des catapultes et accélérateurs installés sur le pont d'envol et le pont des hangars permettent d'accélérer le départ des appareils. Un troisième porte-avions de ce type, le Hornet, a été lancé le 14 décembre dernier. Ce sera le septième porte-avions de la Marine américaine. Il déplacera environ 20.000 t et sera équipé pour 88 avions.

rière à 300 km/h. Ces appareils ont un plafond de 9 000 m, peuvent voler près de 7 000 km sans ravitaillement, franchir aisément les vastes espaces du Pacifique, en emmenant un chargement de bombes de deux tonnes (1). La technique des grands hydravions a toujours été très étudiée aux Etats-Unis, préoccupés plus qu'aucune autre puissance du maintien des liaisons aériennes transocéaniques (services de « clippers »). L'aviation navale a naturellement tiré son parti de ces études et, en 1940, on livrait à la marine américaine de nouveaux hydravions d'exploration quadrimoteurs de 25 et 40 tonnes, véritables « navires volants » ayant une autonomie de plus de 9 000 km.

Le « train d'escadre »

Une des caractéristiques de la marine américaine est l'importance de son train d'escadre. Dans aucune autre flotte, on ne rencontre un aussi grand nombre de « ravitailleurs » de tous genres, de navires-ateliers et de bases flottantes (« tender ships »). S'il existe des arsenaux admirablement organisés sur le territoire des Etats-Unis, les escadres américaines ne pouvaient — récemment encore — compter sur des points d'appui nombreux, lorsqu'elle opérait au loin. Il est

(1) De janvier 1937 à septembre 1939, 12 vols en groupe d'escadrilles comprenant de 12 à 48 appareils chaque fois ont été accomplis par ces formations de la « Scouting Force ». Au total : 574 524 milles (plus de 25 fois le tour de la terre) ont été parcourus sans incident. Ces raids ont comporté des traversées océaniques, sans escale, de 2 553 à 5 586 milles. Des appareils du même type, livrés à l'aviation anglaise, depuis juillet 1939, rejoignent leurs bases anglaises par la voie des airs en franchissant l'Atlantique sans escale.

indéniable que ce « train d'escadre », qui comporte, dès le temps de paix, huit « tenders » pour destroyers et six pour sous-marins, plus quatre en construction, trois grandes bases aéronautiques flottantes, plus une douzaine de petits ravitailleurs d'hydravions (anciens destroyers) et neuf autres en construction, quatre navires-ateliers, une quarantaine de transports de mazout, de munitions, de vivres, de personnel, etc..., rendrait les plus grands services dans le cas d'un conflit.

Le personnel de la marine américaine comprend exclusivement des engagés volontaires

Les Américains ont toujours éprouvé plus de difficulté à constituer leurs équipages qu'à construire de nombreuses unités. A certaines époques, et malgré l'attrait de soldes élevées, ils ont eu beaucoup de peine à recruter le personnel nécessaire ou à obtenir que celui-ci renouvelle ses engagements. Jusqu'à ces dernières semaines, il n'existait pas, en effet, de conscription aux Etats-Unis. Il a fallu les années de crise pour atténuer les difficultés rencontrées, au point qu'en 1935, par exemple, 203 070 candidats se présentèrent pour 10 754 places disponibles. La qualité du personnel s'est donc très sérieusement améliorée.

Les officiers proviennent de l'Académie Navale d'Annapolis : ils y sont reçus entre 16 et 20 ans, sur présentation d'un membre du gouvernement ou d'un parlementaire et après concours. L'Académie reçoit aussi, chaque année, un certain nombre d'élèves sortant du rang ou de la réserve. L'avancement a lieu au choix.

Les effectifs se sont sensiblement accrus depuis qu'ont été mis en route les nouveaux programmes de constructions neuves. Le personnel, qui atteignait, fin 1940, 141 000 hommes, doit s'élever, fin 1941, à 12 142 officiers et 175 250 hommes.

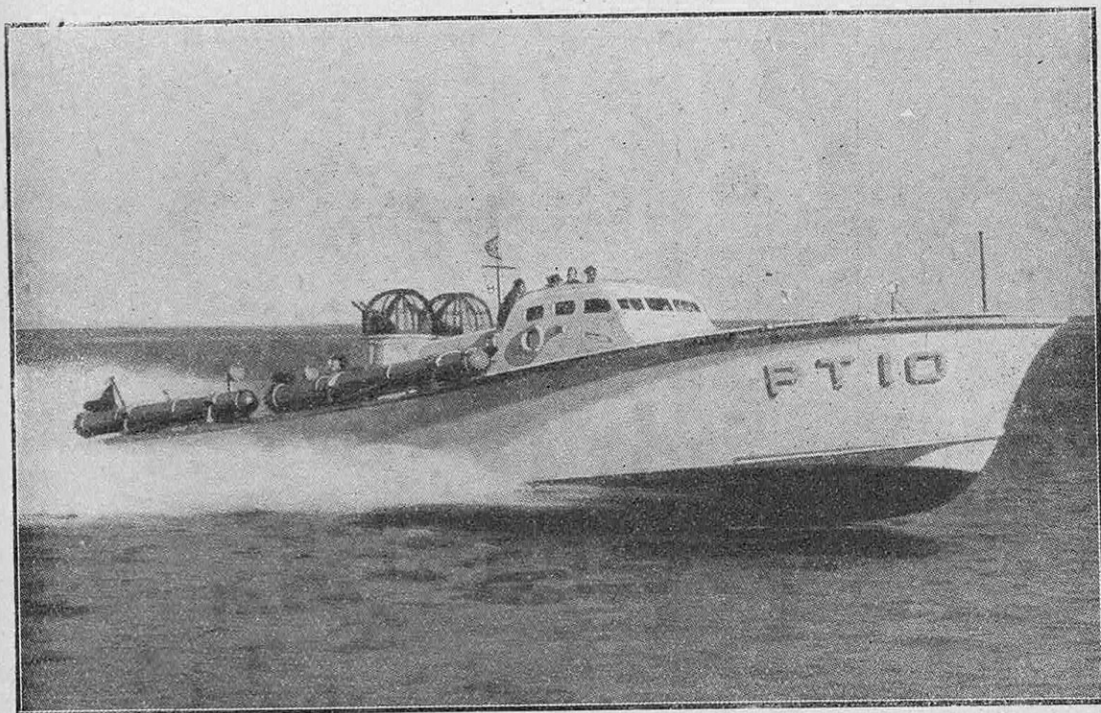
Les équipages comportent un corps spécial d'infanterie de marine : les « Marines ». Les « Marines » sont chargés de la police à bord et forment la compagnie de débarquement. A terre, organisés en bataillons et en batteries, ils tiennent garnison dans les arsenaux et les bases navales et arment également deux groupes d'escadrilles, le « Marine aviation corps ».

En temps de guerre, la marine des Etats-Unis serait renforcée par le personnel (10 000 hommes) et le matériel du « Coast Guard Service », organisme qui dépend, en temps de paix, du Département des Finances et qui est chargé de la surveillance des eaux territoriales au point de vue douanier et sauvetage maritime. Soumis aux règlements de la marine de guerre, le C. G. S. arme des « cutters » qui seraient, en période d'hostilités, d'excellents avisos d'escorte (une quarantaine d'unités) et des patrouilleurs (300 vedettes environ). S'ajouterait

également, en temps de guerre, le personnel des réserves : près de 55 000 hommes appartenant à quatre organisations distinctes : 1° la Fleet Naval Reserve : 1 200 officiers et 27 000 anciens marins libérés ou en retraite; 2° la Merchant Marine Reserve : près de 4 000 officiers de la marine marchande inscrits dans la réserve; 3° la Volunteer Naval Reserve : près de 8 000 officiers et 13 000 hommes, engagés volontaires au titre de la réserve et soumis à ce titre à un entraînement périodique; 4° les « Aviation Cadets », au nombre d'un millier. En outre, le corps des « Marines » dispose, en propre, d'une réserve spéciale : 850 officiers et 14 000 hommes, groupés organiquement en 17 bataillons, une batterie et un certain nombre d'escadrilles d'observation.

Les difficultés géographiques et stratégiques de la marine américaine : le problème des bases

Le théâtre d'opérations de la flotte des Etats-Unis est essentiellement constitué par les deux océans Atlantique et Pacifique. Or, comme l'a excellemment indiqué, dans son œuvre maîtresse parue en 1889, le capitaine de vaisseau Mahan, de la marine américaine, le premier théo-



T W 5820

FIG. 9. — UNE DES NOUVELLES VEDETTES TORPILLEURS « MOSQUITOS » ARMÉES DE 6 TUBES LANCE-TORPILLES ET DE PLUSIEURS CANONS AUTOMATIQUES SOUS TOURELLES CAPABLES D'ATTEINDRE UNE VITESSE DE 80 KM/H (3 MOTEURS PACKARD DE 1 350 CH).

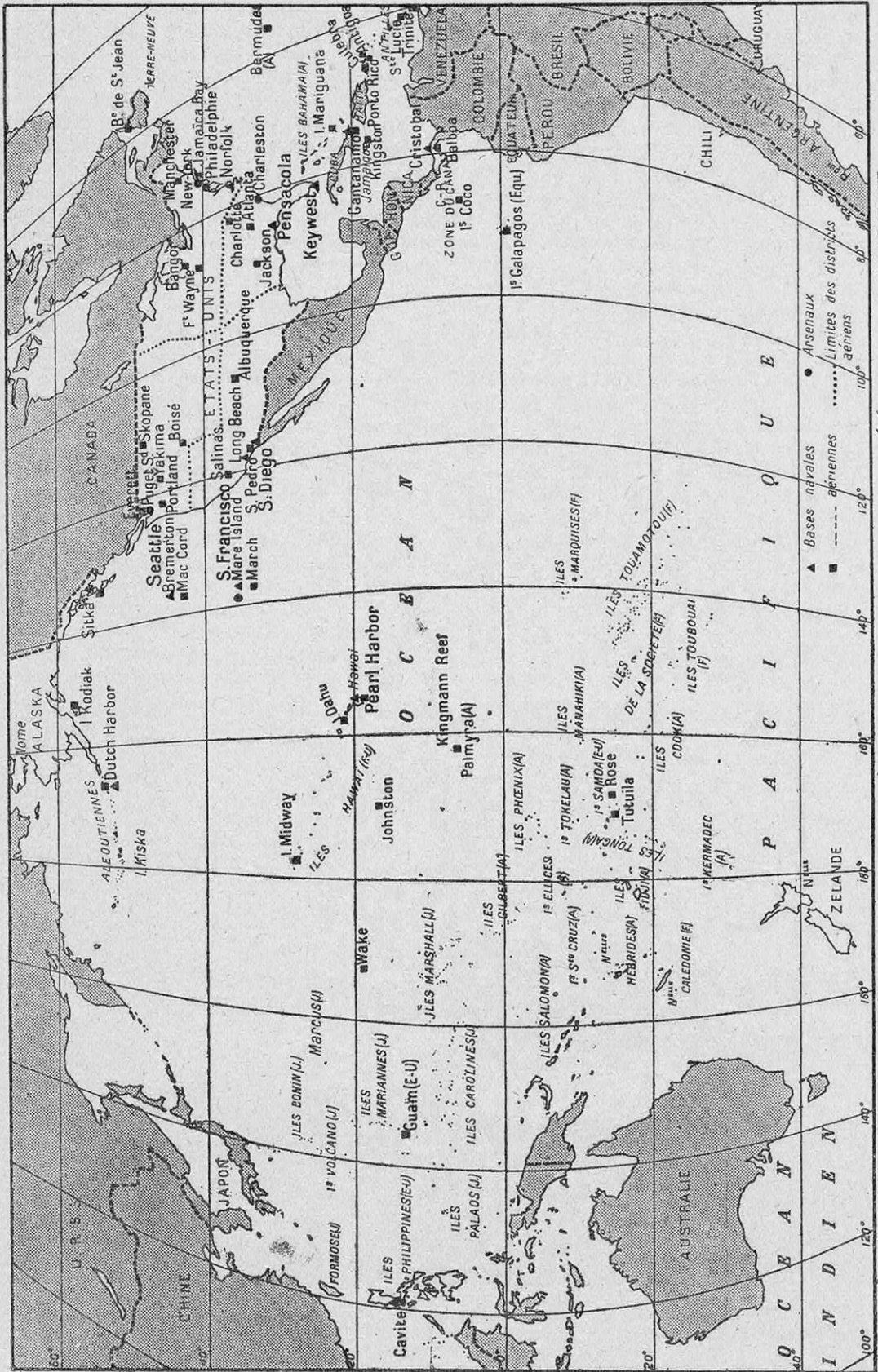


FIG. 10. — LES BASES AÉRIENNES ET NAVALES DES ÉTATS-UNIS, Y COMPRIS LES POSITIONS CÉDÉES PAR LA GRANDE-BRETAGNE

ricien qui ait étudié à fond les conditions d'existence de la puissance navale : « L'Amérique n'a pas de colonies et n'en aura probablement aucune; elle ne possède pas de points d'appui. En cas de guerre, les navires américains seraient, comme les oiseaux de terre, incapables de voler loin des terres... L'Amérique a, cependant, besoin d'une marine pour empêcher le blocus et l'interdiction de ses exportations... Il s'agit de construire une marine pour la nation : bien qu'elle ne soit pas en état d'atteindre les pays lointains, elle doit pourtant être capable de maintenir la liberté de ses principales voies d'accès. Il y a de grands marchés mondiaux de l'autre côté des Océans : on ne peut y accéder et les dominer que par une lutte vigoureuse. »

Ces quelques lignes situent très exactement les difficultés géographiques et stratégiques auxquelles la marine américaine grandissante a dû faire face. Deux immenses étendues océaniques séparent les Etats-Unis du monde extérieur : elles sont leur meilleure protection contre toute attaque, mais, dans la mesure où elles obligent la flotte à opérer sur deux fronts très éloignés l'un de l'autre et sans autres bases sérieuses que celles de son propre territoire, elles limitent singulièrement ses possibilités d'action, bien que pour toutes les catégories de bâtiments on ait prévu le plus grand rayon d'action possible. Il faut, en effet, se représenter les énormes distances qu'ont à franchir les bâtiments américains pour atteindre l'Europe ou l'Asie : 3 000 milles, soit 5 500 km de New York en Angleterre, et 6 940 milles, soit 12 900 km de San Francisco aux Iles Philippines. A 15 nœuds, vitesse de route très honorable sur d'aussi longs parcours pour des bâtiments de guerre qui doivent conserver un aussi grand disponible que possible en cas d'alerte, ce sont des traversées de 8 jours 1/2 et de 19 jours respectivement (1).

Le canal de Panama. élément fondamental de la puissance navale américaine

Les Etats-Unis se sont libérés de l'obligation d'entretenir deux armées navales distinctes et de ne pouvoir les concen-

trer qu'après que l'une d'elles eût doublé l'Amérique du Sud en reprenant à leur compte l'achèvement du canal de Panama : grande voie commerciale, certes, mais aussi élément fondamental de leur puissance navale.

Lorsqu'en 1908, la menace japonaise contraignit les Etats-Unis à constituer une importante flotte du Pacifique, on décida le transfert de seize cuirassés appartenant à l'escadre de l'Atlantique. Pour atteindre San Francisco, *via* le détroit de Magellan, cette armada dut parcourir 13 350 milles (24 800 km). Grâce à l'achèvement du canal de Panama, la distance de New York à la côte californienne s'est trouvée réduite de 8 000 milles (15 000 km). On comprend l'importance stratégique du canal et les mesures exceptionnelles prises pour sa défense : une forte garnison militaire y est stationnée; de puissantes batteries du plus fort calibre (406 et 356 mm) et une nombreuse D. C. A., des bases de sous-marins (Coco Solo) et d'hydravions (à Coco Solo et à Balboa) y ont été installées. Des manœuvres ont lieu, fréquemment, pour éprouver la valeur du système défensif, déterminer ses points faibles. Leurs enseignements ont toujours abouti à de nouvelles mesures de protection (1).

A vrai dire, la meilleure protection du canal est assurée par la flotte. Côté Atlantique, la proximité de Kingston dans la Jamaïque anglaise (540 milles de Kingston à Cristobal) a été une des raisons qui ont décidé les Etats-Unis à utiliser, de plus en plus, le mouillage de Guantamano, dans l'île de Cuba et l'île de Puerto Rico, où ils disposent d'un éta-blisserment naval à San Juan. Leurs forces de haute mer pourraient plus facilement intervenir de Guantamano et de San Juan qu'au départ des arsenaux les plus méridionaux de la côte américaine Atlantique, tel que Key West.

Côté Pacifique, le péril est moins immédiat, car 8 000 milles (15 000 km) séparent le Japon de Balboa. D'autre part, la principale flotte américaine est con-

(1) On attribue aux bâtiments de ligne et croiseurs américains des rayons d'action de l'ordre de 10 000 à 12 000 milles (18 000 à 22 000 km) à 15 nœuds, et aux destroyers 6 000 milles (11 000 km).

(1) Depuis décembre 1939, des escadrilles de l'« Air Defence Command », créé par le Département de la Guerre, s'ajoutent aux formations de l'aviation navale pour la protection des bases navales. A cette date, deux groupes (bombardement et chasse) de quatre escadrilles chacun ont été installés à San Juan de Puerto Rico, un groupe de chasse à Panama, un groupe de bombardiers à Hawaï, un groupe mixte en Alaska. Tous comprennent des avions des types les plus récents et ces formations devaient être renforcées en 1940-1941.

centrée dans cet Océan depuis plusieurs années. Cette flotte dispose, sur la côte américaine, des bases d'opérations de San Diego et de San Francisco, de plusieurs arsenaux, de points d'appui secondaires et, aux Hawaï, de la grande base de Pearl Harbor où existe un des plus grands bassins de cale sèche du monde et deux docks flottants dont un de 305 m de long.

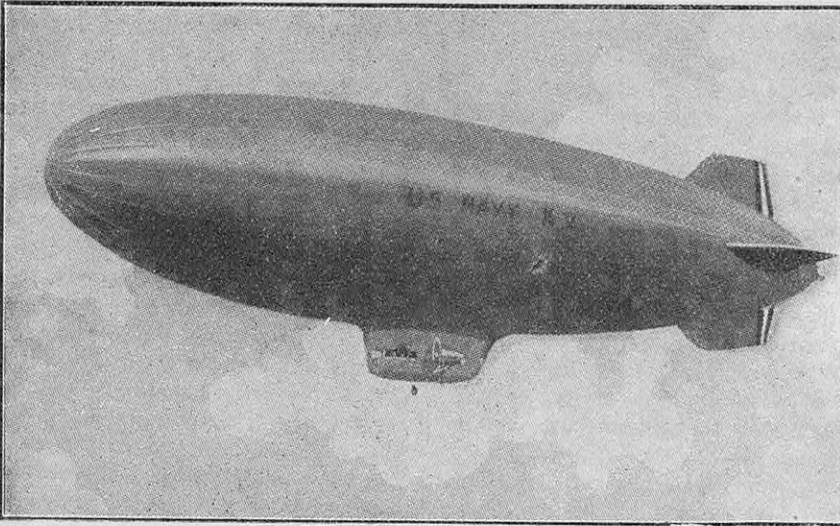


FIG. 11. — UNE DES NOUVELLES VEGETTES-PATROUILLEURS DIRIGEABLES DE LA MARINE AMÉRICAINE

Ces petits dirigeables souples doivent être employés pour le repérage des sous-marins et des mines sous-marines le long des côtes. Le programme actuel prévoit la construction de 48 de ces unités. Elles sont longues de 75 mètres et leur vitesse atteint 66 nœuds (120 km/h). Leur rayon d'action est de 2 000 milles (3 700 km). Elles sont armées de deux mitrailleuses, de bombes et de charges de fond.

Le développement des bases américaines dans le Pacifique a été entravé par l'exécution du Traité de Washington

Le problème des bases navales américaines se pose, cependant, avec une acuité particulière dans le Pacifique. Tant que le traité de Washington est demeuré en vigueur, les cosignataires s'étaient, en effet, interdits — sur la suggestion du Japon (1) — de créer dans cette zone de nouvelles bases. Or, Pearl Harbor était trop éloigné des Mariannes, des Philippines et du Japon (3 300 milles [6 200 km]) pour suffire aux besoins des escadres américaines. Les États-Unis qui se prépa-

raient, en 1921, à créer un grand port militaire à l'île de Guam et à moderniser le vieil arsenal espagnol de Cavite, aux Philippines, durent renoncer à leurs projets. Cavite et Guam, à 1 740 milles (3 200 km) et 1 360 milles (2 520 km) respectivement du Japon, eussent été de remarquables points d'appui dans le cas d'opérations contre le Japon. Les États-Unis s'intéressèrent alors à Dutch Har-

bour, dans les parages brumeux et caillouteux des îles Aléoutiennes, à l'extrémité de l'Alaska; mais si la flotte peut y stationner, il n'existe encore là aucun établissement sérieux. Dutch Harbour est à 2 500 milles (4 600 km) de Yokosuka et pourrait, à la rigueur, être utilisé comme base de départ pour des raids sur le Japon.

La situation stratégique de la marine américaine dans le Pacifique s'est trouvée améliorée par les progrès de l'hydravion. L'a-

ménagement de l'infrastructure des hydravions du service aérien transpacifique, les manœuvres aéronavales américaines de 1937, ont révélé l'immense valeur militaire d'îlots et d'atolls, insuffisants sans doute pour abriter des bâtiments de guerre et où il n'existait aucune installation, mais qui seront, à peu de frais, de précieuses bases pour les hydravions américains. Leur utilisation décuplera les possibilités d'action de ces derniers.

Aussi, à défaut de bases navales proprement dites pour les escadres qui exigent des travaux longs et coûteux, l'installation de nouvelles bases pour les hydravions d'exploration et de bombardement a été prévue en 1939-1940 à Kanehoe (Hawaï), dans les îles de Midway, de Johnston et de Palmyra, au large et à l'ouest de Hawaï, et à Kodiak (Alaska). Des travaux importants ont été entre-

(1) Cette proposition servait admirablement les intérêts du Japon et lui assurait le champ libre pour sa pénétration en Extrême-Orient en général, en Chine en particulier.

pris pour accroître l'importance des « Fleet Air Bases » existantes, à Pearl Harbor et à Sitka (Alaska), et pour créer des stations aéronavales sur la côte américaine du Pacifique en de nouveaux points, tels que Alameda (Californie) et Tongue Point (Oregon) : 30 millions de dollars doivent y être dépensés.

La mer Caraïbe, « Mare Nostrum » de l'U. S. Navy

Dans l'Atlantique, la grande idée stratégique des Etats-Unis a toujours été de faire du golfe du Mexique et de la mer des Antilles (mer Caraïbe) une sorte de Méditerranée américaine protégeant les accès du canal de Panama. La Floride et Cuba (base de Guantanamo) furent les premiers points stratégiques aménagés ou visés.

Puis, à la faveur de la guerre mondiale n° 1 (1914-1918), la marine américaine put utiliser, en pratique, Haïti (baie des Gonaïves).

La guerre mondiale n° 2 lui fournit, en septembre 1940, l'occasion de s'installer aux Antilles britanniques. Actuellement, en 1941, une chaîne de bases aéronavales s'échelonne des Bermudes à la Guyane, en passant par les Bahamas, Antigua, Sainte-Lucie et Trinidad, avec à l'arrière, au cœur de la mer Caraïbe, la vieille Jamaïque britannique.

Cette recherche systématique de bases insulaires n'est pas terminée. Il y a ou il y aura Terre-Neuve au nord, Saint-Domingue aux Antilles, Fernando de Noronha dans l'Atlantique Sud.

L'hémisphère occidental étend ses ramifications à la fois vers l'Europe et vers l'Asie. Dakar et l'Islande l'intéressent pour demain autant que la Nouvelle-Guinée ou Bornéo.

La répartition des forces navales américaines

Normalement, il existe quatre « Flottes » américaines. La principale est désignée « flotte de bataille » et comporte 12 cuirassés, 4 porte-avions, 15 croiseurs, 83 destroyers, 18 sous-marins, 9 mouilleurs de mines (1). La seconde, ou « force d'éclairage », comprend 3 divisions de 4 croiseurs de 10 000 tonnes et, sous la

(1) Groupés généralement par divisions de deux (porte-avions), trois (cuirassés) ou quatre (croiseurs); les escadrilles de destroyers comportent un conducteur d'escadrille et deux divisions de quatre. Les sous-marins sont groupés par six.

conduite d'un treizième croiseur : 5 escadres « volantes » d'hydravions de gros tonnage. Il existe enfin une « Flotte de l'Atlantique » : 4 cuirassés, 1 porte-avions, 4 croiseurs de 10 000 tonnes, 21 destroyers; et une « Flotte asiatique » : 3 croiseurs, 13 destroyers, 6 sous-marins, une dizaine de canonnières. Le train d'escadre, ou « Base Force », constitue un commandement distinct et comportait, en 1940, 36 unités de types divers avec son aviation propre. Tous les sous-marins, même ceux qui sont rattachés à la « Battle Force », dépendent du commandant de la « Submarine Force »; mais les flottilles non rattachées aux escadres sont stationnées à New-London (côte Atlantique), Coco Solo (Panama) et Pearl Harbor (Hawaï). « Battle Force », « Scouting Force » et « Base Force » sont normalement stationnées dans le Pacifique, mais tout ou partie peut être dirigé facilement sur l'Atlantique.

La politique navale américaine

La politique navale américaine de 1940 s'appuie sur la formule : « Une flotte assez forte pour appuyer notre politique nationale outre-mer et protéger les possessions du continent américain et d'outre-mer. »

Politique d'où résulte :

- 1° L'expansion de la flotte jusqu'au point où aucune autre puissance ne pourra jamais l'atteindre;
- 2° L'organisation de cette flotte sur les seuls principes de la guerre moderne;
- 3° Un corps d'infanterie de marine assez fort pour pouvoir être employé sur une grande échelle;
- 4° Une forte aviation navale, faisant partie intégrante de la flotte;
- 5° Un réseau de bases navales et aériennes établies dans des secteurs qui puissent présenter géographiquement le maximum de sécurité contre toute attaque extérieure.

Et c'est ainsi que le récent programme naval américain, né des événements d'avril-mai-juin 1940, en Europe, en partant d'une flotte en service de 358 unités (15 cuirassés, 6 porte-avions, 37 croiseurs, 197 torpilleurs, 103 sous-marins), aboutira en 1943 à une flotte de 683 unités (32 cuirassés, 13 porte-avions, 85 croiseurs, 368 torpilleurs, 185 sous-marins) — ceci sans parler des 10 000 avions projetés pour l'aviation navale de l'U. S. Navy.

François COURTIN.

UN GRAND PROBLÈME SOCIAL : LA RECHERCHE DE LA PATERNITÉ DEVANT LA SCIENCE

par Jean LABADIE

Les théories modernes de l'hérédité ont établi que toutes les cellules d'un être vivant possèdent dans leur noyau le même lot de ces filaments microscopiques appelés chromosomes qui déterminent sa personnalité et qui conditionnent, par l'intermédiaire de la cellule germinative, la personnalité de ses descendants. Si nous possédions des moyens d'observation suffisamment puissants, une seule cellule d'un être suffirait pour en établir un signalement qui interdirait de le confondre avec aucun autre et pour montrer par qui il a pu être engendré. Depuis la découverte des groupes sanguins par Landsteiner, en 1900, nous possédons une méthode, encore incomplète il est vrai, d'analyse de la personnalité d'une catégorie spéciale de cellules du corps humain : les globules rouges du sang. Cette méthode, susceptible d'être perfectionnée, permet déjà de prévoir quelles sont les transfusions sanguines que l'on peut tenter entre les individus; elle donne de précieux renseignements sur l'origine des races humaines et, dans certains pays, on l'utilise déjà pour résoudre un problème dont dépend parfois l'union et la stabilité d'une famille : la recherche de la paternité.

IL était scabreux, au siècle dernier, de soulever la preuve juridique de la paternité, autant pour la reconnaissance que pour le désaveu, simplement parce que la science demeurait impuissante dans « l'expertise » du procès, incapable de confirmer ou d'infirmer les « dires » des parties.

Aujourd'hui, notamment depuis vingt ans, la preuve scientifique en matière de filiation a fait d'immenses progrès. A défaut de certitudes positives (il n'y en a pas et n'y en aura probablement jamais), elle s'appuie sur des méthodes d'une telle rigueur dans leur approximation que le médecin « biologiste » est très souvent amené à fournir aux juges un avis pondérant.

Ces méthodes ne sont autres que l'application des lois de l'hérédité suivant la génétique, conjuguées avec les lois sérologiques des « groupes sanguins », elles-mêmes issues des lois générales de l'immunité. Par la conjonction de ces chapitres essentiels de la biologie contemporaine, on est parvenu non à authentifier la paternité, mais à l'exclure dans certains cas en toute certitude, ce qui n'est pas négligeable si la paternité est invoquée par fraude (1).

(1) Pour plus de détails, on se reportera utilement à la thèse de doctorat en médecine de M. Joseph Bavay : *L'exclusion de la paternité par*

En France, ce genre d'expertise est demeuré extrêmement rare. Les rédacteurs du Code civil se sont justement méfiés des dangers de la recherche de la paternité, lorsque celle-ci ne s'appuie sur aucune base sérieuse : certains procès scandaleux de l'ancien régime étaient là pour les éclairer. Cette méfiance persiste encore à l'heure actuelle, bien que le médecin puisse aujourd'hui témoigner dans certains cas d'une manière irrécusable. A l'étranger, au contraire, la vogue de ces expertises croît d'année en année. En Allemagne, le nombre des contrôles scientifiques de la paternité dépasse annuellement 6 000 ; au Danemark, 600 ; en Suède, 300. Et loin de semer la discorde dans la famille, ces recherches ont le plus souvent ramené l'harmonie dans des foyers d'où elle avait disparu par d'injustes soupçons.

L'individualité du sang

Inoculons un microorganisme au sang d'un individu. Le sang réagit en fabriquant, pour sa défense, des « anticorps », c'est-à-dire des substances spécifiques capables d'arrêter le développement du microorganisme introduit et de celui-là seule-

la méthode des groupes sanguins (Faculté de médecine et de pharmacie de Lille, 1938), travail très complet auquel nous avons fait de larges emprunts dans cet article.

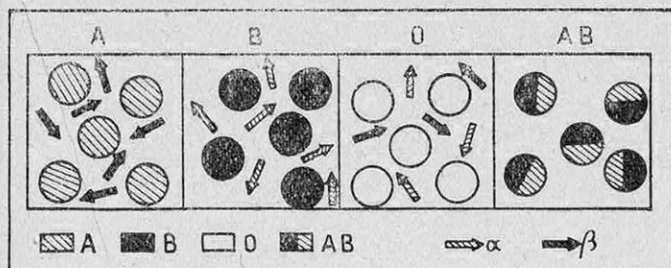


FIG. 1. — SCHÉMA DE LA RÈGLE DES GROUPES SANGUINS DE LANDSTEINER

Les cercles représentent les hématies (globules rouges); les flèches correspondent aux agglutinines du sérum. Aux hématies A sont associées les agglutinines β ou « anti-B » (flèches noires). Aux hématies B sont associées les agglutinines α ou « anti-A » (flèches blanches). Aux hématies O, les agglutinines α et β. Le sang AB est dépourvu d'agglutinines.

ment. Le microorganisme est dit, alors, « l'antigène », c'est-à-dire le créateur indirect (par réaction) de ces « anticorps ». Tel est le mécanisme fondamental de l'immunisation d'un organisme, par l'office du sérum sanguin réagissant contre un microbe donné.

Voici maintenant un aspect très spécial et fort curieux du même phénomène : tout globule sanguin rouge (hématie) doit être considéré à l'égal d'un micro-organisme capable de devenir « antigène » quand on l'introduit dans un sang étranger à celui dont il est issu — en nous réservant de préciser ce qu'il faut entendre par « étranger ». Le sang inoculé avec ces hématies se défend en fabriquant un « anticorps » spécifique des hématies intruses. Dilué dans le sérum du sang envahi, cet anticorps agglutine les hématies venues de l'extérieur, puis celles-ci se résorbent comme si elles étaient dissoutes par le sérum où elles baignent.

Pour adopter un langage commode, nous dirons que l'hématie renferme un agglutinogène et que cet agglutinogène déclenche dans le sérum étranger l'apparition d'une agglutinine spécifique. Mais, bien entendu, personne n'a jamais réussi à isoler ces substances, qui n'ont jusqu'à nouvel ordre qu'une existence théorique et demeurent des « êtres de raison », comme on disait au grand siècle.

Si l'on pratique sur le sérum

ainsi chargé d'agglutinine une deuxième inoculation, la réaction de défense est alors immédiate. Le sérum est donc devenu un excellent réactif de l'agglutinogène considéré.

L'expérience amène à supposer que les hématies renferment un grand nombre d'agglutinogènes différents, auxquels s'opposent, dans les sérums traités, les agglutinines correspondantes. La recherche des agglutinogènes du sang n'est encore qu'à ses débuts, et sa technique est assez compliquée. Il est possible qu'elle fournisse un jour un

moyen de classement des individus tout aussi précis que le classement par les empreintes digitales, car les agglutinogènes, qui apparaissent dès les premiers mois de la vie embryonnaire, sont d'une remarquable fixité au cours de l'existence, et aucune maladie, aucun empoisonnement ne peut les altérer.

S'il s'agit de l'inoculation d'un organisme par des hématies d'une espèce différente (sang humain, par exemple, injecté à des chèvres), la génération des anticorps d'agglutination dans le sang étranger est un phénomène absolument général. Le mot « étranger » signifie,

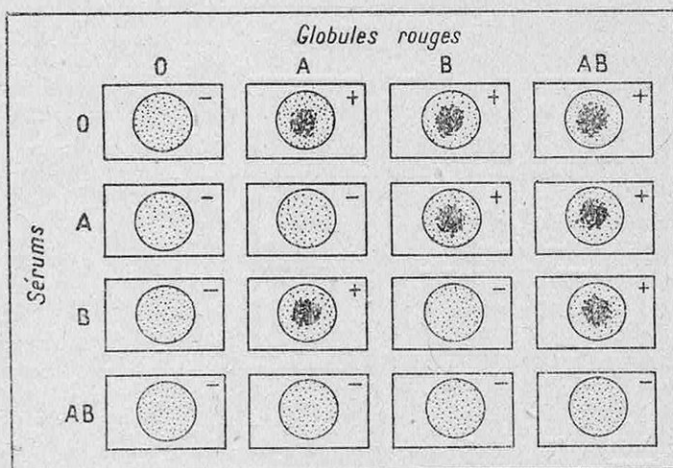


FIG. 2. — SCHÉMA DE L'AGGLUTINATION OBTENUE PAR L'ÉPREUVE SÉROLOGIQUE

Les cercles contenant les amas représentent l'agglutination en fonction des sérums O, A, B, AB, appliqués aux sangs complets munis de leurs hématies O, A, B, AB. Le sérum (sang purgé de ses hématies) contient les agglutinines α et β comme il est indiqué dans le schéma précédent. Les signes + indiquent la réaction positive, les signes - la réaction négative.

dans ce cas, « d'une espèce animale différente ». S'il s'agit de l'inoculation d'un organisme par des hématies de sa propre espèce, le phénomène se produit encore, mais non pas régulièrement. On pourrait dire que l'expression « sang étranger » prend ici un sens plus complexe. Si le phénomène se produit, il faut bien conclure, en effet, qu'il existe une différence entre le sang introduit et le sang receveur. Bien qu'ils soient l'un et l'autre de la même espèce animale, ils n'ont pas la même individualité. On dit alors qu'ils ne sont pas du même « groupe ». Si le phénomène de réaction ne se produit pas, les deux sangs, mélangés par inoculation, sont du même groupe. Il s'ensuit qu'au sein d'une même espèce animale il existe différentes « espèces » de sangs.

La transfusion sanguine et les quatre groupes sanguins fondamentaux

Le problème des mélanges de sang humain présente un gros intérêt, puisque la détermination des groupes que l'on peut mélanger sans agglutination permet seule d'entreprendre des transfusions sanguines sans avoir à redouter les accidents mortels auxquels elles donnent lieu quand elles sont pratiquées entre groupes qui s'agglutinent réciproquement. C'est à Landsteiner que nous devons la théorie des groupes sanguins (1900). Nous l'exposerons avec la terminologie universellement adoptée aujourd'hui.

Les hématies d'un sang humain peuvent renfermer deux agglutinogènes différents A et B, auxquelles correspondent dans le sérum humain deux agglutinines α ou anti-A et β ou anti-B. On est conduit à admettre que les agglutinines ne se fabriquent pas à l'occasion d'une inoculation, mais qu'elles préexistent dans le sérum, quand toutefois leur présence est compatible avec celle des agglutinogènes des globules. Il existe donc quatre combinaisons possibles de sang humain (puisque A + α et B + β sont exclues); ce sont A + β , B + α , A + B et α + β , qui donnent respectivement naissance aux quatre groupes sanguins A, B, AB et O.

La figure 2 indique les réactions obtenues en faisant agir les globules rouges d'un sang quelconque sur le sérum d'un autre sang. Dans le cas d'une transfusion sanguine, le sérum du donneur se trouve suffisamment dilué pour que ses agglutinines soient inopérantes; seule

l'action des globules du donneur sur le sérum du receveur peut donner lieu à agglutination. La figure 3 schématise toutes les transfusions que l'on peut opérer sans danger d'un groupe à l'autre.

Autres propriétés du sang : les deux sous-groupes A₁ et A₂

Dès la découverte des agglutinogènes A et B par Landsteiner, il lui parut invraisemblable que l'individualité du sang

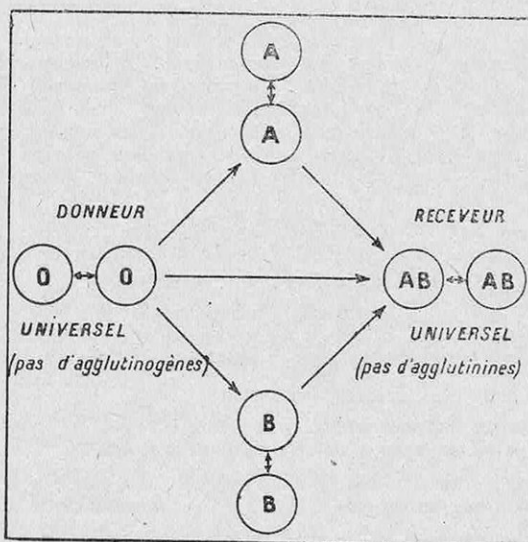


FIG. 3. — LES TRANSFUSIONS SANGUINES QUE L'ON PEUT OPÉRER SANS ACCIDENT

Une faible quantité de sang du donneur se trouve diluée dans le sang du receveur. Les agglutinines du donneur sont ainsi trop diluées pour pouvoir une action quelconque. L'agglutination proviendra de l'action des agglutinines du receveur sur les agglutinogènes du donneur. On voit qu'il est toujours possible d'effectuer des transfusions entre individus de même groupe et qu'il existe des donneurs universels dont le sang peut être transfusé à n'importe qui et des receveurs universels auxquels on peut transfuser n'importe quel sang humain.

ne s'exprimât que par une seule propriété sérologique. Depuis, en effet, on en a trouvé bien d'autres, mais nous ne mentionnerons que les mieux connues.

Les biologistes se sont posé tout d'abord la question de savoir si les propriétés O, A et B diffèrent entre elles sans compromis possible, ou bien s'il est possible de trouver entre elles certaines propriétés intermédiaires, de même qu'il existe tous les intermédiaires entre la couleur noire et la couleur blonde des cheveux.

Or, il s'est trouvé que la réponse à cette question était affirmative, au moins en ce qui concerne la propriété A. Par des variantes expérimentales subtiles, Land-

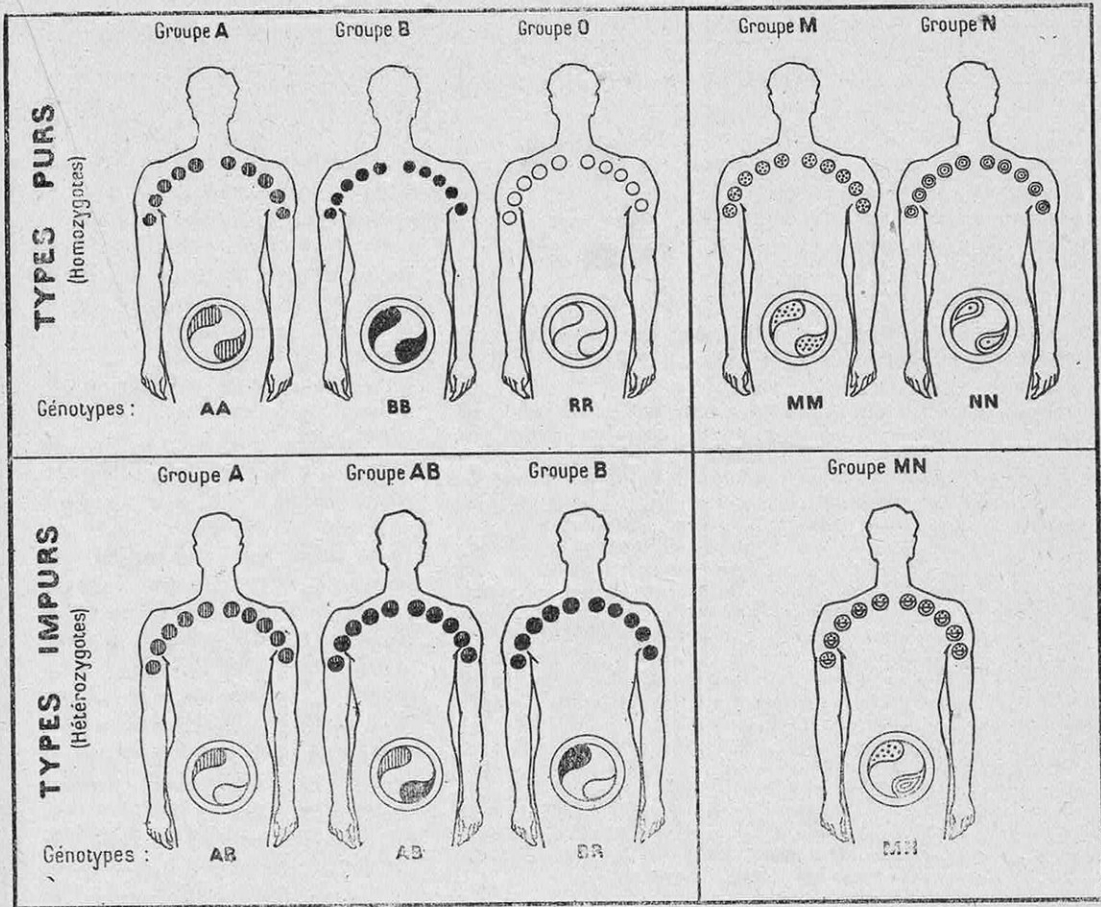


FIG. 4. — LES RACES SÉROLOGIQUES DE L'HOMME

La figure représente les deux systèmes de propriétés sanguines A, B, O et MN. Les cellules reproductrices placées dans le grand cercle symbolisent les gènes. Les petits cercles figurant les hématies représentent les « phénotypes », c'est-à-dire les propriétés apparentes du sang qui déterminent le classement de l'individu dans les différents groupes A, B, O, AB d'une part, M, N ou MN d'autre part. On remarquera que l'on ne trouve pour M et N aucun groupe dépourvu d'agglutinogène, comme cela se trouve pour le groupe O des agglutinogènes A et B où lettre R représente le gène « absence d'agglutinogène ».

steiner a montré qu'au sein du groupe A existaient en effet deux « types », dont l'un était « plus fort que l'autre », suivant son expression.

Le groupe A s'est donc trouvé dédoublé en deux sous-groupes A₁ (fort) et A₂ (faible).

Les sérologistes ont encore découvert d'autres « propriétés-caractères » des hématies. Ils leur ont attribué les étiquettes alphabétiques M et N, choisies à dessein fort éloignées de A, B, pour bien marquer qu'elles sont définies par des méthodes expérimentales différentes.

Les agglutinogènes M et N

Si nous injectons, par exemple, du sang d'un homme de groupe A à un lapin, le sang de ce lapin réagira à chaque agglutinogène du sang étranger par la pro-

duction d'un anticorps spécifique. Prélevons alors du sérum de cet animal et supposons que nous sachions débarrasser ce sérum de l'anticorps correspondant à l'agglutinogène A. Ce sérum pourra être capable d'agglutiner certains sangs humains, tandis que d'autres resteront inaltérés. Cette différence de réaction aura mis en évidence une propriété jusque-là insoupçonnée des sangs examinés.

C'est sur le schéma général de cette expérience qu'ont été découverts les agglutinogènes M et N. Comme pour les agglutinogènes précédents, on a été amené à distinguer trois groupes sanguins correspondant aux formules M, N et MN (trois groupes seulement, car dans ce cas le groupe O n'existe pas).

Il va sans dire que, sous réserve que leurs agglutinogènes A et B soient com-

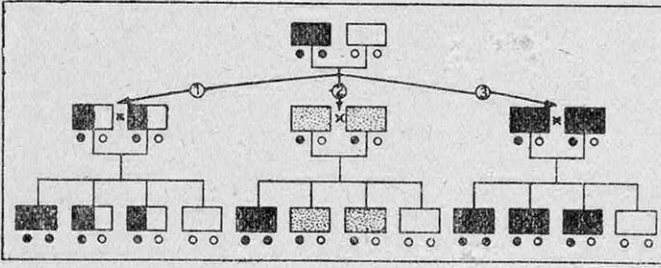


FIG. 5. — SCHEMA MONTRANT L'APPARITION DES CARACTÈRES DES DESCENDANTS EN FONCTION DES CARACTÈRES DES PARENTS SUIVANT LES LOIS DE MENDEL

Les facteurs déterminant l'apparition des caractères chez un individu sont figurés ici par des points noirs et blancs. La figure met en évidence trois éventualités : (1) Les caractères sont d'égale « pénétrabilité » ; aucun ne domine l'autre. Le phénotype (résultat apparent de l'action des facteurs hérités) des enfants hybrides manifeste les deux caractères l'un à côté de l'autre. On voit à la deuxième génération, par le jeu de toutes les combinaisons possibles entre les facteurs des parents, que certains des descendants reviennent au type primitif pur. (2) Les caractères fusionnent en un troisième, intermédiaire : le noir et le blanc superposés deviennent le gris chez le descendant. On voit à la deuxième génération apparaître, à côté des types intermédiaires, les deux types primitifs à l'état pur. (3) L'un des caractères domine l'autre, c'est-à-dire que les hybrides n'accusent que la propriété dominante. On voit à la deuxième génération apparaître à nouveau, à l'état pur, un caractère que l'on n'aurait pu soupçonner à priori chez les parents immédiats. Les caractères A, B et O du sang humain suivent les lois de l'hérédité d'après le schéma (3), A et B dominant le facteur O, et d'après le schéma (1), A et B s'additionnant lorsqu'ils se trouvent en présence chez le même individu.

patibles, un mélange de sang d'individus de catégories M et N différentes ne donnera lieu à aucune réaction.

Par la même méthode, absolument générale, et toujours à l'aide de sérums d'animaux, Landsteiner a pu démontrer l'existence d'une propriété nouvelle P. D'autres ont été signalées depuis par les savants de divers pays.

Nous n'entrons pas dans l'exposé de ces travaux que nous signalons simplement pour montrer que l'étude des propriétés sérologiques ouvre tout un monde nouveau, et que nulle contradiction de principe ne peut être opposée aux plus hardis théoriciens qui affirment l'individualité absolue de tous les sangs humains. L'expert biologiste n'en demande pas tant pour établir, d'ores et déjà, des rapports extrêmement circonstanciés aux juges sollicités de trancher un procès affirmant ou désavouant une filiation.

La transmission héréditaire des propriétés sérologiques de l'homme Les agglutinogènes A et B

Les propriétés du sang humain, c'est-à-dire les différents groupes dans les-

quels on peut le classer d'après ses agglutinogènes, permettent de définir un certain nombre de « caractères » au sens où les théories modernes de l'hérédité emploient ce mot. Les « caractères » d'un animal, ce sont les éléments (définis dans une certaine mesure arbitrairement) qui servent à en donner un signalement : par exemple la couleur de la peau, des yeux, la forme du crâne, etc.

D'après ces théories, qui ont introduit la rigueur mathématique dans l'étude d'un phénomène aussi capricieux en apparence que l'hérédité, les facteurs déterminant les caractères d'un être vivant lui viennent de ses ascendants par le véhicule des chromosomes, filaments microscopiques situés le noyau de la cellule germinative. Les chromosomes sont assemblés par paires. Dans chacune de ces paires, un constituant provient de l'ascendant paternel, l'autre de l'ascendant maternel. Les

génétiiciens ont été amenés à diviser chaque chromosome en une sorte de chapelet dont chaque grain ou gène conditionnerait un caractère du descendant.

Mais ce gène n'agit pas seul : il doit aussi compter avec le gène correspondant du chromosome apparié.

L'ensemble des deux gènes est ce qu'on appelle le *génotype* de l'individu pour le caractère considéré, et le résultat apparent de leur action est le *phénotype*.

De ce que nous venons de dire, il résulte que le génotype du descendant sera constitué par une moitié du génotype maternel et une moitié du génotype paternel, ces moitiés étant choisies absolument

PHÉNOTYPE D'APRÈS L'EXAMEN DE LANDSTEINER	GÉNOTYPES POSSIBLES
O	RR
A	AA ou AR
B	BB ou BR
AB	AB

TABLEAU I. — LES GÉNOTYPES POSSIBLES POUR LES INDIVIDUS, D'APRÈS LEUR CLASSEMENT DANS LES GROUPES SANGUINS DE LANDSTEINER

LE GROUPE DE		LE GROUPE DU PÈRE	
L'enfant étant	La mère étant	Ne peut pas être	Doit être
O O O O	O A B AB	AB AB AB	O ou A ou B O ou A ou B O ou A ou B Combinaison impossible.
A A A A	O A B AB	B ni O O ni B	A ou AB O ou A ou B ou AB A ou AB A ou A ou B ou AB
B B B B	O A B AB	A ni O O ni A	B ou AB B ou AB O ou A ou B ou AB O ou A ou B ou AB
AB AB AB AB	O A B AB	A ni O B ni O O	Combinaison impossible. B ou AB A ou AB A ou B ou AB

TABLEAU II. — TABLEAU D'EXCLUSION DE LA PATERNITÉ RÉSULTANT DE L'EXAMEN DU SANG DE L'ENFANT ET DE LA MÈRE, COMPTE TENU UNIQUEMENT DE LA PRÉSENCE DES AGGLUTINOGÈNES A ET B

au hasard parmi les doubles jeux de gènes du père et de la mère.

Le résultat de ce tirage au sort pourra être un génotype symétrique, dans lequel les deux gènes sont d'accord pour déterminer le même caractère. C'est lui qui apparaît alors.

Dans d'autres cas, au contraire (hybrides), les deux gènes I et II s'opposent, l'un tendant à produire un caractère (I), le deuxième un autre caractère (II). Dans certains cas, l'apparence (phénotype) du descendant sera intermédiaire entre I et II, ou bien il présentera simultanément les deux caractères I et II.

Dans d'autres, l'apparence sera la même que si le génotype était constitué de deux gènes I (bien que II soit toujours présent), et l'on dit alors que I domine II. Dans cette occurrence, il pourra se produire à une des générations suivantes que le caractère II se manifeste, lorsqu'il n'en sera plus inhibé par la présence du facteur I dans le génotype du descendant considéré.

Dans le problème qui nous occupe, hérédité des propriétés sérologiques A et B, le « phénotype » est constitué par le « groupe sanguin » de l'individu, aisé à mettre en évidence par les épreuves classiques de la figure 2 qui reviennent à déceler la présence ou l'absence de propriétés caractéristiques A et B dans les hématies du sang étudié.

L'hérédité de ces « propriétés-caractè-

res » a pu être formulée, depuis longtemps, sous une forme très simple : les propriétés A et B qui existent chez les parents peuvent apparaître chez les enfants, mais peuvent, tout aussi bien, disparaître. Toutefois, ces propriétés ne peuvent apparaître chez les enfants si elles n'existent pas chez les parents. Ceci est conforme aux lois de Mendel. La « présence » des propriétés A et B s'hérite à la façon d'un caractè-

re dominant relativement à « l'absence » de ces mêmes propriétés considérées comme un caractère récessif.

On est ainsi conduit à admettre que le même grain de ce chapelet que constitue le chromosome peut être occupé par trois gènes différents : A, B et R, R représentant l'absence d'agglutinogènes, et A et B jouant le rôle de gènes dominants par rapport à lui.

Dans ces conditions, on peut dresser six génotypes possibles : AB, AA, BB, AR, BR, RR, qui correspondent respectivement aux phénotypes : AB, A, B, A, B et O.

En combinant deux à deux les six génotypes, on obtient un tableau des possibilités de descendance de deux individus des groupes sanguins donnés. Il est alors facile de dresser un tableau d'exclusion (tableau II) des groupes sanguins possibles d'un parent connaissant celui

PHÉNOTYPE observé par la règle des groupes perfectionnée	GÉNOTYPES POSSIBLES
O A ₁ A ₂ B A ₁ B A ₂ B	OO A ₁ A ₁ ou A ₁ A ₂ ou A ₁ O A ₂ A ₂ ou A ₂ O BB ou BO A ₁ B A ₂ B

TABLEAU III. — LES GÉNOTYPES POSSIBLES POUR LES INDIVIDUS APRÈS MISE EN ÉVIDENCE DES AGGLUTINOGÈNES A₁, A₂ ET B

de l'enfant et de l'autre parent(1).

Prenons un exemple simple, inspiré d'ailleurs d'un cas juridique récent. Un enfant, appartenant au groupe O et dont la mère appartient au groupe A peut-il être le fils d'un père

PARENTS		ENFANTS (PHÉNOTYPES)		
Phénotypes.	Génotypes.	M	N	MN
M × M	MM × MM	100 %		
N × N	NN × NN		100 %	
M × N	MM × NN			100 %
MN × MN	MN × MN	25 %	25 %	50 %
MN × M	MN × MM	50 %		50 %
MN × N	MN × NN		50 %	50 %

TABLEAU V. — COMMENT SE TRANSMETTENT DES PARENTS AUX ENFANTS LES CARACTÈRES SANGUINS M, N ET MN

(1) C'est à Dungern et Hirsfeld, puis à Bernstein, que revient le mérite d'avoir formulé les lois de l'hérédité des groupes A, B, AB et O. Ces lois sont au nombre de deux.

Première loi (Hirsfeld et Dungern) : La présence des agglutinogènes A ou B est dominante par rapport à leur absence. Ils ne peuvent pas apparaître chez les enfants s'ils ne se trouvent pas

appartenant au groupe AB? La réponse est négative. Le père du groupe AB ne peut avoir des enfants du groupe O, puisque tous ceux-ci doivent posséder soit le caractère A, soit le caractère B, auxquels s'ajoutera un des deux caractères provenant de la mère.

LES PARENTS ÉTANT	LES ENFANTS NE PEUVENT ÊTRE
A ₁ × A ₁	B ni AB
A ₂ × A ₂	A ₁ ni B ni AB
A ₁ × A ₂	B ni AB
A ₁ × O	B ni AB
A ₂ × O	A ₁ ni B ni AB
A ₁ × B	
A ₂ × B	A ₁ ni A ₁ B
A ₁ B × A ₁ B	A ₂ ni O ni A ₂ B
A ₁ B × A ₂ B	A ₂ ni O
A ₁ B × A ₁	A ₂ ni O
A ₁ B × A ₂	A ₂ ni O ni A ₁ B
A ₁ B × O	A ₂ ni O ni AB
A ₁ B × B	A ₂ ni O ni A ₂ B
A ₂ B × A ₁	O
A ₂ B × A ₂	A ₁ ni O ni A ₁ B
A ₂ B × O	A ₁ ni O ni AB
A ₂ B × B	A ₁ ni O ni A ₁ B
A ₂ B × A ₂ B	A ₁ ni O ni A ₁ B

TABLEAU IV. — LES GROUPES SANGUINS DES ENFANTS EN FONCTION DES GROUPES SANGUINS DES PARENTS, COMPTE TENU DE LA SUBDIVISION DU GROUPE A EN A₁ ET A₂

L'hérédité des sous-groupes A₁ et A₂

Le gène du groupe A qui donne naissance à deux propriétés différentes est en réalité double : il existe un gène A₁ et un gène A₂, le premier dominant le deuxième.

Ceci permet de tracer un tableau (tableau IV) d'incompatibilités complémentaire du précédent et auquel on pourra faire appel dans certains cas où le premier est inopérant.

Enfin, dans les cas où ce tableau complémentaire ne permet pas encore de répondre, on s'appuiera à l'hérédité des agglutinogènes M et N pour essayer d'obtenir l'exclusion désirée.

L'hérédité des groupes M et N

Ici il n'y a pas de groupe O et, par conséquent, on n'est pas amené à introduire un gène analogue au gène R des groupes A, B, AB, O, et qui déterminerait l'absence des agglutinogènes M et N. Le schéma chromosomique devient remarquablement simple. L'apparition des agglutinogènes M et N est commandé par deux gènes M et N qui se placent sur le même grain du chapelet chromosomique. Aux génotypes (MM et NN) correspondent respectivement les propriétés M et N

chez les parents; mais ils peuvent ne pas apparaître chez les enfants, même s'ils existent chez les parents.

Deuxième loi (Bernstein) : Les parents appartenant au groupe O ne peuvent pas avoir d'enfants du groupe AB; les parents appartenant au groupe AB ne peuvent pas avoir d'enfants du groupe O.

LA MÈRE (OU LE PÈRE) ÉTANT	L'ENFANT ÉTANT	LE PÈRE (OU LA MÈRE) NE PEUT ÊTRE
M	M	N
M	NM	M
N	N	M
N	NM	N
MN	N	M
MN	M	N

TABLEAU VI. — TABLEAU D'EXCLUSION DE LA PATERNITÉ EN FONCTION DES CARACTÈRES SÉROLOGIQUES M ET N

pures. L'hybride de génotype (MN) possède les deux agglutinogènes et est de la catégorie MN.

La transmission des agglutinogènes M et N est résumée dans le tableau V où les cases blanches indiquent les cas d'incompatibilité.

On peut aussi construire un tableau d'exclusion d'un parent connaissant les groupes de l'enfant et de l'autre parent.

Quelques exemples concrets de recherche de la paternité

Voici d'abord quelques réussites concernant l'affirmation de la paternité :

Tout d'abord les données du problème :

- un enfant du groupe B — MN ;
- la mère du groupe B — M ;
- deux pères « possibles » : l'un du groupe A — MN ; l'autre du groupe A — M.

Que conclure ? L'enfant possède la propriété N absente chez la mère et chez le père n° 2, mais présente chez le père n° 1. La paternité de ce dernier se trouve donc confirmée. Une famille, menacée de désunion par d'injustes soupçons, retrouve sa stabilité.

Autre exemple du même ordre :

- un enfant du groupe A ;
- la mère du groupe O ;
- deux pères « possibles » : l'un du groupe A ; l'autre du groupe B.

L'enfant possède l'élément A qui ne se retrouve que chez le père n° 1, l'autre étant exclu formellement.

Voici maintenant deux cas où l'exclusion de la paternité a pu être démontré :

— l'enfant appartenant au groupe B — MN ;

— la mère au groupe O — N.

Un homme appartenant au groupe O — M peut-il être père de l'enfant ?

Nous voyons que le sang de l'enfant contient les éléments M présents chez l'homme et N présents chez la mère. Pourtant il faut exclure la paternité de l'homme, parce que le sang de l'enfant contient la propriété B absente chez l'homme et chez la mère. La propriété B provient certainement d'un autre homme, le vrai père.

Un autre cas :

— l'enfant appartient au groupe A — N ;

— la mère au groupe O — MN ;

— le père présumé au groupe O — M.

Ici encore, l'enfant possède la propriété A absente chez sa mère comme chez son prétendu père. D'autre part, « l'accusé » de paternité appartient au groupe M, tandis que le sang de l'enfant ne contient pas d'élément M. Nous savons que la propriété M étant pure (homozygote) ne peut disparaître. L'enfant ne la révèle pas. La paternité invoquée est donc impossible.

Ainsi qu'on le voit par ces exemples, la filiation n'est jamais affirmée directement : l'exclusion seule est démontrable. Et encore faut-il faire cette réserve que même si l'exclusion n'est pas démontrée, cela veut seulement dire que nos moyens d'investigation insuffisants ne nous permettent pas de nous prononcer.

PARENT INCRIMINÉ			LES ENFANTS ne peuvent être
Son phénotype (groupe sanguin)	Conditions déterminantes du génotype.	Son génotype	
A ₁ B A ₂ B O	déduit du phénotype d° d°	A ₁ B A ₂ B OO	O ni A ₂ O AB
A ₁	a eu, avec O ou B des enfants A ₁ et A ₂ l'un de ses parents avait O ou B	A ₁ A ₂	O ou B
A ₁	l'un de ses parents est A ₂ B	A ₁ O A ₂ O	A ₂ B A ₁ B
A ₁	ses deux parents étaient A ₁ B × A ₁ B	A ₁ A ₂	O ni B
A ₁		A ₁ A ₁	O ni A ₂ ni B
M	déduit du phénotype d°	MM	N
N		NN	M

TABLEAU VII. — TABLEAU D'EXCLUSION DE LA MATERNITÉ OU DE LA PATERNITÉ PAR L'EXAMEN D'UN SEUL PARENT, EN FONCTION DES CARACTÈRES A₁, A₂, B, M ET N

Rien n'est plus tragique qu'une expertise faisant fiasco. Voici un enfant qui, devenu majeur, apprend une tragédie concernant la vie de sa mère défunte. Deux pères actuellement vivants sont également « possibles ». L'analyse sérologique classe l'un des deux hommes dans le groupe B—M, l'autre dans le groupe B—MN, tandis que l'enfant est lui-même du groupe B—MN. Tous les intéressés appartiennent au groupe B, relativement rare, et tous ont la propriété M. L'expertise ne peut exclure ni l'une ni l'autre filiation.

Nous comprenons donc la conclusion du grand sérologiste Hirszfeld : « J'ai plusieurs fois refusé de faire l'analyse, en renvoyant le couple au prêtre qui a souvent plus de moyens de le réconcilier et de reconstituer le bonheur familial. Le sérologiste ne doit pas abuser des armes qu'il possède sous forme d'analyse des groupes ; au contraire, il doit plutôt être le défenseur du bonheur familial qu'un procureur flairant l'adultère. »

Un problème curieux : la recherche de la maternité

Dans une maternité, deux enfants sont échangés peu après leur naissance. L'un d'eux est imbécile. Ce n'est qu'après six ans que le père présumé de cet enfant anormal a conçu le doute que l'enfant appartenait à une autre famille. Le professeur Hirszfeld est désigné pour examiner les deux familles X et Y.

Dans la famille X, le mari est du groupe A ; la femme du groupe B ; l'enfant du groupe O.

Dans la famille Y, le mari est du groupe B—M ; la femme du groupe O—MN ; l'enfant du groupe AB—M.

Il résulte de là que, dans la famille Y, l'enfant ne peut pas appartenir à ses soi-disant parents, l'enfant contient l'élément A absent chez ses parents. Même si la femme a commis un adultère, elle n'aurait pu avoir l'enfant AB, dont l'un des caractères, A ou B, doit lui venir de sa mère. Par contre, cet enfant AB peut appartenir à la famille X et l'enfant O, élevé dans la famille X, peut appartenir à la famille Y. Le tribunal a ordonné l'échange.

Le cas est typique parce que l'expert légiste ne dispose le plus souvent, pour le résoudre, que du sang d'un seul ascendant. Il est rare, en effet, que dans une substitution d'enfant « l'échange » puisse être rétabli comme ci-dessus.

Un second cas de recherche de maternité, cité par Hirszfeld, le montre.

Il s'agit d'une femme de famille respectable et riche, déjà mère. Elle divorce, se remarie et, les délais écoulés, présente un nouveau-né, un « héritier ». Ses enfants majeurs, invoquant une simulation, les examens sérologiques démontrent que :

Le deuxième époux appartient	
au groupe.....	A—MN
L'épouse, au groupe.....	O—MN
L'enfant, au groupe.....	AB—M

Nous l'avons vu, il y a incompatibilité de filiation entre une mère de groupe O et un enfant de groupe AB, et cela sans même avoir à invoquer les caractères secondaires MN. Le hasard a bien servi le droit : il aurait pu, tout aussi bien, présenter à l'expert un tableau de compatibilité.

Mais l'expert, dans ce cas, ne déclare pas forfait.

Il peut faire intervenir les subdivisions A_1 et A_2 , déjà signalées, de la propriété A et utiliser le tableau IV. Si l'expert biologiste possède, de surcroît, certaines données supplémentaires, telles que les propriétés sérologiques d'enfants déjà obtenus par le parent en question avec d'autres conjoints, de tel ou tel groupe, le génotype du parent examiné se précise encore et, avec lui, les incompatibilités frappant la progéniture (tableau VII).

Et d'autres propriétés sont, d'ores et déjà, en instance d'utilisation dans cette voie. Si l'on se rappelle que la sérologie n'a que quarante ans d'existence et la génétique vingt ans, on peut aisément imaginer que le problème de la filiation ouvre des perspectives indéfinies non seulement du point de vue juridique, mais, ce qui est plus important, pour l'étude rationnelle de l'évolution de l'humanité.

Jean LABADIE.

LES TOURELLES QUADRUPLES DES BOMBARDIERS BRITANNIQUES

par Pierre ARMONT

Dans la guerre aérienne actuelle, le bombardier à qui est confiée la mission de détruire les centres vitaux de la nation adverse doit, pour l'accomplir, se défendre contre son pire ennemi : le chasseur, auquel il est inférieur par la protection et la puissance de feu. Ce problème se pose chez les deux belligérants d'une façon toute différente. Tandis que les objectifs de l'aviation allemande sont concentrés dans un espace restreint à proximité des bases allemandes, ceux de l'aviation anglaise sont, au contraire, dispersés et éloignés des terrains d'envol anglais. La situation des Allemands leur permet des expéditions massives de bombardiers sous la protection d'avions de chasse qui engagent le combat avec la chasse adverse. Au contraire, des chasseurs n'auraient pas un rayon d'action suffisant pour accompagner les bombardiers anglais dans leurs raids à grande distance. Les bombardiers anglais remédient à cette absence de protection en voyageant surtout de nuit et en renforçant considérablement leur puissance de feu. C'est à ce souci de défense autonome que répondent les tourelles à mitrailleuses quadruples en service dans l'aviation britannique, qui, résolvant un problème technique très compliqué, allient la puissance de tir à une grande souplesse de pointage et un grand champ de tir, sans enfreindre pour cela les lois de l'aérodynamique.

DEPUIS 1918, le problème technique de l'armement défensif des avions de bombardement constitue le point critique de la stratégie comme de la tactique aériennes.

Il est paradoxal de penser que l'avion le mieux armé pour le combat aérien est le monoplace de chasse à faible rayon d'action et que l'avion de bombardement à grand rayon d'action rencontre des difficultés à s'équiper en vue d'une défense efficace par le feu. Etant donné le caractère extrêmement fugitif du combat aérien, les armes montées à bord d'un avion

« lourd », sur un affût mobile, exigent une souplesse de pointage considérable et cette exigence a longtemps conduit à se limiter à une seule arme par affût, tout au plus à deux armes jumelées, comme ce fut le cas des jumelages Lewis de 1918.

De l'avion de bataille de Douhet aux bombardiers allemands 1939-1940

La difficulté de ce problème technique du tir aérien sur affût mobile a souvent échappé aux théoriciens de l'aviation militaire. Dans ses fameuses théories, émises de 1920 à 1930, le célèbre général ita-

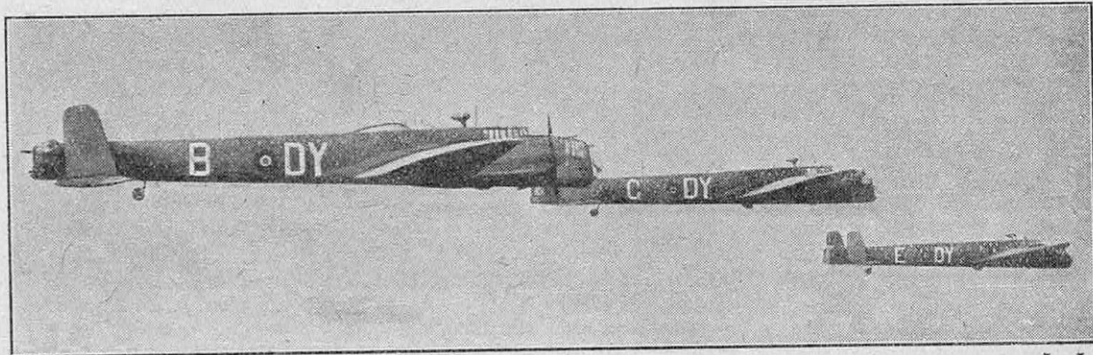


FIG. 1. — UNE ESCADRILLE DE BOMBARDIERS LOURDS BRITANNIQUES ARMSTRONG WHITWORTH « WHITLEY » ÉQUIPÉS DE TOURELLES A COMMANDE MÉCANIQUE A L'AVANT ET A L'ARRIÈRE

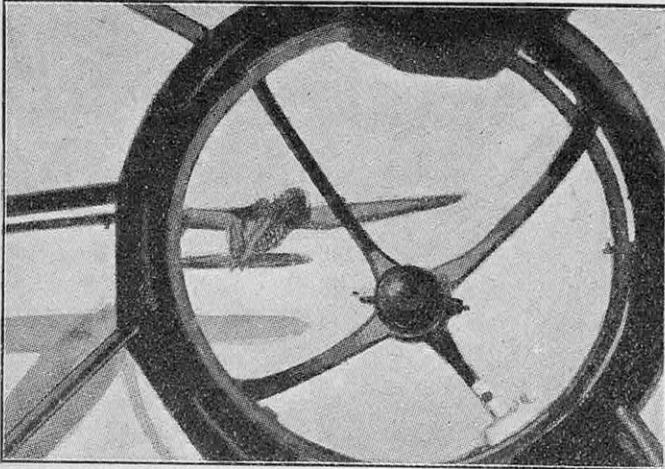


FIG. 2. — VUE DE LA MITRAILLEUSE ARTICULÉE SUR UNE ROTULE SITUÉE SUR LE NEZ DU FUSELAGE VITRÉ D'UN HEINKEL 111 K

T W 5093

lien Douhet préconisait un *avion de bataille*, synthèse idéale du bombardier et de l'avion de combat. C'était un avion de gros tonnage qu'il supposait hérissé de multiples mitrailleuses. Il admettait même, pour ce véritable « hérisson » de l'air, une vitesse réduite. Malheureusement pour sa théorie, la course aux grandes vitesses donna un démenti au général Douhet. Dès 1935, l'apparition des moteurs à compresseur, l'adoption de voitures monoplanes, de trains escamotables, d'hélices à pas variable, de fuselages aérodynamiques, permettaient de doubler les vitesses admises jusqu'alors. Les multiplaces de combat du type « hérisson » durent s'affiner sous la poussée de l'aérodynamique ; les mitrailleurs durent s'encastrent dans les fuselages, limiter leurs champs de tir, consentir à des angles morts.

Les bombardiers allemands construits en 1938-39 ont tenu compte de cette tendance : les Heinkel 111 K, les Junkers Ju 88, les Dornier 215

sont des avions de 500 km à l'heure, de grande puissance motrice, mais affinés au maximum, dont l'armement défensif est sacrifié à l'aérodynamique. La mitrailleuse avant s'est articulée dans un nez de fuselage vitré ovoïde (Heinkel) ou à facettes polygonales (Dornier Do 215). Les mitrailleuses arrières sont encastrées dans des embrasures aux formes fuyantes.

Gain en vitesse, mais réduction des champs de tir. En particulier, le tir par le travers est quasi impossible, ce qui entraîne des *angles morts* importants.

Les schémas de la fig. 4 indiquent ces angles morts tels qu'ils apparaissent sur les bombardiers allemands qui étaient en service en 1939 et au début de 1940. Nous ignorons, bien entendu, si les angles morts de ces bombardiers allemands de 1939 sont exacts et si les bombardiers de 1940 possèdent les mêmes angles morts.

Il semble donc que, jusqu'en 1940, les conseillers techniques allemands aient préconisé la *vitesse* avant tout, au détriment des champs de tir des mitrailleuses de défense. Chacune de ces mitrailleuses est montée sur affût simple,

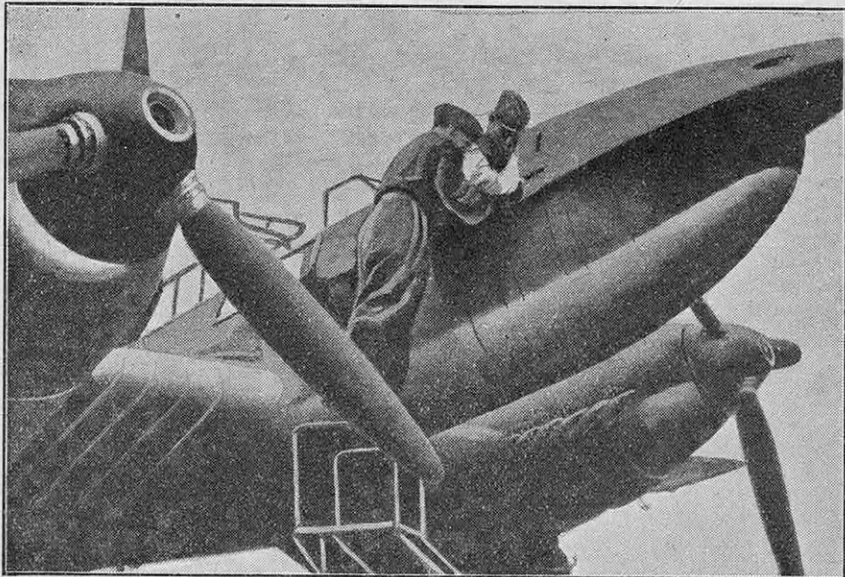


FIG. 3. — LA VISITE DES MITRAILLEUSES FIXES D'UN MESSERSCHMITT 110
On notera à l'avant du panneau mobile du fuselage le trou par lequel tire une des mitrailleuses fixes et, à l'extrémité du nez des moteurs, les orifices des moteurs canons.

T W 5096

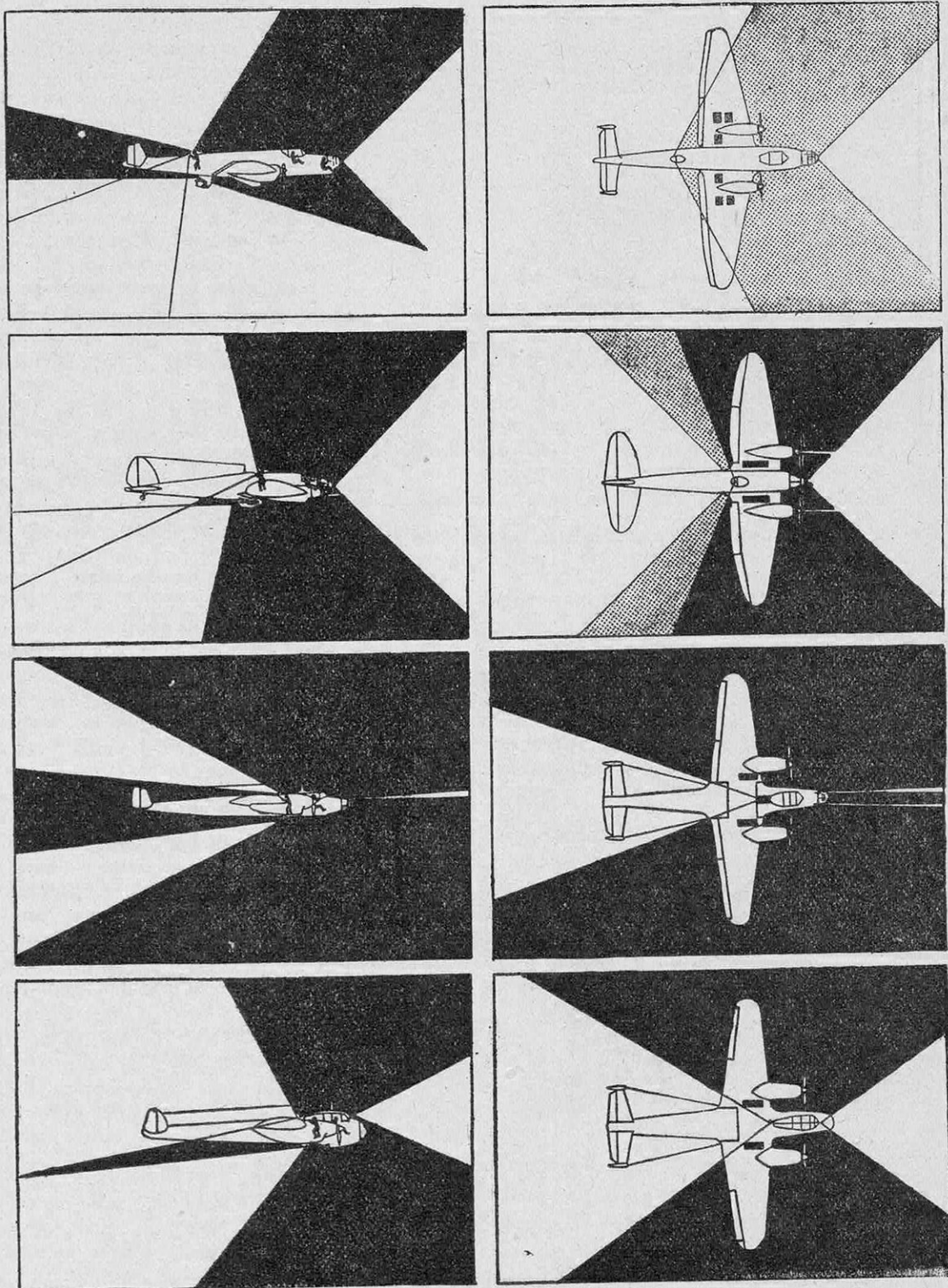


FIG. 4. — CHAMPS DE TIR ET ANGLES MORTS DE DIFFÉRENTS APPAREILS ALLEMANDS DE BOMBARDEMENT
 Les appareils représentés sont, de haut en bas : le Heinkel 111 K, le Junkers Ju 86, le Junkers Ju 88 (modèle 1939) et le Dornier Do 215. Les angles morts sont indiqués en noir, lorsqu'il s'agit de toutes les mitrailleuses battantes. En gris sont figurés les secteurs qui restent battus par une seule mitrailleuse. On note sur les plus récents Junkers Ju 88 un renforcement de l'armement supérieur arrière, porté à deux mitrailleuses tirant vers le haut et une tirant de chaque bord.

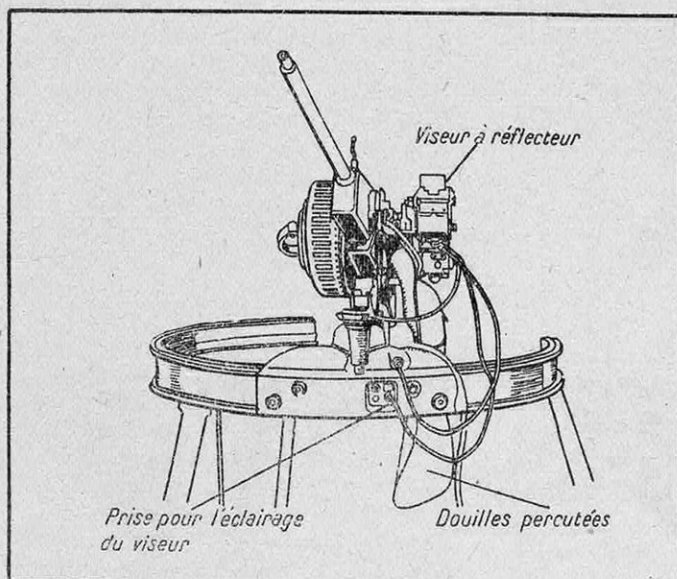


FIG. 5. — LE MONTAGE D'UNE MITRAILLEUSE « AVIATION 34 » SUR UN AMIOT 143

pointée à la main, avec rotule permettant une très grande souplesse de pointage, et un tir efficace dans le champ de tir où elle peut battre — mais ce champ de tir est rétréci par l'aérodynamique. Pour compenser cette infériorité dans le combat aérien, les bombardiers allemands ont été amenés à se faire accompagner par des avions de chasse et de combat.

L'avion de combat d'escorte Messerschmitt 110

Lorsque, à partir du mois d'août 1940, les bombardiers de la Luftwaffe furent lancés sur l'Angleterre, dont le ciel était défendu par une aviation de chasse nombreuse, ont vit, en effet, les formations de bombardement « Stukas » Junkers 87, Heinkel 111 K, Dornier 215 ou Junkers 88 accompagnées d'escadrilles de chasse Me 109 et d'avions de combat bimoteurs Messerschmitt 110.

Le Messerschmitt 110 est un bimoteur aussi rapide que son frère l'avion de chasse monoplace monomoteur Messerschmitt 109 (vitesse 575 km/heure). Il est armé à l'avant de quatre mitrailleuses fixes ou de deux canons dans le fuselage tirant dans l'axe. La défense arrière n'est assurée que par une mitrail-

leuse. Son autonomie, de plusieurs heures, lui permet d'accompagner les bombardiers allemands et sa vitesse de combattre les chasseurs anglais. Certes, sa mitrailleuse arrière comporte des angles morts par le travers, mais il y remédie par sa maniabilité et sa facilité d'évolution. Disposant d'un excédent de vitesse par rapport aux bombardiers, il peut manœuvrer pour les attaquer au moyen de ses quatre armes axiales fixes.

Les communiqués de l'été 1940 nous ont appris que les Messerschmitt 110 avaient joué un rôle important pour la réussite des attaques aériennes sur l'Angleterre.

En résumé, la solution allemande des bombardiers ultrarapides, mais à angles morts, a dû être complétée par l'emploi d'avions d'escorte.

La solution britannique a été de chercher l'élimination des angles morts. L'aviation anglaise y est arrivée en montant les armes en tourelles multiples et en installant ces tourelles aux extrémités du fuselage.

La tourelle Nash-Thompson

C'est en 1934-35 que les techniciens anglais eurent l'idée de grouper deux ou quatre mitrailleuses sur un même affût mobile manœuvré hydrauliquement, avec rapidité et souplesse. Ces tourelles quadruples étaient appelées à constituer notamment l'extrémité de queue, l'étambot, comme

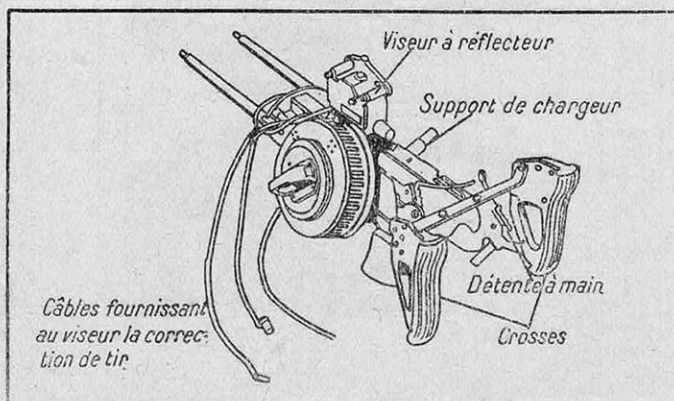
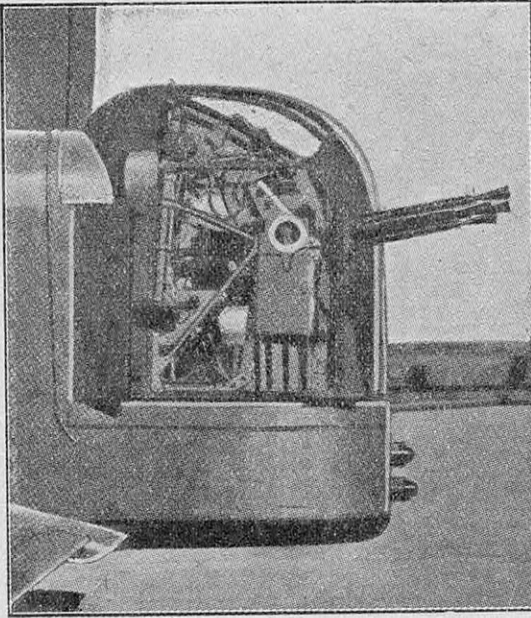


FIG. 6. — MITRAILLEUSES « AVIATION 34 » JUMELÉES DANS LA TOURELLE D'UN AMIOT 143.



T W 5098

FIG. 7. — LA TOURELLE QUADRUPLE D'ÉTAMBOT D'UN BOMBARDIER ANGLAIS ARMSTRONG WHITWORTH « WHITLEY », VUE DE PROFIL

disent les marins, des bombardiers *Wellington* et *Whitley*.

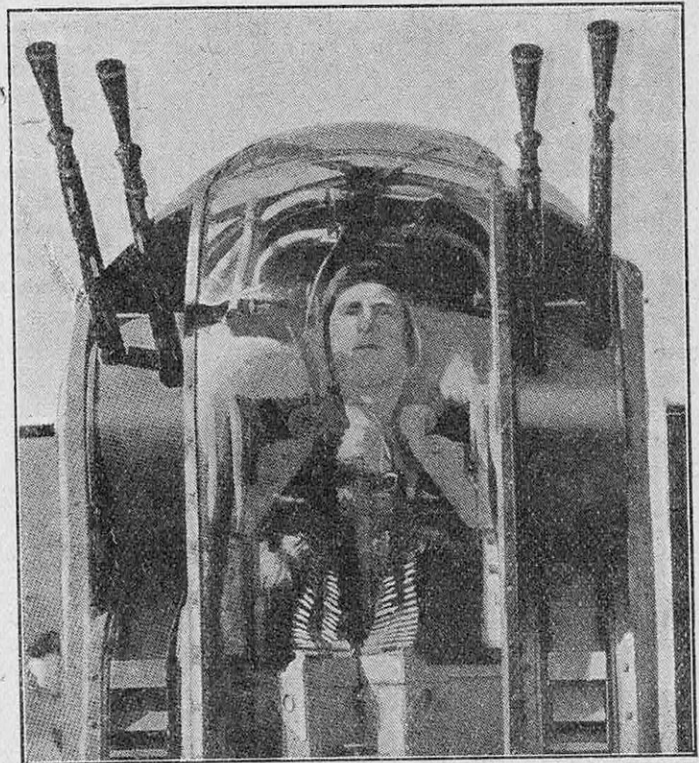
Sur les bombardiers *Wellington* et *Whitley*, les mitrailleuses, au lieu d'être réparties dans divers postes encastrés répartis d'un bout à l'autre du fuselage, sont groupées à l'extrême-avant et à l'extrême-arrière : une tourelle sur le nez, une tourelle d'étambot.

La tourelle d'étambot constitue une innovation britannique. Elle est l'œuvre des ingénieurs Nash et Thompson. C'est une coupole mobile, manœuvrée hydrauliquement, d'une très grande souplesse de pointage, grâce à un servomoteur, et qui peut être pointée jusque par le travers et même 5 degrés au delà. Il n'y a donc absolument pas d'angles morts. Les tourelles de queue sont particulièrement bien placées, à l'extrémité du fuselage et derrière un empennage à double dérive (pour les *Whitley*) ou à simple dérive (pour les *Wellington*). Elle permet un champ de tir horizontal se développant sur 95 degrés de chaque bord, soit au total 190 degrés.

La construction de ces tourelles fut gardée longtemps secrète, mais, en mars 1940, un *Wellington* fut abattu presque intact en Allemagne, et peu après paraissait, dans une revue allemande, un rapport de l'ingénieur Joachim Beseler, de Berlin, sur les tourelles de ces avions. En voici la description technique.

Elle est constituée par une coupole de 80 cm de diamètre et dont le dôme atteint 90 cm au-dessus du niveau de rotation. Deux mitrailleuses *Browning* font corps à la coupole dans le pointage latéral. Le pointage en élévation est indépendant de la tourelle : les deux mitrailleuses coulissent simultanément dans deux fentes verticales, à la volonté du mitrailleur. Le mitrailleur, lui, est assis sur un siège-berceau ; il n'a qu'à se soulager de son siège pour provoquer vers le bas le pointage vertical, ou se renverser sur son siège pour provoquer vers le haut le même pointage.

Le pointage latéral est, au contraire, solidaire de la coupole. Il est effectué mé-



T W 5094

FIG. 8. — LA TOURELLE QUADRUPLE D'UN BOMBARDIER ANGLAIS ARMSTRONG WHITWORTH « WHITLEY »

On remarquera l'étendue du panneau vitré assurant au mitrailleur une excellente visibilité. Les quatre mitrailleuses *Browning* de 7,5 mm, alimentées par des chargeurs à bandes, peuvent déborder 1 300 coups par minute.

caniquement par déplacement de tout l'ensemble coupole-siège-mitrailleur-mitrailleuses. Mécaniquement, c'est-à-dire au moyen de pistons à huile sous pression. L'arrivée d'huile sous pression pénètre dans la coupole par le sommet de l'axe de rotation dans le sens latéral.

Du poste du mitrailleur, la visibilité est excellente; à peine est-elle gênée par la courbure des panneaux transparents genre plexiglass, qui constituent la paroi de la coupole.

Sur les plus récents Wellington, chaque tourelle comporte 4 mitrailleuses Browning. Les vitesses de pointage sont considérables. Il faut à peine 8 secondes pour passer d'un travers à l'autre: 8 secondes pour tourner de 190 degrés, cela fait une vitesse de pointage voisine de 25° par seconde. En hau-

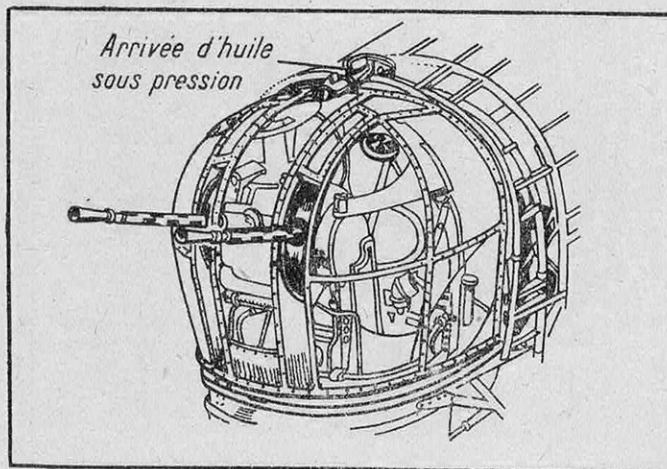


FIG. 9. — LA TOURELLE AVANT DU BOMBARDIER VICKERS WELLINGTON

Comme la tourelle arrière de ce même bombardier, elle est armée de deux mitrailleuses Browning, et ses mouvements sont exécutés à l'aide d'une commande hydraulique.

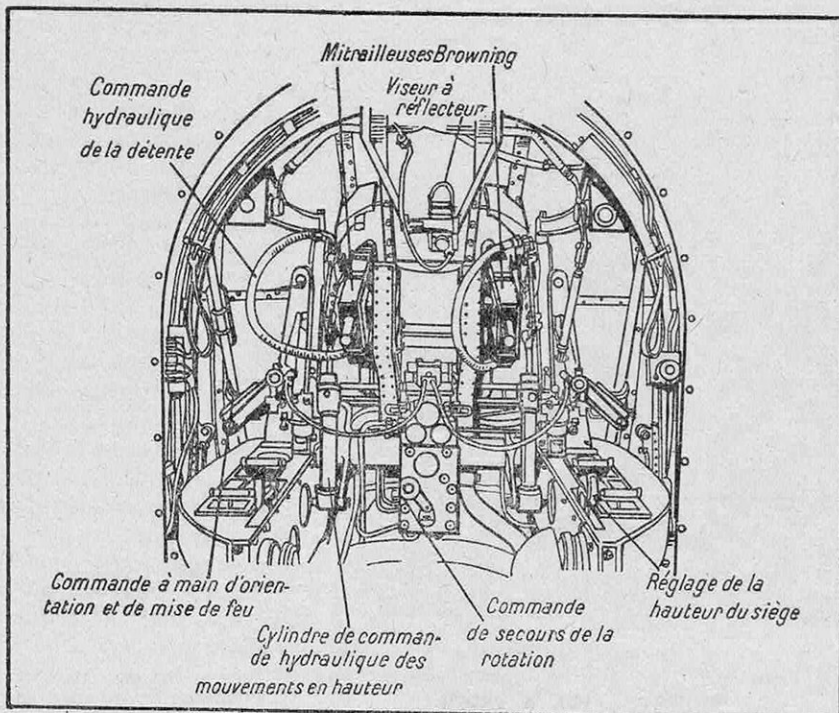


FIG. 10. — DÉTAILS DE L'INTÉRIEUR DE LA TOURELLE AVANT DU VICKERS WELLINGTON

Le tireur, à l'aide de deux commandes à main, peut exécuter le pointage de ses deux mitrailleuses et commander leur détente. L'angle de tir horizontal est de 190°; cet angle est parcouru en 8 secondes et l'angle de tir vertical (100°) est parcouru en 4 secondes.

teur, le champ de pointage est de 100 degrés, et il faut 4 secondes à peine pour passer de la position horizontale au zénith.

Ces tourelles sont bien approvisionnées: chaque mitrailleuse dispose de 1 000 coups. Ajoutons que sur les Wellington les plus récents (type 1940), les coupoles sont constituées par des vitrages formant blindage à l'épreuve de la balle.

Grâce à leurs tourelles d'étambot, les Wellington tendent à se passer d'escorte

Le premier combat aérien où les Wellington, à tourelles d'étambot, firent leurs preuves fut celui du 18 décembre 1939 en Baie Allemande, combat où une formation compacte de 24 bombardiers se heurta à un groupe des terribles Messerschmitt 110 commandés par le Lieutenant-Colonel Schumacher.

Les Wellington sont, certes, beaucoup moins rapides que

les bombardiers allemands, les Heinkel, les Junkers 88 et les Do 215, mais leur armement en tourelles d'établot vise parfois à les affranchir d'une escorte d'avions de chasse.

Stratégie allemande et stratégie anglaise de bombardement

En résumé, deux solutions techniques bien différentes se développent dans le ciel de l'Angleterre et de l'Allemagne pour répondre à ce difficile problème de l'armement défensif des avions de bombardement.

1° La solution allemande dérive de la mitrailleuse montée sur affût simple à



R W 5099

FIG. 11. — LA TOURELLE A QUATRE CANONS D'UN CHASSEUR BI-PLACE BLACKBURN ROC ÉQUIPANT LA FLEET AIR ARM BRITANNIQUE

grande facilité de pointage, mais pointée à la main. La recherche des grandes vitesses ayant amené un encastrement des armes et une réduction des champs de tir, l'aviation allemande y remédie par l'accompagnement de bombardiers très rapides par de l'aviation de chasse d'es-

corte : les fameux bimoteurs Messerschmitt 110, conduisant des Messerschmitt 109.

2° La solution anglaise est partie du principe « pas d'angles morts », grande puissance de feu dans tous les azimuts. Elle fut appuyée par la résolution d'un problème technique : la tourelle de queue

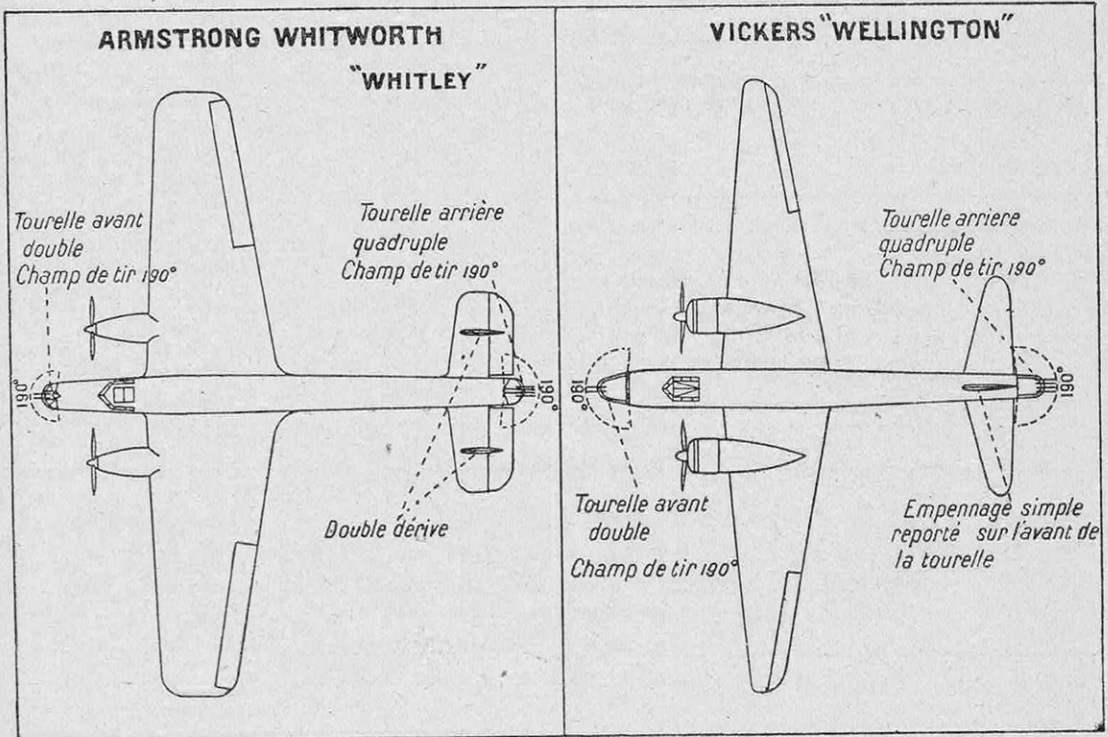


FIG. 12. — LES CHAMPS DE TIR DES TOURELLES DES BOMBARDIERS BRITANNIQUES

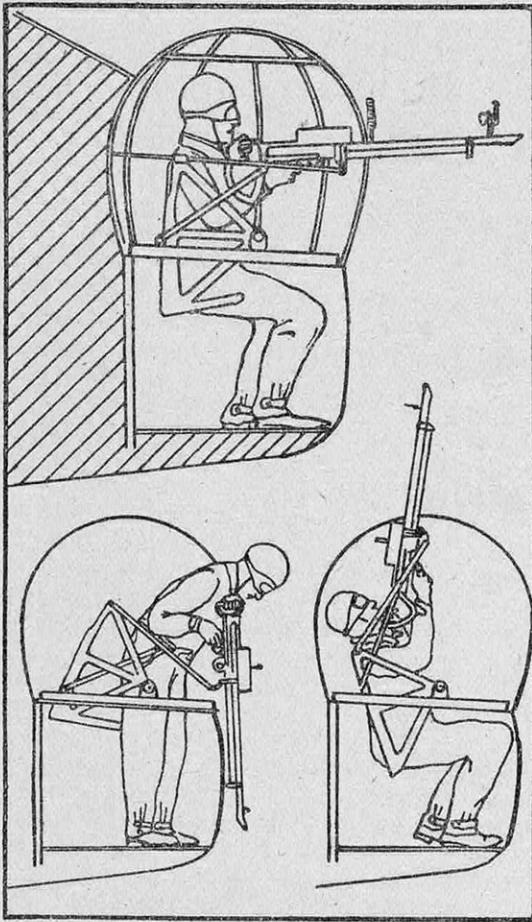
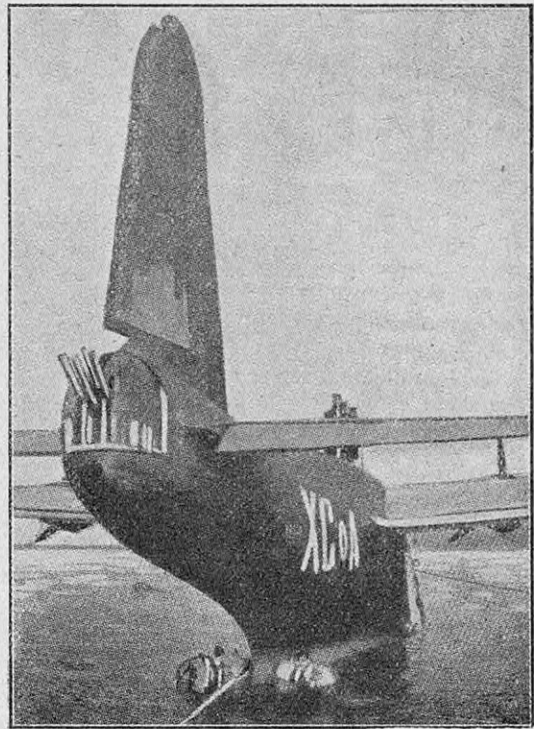


FIG. 13. — SCHÉMA D'UNE TOURELLE SIMPLE VICKERS (POUR ÉTAMBOT), ARTICULÉE, POUR TIRER DANS TOUS LES AZIMUTS

à mitrailleuses multiples et à pointage hydraulique. Mais elle contraint l'aviation britannique à des opérations de nuit.

La solution allemande se ramène à la formule « bombardiers+escorteurs ». Elle est en particulier valable pour ces attaques de jour en masse effectuées par



r w 5097

FIG. 14. — TOURELLE D'ÉTAMBOT D'UN GROS HYDRAVION QUADRIMOTEUR ANGLAIS SHORT SUNDERLAND

raids convergents sur des objectifs à moyenne distance ; l'attaque aérienne massive de jour a, en effet, toujours été préconisée par les chefs de Luftwaffe.

La solution anglaise donne aux avions de bombardement une auto-défense très sérieuse. Elle ralentit considérablement leur vitesse, mais elle peut parfois éviter une escorte. Elle tend à rendre les bombardiers plus autonomes, mais leur impose souvent les opérations de nuit. La solution technique des tourelles quadruples correspond donc à cet emploi stratégique de la Royal Air Force.

P. ARMONT.

Les explosifs à oxygène liquide ont trouvé, au cours de ces dernières années, une large application pour les travaux souterrains. C'est ainsi que, dès 1932, une centrale a été installée dans le bassin de Briey pour la production de 1 200 litres d'oxygène liquide par heure, en vue de procéder à l'abatage du minerai de fer. En Italie, l'emploi de ces explosifs s'est généralisé pour le percement des tunnels, car les gaz dégagés par l'explosion sont beaucoup moins nocifs qu'avec les explosifs à la nitroglycérine et aussi parce qu'une mine ratée est sans danger 30 minutes après la mise en place

DU MONOPLANE DE CHASSE AU « DESTROYER » BIMOTEUR

par Pierre DUBLANC

L'avion monoplace et monomoteur a été, jusqu'à ces dernières années, considéré comme le type même de l'appareil de combat parce que sa finesse lui permettait de surclasser nettement ses adversaires au point de vue de la vitesse. Toutefois, depuis deux ou trois ans, on est parvenu à réaliser des appareils bimoteurs aussi rapides que lui et qui ont immédiatement prouvé leurs qualités militaires. C'est ainsi qu'est apparu, à côté du chasseur classique, un bimoteur de chasse appelé aussi « destroyer », dont un des types les mieux réussis est le fameux Messerschmitt 110. L'aviation anglaise a construit à son tour de tels appareils dont aucun communiqué n'a encore fait mention. Le destroyer semble capable de recevoir un armement plus puissant que celui du chasseur classique et son rayon d'action plus grand lui permet de convoyer les bombardiers pour des expéditions en profondeur. Aménagé en biplace, il impose à l'équipage une moins grande fatigue. Par contre, le chasseur classique assure au pilote l'excellente protection de son moteur et offre une cible sensiblement plus réduite au feu de l'ennemi. L'année 1941 verra aux prises les deux types d'avions de combat, sans peut-être que l'un d'eux réussisse à surclasser l'autre.

L'évolution de l'avion de combat

JUSQUE vers 1935, l'avion de chasse monoplace et monomoteur a conservé, au point de vue de la vitesse, performance la plus intéressante d'un appareil de combat, l'avance qu'il avait acquise dès le début sur tous les autres types d'avions de guerre. Cette avance se traduisait par un écart de vitesse maximum de 50 % environ. Mais à partir de 1935, les progrès considérables réalisés dans la construction métallique et dans l'aérodynamique ont abouti à une formule d'avion bimoteur, monoplane à aile basse, à train rentrant, avec les deux groupes motopropulseurs montés sur le bord d'attaque. La finesse de cet ensem-

(1) Nous ne classons pas dans les bimoteurs de chasse le Bell « Airacuda » de 1938, car il s'agit en fait d'un avion de combat multiplace dont l'équipage est relativement nombreux (5 places) et qui est armé de mitrailleuses ou de canons montés sur affûts mobiles.

ble permettait de rivaliser avec les monoplans monomoteurs. Il faut constater que le raccourcissement des voilures dû à l'accroissement des charges alaires favorisait le rapprochement des performances des deux formules. L'écart de vitesse diminuait sensiblement, pour tomber, en 1939-1940, à 15 % entre le bombardier et le chasseur, et presque à zéro entre le bimoteur de chasse et le monomoteur de chasse.

Les précurseurs

Le véritable précurseur de la formule bimoteur de chasse semble le Curtiss A. 18 américain, de 1935-1936, dit « d'attaque ». C'était un bimoteur léger muni de deux

Année	Type (1)	Puissance	Surface portante	Charge au m ²	Poids total	Vitesse	Rayon d'action
1935	Curtiss A-18	2 moteurs Wright 930 ch	50 m ²	106 kg	5,3 t	405 km/h	2 700 km
1936	Potez 63	2 moteurs Hispano 670 ch	33 m ²	117 kg	3,8 t	460 km/h	1 000 km
1937	Fokker G1	2 moteurs Bristol Mercury 900 ch	38,3 m ²	126 kg	4,8 t	480 km/h	1 000 km
1939	Me-110	2 moteurs DB 601-1 050 ch	38,5 m ²	135 kg	5,5 t	585 km/h	2 000 km

TABEAU I. — L'ÉVOLUTION DU DESTROYER BIMOTEUR DE 1935 A 1939

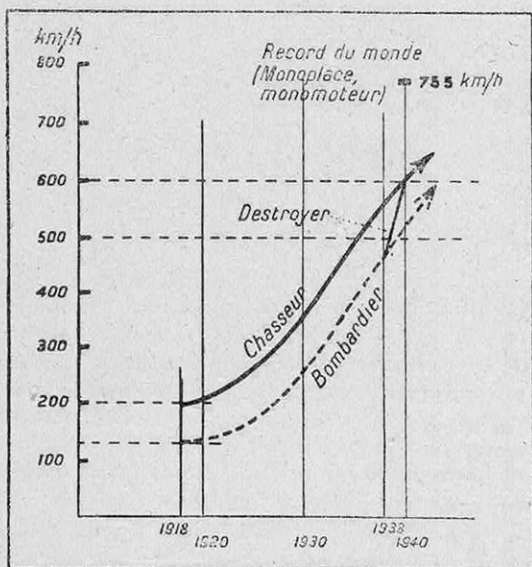


FIG. 1. — L'ÉCART DE VITESSE ENTRE CHASSEUR MONOMOTEUR ET BOMBARDIER BIMOTEUR

En 1918, la vitesse du chasseur monomoteur était de l'ordre de 200 km/h, celle du bombardier bimoteur de 130 km/h environ. L'écart était de 50 % en faveur du monomoteur de chasse. En 1940, la vitesse du chasseur monomoteur est de 585 km/h et celle du bombardier bimoteur atteint et dépasse les 500 km/h. L'écart n'est donc plus que de 15 % environ. A partir de 1938, naît le bimoteur de chasse qui, dès 1939-1940, rejoint le monomoteur de chasse à 585 km/h. L'écart est donc nul.

moteurs Wright « Cyclone » de 930 ch, soit au total 1 860 ch. Il était armé de quatre mitrailleuses axiales fixes de chasse, dans le nez du fuselage, pointées par le pilotage à la manière de celles d'un monoplan. Une mitrailleuse montée sur affût mobile, manœuvrée par un mitrailleur, assurait la défense vers l'arrière. Le Curtiss A. 18 pouvait prendre en outre 250 kg de bombes, charge extralégère pour un poids total de 5 t. En vitesse, ce bimoteur atteignait 400 km/h, c'est-à-dire une performance égale à celle des monoplans monomoteurs courants de l'époque, le Dewoitine 500 par exemple.

Un an après, l'aviation française réalisait le Potez 63, version plus légère, au poids total inférieur à 4 t. La vitesse monte à 460 km à l'heure, bien que la puissance motrice ne soit que de 1 350 ch (deux Hispano-Suiza AB de 675 ch). L'armement ne comprend plus de bombes et se limite, vers l'avant, à deux canons de 20 mm Hispano, montés fixes sous le fuselage. Vers l'arrière, une mitrailleuse.

En même temps, vers 1937, Fokker réalise son bimoteur « Le Faucheur », un curieux bimoteur bifuselage, à nacelle centrale : deux canons de 20 mm et deux mitrailleuses fixes dans le nez du fuselage ; une mitrailleuse arrière, à la pointe de la nacelle, disposant d'un large champ

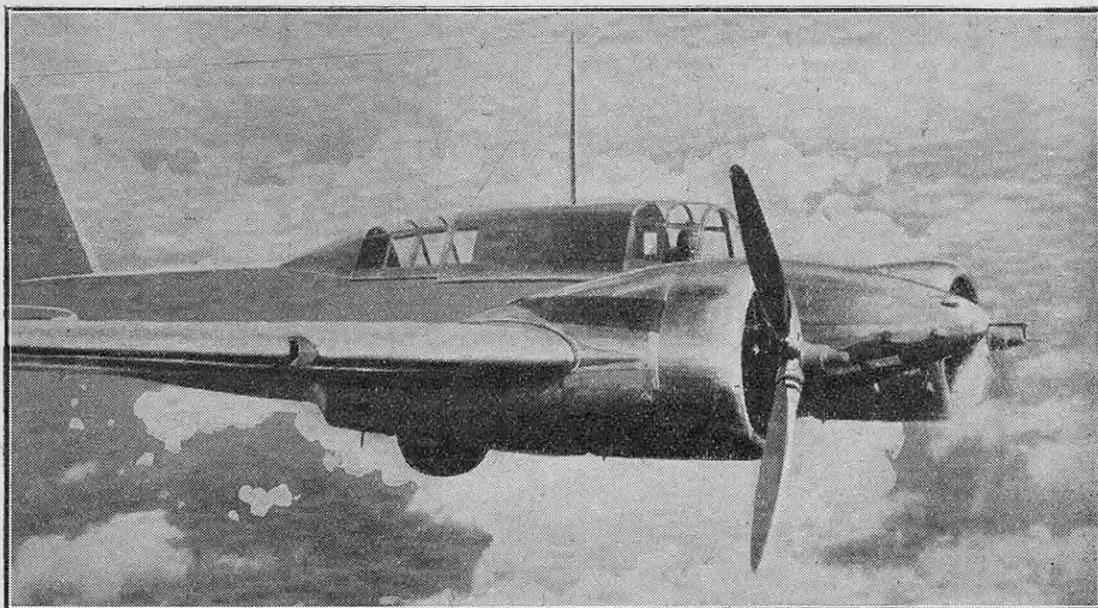


FIG. 2. — LE BIMOTEUR AMÉRICAIN CURTISS A-18

T W 5669

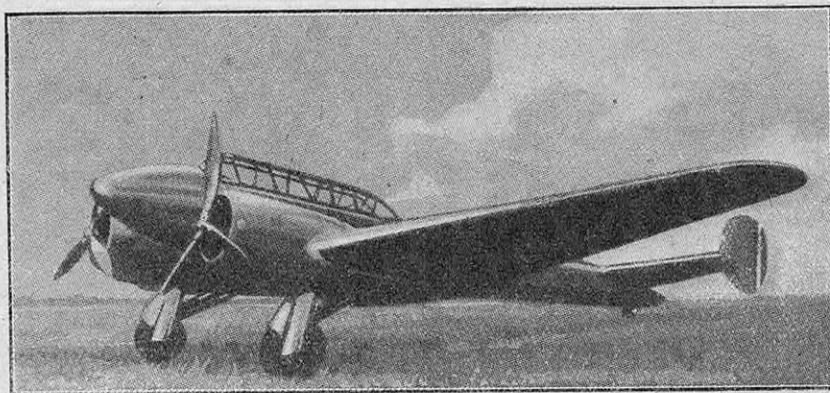
Cet appareil, capable d'atteindre le 400 km/h, est armé de quatre mitrailleuses placées dans le nez du fuselage et fixes ; une cinquième mitrailleuse, sur affût mobile, tire vers l'arrière.

de tir, complétait la défense. Vitesse 480 km/h avec deux moteurs Bristol « Mercury » de 900 ch.

Le Messerschmitt 110

Deux ans plus tard, l'ingénieur allemand Messerschmitt mettait au point son célèbre bimoteur du type Me 110 qui devait faire ses premiers essais à l'épreuve du feu, en septembre 1939, en Pologne, dans l'attaque au sol, notamment des locomotives. Ce type d'avion, véritable destroyer de l'air, livra son premier grand combat aérien le 18 décembre de la même année, en Baie allemande, contre une formation britannique de bombardiers Vickers « Wellington ».

Le Me 110 présente comme armement, à la manière du Fokker « Le Faucheur », une combinaison des canons du Potez 63 et des mitrailleuses du Curtiss A-18. En effet, dans le nez du fuselage se trouvent deux canons de 20 mm et quatre mitrailleuses de 8 mm. Le principe d'une mi-



T W 5665

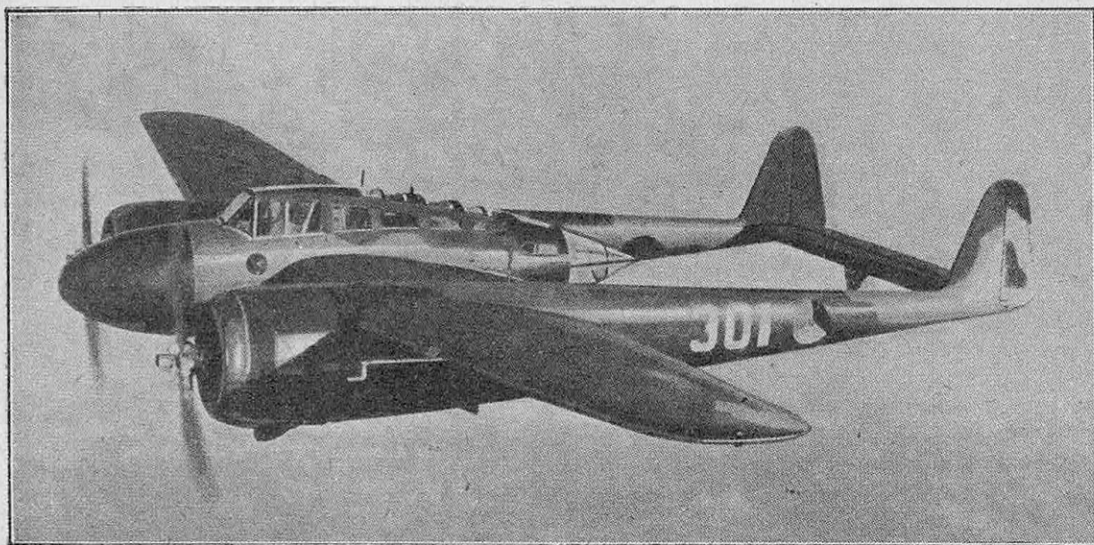
FIG. 4. — LE BIMOTEUR LÉGER FRANÇAIS POTEZ 63

Armé de deux canons fixes sous le fuselage et d'une mitrailleuse tirant vers l'arrière, cet appareil atteint 460 km/h.

trailleuse arrière est conservé; placée sur affût mobile, elle tire entre les deux plans de la double dérive. Du point de vue performances, le Messerschmitt 110 présente sur ses prédécesseurs deux supériorités :

— Une grande puissance motrice (deux moteurs Daimler-Benz DB 601 de 1100 ch), soit 55 % de plus que le Potez 63, ce qui fait passer la vitesse à 585 km à l'heure (vitesse du monoplane monomoteur Me 109);

— Un grand rayon d'action résultant d'une voilure à grand allongement et d'une grande finesse aérodynamique.



T W 5670

FIG. 3. — LE BIMOTEUR HOLLANDAIS FOKKER G 1, DIT LE « FAUCHEUR »

Cet appareil à deux fuselages est armé de deux canons de 20 mm et deux mitrailleuses fixes disposés dans le nez du fuselage central. Pour le tir vers l'arrière, une coupole mobile en verre « plexiglas » permet à une mitrailleuse suspendue à la cardan de tirer dans toutes les directions, lorsque la coupole décrit un cercle de 360°. La vitesse de cet appareil est voisine de 480 km/h.

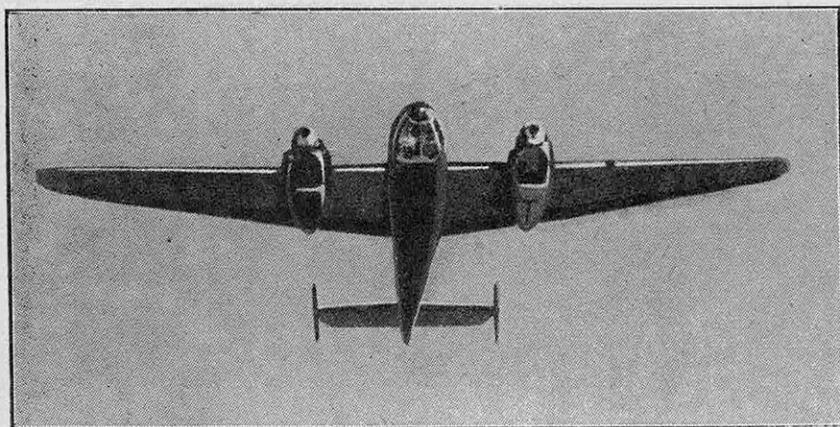


FIG. 5. — LE DESTROYER-BIMOTEUR ALLEMAND MESSERSCHMITT ME 110

Cet appareil a subi, depuis le début de la guerre, un certain nombre de modifications portant tant sur la forme de l'aile, qui se rapproche maintenant de la forme rectangulaire du Messerschmitt 109, que sur la disposition des radiateurs de refroidissement du moteur et dans son armement. Dans les derniers types, tout l'armement est logé dans le fuselage (voir fig. 6). La vitesse maximum à 5 800 m serait de 585 km/h.

L'autonomie atteint 3 heures 1/2 à toute puissance (vitesse 585 km/h) et 6 heures à vitesse de croisière (400 km/h). La dotation en munitions est doublée par rapport aux monoplaces de chasse (500 cartouches par mitrailleuse et 100 obus par canon). Le « destroyer » est en outre bien équipé pour la navigation (P. S. V. et radio-compas). C'est une machine absolument remarquable, à la fois capable de conduire la chasse, puisque la vitesse du Me 110 est égale à celle du monoplace de chasse Me 109 (585 km/h), et d'escorter les bombardiers pendant plusieurs heures.

Le Messerschmitt 110, par son autonomie et par sa possibilité d'escorte, par sa vitesse égale à celle des monoplaces de chasse, par la puissance de son feu, est donc un véritable destroyer aérien.

Bimoteur et monomoteur

Dans cette récente course aux performances entre bimoteur « destroyer » et

monomoteur « de chasse », un facteur important est devenu le « nombre de chevaux par mètre carré » de surface portante. La vitesse réalisée s'accroît, à finesse égale, comme la racine cubique du « nombre de chevaux par mètre carré » (1).

(1) C'est ce qu'exprime la formule de Warner :

$$V_{\max} = K \sqrt[3]{\frac{P}{S}}$$

où P représente la puissance, S la surfa-

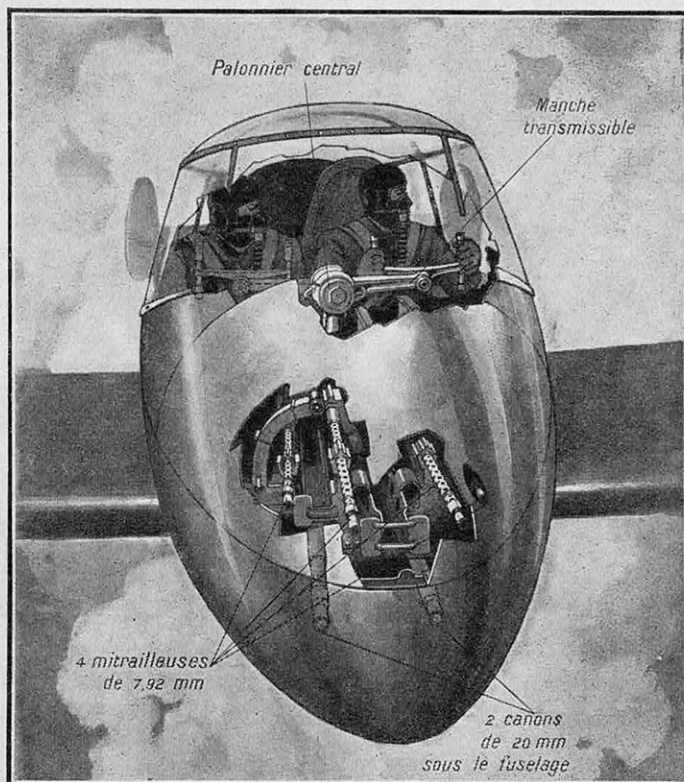


FIG. 6. — L'ARMEMENT DU MESSERSCHMITT 110

Dans le nez du fuselage sont montées, à la partie supérieure, quatre mitrailleuses fixes de 7,92 mm; à la partie inférieure, on trouve deux canons fixes de 30 mm. En outre, on trouve sur certains appareils une mitrailleuse mobile dans un poste à l'arrière. Dans le poste de pilotage, pilote et mitrailleur sont côte à côte et leurs fonctions sont interchangeables : le premier pilote pointe et tire; le deuxième sert les armes et surveille l'atmosphère ou vice versa. Pour cela, les commandes sont doubles. On notera en particulier le palonnier central, dont le volant est transmissible d'un pilote à l'autre pendant le vol.

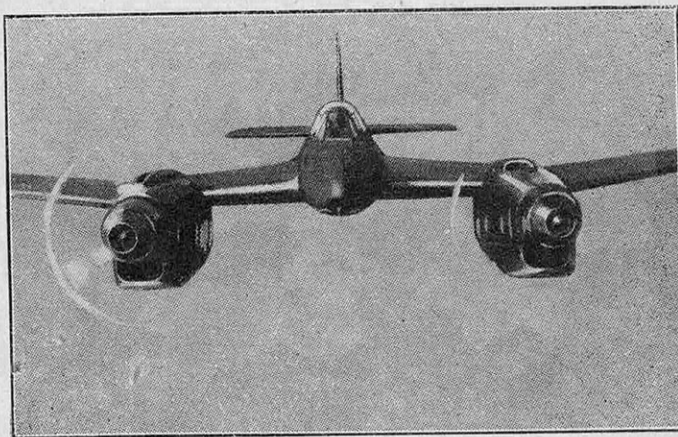
Dans le cas d'une voilure de monomoteur que l'on équiperait en bimoteur, on constate que la substitution de deux moteurs à un augmenterait la vitesse de 26 % si la substitution de trois fuseaux à un seul (cas du bimoteur à moteurs latéraux) ne faisait perdre en finesse ce que l'on gagne en puissance de propulsion. L'opération a même toujours été déficitaire, sauf pour le Me 110 bimoteur DB 106, qui est arrivé à la même vitesse que son aîné, le monomoteur Me 109, DB 601.

Il est vrai que le Me 110 est relativement plus voilé, mais un peu plus fin que le Me 109. Le résultat est une égalité en vitesse et un gain en rayon d'action.

Cette comparaison entre le Me 109 et le Me 110 montre que, à égalité de vitesse, le bimoteur destroyer peut gagner très considérablement en rayon d'action.

Le destroyer permet un équipage de chasse biplace

L'avion de chasse moderne, sous sa forme monoplace, présente l'inconvénient de porter et K un coefficient lié à la finesse aérodynamique de la voilure et des groupes motopropulseurs.



T W 5664

FIG. 8. — DESTROYER-BIMOTEUR ALLEMAND FOCKE WULF

L'armement de cet appareil comprendrait quatre mitrailleuses fixes de 7,9 mm et deux canons de 20 mm disposés sur les parois latérales du fuselage

de confier aux réflexes d'un seul homme le pilotage, l'observation du ciel, la tactique, le pointage des armes et le tir. Avec un « destroyer », on peut aisément se permettre le luxe de dédoubler les fonctions : observation du ciel et contrôle des armes d'une part ; pilotage, pointage et tir d'autre part.

Si les deux aviateurs sont pilotes et placés côte à côte, les deux rôles peuvent être rendus interchangeables grâce à une disposition de double commande avec palonnier central et « manche » transmis-



T W 5668

FIG. 7. — DESTROYER AMÉRICAIN LOCKHEED P. 38 « LIGHTNING »

Cet appareil à deux fuselages comporte en particulier un train tricycle escamotable en vol. Il atteindrait une vitesse maximum de 700 km/h et serait armé de deux canons et quatre mitrailleuses fixes dans le fuselage central.

sible d'un pilote à l'autre. De cette manière, le chef pilote peut confier momentanément le pilotage au second pilote pour observer le ciel et diriger la manœuvre tactique, puis prendre lui-même le pilotage au moment de l'attaque, enfin le repasser au second pilote après l'attaque.

Cette disposition est celle du Me 110.

Ajoutons à ces avantages du « destroyer » ceux d'une meilleure visibilité pour les pilotes dans le nez du fuselage, ce qui facilite l'observation du ciel et le commandement de la chasse, et des facilités de navigation, installation goniométrique par exemple.

La disposition des armes dans le destroyer

Avec l'avion de chasse monomoteur moderne, l'encombrement du moteur à l'avant du fuselage a conduit à installer les armes dans les ailes. Les moteurs, devenus de plus en plus encombrants, auraient vu leur capot élargi, s'il avait fallu les flanquer d'un nombre de mi-

trailleuses égal à huit, sinon plus. Au contraire, l'aile épaisse métallique s'offre avantagement pour contenir les armes, sans qu'il en résultât aucune saillie extérieure pouvant nuire à la finesse, et l'on s'affranchissait en outre des dispositifs de synchronisation. L'aboutissement de cette tendance a été la création du Spitfire et du Hurricane britanniques.

Mais les mitrailleuses d'ailes présentent quelques inconvénients :

— Inaccessibilité complète en cas d'enrayage ;

— Déformations sensibles de la voilure en vol sous l'action des forces aérodynamiques et des vibrations, entraînant une certaine dispersion du faisceau et, par suite, nuisant à la précision du tir.

Avec la formule du destroyer bimoteur, le « nez » de fuselage s'offre naturellement pour contenir le faisceau des armes axiales fixes, et le montage présente une grande rigidité, tout en permettant l'accès des armes en vol en cas de panne de fonctionnement ou d'enrayage.

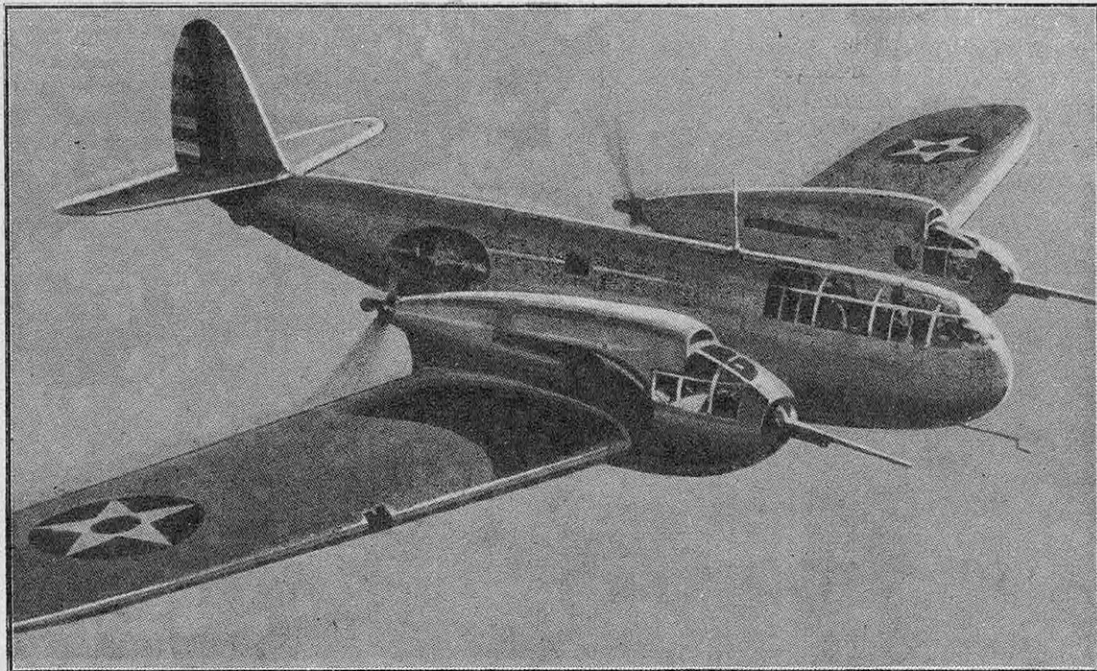


FIG. 9. — DESTROYER-BIMOTEUR AMÉRICAIN BELL X. F. M. | « AIRACUDA »

T W 5066

L'équipage de cet appareil serait de cinq ou six hommes. On remarquera sur la paroi du fuselage un des deux postes de mitrailleuses qui, sur les plus récents modèles, sont entièrement escamotables à l'intérieur du fuselage. Deux autres postes de défense ont été aménagés au milieu du fuselage, l'un vers le haut, l'autre vers le bas. Cet appareil est équipé de deux moteurs actionnant des hélices en arrière du bord de fuite. A l'avant des fuseaux moteurs, on distingue les deux canons de 37 mm montés sur affûts mobiles. La vitesse de cet appareil serait de 480 km/h.

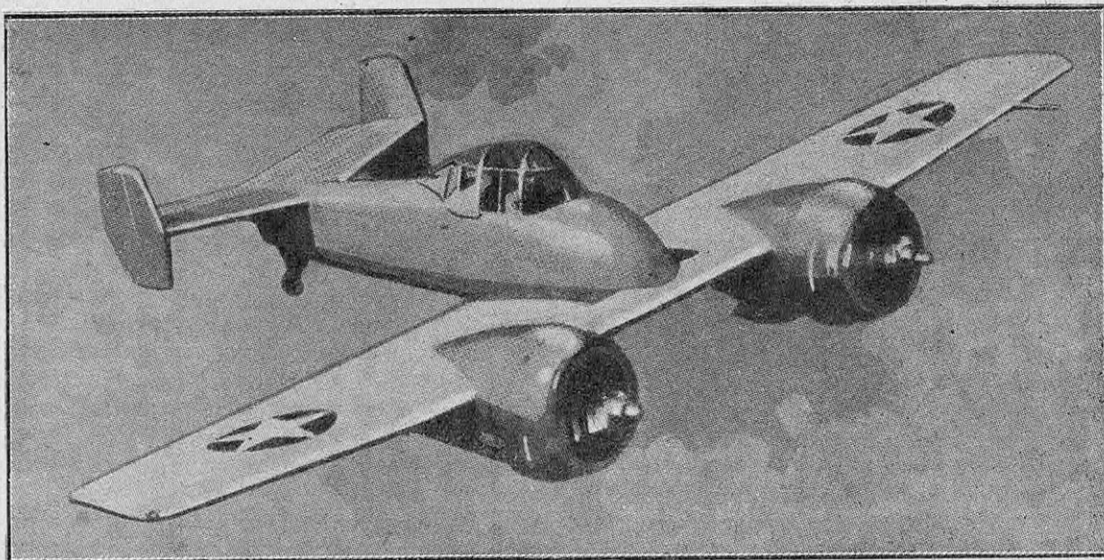


FIG. 10. — LE BIMOTEUR AMÉRICAIN GRUMMAN « SKYROCKET »

T W 5667

Cet appareil, de création récente, serait armé de deux canons et de plusieurs mitrailleuses.

Le Messerschmitt 110 contient quatre mitrailleuses dans le nez du fuselage, juste derrière le tableau de bord, d'un accès possible mais peu aisé; et deux canons de 20 mm dans le parquet du fuselage, à portée immédiate du deuxième pilote.

Le monomoteur à moteur-canon est condamné à rester monocanon; il ne dispose que du trou unique du moyeu d'hélice (1). Grâce à son fuselage libre, le destroyer peut être, autant qu'on le veut, pluri-canon.

L'avantage du destroyer est encore plus grand lorsqu'on compare l'armement en munitions. La mitrailleuse de 8 mm qui s'alimente au moyen de bandes souples peut être logée dans les ailes du monomoteur, avec un approvisionnement suffisant. Le canon de 20 mm s'alimente au moyen d'un tambour-chargeur dont le diamètre est relativement encombrant, dont l'installation dans les ailes est très difficile. Même dans le cas du moteur-canon, on ne peut guère loger derrière le moteur qu'un seul tambour contenant 60 cartouches. Le Me 110 porte, dans son fuselage, deux tambours à 100 cartouches de 20 mm.

(1) Le monomoteur est monocanon à cause du seul tir possible à travers le moyeu de l'hélice. La fixation du canon sur la butée de l'hélice lui permet d'augmenter le calibre: tel le Bell « Airacobra » à canon de 37 mm.

Le destroyer pêche-t-il par manque de protection?

Par contre, le destroyer est moins adapté pour la protection.

Le monomoteur classique présente au pilote le bouclier constitué par le moteur lui-même et le nez de l'hélice, qui peut offrir à bon compte un complément de blindage. Avec le destroyer bimoteur, le nez du fuselage offre au pilote une faible protection, à moins de consentir à le recouvrir d'un blindage de poids non négligeable.

Le destroyer paraît donc relativement moins bien protégé que le monomoteur de chasse classique.

Les destroyers type 1941

Le nouveau « destroyer » aérien allemand pour 1941 est le Focke Wulf 187, bimoteur D. B. 603 de 1 500 ch qui dépasserait les 650 km à l'heure.

L'armement axial fixe de ce « destroyer » est identique à celui du Me 110: deux canons de 20 mm et quatre mitrailleuses de 8 mm. Mais la disposition des armes est différente, comme celle de l'équipage.

Alors que dans le Me 110, les deux aviateurs sont installés côte à côte, avec palonnier central à manche transmissible de l'un à l'autre, et toutes les armes concentrées dans le nez du fuselage, dans le

F. W. 187, les deux aviateurs sont installés l'un derrière l'autre, ce qui réduit le maître-couple du fuselage. Les armes sont montées latéralement à hauteur de l'arrière du premier pilote, c'est-à-dire à portée de la main du second pilote-observateur.

Enfin, dans le Focke Wulf 187, il n'est pas prévu de mitrailleuse pour la défense arrière. Sa défense, c'est la vitesse.

Aux États-Unis, on va encore plus loin dans la formule du destroyer. Le Lockheed « Lightning » de 1941, dérivé du P. 38 de 1938, serait monoplace, dans sa première version tout au moins. Toutes les armes, deux canons et quatre mitrailleuses, sont concentrées dans le nez du fuselage central, raccourci en forme de nacelle, car les fuseaux moteurs sont prolongés jusqu'à l'empennage. Il faut noter à ce sujet la disposition « interne » des radiateurs, qui paraissent enfermés à l'intérieur des fuseaux-moteurs, immédiatement derrière le groupe motopropulseur. Avec deux moteurs Allison de 1 050 ch, le Lockheed P. 38 « Lightning » type 1941 atteindrait 700 km à l'heure.

Signalons, à côté du Lockheed, le Grumman « Skyrocket », bimoteur Wright « Cyclone » double row, de 1 200 ch qu'aurait essayé, dès 1941, la Marine américaine, et dont la vitesse serait du même ordre.

Du côté britannique, on annonce la sortie, en 1941, du Westland « Whirlwind », bimoteur Rolls Royce « Griffin » ou « Vulture », et qui serait armé à l'avant de quatre canons de 20 mm.

L'année 1941 consacra-t-elle le « destroyer » bimoteur ?

Pour conclure, constatons que ce nouveau venu, né en 1937, le destroyer « bimoteur » de chasse, « bicanon » dès ses

débuts, tend à prendre un rôle de plus en plus considérable dans la guerre aérienne.

Armé d'armes axiales fixes, dont le pointage s'effectue en pilotant l'avion lui-même, très maniable, aussi rapide que le monomoteur de chasse, le « destroyer » bimoteur ne modifie pas la tactique de la chasse, ni les principes fondamentaux du combat aérien.

Égal sur le terrain tactique, le « destroyer » présente sur son aîné, le monomoteur de chasse, un avantage stratégique. Son rayon d'action accru, ses facilités de pilotage et de navigation, sa grande capacité en munitions, le désignent particulièrement pour les missions en profondeur dans le ciel ennemi. Du point de vue stratégique, le bimoteur destroyer est plus apte à l'offensive que le monomoteur dont la principale mission reste l'interception. L'un et l'autre se complètent.

Le « destroyer » et le chasseur monoplace se complètent également au point de vue navigation, car les destroyers équipés en biplace et munis de radiogoniomètres sont particulièrement désignés pour conduire les monoplaces de chasse à une action en masse. On l'a bien vu, dans le ciel anglais, au cours de l'été 1940.

Le destroyer et le chasseur se complètent également au point de vue armement : l'un est surtout devenu « multi-mitrailleuses », l'autre devient « pluricanon », et nous verrons en 1941 des destroyers à quatre canons de 20 mm conduire des chasseurs à douze mitrailleuses d'ailes. Aussi peut-on prévoir que ce nouveau venu, le destroyer bimoteur, ne supprimera pas encore le monomoteur de chasse classique.

Pierre DUBLANC.

Le procédé le plus habituellement utilisé pour la photographie aérienne de nuit consiste à lâcher une bombe éclairante suspendue à un parachute.

Cette manière de faire n'est pas sans danger pour l'équipage, car la présence de la bombe éclairante permet de situer la position de l'appareil de reconnaissance que les projecteurs de D.C.A. prennent alors sans peine dans leurs faisceaux. En Amérique vient d'être mis au point un nouveau dispositif qui utilise des bombes éclairantes instantanées, dépourvues de parachute dont la lueur, très brève et très aveuglante, ne laisse pas aux postes de guet le temps nécessaire pour repérer sa position avec exactitude et en déduire celle de l'avion. L'appareil photographique à bord est actionné automatiquement par une cellule photoélectrique au sélénium. Ces bombes seraient capables d'illuminer d'une manière suffisante une superficie de 50 kilomètres carrés.

L'ÉVOLUTION DES ESPÈCES VIVANTES ET LES ORIGINES DE L'HOMME

par Victor JOUGLA

Tous les êtres qui vivent à la surface de la terre possèdent un certain nombre de propriétés communes qui font que l'on peut parler de la « matière vivante ». Celle-ci est constituée par des cellules qui ne peuvent naître que d'une cellule mère, et depuis les travaux de Pasteur, on sait que la génération spontanée n'est pas possible dans les conditions qui règnent actuellement sur la terre tout au moins. On est donc amené à faire l'hypothèse que toutes les espèces vivantes aujourd'hui ont une origine commune. La théorie évolutionniste, qui fait dériver toutes les formes vivantes d'un être unicellulaire est la seule qui rende compte des ressemblances entre les diverses espèces vivantes et du parallélisme du développement de deux êtres d'espèces « voisines ». Les ancêtres des formes vivantes actuelles, qui se retrouvent à l'état fossile dans les roches permettant de les « dater », montrent sur quelle immense période de temps s'échelonne l'épanouissement de la vie sur la terre. Celui-ci s'est effectué grâce à l'adaptation des espèces à des milieux très divers, adaptation dont on n'est pas encore parvenu à saisir le mécanisme. Quelle fut l'origine de la première cellule vivante? Les ultravirus, découverts récemment et qui jettent un pont entre la matière vivante et la matière inorganisée, nous aideront peut-être à l'imaginer. Et l'apparition d'un être intelligent, capable de comprendre et peut-être bientôt de diriger l'évolution, n'est pas l'événement le moins extraordinaire qu'offre la prodigieuse histoire de la Vie.

S'IL s'est trouvé dans l'Amérique anglo-saxonne, voilà quelques années, un Etat assez « conservateur » pour renvoyer aux tribunaux tout professeur qui enseignerait la doctrine de l'évolution et de la transformation des espèces, il faut reconnaître que la vieille Europe n'en est plus à ce dogmatisme.

« Plus la réflexion se prolonge, plus il apparaît que seule l'idée d'un développement progressif du monde vivant par voie d'évolution nous rend intelligible l'œuvre du créateur. » Qui parle ainsi? Le chanoine Grégoire, professeur à l'Université de Louvain, tandis que le R. P. Teilhard de Chardin, de la Compagnie de Jésus, écrit à son tour : « Réduit à son essence, le transformisme occupe une position qui semble inexpugnable. »

« Le transformisme n'est pas une hypothèse plus ou moins probable, proclame de son côté notre grand biologiste Cuénot. Si des difficultés apparaissent, il faut être persuadé qu'elles se résoudront sur le plan évolutionniste, et accuser plutôt notre ignorance que la théorie. » « L'évolution est la seule explication rationnelle de la nature », affirme M. Caul-

lery, professeur à la Sorbonne. Et selon Yves Delage, autre biologiste éminent, « il n'est pas d'autre hypothèse scientifique possible ».

Du côté des philosophes, sans insister sur la pensée de Bergson dont l'« Evolution créatrice » reste la tentative la plus aiguë qu'ait faite, dans ce sens, l'esprit humain depuis Herbert Spencer, retenons l'opinion de son successeur au Collège de France, E. Le Roy : « Le principe transformiste est un fait analogue à un fait d'histoire, prouvé en tant que tel, suivant la méthode normale. » C'est-à-dire par « mille recoupements théoriques ».

Les ancêtres du transformisme : Lamarck et Darwin

Cette triple référence d'esprits religieux, philosophiques, scientifiques (1) nous dispense d'expliquer par le détail pourquoi l'évolution des êtres vivants, aboutissant à l'homme à partir de l'être unicellulaire le plus humble, quel que soit le mystère de ses origines, n'est plus une

(1) Voir « Etat présent du transformisme », par Jean Rostand.

vue de l'esprit, mais dorénavant un chapitre de la science que les spécialistes s'acharnent à débrouiller méthodiquement. Si nous osons parler par analogie avec l'avènement de l'astronomie rationnelle au xvi^e siècle, nous dirions que nous n'en sommes plus, en matière d'évolution transformiste, à l'ère de Copernic, ni même à celle de Newton, mais bien à celle de Laplace et de Le Verrier.

Le Copernic du transformisme fut Jean Lamarck, qui en formula la thèse sans aucune des réticences dont s'entourait son maître Buffon. Dans son livre génial, *Philosophie zoologique*, paru en 1809, Lamarck écrit : « S'il est vrai que les corps vivants soient des productions de la Nature, on ne peut se refuser à croire qu'elle n'a pu les produire que *successivement* et non tous à la fois, dans un temps sans durée. Or, si elle les a formés successivement, il y a lieu de penser que c'est par les plus simples qu'elle a commencé, n'ayant produit qu'en dernier lieu les organisations les plus composées. »

Ce principe, une fois émis et appuyé de toutes les justifications possibles à l'époque, fut naturellement oublié en France. Et c'est en Angleterre qu'il reprit naissance avec Charles Darwin et son ouvrage immortel « De l'Origine des Espèces » (1859), publié juste un demi-siècle après celui de Lamarck. Et, longtemps, Charles Darwin figura, surtout aux yeux des savants anglo-saxons, le Newton du transformisme dont il semblait découvrir la cause profonde dans la concurrence des espèces et leur sélection progressive grâce à la fameuse « lutte pour la vie ».

Lamarck et l'adaptation des espèces au milieu

Lamarck n'avait assigné à l'évolution d'autres causes que l'influence du milieu extérieur et ses variations. Sous l'influence du milieu aux circonstances infiniment variées dans l'espace comme dans le temps, les espèces réagissent, s'adaptent. Leur adaptation se traduit par un *organisme* répondant à un *besoin*, que l'habitude fixe et que l'hérédité transmet.

Les exemples invoqués par Lamarck en appellent soit à l'atrophie, soit à l'hypertrophie des organes. L'une et l'autre facultés étant relevées, depuis longtemps, par les encyclopédistes.

Un animal auquel les circonstances n'offrent que des proies « non masticables »

perd ses dents, et c'est l'origine de l'ordre des « édentés ». La taupe perd ses yeux, pour avoir adopté la vie souterraine qui a ses avantages de nourriture et d'abri, mais aussi cet inconvénient : l'obscurité perpétuelle. Séduits par la commodité des herbes pour s'y cacher et chercher leur proie en rampant, les serpents ont sacrifié leurs pattes... de lézards.

Par contre, c'est la conquête de l'eau, milieu nourricier, qui a donné aux oiseaux aquatiques leurs pattes palmées et leur bec en spatule, tandis que les marécages surpeuplés d'animalcules sans défense ont obligé flamants et bécassines — suivant l'habitat que chacun choisit à sa taille — à se percher sur des échasses et à étirer leur bec en aiguille perçante. A force de se tenir debout, pour maintenir ses petits dans sa poche ventrale, le kangourou a donné à sa queue la valeur, et presque la fonction, d'un membre arrière supplémentaire.

Corrélativement, la gent aplatie — serpents et crocodiles — a placé ses yeux aux parties supérieures et latérales de la tête, tandis que la langue devient une antenne tactile suppléant le défaut de vision antérieure. Ainsi, l'animal se modèle sur le milieu en fonction de ses besoins. Le milieu n'agit jamais, selon Lamarck, d'une façon directe, ni sur la forme, ni sur les fonctions organiques de l'animal. Le transformisme lamarckien comporte une *réaction* de la part de celui-ci : ces réactions sont, répétons-le, ses *besoins* et ses *habitudes*, les premiers créant les fonctions que les secondes stabilisent.

Darwin et la concurrence vitale

La théorie darwinienne est tout autre. Darwin observe qu'il n'existe pas deux individus rigoureusement semblables au sein d'une même espèce. L'espèce varie donc incessamment et dans tous les sens, par ses individus. Toutes les variations n'étant pas d'égale valeur pratique, leur accumulation dans un même sens aboutit ou bien à affaiblir l'individu ou bien à le fortifier. Or, sans trêve, la nature organise le massacre dans une sorte d'auto-destruction, évidemment nécessaire. Si les sardines, qui pondent chacune 50 000 œufs annuels, avaient autant de petits, en quelques saisons l'Océan contiendrait plus de sardines que d'eau. Passons à l'autre extrême de la prolificité : celle de l'éléphant. Chaque couple d'élé-

phants devrait engendrer, sauf accident, 19 millions d'éléphants en sept siècles — ce qui est énorme, mais encore très peu devant le couple d'oiseaux qui engendrerait 20 millions de petits en dix ans!

Heureusement, la « lutte pour la vie » devient ici le grand régulateur : non seulement les espèces s'entre-dévorent, mais le banc de sardines dévore ses propres alevins. Dans cette autodestruction, la matière vivante obéit à des lois statistiques d'équilibre qui rappellent les équilibres chimiques. Mais, tandis que dans la théorie des « lois d'action de masse » de la chimie, toutes les molécules sont équivalentes pour le chimiste, Darwin prétend que, dans la lutte pour la vie, les individus les mieux doués sont récompensés par la survivance au massacre universel. Donc, ce massacre oriente fatalement, d'après lui, les variations individuelles dans le sens d'un progrès. Et voilà installée ce qu'il nomme « la sélection naturelle ».

Darwin, lui aussi, fournit ses exemples : le pigeon sauvage ou biset, livré aux éleveurs qui ont sélectionné ses variations, a fourni cent races différentes : le pigeon voyageur, le pigeon-paon, le culbutant, le pattu, le boulang à grosse gorge, le messager à grand bec, le bribon à plumes retroussées, le capucin, le tambour au roucoulement tonitruant, le milanais frisé, le romain, le tunisien, le coquillé, le pigeon-hirondelle, etc... Pour Darwin, la nature est le grand éleveur : qu'une disette survienne dans la savane, les girafes au cou le plus long, seules capables de brouter jusqu'au sommet des arbustes, auront le moins de chances de mourir de faim. Donc, les cous s'allongent, chez les girafes, sous peine de mort pour l'espèce.

Si certains insectes viennent à ressembler, par hasard, aux feuilles dont ils se nourrissent, c'est là une assurance contre le danger d'être dévorés par les oiseaux carnassiers. C'est ainsi que, par sélection, le mimétisme (1) devient un fait biologique banal.

Quant aux armes, les éperons du coq, le bois du cerf, ce sont les mâles qui en sont le mieux pourvus qui auront toutes

chances de perpétuer l'espèce en s'adjuvant les femelles.

« La théorie darwinienne, observe Jean Rostand est, tous comptes faits, aristocratique : le milieu n'y joue pas, comme dans le lamarckisme, un rôle positif, créateur, mais négatif, destructeur. » L'adaptation de la forme au milieu n'est point, comme chez Lamarck, primitive, mais secondaire : elle s'obtient par l'élimination des moins adaptés. En résumé, Lamarck explique la variabilité des espèces par

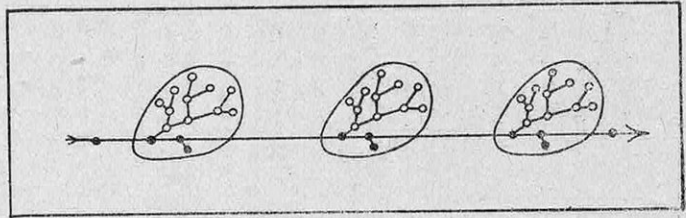


FIG. 1. — L'INDÉPENDANCE DU « GERMEN » ET DU « SOMA » EXPLIQUE POURQUOI LES CARACTÈRES ACQUIS PAR L'INDIVIDU DURANT SA VIE NE SONT PAS TRANSMIS A SES DESCENDANTS

L'organisme d'un individu est composé de deux sortes de cellules : les cellules somatiques (représentées en blanc) qui bâtissent les organes nécessaires à l'existence de l'individu, et les cellules germinales (représentées en noir) qui assurent la continuité de l'espèce. Tous les incidents qui affecteront l'individu au cours de son existence modifieront les cellules somatiques, mais seront sans action sur la cellule germinative, donc sur la descendance de l'individu considéré.

leur faculté d'adaptation au milieu ; Darwin explique leur adaptation au milieu par le bonheur plus ou moins grand de leurs variations.

La concurrence vitale produit une sélection aveugle

Dans leurs grandes lignes, que nous venons de tracer, les deux systèmes classiques de transformisme, celui de Lamarck et celui de Darwin, demeurent bien moins scientifiques que philosophiques. Ils n'offrent, pour ainsi dire, aucune prise à la vérification expérimentale.

D'abord, les faits grossiers protestent contre la chaîne des déductions de Darwin : dans la lutte pour la vie, le *petit nombre* des survivants est fait d'individus absolument quelconques. Aucune guerre ne sélectionne les meilleurs : elle est surtout une hécatombe des plus courageux. La nature ne choisit pas, comme l'éleveur, elle n'a pas de motif de choisir, puisque la science lui interdit toute « cause finale ». Flottant, donc, en tout sens, les « variations » individuelles ne sauraient fournir la « résultante diri-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, décembre 1938.

gée » que leur attribue gratuitement Darwin. S'il n'existait que des variations sélectives, que signifierait au regard de l'évolution la réduction du fémur de la baleine aux « 30 grammes » qu'il pèse aujourd'hui? En quoi, demande Spencer, une baleine dont le fémur pèserait « 40 grammes » serait-elle inférieure à ses sœurs? Il en va de même du plus grand nombre des variations individuelles à l'intérieur d'une espèce. Elles sont

tion suivante, *sans passer par les cellules « somatiques »* qui bâtissent le corps de l'individu. Le nouveau-né porte donc en lui les germes qui caractériseront ses propres enfants à venir, quelles que soient les atrophies ou les hypertrophies qu'il acquerra lui-même par accident ou par volonté, au cours de sa propre lutte pour l'existence. Voilà le grand fait, qu'ignorait Darwin aussi bien que Lamarck : le germen (c'est-à-dire les cellules germinatives munies de leur équipement héréditaire) est indé-

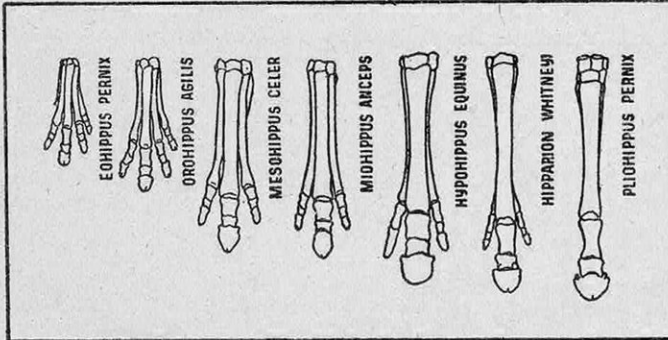


FIG. 2. — UN TRÈS BEAU CAS D'ORTHOGÉNÈSE OU ÉVOLUTION EN LIGNE DROITE : L'APPARITION DU CHEVAL

Nous sommes très bien renseignés sur l'évolution du cheval depuis la période de l'éocène jusqu'à nos jours, par les nombreux fossiles découverts en Amérique. Cette évolution s'observe sur toutes les parties du squelette, mais l'étude de la main (extrémité du membre antérieur) est particulièrement intéressante. Elle nous montre comment, par la régression successive de divers organes, une forme particulière (main à un seul doigt du cheval) peut dériver de la forme la plus générale (main à cinq doigts de la plupart des vertébrés). Tandis que les évolutions constructives (formation d'organes nouveaux) peuvent s'arrêter et même revenir en arrière, les atrophies sont toujours irréversibles. (D'après Boule, reproduit par Aron et Grasé).

à peu près indifférentes en ce qui concerne l'aptitude de l'individu à survivre à la lutte pour la vie.

D'ailleurs, la destruction massive porte sur les jeunes, parfois dans la proportion de 99,9 pour cent, bien avant qu'ils aient pu faire figure de champions dans la lutte pour la vie.

Les innombrables variations des espèces « linnéennes » cachent la grande stabilité des espèces élémentaires

Enfin, et c'est le plus grave, la science génétique contemporaine montre que les variations acquises par l'individu au cours de son existence ne se transmettent pas héréditairement.

Les caractères héréditaires sont liés aux chromosomes des cellules germinatives qui les transmettent directement aux cellules germinatives de la généra-

tion suivante, *sans passer par les cellules « somatiques »* qui bâtissent le corps de l'individu. Le nouveau-né porte donc en lui les germes qui caractériseront ses propres enfants à venir, quelles que soient les atrophies ou les hypertrophies qu'il acquerra lui-même par accident ou par volonté, au cours de sa propre lutte pour l'existence. Voilà le grand fait, qu'ignorait Darwin aussi bien que Lamarck : le germen (c'est-à-dire les cellules germinatives munies de leur équipement héréditaire) est indé-

pendant du soma (c'est-à-dire du corps porteur de ces germes, considéré dans sa morphologie individuelle). C'est la grande découverte d'Auguste Weissmann. La vie évolue de germe en germe, comme l'écrivait Bergson au début de ce siècle, d'accord, par anticipation, avec les données les plus récentes de la génétique américaine.

La stabilité des espèces est le plus souvent masquée par le fait que, loin de constituer un ensemble homogène, elles sont en réalité complexes. Il existe des « races » au sein des espèces, et leurs croisements donnent lieu à d'innombrables combinaisons de caractères héréditaires d'où résultent les variations individuelles que l'on observe parmi ces espèces. La génétique explique que ces races diffèrent entre elles par un ou plusieurs maillons de cette chaîne de « facteurs » que constitue la garniture chromosomique du noyau de la cellule. Les individus de races pures possèdent les facteurs caractéristiques de cette race sans aucun mélange, et leur garniture chromosomique est parfaitement symétrique. Au contraire, la plupart des individus sur lesquels on observe les variations sont des hybrides qui possèdent dans leur patrimoine héréditaire des facteurs *récessifs* (1), qui peuvent « sauter » sans se manifester un certain nombre de générations, pour réparaître ensuite sans que l'on connaisse leur provenance.

Mais si, par des procédés de sélection,

(1) Voir dans ce même numéro : *Un grand problème social : La Recherche de la Paternité devant la science.*

l'on isole des individus tels que leurs génotypes soient tous symétriques, la descendance de ces individus, si l'on évite de les croiser avec des individus de « race » différente, présentera des variations extrêmement faibles. Nous aurons alors isolé un « jordanon » — du nom du botaniste Jordan qui isola, en 30 ans, 200 espèces élémentaires d'une crucifère « *Draba Verna* ».

Les « mutations » ou transformations brusques des espèces

La stabilité du « jordanon » peut être rompue par une *mutation*, c'est-à-dire par l'altération accidentelle d'un des « facteurs » de la cellule germinative. Une race nouvelle est alors créée. La découverte des mutations a renouvelé la question du transformisme, et on admet généralement aujourd'hui que l'évolution s'est effectuée par sauts brusques d'une espèce à une autre.

Sur une petite échelle de temps, les mutations semblent relativement rares, mais si l'on considère une période assez longue, une centaine de générations, elles nous font assister à un jaillissement perpétuel d'espèces nouvelles. Certaines espèces se montrent à cet égard d'une plasticité remarquable, telle la mouche *Drosophile* qui, entre les mains des généticiens américains, n'a pas fourni moins de 500 races différentes.

Il s'en faut que les mutations s'accomplissent toujours pour le plus grand bien de ceux qui les subissent. Beaucoup sont moins robustes que leurs parents, beaucoup ne sont même pas viables et la sélection naturelle s'exerce immédiatement sur les nouveaux venus pour les éliminer.

Loin d'être un facteur d'évolution, elle paraît donc agir le plus fréquemment pour stabiliser les espèces. On a pu objecter à la théorie « mutationniste » que la plupart des mutations sont *subtractives* et que la production d'éclopés à laquelle elles nous font assister est loin de rendre compte de ce merveilleux travail de construction qui, de la cellule isolée, a construit les organismes les plus complexes. Mais la nature nous donne l'exemple d'une prodigalité extraordinaire, et elle peut s'accommoder d'échecs innombrables si, dans ses « essais », il se trouve de temps en temps une réussite. Et, dans certains cas, les mutations donnent naissance à des races plus fortes, ou plus prolifiques, qui supplantent les

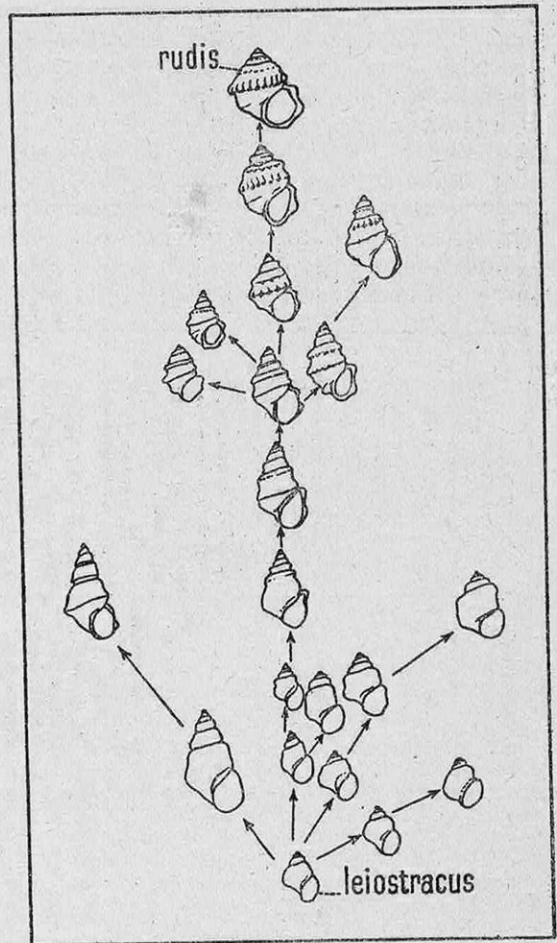


FIG. 3. — LES PALUDINES DE SLAVONIE NOUS FONT ASSISTER A LA TRANSFORMATION CONTINUE D'UNE ESPÈCE EN UNE AUTRE

La théorie mutationniste nous apprend que l'évolution s'effectue par sauts brusques. Tel ne semble pourtant pas avoir été le cas de la transformation des Paludines, dont on retrouve les coquilles dans la vase qui tapissait le fond d'un lac de Slavonie, et que l'on peut « dater » d'après le niveau des couches où on les retrouve. Sous l'influence des changements de salinité et de température de l'eau, la Paludine a orné sa coquille, et l'a notablement agrandie. Mais il ne s'agit pas de variations « somatiques » non héréditaires telles qu'on les obtient en transportant par exemple une plante des montagnes dans la plaine. Elles se sont exécutées en plusieurs directions divergentes, et entre les formes différentes ainsi créées on a pu retrouver des hybrides, ce qui prouve qu'il s'agissait bien de variations héréditaires, aboutissant à la formation d'espèces nouvelles. (D'après Boule, reproduit par Aron et Grasé.)

animaux ou qui se révèlent capables de coloniser des milieux nouveaux. La théorie « mutationniste » de l'évolution emprunte à Darwin son explication de l'adaptation : les êtres vivants naissent adaptés à un milieu et survivent, mais

MODE D'ASSOCIATION DES CELLULES ET DES INDIVIDUS PERFECTIONNEMENTS SUCCESSIFS	CELLULES ISOLÉES	COLONIES DE cellules sans division du travail	COLONIES DE cellules avec division du travail	MÉTAZOAIRES intérieurs	MÉTAZOAIRES segmentés	COLONIES DE métazoaires sans division du travail	COLONIES DE métazoaires avec division du travail
Raison, parole et tradition. Usage habituel du feu et des outils.					Primates supérieurs.	Homme ancestral.	Homme moderne.
Elaboration de l'intelligence. Evolution des mains. Importance accrue des organes de la vision.					Oiseaux, Mammifères et Reptiles supérieurs.	Primates grégaires.	
Elaboration de la mémoire et de la faculté d'association. Thermorégulation, soins à la progéniture avant et après la naissance.					Insectes supérieurs (Abeilles solitaires, Guêpes, Araignées).	Oiseaux, Mammifères et Reptiles grégaires.	
Elaboration des instincts.					Nombreux insectes et Araignées, Reptiles.	Colonies d'insectes.	Insectes sociaux (Fourmis, Abeilles, Guêpes, Termites).
Adoption d'un mode de vie complètement terrestre.				Mollusques terrestres (escargots et limaces).	Batraciens.		
Existence terrestre, mais souv. confinée aux endroits humides; le plus souvent reproduction aquatique.				Nombreux mollusques Turbinelles, etc.).	Crustacés terrestres.		
Elaboration plus complète du cerveau et de la tête.				Mollusques primitifs (Chitons).	Poissons, Crustacés supérieurs, Agnathes (Lamproies).	Poissons grégaires.	
Elaboration des organes des sens et de la locomotion. Tête primitive.				Echinodermes, Mollusques bivalves.	Artropodes inférieurs (Daphnies, Péripates, etc.).		
Célorame, élaboration du cœur, des bronches et des organes de la digestion.				Némertes.	Vers de terre, Sangsues, Annélides marins, Amphioxus, Ascidies.	Ascidies composées.	Salpes et autres tuniciers marins.
Appareil circulatoire.				Rotifères, Nématodes.			
Anus.				Douves du foie, Vers plats vivant librement.			
Trois assises de cellules, système nerveux central, système excréteur.				Méduses.	Vers solitaires.		
Anneau nerveux.				Hydres, Anémones de mer.			Siphonophores.
Bouche, réseau nerveux.				Eponges simples.			Nombreux hydrozoaires coloniaux.
Deux assises de cellules.							
Elaboration des organes de la cellule.	Protozoaires complexes, ciliés, Vorticellides.	Vorticellides coloniaux.	Vorticellides coloniaux.				
Noyau.	Protozoaires simples, Amibes, Flagellés simples.	Pandorine.	Volvox.				
Pas de noyau discernable.	Bactéries.	Colonies de bactéries.					

ne s'adaptent pas pour survivre; pour s'habituer quelque part, il faut pouvoir y vivre assez longtemps pour y prendre ses habitudes.

Le mutationnisme explique moins bien certaines « orthogénèses » ou séries continues de transformations qui s'effectuent d'une espèce à l'autre sans qu'il soit à aucun moment possible de discerner la moindre discontinuité, telle la transformation d'un simple coquillage du fond d'un ancien lac de l'Europe centrale qui, évoluant d'une façon continue sous l'influence des changements de salinité de l'eau, a surchargé d'ornements sa coquille et a donné naissance à plusieurs espèces capables d'engendrer des hybrides.

Enfin, l'évolution paraît s'être effectuée suivant des « courants » parallèles, allant toujours dans le sens d'une spécialisation et d'une centralisation plus poussée des centres nerveux. La théorie mutationniste ne rend pas compte de cette « direction » du phénomène évolutif.

Mais elle reconnaît volontiers ses insuffisances, ne prétend pas tout expliquer et se contente de rechercher les faits positifs.

Les ressemblances anatomiques des êtres vivants dévoilent leur parenté

Le premier travail des sciences de la nature a consisté à décrire les êtres vivants et à distinguer dans leur corps différents organes dont elles recherchaient la fonction. Ce travail a permis de grouper les êtres vivants en un certain nombre de classes entre lesquelles il était encore possible de trouver des analogies un peu moins étroites, et ainsi de suite.

En même temps, suivant la complexité de leur organisme, qui va de pair avec la perfection de leurs fonctions de « relation » avec le milieu extérieur, on fut amené à faire une hiérarchie, au sommet de laquelle l'homme se plaçait modestement.

Entre animaux voisins, il était tout naturel de supposer une certaine parenté et, par conséquent, des ancêtres communs.

Les ancêtres des formes vivantes actuelles et leur arbre généalogique

Ces ancêtres ont disparu, mais leurs restes fossiles (tiges de végétaux, carapaces, ossements d'animaux) nous donnent une idée de leur aspect et de leur façon de vivre. Ils trouvent place dans la classification établie par l'anatomie comparée des espèces vivantes, à condition de ménager parfois des tiroirs supplémentaires pour les placer.

Et l'idée s'impose immédiatement de construire un arbre généalogique de tous les êtres vivants. Cette généalogie n'aura évidemment qu'une valeur hypothétique. Chaque découverte d'un fossile nouveau entraîne une retouche, mais, dans ses grandes lignes, il ne changera pas.

Après quelques tentatives de mieux en mieux réussies de vie en colonie, les associations de cellules constituent un individu. Et presque aussitôt la vie animale se sépare en deux courants dont l'un conduira aux vertébrés et à l'homme, l'autre aux insectes.

Le long des deux branches de l'arbre généalogique, nous disposerons comme des bourgeons, suivant la hiérarchie que nous avons établie tout à l'heure. Il est tentant d'aller plus loin et de diviser les branches en rameaux... Nous ne pouvons encore le faire.

Combien de temps a duré l'évolution ?

Nous connaissons approximativement l'âge des fossiles par l'âge des roches dans lesquelles leurs débris sont emprisonnés et nous savons quelle prodigieuse durée a demandé l'épanouissement de la vie sur la terre.

Étant entendu que certaines évaluations sont faites à quelques millions d'années près, en ce qui concerne les seuls

TABLEAU I. — LES ÉTAPES SUCCESSIVES DE L'ÉVOLUTION : DE LA CELLULE ISOLÉE AUX SOCIÉTÉS D'ANIMAUX GROUPÉS PAR L'INTELLIGENCE OU L'INSTINCT ET OU APPARAÎT LA DIVISION DU TRAVAIL (D'APRÈS HALDANE ET HUXLEY)

Tout au long de l'évolution des êtres vivants, les mêmes tendances se retrouvent : les unités vivantes ont tendance à se grouper en colonies, et ces colonies tendent à s'organiser grâce à une division du travail entre les unités qui se spécialisent. Cette tendance aboutit à la formation d'organes de plus en plus perfectionnés et à la centralisation des fonctions de relation avec le milieu extérieur qui deviennent le travail d'un seul organe : le cerveau. Ce tableau pourrait être prolongé vers le bas puisque, dans la composition de la cellule, entrent des molécules protéiques analogues aux ultravirus. Et tout à la base, nous trouvons la tendance de l'atome de carbone à s'unir à lui-même indéfiniment pour former des édifices complexes plus ou moins stables unissant des milliers de ces atomes.

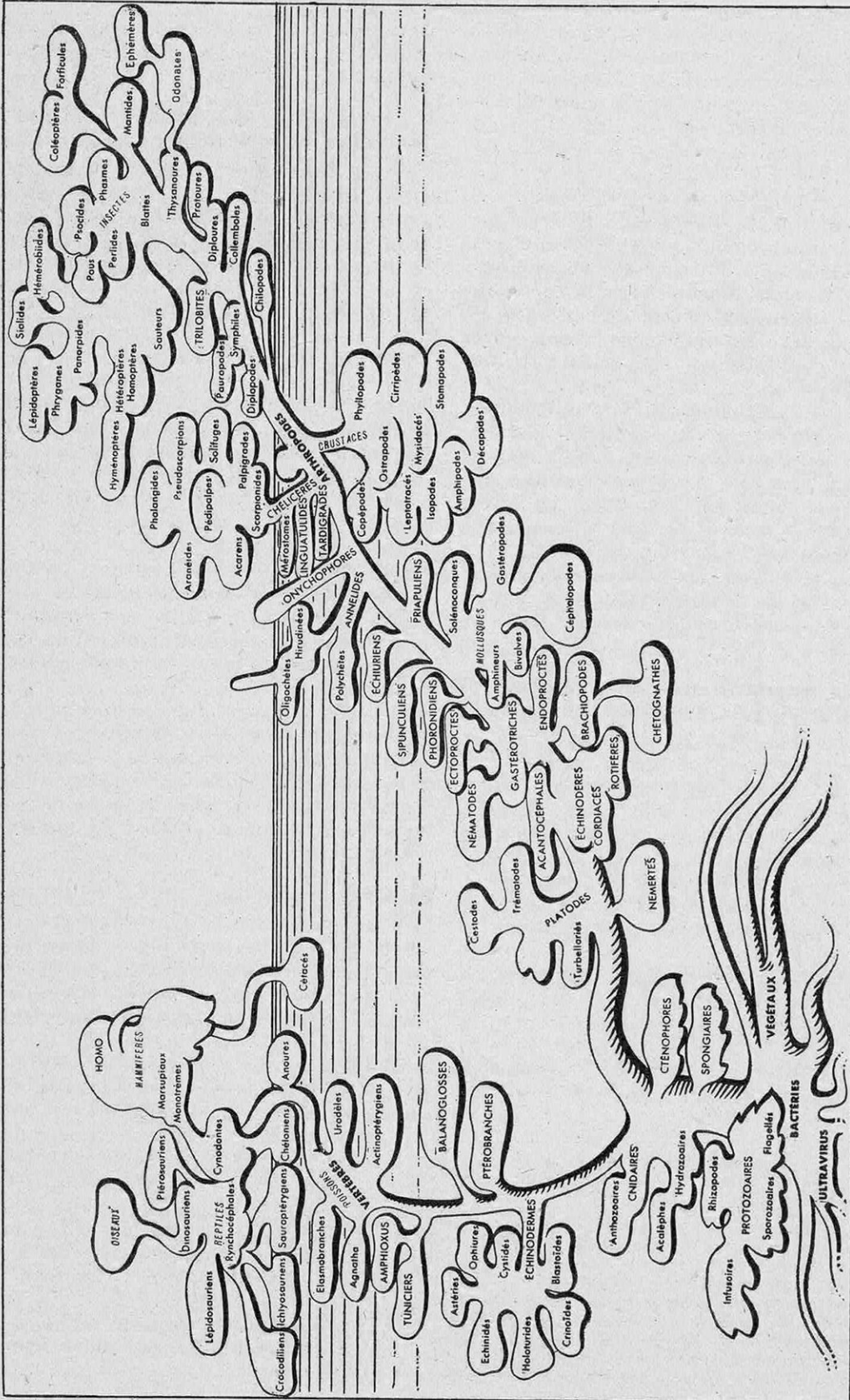


FIG. 4. — L'ARBRE GÉNÉALOGIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES ÊTRES VIVANTS, TEL QU'ON PEUT L'ÉTABLIR D'APRÈS LES DONNÉES DE L'ANATOMIE COMPARÉE, DE LA PALÉONTOLOGIE ET DE L'EMBRYOLOGIE (D'APRÈS LE PROFESSEUR CUENOT)

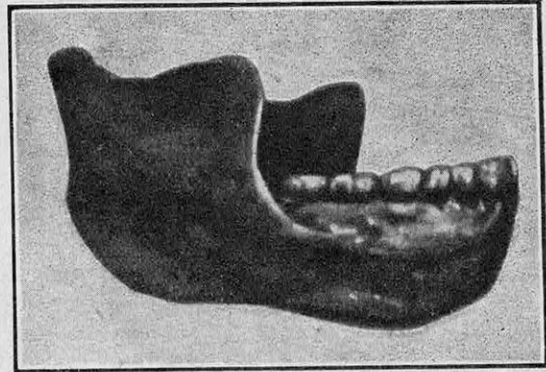
vertébrés, les premiers poissons apparaissent il y environ 35 millions de siècles, les reptiles il y a 15 millions de siècles, les premiers mammifères il y a un peu plus d'un million de siècles, enfin les ancêtres immédiats de l'homme il y a 500 000 siècles.

**L'histoire de l'homme,
« histoire de la dernière heure »**

Le premier homme fossile connu est celui dont la mâchoire *seule* nous est parvenue, découverte, en 1907, près d'Heidelberg. N'étaient ses molaires « humaines », dont un des cinq mamelons a déjà tendance à s'atrophier, on dirait d'une mâchoire de chimpanzé.

A un niveau géologique déjà plus élevé, se place l'homme de Piltown : son crâne mesure 1 370 centimètres cubes de capacité (supérieur aux 1 240 cm³ des Papous et Australiens actuels).

Et puis, à des centaines de siècles plus près de nous, se situe l'homme de Néanderthal. Contemporain du mammoth cet hôte des cavernes qui nous a laissé au Moutier (vallée de la Vézère) des traces industrielles variées, nous est mieux connu, au dire de Marcellin Boule, que ceux de bien des races actuellement vivantes. Petit, vigoureux, courbé comme un chimpanzé, le gros orteil écarté, marchant, comme les singes, sur le bord ex-



T W 588g

FIG. 6. — LA MACHOIRE DE L'HOMME DE HEIDELBERG
L' « homme » de Heidelberg ne nous a légué que sa puissante mâchoire. Celle-ci n'est pas encore humaine comme en témoigne l'absence complète de menton, et si les dents ne sont plus celles d'un singe, l'espace laissé entre les deux branches est si étroit qu'il devait difficilement permettre à la langue le jeu nécessaire à la parole. (D'après Boule, reproduit par Aron et Grasé.)

terne du pied, il était « droitier » comme nous, ainsi que l'indique le développement particulier de l'humérus droit. Et malgré d'autres particularités simiennes (robustesse des côtes; clavicules grêles; crâne long et plat; face proéminente; arcades sourcilières saillantes formant la « visière » osseuse des anthropoïdes; mâchoire inférieure bestiale et mâchoire

supérieure en museau), les 1 400 centimètres cubes de son encéphale en font un homme. Son cerveau, qui devait atteindre 1 200 g, pesait plus lourd que celui de Gambetta. Et puis, il fabriquait des outils, encore que rudimentaires. Il allumait du feu et enterrait ses morts, premier acte « religieux ». Religieux et artisan, cet *homo faber* pouvait attendre de devenir *sapiens* et même *loquax*. Il était déjà l'homme.

Encore deux ou trois cents siècles, voici l'homme de Cromagnon, dont le crâne, jeté dans la fosse commune d'un cimetière actuel de la région, y serait indiscernable des autres squelettes — à la fossilisation près.

Contemporain du renne, son animal de chasse nourricier, religieux et, plus qu'arti-

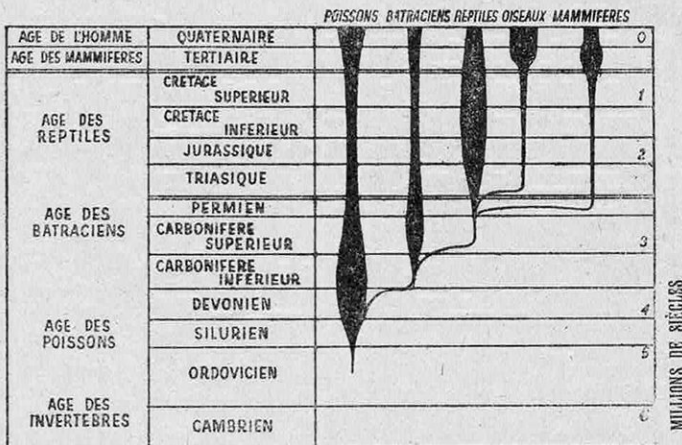


FIG. 5. — DIAGRAMME MONTRANT L'APPARITION SUCCESSIVE DES CINQ GRANDES CLASSES DE VERTÉBRÉS AU COURS DES TEMPS GÉOLOGIQUES

L'échelle approximative des temps, déduite de l'étude des roches radioactives se trouve indiquée à droite du diagramme en millions de siècles. L'épaisseur des colonnes verticales correspondant à chacune des classes indique l'abondance de ses représentants telle que nous la révèle l'étude des fossiles trouvés dans les couches superposées de terrain.

san, artiste dans ses gravures ornementales, inventeur d'engins de chasse et de pêche remarquables et sans doute d'objets usuels en bois et cuir, dont il ne reste aucune trace, le « magdalénien » de Cro-Magnon inaugure vraiment notre civilisation actuelle.

Tous les fossiles humains que nous pourrions trouver dans les collections des muséums se groupent autour de ces deux types : Néanderthal et Cro-Magnon. Peu de chose, comme on voit, pour éclairer un laps de temps dont l'énumération se fait par centaines de millénaires.

Que si l'on cherche, maintenant, l'intermédiaire entre le premier homme et la bête, on le possède, mais seulement à deux exemplaires. Il y a le *Pithecanthropus* découvert à Java en 1892, ancêtre ultra-lointain, à démarche verticale, ne disposant que de 750 grammes de cerveau. Pourtant, ses sinus frontaux, qu'a permis de déceler la spectrographie X, séparent le Pithecanthrope des singes actuellement les plus évolués.

Le second intermédiaire est le « Sinanthrope », dont quatorze squelettes furent découverts près de Pékin en 1929-1930. Les fouilles ont de ces ironies : quatorze squelettes d'une seule race, c'est-à-dire trois fois plus qu'on n'en possède de spécimens véritablement distincts pour la transmission intégrale de l'hominien à l'homme ! Les caractères du Sinanthrope le rapprochent de l'homme : 860 grammes de cerveau ; voûte crânienne moins aplatie que celle du Pithecanthrope. Le Sinan-

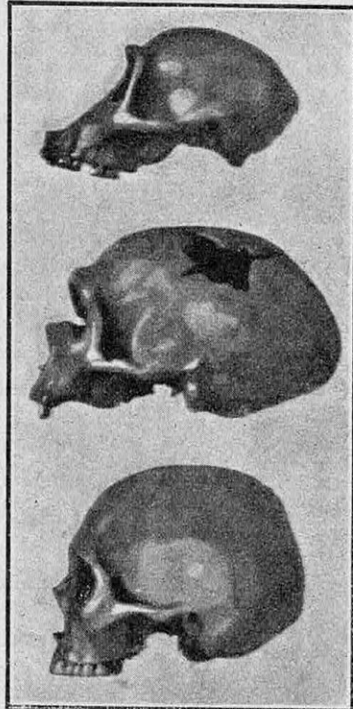
thrope n'a pourtant laissé aucun vestige industriel, malgré l'accumulation de ses ossements. Il n'était donc, lui aussi, qu'un animal inintelligent — l'intelligence concrète débutant à l'acte de fabriquer.

Le développement d'un être vivant, film accéléré de l'histoire de son espèce

Etant donné cette pénurie des jalons qui seraient nécessaires pour relier l'homme aux anthropoïdes, eux-mêmes hypothétiques, comment oserions-nous seulement envisager de prolonger l'enchaînement de ceux-ci aux lémurieniens ; des lémurieniens aux marsupiaux ; des marsupiaux aux reptiles ; des reptiles aux poissons ; des poissons aux vers primitifs ? Vouloir établir semblable généalogie aux ramifications innombrables, dont les rameaux latéraux doivent pour la plupart se révéler stériles, tandis que le tronc principal ne cesse de grandir, portant l'homme à son sommet, ce serait œuvre d'imagination pure.

Cependant, le problème de l'évolution et des origines présente un matériel de travail autrement substantiel, qui fut mis en évidence pour la première fois par l'Allemand Haeckel.

Au siècle dernier, Haeckel fut frappé du parallélisme du développement embryonnaire des animaux d'espèces voisines (par exemple un mammifère et un reptile). Il remarqua que les formes prises successivement par l'embryon ont des analogies avec les formes des animaux que



T W 5888

FIG. 7. — LE DÉVELOPPEMENT DE CERVEAU EST LE CARACTÈRE QUI DIFFÉRENCIE LE PLUS NETTEMENT L'HOMME DE L'ANIMAL

Le singe possède tout comme l'homme des mains dont le pouce est opposable aux autres doigts, et s'il est incapable de s'en servir pour fabriquer des outils, cela tient au développement insuffisant de son cerveau, qui ne peut exiger de la main un exercice aussi délicat. Le cerveau humain diffère à la fois par son poids et par sa structure, dont la complexité se révèle extérieurement par le nombre des circonvolutions cérébrales. En moulant l'intérieur d'un crâne, nous pouvons être renseignés sur ces deux caractéristiques et avoir une idée du niveau mental de son possesseur. En haut se trouve un crâne de chimpanzé, le poids du cerveau n'est que le 1/114 du poids total de l'animal ; en bas un crâne d'Européen, ici le rapport est de 1/35 entre le poids du cerveau et le poids du corps ; au milieu, le crâne de l'homme de Néanderthal : le rapport était intermédiaire entre les deux premiers, le cerveau devait peser 1 200 g et les circonvolutions étaient déjà plus nombreuses que celles du chimpanzé. (D'après Boule, reproduit par Aron et Grasé.)

l'on rencontre quand on parcourt l'arbre généalogique depuis la cellule unique jusqu'à l'animal dont on étudie le développement. Il exprima ces deux faits en une formule qui fit fortune : « L'ontogenèse (formation de l'individu adulte à partir de l'œuf) récapitule la phylogénèse (évolution des organismes vivants jusqu'à l'animal considéré). »

Prise sous cette forme, la loi est inexacte. Elle voudrait dire que l'embryon ressemble successivement à toutes les formes adultes, c'est-

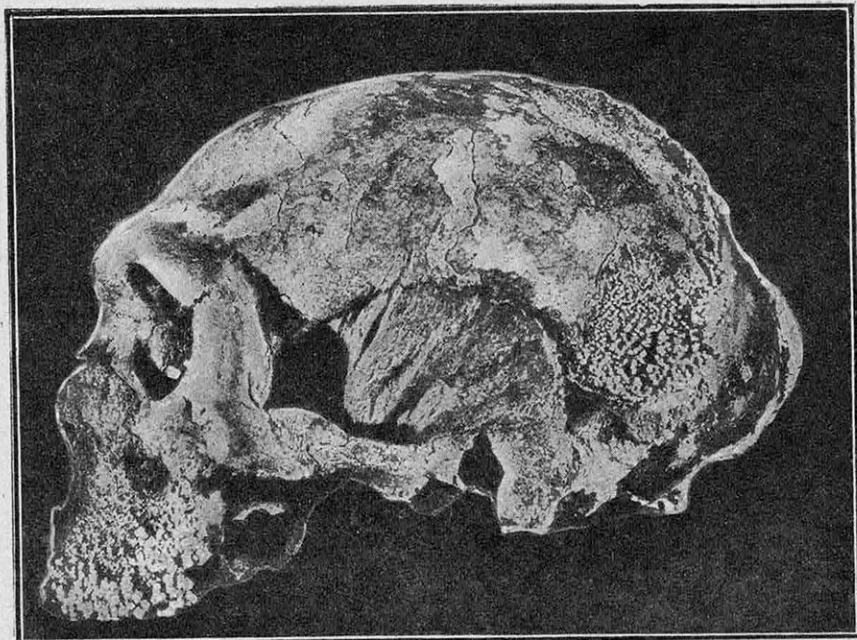


FIG. 9. — CRANE HUMAIN DU TYPE NÉANDERTHAL DÉCOUVERT EN 1939 DANS UNE GROTTE DE MONTE CIRCIO (ITALIE) T W 5886

Ce crâne fut trouvé avec d'autres vestiges humains sur la côte de la mer Tyrrhénienne qui semble avoir été assez peuplée aux temps préhistoriques. Des débris animaux (bovidés, chevaux, porcs, cervidés) qui l'accompagnaient nous renseignent sur la nourriture de cet ancêtre lointain. L'âge possible de ce crâne paraît compris entre soixante-dix mille et cent trente mille ans.

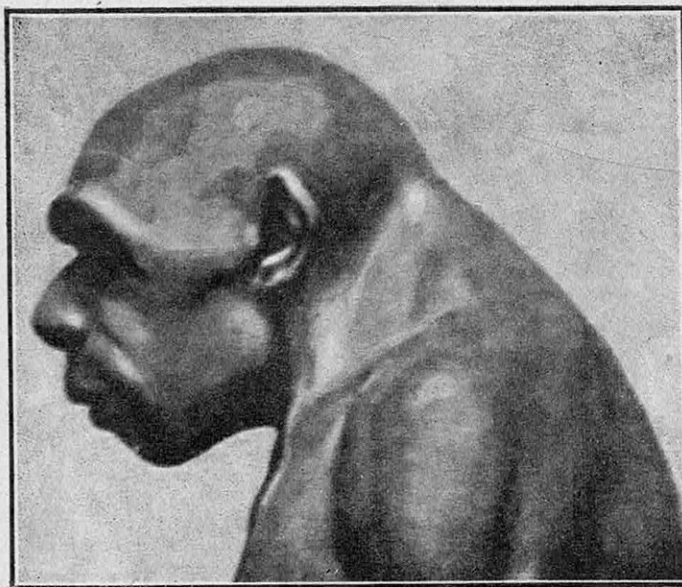


FIG. 8. — UNE RECONSTITUTION (EN GRANDE PARTIE HYPOTHÉTIQUE) DE L'HOMME DE NÉANDERTHAL T W 5887

L'homme de Néanderthal est le premier hominien vraiment digne du nom d'homme. De petite taille, sa face énorme et son nez large, ses arcades sourcilières saillantes et sa station qui n'était pas absolument verticale dénotent encore des caractères simiens. Son industrie était rudimentaire et il ne semble pas avoir su dessiner ou sculpter.

à-dire passe successivement par tous les bourgeons de l'arbre généalogique.

En réalité, l'embryon parcourt le tronc, puis emprunte la branche qui le conduira à son espèce. Un embryon humain ressemblera successivement non pas à un poisson, puis à un reptile, mais il sera successivement embryon de poisson et de reptile avant de bifurquer vers la forme d'un mammifère.

L'embryon de la forme « alevin », à un certain stade de son développement, possède déjà tous les organes qui, plus ou moins remaniés, donneront ceux de la forme adulte; il possède aussi en gros ceux qui donneront les organes d'un mammifère. Les biologistes qui ont suivi pas à pas les transformations qui d'un « même » embryon font deux êtres différents et ont établi des lois qui précisent,

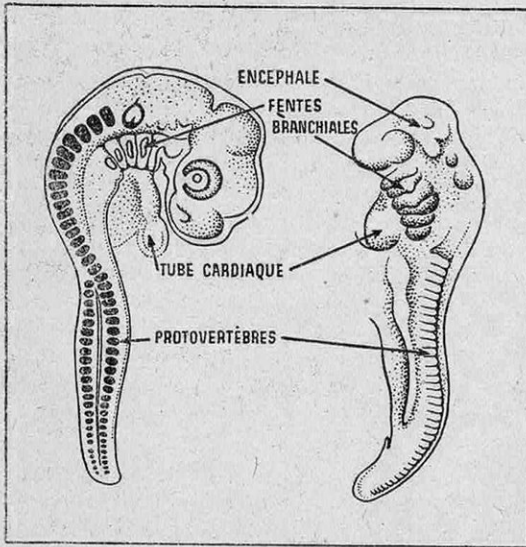


FIG. 10. — A DES STADES PRÉCOCES DE LEUR DÉVELOPPEMENT, DEUX VERTÉBRÉS ONT LA MÊME STRUCTURE

A gauche on a représenté un embryon de poisson, et à droite un embryon d'oiseau. Bien que leur silhouette générale soit différente, on peut y distinguer les mêmes organes que l'on dit homologues. Dans les phases ultérieures du développement de ces deux animaux, certains de ces organes homologues subiront des évolutions divergentes, s'atrophiant chez l'un et restant fonctionnels chez l'autre (branchies) ou adoptant des fonctions différentes. Mais la plupart aboutiront à la même destination et c'est pourquoi l'anatomie comparée retrouve chez tous les vertébrés une étroite parenté de structure. (D'après Boule, reproduit par Aron et Grasé.)

tout en la corrigeant, la loi de Haeckel. D'après Von Baer, l'embryon possède des organes de structure très générale, qui, au fur et à mesure qu'il « choisit sa voie » (loin de répéter d'anciennes formes, comme le dit Haeckel, il se distingue constamment de celles-ci), se spécialisent pour donner les organes de fonctions parfois très différentes.

Cette dérivation des formes adultes à partir de formes embryonnaires très générales a permis de préciser la définition des « espèces voisines ». Ce sont celles dont l'ontogénèse suit le plus long trajet commun. Et cela a permis d'effectuer certaines retouches à l'histoire de l'évolution, dont la figure 10, empruntée au professeur Cuénot, fournit une version adoptée, à quelques modifications près, par les savants d'aujourd'hui.

Elle montre aussi que la similitude (nécessairement imparfaite sous peine de retomber à l'identité) entre deux animaux donnés atteste bien leur parenté, mais ne

fournit aucune indication sur la structure adulte de l'ancêtre commun.

Nous pouvons être assurés que nos ancêtres sont des animaux et même des anthropoïdes, du genre Pithécanthrope et Sinanthrope. Quant à dire si celui-là est l'ancêtre de celui-ci ou lequel des deux put engendrer éventuellement l'homme de Néanderthal, à moins que ce ne soit celui de Heidelberg ou encore celui de Piltdown, ou quelque autre à jamais inconnu, bien qu'ayant vécu par millions de spécimens, voilà ce qui ne sera vraisemblablement jamais éclairci. L'évolution brûle son état civil à mesure qu'elle avance.

Les organes de deux êtres vivants dont l'origine est commune sont dits homologues : tels sont le poumon de l'homme et la vessie natatoire du poisson qui proviennent d'un même renflement de l'œsophage. Et ceci nous montre comment a pu s'amorcer une évolution de l'importance de celle qui a fait sortir le poisson de l'eau : la vessie natatoire, inexistante chez certains poissons, prend chez d'autres une apparence très voisine de celle d'un poumon. C'est un organe qui ne leur est d'aucun secours pour nager, qui les gêne parfois en les entraînant malgré eux à la surface quand ils ont l'imprudence de s'écarter des fonds où ils vivent normalement. Elle n'est là que pour préparer une évolution ultérieure, et puisqu'elle ne sert à rien, il est difficile de croire que la sélection l'a développée chez ses possesseurs.

Cet exemple montre qu'il n'a pas encore été découvert d'interprétation parfaite de l'adaptation de l'être vivant à son milieu ni de ces modifications qui, préparées longtemps à l'avance par l'apparition d'un organe non fonctionnel, révèlent finalement leur destination, le « but » poursuivi, par l'adoption d'un nouveau mode de vie chez les descendants.

À chaque instant, quand on étudie les problèmes de l'évolution, le mot « but » vient à l'esprit. Malheureusement, c'est un mot qui n'a jamais servi qu'à couvrir notre ignorance, et jamais la recherche du « but » n'a conduit à la découverte d'un fait positif.

La « dynamique » des formes vivantes

Le biologiste vient de défricher un domaine de sa science : la « cinématique » des formes vivantes. Il lui reste à en écrire la « dynamique », c'est-à-dire à

trouver la cause des tendances qui semblent diriger l'évolution.

Si l'on fait intervenir la théorie chromosomique de l'hérédité, posant en principe que les formes des descendants sont commandées par les « gènes » insérés dans les chromosomes des ancêtres, on arrive à des conclusions qui eussent bien étonné Haeckel, Darwin et Lamarck.

« La phylogénèse, écrit G.-R. de Beer, constitue une série de formes adultes qui sont indépendantes et causalement étrangères l'une à l'autre. » Chaque forme adulte procède, en effet, d'une ontogénèse propre.

Par contre, les ontogénèses différentes, dont la succession constitue la phylogénèse, ces ontogénèses variées caractérisant en somme les espèces à un instant de leur évolution se trouvent reliées l'une à l'autre par la transmission, d'œuf à œuf, des facteurs internes représentés par les gènes. Et c'est dans les changements de ces facteurs internes qu'il faut alors rechercher les causes capables de modifier une ontogénèse donnée, de provoquer, par conséquent, la « mutation » d'une espèce donnée en quelque espèce voisine.

Il faut encore envisager le stade précis de l'ontogénèse, auquel cette mutation fait son apparition.

Les caractères apparus dans les jeunes stades ontogénétiques opèrent des changements structuraux considérables tout en laissant à l'organisme ainsi modifié sa plasticité. On dit, alors, qu'on assiste à une « pedomorphose » (étymologiquement : une mutation « infantile » ou du premier âge de l'embryon).

L'apparition de caractères nouveaux dans les stades embryonnaires tardifs opère des changements structuraux relativement faibles, mais oblitérant toute plasticité. C'est la « gérontomorphose » (mutation « sénile » de l'embryon).

Les mutations par « gérontomorphose » occasionnent la sénescence, le vieillissement prématuré d'une race. Celles qui proviennent de la « pedomorphose » déterminent, au contraire, son rajeunissement en stimulant ses possibilités d'évolution. Les mutations « infantiles » provoquent l'apparition des grandes familles; on peut considérer qu'il ne s'en est pas produit depuis celle des mammifères. Elles sont suivies des mutations « sénielles » qui différencient les espèces au sein des familles.

Comment les « gènes » font-ils bifur-

quer l'évolution d'une espèce? Il semble établi que leur action s'exerce par l'intermédiaire de substances chimiques (hormones, organisateurs) qui modifient la vitesse de croissance des différentes cellules de l'organisme et provoquent la différenciation que nécessite la spécialisation des organes. A des gènes nouveaux correspondent des substances organisatrices nouvelles qui permettent une spécialisation plus poussée. C'est ainsi que la même substance, que l'on n'est pas encore parvenu à isoler, l'organisateur de Spemann, induit chez tous les vertébrés la formation d'une gouttière nerveuse là où on l'inocule. Il existe un batracien, l'axolote, qui, par suite d'une insuffisance congénitale du corps thyroïde, ne peut normalement pas atteindre l'état adulte et se reproduit à l'état de larve. Si on lui administre de l'extrait de thyroïde, il atteint l'état parfait et se transforme en un autre batracien : l'amblystome.

Rappelons les virtuosités expérimentales touchant les variations du sexe en cours de gestation qu'ont réalisées les embryologistes par transvasement d'humeur d'un embryon femelle à un mâle, ou réciproquement. Le sexe déterminé par le « chromosome » déjà inséré dans l'embryon *ne change pas*, c'est entendu; mais ce qui change, c'est la morphologie : le futur coq perd sa crête, tandis que la future poule en prend une.

Pourrons-nous un jour diriger l'évolution?

Les découvertes de la biologie moderne nous en donnent l'espoir. On a pu créer des espèces nouvelles en modifiant leur structure héréditaire (1). Les modifications obtenues ne sont certes pas bien profondes : elles donnent cependant à l'espèce plus de robustesse et permettent des hybridations réputées impossibles donnant naissance à des individus féconds. Mais notre connaissance de la matière vivante est encore bien rudimentaire, et les modifications de « gènes » ou de « chromosomes » que nous avons appris à obtenir ont été trouvées absolument par hasard. Il n'est pas impossible que nous trouvions un jour le moyen d'agir sélectivement sur tel ou tel « gène » et de diriger ainsi à notre gré l'évolution des espèces.

Victor JOUGLA.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 260, février 1939.

LE PERCEMENT DES LACS DE MONTAGNE ET LE STOCKAGE DE LA HOUILLE BLANCHE

par I. LÉVIANT

Ancien élève de l'École Polytechnique

Comme toutes les autres formes de l'énergie, l'énergie électrique est devenue rare en France parce qu'elle était, en année normale, pour 50 % d'origine thermique, et parce que la clientèle tend aujourd'hui à se déplacer vers les formes d'énergie qui ne sont pas encore rationnées. Cette crise passagère ne doit pas faire oublier les magnifiques perspectives d'avenir de la houille blanche en France. Les installations hydroélectriques réalisées et projetées sur nos rivières permettent d'espérer que le charbon, de moins en moins employé comme source d'énergie, se cantonnera dans son véritable rôle de matière première de l'industrie chimique. Pour cela, il faut que certaines centrales hydroélectriques puissent jouer le rôle régulateur réservé jusqu'ici aux stations thermiques et adapter à chaque instant la production à la consommation du courant. Les grands barrages et les lacs de montagne situés à grande altitude constituent autant de réservoirs où se trouve stockée de l'énergie. Le percement des lacs, plus économique que la constitution d'un barrage, est une opération très hardie et qui ne va pas sans danger pour les exécutants. Elle est couramment exécutée dans les Pyrénées et dans les Alpes qui disposent d'un grand nombre de ces précieux réservoirs naturels et sont appelées ainsi à jouer un rôle important comme régulateurs de la production électrique française.

LA consommation de l'énergie électrique en France, en 1938, atteignait le chiffre imposant de 20 milliards de kWh, dont un peu plus de la moitié d'origine hydraulique, c'est-à-dire produite par des chutes d'eau aménagées, le reste étant d'origine thermique, c'est-à-dire produit dans des usines brûlant au total 7 millions de tonnes de charbon. On voit par là que les chutes d'eau actuelles nous font bénéficier de l'équivalent d'une même quantité de 7 millions de tonnes de charbon.

En apparence, les chutes d'eau produisent cette énergie presque « gratuitement ». En réalité, ce résultat n'est atteint qu'au prix de très gros travaux. Les véritables bénéficiaires en seront nos petits et arrière-petits-enfants, qui trouveront des barrages tout construits, des galeries toutes creusées, des lacs tout percés.

Ainsi donc, détruisant constamment les ressources en charbon, mais créant en même temps des ressources hydrauliques,

faisons-nous évoluer inévitablement l'électricité du thermique à l'hydraulique, pour le plus grand bien des générations futures.

Sur le marché de l'électricité plus encore qu'ailleurs « le client a toujours raison » : c'est, en effet, la demande qui règle tout. A chaque instant, les producteurs doivent satisfaire aux libres variations de la demande. Heureusement, le grand nombre des consommateurs fait jouer des compensations et atténue les à-coups. De plus, des tarifs judicieux peuvent adapter la demande aux disponibilités. Subsistent en définitive des variations assez systématiques de la demande suivant l'heure de la journée, les variations d'ensemble d'une journée à l'autre étant moins considérables.

Pour répondre aux besoins, il y a peu de temps encore, chaque région utilisait une usine « centrale », les diverses usines étant isolées les unes des autres. Chacune devait donc être organisée pour pouvoir répondre à la demande de ses clients. En

particulier, chaque centrale hydraulique devait — si besoin était — régulariser le débit du cours d'eau qui l'alimentait.

L'interconnexion des centrales électriques

Les progrès faits dans la technique du transport de l'énergie électrique ont permis d'établir l'interconnexion, c'est-à-dire la liaison entre les différentes usines, les privant du titre de « centrales », mais permettant de compenser les défaillances saisonnières de leur production, ces centrales étant établies sur des fleuves de régimes différents et qui n'ont pas leurs basses eaux à la même saison.

Théoriquement, toutes les disponibilités sont donc mises en commun sur l'ensemble du réseau, et on puise en tous les points du réseau, sans connaître l'origine précise de l'énergie que l'on prend. En réalité, l'interconnexion ne permet que les échanges compatibles avec les capacités de transport des lignes établies, et par ailleurs, le prix du transport de l'énergie électrique n'est pas négligeable et peut être de l'ordre de grandeur du prix de transport des quantités correspondantes de charbon. On ne promène donc les kilowatts-heure sur des kilomètres que pour autant que c'est utile et économique.

Or, les trois grandes régions françaises productrices d'électricité hydraulique : les Alpes, le Massif central et les Pyrénées, ont des régimes notablement différents. Les cours d'eau des Alpes sont riches en eau pendant une période assez longue (mai-septembre) ; ceux du Massif central pendant trois mois autour de mars

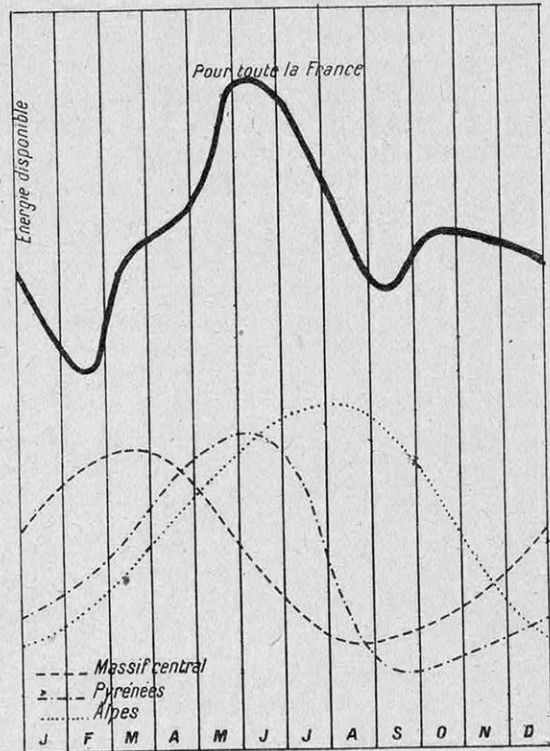


FIG. 2. — LES FLEUVES SONT UNE SOURCE D'ÉNERGIE TRÈS IRRÉGULIÈRE

On a représenté à des échelles arbitraires la variation annuelle de l'énergie fournie par des fleuves français de différentes régions : Alpes, Pyrénées, Massif central. On voit que ces sources d'énergie sont sujettes à d'importantes variations. L'interconnexion met à chaque instant en commun toutes les ressources hydroélectriques de la France. La courbe en trait continu permet de constater qu'il s'établit une certaine compensation des variations de l'énergie disponible. C'est le stockage de l'énergie par les barrages et les lacs de montagne qui achèvera le travail de régularisation.

et ceux des Pyrénées pendant trois mois autour de mai (fig. 2).

La mise en commun des ressources des trois régions comble de façon sensible les vallées des diagrammes individuels, donnant ainsi une première compensation.

Néanmoins, l'uniformisation des disponibilités

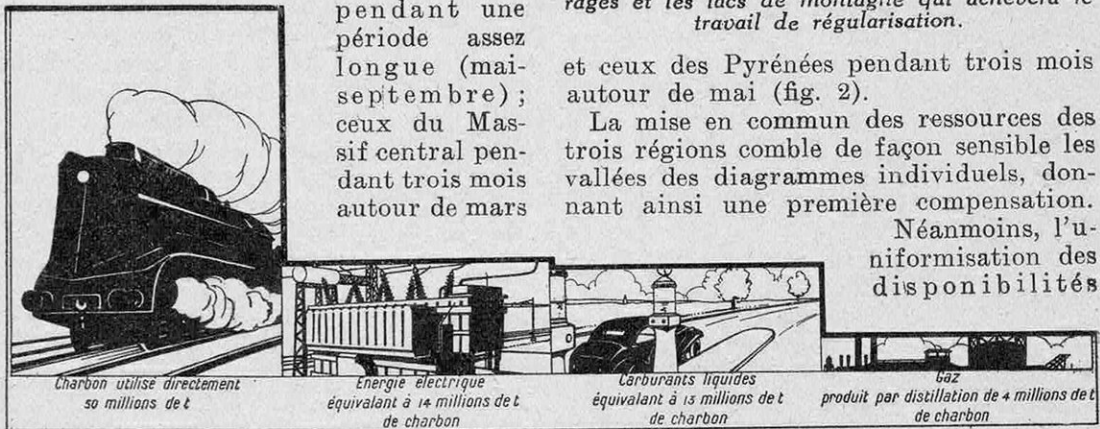


FIG. 1. — QUELLE EST L'ORIGINE DE L'ÉNERGIE UTILISÉE EN FRANCE ?

Comme on peut en juger d'après le graphique ci-dessus, le charbon est encore de loin la principale source d'énergie utilisée en France, puisqu'il convient d'ajouter aux 50 millions de tonnes utilisées directement chaque année 7 millions de tonnes brûlées dans les centrales thermiques et 4 millions de tonnes distillées pour produire du gaz d'éclairage. L'énergie hydroélectrique produite en France équivaut à 7 millions de tonnes de charbon.

n'est pas complète, le schéma des ressources totalisées restant dominé par une pointe assez marquée, appelée « chapeau ». Il importe de répartir sur toute l'année l'excès des disponibilités ainsi représenté, pour s'adapter mieux à la demande, peu variable dans l'année (et plus forte en hiver).

C'est le problème de la *régularisation*, tel qu'il se pose actuellement. Le progrès obtenu par rapport à l'époque des « centrales » réside dans deux avantages essentiels :

1° La courbe des disponibilités mises en commun est moins irrégulière que les courbes isolées initiales;

2° Une spécialisation est possible entre les usines, celles qui s'y prêtent le mieux se réservant de faire de la régularisation; les usines pour lesquelles une régularisation n'est pas possible étant rendues utilisables grâce à l'existence des premières.

La régularisation par stockage de la houille blanche

La grande infériorité actuelle de l'électricité par rapport aux autres formes d'énergie (charbon, carburants liquides, gaz) est l'impossibilité d'assurer son stockage dans des conditions économi-

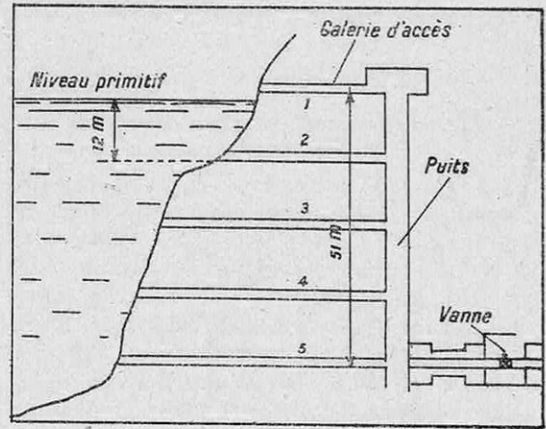


FIG. 4. — PERCEMENT DU LAC DE CAILLAOUAS PAR ABAISSEMENTS SUCCESSIFS DU PLAN D'EAU

Des galeries provisoires sont creusées, dont la première (1) débouche au-dessus du niveau normal du lac. L'eau du lac est pompée et rejetée dans la galerie (1) jusqu'à ce que son niveau s'abaisse au-dessous de la galerie (2); celle-ci est alors débouchée à ciel ouvert et sert pour les pompages ultérieurs. De proche en proche, on arrive ainsi à déboucher la galerie définitive (5). C'était la façon de procéder qu'on avait projeté d'utiliser au lac de Caillaouas, mais un apport d'eau exceptionnel du bassin versant fit monter le niveau du lac malgré les pompages, et il fallut accepter les risques d'un débouchage sous l'eau de la galerie (2).

ques. Si un stockage est nécessaire, il sera

réalisé dans les usines productrices d'électricité avant la transformation en électricité : donc sous forme de charbon ou sous forme d'eau.

La régularisation des ressources hydrauliques sera justement obtenue par un tel stockage, en créant ce qu'on appelle des « réserves » d'eau, qui reportent des époques de hautes eaux à celles de basses eaux l'excédent des disponibilités. On ne fait d'ailleurs là qu'imiter un phénomène naturel. Sans le stockage naturel, sous forme d'eau des lacs

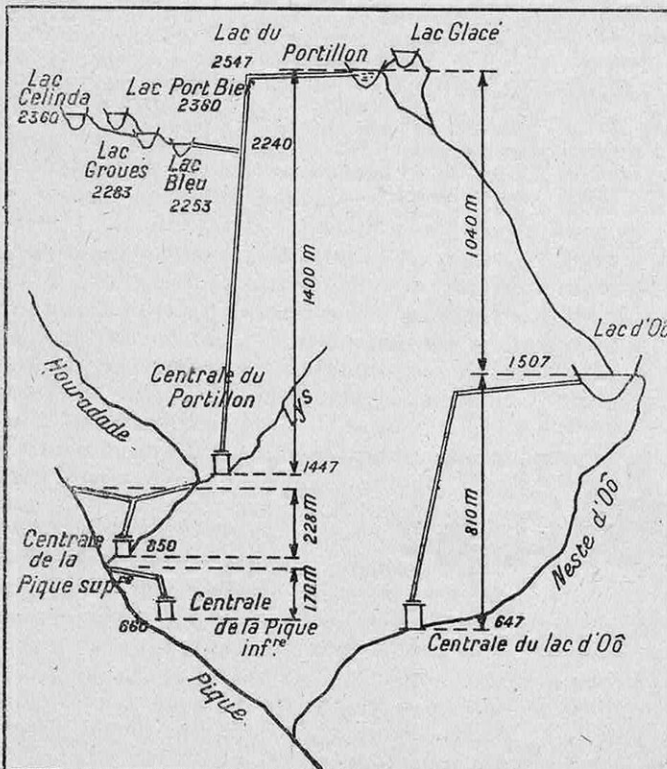
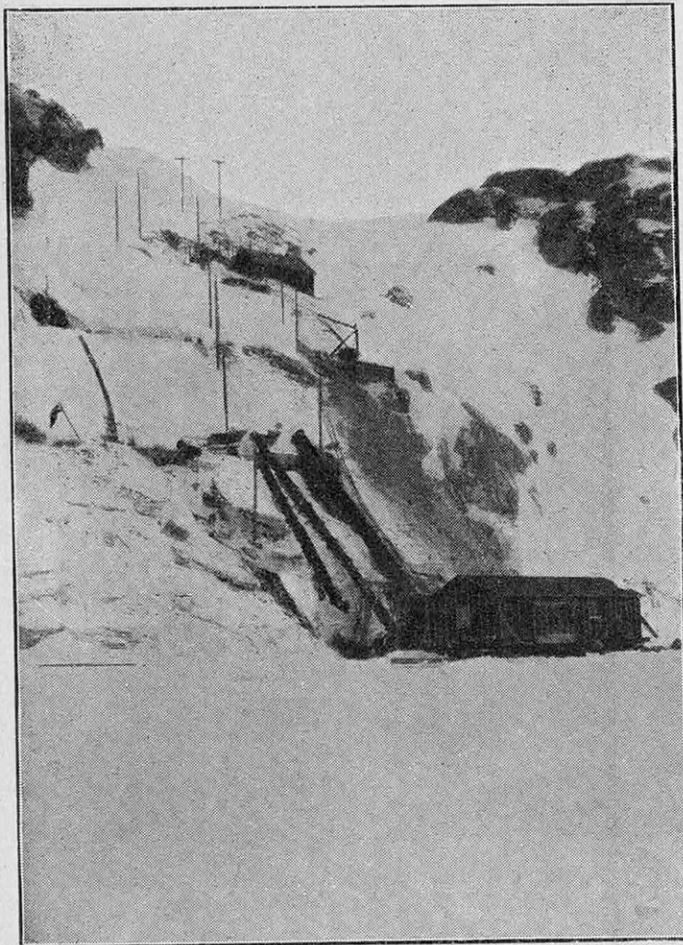


FIG. 3. — SCHÉMA DE L'ÉQUIPEMENT HYDROÉLECTRIQUE DE LA VALLÉE DE LUCHON

Le bassin qui est tributaire de la vallée de Luchon comprend sept lacs à grande altitude et qui serviront au stockage de l'énergie hydraulique. Comme on peut s'en rendre compte sur le schéma ci-contre, la dénivellation entre la centrale de la Pique (660 m) et le lac Glacé (2 660 m) sera presque intégralement utilisée.



T W 7674

FIG. 5. — L'INSTALLATION DE POMPAGE EFFECTUANT LA VIDANGE DU LAC DE CAILLAOUAS

Cette station de pompage, installée sur un radeau, déversait l'eau du lac (que l'on voit ici superficiellement gelée) dans une galerie souterraine débouchant au-dessus de la surface de l'eau (fig. 4).

et d'eau d'imbibition du sol, sous forme de glace ou de neige, les eaux des précipitations atmosphériques seraient écoulées aussitôt et la plupart du temps les fleuves seraient à sec. Et on sait que le stockage naturel joue sur la moitié des volumes des précipitations. L'expression si imagée de « houille blanche », qui a fait fortune, est elle-même inspirée par la vision des réserves naturelles de neige et de glace en montagne, immenses stocks d'énergie dus au simple jeu des phénomènes naturels.

Il est évidemment très commode de profiter de l'existence de ces réserves naturelles. Mais la houille blanche proprement dite n'est pas une richesse utilisable au moment où on le désire, la nature fixant elle-même aux périodes de fonte

les échéances de ces « crédits gelés ». Aussi est-il nécessaire d'aménager des réserves liquides où l'on soit libre de puiser *ad libitum*.

Ce résultat est atteint par l'emmagasinement d'eau, en amont des usines, derrière des barrages munis de robinets de commande, permettant d'agir sur les réserves. De par le monde, des barrages se sont élevés pouvant retenir des cubes d'eau proportionnés à l'importance des cours d'eau.

Les Etats-Unis détiennent les records mondiaux avec des réserves atteignant plusieurs milliards de mètres cubes d'eau. Les réserves créées en France sont à l'échelle de nos fleuves, la plus grande réserve aménagée étant celle de la Truyère, à Sarrans, d'un volume de 250 millions de mètres cubes.

Une eau particulièrement précieuse : celle des lacs de montagne

L'utilisation, comme réservoirs, de lacs naturels vient naturellement à l'esprit, car ils permettent avec des barrages d'importance réduite des emmagasinevements notables. Remarquons, à ce sujet, que le stockage étant en réalité un stockage d'énergie dont l'eau

n'est que le support, un deuxième facteur intervient à côté du volume d'eau pour caractériser une réserve : c'est la hauteur de chute utilisable. De nombreux lacs naturels se trouvant justement à grande altitude, ils acquièrent de ce fait un intérêt particulier. *Un mètre cube d'eau* d'un lac de montagne, susceptible d'utilisation dans une chute de 1000 m, peut produire 2 kWh et équivalait approximativement à 1,5 kg de charbon ou à plus d'un demi-litre d'essence.

On réalisera mieux la quantité d'énergie qu'il est possible de mettre ainsi en réserve par l'exemple suivant : 40 litres d'eau mis en réserve au-dessus d'une chute pourraient fournir le travail nécessaire pour élever de l'usine au réservoir un poids de 30 kg.

La possibilité de conserver des réserves liquides malgré le froid réside dans la grande capacité calorifique de l'eau qui, amortissant les variations thermiques, évite la congélation en profondeur.

Les Pyrénées, en particulier, dont la richesse en lacs a été inventoriée par le Service des Forces Hydrauliques du Sud-Ouest, avec la collaboration de l'abbé Gaurier, détiennent plus de 500 lacs. Ces ressources viennent compenser l'absence presque totale de glaciers et permettront aux Pyrénées de jouer un rôle de plus en plus important comme régulateur. Fort heureusement d'ailleurs, la plupart des lacs se trouvent à grande altitude (lacs de sommet) et, alvéoles profondes creusées par les anciens glaciers, atteignent parfois des profondeurs considérables, de l'ordre de 100 m.

Aussi, plus de la moitié des percements de lacs en France intéresse-t-elle des lacs pyrénéens.

Le percement des lacs

Pour pouvoir utiliser la totalité ou du moins une tranche importante de la réserve naturelle que constitue un lac, il est nécessaire de créer un orifice dans la cuvette, le plus près possible du fond de celle-ci. L'opération correspondante, qui tient de la trépanation et de la ponction, consiste à creuser une galerie sensiblement horizontale dans la roche formant la cuvette. Cette galerie finit par communiquer avec le lac après le sautage du dernier « bouchon » et peut alors évacuer les eaux vers l'usine d'utilisation.

Au danger habituel du travail de perforation de galeries vient s'ajouter, dans le cas envisagé, la menace de l'eau du lac, suspendue au-dessus des têtes et qui risque de faire irruption prématurément. C'est cette menace qui donne aux percements des lacs leur aspect particulièrement pathétique.

Il est possible d'échapper au danger signalé en vidangeant préalablement le lac au moyen de pompes puissantes ou par

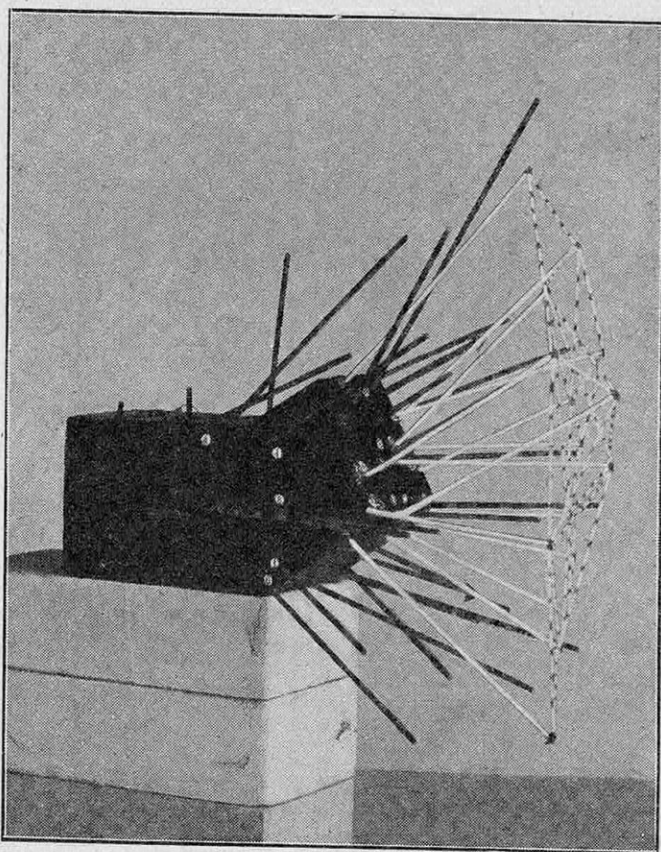


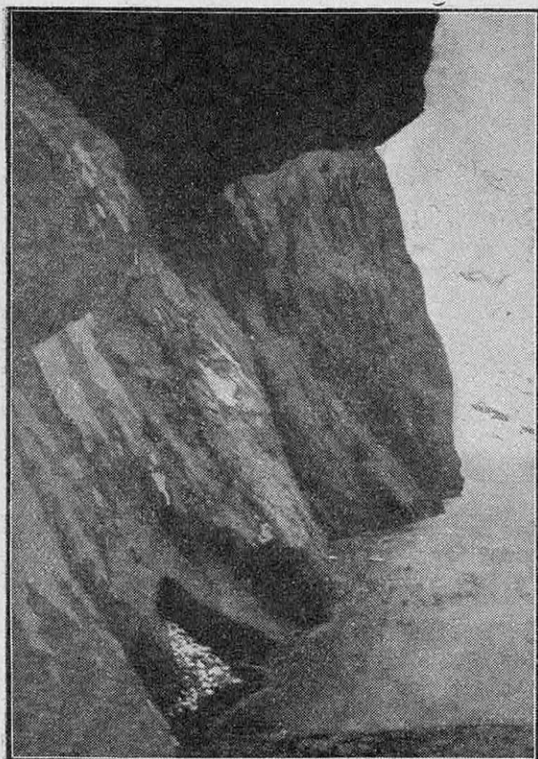
FIG. 6. — LES DERNIERS SONDAGES AVANT L'EXPLOSION FINALE LORS DU PERCEMENT DU LAC D'ARAING

La maquette, au 1/20° représente les sondages effectués dans toutes les directions, à partir de l'extrémité de la galerie, pour déterminer la surface de la paroi rocheuse. Les sondages ayant débouché sont représentés par une baguette blanche. Grâce à ces sondages, on connaît exactement la forme du fond du lac et l'épaisseur de roche qu'il reste à faire sauter.

des tranchées successives, de plus en plus profondes et creusées à l'air libre. Mais ces méthodes sont toujours très onéreuses, surtout s'il s'agit de réserves importantes; d'autant plus que pendant la durée de l'opération les apports du bassin versant viennent compenser en partie la vidange que l'on provoque.

La première méthode est donc employée dans la grande majorité des cas. En plus de ses avantages économiques, elle présente celui de permettre le travail en toute saison, puisqu'on creuse une galerie, et l'emploi immédiat du réservoir en régime de marche normale au-dessus de l'usine.

La réalisation d'un percement de lac avec des chances de réussite demande une connaissance exacte des dangers d'un tel travail; c'est pourquoi les enseignements



T W 7675

FIG. 7. — UN ACCIDENT ÉVITÉ, GRACE AUX SONDAGES, LORS DU PERCEMENT DU LAC GLACÉ

Le fond du lac surplombe de plusieurs mètres le débouché de la galerie. Ce surplomb aurait pu faire croire que la paroi rocheuse était encore beaucoup plus épaisse qu'elle n'était en réalité et amener la libération prématurée des eaux du lac.

tirés de l'expérience sont particulièrement précieux.

Comment choisir le débouché de la galerie de percement ?

Les risques les plus graves sont courus pendant l'opération de perforation ; mais même après le sautage du bouchon et, par suite, après le débouché de la galerie dans le lac, la réussite de l'opération n'est assurée que si toutes les dispositions nécessaires sont prises.

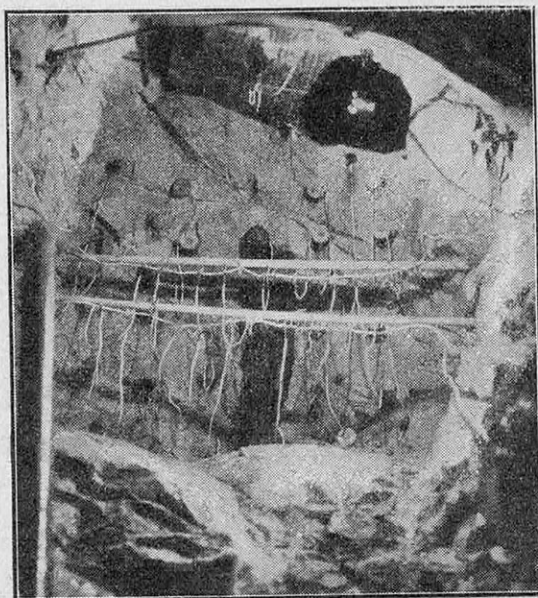
Ces dispositions ont pour but essentiel d'éviter l'obstruction de la galerie, soit par des apports pouvant venir du fond du lac, soit par les débris même de la dernière explosion. Il faut savoir, en effet, que si le fond de nombreux lacs est tapissé de vase ou de graviers, on se trouve parfois en présence d'éboullis ou de moraines de fond, formés de blocs relativement gros. Si la galerie débouche malencontreusement dans une zone d'éboullis, après un débouchage réussi en

apparence, la galerie est très rapidement obstruée par des blocs entraînés, le débit baisse et finit par devenir une simple filtration.

Une reconnaissance initiale est donc nécessaire pour déterminer la nature du fond : elle sera faite par un examen direct, que permet la transparence des eaux ; par des sondages nombreux à travers la vase et les graviers ; si c'est nécessaire, par des plongées de scaphandriers.

Il faudra éviter un débouchage dans une zone d'éboullis, même s'il doit en résulter un certain allongement pour la galerie à perforer. Au cas où il est impossible d'éviter les éboullis, par exemple lorsque tout le fond du lac en est revêtu, on débouchera à un niveau plus élevé. Mais afin de ne pas perdre le bénéfice de la tranche d'eau située au-dessous du débouché, on donnera à la galerie le niveau du fond du lac, avec simplement une remontée de la partie terminale. Après vidange partielle du lac, dégagement de la zone de débouchage, il sera possible d'abaisser la prise jusqu'au niveau de la galerie.

En général, on sera amené à éviter les



T W 7672

FIG. 8. — LA MISE EN PLACE DE LA DERNIÈRE CHARGE EXPLOSIVE

Cette charge est divisée en plusieurs cartouches réparties sur la surface du « bouchon » pour assurer une meilleure destruction de la roche. La simultanéité de la mise de feu de ces cartouches est assurée par du cordeau détonant qui transmet la détonation à la vitesse de 7 km/s.

angles morts et les concavités de la berge où les dépôts sont plus fréquents, ainsi que les couloirs d'avalanches auxquels un cône d'éboulis correspond toujours. On trouvera tout avantage à déboucher à l'extrémité d'un éperon plongeant dans le lac.

La détermination sommaire de la paroi rocheuse, autre résultat des reconnaissances faites depuis le lac, ne sera pas suffisante pour la conduite des opérations ultérieures à exécuter en fin de galerie, mais permettra de guider l'avancement du percement.

Les risques d'obstruction de la galerie

Un choix judicieux du point d'aboutissement de la galerie devant éviter l'obstruction par des blocs préexistants, il reste à se prémunir contre l'obstruction par les blocs provenant du bouchon lui-même.

Plusieurs sautages de bouchons, parmi les premiers réalisés, ayant été effectués avec des fourneaux de mine utilisant des charges trop fortes, ont été des échecs de ce fait. La violence de l'explosion provoquait, en effet, un bouleversement d'une masse considérable de rocher, entraînant l'effondrement du toit avec bouchure de la galerie.

Les méthodes actuelles comportent la mise en place des quantités d'explosifs strictement nécessaires pour la destruction du bouchon, et une disposition convenable des charges permet de percer avec la section voulue, sans ébranler la roche environnante.

D'autre part, il est courant de limiter le débit, qui se précipitera dans la galerie d'évacuation aussitôt après le sautage, par l'installation dans cette galerie d'un bouchon provisoire en béton, percé d'une ouverture de section réduite. La limitation du débit diminue les entraînements de matériaux et, par suite, les chances d'obstruction.

Enfin, un perfectionnement assez récent consiste à mettre en œuvre une contre-pression d'eau. Cette méthode consiste à remplir la galerie d'eau, après mise en place des explosifs. L'eau, maintenue à une certaine pression, constitue un bourrage hydraulique et évite l'entrée des débris du bouchon.

La pression est obtenue au moyen d'un puits aboutissant dans la galerie et rempli à une cote supérieure à celle du lac (fig. 9). Un dispositif obture vers l'aval

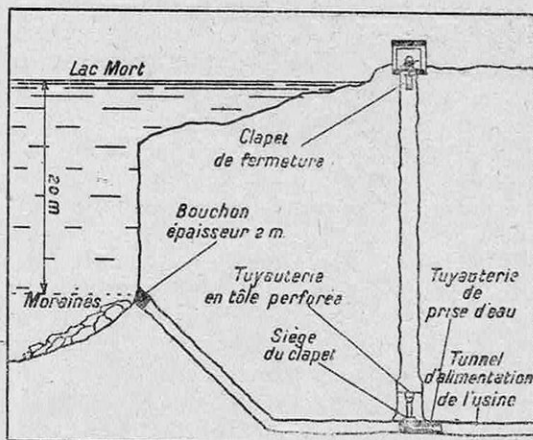


FIG. 9. -- PERCEMENT D'UN LAC AVEC CONTRE-PRESSION D'EAU

L'eau qui se précipite dans la galerie de percement lorsqu'on fait sauter le bouchon risque d'entraîner des blocs de rocher et d'obstruer cette galerie. Tout le travail est alors à recommencer. Aussi limite-t-on parfois la quantité d'eau qui s'échappe du lac au moment de l'explosion. Pour cela on perce sur la rive un puits vertical descendant jusqu'à la galerie, et à l'aide d'une vanne, on obstrue cette galerie vers l'aval du puits. La colonne d'eau dans le puits équilibre la poussée de l'eau du lac, et la vanne permet de contrôler le débit de la galerie.

la galerie d'évacuation, avant et pendant l'explosion. Il peut être adapté sur le bouchon provisoire dont nous avons parlé. L'ouverture après explosion peut être provoquée par l'onde explosive elle-même, ainsi que cela a été pratiqué au lac d'Araing.

La possibilité d'utiliser la contre-pression est subordonnée à une étanchéité suffisante de la roche où la galerie et le puits sont creusés. Comme il y a en général des fuites à travers le terrain, le maintien du niveau d'eau dans le puits nécessite l'installation de pompes d'un débit supérieur à celui des fuites.

L'avance prudente à travers la roche

L'avancement dans la galerie se fait normalement tant que l'on est sûr d'être à une distance de la paroi rocheuse de l'ordre de 20 à 15 m.

Lorsque cette distance est atteinte, commence la partie véritablement dangereuse du travail et qu'il est nécessaire de mener avec des précautions particulières. Ces précautions doivent être d'autant plus nombreuses que le percement est fait à une profondeur plus grande sous le niveau du lac et que l'on est moins sûr de la résistance de la roche. Après chaque

volée de coups de mine, des sondages doivent être exécutés sur plusieurs mètres de profondeur, tant dans la direction de l'avancement que dans des directions divergentes, vers les côtés, vers le toit et vers le pied. Les volées elles-mêmes sont tirées à charges limitées et en plusieurs fois, afin de réduire l'ébranlement de la roche en place.

A défaut d'appliquer ces règles de prudence, on s'expose aux plus graves accidents. Ainsi, lors du percement du lac du Portillon, au-dessus de Luchon, en 1929, alors que les sondages faits horizontalement indiquaient encore 13 m de rocher, le toit s'effondra et l'eau fit irruption dans la galerie, ensevelissant l'équipe descendante. L'accident s'expliquait par l'absence de sondages divergents; des sondages vers le toit auraient indiqué qu'il n'y restait guère plus de 2 m de rocher. Signalons d'ailleurs que l'effondrement eut lieu plus d'une heure après la dernière volée tirée. Ce retard surprenant s'explique de la façon suivante : l'onde explosive avait chassé l'eau des fins interstices de la roche (après chaque volée un front d'attaque paraît plus sec) et ce n'est qu'au retour de l'eau dans les interstices, avec remise en charge, que la rupture se produisit.

Au percement du lac Glacé, par contre, en 1932, des sondages judicieusement conduits purent indiquer que la galerie aboutissait sous un surplomb, que les reconnaissances initiales depuis le lac n'avaient pas permis de repérer.

Lorsque les sondages montrent que l'épaisseur de rocher devant la galerie est de moins de 5 m, le nombre de sondages doit être multiplié. Dans la marche à tâtons que constitue la fin du percement, les sondages sont autant de papilles, destinées à palper le terrain. Le nombre de papilles doit finir par être suffisamment grand pour que sur la paroi rocheuse il ne reste pas de régions inexplorées. On arrivera ainsi à une représentation de la paroi, autrement précise que celle fournie par les reconnaissances initiales. C'est elle qui déterminera la conduite finale du chantier.

Le sautage du bouchon

La dernière partie de l'opération est toujours très pénible, l'eau giclant de tous côtés, tant par les fissures de la roche, moins épaisse, que par les trous de sondages plus ou moins bien rebouchés.

La phase ultime du percement consiste à mettre en place l'explosif (de 75 à 150 kg de dynamite), réparti en une cinquantaine de charges reliées par un cordeau détonant qui permet d'obtenir la simultanéité des coups de mine. L'amorçage est assuré électriquement.

Cette dernière phase, couronnement de tout le travail de percement, prend une valeur symbolique et attire en général un public nombreux.

Il n'y a pourtant pas grand'chose à voir : On ne voit jaillir une gerbe d'eau que pour les percements de profondeur peu importante et à condition encore que la surface du lac ne soit pas gelée.

Quand il existe un puits, on peut y constater, après le percement, l'égalité de niveau avec celui du lac. Il ne faut pas descendre dans le puits trop tôt, car les eaux de fond des lacs sont souvent chargées en hydrogène sulfuré et risquent de provoquer des cas d'asphyxie (percement du lac Bramans, dans les Alpes).

L'hydrogène sulfuré produit par des sources et par la décomposition des végétations aquatiques, et dont les eaux limpides des lacs ne feraient pas deviner l'existence, peut être très gênant et même dangereux au cours du travail en galerie. Il est quelquefois nécessaire de prescrire le port de masques et de lunettes assez étanches pour protéger les yeux.

Les percements de lacs ont pu quelquefois émouvoir les populations des vallées et faire naître de l'inquiétude.

Il est clair que des travaux de ce genre créent un certain risque : mais uniquement pour ceux qui sont chargés de leur exécution. Et pour ceux-là, le progrès de la technique et l'expérience acquise tendent à atténuer les dangers.

Les ingénieurs français ont montré dans ce domaine une initiative remarquable et amené les méthodes à un haut degré de perfection. Plus de quinze lacs ont été percés en France, dont nous citerons les plus importants : lac de la Girotte, lac Bramans, lac Mort dans les Alpes; les trois lacs d'Oo, lac Glacé et du Portillon dans la seule vallée de Luchon; lac d'Artouste, lac Caillaouas, lac d'Araing, lac du Migouelou dans les autres vallées des Pyrénées.

D'autres percements sont actuellement en cours, mais il reste encore beaucoup à faire.

LA RENAISSANCE DE L'AUTOMOBILE ÉLECTRIQUE

par Edmond BLANC

A PRÈS une éclipse d'un quart de siècle, le véhicule électrique fut remis à l'étude il y a quelques années et les visiteurs de l'Exposition de Paris (1937) profitèrent, dans leurs promenades, de la traction silencieuse et souple par accumulateurs. Aux Etats-Unis, en Allemagne, en Angleterre, sa vogue croissait déjà très vite.

A cette heure, ce genre de traction connaît en France une faveur exceptionnelle, non seulement en raison de l'angoisse qui règne dans le monde des transports où le manque d'essence s'aggrave et menace de durer, mais aussi en raison des déceptions partielles apportées par les moyens de fortune adoptés jusque-là.

Ainsi, dans une sorte de retour à la sagesse, certains découvrent aujourd'hui le véhicule électrique.

Il n'est pourtant pas nouveau, puisque la première application en remonte à 1885 et qu'en 1898 l'Automobile-Club de France organisait, non sans succès, un concours de fiacres mus par l'électricité.

Dans les sept années qui suivirent, Krieger en construisit 1500, chiffre formidable pour l'époque. D'où vient alors l'abandon de ce moyen de transport? On trouve, en 1910, une première explication de sa disgrâce dans le succès du moteur à explosion et la défaillance du moteur électrique sur les routes. On trouve une deuxième explication dans l'idée fautive qu'on s'est faite des *possibilités* du véhicule à accumulateurs et des déceptions qu'éprouve l'usager isolé.

La diffusion de ce mode de transport ne pouvait s'établir qu'après la constitution de sociétés d'exploitation assurant aux « automobiles » l'infrastructure nécessaire à leur domaine.

Aussi bien, avant de considérer comment on peut réaliser un véhicule électrique, il convient d'indiquer les *limites de son domaine* et les raisons de son triomphe prochain dans un royaume bien

défini, où il n'est question ni de sport ni de tourisme.

Le meilleur moteur et le meilleur « carburant »

En quelques mots, on peut fixer le destin du véhicule à accumulateurs : le moteur électrique reste le *meilleur moteur* connu et l'électricité nous donne *le plus répandu et le meilleur marché des carburants nationaux*.

Le moteur? Au lieu du mouvement alternatif des pistons d'un moteur à essence qui fait vibrer toute la voiture, il nous offre le seul mouvement rotatif de l'induit, et s'affranchit de tout organe délicat de graissage, d'alimentation, d'allumage et de refroidissement. Il ne demande, pour sa mise en route, le secours d'aucun autre moyen et nous permet de concevoir un véhicule sans embrayage ni changement de vitesse.

L'énergie électrique? Utilisable sous la forme favorable du courant de nuit, elle ramène le prix du « combustible » au kilomètre à un tarif équivalant à la gratuité.

Les autres avantages de l'« automobile » sont bien connus : silence, confort, hygiène, simplicité et sécurité. Point de fumées ni de gaz toxiques. Point de risques d'incendie. Pas de souci de graissage. Pas de crainte de gel. Si la capacité des accus baisse de 15 % par grands froids (batterie peu chargée), une batterie bien chargée supportera — 25° pendant assez longtemps. En revanche, elle demande des soins attentifs.

Ceci dit, on imagine aisément le bénéfice dont l'électricité favorisera les voitures de liaison et de livraison, les chariots de manutention, les transports dans les hôpitaux, les services de nettoyage. Mais il importe de fixer les possibilités de ces véhicules : ils n'iront *jamais vite*; ils n'iront *jamais loin*.

Un calcul simple fondé sur ces faits, que les meilleures batteries débitent une énergie de 25 watts-heure environ par kilo-

gramme, qu'il faut de 60 à 80 watts-heure pour déplacer une tonne sur 1 kilomètre (en palier) à faible vitesse, que le poids total est de 3 à 4 fois celui de la batterie, on verra aisément que celle-ci arrivera péniblement à « durer » pendant 100 kilomètres.

La résistance à l'avancement augmentant avec le carré de la vitesse et la capacité de la batterie diminuant avec la rapidité de sa décharge, si l'on veut mar-

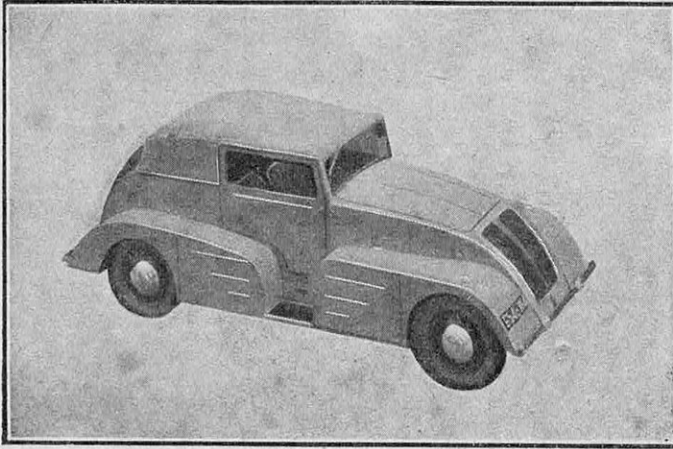


FIG. 1. — LA VOITURETTE ÉLECTRIQUE « STELA » (ATELIERS ET FORGES DE LYON)

cher à 60 km/h, le rayon d'action sera de l'ordre de 20 kilomètres.

On ne peut rien contre ces chiffres, hormis l'espoir d'accroître l'énergie par kilogramme de batterie. Nous verrons ce qu'il faut en penser.

Souveraineté absolue dans un petit royaume

En revanche, pour un trafic fractionné, un service « de porte à porte » ou en un mot pour les déplacements urbains et suburbains, le moteur électrique triomphe par la rapidité des démarrages.

En outre, puisque la capacité des batteries décroît *notablement* lorsque croît le courant de décharge, des parcours sous faible courant et des arrêts fréquents favorables au phénomène de « rétablissement de la force électromotrice » permettront un kilométrage intéressant sans recharge.

Du point de vue « usure » le bénéfice est incontestable entre les deux camionnettes considérées. On le met mieux encore en relief, en notant que la carrosserie elle-même, ménagée grâce à une grande

douceur d'évolutions et aux vertus du moteur rotatif, pourra durer aisément jusqu'à 15 années pour certains véhicules commerciaux. En outre, les pneus et bandages sont généralement mis à mal par les coups de freins consécutifs à des allures rapides, par le dérapage, le frottement latéral et la torsion dans les virages où la force centrifuge est importante. On peut dire, sans beaucoup se tromper, que leur usure est en raison du cube de la vitesse.

Dans la traction électrique, un train de pneus dure aisément 100 000 kilomètres, alors qu'au bout de 20 000 ou 25 000 kilomètres, avec un moteur à essence, ils rendent l'âme. Nous touchons là précisément à un grave problème : la difficulté d'approvisionnement en pneumatiques fera la fortune du véhicule à accumulateurs, car non seulement ses roues garderont longtemps intactes leurs toiles et leurs enveloppes de gomme, mais elles pourront utiliser de vieux pneus répudiés par la roue de l'automobile à essence. Ne voit-

on pas encore sur certains pneus de véhicules à accumulateurs, après 3 000 km, les reliefs du moule ?

Du point de vue consommation, il suffit de considérer à la fois le gaspillage d'essence qui correspond à au moins 350 g par ch-heure, soit 2,50 f d'essence, et le prix du kilowatt-heure. Les 736 watts-heure correspondant au ch-heure coûtent six fois moins.

Nous touchons alors à la question « dépense » qui se présente dans son ensemble avec un certain « revers » propre à intimider l'usager. Celui-ci, convaincu de la modicité de la dépense d'énergie, objectera que la voiture électrique est d'un prix très élevé et devient en réalité d'un emploi très onéreux en raison de l'amortissement des batteries sur un temps assez court. Or, de la voiturette au gros camion, la batterie coûte de 5 000 à 60 000 f. S'il faut la remplacer au bout d'un an ou deux, l'usager sera inquiet à juste titre. Nous verrons par un examen sommaire de la construction que la balance penche en fin de compte, et malgré cela, en faveur de l'automobile électrique.

Lyon, capitale de l' « accumobile »

Par sa situation dans les régions riches en houille blanche, Lyon devait devenir un centre d'utilisation de l'énergie électrique pour la locomotion. On y rencontre, en effet, beaucoup d'industriels qui ont adjoint à leur usine, soit un bureau d'études, soit un atelier de réalisation de véhicules électriques en grande ou petite série. Ces constructeurs se divisent en deux catégories : les partisans du véhicule électrique intégral, parmi lesquels on trouve d'abord les constructeurs de camions (S.L.E.V.E., Sovel, etc.) et des électriciens comme M. Renard, puis les « transformateurs » (si l'on peut user de ce mot accoutumé à un autre sens), désireux d'utiliser plus ou moins les châssis et carrosseries d'automobiles en léthargie faute d'essence, pour établir un véhicule à accumulateurs. Ainsi procèdent les Ateliers et Forges de Lyon (voitures Stela), les Etablissements Gendron frères, M. Drevon, etc.

Leur catégorie est représentée à Paris par Mildé-Krieger, Vetra-Lafly, Tudor (C.G.E.), Pierre Faure, et à Nice par le réalisateur de l' « Electrolette ».

La situation apparaît d'ailleurs différente dans la zone libre et la zone occupée.

En zone libre, le Gouvernement n'a autorisé, pour le premier semestre de 1941, que 260 réalisations de véhicules électriques neufs à moins de 600 kg de charge utile (dont 180 pour le transport des personnes et 80 pour des services utilitaires). Le Ministère de la Production industrielle a, d'autre part, fixé les dimensions de pneumatiques à adopter.

De toutes façons, qu'il s'agisse d'un véhicule transformé ou d'un châssis nouveau, il faut une étude d'ensemble et une étude de détail.

Les deux batteries : démarrage et traction

Du point de vue de leur nature chimique, les batteries peuvent être à électrolyte acide (accumulateurs au plomb) ou basique (accumulateurs au fer-nickel ou au cadmium-nickel). Mais la distinction qui nous préoccupe ici est celle qui existe entre batteries de *démarrage* et batteries de *traction*.

Les batteries de démarrage nous sont familières, sous les potentiels de 6 à 12 volts, dans les voitures à essence. Leur

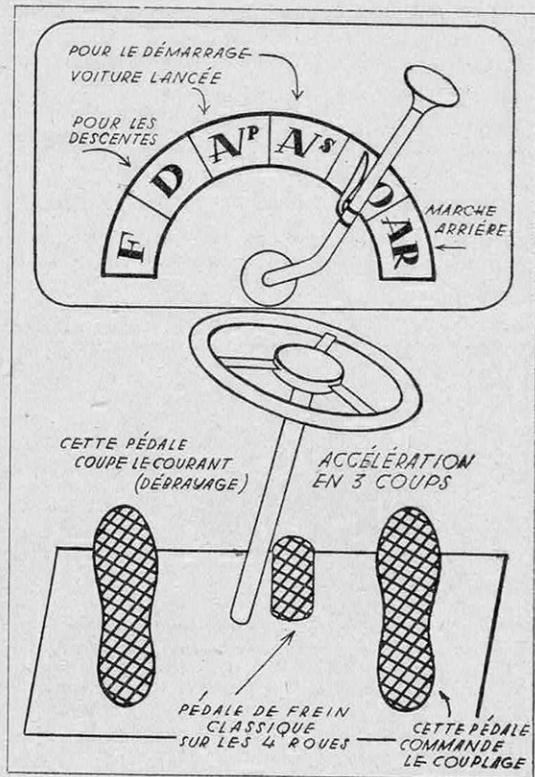


FIG. 2. — LES COMMANDES DE L'AUTOMOBILE ÉLECTRIQUE « STELA »

La disposition des commandes sur cette voiture permet le départ avec l'allure maximum de 5 km/h, puis une accélération à 15 km/h maximum en enfonçant davantage la pédale de droite et enfin, avec la pédale poussée à fond, on atteint 30 km/h. Ces trois positions correspondent à 16, 32 et 64 volts. En cas d'accident, ou d'embaras de circulation, l'autre pédale de gauche, tenant lieu de débrayage, coupe le courant. Outre la pédale de droite qui commande le « combinateur-batterie », le conducteur dispose sur le tableau de bord d'un combinateur-moteur présentant six secteurs : O, marche arrière, marche avant-parallèle, marche avant-série, descente et freinage. On met le levier à la position avant-série pour le démarrage, qui est ainsi plus doux. On va moins vite, mais, dès que la voiture est lancée, on met le levier à la position avant-parallèle. La conduite de la voiture présente de grandes analogies avec celle d'une voiture à essence.

travail est là de courte durée : après le départ, elles ne travaillent plus et se laissent au contraire recharger par le jeu de la dynamo.

La batterie de traction spécialement conçue pour l'automobile électrique groupe en série des éléments de façon à totaliser 24, 36, 48, 80 volts, etc. La normalisation tend à grouper 24 ou 28 éléments pour les accumulateurs au plomb, 40 ou 80 pour les accumulateurs au cad-

mium-nickel. La capacité peut varier entre 100 et 600 A-h.

Les batteries dites de « démarrage », peu encombrantes, présentent des plaques positives minces. Or, la durée de ces plaques tient précisément à leur épaisseur. Les plaques de démarrage permettront peut-être une centaine de décharges tandis que des batteries de traction à plaques de 0,5 cm d'épaisseur en permettront 800.

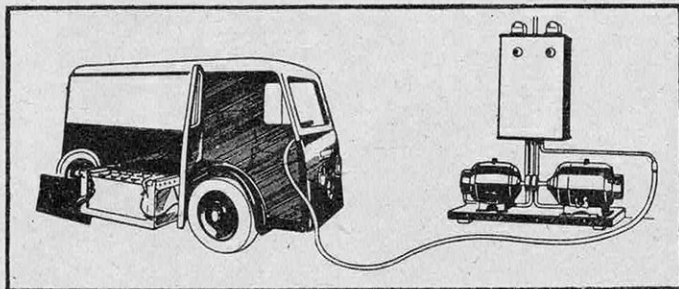


FIG. 3. — POSTE DE CHARGE POUR UNE CAMIONNETTE DE 1 000 KG
Le moteur à courant alternatif du poste de charge entraîne une dynamo. Le compteur du véhicule donne la quantité d'électricité fournie et coupe le courant quand la recharge est exactement accomplie (Sovel).

La capacité d'une batterie (quantité d'énergie libérée au cours de la décharge, jusqu'au crochet de la courbe de décharge) n'a pas de valeur fixe et varie avec le régime de décharge. Si elle a une valeur de 10 pour une décharge normale en 5 heures, elle s'élève à 12 si on double la durée de la décharge et s'abaisse à 9 si la batterie est « vidée » en 3 heures.

En matière de traction, c'est le chiffre de 5 heures que l'on considère habituellement. La capacité varie naturellement avec l'âge de la batterie.

Elle dépend aussi de son espèce. Les accumulateurs au plomb, capables de 19 Wh par kg, supportent mal une décharge rapide, car ils perdent vite en capacité. Les accumulateurs au cadmium-nickel offrent une capacité plus constante avec les divers régimes de décharge et semblent mieux faits pour les décharges rapides. D'un prix élevé, difficiles à trouver en raison de la rareté du nickel, ils peuvent donner 30 Wh par kg et permettre jusqu'à 1 500 décharges.

Les accus au fer-nickel se montrent eux aussi peu dépendants du régime de décharge. Robustes, résistant bien aux chocs, ils réclament peu d'entretien et durent, mais ils ne permettent pas les gros débits nécessaires pour les démarrages et coûtent

cher : là où un camion porte 60 000 francs d'accumulateurs au plomb, il faudrait une somme double pour des accumulateurs fer-nickel.

D'une manière générale, on ne doit pas décharger en moins de 5 heures des accumulateurs. Si le rayon d'action de la batterie est de 100 km, il en résulte une vitesse moyenne de 20 km/h et cet exemple suffit à caractériser la mission de ce genre de véhicules. Si l'on veut aller plus vite, il faut une voiture assez importante pour porter une grosse batterie, ou des châssis extra-légers associés à des accumulateurs de la meilleure qualité, sans souci de leur durée. A cette heure, l'accumulateur au plomb reste de beaucoup le plus répandu.

Le moteur électrique

Remarquons tout d'abord que devant un effort trop grand, le moteur à essence cale, ce qui invite à lui donner des dimensions et une puissance exagérées pour son service normal. Le moteur électrique, au contraire, peut supporter durant un court instant des efforts très supérieurs à ceux prévus, car son couple croît quand la vitesse décroît, alors que dans le moteur à essence, c'est l'inverse. Ainsi, pour un même service, les véhicules électriques auront des moteurs dont la puissance s'exprime par des chiffres d'un modestie surprenante : 3 ch suffisent pour une voiture du type « tourisme ».

Par ailleurs, le moteur électrique peut être accouplé directement aux roues motrices et bien démarrer, alors que le moteur à explosion exige débrayage et changement de vitesse (1).

Les deux types de moteurs installés sur les automobiles électriques sont le *moteur série* et le *moteur compound*.

De ces deux types, le moteur à *enroulement série*, le plus simple et le plus employé, offre en même temps le meilleur rendement dans l'accélération, la surcharge et le démarrage, au cours duquel il donne un couple élevé. Or, ces trois

(1) On peut faire des véhicules électriques à deux moteurs, attaquant chacun une roue par l'intermédiaire d'un réducteur à engrenages ou à chaîne, ce qui permet l'économie du différentiel, mais la tendance actuelle est plutôt au moteur unique attaquant les roues motrices par un « pont » classique.

conditions de travail correspondent aux trois quarts de l'énergie consommée dans un service urbain. Ce moteur limite automatiquement l'intensité du courant qui le traverse (sauf dans le cas de shuntage des inducteurs).

Le moteur *compound* permet des variations plus progressives de la vitesse et un freinage électrique, mais sa consommation doit être surveillée.

Notons que dans l'emploi du moteur électrique il n'y a de limite à la puissance maximum que l'échauffement, de telle sorte qu'on peut pendant 15 ou 10 minutes lui demander 3 ou 4 fois sa puissance nominale. Si l'on considère que le moteur à explosion est un cheval de course attelé, le moteur électrique apparaîtra comme un *cheval de trait*.

Pour faire varier la vitesse, on dispose de plusieurs moyens : par couplage des batteries, par introduction de résistances ou par action sur l'excitation du moteur.

Les manœuvres par lesquelles on fait intervenir des résistances dans le circuit principal ne sont pas économiques, car il y a perte d'énergie dans ces résistances.

On ne doit pas y recourir quand le véhicule est lancé, mais seulement pour le démarrage afin d'éviter des à-coups au moteur et à la batterie.

En descente, la récupération d'énergie ne présente guère d'intérêt, car en maintenant en agitation la matière active de la batterie, elle empêche celle-ci de se reposer et cela pour un gain de peu de valeur.

En revanche, le fait de faire tourner le moteur en descente peut l'exposer aux méfaits de la force centrifuge, éclatement des frettes de fixation des sections de l'induit, par exemple.

Il convient enfin de respecter la limite fixée par le constructeur à l'intensité lorsque le moteur fournit un effort exceptionnel. Un ampèremètre placé sur la

planche de bord permettra au conducteur de surveiller cette intensité.

Appareillage et recharge

Que manque-t-il désormais pour la réalisation du véhicule? L'appareillage nécessaire pour les combinaisons de manœuvre, c'est-à-dire les *contrôleurs* (on dit

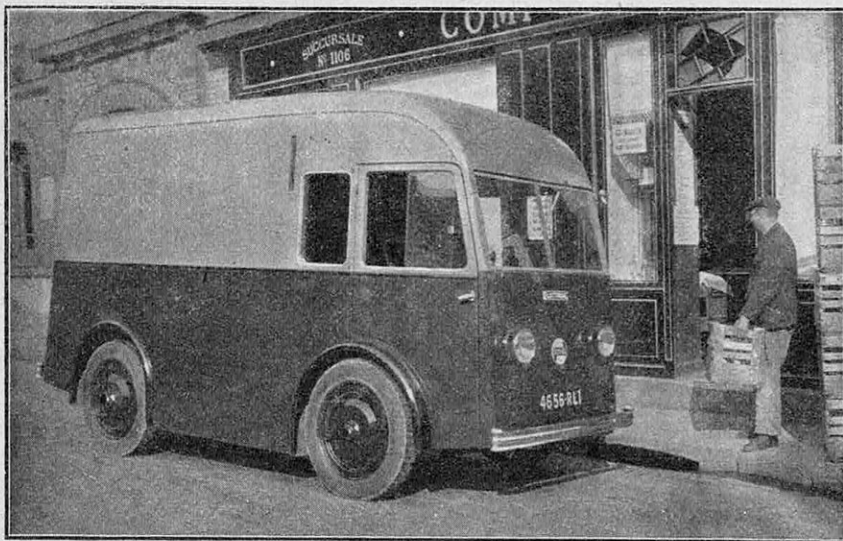


FIG. 4. — CAMIONNETTE POUVANT EMPORTER UNE TONNE DE CHARGE UTILE A UNE VITESSE DE 28 KM/H, AVEC UN RAYON D'ACTION DE 65 KM (SOVEL) T W 5977

encore contrôler ou combinateur) et les *contacteurs* ouvrant et fermant les circuits. Le contrôleur ou *coupleur* de moteur permet en général trois vitesses, suivant que les inducteurs du moteur sont couplés en série ou parallèle, avec ou sans résistances. Il apparaît dans son principe comme une simple réduction de l'appareil que manœuvrent les conducteurs de tramways. Il nous faudra aussi une prise de courant de charge (normalisée en octobre 1939) et, suivant les cas, un *chargeur* ou un *poste de charge*. Le « vidage » et la recharge de la batterie doivent alors retenir toute notre attention surtout pour les batteries employées pour la traction qui, en travail permanent, se déchargent tous les jours. L'entretien des accumulateurs, chose capitale, impose un soin d'autant plus sévère qu'on utilise des batteries de démarrage pour « tirer » la voiture. Les garanties habituelles des constructeurs pour des batteries ne s'appliquent qu'à l'usage pour lequel elles furent conçues. De la sorte, si on n'utilise pas de batteries de traction, la question de *durée* joue beaucoup plus. Les meilleures batteries sont garan-

ties 4 ans, mais leur durée varie avec l'attention dont on les entoure.

Nous savons qu'il faut les recharger *exactement*, c'est-à-dire à fond, mais sans *excès*, ce qui nuirait à la conservation des éléments. Il sied donc à chaque instant de connaître la *quantité d'énergie* dépensée.

Or, il est rare qu'un conducteur sache ce qu'a débité sa batterie. L'*ampèremètre* dont on se contente sur de petits véhi-

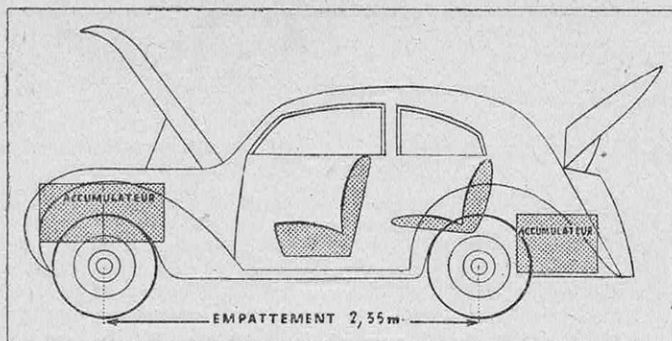


FIG. 5. — LA RÉPARTITION DES BATTERIES DANS LA VOITURE ÉLECTRIQUE INTÉGRALE « MILDÉ-KRIEGER »

Le mouvement du moteur est transmis directement au différentiel. Les commandes sont disposées comme celles d'une voiture à essence. Vitesse en palier : 35 km/h; rayon d'action : 90 km environ sans recharge.

cules n'est pas suffisant. On peut évidemment lui adjoindre les indications du compteur kilométrique et d'un volt-mètre, le chemin parcouru et la tension de la batterie constituant un contrôle intéressant, quoique insuffisamment précis.

On utilise alors un ampèremètre-heure, révélateur de l'état de décharge. Sur cet appareil, un repère indique les 80 % d'épuisement de la batterie, chiffre qu'il convient de ne pas dépasser (et qui réduit d'ailleurs de 20 % le rayon d'action théorique).

Quand on recharge la batterie, l'appareil revient à zéro. Il est complété par un dispositif qui coupe automatiquement la charge lorsque le « plein » des accumulateurs est fait. On lui reproche d'être encombrant sur un petit véhicule où il souffre, en outre, trop directement des trépidations, et on le rencontre plutôt sur les véhicules de moyenne et grande charge utile, mais il ne faut pas oublier que sans lui on risque de mal employer la batterie. Pour celle-ci, le constructeur fournit d'ailleurs la *courbe de décharge* qui traduit en quelque sorte son état civil.

Le camion, véhicule électrique intégral

Il faut tout d'abord remarquer que les véhicules lourds à accumulateurs appartiennent à l'*industrie électrique* et que les petites voitures relèvent du domaine de l'*industrie automobile*.

Le camion est une machine électrique sur un châssis roulant, l'automobile de liaison, une machine automobile mue par l'électricité. La discrimination, qui peut paraître subtile, s'affirme d'une part dans les deux méthodes employées : *construction totale* ou *transformation*, et dans la disposition des commandes.

Sovel, S.L.E.V.E., à Lyon; Coder, à Marseille, nous montrent d'excellents modèles d'engins du premier type.

La Société lyonnaise d'exploitation des véhicules électriques (S. L. E. V. E.) est fidèle aux accumulateurs au plomb pour les 150 véhicules qu'elle met en location, et considère que la transformation d'un châssis de camion automobile ne donnerait rien

de bon, en raison de la répartition toute différente des poids. Sur un camion à essence, le poids se trouve pour la majeure partie à l'avant, tandis que dans le camion électrique de 3 tonnes, par exemple, les 44 bacs seront groupés en deux groupes de 22 au milieu des longerons. Il y a là 2 tonnes d'accus, pour une tension de 90 volts. Les accumulateurs au plomb, rustiques, offrent moins d'ennuis en cas de décharge prématurée : si la batterie est « morte » quelques kilomètres avant le but, le conducteur n'a qu'à aller se restaurer dans quelque auberge voisine. Pendant ce temps, et par le jeu des réactions chimiques, la batterie reprend un peu de vie, assez pour achever l'étape. Il n'y aurait, en pareil cas, rien à espérer d'une batterie au cadmium-nickel.

La S.L.E.V.E. a créé un poste de charge pour 66 véhicules, pourvu de commutatrices recevant du triphasé d'un côté et de l'autre livrant du courant continu. Ce poste consomme chaque nuit 8 000 kilowatts-heure.

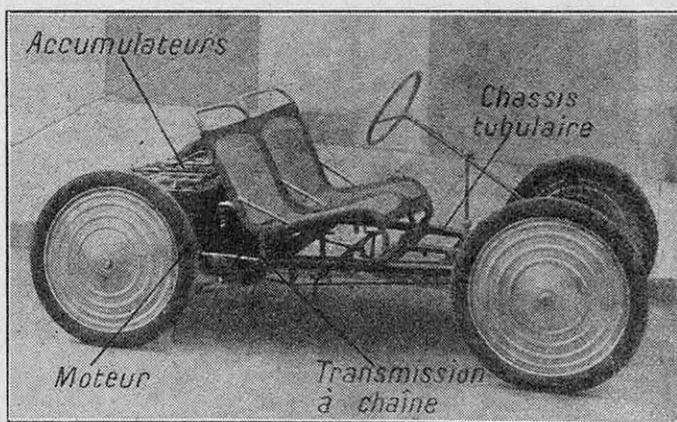
On compte qu'une grosse batterie au plomb peut faire 3 ans de service en moyenne, car la vitesse des camions est

toujours modérée. Il faut noter à ce propos que dans une côte de 2 % on double la consommation d'énergie par rapport à la consommation en palier. Si la pente passe à 4, 6 et 8 %, on triple, quadruple et quintuple. A 8 %, le kilomètre de rampe vaut ainsi 5 km en palier. (La batterie au plomb est de l'ordre de 60 000 francs. Au cadmium-nickel, elle durerait davantage, de 4 à 6 ans peut-être, mais coûterait 150 000 francs.) Ces camions peuvent accomplir entre 60 et 70 km sans recharge.

La société *Sovel*, spécialisée depuis plus de 15 années dans la fabrication des camions à accumulateurs, considère des limites du même ordre. Une augmentation de 15 % du rayon d'action peut d'ailleurs résulter de la recharge rapide de la batterie au milieu de la journée pendant les heures de repos, pratique courante valable aussi pour la petite voiture (que le médecin rechargera largement pendant ses consultations) et qu'on appelle le *biberonnage*.

Sovel considère que le poste de charge pour un nombre important de véhicules peut-être constitué par un *convertisseur* (moteur alternatif entraînant une dynamo) ou un *redresseur* d'un type variable (oxymétal, à valves, etc.).

La commande des moteurs se fait par



T W 5978

FIG. 7. — LE CHASSIS DE LA VOITURE ÉLECTRIQUE LÉGÈRE « ÉLECTROLETTE »

Ce châssis est du type tubulaire haubanné en duralumin, d'un poids de 80 kg environ, pour 1,15 m de voie. Il porte à l'arrière les batteries 24 volts, 165 A-h, batteries de démarrage au plomb. En ordre de marche, ce véhicule ne pèse que 230 kg, soit 400 kg avec deux passagers. Les 4 roues sont indépendantes, la roue arrière droite seule étant motrice.

un combinateur à cinq positions, à soufflage magnétique. Il assure une marche et une accélération très souples, par utilisation de deux groupements des inducteurs et deux de la batterie, avec emploi d'une résistance pour le démarrage seulement. Les vitesses restent limitées à 20 km/h pour les gros tonnages et 30 km/h pour les camionnettes légères. Ces machines durent facilement trois fois plus longtemps que leurs « sœurs » nourries à l'essence.

Petites voitures « intégrales »

Paris nous en donne plusieurs modèles.

Parmi les plus anciens constructeurs, citons *Mildé-Krieger*, précurseur dès 1902, et qui fut un des premiers à préciser le bilan triomphal de l'automobile électrique, pour une charge utile de 400 kg transportée à 100 km, compte tenu de l'amortissement de la batterie, que la voiture sorte ou non. Si, en effet, la recharge est peu coûteuse (5 f par

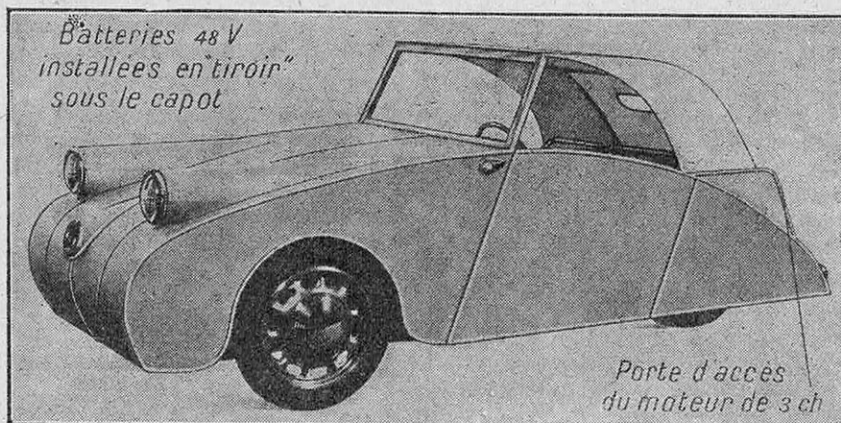


FIG. 6. — L'« ÉLECTRO-RENARD », VOITURE ÉLECTRIQUE LÉGÈRE DONT LA CONSOMMATION AUX 100 KM ATTEINDRA TOUT AU PLUS LA VALEUR DE 2 LITRES D'ESSENCE

La photographie ci-dessus montre le premier modèle de cette voiture avec châssis à trois roues. Le châssis à quatre roues est identique. Vitesse en palier : 35 km/h; rayon d'action : environ 70 km.

jour), il faut compter au moins 20 f par jour d'usure des accumulateurs. Mildé-Krieger arrive ainsi, par un calcul précis dont le détail importe peu ici, à 132 f pour l'automobile à essence et 92 f pour l'automobile électrique (qui s'amortit aisément sur 300 000 km).

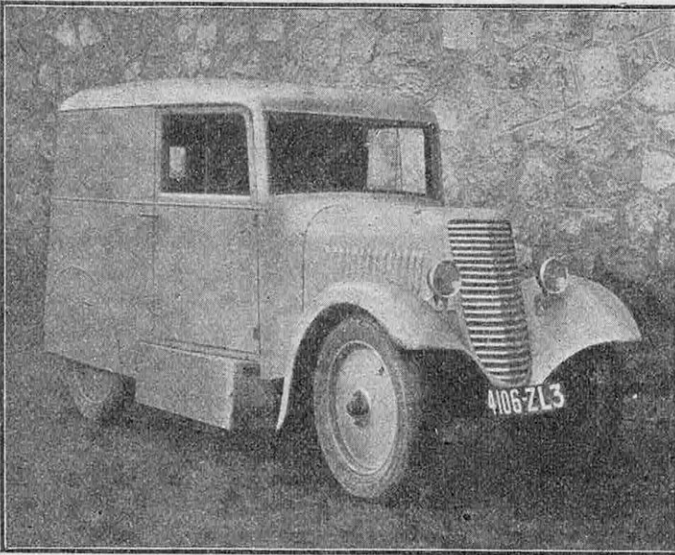


FIG. 8. — UNE VOITURE ENTIÈREMENT CONSTRUITE PAR UN ARTISAN ÉLECTRICIEN

M. Picat, de Limoges, a installé des accumulateurs sur un châssis de voiture Benjamin sans différentiel. Le poids est de 750 kg avec un moteur de 3,5 ch construit par l'auteur. La vitesse est de 25 km/h.

Ils considèrent que le pont arrière de la voiture à essence et surtout la boîte de vitesse absorbent trop de puissance (2 ch sur 15) et abandonnent la boîte de vitesse.

La C.G.E. (Tudor) réalise aussi une machine électrique intégrale biplace, avec carrosserie en duralumin, capable de tenir la vitesse de 40 à 60 km/h pendant quelques minutes (ce qui est intéressant pour « doubler » notamment). Un relais chronométrique (taré pour 3 minutes) ramène en cas de besoin la pédale de commande des couplages et évite de griller le moteur.

D'autres voitures circulent également dans Paris ou attendent, pour se montrer, des jours plus favorables à l'approvisionnement en matières premières et en pneumatiques, telle la voiture de M. Pierre Faure, dont le châssis est constitué par une forte poutre centrale et des traverses sur lesquelles repose la carrosserie à l'avant arrondi. Les accumulateurs reposent à l'avant dans un cadre,

tandis que la poutre porte à l'arrière deux roues à voie étroite (0,48 m) ce qui permet de supporter mieux le différentiel par deux ressorts cantilever. Pierre Faure a fait appel aux alliages légers et le châssis ne pèse que 65 kg.

La recharge des éléments est assurée en 10 heures par un redresseur léger, porté par la voiture. Le rayon d'action pratique déclaré est de 8 km, la vitesse 40 km/h (en pointe sans doute). Le prix serait de l'ordre de 20000 à 30000 f.

A Lyon, nous trouvons aussi, dans la personne d'un industriel, M. Renard, un partisan convaincu de la voiture électrique « cent pour cent ». Avec deux prototypes, il a déjà parcouru 1000 km à une allure de 35 km/h et entrepris une très petite série.

Le véhicule, qui porte 300 kg de batterie pour un même poids de châssis et carrosserie, est biplace avec roues arrière motrices, cela sans aucun engrenage en prise, mais par un accouplement souple qui assure une marche silencieuse à un degré jamais encore atteint. Un levier à main, placé au centre du tableau

de bord, commande les plots correspondant à 12, 24, 48 volts, absolument comme le levier à main de la 402 Peugeot. Les roues indépendantes sont portées par des bras articulés sur les barres de torsion. Un groupe de charge est prévu. Rayon d'action 75 km.

A Nice, nous rencontrons la petite usine la plus active du genre, celle où, sous la direction technique de M. Meer, naissent chaque jour les *Electrolettes*, séduisantes petites voitures dont la puissance officielle auprès du Service des Mines n'est que de 1 cheval.

A Nice, l'*Electrolette*, qui a abordé des rampes de 14 %, a monté la Moyenne Corniche à 17 km de moyenne horaire.

Une particularité apparaît dans la nature des roues, roues métalliques de 0,60 m à rayons métalliques, véritables roues de *motocyclette*, ce qui offre le double avantage de la légèreté et d'un approvisionnement plus aisé (pour le moment du moins) en pneumatiques. Ce véhicule de 2,30 m de longueur, a une vitesse de

30 km/h en palier, pour 2 000 tours/mi-
nute du moteur (moteur tétrapolaire
série à quatre balais). La transmission
est assurée par chaînes, avec ou sans re-
lais intermédiaire. Pour la conduite,
2 pédales et 3 leviers, dont un frein
sur les roues arrière seules. Un levier
inverseur à trois positions donne la mar-
che arrière, le point mort coupe-circuit
et la marche avant. Le troisième levier
est celui du changement de vitesse élec-
trique (trois vitesses, sur 6,
12, 24 volts). Une des pédales
commande le frein à seg-
ments intérieurs agissant sur
les quatre roues. Le frein
électromagnétique permet
dans chaque descente la re-
charge des batteries tout en
ralentissant le moteur. (Il
agit quand la pédale de
marche est revenue vers l'ar-
rière.) La conduite ne de-
mande pour ainsi dire pas
d'apprentissage. Un quart
d'heure d'essai suffit. La vi-
tesse normale est de 25 km/h ;
le rayon d'action 90 à 100 km,
ce qui est du plus grand inté-
rêt en raison de la modicité de dépense
de recharge : 6 f environ. Les usines qui
occupent déjà 100 ouvriers produisent
2 voitures par jour. Prix : 35 000 f environ.

Les voitures transformées

Divers constructeurs pensent, non sans
raison, qu'il serait logique d'utiliser des
autos à essence pour longtemps abandon-
nées, à la réalisation de véhicules élec-
triques, par des transformations approp-
riées lesquelles peuvent se concevoir à
deux degrés. Ou bien il s'agira d'instal-
ler simplement un moteur électrique et
des accumulateurs, ou bien il s'agira de
ne conserver du châssis que la charpente,
en abandonnant les transmissions classi-
ques.

Le premier mode trouve ses adeptes
chez les artisans électriciens, insuffisam-
ment outillés pour entreprendre une
transformation radicale. On peut citer
au hasard un Niçois, M. Barraque, et un
électricien de Limoges, M. Pierre Picat,
comme ayant assez bien abouti dans ce
genre. Ce dernier a installé un moteur
électrique construit de ses propres mains
sur un châssis de voiture Benjamin (sans
différentiel), comme on sait, et pourvu
d'un changement de vitesse à l'arrière,

que le constructeur apprécie pour ménager
ses accus (36 v, 150 A-h).

Il use en outre d'un levier accélérateur
à main agissant sur un rhéostat rustique
qui demeure le plus souvent à fond, en
raison du changement de vitesse mécani-
que. La vitesse reste d'ailleurs modérée :
25 km/h.

De même, à Paris, les établissements
Duriez conservent boîtes de vitesses et
transmission, et appliquent leur méthode

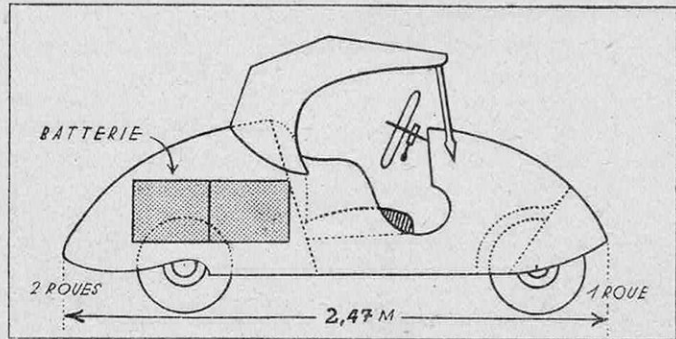


FIG. 9. — LE PROTOTYPE DE LA VOITURETTE BABY-RHÔNE

Cette voiturette, qui circule à Lyon, atteint 35 km/h et est
équipée d'une batterie de 36 volts, 150 A-h. Son châssis-
carrosserie monocoque biplace a 1 mètre de largeur seulement.
(Société Paris-Rhône.)

aux Simca 5, Rosengart, Citroën. Les
accumulateurs sont répartis moitié
au-dessus du moteur, sous le capot, et moitié
dans le coffre arrière. Les manœuvres
restent les mêmes que pour l'automobile
à essence.

À Lyon, les établissements *Gendron frè-
res* abordent le même problème en con-
servant la boîte de vitesse des Simca 5 et
des Rosengart, pour bénéficier du meil-
leur rendement à tous les régimes. Avec
96 volts et 75 ampères-h (batterie répartie
1/3 sous le capot, 2/3 dans le coffre), ils
disposent de 75 km de rayon d'action.
La *Simca* se prête bien à cette disposi-
tion car elle a 4 vitesses, la troisième étant
la vitesse normale en palier (pour la Ro-
sengart ce sera la deuxième). Certes, la
conduite est un peu moins agréable
qu'avec le changement de vitesse intégra-
lement électrique, mais on y gagne en
rendement. Le moteur électrique pèse
42 kg, la batterie 350 kg, la vitesse en
palier varie de 25 km/h (ville) à 35 km/h
(route) et dans une côte à 10 % elle tombe
à 8 km/h. L'accumulateur est remplacé
par un coupleur qui donne le tout ou rien
(avec un moteur de 2 ch, une accélération
rigoureusement progressive ne s'impose
pas).

C'est un peu de ces méthodes qu'use M. Drevon, à Lyon, également, qui s'est attaché particulièrement à la *Simca 5*, comme type le plus léger, et peut-être aussi le plus répandu. Il conserve la boîte de vitesse, estimant que ce démultiplicateur, dont l'usage ne s'impose pas pour la route peu mouvementée, est indispensable dans les rampes.

Vitesse normale 28 km/h et, si besoin est, pointe à 45 km/h pendant quelques minutes. Rayon d'action : 70 km.

M. Drevon s'est par ailleurs attaché à la transformation du vélomoteur (puissance inférieure à 1 ch). Le vélomoteur devant peser 35 kg au plus, divers constructeurs revenaient à la motocyclette avec remorque pour les accumulateurs.

M. Drevon a obtenu l'autorisation de les placer sur un sidecar, tout en restant dans la catégorie « vélomoteur » et en disposant ainsi, avec 3 roues, d'une meilleure stabilité. Il a été prévu 80 kg de batterie (catégorie *démarrage*) et le rayon d'action sera de 80 km. Le moteur électrique a été placé à la place même du petit moteur à essence.

Il semble que la clientèle médicale doive s'accommoder de cette solution, encore que la *Simca* reste par excellence la « voiture-docteur ». Pour les deux véhicules, les moteurs sont des modèles des établissements *Paris-Rhône*, créateurs par ailleurs de véhicules à 2 et 3 roues (*Baby-Rhône*) intéressants.

Si l'on veut essayer de fixer les idées de dépense au cours d'une transformation de *Simca 5*, on peut s'appuyer sur les données approximatives que voici :

Moteur : 2800 f; batterie : 10000 f; contrôleur : 1500 f; démontage, remontage, main-d'œuvre, câblerie : 60000 f. Soit 20000 f de frais de transformation. En y ajoutant la valeur de la voiture qui change ainsi de visage, on peut estimer le prix de revient entre 30000 et 35000 f.

Transformation maximum

Si l'on part d'une voiture à essence et qu'on réduise au minimum ses modifications, on fait quelques concessions du point de vue du poids.

Pour les réduire, les Ateliers et Forges de Lyon viennent d'entreprendre en série, et avec une activité marquée (de 15 voitures, la production mensuelle prévue passera à 50 pour l'été de 1941), la transformation *maximum* de quelques types déterminés de voitures à essence.

Par la même occasion, on économise du poids, on assure une meilleure *répartition des charges*, on renforce la suspension grâce à de nouveaux ressorts. Les cadres sont changés. Pas de changement de vitesse mécanique, mais une commande de couplage au pied suivant le schéma de la figure 2.

Rien n'est, pour ainsi dire, changé aux habitudes du conducteur d'automobile à essence. Il retrouve là le jeu de ses réflexes et une conduite plus agréable, plus facile même. La question de la recharge demeure au goût de l'usager.

Des postes de charge seront naturellement créés aux centres de stationnement des taxis électriques dont la ville de Lyon sera prochainement dotée.

L'avenir de l'automobile électrique

L'essor du véhicule électrique est la conséquence logique des faits et des vertus même qu'il apporte.

Pour être complet, il ne faut cependant pas passer sous silence les difficultés présentes. Le manque de matières premières paralyse souvent les projets des constructeurs. Le cuivre est rare, mais on peut le remplacer dans une certaine mesure par l'aluminium. La gomme manque, mais nous avons vu que le véhicule électrique pouvait s'accommoder de pneus usagés. La toile de coton fait aussi défaut. Michelin lui a déjà substitué une toile métallique. Et puis, on peut songer à créer des roues élastiques (comme cela fut tenté jadis, mais avec moins de moyens qu'aujourd'hui). Le nickel manque, mais il y a du plomb et les accumulateurs au plomb suffisent à nos besoins actuels.

De ces difficultés diverses, l'ingéniosité des artisans et des constructeurs français saura s'affranchir sans doute.

Bientôt, à Lyon comme à Paris, les taxis électriques se multiplieront. Le rayon d'action de 70 à 90 km suffit à la journée d'un taxi (l'homme d'affaires réclamerait un peu plus, qui fait souvent dans Paris et aux alentours 120 à 150 km). La distribution du lait, comme celle des lettres, comme l'activité du médecin réclament le véhicule électrique. Avec lui, les dangers de la vitesse et du bruit disparaîtraient pour la plus grande sécurité du piéton et la plus grande tranquillité des riverains.

AVIONS ET SOUS-MARINS DANS L'ATLANTIQUE EN 1940-1941

par P. BELLEROCHÉ

Jusqu'au mois d'avril 1940, la guerre aéro-sous-marine menée par les Allemands contre les Iles britanniques s'était limitée à la mer du Nord (pour l'avidition et les mines) et aux atterrages atlantiques (pour les sous-marins). Les épisodes aéro-navals de cette lutte, entre septembre 1939 et avril 1940 (1), étaient limités à ce champ clos qu'apparaissait alors la mer du Nord et doublés d'une guerre de mines, faisant intervenir un engin nouveau, adapté aux petits fonds du littoral anglais, la mine magnétique. Au début de 1940, la défense s'était organisée : barrages de mines, de ballons, dragueurs antimagnétiques le long de la côte est d'Angleterre. Du côté Atlantique, le système des convois escortés par des destroyers antisous-marins paraissait suffire à contenir la menace sous-marine. La courbe des pertes hebdomadaires de la Marine britannique et alliée — ce baromètre de la guerre antibritannique — se tenait à un niveau faible, de l'ordre de 25 000 à 30 000 tonnes de tonnage britannique pour les navires de pavillon anglais, et 15 000 à 20 000 tonnes pour le pavillon allié et neutre utilisé par l'Empire britannique. Brusquement, la situation change. De la mer du Nord le front s'étend sur l'Atlantique de Narvik à Saint-Jean-de-Luz. Aussi, à partir du 1^{er} juin 1940, la guerre aéro-sous-marine s'oriente dans un tout autre cadre. Les bases sous-marines se transfèrent à Stavanger et à Lorient. L'action sous-marine en part comme deux grandes pinces, se rejoignant au large de l'Irlande. Les grands hydravions et avions, partis de la côte française ou de la côte norvégienne, prolongent la menace plus au large. Le danger des mines magnétiques continue en mer du Nord. L'action des vedettes rapides s'y ajoute dans l'estuaire de la Tamise et la Manche. Telle se présente la situation au printemps de 1941, après la guerre aérienne féroce qui s'est déroulée dans le ciel anglais d'août à décembre 1940, et au moment où débute une terrible campagne sous-marine et aéronavale dans l'Atlantique, à l'entour des Iles britanniques et, au large de celles-ci, dans l'Atlantique.

La conquête des bases nordiques (avril 1940)

La première phase de l'offensive du printemps 1940 fut l'occupation des 1 500 km de côte nordique s'étendant de l'île de Sylt au fjord de Narvik. Elle fut réalisée avec une rapidité vraiment foudroyante par l'occupation des aérodromes danois et norvégiens : Aalborg, Oslo et Stavanger, Vaernes, Trondhjem; les forces allemandes s'assuraient d'emblée la maîtrise de l'air. La flotte britannique fut gagnée de vitesse pour occuper les fjords, de sorte que, dès le début, la lutte s'engagea entre la puissance maritime du large (maîtrise de la mer) et la maîtrise de

l'air détenue par les forces du Reich. La lutte entre la Mer et l'Air tourna rapidement à l'avantage de l'Air.

Rappelons les faits. À sa sortie de la Baie allemande, le 7 avril 1940, la flotte allemande avait bien été repérée par la Royal Air Force et attaquée par une formation de Wellington, mais sans succès car des Messerschmitt 110 assuraient l'escorte aérienne des navires allemands. Un torpilleur anglais *Glow Worm* est surpris et coulé au canon. Le 9 avril, la Home Fleet, appareillée de Scapa Flow, intervient trop tard. Elle se heurte aux bombardiers de la Luftwaffe : le contre-torpilleur anglais *Gurkha* est coulé, et le cuirassé *Rodney* est touché par une bombe de 500 kg, mais sa cuirasse de pont (152 mm d'épaisseur) résiste au choc. Une escarmouche se produit à l'avant-garde, vers les îles Lofoten, dans

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 275 (mai 1940), « La guerre aéro-sous-marine en mer du Nord », par Pierre Bellerocché.

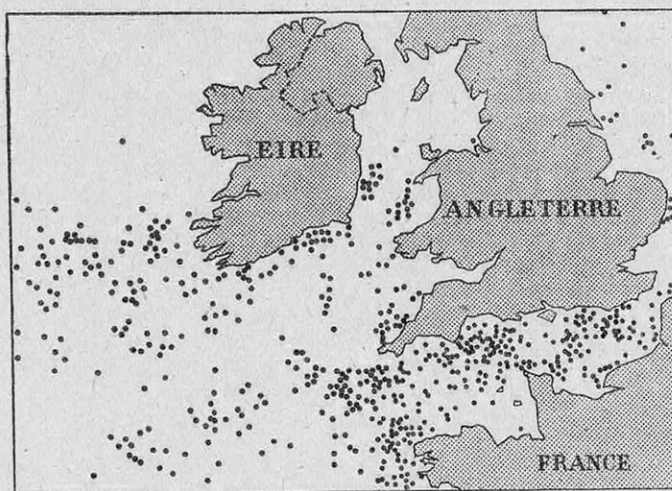


FIG. 1. — LES PERTES ALLIÉES EN 6 MOIS DE GUERRE SOUS-MARINE, DE SEPTEMBRE 1916 A AVRIL 1917

une tempête de neige, entre le croiseur de bataille britannique *Renown* (canons de 380 mm) et les croiseurs allemands *Scharnhorst* (canons de 280 mm) et *Admiral Hipper* (canons de 203 mm). A l'extrême nord, des destroyers allemands se sont installés au fond du fjord de Narvik, où le 10 avril, cinq torpilleurs anglais, conduits par le *Hardy*, les attaquent par surprise. Cette téméraire attaque est repoussée, mais un transport allemand est coulé.

A l'extrême sud, dans le fjord d'Oslo, la résistance des batteries côtières norvégiennes et l'action des sous-marins britanniques infligent des pertes sérieuses aux navires de guerre allemands (*Blücher* et *Karlsruhe*) et aux transports de troupes qui traversent le Skager-Rak, mais l'opération allemande a réussi. Les aérodromes et les ports norvégiens sont occupés.

Dès lors, la campagne de Norvège va offrir l'exemple de l'impuissance d'une flotte possédant, au large, la maîtrise de la mer contre une côte où l'adversaire détient la maîtrise de l'air. Les débarquements seront voués à des échecs.

Maîtrise de la mer sans maîtrise de l'air

La seule réaction réussie de la flotte britannique sera, à l'extrême nord, hors de portée des « Stukas » et des chasseurs allemands, la grande attaque navale sur Narvik, le 13 avril, conduite par le cuirassé *Warspite*, au cours de laquelle une dizaine de grands destroyers allemands du

type *Georg Thiele* et *Diethler Von Roeder* seront détruits ou mis hors de combat, ceci moyennant la perte de deux contre-torpilleurs anglais : *Punjabi* et *Cossack*. Partout ailleurs, l'aviation allemande tiendra les forces alliées en échec. Les troupes débarquées à Namsos et à Åndalsness, entre le 15 et le 20 avril, durent se réembarquer au début de mai, ayant fait la lamentable expérience d'un débarquement sans maîtrise de l'air.

La marine britannique essaya bien de remédier à cette infériorité en utilisant quelques navires antiaériens (1), mais en trop petit nombre, et deux furent coulés par les

bombes allemandes des « Stukas », dont le croiseur antiaérien *Curlaw*.

Le 17 avril, le croiseur *Suffolk* se dévoue et vient hardiment canonner l'aérodrome de Stavanger, dans l'espoir d'y détruire les avions au sol, mais, atteint par la bombe d'un « Stuka », il doit s'éloigner, avarié.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 277, septembre 1940 : « Les navires antiaériens de la marine britannique », par Pierre Belleruche.

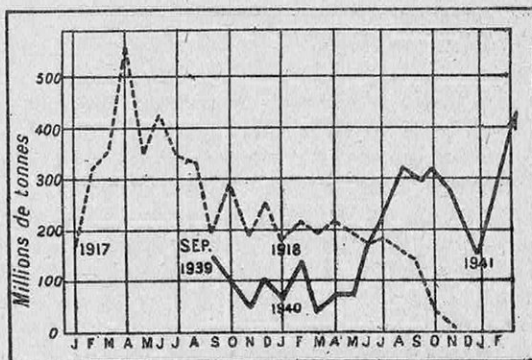


FIG. 2. — COURBE DES PERTES MENSUELLES EN TONNAGE DE LA MARINE BRITANNIQUE, AVOUÉES PAR LONDRES

En traits interrompus sont représentées les pertes mensuelles de 1917 à 1918; en traits pleins, les pertes mensuelles de 1939 à 1941. Il s'agit du tonnage britannique seulement, le tonnage allié ou neutre utilisé par les Britanniques n'est pas compté dans ces chiffres. Pour la période 1939-1941, les chiffres sont les chiffres officiels anglais. Les chiffres allemands sont généralement supérieurs de 50 %. Noter la montée rapide des pertes à partir de juin 1940. La courbe descend pendant l'hiver (décembre 1940-janvier 1941), mais remonte rapidement en février 1941.

Les porte-avions *Furious* et *Ark Royal* sont utilisés, mais leur armement insuffisant en avions de chasse leur interdit de tenir victorieusement en face des « Stukas » et des Messerschmitt basés à terre. Le 20 avril, l'un de ces navires réussit à débarquer une vingtaine de Gloucester « Gladiator » de chasse sur un petit lac gelé, près de Dombas, et qui pouvait servir d'aérodrome de fortune. Mais l'aviation allemande ne tarda pas à les découvrir et une quinzaine furent détruits au sol par les « Stukas », avant d'avoir pu s'envoler. La maîtrise de l'air reste aux forces allemandes.

L'épilogue de l'intervention britannique en Norvège fut, le 7 juin 1940, lors de l'évacuation de Narvik, la perte du porte-avions *Glorious*, surpris isolé par des croiseurs allemands et coulé au canon.

La maîtrise de l'air le long de la côte norvégienne eut même comme corollaire une reprise partielle de la maîtrise de la mer dans cette zone (1).

La conquête des côtes de la Manche et de l'Atlantique

Lors de l'invasion des côtes des Pays-Bas et du Pas de Calais, en mai 1940, on assiste à la même démonstration de l'importance de la maîtrise de l'air par rapport à la maîtrise de la mer. L'intervention des « Stukas » nettoie la côte de Zélande (Flessingue) et l'estuaire de l'Escaut de toute velléité d'intervention navale britannique — ceci en dépit de l'appoint, d'ailleurs trop maigre, des torpilleurs antiaériens, type *Wolsey* (2), et deux de ceux-ci sont coulés par les « Stukas » entre le 15 et le 20 mai (*Valentine* et *Whitley*). Lors de l'évacuation de Dunkerque, 7 contre-torpilleurs et torpilleurs français sont coulés (*Jaguar*, *Chacal*, *L'Adroit*, *Bourrasque*, *Sirocco* et *Foudroyant*) entre le 21 mai et le 1^{er} juin 1940, tant par les bombes que par les torpilles des vedettes rapides. Si l'évacuation de 335 000 hommes fut possible en quelques jours, ce fut en partie, il faut bien l'avouer, grâce à l'intervention de patrouilles de « Hurricane »,

(1) Autre épilogue de Norvège : à Narvik furent détruits à flot, au début de mai 1940, les deux « flying boats » *Cabot* et *Caribou* (hydravions à coque, quadrimoteurs Short), pionniers des traversées transatlantiques. Revanche des « Stukas » trois semaines après l'attaque navale menée par la flotte anglaise.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 282, février 1941.

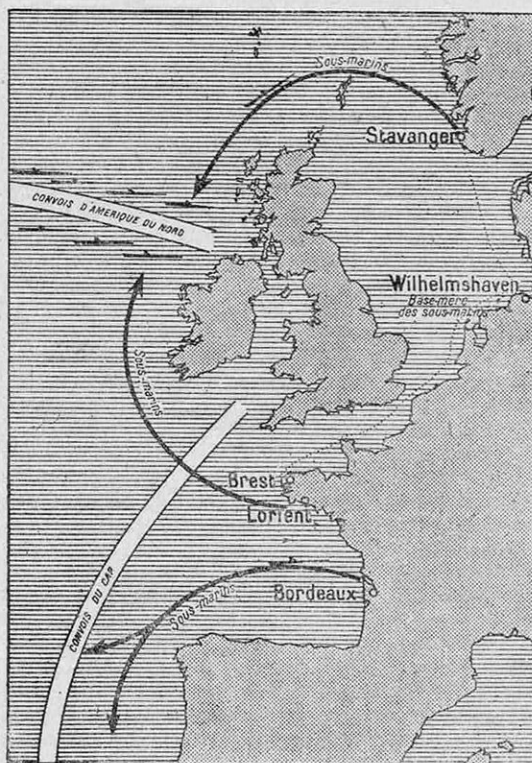


FIG. 3. — LES DEUX TENAILLES DE LA GUERRE SOUS-MARINE : STAVANGER ET LORIENT, LES DEUX BASES D'OPÉRATIONS

Les convois de l'Amérique du Nord aboutissent par la route nord de l'Irlande; ils sont attaqués par des formations massives de sous-marins basés d'une part à Stavanger et d'autre part à Lorient, deux bases d'opérations équidistantes de la route d'arrivée de ces convois. Les convois du Cap et d'Amérique du Sud aboutissent au sud de l'Irlande. Ils sont vulnérables à leur passage, de la côte d'Espagne à l'entrée de la Manche, par les sous-marins basés dans l'estuaire de la Gironde.

envolés des aérodromes de la côte anglaise, et qui réagirent contre la maîtrise de l'air allemande sur la côte française du Pas de Calais.

La réduction du saillant de Dunkerque, le 2 juin 1940, puis l'occupation de la côte française de la Manche et de l'Atlantique jusqu'à Saint-Jean-de-Luz devaient modifier considérablement les conditions de la guerre aéro-sous-marine menée contre les Iles britanniques. L'efficacité des sous-marins, notamment, devait s'en trouver, à partir de juillet 1940, considérablement accrue.

Le rendement de la guerre sous-marine a doublé à partir de juin 1940

Il est assez difficile de séparer, dans les pertes du tonnage marchand britannique, la part qui revient :

- aux sous-marins,
- aux mines,
- aux avions,
- aux navires de surface (vedettes rapides, cuirassés de poche, raiders océaniques).

Il n'est publié régulièrement à Londres, chaque semaine, que les pertes globales de tonnage. Ces chiffres distinguent généralement le tonnage de pavillon britannique du tonnage allié ou neutre affrété par les Britanniques, mais n'indiquent pas ce qui a été coulé par sous-marins, par mines, par avions, par navires de surface ou par vedettes rapides. Les chiffres publiés par Berlin sont très globaux, et ne font aucune distinction entre le tonnage de pavillon britannique ou de pavillon neutre (1). Ils sont plus forts que ceux de Londres, d'environ 50 %, et on relève parfois des écarts allant du simple au double.

L'examen de ces chiffres montre que, pour la période allant de septembre 1939 à mai 1940 inclus :

- la moyenne hebdomadaire est de l'ordre de 50 000 t, dont environ 30 000 t sont à inscrire à l'actif des sous-marins (le reste étant le fait des navires, des avions et des raiders).

Ceci n'est qu'une moyenne car, en fait, pour cette période de septembre 1939 à mai 1940, il y a eu au début prédominance des sous-marins, puis à partir de novembre 1939 interviennent les mines magnétiques, et à partir de février 1940 les attaques directes d'avions et le rendement de l'action des sous-marins semble avoir baissé de novembre 1939 à avril 1940.

L'ouverture du Pas de Calais (26 mai 1940)

Le fait capital de la stratégie de la guerre sous-marine s'est produit le 26 mai 1940, lorsque les forces allemandes terrestres « débouchèrent » le Pas de Calais, jusqu'alors obstrué par des champs de mines, s'opposant au passage direct vers la Manche des sous-marins allemands.

De juin 1940 à février 1941, s'ouvre une période de guerre sous-marine intensifiée, résultant de l'utilisation de la base de Stavanger, en Norvège, et des bases françaises de Brest et de Lorient. A partir de juin 1940, la moyenne mensuelle du tonnage coulé passe à près de 400 000 t.

(1) Ils indiquent parfois la part qui revient aux avions (de l'ordre de 25 %).

La moyenne hebdomadaire devient de l'ordre de 100 000 t (85 000 t d'après Londres) (1). En même temps, le pourcentage des pertes à l'actif des sous-marins s'accroît, de sorte que l'on peut dire qu'à partir de juin 1940, le rendement de la guerre sous-marine a plus que doublé.

A l'utilisation des bases de Stavanger et de Lorient, par les sous-marins allemands, il faut ajouter également l'apport des sous-marins italiens, dont une trentaine opèrent dans l'Atlantique au large des côtes d'Espagne et du golfe de Gascogne (Bordeaux). Certains croisent jusqu'aux parages des Canaries et de l'Islande.

La route des convois par le nord de l'Irlande

Pour se défendre contre ce péril accru, la marine britannique dut entièrement modifier les routes de ses convois. Elle renonce au système des routes en éventail aboutissant à l'entrée de la Manche, au sud de l'Irlande, et reporte au nord de l'Irlande le passage principal des convois. L'utilisation des bases aéronavales de l'Ulster (Irlande du Nord) facilite l'escorte aérienne de ces convois. Notons en passant que cette route par la côte nord de l'Irlande se trouve sensiblement à égale distance des bases de Lorient et de Stavanger.

Devant ce système défensif, les « U-Boote » adoptent la tactique d'action *en masse* par groupes de 4, 8, 12 sous-marins opérant en liaison étroite entre eux et avec l'aviation. Cette coopération devient possible jusqu'à 200 ou 300 milles (550 km) au large de l'Irlande.

L'attaque des convois par groupes massifs de sous-marins (de 1918 à 1940)

On se souvient qu'en présence de l'attaque de la navigation commerciale *isolée* par sous-marins opérant isolément à la manière de 1917, les Alliés avaient répondu, dès le début de 1918, par le système de la navigation en *convois escortés*. Les sous-marins opérant isolément s'étaient alors trouvés en présence d'une parade efficace. En mai 1918, les sous-

(1) Les statistiques hebdomadaires de Londres de fin 1940 se réfèrent parfois à une moyenne de 68 000 t par semaine : il s'agit de la moyenne des pertes hebdomadaires depuis le début de la guerre, c'est-à-dire qui résulte du chiffre de 50 000 pour la période 1939-mai 1940, et du chiffre de 90 000 pour la période mai 1940-décembre 1940.

marins allemands essayèrent une nouvelle tactique adaptée à l'attaque des convois, celle de la concentration de sous-marins. Cette nouvelle tactique est constatée à la fin du mois de mai 1918, par la concentration à l'entrée de la Manche d'une dizaine de « U-Boote ». C'est encore une concentration assez lâche, et opérant à l'aveuglette, car l'aviation allemande, dont la base la plus proche est Zeebrugge, ne peut, faute de rayon d'action, coopérer à l'entrée de la Manche ou dans le golfe de Gascogne.

La tactique massive des sous-marins, esquissée en 1918, sera reprise au cours de l'été 1940.

L'action massive des sous-marins sur un convoi a pour effet, de disperser l'action des escorteurs et, à la faveur de cette dispersion, de permettre l'attaque. Le convoi est disloqué, et les navires de commerce deviennent alors la proie facile des « U-Boote ». C'est cette tactique qui explique dans les communiqués de Berlin les chiffres impressionnants de tonnage coulé, pour une seule journée, par les sous-marins, à partir du mois de juillet 1940. Cette tactique ne fera que s'améliorer à l'automne 1940.

Lors de la troisième semaine d'octobre et de la deuxième semaine de novembre, les communiqués de pertes de tonnage accuseront des « pointes » atteignant 200 000 t; puis un ralentissement sensible en décembre 1940 (pertes hebdomadaires tombées à moins de 40 000 t par semaine).

À la concentration des navires en convois escortés dans le nord de l'Irlande, les « U-Boote » répondent par les attaques en concentration massive.

La proximité des bases facilite la concentration de sous-marins. Avec les seules bases de la Baie allemande et le Pas de Calais obstrué (cas de 1914-1918 ou de 1939) il ne fallait compter en opérations qu'un tiers seulement du nombre total des sous-marins, les deux autres tiers étant, soit en route par le nord de l'Écosse, soit en réparations, avec les équipages au repos dans leurs bases.

Avec les nouvelles bases, on peut comp-

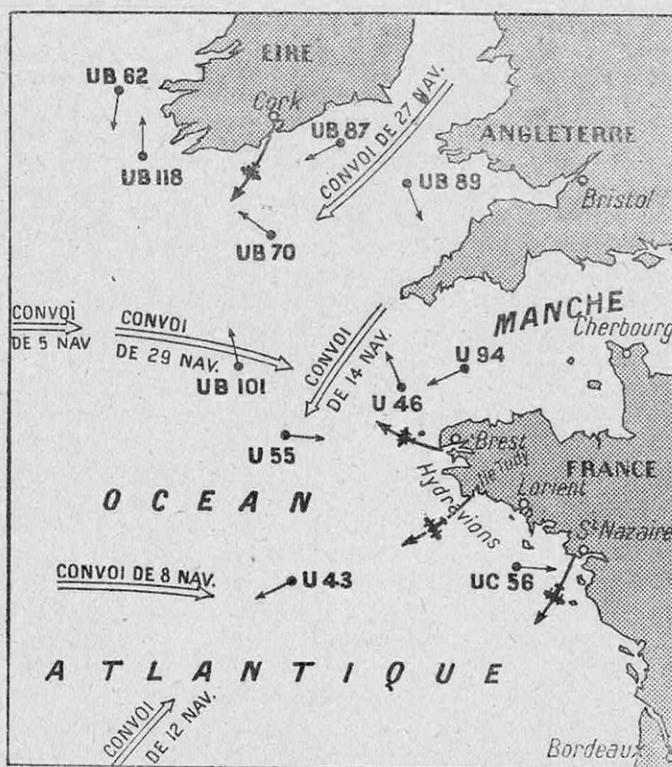


FIG. 4. — LA CONCENTRATION DE SOUS-MARINS A L'ENTRÉE DE LA MANCHE, LE 20 MAI 1918 : 11 SOUS-MARINS ATTAQUANT 6 CONVOIS TOTALISANT 95 NAVIRES

ter que le nombre de sous-marins en opération est voisin de 50 % de l'effectif.

De la guerre sous-marine 1918 à la guerre aéro-sous-marine 1940-41

Le développement du rayon d'action de l'aviation de 1918 à 1940, ainsi que la proximité des bases aériennes installées près de la côte française, permettent à l'aviation allemande de survoler la zone d'opérations des sous-marins et de coopérer à leur action. Dès lors, les groupes de sous-marins seront « renseignés » par l'aviation, et la concentration, pour l'attaque des convois, pourra être plus serrée. De la guerre purement sous-marine type 1918, on est passé en 1940-1941 à une guerre de coopération aéro-sous-marine.

Il faudrait ajouter l'appoint fourni par la flotte sous-marine italienne, à partir de la fin de juin 1940. Cette flotte comptait alors une centaine d'unités dont une trentaine — semble-t-il — furent détachées dans l'Atlantique à partir du mois de juillet 1940. Ces sous-marins ont étendu leur zone d'action jusqu'aux îles Canaries. Certains sous-marins italiens, de grand tonnage (1 000 à 1 300 t) et de

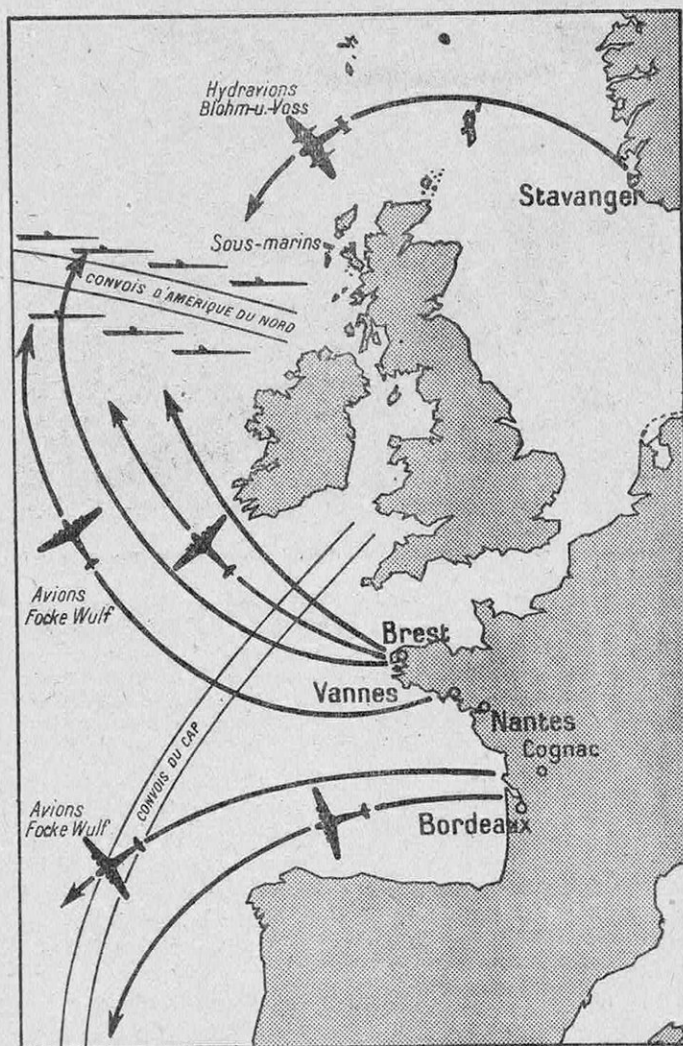


FIG. 5. — L'ACTION DES AVIONS QUADRIMOTEURS FOCKE WULF « KURIER » ET DES HYDRAVIONS BLOHM & VOSS PROLONGE VERS LE LARGE L'ACTION DES SOUS-MARINS SUR LES CONVOIS ABOUTISSANT AUX ILES BRITANNIQUES

meilleur rayon d'action que les sous-marins allemands (tonnage 250 à 750 t), ont pu pousser leurs croisières, dans l'Atlantique nord, jusque vers l'Irlande et l'Arctique.

Résumons. Si l'on prend comme référence les pertes hebdomadaires de tonnage marchand régulièrement publiées à Londres — en les majorant de 25 à 50 % pour tenir compte des chiffres annoncés par Berlin —, on constate :

— De septembre 1939-mai 1940 (période de guerre sous-marine pure menée en partant des bases allemandes de la mer du Nord), la *moyenne* des pertes hebdomadaires de tonnage britannique allié ou affrété au compte des Britanniques est de l'ordre de 40 000 à 45 000 t *par semaine*,

dont 30 000 t environ imputables aux seuls sous-marins.

— Pour la période juin-novembre 1940 (période de guerre aéro-sous-marine), la moyenne des pertes hebdomadaires de tonnage britannique allié ou affrété britannique passe de 90 000 à 100 000 t par semaine, dont 75 000 t approximativement imputables aux seuls sous-marins.

La guerre sous-marine a donc été, à partir de juin 1940, multipliée par deux à deux et demi.

— Pour la période d'hiver, décembre 1940-janvier 1941, la moyenne hebdomadaire des pertes tombe entre 50 000 t et 51 000 t par semaine (1).

— Après ce ralentissement dû à l'hiver 1940-1941, les attaques sous-marines vont connaître une recrudescence nouvelle en février 1941, avec une « pointe » de 200 000 t par semaine.

Ainsi se présente la guerre aéro-sous-marine au printemps 1941.

Mais ceci n'est qu'une scène du drame de la guerre au tonnage marchand britannique qui se joue. Il y en a deux autres :

— en Manche, l'action des vedettes rapides et des « Stukas » ;

— au large, dans l'Atlantique, l'action des avions type Focke-Wulf, complétée par les raids de « cuirassés de poche ».

La défense britannique sur la Manche

En Manche, dès l'occupation des bases françaises par les Allemands, au cours du mois de juin 1940, les Britanniques furent amenés à « replier » leur trafic maritime le long de la côte sud d'Angleterre. Un dispositif de protection anti-sous-marin et anti-navires de surface, à

(1) Les chiffres de 40 000 t pour la période septembre 1939-mai 1940; de 90 000 t par semaine pour la période mai-novembre 1940; de 50 000 t pour la période décembre 1940-janvier 1941, correspondent aux déclarations du ministre anglais Alexander le 6 mars 1941. Nous les avons majorés pour tenir compte des chiffres allemands.

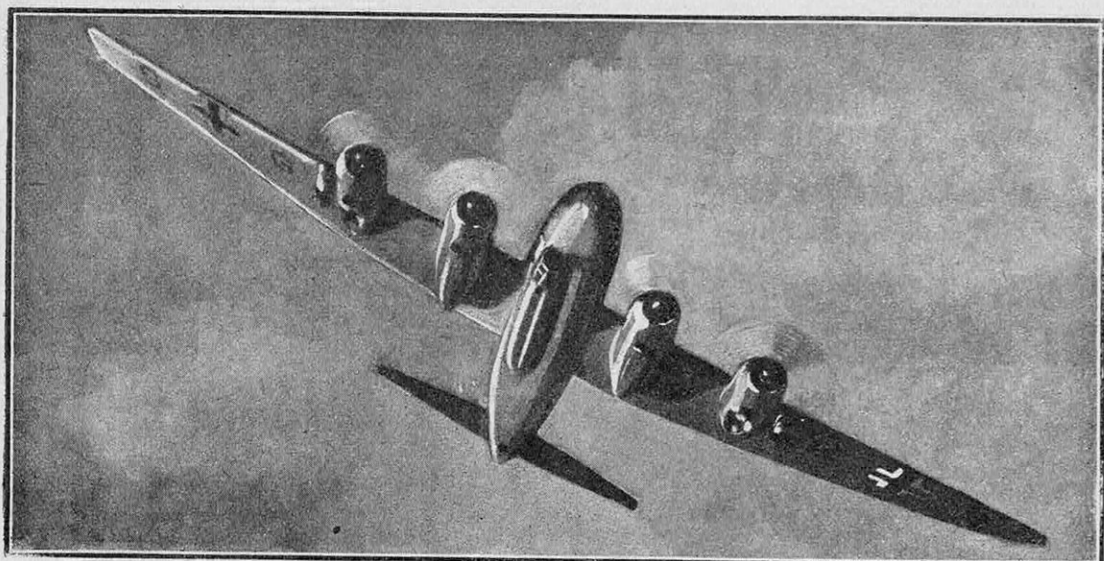


FIG. 6. — LE NOUVEAU BOMBARDIER QUADRIMOTEUR DE L'ARMÉE DE L'AIR ALLEMANDE FOCKE-WULF « KURIER »

C'est la version militaire du Focke-Wulf « Kondor » transatlantique de 1939, quadrimoteur terrestre, à grand rayon d'action. Il est équipé de 4 moteurs Bramo « Fafnir » de 850 ch (Bramo est l'abréviation de Brandenburgische-Motoren-Werke, filiale de Siemens). L'armement en mitrailleuses est installé dans deux postes à l'avant et à l'arrière d'une nacelle ventrale allongée, excentrée à droite. Plusieurs postes de défense sous tourelle sont installés à la partie supérieure du fuselage. En outre des casiers à bombes à l'intérieur du fuselage, des porte-bombes sont fixés à la surface inférieure de l'aile. L'équipage est de six hommes. La vitesse de croisière est voisine de 400 km/h.

la manière de celui aménagé au début de 1940 sur la côte est d'Angleterre, semble avoir été installé à la fin de l'été de la même année : champs de mines en barrage protégeant un chenal côtier, dragueurs antimagnétiques, ici et là ballons de protection montés sur chalands, et, au-dessus, des patrouilles d'avions de chasse. Ce dispositif défensif doit permettre aux convois, protégés en outre par des escorteurs antiaériens, de gagner la rade des Dunes et, de là, l'estuaire de la Tamise et la côte est d'Angleterre.

Mais avant ce dispositif, les Allemands avaient lancé des attaques combinées de vedettes rapides et de « Stukas » sur ce trafic.

L'entrée en scène des vedettes rapides dans le Pas de Calais

Les vedettes rapides, grâce à leur très faible tirant d'eau, sont capables de passer au-dessus des champs de mines de la côte anglaise et de pénétrer dans le chenal.

Les vedettes rapides allemandes s'installèrent sur la côte des Flandres et celle du Pas de Calais dès la fin de mai 1940, et un de leurs premiers exploits fut de torpiller le contre-torpil-

leur français *Jaguar*, le 23 mai, devant Dunkerque, et notre glorieux *Sirocco*, le 31 mai, dans les mêmes parages. Le 3 août, elles s'attaquent à des contre-torpilleurs anglais, dont deux sont coulés, *Esk* et *Ivanhoe*, et un troisième avarié, *Express*.

Vedettes rapides et « Stukas » en Manche

Les combats aéronavals du 24 juillet et des 7 et 8 août 1940

Depuis juillet 1940, de leurs bases réparties de Flessingue à Cherbourg, les vedettes rapides allemandes sont lancées à l'attaque des convois marchands anglais. Les plus remarquables de ces attaques furent celles du 24 juillet et du 7-8 août 1940.

Le 24 juillet, leur attaque dans les parages de l'île de Wight eut lieu de jour et fut soutenue par un groupe de 18 Heinkel 111 escortés par 19 Messerschmitt. Les « Spitfire » contre-attaquèrent vigoureusement, l'attaque dégénéra en combat aérien.

Le 7 août, l'attaque eut lieu de nuit, entre l'île de Wight et Dungeness, avec plein succès, puisque Londres reconnut que trois bâtiments avaient été torpillés et coulés — mais une vedette fut détruite.

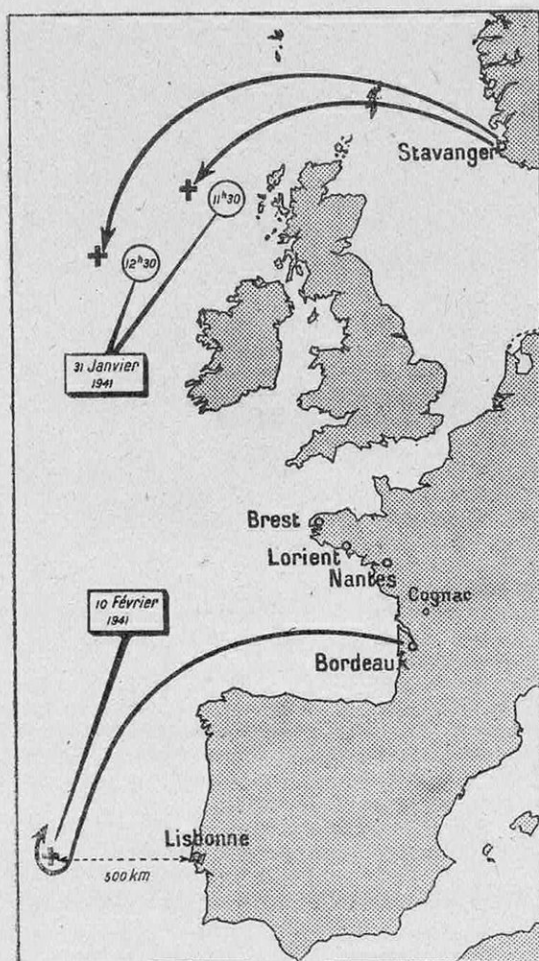


FIG. 7. — DEUX EXPLOITS DES AVIONS ALLEMANDS CONTRE LES CONVOIS BRITANNIQUES

Stavanger et les aérodromes situés de Brest à Bordeaux sont les bases aériennes des Focke Wulf (bases : Nantes, Cognac, Bordeaux). Le 31 janvier 1941, à l'ouest de l'Ecosse et au nord de l'Irlande, deux cargos furent coulés, l'un à 11 h 30, l'autre à 12 h 30, par des avions provenant probablement de Stavanger. Le 10 février 1941, deux avions attaquent un convoi naviguant à 500 km au large de Lisbonne : 3 cargos coulés.

Le même convoi fut attaqué le lendemain, 8 août, dans le Pas de Calais, et donna lieu probablement à la plus grande bataille aéronavale de la guerre.

Des vagues de « Stukas », escortés par des Messerschmitt, se succédèrent depuis l'aube jusqu'à 14 heures, au total 400 avions allemands. De leur côté, les « Spitfire » et les « Hurricane » s'engagèrent à fond.

Dans la soirée, Berlin annonça avoir coulé 12 navires anglais, endommagé gravement 7 autres, au total touché 28 navires. Berlin revendiqua également

49 avions anglais abattus dont 33 avions de chasse. Londres répondit en disant avoir abattu 75 avions allemands, dont 19 « Stukas » et 24 bombardiers lourds, et n'avoir perdu que 16 chasseurs et 5 navires, tout au plus un tonnage de 5 000 t. En dépit de la divergence des chiffres, il est certain que la bataille aéronavale fut chaude.

Après ce dur combat, les Britanniques n'en continuèrent pas moins à faire passer quelques convois sur la côte sud d'Angleterre et sur la côte est, en renforçant leur escorte de vedettes rapides. De temps à autre, notamment le 11 novembre et le 23 décembre 1940, devant Harwich, les communiqués annoncent l'intervention séparée de nuit des vedettes rapides ou de jour combinées avec des attaques de « Stukas » le long des côtes sud-est d'Angleterre. Mais il est possible que les bombardements fréquents qu'exécute la R. A. F. sur les ports des Flandres et sur les ports français du Nord aient contribué à ralentir l'activité des vedettes rapides allemandes (1). Quant aux attaques par les « Stukas », elles restent presque journalières. Le passage le plus difficile pour les convois est évidemment le long de la côte, de Dungeness à Douvres, car dans cette zone, les navires défilent sous le feu des canons de gros calibre installés sur la côte française, dans la région du cap Gris-Nez. Ce passage pourra-t-il être maintenu au printemps 1941, et surtout pendant les longues journées de l'été ?

Les forces légères à l'entrée de la Manche

A la faveur des nuits d'automne, les contre-torpilleurs allemands basés à Brest essayèrent de surprendre un convoi de navires de commerce anglais à l'entrée de la Manche, aux atterrages du cap Land's End. Un de ces raids fut réussi le 29 novembre, et 4 vapeurs coulés par des contre-torpilleurs allemands qui se heurtèrent à des contre-torpilleurs britanniques, dont deux du type *Javelin* furent torpillés, mais qui repoussèrent les forces légères allemandes.

Cette opération ne semble pas avoir été renouvelée au cours de l'hiver 1940-1941.

En plein Atlantique, au delà de la

(1) Cependant, l'escorteur antiaérien *Exmoor* (de la série des *Hunt*) est coulé le 2 mars 1941 par une vedette rapide, sur la côte est d'Angleterre.

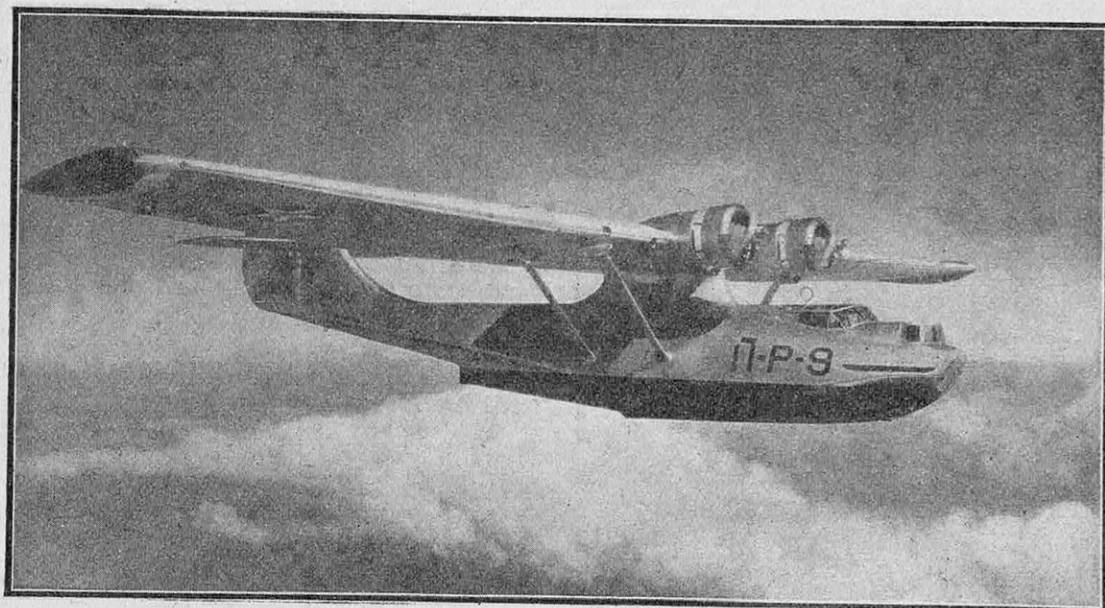


FIG. 8. — L'HYDRAVION DE RECONNAISSANCE CONSOLIDATED PB-Y

T W 0020

Le bimoteur Consolidated PB-Y, hydravion à coque en service dans l'U.S. Navy, a été commandé à 60 exemplaires par la Royal Air Force pour l'exploitation lointaine et l'escorte des convois. Il a reçu le nom de « Catalina ». La série livrée à la Grande-Bretagne, qui doit entrer en service au printemps 1941, a subi quelques modifications, en particulier au sujet de l'armement (mitrailleuses en tourelles).

zone d'action des sous-marins, les convois britanniques sont attaqués par les « cuirassés de poche » et par les grands corsaires type Focke-Wulf « Kurier ».

Deux raids de « cuirassés de poche »

Les raids de cuirassés de poche avaient provisoirement cessé depuis l'épisode du *Graf-Spee*, en 1939. Brusquement, le 5 novembre 1940, on apprit qu'un grand convoi anglais provenant du Canada, comptant une trentaine de navires, avait été attaqué au sud de Terre-Neuve, et six cargos coulés, les autres ayant réussi à s'échapper grâce à la courageuse attitude d'un croiseur auxiliaire, *Jervis Bay*, qui s'était sacrifié pour tenir tête au croiseur allemand. Il avait paru assez surprenant, à l'époque, qu'un convoi aussi important ait été confié à l'escorte d'un simple paquebot transformé en croiseur auxiliaire, mais on conçoit que les croiseurs de ligne ne peuvent être partout.

Une autre sortie d'un « cuirassé de poche » aboutit, le 12 février 1941, à la destruction de 7 navires d'un convoi qui en comptait 19, entre Madère et les Açores. Là encore, le convoi naviguait sans escorte. La marine britannique doit attendre avec impatience la mise en service des croiseurs type *Fiji*, mis sur cale

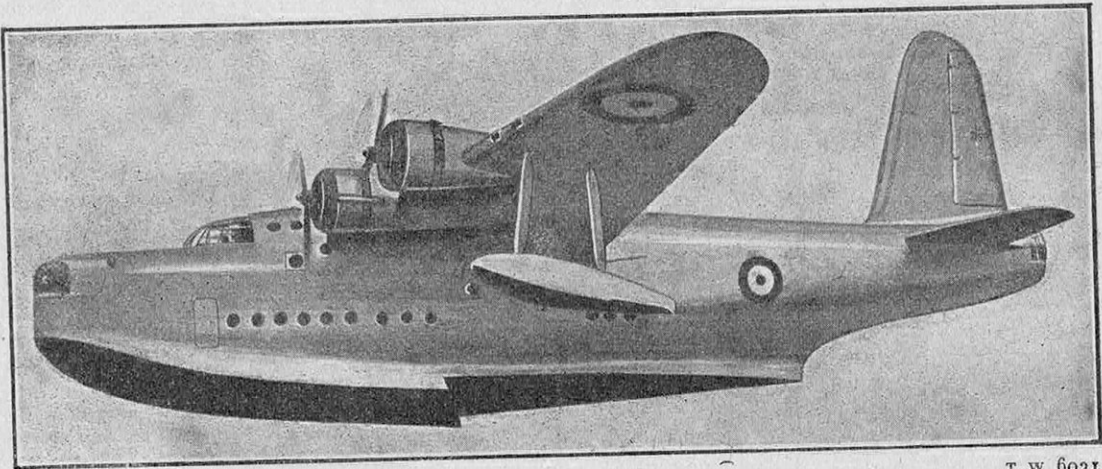
en 1938 seulement, et dont les premiers devaient sortir au début de 1941.

Les bombardiers corsaires Focke-Wulf

Une autre menace pour les convois britanniques dans l'Atlantique est, depuis l'automne 1940, celle des bombardiers corsaires.

C'est, croyons-nous, le 3 octobre 1940 que le communiqué allemand annonce pour la première fois qu'un avion bombardier à grand rayon d'action a attaqué à la bombe et coulé un navire marchand britannique au large de la côte sud-ouest de l'Irlande. Le 13 octobre, le cargo anglais *Tarling* rentre avarié à Cadix, déclarant avoir été attaqué au large des côtes d'Espagne par un grand avion quadrimoteur. Quelques jours plus tard, les mêmes bombardiers quadrimoteurs sont signalés à l'ouest de l'Ecosse. C'est donc dans une large zone océanique allant des îles Hébrides au Portugal, et jusqu'à 1 000 km au large, qu'opèrent les avions bombardiers à grand rayon d'action. Leurs opérations se sont intensifiées au début de 1941.

Ces quadrimoteurs sont des Focke-Wulf « Kurier » — version militaire du « Condor » transatlantique de 1939. Ils partent des aérodromes situés au sud de Brest, de Vannes à Bordeaux-Méri-



T W 6021

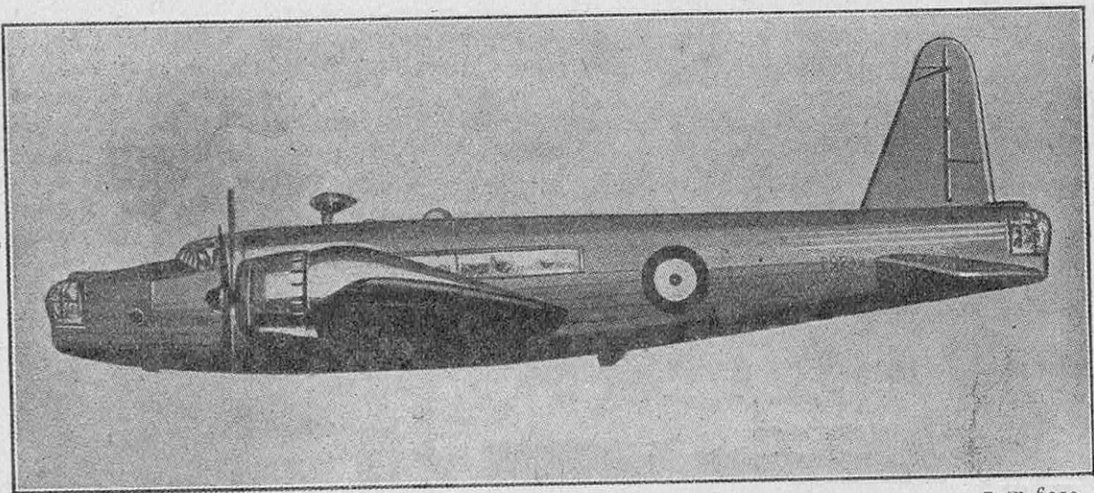
FIG. 9. — L'HYDRAVION BOMBARDIER ET DE SURVEILLANCE QUADRIMOTEUR ANGLAIS SHORT « SUNDERLAND »

Cet appareil, dont la vitesse de croisière est de 300 km/h, est remarquable par sa tourelle quadruple installée à l'extrémité arrière de la coque, derrière l'empennage.

gnac. Ils croisent en haute mer à la recherche des convois du large pour les signaler par radio aux sous-marins, de manière à faciliter leur action en masse. Mais ils sont armés également de bombes (au moins deux de 500 kg) et s'en prennent aux navires rapides naviguant hors convoi. C'est ainsi qu'ils ont à leur actif la destruction, le 19 octobre 1940, au large de l'Irlande, de l'*Empress of Britain*, paquebot de 42 000 t, qu'ils incendièrent de leurs bombes, et qui fut finalement coulé par les torpilles d'un sous-marin appelé à la rescousse.

L'escorte aérienne : l'avantage des tourelles quadruples

Contre ce nouveau genre d'attaque, c'est l'aviation britannique qui intervient la première. Les hydravions quadrimoteurs Short « Sunderland » effectuent des patrouilles dans l'Atlantique ouest, sur les routes d'arrivée des convois. Des bimoteurs terrestres Wellington, dont le rayon d'action est considérable, sont également affectés à ces patrouilles aériennes du large et à l'escorte aérienne des convois.



T W 6019

FIG. 10. — LE BIMOTEUR DE BOMBARDEMENT ANGLAIS VICKERS « WELLINGTON »

Dans sa version 1940-1941, cet appareil est équipé de moteurs Bristol « Taurus » de 1 065 ch, sans soupapes, qui portent sa vitesse aux environs de 500 km/h. Il est remarquable par ses deux tourelles montées aux deux extrémités du fuselage : l'une dans le « nez », l'autre dans l'étatbot, cette dernière quadruple.

La supériorité des *Sunderland* » et des *Wellington* » réside dans leur armement, leurs tourelles quadruples, type Nash-Thompson, montées l'une dans l'étambot et l'autre dans le nez du fuselage. Bien que surnommé forteresse volante, le Focke-Wulf « *Kurier* » apparaît en effet moins bien armé, car son armement en nombreuses mitrailleuses simples est réparti le long du fuselage, notamment dans une nacelle ventrale, qui lui permet de mitrailler plus aisément les navires que de soutenir un combat aérien. La preuve en fut faite au début de février 1941, lorsqu'un « *Sunderland* » réussit à abattre un quadrimoteur allemand (1) et lors des rencontres du début de mars sur l'Atlantique entre hydravions et avions du commandement côtier de la R.A.F. et bombardiers allemands.

L'escorte par porte-avions

Des combats d'avions géants commencent donc à se livrer en plein Atlantique. Mais la riposte des « *Flying boats* » britanniques va-t-elle suffire à prémunir les convois contre cette nouvelle menace ? Et ici, on songe à l'avantage qu'il y aurait pour les Anglais à pouvoir utiliser des avions de chasse armés de canons. Un

(1) Les hydravions américains qui vont être livrés à la Grande-Bretagne, le Consolidated « *Catalina* » (P.B. Y) et le nouveau Martin PBM-1, seront vraisemblablement équipés d'une tourelle quadruple Nash-Thompson ou Boulton-Paul en vue de renforcer ces patrouilles aériennes du large.

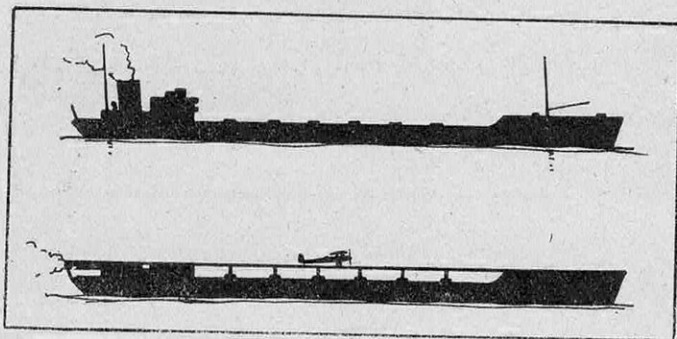


FIG. 11. — TRANSFORMATION D'UN PÉTROLIER A MOTEUR DE 10 000 T EN PORTE-AVIONS A PLATE-FORME

La cheminée d'échappement des moteurs Diesel est reportée latéralement, le long de la coque, comme sur les porte-avions japonais.

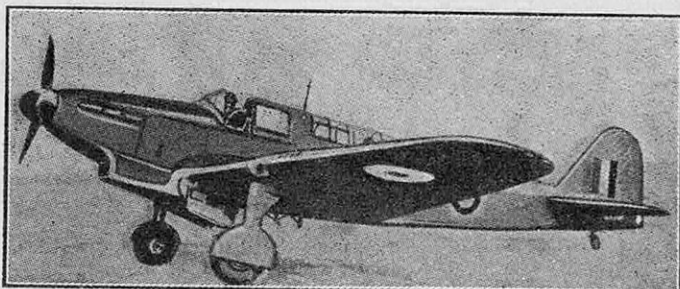


FIG. 12. LE NOUVEAU CHASSEUR BIPLACE DE L'AVIATION NAVALE BRITANNIQUE : LE FAIREY « FULMAR »

T W 6017
C'est un monoplan monomoteur (Rolls Royce « *Merlin* » de 1 100 ch) destiné à équiper les porte-avions et également catapultable avec son train d'atterrissage rentré. Il est armé de huit mitrailleuses montées fixes dans les ailes, comme le « *Spitfire* » et le « *Hurricane* », et d'une tourelle quadruple Boulton-Paul, comme le « *Défiant* ». Sa vitesse serait supérieure à 500 km/h.

navire porte-avions devrait transporter ces avions de chasse au large. Or un tel bâtiment (de 23 000 t) apparaît bien vulnérable pour patrouiller au voisinage de la zone d'action intense des sous-marins : l'expérience du *Courageous*, en septembre 1939, l'a montré.

Aussi, les Anglais songent-ils à réaliser des porte-avions d'escorte. Ce seraient des navires de petit tonnage (8 000 à 10 000 t au maximum), de 15 à 20 nœuds de vitesse et armés seulement d'une douzaine d'avions de chasse. Des cargos à moteurs Diesel pourraient être équipés sommairement d'un pont d'envol et d'atterrissage en bois et transformés en porte-avions d'escorte. Cette proposition a déjà été faite aux Etats-Unis, il y a quelques années, pour des pétroliers à moteur Diesel, la position de la cheminée à l'extrême arrière facilitant l'aménagement d'un pont d'atterrissage. Mais les pétroliers constituent à l'heure actuelle un tonnage fort précieux.

Les Anglais reprendront-ils alors leur solution de 1917 : la simple plate-forme d'envol (1) allant jusqu'au chaland remorqué porteur d'un avion de chasse, en sacrifiant délibérément le retour à bord,

(1) A noter que la plate-forme d'envol pourrait être remplacée par des catapultes. Les catapultes britanniques sont, en effet, prévues pour catapulter indifféremment des hydravions ou des avions terrestres. Le récent Fairey « *Fulmar* », avion de combat biplace, peut être catapulté « train rentré ». L'avantage de la

et en admettant le repêchage de l'avion de chasse que le pilote aurait tant bien que mal posé en mer ? Mais il restera à trouver des pilotes particulièrement hardis pour opérer dans ces conditions en pleine mer. Il est vrai que les pilotes de « Camels » de 1918, chargés de la chasse aux zeppelins en mer, avaient bien accepté les mêmes risques...

L'histoire de la guerre aéronavale se renouvelle déjà...

Vue d'ensemble avant la lutte

La guerre aéro-sous-marine, limitée à la mer du Nord jusqu'au mois de mai 1940, s'étend maintenant dans l'Atlantique.

L'ouverture du Pas de Calais, le 26 mai 1940, a été un événement lourd de conséquences, qui a multiplié par deux sinon par trois le rendement de la guerre sous-marine.

Devant cette menace, la navigation commerciale britannique — cette artère vitale — s'est repliée en Manche, en juin 1940, le long de la côte sud d'Angleterre, comme elle s'était repliée, en novembre 1939, le long de la côte est d'Angleterre. Les mêmes dispositifs défensifs, barrages de mines, dragueurs, escorteurs antiaériens, patrouilles de chasse, ont été adoptés. Mais les vedettes rapides passent au-dessus de ces barrages ; les hydravions arrosent de mines les chenaux côtiers, les « Stukas » escortés de Messerschmitt attaquent les convois côtiers, pendant que les bombardiers lourds « Coventry » les ports de Swansea à Plymouth, de Southampton à Londres, et de Harwich à Newcastle.

catapulte est de permettre l'envol d'un avion de chasse surchargé par des réservoirs d'essence supplémentaires qui accroîtraient son rayon d'action pour lui permettre de regagner une base côtière (Irlande).

Plus au large, le contre-blocus aéro-sous-marin essaie de couper la route vitale qui relie les Iles britanniques à l'Amérique, devenue la grande productrice de matériel aéronautique. Contre les convois escortés à la mode de 1917, les sous-marins allemands, éclairés par une aviation à grand rayon d'action, ont adopté la tactique de l'attaque massive, et les convois venant d'Amérique empruntent de plus en plus la route qui passe par le nord de l'Ecosse, équidistante de Brest et de Stavanger.

Plus au large encore, entre 500 et 1 000 km au large de l'Irlande, les bombardiers quadrimoteurs Focke-Wulf sont entrés en scène.

Plus au large encore, ce sont les cuirassés de poche...

La guerre aéro-sous-marine type 1941 étend et échelonne ainsi son action dans l'océan, en allant de la côte vers le large :

- mines, « Stukas », vedettes rapides,
- raids de contre-torpilleurs,
- sous-marins opérant en masse,
- bombardiers Focke-Wulf quadrimoteurs,
- cuirassés de poche,
- raiders camouflés en cargos.

C'est — comme on l'a dit — la lutte de la Terre et de l'Air contre la Mer.

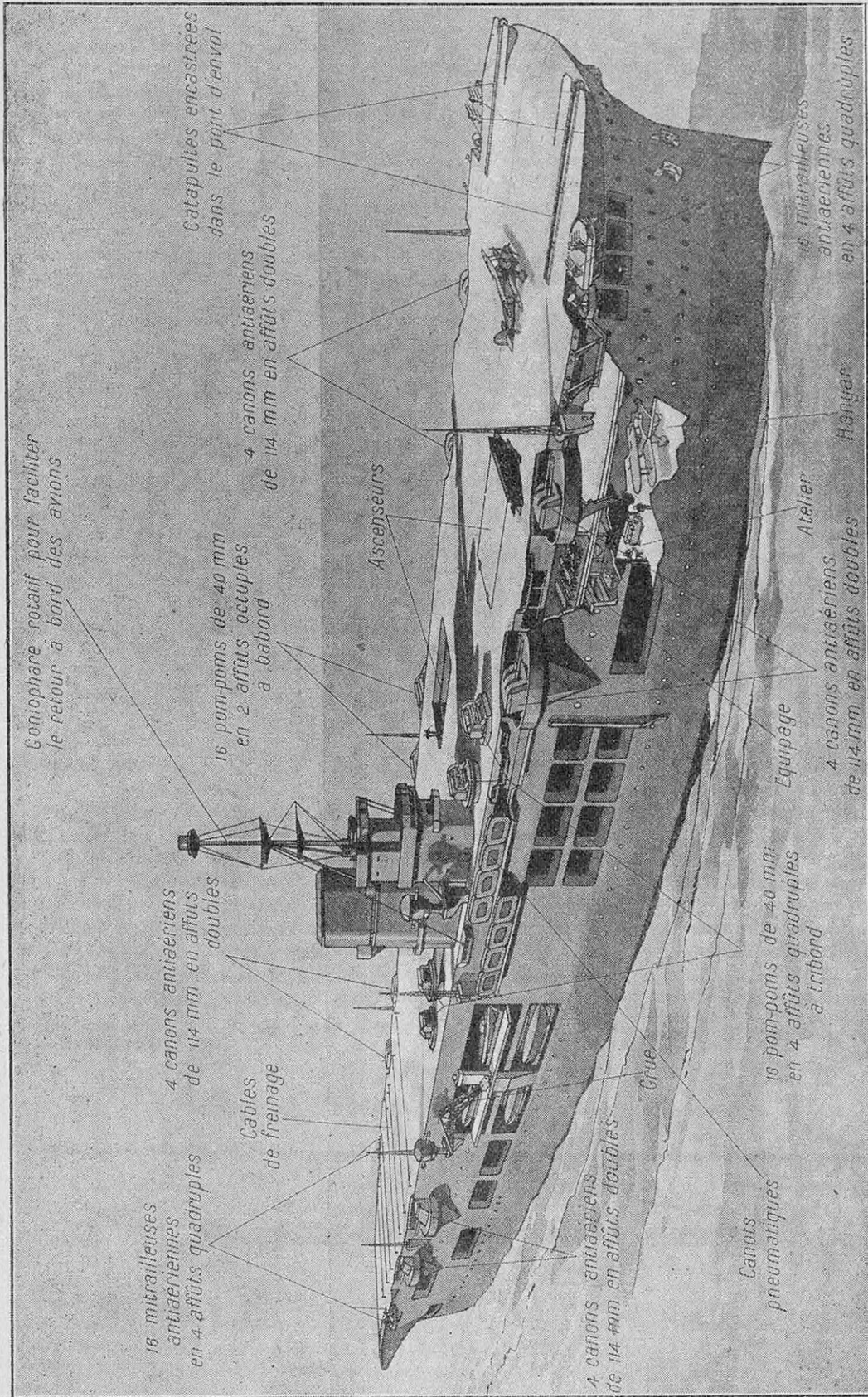
Comment la Mer se défendra-t-elle ? Par des navires et des avions.

Des escorteurs antiaériens, des escorteurs antisous-marins, des corvettes, des croiseurs, des avions de combat, des porte-avions, des avions de chasse.

C'est probablement sous cette forme aéro-sous-marine que se jouera au large de l'Irlande, au cours de l'été 1941, le sort de la guerre mondiale n° 2 déclarée en septembre 1939.

P. BELLEROCHÉ.

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



L' « ARK ROYAL », UN DES PLUS RÉCENTS NAVIRES PORTE-AVIONS DE LA MARINE BRITANNIQUE

LES PORTE-AVIONS EN MÉDITERRANÉE

par Émile BORDERIE

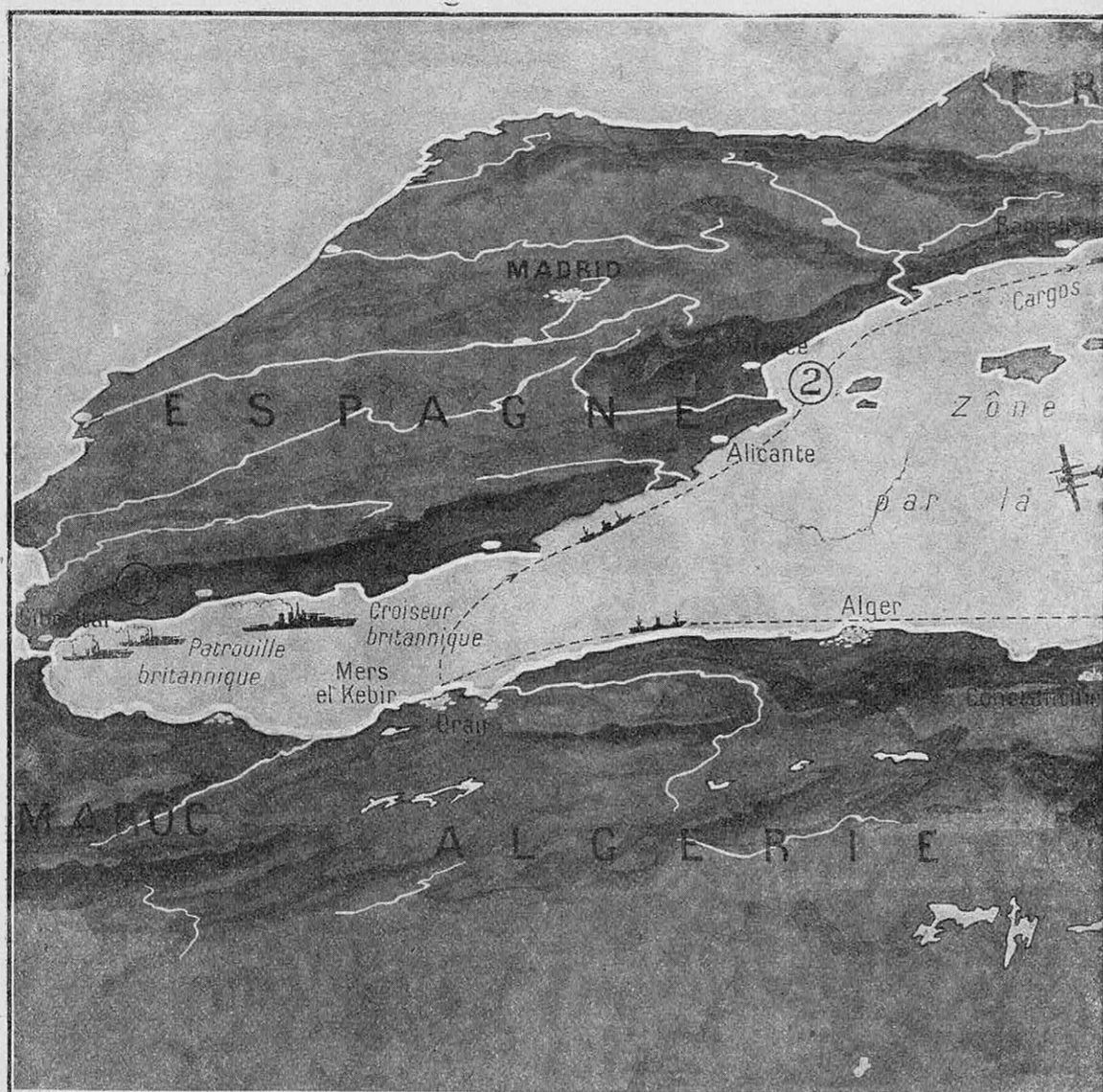
L'entrée en guerre de l'Italie, le 10 juin 1940, fut suivie de trop près par la demande française d'armistice pour que le rapport supérieur des forces navales franco-britanniques par rapport aux forces italiennes pût avoir des conséquences dans les opérations navales méditerranéennes. A partir du mois de juillet 1940, la Méditerranée devient un champ clos anglo-italien. La marine et l'aviation italiennes disposent de leurs bases en Sicile et Sardaigne, prolongées par les bases de Libye; c'est dire qu'elles commandent la Méditerranée centrale. Les îles grecques sont « neutres », l'Afrique du Nord française également, et la flotte britannique en est réduite, en dehors de l'Égypte, à Gibraltar, lien avec la métropole, et à Malte, relais intermédiaire isolé et d'une sécurité précaire. Une des surprises de cette guerre a été de voir la flotte britannique essayer de se forcer un passage dans cette Méditerranée. La sécurité de l'Égypte menacée obligeait la marine britannique à recourir à cette solution hardie. Le navire porte-avions a joué un rôle prépondérant dans ces passages de vive force, dans une zone aéronavale. En novembre 1940, la situation britannique s'est trouvée renforcée en Méditerranée orientale par l'utilisation de la Crète et les îles grecques, puis, en janvier 1941, par l'occupation de Tobrouk, qui possède une rade magnifique, la plus belle de l'Afrique du Nord. En février, toute la zone située à l'ouest de la ligne joignant Benghazi à Corfou (méridien 20° E) devenait une zone de maîtrise britannique contenant une petite enclave isolée, de maîtrise italienne, les îles du Dodécanèse. Mais, d'autre part, au centre de la Méditerranée, l'intervention de l'aviation allemande en Sicile, en janvier 1941, en Tripolitaine en février, le martèlement systématique de Malte, vont étrangler le passage entre l'est et l'ouest. La guerre aéronavale en Méditerranée va entrer dans une nouvelle phase, où le navire porte-avions va être mis à l'épreuve.

POUR franchir — ou plutôt pour forcer — la Méditerranée dominée par les forces navales et aériennes de l'Italie, la marine britannique a inauguré, dès juillet 1940, un système aéronaval dont le moyen était constitué par l'assemblage « croiseur de bataille-porte-avions ». Un réseau de destroyers et de croiseurs rapides répartis à la périphérie assurait la protection anti-sous-marine et en même temps la réaction éventuelle contre les attaques à la torpille de forces navales légères.

Les plus récents porte-avions britanniques sont l'*Ark Royal* et l'*Illustrious*. Ils disposent d'une vitesse de 30 à 31 nœuds, égale à celle des croiseurs de bataille type *Renown* ou *Hood*, ce qui permet le mariage tactique des 60 avions du porte-avions et des 6 ou 8 canons de 380 mm du croiseur de bataille. Bien entendu, le même mariage tactique est possible à une vitesse inférieure et notam-

ment aux 26 nœuds d'un cuirassé rapide type *Warspite*, le porte-avions disposant, dans ce cas, d'un excédent de vitesse de 5 nœuds, excédent particulièrement précieux pour les manœuvres d'appontage qui exigent parfois des changements de route du porte-avions qui doit se placer debout au vent pour faciliter le retour à bord des avions.

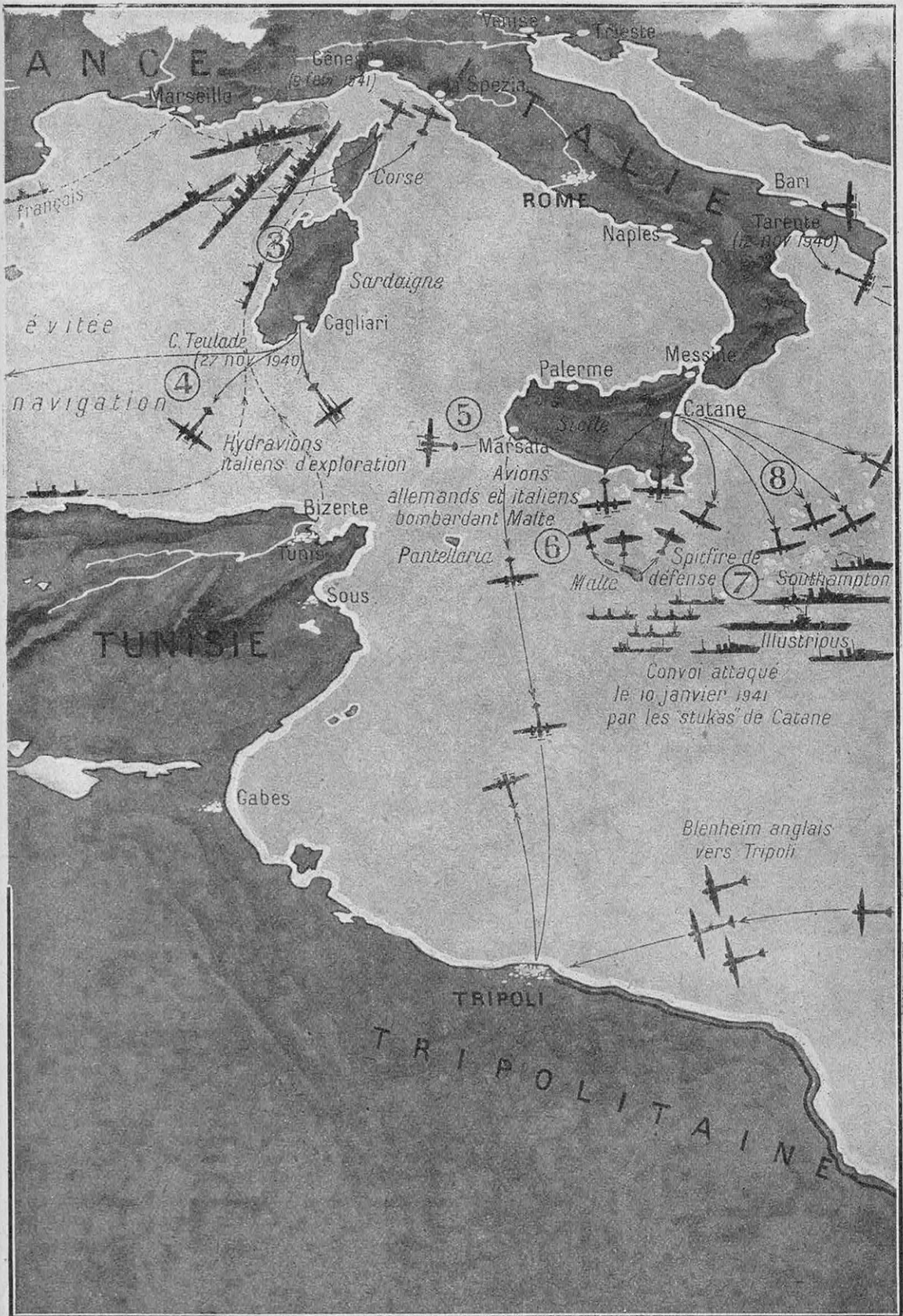
L'armement d'un porte-avions comme l'*Illustrious* comprend en principe 72 avions en 6 escadrilles. La répartition des escadrilles entre torpillage, reconnaissance, chasse ou bombardement en piqué peut varier suivant les missions. Dans le cas des passages à travers la Méditerranée, il est probable que l'on a forcé sur la chasse. En particulier, les monoplaces de chasse Gloucester « Sea-Gladiator » seraient actuellement soutenus par des biplaces de chasse Blackburn « Roc », chasseurs à tourelle quadruple Boulton-Paul ou des tout récents Fairey

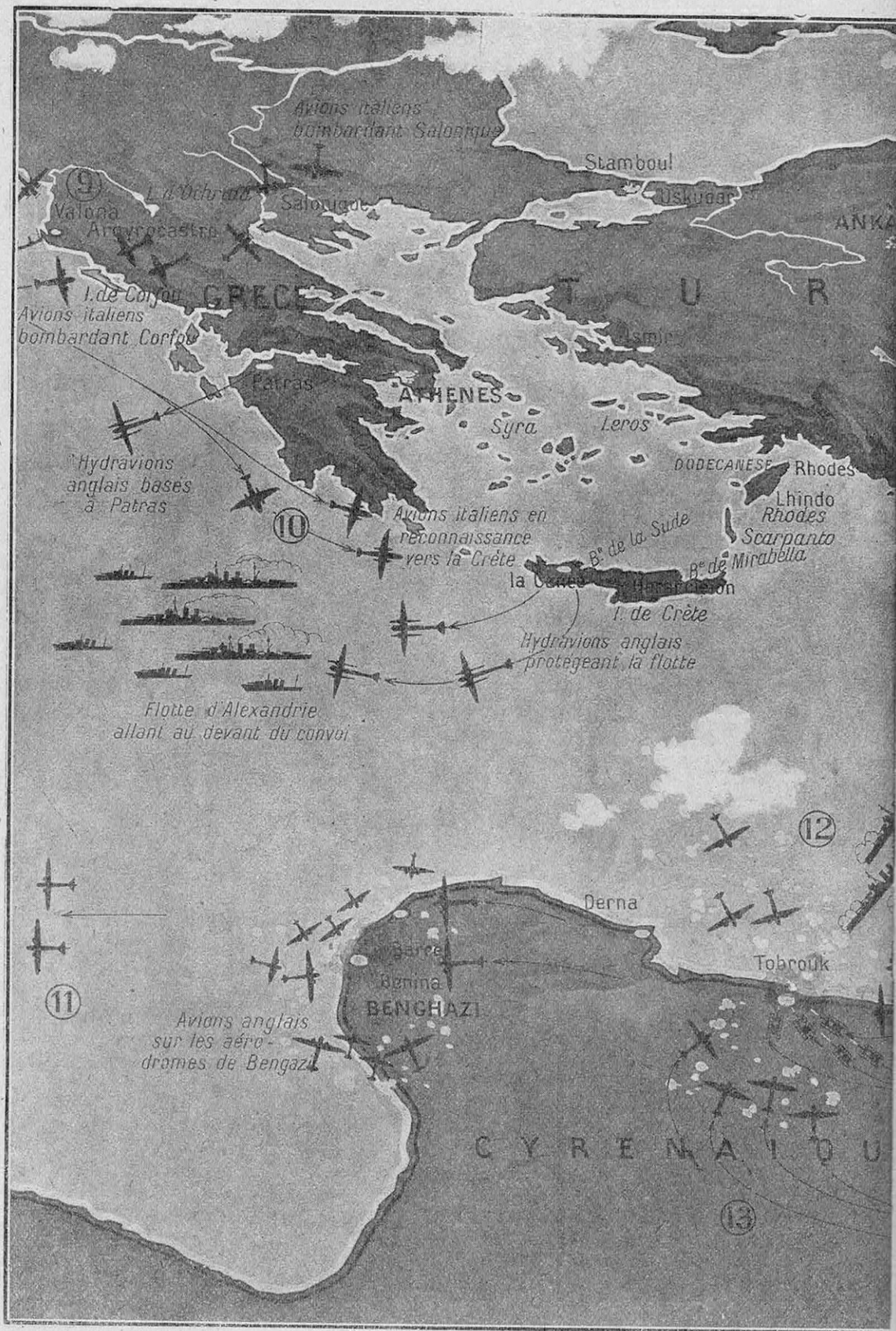


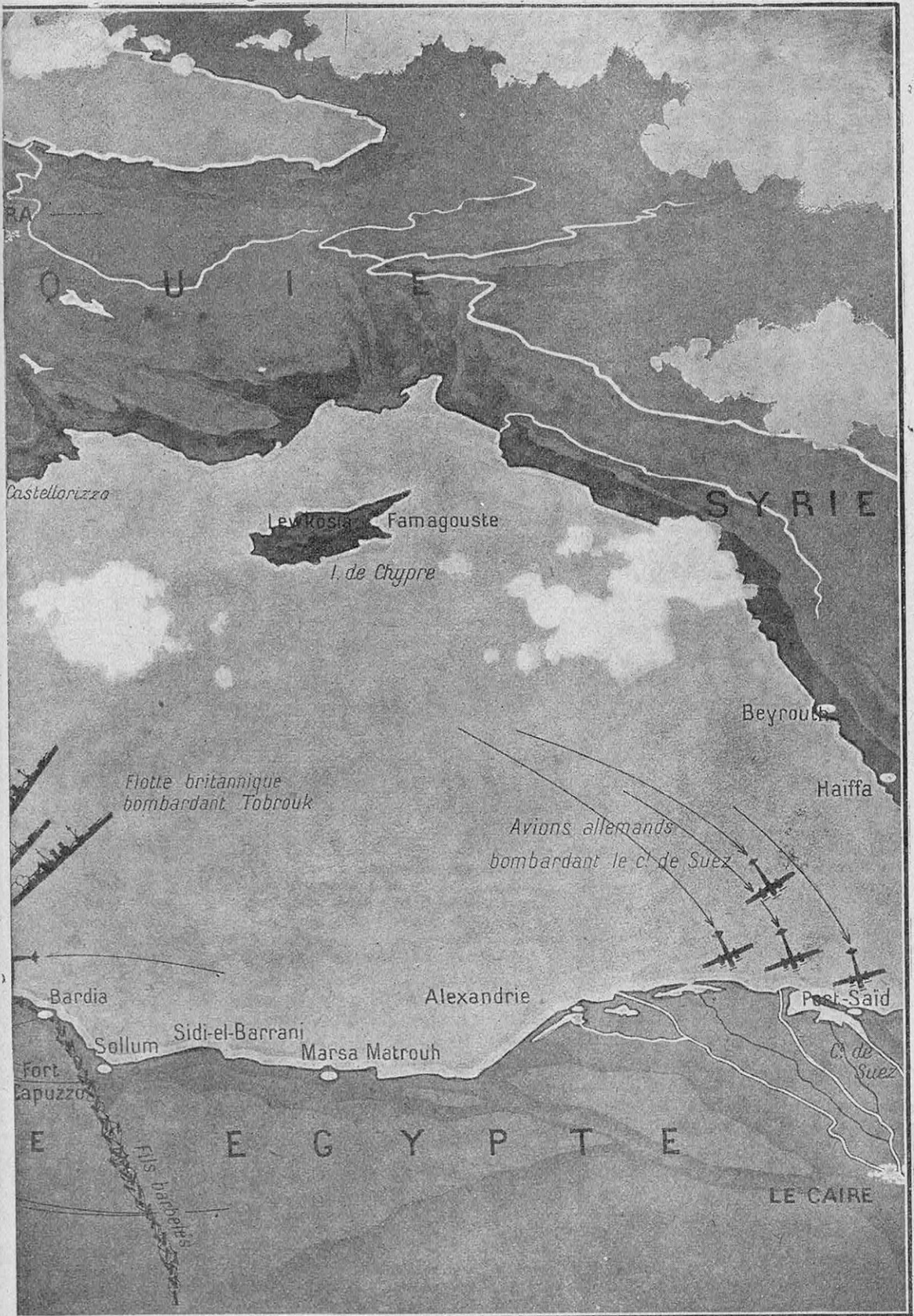
T W 6025

FIG. 1. — UNE JOURNÉE D'OPÉRATIONS SUR LE THÉÂTRE AÉRONAVAL DE LA MÉDITERRANÉE, TEL QU'IL SE PRÉSENTAIT AU DÉBUT DE JANVIER 1941 (VOIR LA SUITE DE LA CARTE PAGES 302 ET 303)

On voit en 1 la patrouille britannique qui garde le détroit de Gibraltar. En 2 et 3, quelques cargos français apportant à Marseille le ravitaillement de l'Afrique du Nord, par deux routes : l'une voisine de la côte espagnole, l'autre des côtes de Sardaigne et de Corse, de manière à laisser le champ libre au centre de la Méditerranée occidentale pour les forces aéronavales antagonistes italiennes et britanniques. Cette zone est explorée en permanence par des hydravions et des avions italiens 4, basés à Cagliari. En 5, le canal de Sicile, zone resserrée où guette l'hydraviation de torpillage italienne basée en Sicile (Marsala et Comiso) avec comme point d'appui Pantellaria, île porte-avions. En 6, Malte attaqué journellement par les forces aériennes italiennes, que renforce l'aviation allemande de Sicile basée à Catane, mais défendu par des avions de chasse Spitfire et Hurricane. Un convoi anglais 7, escorté par des cuirassés, des croiseurs et un porte-avions (Illustrious) essaye de franchir le canal de Sicile. Il est attaqué par les « Stukas » basés à Catane, 8. Le croiseur Southampton sera mis à mal et coulera; l'Illustrious, malgré la défense de ses avions, devra faire demi-tour pour rentrer à Malte, avarié. Mais le convoi aura passé. En 9, le front grec dans les montagnes d'Albanie, théâtre de combats aériens. En 10, des avions italiens poussent vers la Crète, devenue base anglaise, pour reconnaître la flotte d'Alexandrie envoyée au-devant du convoi. En Cyrénaïque, une formation de Blenheim anglais, 11, va bombarder Tripoli, cependant que la flotte britannique bombarde Tobrouk, 12, et que les divisions blindées britanniques, après la prise de Bardia, avancent vers Tobrouk et El Mechili, au cœur de la Cyrénaïque, soutenues par l'aviation. Sur ce dessin ont été également représentés le bombardement de Gênes par une force navale anglaise (9 février 1941) et le bombardement du canal de Suez par l'aviation allemande (février 1941).







« Fulmar », armés de 8 mitrailleuses d'ailes et, en outre, d'une tourelle quadruple Boulton-Paul.

L'armée de l'air italienne en Méditerranée

Le quadrilatère Cagliari-Catane-Tripoli-Benghazi, avec comme prolongement

torpillage). Enfin, l'armée de l'air pouvait apporter le gros renfort de son bombardement (Fiat BR. 20, type « Cigogne ») et les « Pichiattelli » (Breda de bombardement en piqué), et de ses avions de chasse, Fiat CR 42, « Falchi » (Falcon) et des Reggiane R 2001, dits « Sparviers » (éperviers).

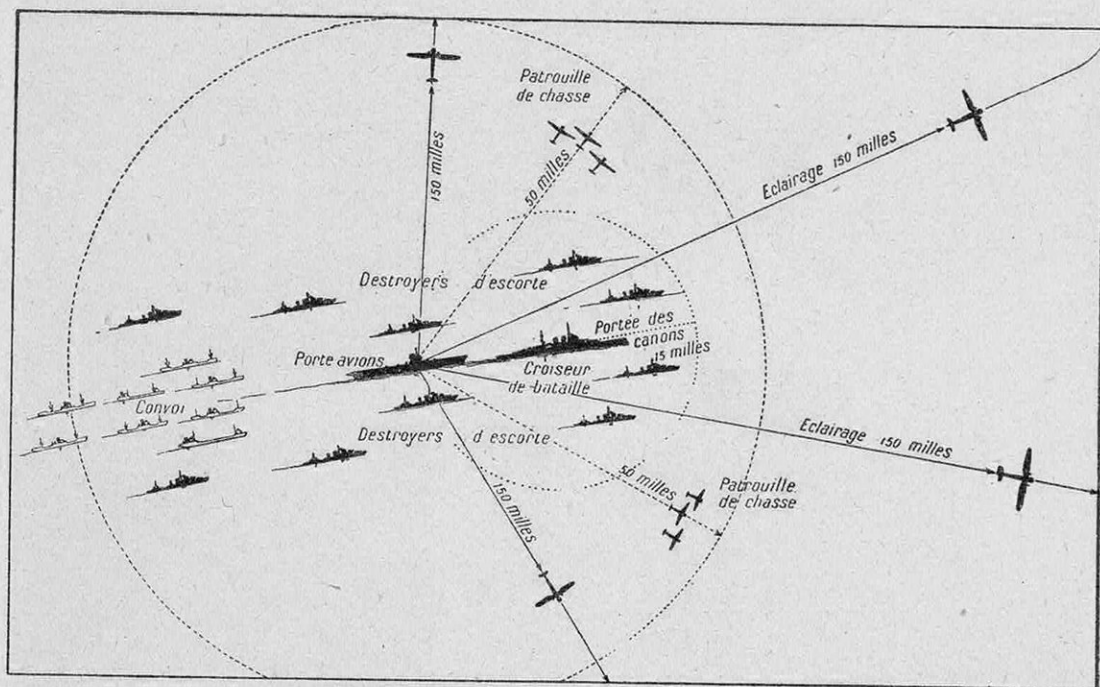


FIG. 2. — COMMENT LES FORCES NAVALES BRITANNIQUES ONT TRAVERSÉ LA MÉDITERRANÉE EN 1940-1941 ET ONT FAIT PASSER LEURS CONVOIS

Le convoi est précédé par une force navale éventuellement composée d'un croiseur de bataille et d'un porte-avions. Exemple : *Renown* et *Ark Royal*. Le croiseur de bataille est armé de 6 canons de 380 mm et sa vitesse est de 30 nœuds. Le porte-avions transporte 60 avions et sa vitesse est de 30 nœuds également. Un certain nombre de destroyers, soutenus par des croiseurs, assurent l'escorte anti-sous-marine et la protection rapprochée. Les avions assurent la protection éloignée et l'éclairage dans un cercle de 150 milles (300 km) centré sur le porte-avions. Par ses patrouilles de chasse, le porte-avions assure la maîtrise de l'air dans un rayon de 50 milles (90 km). Enfin, les canons de 380 mm du croiseur de bataille ont une portée de 15 milles (30 km).

la ligne allant de Tobrouk à Léros et Rhodes, schématise le système aéronaval italien de 1940 destiné à couper la Méditerranée centrale. Dès juillet, les bombardiers italiens dirigèrent leurs attaques sur les bases navales britanniques de Gibraltar, de Malte et d'Alexandrie.

L'aviation maritime italienne comptait, en 1940, d'excellentes flottilles de trimoteurs, avions et hydravions. Comme hydravions, ce sont les Cant Z 506 B de torpillage-reconnaissance, dits « Aironi ». Comme trimoteurs terrestres, ce sont les « Alcyone » (Cant Z 1007 bis) pour la reconnaissance lointaine et les « Aerosilurante » (Savoia S. 79 aménagés pour le

Devant cette menace, la flotte britannique avait pratiquement renoncé à sa base de Malte et s'était repliée aux deux extrémités, en se divisant en deux : la flotte d'Alexandrie et la flotte de Gibraltar.

Le passage des convois

Chacune de ces flottes comportait comme noyau l'assemblage « cuirassé-porte-avions ». A Gibraltar, c'étaient deux bâtiments type *Renown* et le porte-avions *Ark Royal*; à Alexandrie, deux ou trois cuirassés type *Malaya* et les porte-avions *Illustrious* et *Eagle*.

A partir de juillet 1940, ces deux flottes

paraissent avoir combiné leurs déplacements pour faire passer des convois d'une extrémité à l'autre de la Méditerranée. Le passage difficile étant le canal de Sicile, le mécanisme semble avoir été le suivant, autant qu'on puisse le déduire de la lecture des communiqués de Londres. Le convoi partant de Gibraltar était es-

Les combats du 12 octobre et du 27 novembre 1940

Le 9 juillet 1940, à l'occasion d'un passage de convoi, la flotte d'Alexandrie avait pu pousser une pointe sur la côte de Calabre, sans rencontrer une réaction trop vive. Cette réaction s'affirma sur-

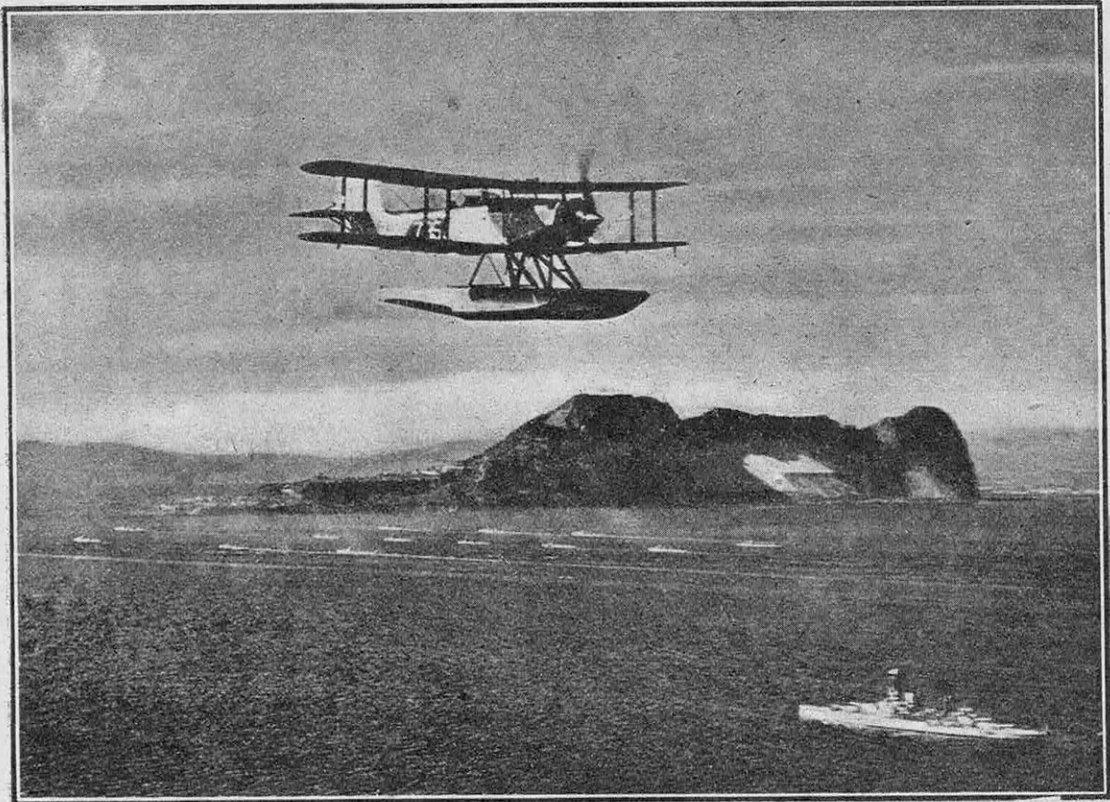


FIG. 3. — LE ROCHER DE GIBRALTAR, VU DE L'EST

T W 6024

corté par la flotte de Gibraltar jusqu'au canal de Sicile et passé à la flotte d'Alexandrie. Lorsqu'il y a un convoi à Alexandrie, celui-ci était escorté par la flotte d'Alexandrie jusqu'au canal de Sicile et passé à la flotte de Gibraltar. Une concentration des deux flottes dans le canal de Sicile se produisait donc au moment du double passage et de l'échange des convois. L'aviation de Malte participe d'ailleurs à la protection de ces convois au moment de leur passage dans le canal de Sicile.

Mais la manœuvre n'alla pas sans plusieurs accrochages avec la flotte et l'aviation italiennes. En voici les principaux épisodes.

tout le 12 octobre et le 27 novembre 1940.

Le 12 octobre, l'attaque commence de nuit par des contre-torpilleurs italiens type *Polluce* (680 t) et *Bersagliere* (1620 t). Mais le croiseur *Ajax* coule l'*Artigliere*, puis, dans la journée, le *Liverpool* est torpillé par des avions torpilleurs italiens. Le convoi passe néanmoins.

Le 27 novembre, l'attaque se porte sur la flotte de Gibraltar au sud de la côte de Sardaigne. Deux cuirassés (*Vittorio Veneto* et *Giulio Cesare*) y prennent part. Le combat naval n'est pas poussé et dégenère en attaques aériennes réciproques : avions torpilleurs « *Swordfish* » de l'*Ark Royal* contre les navires italiens, escadrilles de bombardement italiennes contre le

porte-avions anglais et nombreux combats aériens. Le convoi passe...

La situation devint infiniment plus sérieuse au début de janvier 1941, lorsque les Allemands installèrent leur aviation en Sicile.

L'attaque contre l'*Illustrious* (10 janvier 1941)

Le 10 janvier 1941, le convoi d'Alexan-

que néanmoins le convoi réussit à passer.

Réfugié à Malte, l'*Illustrious* fut encore pris à partie par les « Stukas », du 14 au 20 janvier. A la fin janvier, il réussit à gagner Alexandrie, l'ayant échappé belle. L'intervention des « Stukas » en Méditerranée allait-elle inciter la flotte britannique à renoncer au passage des convois à travers le canal de Sicile ?

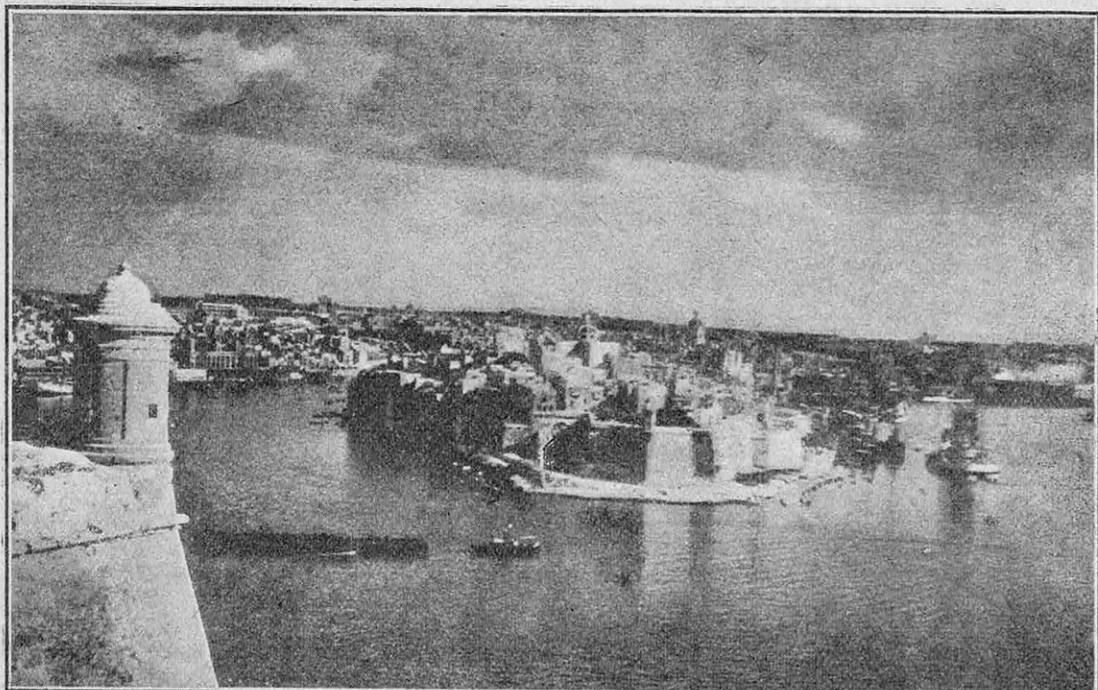


FIG. 4. — LE PORT DE LA VALETTE (ILE DE MALTE)

T W 6023

drie est fortement attaqué par les « Stukas » allemands basés en Sicile, notamment à Catane, en coopération avec l'aviation de torpillage italienne. Le croiseur anglais *Southampton* est frappé à mort et coulé. Bien qu'il fût pris particulièrement à partie par l'aviation germano-italienne, le porte-avions *Illustrious* réussit à se réfugier à Malte. Le communiqué de Londres reconnut que ces attaques en piqué et en vol rasant furent effectuées avec la plus grande hardiesse et avoua qu'elles se succédèrent pendant sept heures. Le navire reçut en plein piqué une bombe de 500 kg qui perça le pont d'envol, tua 80 hommes et détruisit 40 avions, sans compter les multiples trous qui furent ouverts sur les flancs du navire par les bombes qui tombèrent à proximité immédiate. Il faut ajouter

Malte, « île porte-avions » pour avions de chasse

Pour commencer, et dès la fin de janvier 1941, les Anglais renforcèrent l'aviation de chasse basée à Malte, notamment par des « Hurricane » qui furent chargés de s'opposer aux « Stukas » allemands dans le ciel du canal de Sicile. En même temps, cette aviation de chasse participa à l'escorte des convois qui, au début de février, recommencèrent à traverser la Méditerranée. En somme, l'île de Malte est devenue, au début de 1941, une sorte d'île porte-avions, équipée en avions de chasse. Il semble que cette manœuvre hardie ait — au début — réussi, car, le 5 février 1941, l'amiral commandant la flotte britannique en Méditerranée signalait qu'il ne rencontrait plus



T W 6022

FIG. 5. — LE CANAL DE SUEZ SURVOLÉ PAR DES AVIONS DE COOPÉRATION DE L'ARMÉE DE L'AIR BRITANNIQUE, WESTLAND « LYSANDER »

Le canal mesure 161 km de long (contre 81 km seulement pour le canal de Panama). Sa largeur est de 60 à 80 m au plafond, de 120 à 150 m à la surface, et les navires peuvent se garer ou se croiser sur toute sa longueur.

d'opposition sérieuse du fait des « Stukas ». Mais la partie n'est pas jouée, car la riposte allemande allait être un bombardement massif des aérodromes de Malte, base des chasseurs britanniques.

Les aérodromes de Malte pilonnés (février 1941)

L'île de Malte dispose de plusieurs aérodromes : Halfar, Mikissa et Luca.

et contre les Fairey « Fulmar » des navires porte-avions.

La contre-offensive par les porte-avions

L'action des porte-avions en Méditerranée ne s'est d'ailleurs pas limitée à forcer le passage aéro-naval de Sicile au profit des convois. Ils ont participé à des opérations contre-offensives.

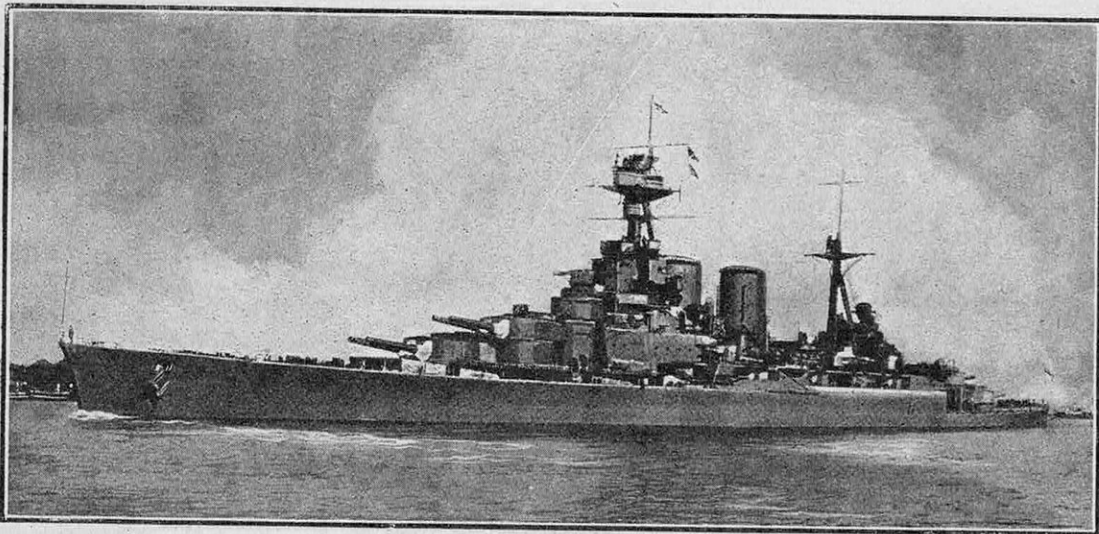


FIG. 6. — LE CROISEUR DE BATAILLE BRITANNIQUE « HOOD », DÉPLAÇANT 42 000 T ET ARMÉ DE HUIT CANONS DE 380 MM

A partir du 12 février, ce seront les aérodromes de Malte qui seront bombardés, particulièrement de nuit. Les plus fortes attaques furent celles de la nuit du 18 février, qui totalisa 18 raids en 24 heures, et celles de la nuit du 26 février.

Comment Malte, « île porte-avions », pourra-t-elle résister à de pareilles attaques ? Une tentative de débarquement suivra-t-elle ce pilonnage systématique de ses aérodromes ? L'avenir nous le dira. L'enjeu principal reste le passage des convois anglais en Méditerranée.

Une autre « île porte-avions » se tient dans le canal de Sicile : Pantellaria. L'aviation de chasse allemande l'utilise-t-elle déjà pour disputer à la chasse anglaise la maîtrise de l'air dans le détroit ? C'est très probable. A noter que, jusqu'au 1^{er} mars, la seule chasse utilisée en appui des « Stukas » était constituée par des avions italiens (généralement des Fiat CR 42, de modèle ancien). Il est probable que les Messerschmitt les plus modernes ne tarderont pas, à leur tour, à intervenir dans le ciel du canal de Sicile contre les « Hurricane » de Malte

Dès le 5 septembre 1940, les avions de l'*Ark Royal* avaient, au passage, lancé des bombes sur le port de Cagliari — exploit qui fut renouvelé le matin du 11 novembre. Puis, dans la soirée du même jour, c'est la grande attaque sur la flotte cuirassée italienne ancrée à Tarente, effectuée par les deux porte-avions d'Alexandrie : *Illustrious* et *Eagle*. On connaît le bilan de cette attaque : trois cuirassés italiens avariés sérieusement (1). Le 9 février 1941, l'*Ark Royal* participe à l'attaque du port de Gênes, en lançant ses avions sur Livourne (raffinerie de pétrole synthétique) et sur Pise (nœud des voies ferrées Gênes-Rome-Bologne).

Ajoutons qu'à la faveur de l'occupation des bases grecques, l'armée de l'air britannique a pu participer à cette contre-offensive. Citons, entre autres, les bombardements du port de Naples (8-9 janvier 1941) et les attaques contre les bases de « Stukas » allemands de Catane et Cosimo, en Sicile, entreprises dès le 13 jan-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 282, de février 1941 : « Avions et hydravions torpilleurs », par Pierre Belleruche.

vier 1941. Avec ces attaques contre les aérodromes de Sicile, Catane et Cosimo, parallèlement au pilonnage des aérodromes de Malte, une lutte aérienne intense s'annonce pour la maîtrise de l'air en Méditerranée centrale.

Le navire porte-avions assure la maîtrise de l'air au-dessus de la mer

L'expérience des porte-avions en Méditerranée, au cours du deuxième semestre 1940 et au début de 1941, constitue une des plus passionnantes de la guerre.

Le porte-avions à plate-forme n'était encore, en 1918, qu'un navire expérimental. La seule opération de guerre auquel il participa fut, le 18 juillet 1918, un raid sur les hangars de Zeppelins de Tondern (Schleswig) par sept « Camels » envolés du *Furious* qui venait seulement d'être aménagé en porte-avions. Le navire porte-avions est la révélation de la guerre de 1939-1940, de même que le sous-marin fut celle de la guerre de 1914-1918. Mais le porte-avions constitue un bâtiment extrêmement vulnérable et la flotte britannique a déjà perdu deux de ces navires : le *Courageous*, torpillé le 17 septembre 1939 au sud de l'Irlande, et le *Glorious*, coulé au canon le 5 juin 1940 devant Narvik. Depuis, le navire porte-avions a pris sa revanche en Méditerranée — ce qui n'a pas manqué d'étonner les écrivains militaires qui le considéraient plutôt comme un navire océanique. Il est vrai que l'expérience de

l'Illustrious, le 10 janvier, tend peut-être à leur donner raison. Il n'en est pas moins vrai qu'au début de 1941 la flotte britannique avait déjà perdu, coulés ou avariés, trois de ces précieux navires.

Le navire porte-avions est indispensable à la *maîtrise de la mer* sous sa forme moderne. Il ne suffit pas aujourd'hui de maintenir la maîtrise de la *surface*. Il est indispensable de s'assurer la maîtrise de l'*air au-dessus de la surface*.

Le porte-avions ne peut opérer utilement qu'accompagné par un cuirassé ou un croiseur de bataille, et rester sous la protection immédiate des gros canons du navire de combat. Le navire de combat armé d'avions et le navire de combat armé de canons sont complémentaires. Protégé par les canons du cuirassé, le porte-avions n'en reste pas moins pour l'aviation adverse une cible de choix : on l'a bien vu le 10 janvier 1941 avec *l'Illustrious*. Aussi le porte-avions doit-il posséder une artillerie antiaérienne très puissante, sans quoi il risque d'être accablé par les avions adverses, et la force navale qu'il escorte deviendrait tactiquement impuissante. Du point de vue *stratégique*, on peut noter que c'est l'action hardie des porte-avions en Méditerranée qui a incité les forces aériennes allemandes à intervenir dans cette zone, en attendant l'intervention des forces terrestres massées en Roumanie et en Bulgarie. Episode moderne, suivant la formule de l'amiral Castex, de la lutte de la *terre* contre la *mer*.

Emile BORDERIE.

La Science et la Vie a déjà signalé (1) le grand intérêt de la formule de l'avion composite pour des appareils militaires. Elle vient d'être reprise en Grande-Bretagne où M. N. Pemberton-Billing achève la maquette volante d'un appareil composite comportant deux appareils : l'un inférieur, lourdement chargé; l'autre supérieur, de grande surface portante, suivant une disposition inverse de celle du composite Mayo. L'avion supérieur, de poids réduit (2 500 kg et équipé d'un moteur de 210 ch seulement, aurait une surface de 93 m², ce qui l'apparenterait à un planeur à moteur. L'avion inférieur à train tricycle posséderait deux moteurs de 2 000 ch pour une surface portante de 40 m². Son poids à vide serait de 7 000 kg et sa charge utile de 12 000 kg, comprenant un équipage de trois hommes, 4 500 kg de bombes et une provision de carburant suffisante pour assurer à l'appareil une autonomie de vol de 12 heures. Ce bombardier n'aurait aucun armement de défense, l'auteur du projet posant en principe qu'avec une vitesse suffisante, un bombardier est à l'abri des attaques de la chasse. Aussi prévoit-il pour l'appareil projeté une vitesse de croisière de 640 km/h.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 252, juin 1938.

DU LABORATOIRE AU STUDIO ET A LA SALLE DE PROJECTION : LES PROGRÈS DU CINÉMA SONORE

par P. HÉMARDINQUER

La guerre a interrompu en Europe les recherches des studios et des laboratoires pour l'enregistrement et la projection des films sonores. Dans la plupart des pays du vieux continent, seule une activité réduite a pu être maintenue; mais, outre-Atlantique, techniciens et praticiens n'ont pas ralenti leurs efforts, et d'ores et déjà de très intéressants résultats ont été obtenus permettant souvent des applications nouvelles immédiates, dont certaines vont entraîner, au cours de mois prochains, des transformations profondes dans la technique de la prise de vues et de l'enregistrement sonore, ainsi que dans l'équipement des salles de projection.

DÉPUIS l'avènement du « parlant », le développement du cinéma exige à la fois l'étude de dispositifs optiques, mécaniques, acoustiques, électriques, radioélectriques, chimico-photographiques.

Les recherches récentes portant sur l'enregistrement et la projection des films sont ainsi extrêmement diverses. Elles ont été, surtout au cours des mois derniers, poursuivies aux Etats-Unis. Parmi elles, il en est qui concernent uniquement des perfectionnements de détails industriels, dont l'importance pratique peut, d'ailleurs, être très grande, et d'autres dont l'application directe est moins immédiate sans doute, mais dont l'originalité est plus remarquable.

Les transformations des objectifs : les verres organiques et les lentilles moulées

La qualité des images portées par les films et projetées sur les écrans est fonction essentiellement des qualités des objectifs des cameras et des projecteurs, c'est-à-dire de la disposition optique des lentilles, de leur montage, de leurs caractéristiques optiques, et de la composition des verres dont elles sont formées.

La fabrication des multiples lentilles constituant les modèles modernes à grande ouverture, le polissage de leur surface, leur collage dans des conditions parfaites, et leur montage dans les barillets sont des opérations délicates et coûteuses.

La composition des verres spéciaux, dits « flints » et « crowns », doit, d'ailleurs, être étudiée avec le plus grand soin et ne peut être déterminée que par des spécialistes.

La fabrication des matières plastiques transparentes a fait cependant de tels progrès qu'il n'est plus utopique de songer à leur utilisation pour le remplacement des verres des lentilles.

Les composés à base d'urée et de formol attirent spécialement l'attention.

Tel est le *pollopos* qui présente des caractéristiques optiques intéressantes. Il laisse passer les rayons infrarouges et ultraviolets dans une plus grande proportion que le verre; son indice de réfraction est de 1,54 à 1,90 (l'indice de réfraction du cristal de roche est 1,55, celui du flint de 1,52 à 1,90); sa dispersion est très faible, sa densité de l'ordre de la moitié de celle du verre.

On a songé naturellement à utiliser ce verre organique pour réaliser des lentilles moulées; il en existe, d'ailleurs, des variétés nombreuses: le *cellopos*, l'*urocristal*, la *prystaline*, etc...

Les composés métacryliques et acryliques obtenus à partir de l'acide cyanhydrique, de l'acétone et de l'éthylène, auxquels sont combinés des alcools méthylique, butylique et éthylique, permettent d'obtenir également des composées très intéressantes, en particulier le *plexiglas*.

Ce sont des corps très légers, d'une densité de 1,18, dont l'indice de réfraction

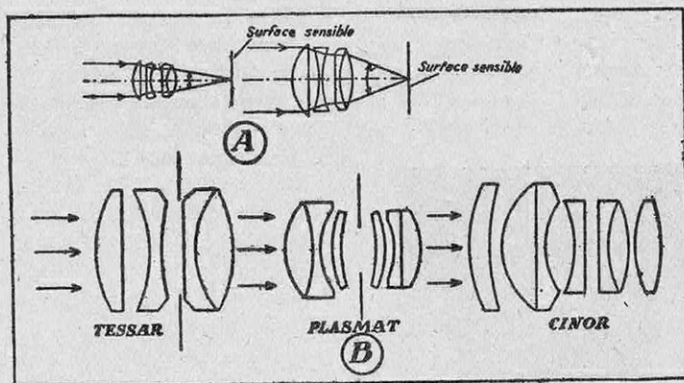


FIG. 1. — LA LUMINOSITÉ DES APPAREILS DE CINÉMA

La quantité de lumière que laisse passer un objectif de distance focale donnée dépend de son ouverture utile; plus l'ouverture est grande, plus un élément d'image recevra de lumière (en A); pour obtenir une bonne image sans déformation, il faut adopter des objectifs à grande ouverture comportant de multiples lentilles soigneusement établies; on voit en B trois combinaisons connues. Plus l'objectif est perfectionné, plus le nombre de lentilles est élevé et, par conséquent, le nombre des surfaces de séparation air-verre. La réflexion de la lumière sur ces surfaces diminue la luminosité de l'objectif.

à 20° est de 1,491. Leur coefficient de transmission pour la lumière dont la longueur d'onde est comprise entre 7 670 et 3800 angströms (du rouge au violet), varie entre 99 % et 90 %; leur stabilité est leur homogénéité permettent d'obtenir des verres optiques à foyer d'une grande pureté. De nombreux composés ont été proposés par des firmes diverses; nous citons ainsi l'acryloïd, l'acrysol, le diakon, la lucite, etc...

L'emploi du verre organique permettrait d'établir des objectifs plus aisément et à beaucoup moins de frais, grâce à la facilité de moulage parfait de la matière, de son usinage sous toutes les formes, de son montage dans les barillets.

Est-ce à dire que nous verrons bientôt des objectifs pratiques en verre organique? Si les difficultés optiques paraissent pouvoir être résolues assez aisément, les difficultés mécaniques demeurent; la matière employée doit avoir une résistance suffisante pour ne pas être rayée et permettre, en particulier, un nettoyage facile.

Ce résultat n'a pu être obtenu jusqu'à présent. Les lentilles moulées résistent bien à l'eau froide et à l'eau chaude; par contre, leur surface polie se raye trop facilement. Les recherches continuent.

Toujours plus de lumière : le « verre invisible »

Pour pouvoir enregistrer des images sur la surface du film dans des conditions d'éclairement très diverses, avec un temps de pose réduit fixé par la cadence même du film sonore, il est indispensable d'utiliser des objectifs de plus en plus lumineux.

La « luminosité » d'un objectif est déterminée par son ouverture utile, c'est-à-dire par le diamètre de sa pupille d'entrée; l'ouverture relative est le rapport de sa distance focale à son ouverture utile, ce qui caractérise l'objectif.

Cette augmentation de la luminosité n'est pas obtenue



FIG. 2. — LA FABRICATION DU VERRE INVISIBLE

L'application, sur la surface des lentilles d'une couche chimique d'une épaisseur infime, de l'ordre de 0,0001 mm, permet d'éviter les réflexions parasites de lumière et d'obtenir ce que les techniciens américains appellent le « verre invisible ». On voit ici le Dr C. Hawley Cartwright, de l'Institut de Technologie du Massachusetts, traitant une série d'objectifs par application d'une couche de fluorure dans le vide.

facilement. Il faut éviter les déformations et rendre l'image aussi indépendante que possible des différences de couleur des rayons lumineux. On doit recourir à des combinaisons complexes de lentilles (fig. 1).

Les objectifs des cameras comportent ainsi un grand nombre de lentilles et, par conséquent, un grand nombre de surfaces de séparation air-verre. Chacune de ces surfaces de séparation possède un certain pouvoir réflecteur; une partie plus ou moins importante de la lumière est réfléchie et ne parvient pas à la surface sensible.

Les objectifs du genre Gœrz-Dagor, par exemple, présentent quatre surfaces de séparation, le Tessar-Zeiss, le Triotar, le Triplet Cooke possèdent six surfaces; les modèles modernes, comme le Biotar, présentent huit surfaces. Le coefficient de transmission de la lumière de quatre surfaces s'abaisse à 78,30 % pour six surfaces et à 72,18 % pour huit surfaces, même sans tenir compte des pertes par absorption. Plus un objectif est perfectionné, plus le nombre des lentilles et des surfaces de séparation augmente, plus cette perte de lumière augmente aussi (fig. 1).

De là, l'idée de traiter les surfaces de réflexion des lentilles pour réduire la perte de transmission de la lumière, et les Américains donnent le nom un peu mystérieux de *verre invisible* à la matière ainsi traitée.

Les méthodes employées sont fondées sur une remarque initiale de H. Dennis-Taylor; ce dernier constata, en 1892, que des objectifs ordinaires à la surface ter-

nie permettaient des prises de vues plus rapides, et eut l'idée de traiter la surface des objectifs avec une solution ammoniacale de sulfure d'hydrogène.

Les travaux pratiques sur la question sont cependant très récents. Les procédés actuels sont dus à K. B. Blodgett, de la General Electric Company, à Charles Cartwright et A. F. Turner, de l'Institut de Technologie du Massachusetts (fig. 2).

Le film transparent destiné à éliminer la réflexion est d'une épaisseur infime. Son épaisseur optique, c'est-à-dire son épaisseur

mécanique multipliée par son indice de réfraction, doit être égale au quart de la longueur d'onde de la lumière considérée, et son indice de réfraction est égal à la racine carrée de celui du verre.

Deux méthodes peuvent être adoptées pour appliquer sur le verre ces couches transpa-

rentes. La première consiste à appliquer des couches monomoléculaires de savon métallique (stéarate de calcium). La lentille est nettoyée avec soin, et on la passe lentement à la surface de l'eau sur laquelle le film est formé. Quarante couches sont nécessaires pour former une épaisseur suffisante pour supprimer la réflexion provenant de la lumière jaune, d'une longueur d'onde de 589 m μ .

Les films obtenus sont cependant fragiles; on préfère donc adopter un deuxième procédé très différent. La lentille à traiter est soigneusement nettoyée, montée sur un petit dispositif chauffant, et le tout est placé sous une cloche dans laquelle on fait le vide. Le système chauff-

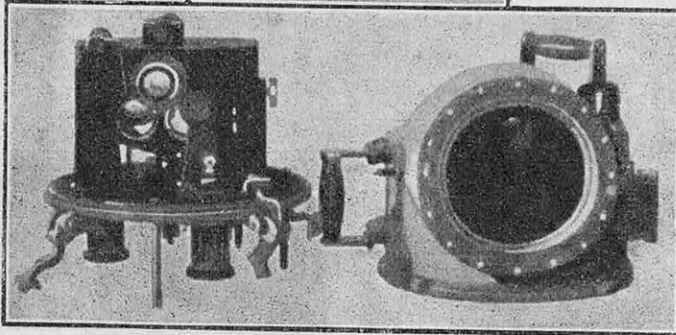


FIG. 3. — LA CAMERA SOUS-MARINE

T W 5988

Deux méthodes ont été mises au point en Amérique pour les prises de vues sous-marines. On peut utiliser une camera ordinaire placée dans un petit sous-marin ou une cloche immergée, ou adopter une camera étanche pourvue d'une sorte de casque de protection analogue à celui d'un scaphandre. Dans l'un et l'autre cas, il faut utiliser obligatoirement un télémètre spécial permettant une mise au point rigoureuse sous la surface de l'eau, un posemètre à cellule photo-électrique particulier, un système optique de compensation pour l'objectif et des filtres compensateurs des effets chromatiques sélectifs et de brouillard.

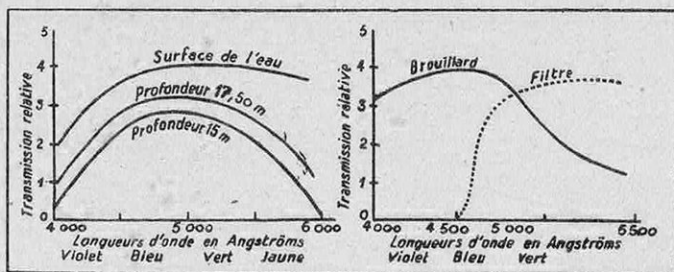


FIG. 4. — LES CONDITIONS DE PRISES DE VUES SOUS-MARINES

La lumière naturelle ne pénètre qu'à une faible profondeur sous la surface de la mer; les radiations rouges sont rapidement absorbées et seules sont transmises les radiations bleu-vert entre 4 400 et 5 400 Å, comme les montrent les courbes établies aux différentes profondeurs. L'effet de brouillard déterminé par la diffusion de la lumière sur les particules en suspension dans l'eau est particulièrement gênant; un filtre convenable permet de le corriger dans une certaine mesure.

fant est mis en action, la matière devant constituer le film est évaporée dans le vide et vient se déposer sur la surface du verre; en observant la variation de couleur du film, il est possible de connaître exactement le moment où le traitement doit être arrêté. L'épaisseur nécessaire pour la lumière jaune est d'environ 0,00012 centimètre.

Avec un film très mince de fluorure de sodium, ou de cryolite, fluorure de so-

dium et d'aluminium, un résultat presque parfait peut être obtenu.

Le traitement assure une couche suffisamment résistante pour permettre la manipulation et le nettoyage, augmente également la netteté de l'image, diminue les pertes de brillance et de contraste.

Le seul inconvénient réside, jusqu'à présent, dans le prix élevé du traitement; il ne peut donc être appliqué qu'aux objectifs de qualité à grande ouverture. Le prix de revient pourra sans doute être abaissé; il s'agit là d'un perfectionnement dont l'intérêt immédiat est très grand.

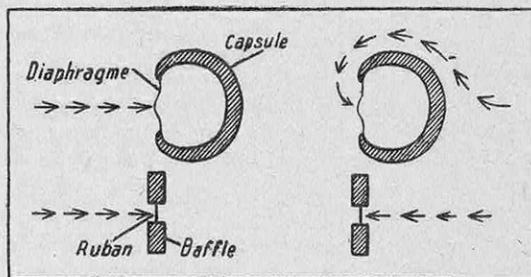


FIG. 6. — PRINCIPE DU MICROPHONE CARDIOÏDE

Il comporte un microphone de pression électrodynamique (en haut) et un microphone de vitesse à ruban (en bas). Pour les sons provenant de l'avant du diaphragme, les déplacements du diaphragme et du ruban sont de même sens; ils sont de sens contraire pour les sons provenant de l'arrière de la capsule, ce qui explique l'effet unidirectionnel.

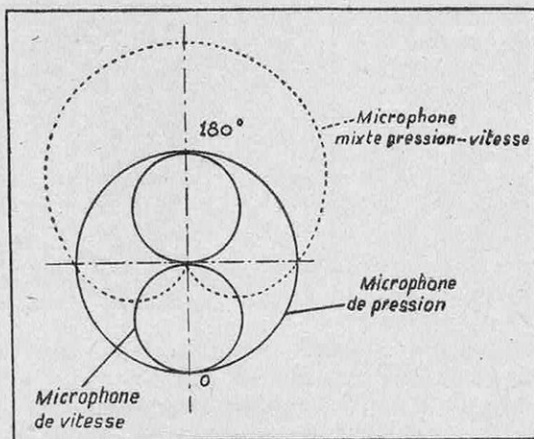


FIG. 5. — COURBES DE CHAMP THÉORIQUES DES DIFFÉRENTS MICROPHONES

Ces diagrammes indiquent les régions de l'espace où s'exerce l'action des microphones. La courbe d'un microphone de pression (à charbon, par exemple) non directionnel est un cercle; le diagramme d'un microphone de vitesse (à ruban, par exemple) bidirectionnel est une courbe « en 8 ». Enfin, un microphone mixte pression-vitesse du nouveau modèle est un appareil unidirectionnel dont le diagramme polaire est une courbe « cardioïde ».

Les transformations du film : le film métallique

Les films standard sont en celluloid, substance dérivée de la cellulose. L'émulsion sensible est formée de sels d'argent et de gélatine; la pellicule standard comporte un côté de celluloid brillant et un côté mat sur lequel l'image est formée; l'épaisseur totale est de 0,14 à 0,15 millimètre.

Un inconvénient essentiel de la pellicule standard est sa grande inflammabilité. Aussi, pour établir les films de format réduit, dits « de sécurité », emploie-t-on, comme support de l'émulsion sensible, l'acétate de cellulose, matière transparente, souple, peu inflammable, composé acétylé de cellulose et non plus nitré.

Pour obtenir un support présentant des qualités mécaniques suffisantes, il faut adopter des *plastifiants* rendant la matière souple et peu cassante. Pour le film standard, on emploie le camphre mélangé à la nitrocellulose. Il a été plus difficile de trouver les matières correspondantes pour la fabrication du film de sécurité, et le résultat obtenu jusqu'ici n'est pas encore complètement satisfaisant; en particulier, le film « non flamme » peut se conserver difficilement sans devenir cassant au bout de quelques années.

Les supports actuels ne possèdent donc pas toutes les qualités désirables; on a depuis longtemps songé à adopter d'autres matières. C'est ainsi qu'on a songé à la *cellophane*, cellulose régénérée de la *viscose*. Les films de cellophane ont une épaisseur de 0,04 à 0,05 mm seulement.

Malheureusement, l'émulsion est peu sensible, le film a une résistance mécanique très faible et ne peut être perforé.

Mais, voici qu'une nouvelle matière très différente fait son apparition: le métal. Le *film métallique* nous apportera-t-il la solution cherchée?

Le support métallique est d'une épaisseur de l'ordre de 0,1 millimètre; l'alliage à 92 % d'aluminium est suffisamment souple pour s'enrouler sur des courbes de faible rayon. Le poids est le même que celui des films en acétate, et le prix de revient un peu inférieur. Il n'est sujet ni à allongement, ni à retrait, et peut être projeté à grande vitesse sans risque d'usure prématurée. La pellicule peut être sensibilisée sur ses deux faces, qui servent ainsi pour deux enregistrements différents.

Le support métallique supprime l'emploi de la gélatine pour retenir les sels d'argent. La surface du métal est rendue poreuse par une légère oxydation, et les

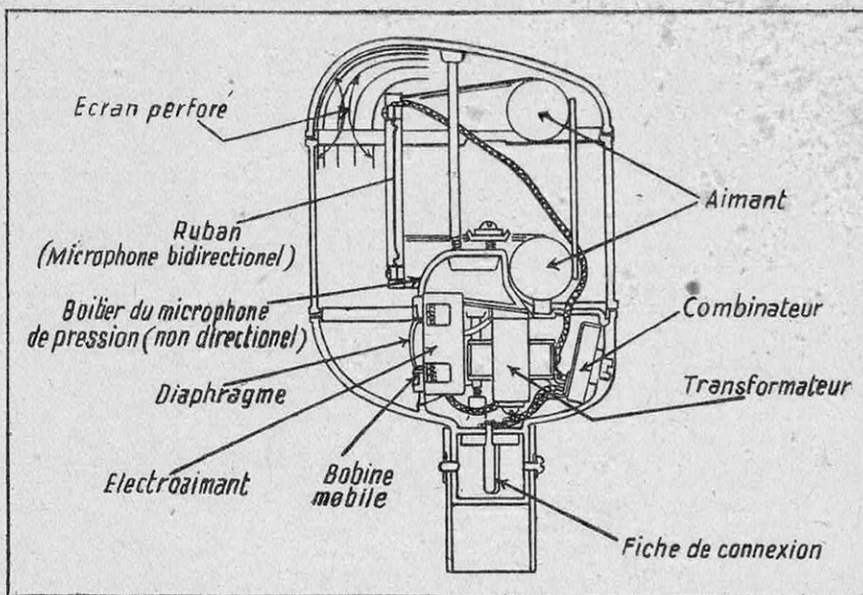


FIG. 7. — LE MICROPHONE CARDIOÏDE (WESTERN)

sels sont retenus dans les minuscules cavités ainsi formées. La sensibilité est un peu plus faible, suffisante dès maintenant pour les positifs, les opérations photographiques plus rapides et le grain de l'image plus fin. Les



bains ne pénètrent pas dans le support, ce qui accélère le lavage. Le séchage peut être obtenu en chauffant jusqu'à 200°; l'action des agents atmosphériques est également peu à craindre. Le développement, le fixage, le lavage et le séchage sont obtenus normalement en 3 minutes.

Un tel film est évidemment opaque. Les méthodes de projection et de « lecture du son » inscrit photographiquement sur la piste sonore habituelle doivent donc être modifiées.

La projection s'effectue par réflexion: il n'y a que deux surfaces de réflexion à considérer au point de vue optique. La

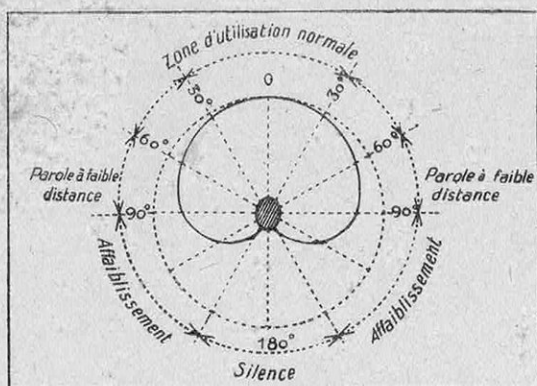


FIG. 8. — LE CHAMP D'ACTION DU MICROPHONE CARDIOÏDE

Ce diagramme montre comment agissent les sources sonores suivant leur position par rapport à l'appareil.

lumière est réfléchiée par la source de la lanterne, directement sur un miroir, et du miroir sur le film, et de là vers l'appareil de projection. Le facteur de transmission de la lumière sur le film est 77 %. Ce dispositif est possible en raison de la température élevée que peut supporter sans inconvénient sa surface.

La camera pénètre sous les mers

Qu'il s'agisse d'applications scientifiques, d'enseignement, ou d'usages plus particuliers, militaires ou industriels, la camera pénètre désormais partout; elle est employée aussi bien sur les bateaux que sur les avions, et la prise de vues sous-marines a même dû être étudiée spécialement aux Etats-Unis.

N'importe quelle émulsion peut être utilisée; mais, la couleur prédominante dans l'eau est généralement le bleu; d'où l'avantage des films panchromatiques; l'emploi d'un écran filtre absorbant le bleu permet alors d'augmenter le champ d'action et de faire disparaître le voile.

La lumière naturelle est suffisante à petite profondeur, entre 10 h 30 et 11 h 30; la plupart du temps, il faut pourtant

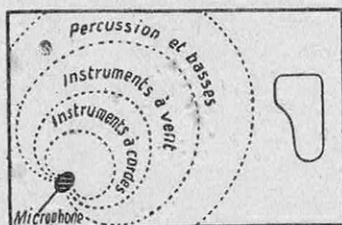


FIG. 9. — DISPOSITION DES INSTRUMENTS DE MUSIQUE ET DU MICROPHONE DANS UN STUDIO D'ENREGISTREMENT MUSICAL

avoir recours à la lumière artificielle. La camera est placée dans un caisson ou une cloche sous-marine immergée (figure 3).

A la lumière du jour, on ne peut guère filmer à une distance supérieure à une dizaine de mètres, et une autre difficulté provient du fait que l'eau n'absorbe pas également les différentes couleurs. Les radiations rouges sont rapidement absorbées, les radiations bleu vert passent facilement. De là, la nécessité d'employer des générateurs de lumière artificielle produisant peu de radiations rouges, tout en ayant une gamme étendue.

Un obstacle particulier à la prise de vues est constitué par un effet de brouil-

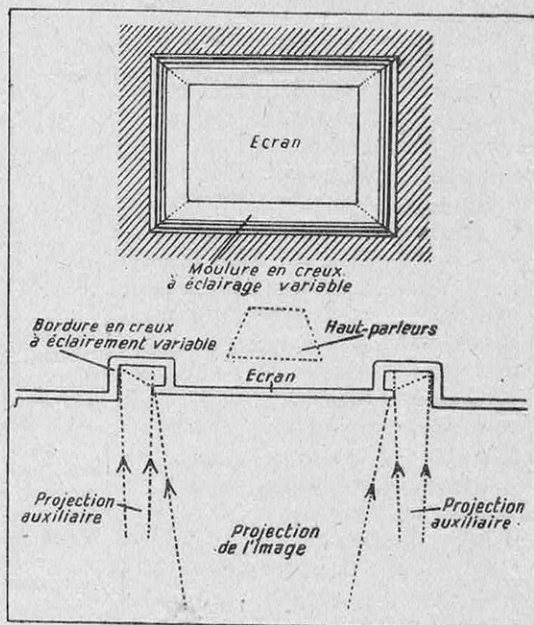


FIG. 10. — ESSAIS D'ÉCRAN PERSPECTIF

L'écran classique est entouré d'une bordure noire déterminant le contraste nécessaire, mais dont les inconvénients optiques et artistiques ne sont pas négligeables. Cette bordure plane peut être remplacée par une moulure en creux éclairée faiblement, mais d'une façon variable par une projection auxiliaire commandée par la cabine ou un dispositif d'éclairage local dissimulé dans la moulure même. Ce procédé élargit le champ de vision et augmente l'effet perspectif.

lard, de lumière diffuse, plus gênant que le brouillard terrestre.

Ce phénomène est dû à la diffusion de la lumière sur les matières en suspension dans l'eau; d'où une impression lumineuse uniforme de l'image, un effet de masque supprimant les détails et les contrastes. Plus la distance augmente, plus le brouillard devient intense; il finit par rendre impossible la prise de vues.

Ce phénomène se manifeste essentiellement sur une région spectrale bien déter-

minée et peut encore être atténuée à l'aide d'un filtre coloré. Des filtres de polarisation ont donné également de bons résultats (fig. 4).

Un nouvelle technique d'enregistrement sonore

La qualité acoustique du film sonore dépend essentiellement du microphone, premier organe du studio d'inscription des sons. On a donné souvent au microphone le nom *d'oreille électrique*; en réalité, son fonctionnement est bien différent de celui de l'oreille humaine. Ses propriétés électriques et acoustiques sont très variables suivant les modèles considérés.

Au point de vue acoustique, le microphone, dit « *de pression* », fonctionne sous l'action des variations de surpression des couches d'air produites par la propagation des ondes sonores. Le microphone *de vitesse* ou de *vélocité*, plus récent, a un fonctionnement fondé sur le déplacement des molécules d'air mises en mouvement par les vibrations sonores.

Par son principe même, le microphone de pression n'est pas directionnel, la surpression s'exerçant dans toutes les directions autour de la source sonore et sur tous les obstacles rencontrés. Le microphone de vitesse possède, au contraire, un pouvoir bidirectionnel dans le sens de propagation de l'onde sonore. Le microphone de pression favorise, d'autre part, les notes aiguës, tandis que le microphone de vitesse accentue les sons graves. Comme exemple familier du microphone de pression, citons le microphone à charbon ordinaire, et comme modèle de vitesse le microphone à ruban.

Les ingénieurs du son américains ont recours maintenant à une nouvelle combinaison, consistant dans *l'adaptation d'un microphone de vitesse à un microphone de pression*. La courbe de réponse directionnelle du premier, c'est-à-dire la courbe indiquant les résultats obtenus suivant les différentes fréquences et les différentes directions, est une courbe dou-

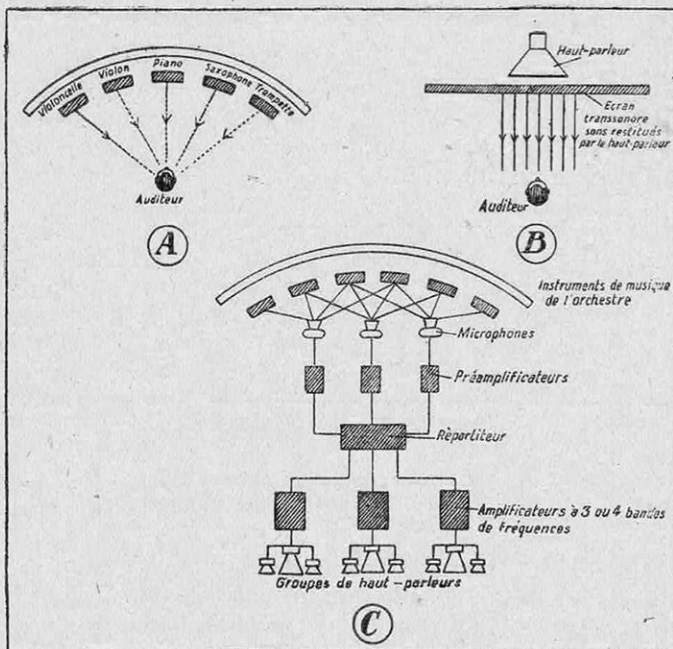


FIG. 11. — PRINCIPE ÉLÉMENTAIRE DE LA PRISE DE SON FRACTIONNÉE ET DE LA RÉPARTITION SONORE

Dans l'audition naturelle d'un orchestre, les sons proviennent à l'auditeur de différentes directions suivant la position des instruments (en A). En cinématographie sonore, un seul haut-parleur d'un seul groupe de haut-parleurs est généralement placé derrière l'écran (en B). La prise de son fractionnée et la répartition sonore consistent à utiliser plusieurs microphones distincts à l'enregistrement et, à la reproduction, plusieurs groupes de haut-parleurs séparés placés derrière l'écran et dans des positions convenables dans la salle (en C). Pour la simplicité du dessin, le principe est exposé par une diffusion sonore directe; la méthode est évidemment analogue lorsque les courants microphoniques servent d'abord à établir des « pistes sonores » permettant ensuite la reproduction distincte du son.

ble à deux boucles, dite en huit, traquant la qualité bidirectionnelle; le deuxième a une courbe en forme de cercle théorique, indiquant son pouvoir non directionnel. La combinaison convenablement réalisée des deux appareils permet d'obtenir un diagramme polaire unidirectionnel, qui a la forme d'une courbe « cardioïde » (en forme de cœur), comme le montre la figure 5.

La combinaison adoptée pratiquement consiste dans l'emploi d'un microphone à ruban et d'un microphone électrodynamique à bobine mobile placés dans un même boîtier (fig. 6 et 7).

On peut utiliser séparément le microphone à ruban, l'appareil à bobine mobile ou les deux appareils ensemble. On obtient ainsi un effet non directionnel, un effet bidirectionnel et la combinaison cardioïde unidirectionnelle.

Les effets obtenus au studio sont tout à fait nouveaux pour les enregistrements d'orchestre ou même de paroles. L'effet directionnel très régulier, quelles que soient les fréquences acoustiques, rend possible un contrôle compensateur entre les sons directs et réfléchis. Il permet de ménager les tonalités propres de chaque instrument à cordes ou à vent, sans les « noyer », en quelque sorte, dans le flot des ondes réfléchies, même si les murs du studio n'ont pas été rendus complètement absorbants (fig. 8 et 9).

La fidélité de l'enregistrement, à la fois pour les basses et les aiguës, assure, d'autre part, une transmission fidèle des ondes sonores indirectes; il permet, par suite, des enregistrements plus naturels, plus artistiques et moins « sourds » que par les méthodes classiques.

En utilisant uniquement des microphones à ruban, on constate, pour certains instruments de musique, la production de zones de silence dues à des phénomènes de réflexion des ondes sonores sur les murs du studio, produisant des ondes stationnaires par interférence avec les ondes directes et déterminant des *nœuds de vitesse* ne permettant plus le déplacement du ruban. L'adaptation du microphone de pression permet d'éviter cet inconvénient.

Plusieurs microphones de ce type permettent ainsi de couvrir très régulièrement tout l'espace d'un orchestre, sans risquer de produire une sélection musicale déformant la tonalité. En utilisant deux éléments, l'un incliné à 30° vers le bas, l'autre à 30° vers le haut, on couvre complètement une scène sans que les acteurs aient à se soucier de la position des microphones. De tels résultats étaient impossibles jusqu'à présent avec les modèles classiques; il y a là de nouvelles possibilités de la technique électroacoustique de l'enregistrement.

La transformation de l'écran : l'écran perspectif

L'écran normal est entouré d'une bordure noire, faisant contraste avec l'image brillante, mais réduisant également le champ de vision. Lorsque le spectateur n'est pas dans une salle complètement obscure, il aperçoit l'image projetée, mais aussi cette bordure noire arbitraire et même une partie de la scène entourant l'écran.

Pour éviter cet inconvénient et obtenir

des effets de *relief perspectif* plus ou moins sensible, certains inventeurs ont eu l'idée de remplacer l'écran plan unique par des modèles, en quelques sorte, *en profondeur*, en matière translucide épaisse, ou par plusieurs écrans translucides placés les uns derrière les autres.

Ces dispositifs n'ont eu qu'un succès de curiosité, mais on a commencé pratiquement, aux Etats-Unis, à établir des modèles simples, sans la bordure noire habituelle, avec simplement une moulure en creux remplaçant la bordure noire classique. Cette moulure est éclairée plus ou moins faiblement et son éclairage varie, de manière à faire varier les effets suivant la nature de la projection. Les variations sont déterminées depuis la cabine elle-même, grâce à un appareil synchronisé avec le projecteur cinématographique; en réduisant légèrement la surface de l'image, une bordure ménagée sur le film permettrait d'utiliser à cet effet le projecteur lui-même (fig. 10).

L'écran et sa bordure à lumière diffusée et réfléchie constituent un champ de vision variable. Le spectateur a l'illusion d'observer réellement sur l'écran une portion de l'espace.

Les angles de la projection s'effacent; la surface de visée est plus homogène. Pour les vues panoramiques, l'élargissement apparent du ciel est sensible; le dispositif s'applique particulièrement aux films en couleurs, dont il fait ressortir la fraîcheur et la profondeur.

En ce qui concerne le cinéma en relief proprement dit, seules les méthodes anciennes stéréoscopiques, par anaglyphes ou à lunettes polarisantes, paraissent toujours avoir quelque valeur. Le seul progrès dans ce sens consiste dans le développement pratique des verres de polarisation, dits « polaroids », constitués avec des cristaux d'héraphite, établis sous une forme de plus en plus pratique, et dont le prix de revient a pu être abaissé dans de grandes proportions.

Ces lunettes sont pratiques et légères; la seule difficulté réside toujours dans l'emploi d'une source lumineuse de puissance suffisante pour compenser la perte de lumière provenant de la polarisation, sans amener un échauffement anormal du film.

Une fantaisie : le film odorant

La chimie des parfums est très florissante aux Etats-Unis, et les spécialistes,

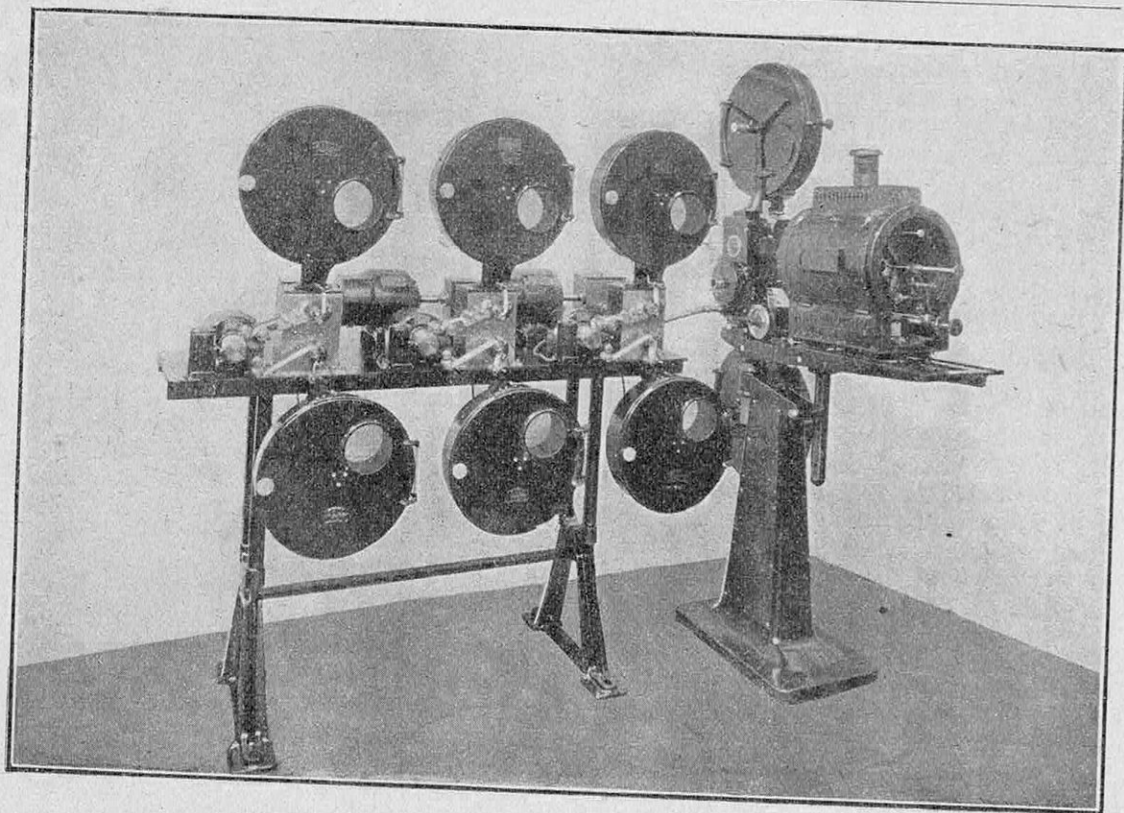


FIG. 12. → UN GROUPE DE « MIXAGE » A TROIS LECTEURS DE SON

T W 5985

Les appareils dits de « mixage » permettent de modifier, de combiner de toutes les façons désirées des enregistrements sonores distincts obtenus sur des pistes sonores par la méthode photographique bien connue. On voit ici un groupe de mixage « Cinématelex » récemment installé au studio Pagnol. Il comporte un projecteur sonore (à droite) relié en synchronisme à trois dérouleurs de bandes sonores et trois lecteurs de son photoélectriques. Ces trois ensembles de restitution des sons enregistrés sont reliés aux appareils d'enregistrement par l'intermédiaire d'un tableau de réglage et de contrôle (mélangeur).

dans un but commercial, recherchent constamment des nouveautés. C'est ainsi qu'ils parfument les objets usuels de la manière appropriée : les portefeuilles avec des parfums au cuir de Russie, les sacs de dames avec des odeurs de fleurs, les boîtes de bonbons avec des odeurs de fruits, etc.

Mais, pourquoi ne pas synchroniser la projection des images cinématographiques avec des odeurs et des parfums correspondants ? On sentirait ainsi les vapeurs d'essence et d'huile de ricin brûlée au cours d'une course d'automobiles, l'odeur de la poudre au cours d'un combat et, dans les films policiers, « le Parfum de la Dame en Noir » reviendrait comme un leitmotiv odorant, à la manière des leitmotiv musicaux des films musicaux ! A dire vrai, si l'idée est américaine, la première réalisation d'« Odorato-talkie-picture » paraît due à deux Suisses : MM. Barth et Laube.

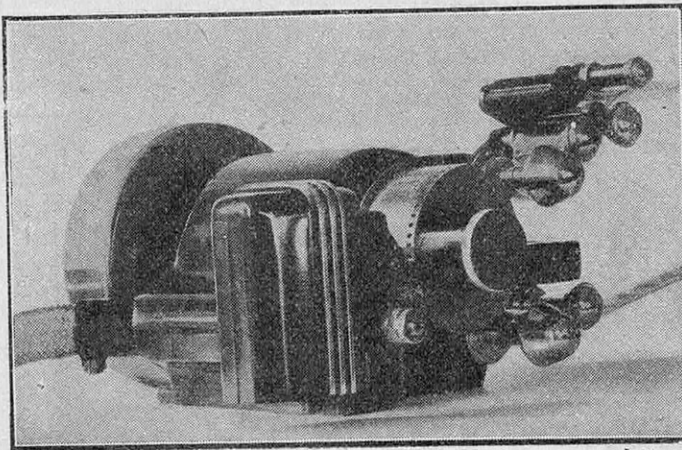
La difficulté de projection des odeurs au moment convenable n'est pas grande ; il est plus difficile d'obtenir une suppression rapide de l'odeur projetée. Ce résultat peut être obtenu par une accélération du conditionnement d'air ou par une réaction chimique par oxydation déterminant la suppression d'un premier parfum, pour le remplacer par un autre. Il s'agit là surtout d'une fantaisie curieuse.

Le relief sonore et la « Fantasia » de Walt Disney

Walt Disney est le créateur génial des dessins animés sonores et en couleurs sous leur forme actuelle, et *Blanche-Neige* constitue un petit chef-d'œuvre qui demeurera dans l'histoire du cinéma (1). Ce grand cinéaste ne se contente plus des recherches graphiques et tourne son attention vers le développement de la technique musicale électroacoustique.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, déc. 1938.

Il a conçu un extraordinaire film musical, sur une formule entièrement nouvelle, la « *Fantasia* », qui contient des airs de la « *Tocatta* » de Bach, du « *Casse-Noisette* » de Tchaïkowsky, de l'« *Apprenti Sorcier* » de Paul Dukas, de « *La Nuit sur le Mont Chauve* » de Moussorgsky, de la « *Symphonie Pastorale* » de Beethoven, du « *Sacre du Printemps* » de Strawinsky, etc. Toute cette féerie



T w 5987

FIG. 13. — LECTEUR DE SON À PISTE TOURNANTE

La qualité de l'audition dépend essentiellement du lecteur de son photoélectrique. L'oreille étant plus sensible aux variations de fréquence que d'intensité, il faut que l'entraînement du film portant la piste sonore photographique dans le lecteur soit parfaitement régulier, mais sans déterminer d'usure anormale. Ce résultat est obtenu à l'aide d'un tambour non perforé tournant en même temps que le film avance et à volant de grand diamètre. On obtient ainsi l'entraînement du volant uniquement par le dos de l'image, grâce à une adhérence portant sur une large surface (Stabyl).

musicale est combinée avec une féerie graphique en couleurs, s'adaptant parfaitement à la musique au gré de l'artiste, avec une figuration merveilleuse, où l'on voit des fleurs, des fées, des poissons et mêmes des animaux des âges préhistoriques !

La réalisation de ce film a exigé 140 000 mètres de pellicule, finalement réduite à 4 000, ce qui correspond à 2 h 30 de projection ; 1 200 techniciens y ont travaillé, et le prix de revient n'est pas éloigné du million de dollars.

La nouveauté technique de cette réalisation est d'ordre électroacoustique. Elle réside dans un dispositif de prises de sons séparées et de répartition sonore dans la salle ; idées déjà envisagées en France, mais qui n'avaient pas encore été appliquées pratiquement.

Pour obtenir une restitution naturelle des sons, on utilise, en cinématographie

sonore, non plus un seul haut-parleur disposé derrière l'écran, mais généralement un système combiné comportant deux ou trois éléments. Il est impossible, en effet, avec un haut-parleur de dimensions déterminées, de reproduire toutes les fréquences utilisées dans les installations à haute fidélité, c'est-à-dire de 40 à 10 000 périodes par seconde environ.

On emploie donc un haut-parleur pour notes aiguës, dit « *tweeter* », un ensemble d'éléments pour notes médium, et un haut-parleur pour notes graves ou « *boomer* » à grand pavillon exponentiel. Malgré l'utilisation de ces éléments distincts, alimentés par des oscillations électriques de fréquences correspondantes au moyen de filtres sélectifs, l'effet stéréophonique, c'est-à-dire de relief sonore, n'est pas suffisamment accentué.

Dans l'audition naturelle et, en particulier, pour la musique, le spectateur entend les sons des différents instruments de musique disposés dans différentes directions. Lorsque notre oreille perçoit une symphonie, elle fait, d'ailleurs, une sélection physio-psychologique entre les sons des différents instruments de musique, malgré la fusion nécessaire. Le micro-

phone, appareil électromécanique, ne permet pas d'obtenir le même résultat.

D'ailleurs, lorsque le spectateur d'une salle cinématographique voit la projection d'une scène quelconque, les sons qu'il entend ne devraient pas provenir toujours, en réalité, d'une source sonore immobile, mais bien disposée souvent par derrière, soit à droite, soit à gauche. S'il voit ainsi la projection d'une bataille, les coups de canon entendus peuvent provenir de l'arrière et non de l'avant de la salle ; de même, dans une église, le son des cloches peut provenir du clocher disposé derrière le spectateur, et ainsi de suite.

Abel Gance, le metteur en scène bien connu, a étudié, en collaboration avec André Debrie, un système acoustique fondé sur l'emploi de plusieurs haut-parleurs disposés en différents points de la salle. C'est un procédé relevant du

même principe que Walt Disney a voulu réaliser. Suivant la nature de la projection, certains haut-parleurs doivent être mis en action, en dehors des groupes de haut-parleurs normaux derrière l'écran transsonore (fig. 11).

Le nombre de ces derniers est de 36, dont 24 pour les sons graves et médium et 12 pour les sons aigus. Ils sont partagés en trois groupes disposés derrière l'écran sur la gauche de la scène, au centre et à droite. D'autres haut-parleurs sont disposés dans la salle à des emplacements soigneusement étudiés.

La mise en action de ces haut-parleurs est effectuée automatiquement. A cet effet, le film « image » ne porte pas de bande sonore. Un second film qui se déroule en synchronisme avec le premier en porte quatre. Sur les trois premières sont inscrits les enregistrements destinés à chacun des trois groupes de haut-parleurs à haute fidélité derrière l'écran, ainsi qu'aux séries de haut-parleurs auxiliaires. La quatrième piste sonore est chargée de la répartition sonore entre tous ces groupes de haut-parleurs. Sur elle sont inscrits trois sons simples dont les intensités respectives peuvent varier : ils sont amplifiés et séparés par des filtres. Chacun de ces sons est amené à un des trois amplificateurs correspondant aux trois groupes de haut-parleurs et fait varier son coefficient d'amplification. Ainsi, la puissance sonore d'un groupe de haut-parleurs peu varier individuellement d'une manière continue, avec ce résultat que le spectateur a l'impression que l'origine du son se déplace derrière la scène et même, dans certains cas, lui parvient de certaines parties de la salle.

Ce dispositif d'amplification variable présente un autre avantage. Il permet, en effet, d'augmenter dans des proportions considérables les effets de contraste entre les « piano » et les « fortissimo », effets irréalisables avec le système d'enregistrement classique où les différences de niveau sonore son obligatoirement atténuées.

Ce dispositif de répartition sonore exige évidemment l'emploi d'une salle spécialement disposée en conséquence, qui est complétée par un procédé de prise de son fractionnée.

Ce nouveau dispositif est réalisé au moyen de plusieurs microphones distincts reliés à des amplificateurs séparés. A l'enregistrement, huit pistes sont établies : les cinq premières correspondent respectivement aux microphones disposés au voisinage des instruments à corde aigus (violons), à corde graves (violoncelle), aux instruments à percussion. La sixième piste reçoit l'enregistrement d'un microphone placé à grande distance dans l'auditorium. La septième piste reçoit une superposition des enregistrements des cinq premières effectués par *mixage* ou mélange et la huitième porte les marques de synchronisation inscrites par un opérateur spécial suivant les mouvements du chef d'orchestre, afin de pouvoir calculer avec le maximum de précision la répartition des images en fonction de la musique.

Le *mixage* électroacoustique, permettant d'établir un seul enregistrement photographique à l'aide de plusieurs *pistes sonores* distinctes, est désormais rendu très facile à l'aide d'appareils de « mixage », dont on trouve maintenant des modèles en France. Ces appareils comportent simplement un certain nombre de « lecteurs de son », c'est-à-dire de dispositifs à cellule photoélectrique permettant de traduire les variations de luminosité d'un flux lumineux modulé en oscillations électriques à fréquence musicale correspondante. Ces oscillations électriques amplifiées permettent d'actionner des haut-parleurs ou sont utilisées à nouveau, après amplification, pour effectuer un réenregistrement sur un autre film sensible.

Le film de Walt Disney, que nous ne pourrions sans doute entendre et voir avant longtemps en France, doit constituer une remarquable réalisation acoustique et technique. En raison des installations particulières qu'exige sa projection, sous la forme initiale et complète (1), c'est cependant une œuvre dont la diffusion demeurera restreinte et l'exploitation limitée aux salles des grandes villes, même en temps normal.

P. HÉMARDINQUIER.

(1) L'équipement sonore de la salle de projection coûterait à lui seul 30 000 dollars.

LE RÔLE STRATÉGIQUE DES BASES NAVALES SUR LES GRANDES ROUTES MARITIMES DU MONDE

par Edmond DELAGE
de l'Académie de Marine

Les répercussions du conflit actuel, jusqu'ici limité — quant aux opérations militaires — aux continents européen et africain, se font sentir dans le monde entier. Sur les deux Amériques, en Extrême-Orient, sur les îles de l'océan Indien et du Pacifique central, les fortifications s'édifient, les bases aéronavales s'équipent, les approvisionnements s'amoncellent et les garnisons se renforcent. L'existence même des principales puissances mondiales est en effet conditionnée par la sécurité de ces routes maritimes à grand trafic qu'empruntent les exportations et les importations et que jalonnent, se prêtant un appui mutuel, les bases stratégiques jusqu'à des milliers de kilomètres de la métropole.

JAMATS, dans l'Histoire de l'Humanité, les routes du trafic maritime n'ont joué un rôle comparable à celui qu'elles tiennent au cours de cette guerre. Dès le temps de paix, Paul Morand avait pu écrire : « Les statistiques de Suez et de Panama sont comme des feuilles de température de la planète. »

Dans l'antiquité, les voies de communication furent, d'abord, confinées au Proche-Orient, à l'Égypte, au bassin oriental de la Méditerranée. Peu à peu, elles pénétrèrent, grâce aux marins phéniciens, dans le bassin occidental, puis dans l'Atlantique que, plus tard, traversèrent les Vikings, tandis que les Malais essaimaient à travers le Pacifique.

Dans les temps modernes, la découverte de la route des Indes par le cap de Bonne-Espérance, le percement des isthmes de Suez et de Panama révolutionnèrent le commerce des mers. En ces dernières années, l'avion jeta par-dessus le réseau, ramifié presque à l'infini, des lignes régulières de navigation et des « tramps », la trame de communications aériennes toujours plus sûres, d'un débit réduit, mais combien plus accéléré !

Toutes les nations participent au trafic maritime, mais pas dans les mêmes proportions. Certaines, comme la Russie, et même les États-Unis, sont, par essence,

autarciques : elles disposent, en effet, de telles richesses qu'elles pourraient, à la rigueur, se passer du reste du monde. D'autres, comme l'Allemagne et l'Italie, se sont organisées pour « tenir » sans les ressources des grandes routes mondiales, mais elles ne prétendent pas y renoncer normalement. Dans un discours, prononcé à Milan le 1^{er} septembre 1936, M. Mussolini ne s'écriait-il pas déjà : « Si, pour d'autres, la Méditerranée est une voie, pour les Italiens c'est la vie même ; mais je ne m'y laisserai pas enfermer. » Au début de ce siècle, Guillaume II avait prononcé la phrase fameuse, inscrite au fronton du pavillon allemand de l'Exposition de 1900 : « Unsere Zukunft liegt auf dem Wasser » (notre avenir est sur l'eau) ; il ne faisait, d'ailleurs, que paraphraser la devise de la vieille ligue hanséatique : « Il n'est pas nécessaire de vivre, mais il est nécessaire de naviguer. »

Quant à l'Angleterre, son effigie classique la montre le trident des mers à la main, « Britannia rules the waves ». Elle professe, depuis des siècles, la doctrine de la « liberté des mers », ces mers sans lesquelles le vieux royaume ne recevrait ni blé, ni bœuf frigorifié, ni lard, ni coton, ni pétrole et ne pourrait ni combattre ni vivre.

Le sang même de l'Empire coule, comme à travers ses artères, par les routes mari-

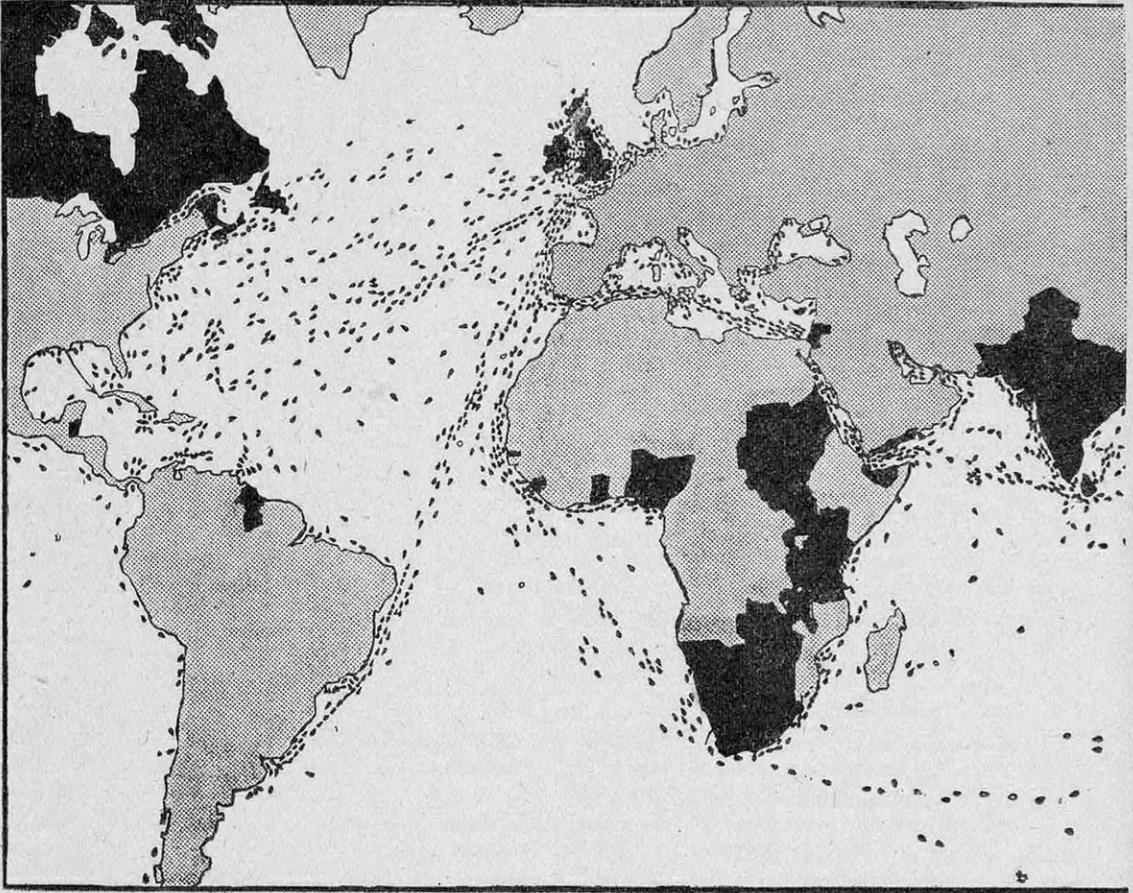


FIG. 1. — PLANISPHÈRE METTANT EN ÉVIDENCE LES GRANDS COURANTS

Cette carte donne pour un jour *j* (en l'espèce le 24 novembre 1937) la position à la mer de tous la mer, 705 navires dans les ports, 225 navires sur les grands lacs américains, ce qui donne un total 48 dans les ports du nord de l'Europe, 41 dans les ports méditerranéens, 30 en Afrique, 137 en Zélande. Sur les 705 navires dans les ports, il y en a donc 20 à 25 % en Méditerranée, aux Indes on en compte 180 en Méditerranée, mer Noire et mer Rouge, et 150 dans l'océan Indien et

times — et aériennes — créées, fortifiées avec une prévoyance, une persévérance et un égoïsme admirables depuis la reine Elisabeth jusqu'à M. Churchill.

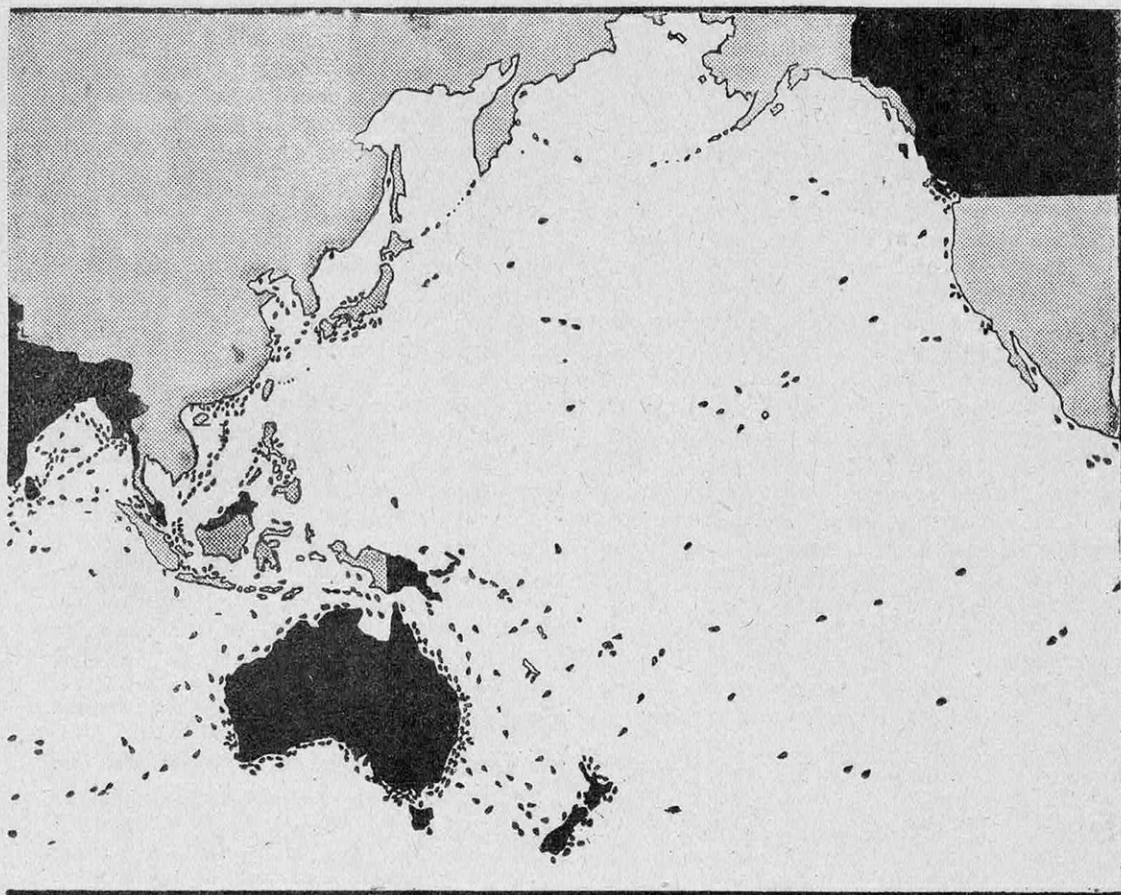
La Méditerranée et Suez

Ainsi, un caractère de nécessité apparaît dans toutes les communications humaines. La plus ancienne — et la plus actuelle — de toutes les routes maritimes est celle de la Méditerranée. Elle ne sert pas seulement de moyen de contact et d'échanges à tous ses riverains. Elle offre à une nation immigrée, qui, géographiquement, lui est entièrement étrangère — l'Angleterre —, la route la plus directe vers sa possession principale : les Indes grâce à la mer Rouge et son prolongement, depuis 1869, le canal de Suez.

« L'Égypte, s'était ce jour-là même écrié le Khédivé Ismaïl, n'est plus afri-

caine. Elle fait désormais partie des puissances méditerranéennes. » Mais, dans son célèbre discours de réception de Ferdinand de Lesseps à l'Académie, le 23 avril 1885, Renan ne se trompait pas quand il lui disait, prophétiquement : « ... L'isthme coupé devient un détroit, c'est-à-dire un champ de bataille. Un seul Bosphore avait, jusqu'ici, suffi aux embarras du monde; vous en avez créé un second, bien plus important que l'autre, car il ne met pas seulement en communication deux parties de mer intérieure : il sert de couloir de communication à toutes les mers du globe. En cas de guerre maritime, il serait le suprême intérêt, le point pour l'occupation duquel tout le monde lutterait de vitesse. Vous aurez ainsi marqué la place des grandes batailles de l'avenir. »

L'Angleterre qui, depuis le XVIII^e siècle



DU COMMERCE MARITIME BRITANNIQUE D'AVANT GUERRE

les navires de plus de 3 000 t naviguant sous pavillon britannique. On y compte : 1 545 navires à de 2 475 navires. Les 705 navires dans les ports se répartissent ainsi : 287 dans les Iles britanniques, Amérique du Nord et du Sud, 121 aux Indes et en Extrême-Orient, 41 en Australie et Nouvelle-ou en Extrême-Orient qui utilisent le canal de Suez et Gibraltar. Sur les 1 545 navires à la mer, l'Extrême-Orient. 20 à 25 % du tonnage est ici encore tributaire de Suez et de Gibraltar.

de, s'était assurée la possession des principales positions stratégiques en Méditerranée — avec Gibraltar et Malte — avait longtemps résisté au percement de l'isthme. Elle comprit alors, avec Palmerston, qu'elle devait être maîtresse de l'Egypte.

La mer Rouge, canal anglais

La Convention internationale de Constantinople, signée en 1888, donna au canal de Suez son statut international. Il devait être, en temps de guerre comme en temps de paix, ouvert à tout navire de commerce ou de guerre « sans distinction de pavillon ». Aucune fortification permanente n'y serait édifiée; il ne serait jamais assujéti au blocus. Mais l'Angleterre avait su, par d'habiles concessions, se garder les mains libres en Egypte. La Russie était paralysée par sa

défaite de Manchourie de 1905, la France détournée vers le Maroc, en 1904. La Grande-Bretagne, prévoyante, avait fait de la mer Rouge un vrai canal anglais : Aden avait été conquis en 1839, Périm dix ans après. Ile par île, base par base, elle s'était créé un chapelet ininterrompu de points d'appui sur la route des Indes, avec Chypre en 1878, Socotora en 1886, la côte des Somalis de 1884 à 1886. Malheureusement — on ne saurait penser à tout — elle avait négligé et Pantellaria et Tobrouk (comme, dans le Nord, elle n'avait pas compris l'importance d'Hélioland).

Le canal de Suez

Pendant la guerre, la Grande-Bretagne put sauver le canal contre une offensive lancée de Syrie par Djemel Pacha, Frankenberg, von Kress, mais non sans l'ap-

pui des vieux et vaillants navires français *Requin* et *d'Entrecasteaux*.

Le 20 août 1936, après quatorze longues années de pénibles négociations, l'Égypte fut, enfin, reconnue État souverain indépendant, membre de la Société des Nations, mais lié à la Grande-Bretagne par une alliance militaire permanente. Cette dernière était autorisée à y faire stationner des forces militaires : 10 000 hommes, 400 pilotes.

Pour le Soudan, plaque tournante de l'Afrique, maître des sources du Nil fertilisateur, des routes transafricaines et sud-africaines, le régime du condominium fut conservé. Quand cette guerre éclata, la route de Suez était plus fréquentée que jamais, devenue, semble-t-il, indispensable à la vie économique de l'univers. Le gain de distance et de temps — il n'y a que 6 223 milles, au lieu de 10 680 par le Cap — de Liverpool à Bombay, n'est-il pas de nos jours décisif ? Le raccourcissement est de 40 %.

La guerre de 1939 a porté un coup terrible à la route du trafic méditerranéen et à Suez. On crut même, au début, qu'elle serait complètement éliminée des communications mondiales. Comment, en effet, supposer que des cargos destinés à l'Égypte et aux Indes, si puissamment convoyés fussent-ils, pussent défilier pendant de longues heures devant les côtes de Sardaigne, de Sicile, de Libye ? Le vrai n'est pas toujours vraisemblable. Durant des mois entiers, l'Angleterre osa, à peu près impunément, faire traverser les deux bassins, occidental et oriental, par ses divisions cuirassées, ses forces légères, ses porte-avions. A son théâtre d'opérations initial du Proche-Orient, alimenté par les bases de Haïffa et Port-Saïd, s'était, en effet, adjoint, depuis la guerre italo-hellénique, le front ionien et égéen : il fallait le pourvoir d'armes, de munitions, d'avions.

Cette situation paradoxale sembla devoir prendre fin, quand le haut commandement des deux puissances de l'axe eut décidé l'envoi sur les côtes siciliennes de massives formations de « Stukas » entraînées, par leurs opérations du Pas de Calais, à opérer au-dessus d'espaces marins (engagement du canal de Sicile, du 11 janvier 1941). Un avenir, sans doute prochain, montrera si l'Amirauté de Londres a pu continuer à user sans pertes excessives de la route méditerranéenne, de ses bases, et jusqu'à quel point, notam-

ment, elle peut tenir à Malte, avant-poste d'un système qui comprend à la fois Corfou, les îles Ioniennes, la Crète et les archipels de la mer Egée et Ionienne.

Corfou, célèbre dans l'histoire, ne fût-ce que par l'image légendaire d'Ulysse, par le souvenir des lieux de bataille voisins d'Actium, de Lépante et de Navarin, joua, dans la dernière guerre, un rôle capital comme point d'appui de notre flotte contre la marine austro-hongroise. C'est un atout précieux aux mains des Anglo-Helléniques, qui ne sont, ainsi, séparés de l'Italie que par un bras de mer de 100 km. Ceux-ci peuvent, à l'intérieur des îles qui protègent en demi-cercle le canal de Patras, manœuvrer défensivement, sur les lignes intérieures. Du centre stratégique de Crète, riche en mouillages et en aéroports, la R. A. F. britannique menace le sud de l'Italie, Rhodés, le Dodécanèse. La situation changerait si les forces de l'Axis réussissaient à déboucher sur les flancs de la route méditerranéenne, par exemple dans la région de Salonique.

La route de Suez et la route du Cap

Il est, de toute façon, logique de s'attendre à une neutralisation de plus en plus complète de la Méditerranée centrale et de supposer que les communications avec les Indes s'effectueraient de plus en plus, comme au temps des grands voiliers et des longs courriers, par la route de Bonne-Espérance.

Elle est, nous l'avons vu, considérablement plus longue ; même pour aller au Japon, il faut franchir 14 436 milles, au lieu de 11 113 de Liverpool à Yokohama. L'allongement est de 30 %. Mais l'Empire britannique existait déjà — et prospérait — bien avant le percement de l'isthme de Suez : 11 % seulement des importations totales britanniques empruntaient la voie de la mer Rouge, avant septembre 1939.

Cette route est, elle aussi, marquée au coin de la nécessité géographico-historique. Dès 1498, la découverte d'une route vers les Indes avait exercé une influence profonde sur toute l'économie mondiale, détrôné la Venise méditerranéenne au profit des nations maritimes atlantiques. A notre époque, la route du Cap offrait l'avantage — non négligeable — d'être exempte de péages. Le vaste rayon d'action du moteur à huile lourde permet de récupérer certains avantages du voilier.

En temps de crise, la proportion des passages australiens par Le Cap montait régulièrement : elle fut de 64,7 % en 1938.

Le premier jalon de la route de Suez, quand on part d'Angleterre, est Gibraltar. Au ^{XX}^e siècle, comme au ^{XVIII}^e, c'est la clé de voûte du système maritime atlantique et méditerranéen de l'Angleterre. Enlevé par surprise, le 1^{er} août 1704, par l'amiral britannique Rooke, au cours de la guerre de Succession d'Espagne, le roc fameux n'a plus jamais pu être reconquis par les Espagnols. L'Amirauté britannique a constamment perfectionné ses défenses, tiré parti du

faible espace encadré, à l'ouest du rocher, entre le vieux et le nouveau môle, créé des cales sèches, un arsenal, un aérodrome, bardé de batteries bétonnées les hauteurs, enfin récemment coupé le port de l'Espagne par un véritable canal artificiel.

Dakar et Madagascar

Malheureusement, les rayons d'action des bâtiments légers et des avions de chasse sont insuffisants pour permettre de gagner Le Cap sans escale. Après Madère, les Açores, Dakar eût été un précieux relais. *C'est la position dominante de tout l'Atlantique central et méridional.*

Le coup sur Dakar raté, l'Angleterre s'est rabattue — car Freetown ne suffit pas — sur les ports de la côte occidentale française, notamment sur Pointe-Noire. C'est sans doute de toute cette zone qu'elle espère pouvoir expédier vers le Tchad et sur les arrières italiens de Cyrénaïque vivres, armes, munitions, avions.

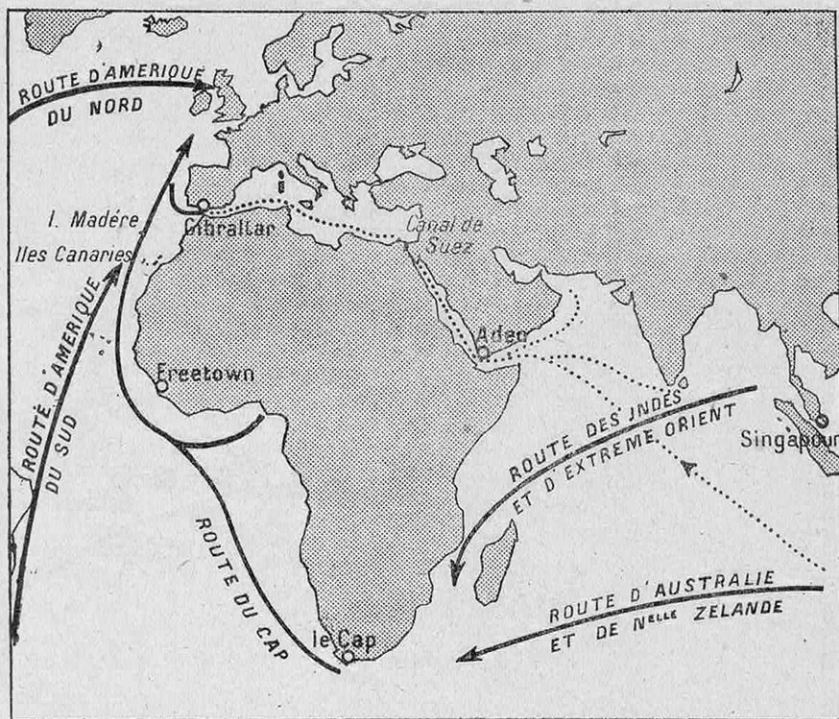


FIG. 2. — SCHÉMA DES ROUTES UTILISÉES PAR LES NAVIRES BRITANNIQUES AU COURS DE LA GUERRE DE 1939-40-41

La route de Suez, utilisée éventuellement, est réservée à une partie seulement de la navigation des Indes et du Golfe Persique. La route du Cap est empruntée par tout le trafic de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande et une partie de celui des Indes. Les convois du Cap et ceux de l'Amérique du Sud se rejoignent aux abords des îles du Cap Vert et s'éloignent au large des côtes d'Espagne par Madère et les Açores. Les convois d'Amérique du Nord gagnent les ports des Îles Britanniques par Terre-Neuve et le nord de l'Irlande.

Les autres escales de la route du Cap, notamment Sainte-Hélène, n'ont guère de valeur pour des cargos modernes. Il leur faut parvenir jusqu'aux ports de l'Afrique du Sud pour y trouver des bases sûres et des ressources. Ces ports sont également précieux du point de vue stratégique, car ils dominent à la fois les océans Atlantique et Indien, ainsi que les parages des mers australes.

En dépit de ses dissensions intérieures, de l'antagonisme chronique entre les éléments blancs (les seuls comptant politiquement) britannique et afrikander — sans parler du germanique —, l'Afrique australe est pour l'Empire britannique un solide bastion. Depuis quelques années, l'Amirauté de Londres avait pu obtenir d'elle le vote de crédits substantiels en faveur de sa défense navale, de l'organisation de points d'appui, notamment au Cap, à Port-Elisabeth, à Port-Natal. Des batteries puissantes dominent les rades; un parc de carburant

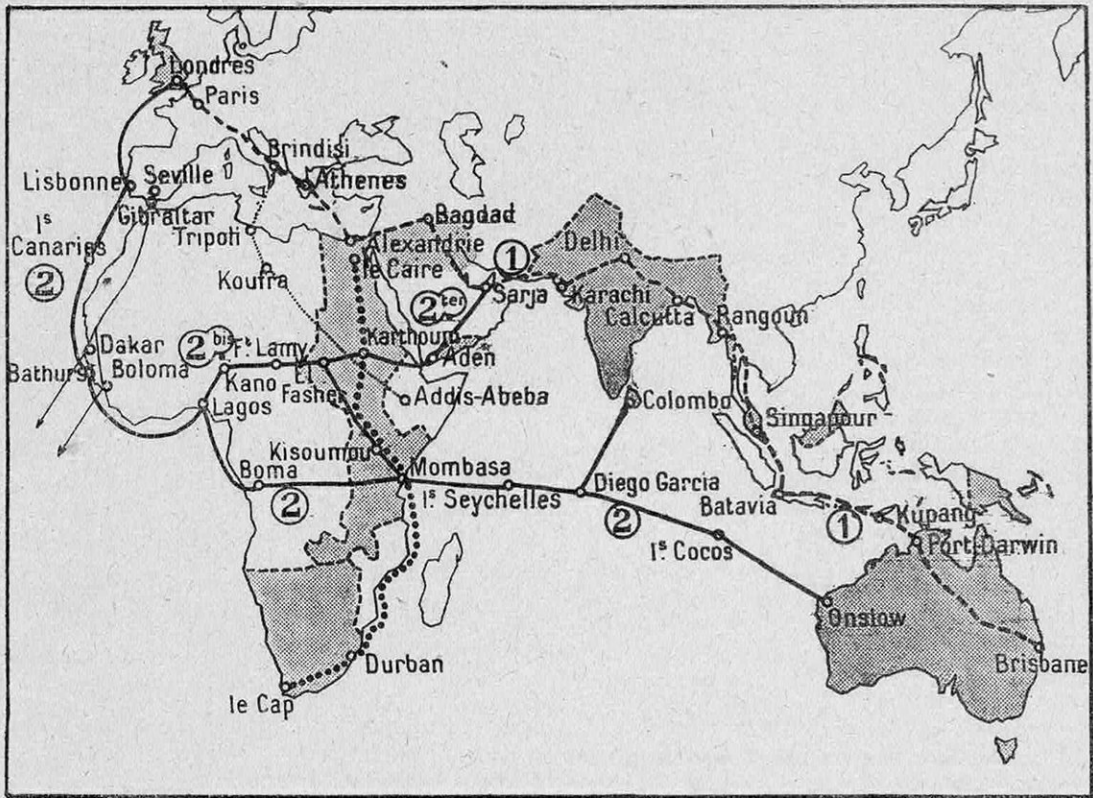


FIG. 3. — LES ROUTES AÉRIENNES DE 1941 A TRAVERS L'AFRIQUE VERS LES INDES

La route aérienne du temps de paix (1) gagnait Singapour par Alexandrie, Bagdad et les Indes. La route (2) (celle qui correspond à l'hypothèse d'une Méditerranée impraticable) par Lisbonne, Bathurst, Lagos, Boma ou le Tchad, Mombassa, les îles Seychelles, Diego-Garcia et les îles Cocos avec bifurcations sur Colombo, Batavia et Onslow. On voit que l'occupation de l'Erythrée italienne permettra de raccourcir la route (2 bis) vers les Indes en raccordant Kartoum à Aden et aux Indes suivant la ligne (2 ter). On a représenté, en pointillé, la ligne du Cap ainsi que la ligne italienne de l'Amérique du Sud. On voit le rôle stratégique de Dakar, Bathurst et Boloma, sur les lignes aériennes des Indes et de l'Amérique du Sud.

de 200 000 t a été installé, avec pipe-lines aboutissant au port.

Sans ces havres lointains, les navires britanniques seraient réduits à des escales étrangères de l'océan Indien, comme celle de Diego Suarez, à Madagascar, fortifiée par Joffre, et où l'armada de Rodjevsky avait trouvé refuge en 1905 avant d'aller succomber à Tsushima.

L'Océan indien, lac britannique

En contournant l'Afrique, on rejoint, dans la direction des Indes, de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande, de l'Insulinde, la voie maritime qui débouche de la mer Rouge.

Cette zone de l'océan Indien est de toute première importance pour l'Empire britannique. Certains stratèges anglais la considèrent même comme son réduit central. Il y a une dizaine d'années, près de 6 000 navires marchands de plus de

3 000 t parcouraient déjà annuellement ces parages.

A la voie centrale Inde-Suez-Cap, se raccorde, d'une part, les routes issues du golfe Persique, ponctuées par Basora, Abadan, Koweït; d'autre part, celles desservant la Chine et les Indes Néerlandaises : elles sont, d'ailleurs, depuis quelques années, doublées par les voies de pénétration terrestre : transsibérienne, transmésopotamienne.

Toutes les routes maritimes, de mer Rouge, du golfe Persique, du Cap, d'Extrême-Orient, convergent vers un foyer central, où, depuis 1920, la Grande-Bretagne a eu l'insigne prudence de créer un pendant à sa base océanique de Gibraltar : Singapour.

Son importance économique le cède à peine à son rôle stratégique. C'est le centre du caoutchouc brut, reçu de l'hinterland des Etats malais, ainsi que de

l'étain; Ceylan y envoie ses immenses récoltes de café et de thé; presque toute l'extraction pétrolière des Indes néerlandaises passe par Singapour. La valeur annuelle des cargaisons des navires britanniques qui y font escale est supérieure à un milliard de livres sterling. En 1939, cinquante lignes de navigation internationale y avaient leur port d'attache. Sa situation aérienne — récente — n'est pas moins favorable. Des trois grandes « Airways » britanniques mondiales, deux y aboutissent. Elles relient Londres à l'Australie, à la Nouvelle-Zélande, venant du Caire, de Palestine, de Transjordanie, de Mésopotamie, de l'Inde antérieure.

C'est en 1920 que fut conçu le plan de la création de la base impériale, le 10 mai 1923 que fut adoptée la loi tendant à établir un point d'appui de premier ordre à Sélétar, au fond du détroit de Johore, sur la côte septentrionale de la presqu'île. En 1928, un grand dock flottant de 260 m y fut remorqué d'Angleterre; à l'automne de la même année, un contrat fut passé pour terminer en sept ans des travaux gigantesques, de la valeur de 7 750 000 livres sterling; mais l'ensemble des dépenses s'est chiffré par 20 millions de livres. La base fut inaugurée le 14 février 1938, en même temps que fut mis en service le nouveau dock King George V long de 305 m, large de 40 m, permettant la réparation des bâtiments de ligne de 50 000 t de déplacement.

Les installations comportent également deux immenses bases aériennes, des arsenaux, des ateliers, une station de T.S.F. en liaison directe avec Londres; des batteries de côte à longue portée de 340 et 380 mm, sous abris bétonnés, dissimulés sous l'exubérante végétation tropicale, ainsi qu'une redoutable D.C.A. et des escadrilles de chasse et d'éclairage. C'est un Gibraltar qui serait à la fois une escale, un centre de constructions et de réparations navales, un port de transit et de répartition de marchandises.



FIG. 4. — LA GÉOGRAPHIE STRATÉGIQUE DE L'EXTRÊME-ORIENT

Le Japon a installé une grande base d'aviation sur Formose qui commande la mer de Chine. Par le chapelet d'îles qu'il occupe (Bonin, Marianes, Carolines) il approche de la Nouvelle-Guinée hollandaise et australienne et de Bornéo, source du pétrole des Indes néerlandaises. Les Britanniques occupent Singapour et Port Darwin; les Hollandais, Sourabaya. Les Etats-Unis sont présents à l'île Guam et aux Philippines.

Les Indes néerlandaises

En bordure de l'Asie, les îles des Indes néerlandaises égrenent le chapelet gigantesque de leurs somptueux archipels : Java, la plus belle colonie de plantation qui soit au monde; Bornéo, avec ses vastes gisements de pétrole, notamment dans le Sarawak. Grâce à lui, les Pays-Bas sont le second pays producteur de caoutchouc, le troisième du sucre de canne, après l'Inde et Cuba, le troisième du café, le quatrième du thé, le cinquième du riz. Ils ont le monopole de la quinine, du quinquina, du tapioca. Ils sont les seconds producteurs d'étain, après la Malaisie britannique, les sixièmes du pétrole. Par la mer, ils trafiquent de plus en plus, non pas avec l'Europe, mais avec les Etats-Unis et le Japon. Les négociations récentes avec ce dernier montrent quelle importance ont pour lui les îles néerlandaises; il a un intérêt ma-

jeur à essayer de les incorporer à l'espace vital « asiatique ». Il s'agit, en effet, d'une valeur totale d'exportations annuelles de plus de 300 millions de florins.

Gravitant autour de Singapour, centre de tout le système stratégique qui s'étend jusqu'à l'Australie et les archipels des mers du Sud, les îles néerlandaises en sont comme les avant-postes, avec une belle marine moderne de croiseurs, tor-

tiennent par un goulet de 2 500 m, ils ont élevé une ville magnifique. Le port est l'entrepôt de Canton. Il réexpédie la plus grande partie des marchandises destinées à Shanghai, Hankéou, Tien-Tsin. C'est l'escale obligatoire de tous ceux qui trafiquent avec l'Europe, l'Australie, l'Indonésie, la Chine, le Japon. Six mille navires, avec 7 millions de tonnes, 30 000 jonques, avec 2 millions de tonnes, le fréquentaient annuellement. Le port

est entouré de puissantes fortifications constamment modernisées, mais la position est gravement handicapée par le manque de recul; le port ne pourrait ni recevoir, ni réparer de grandes escadres cuirassées, ni résister, mieux que Port-Arthur ou Tsing-Tao, à un siège sérieux.

Shanghai, à l'estuaire du Yangtsé, avec ses trois millions et demi d'habitants, ses quais où se pressent navires d'Europe et d'Amérique, ses concessions, ses boulevards, ses chantiers, ses banques, ses cinémas, donne, au coude fameux

du fleuve, l'impression, sur une immense Gironde, d'un Bordeaux colossal. Mais ce n'est pas une place forte; elle tomberait aisément aux mains du maître des mers de Chine. Tel fut le sort de Kiantchéou, si intelligemment organisé par l'Allemagne. Il atteindrait, sans doute, aussi Tien-Tsin, au fond du golfe de Pei-Tchi-Li et Wei-Hai-Wei, l'extrémité du Chan-Toung, face à la Corée, où, depuis 1898, l'Angleterre avait aménagé un port prospère doté d'un petit arsenal. Il est de toutes parts enserré dans le dispositif nippon. Les forces navales japonaises sont concentrées à Sasébo, dans l'île de Kioussiou, à un jour de mer, à Port-Arthur, enlevé à l'Empire russe, à une dizaine d'heures de mer, à Tchémoulpo, en Corée, à peu près à la même distance.

Toutes ces bases européennes plaquées sur le bord du Continent chinois et dont l'Angleterre a replié ses faibles garnisons sur Hong-Kong, ne sont que des enclaves dans ce que les Nippons nomment leur espace vital. Le développement colossal, démographique, économique, militaire, de l'Empire du Soleil Levant rend problématique leur avenir.

Par ses ports en eau profonde, voisins de ses cités surpeuplées, Yokohama, à

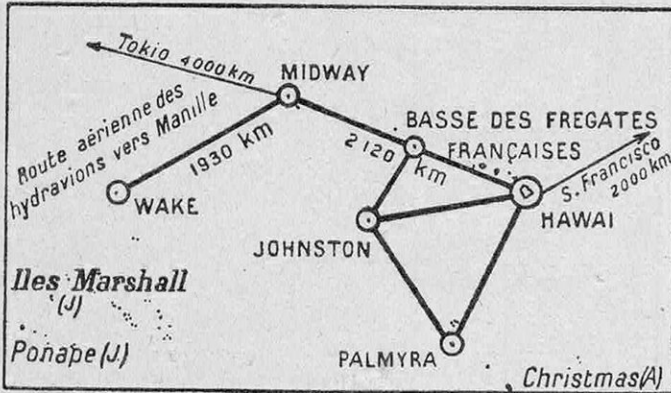


FIG. 5. — LE POLYGONE STRATÉGIQUE DU PACIFIQUE CENTRAL, AVEC POUR PIVOT HAWAÏ ET LES ILOTS VOISINS UTILISABLES SEULEMENT PAR L'AVIATION

pilleurs, sous-marins, basés en des ports bien équipés comme Tandjok, Priok, de magnifiques aéroports comme celui de Tjililiban, et surtout avec Soerabaja (situé face aux Célèbes, à l'est de Bornéo), doté d'un vaste arsenal aéromaritime et de bassins de radoub.

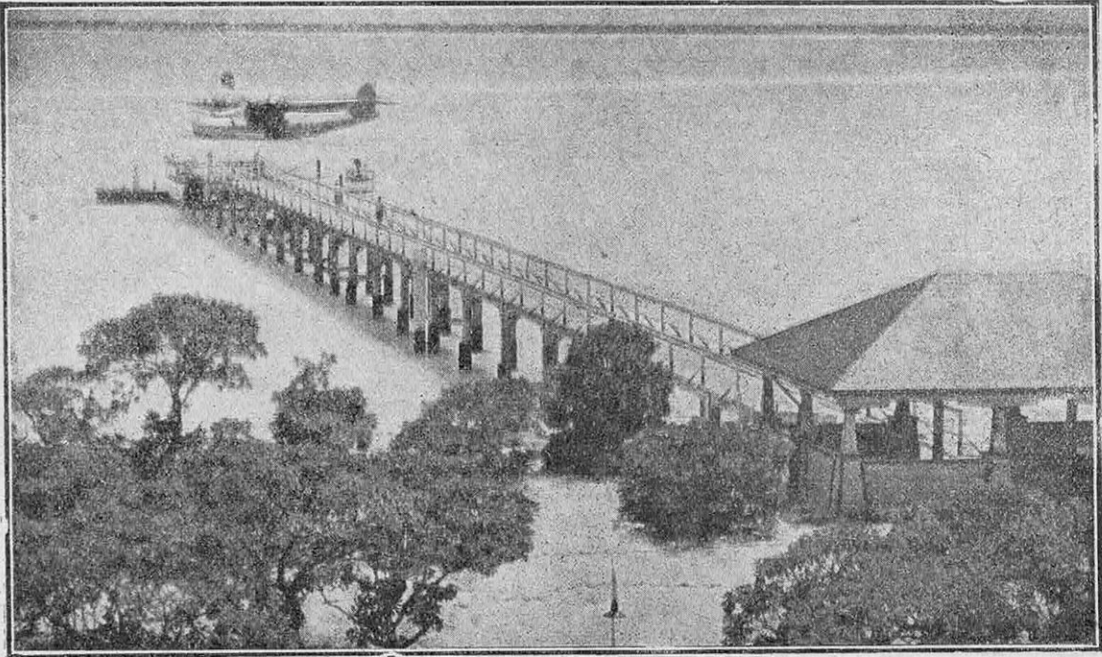
De l'Indochine au Japon

Economiquement et stratégiquement, l'Indochine française se rattache à cette zone. L'armistice l'en a provisoirement exclue. Elle a, toutefois, conservé une solide escadre, des points d'appui : Saïgon et son arsenal, les installations de la baie de Cam-Ranh, de Tourane et Haïphong. De ses côtes, il est possible de surveiller la voie qui mène à la Chine, et, à travers la mer du Sud, au Japon : il n'y a guère plus de 1 000 km de Cam-Ranh à la pointe nord de Bornéo. Mais l'occupation des Paracelses, de Formose, de Hainan par les Nippons a neutralisé cet avantage.

La position de Hong-Kong, à l'embouchure de l'immense Sikiang, dans l'île des « Eaux parfumées », est celle que les Britanniques affectionnent avec raison, dans le choix de leurs bases navales lointaines. Sur une petite île, où prospèrent plus de 300 000 habitants, séparée du con-

côté de Tokio, Kobé, à côté de Osaka, Hakodate, Nagasaki, Foukouaka, par ses récentes conquêtes sur le continent, le Japon domine, grâce à sa marine et à son aéronautique, toute la zone marine qui s'étend de son archipel à l'Indochine. Profitant de la crise européenne actuelle, il se rend maître de son trafic maritime, évinçant sa principale rivale, la marine

cifique. Si l'Angleterre a, jusqu'ici, réussi à assurer, du côté de la mer, la sécurité de l'Inde, grâce à ses glacis extérieurs de l'océan Indien — Melville, récif d'Ashmore, îles Thursday et Christmas, îles Cocos, Nicobares, Andamanes — le Japon, menacé sur son flanc par les Philippines, que les marins de l'état-major de Washington entendent bien gar-



T W 0010

FIG. 5. — LA BASE AÉRONAVALE DES PAN AMERICAN AIRWAYS DANS L'ATOLL DE WAKE, AU MILIEU DU PACIFIQUE

britannique, supplantant le négoce américain.

Le Pacifique

Est-ce là qu'au cours même de la guerre actuelle se réglera un jour prochain le grand conflit des races blanches et jaunes? Ce sera la lutte pour la domination économique de l'immense champ d'importation chinois, si convoité avec ses 8 400 000 km², ses 490 millions d'habitants, en partie déjà conquis par 90 millions de Nippons, installés, en y comprenant les possessions extérieures, sur seulement 674 000 km². Sous l'élan de son dynamisme, le Japon veut réaliser la doctrine : « L'Asie aux Asiatiques, sous la conduite des Japonais. »

L'expansion économique-militaire du Japon ne le pousse pas seulement jusqu'aux sphères d'influence européenne, mais aussi dans les étendues indéfinies du Pa-

der, en dépit des promesses d'indépendance faites par les politiciens, a voulu lui aussi, pousser en plein Pacifique sud un coin redoutable. Il a été surtout constitué de l'héritage de l'Allemagne en 1918. L'Angleterre s'adjugea Nauru, l'Australie la Nouvelle-Guinée allemande (Kaiser Wilhelms Land, archipel Bismarck), la Nouvelle-Zélande Samoa. Le Japon prit la part du lion, avec le groupe des îles au nord de l'Equateur : Carolines, Mariannes, îles Palaos et Marshall. Il y a intensément travaillé pour s'y implanter à jamais. L'ensemble constitue un incomparable rempart stratégique qui protège, dans le Pacifique et les mers du Sud, la zone d'influence nipponne contre toute offensive partie du large, en particulier des Etats-Unis. Ces îles sont des havres naturels merveilleux pour sous-marins et hydravions. Les marins japonais les considèrent comme leur première ligne de dé-

fense. Elle s'insère entre les Philippines et les lignes de liaison aérienne qui joignent les Etats-Unis à l'Extrême-Orient. Elle permettrait aux forces légères nippones de se rapprocher de 2 000 km du bastion central américain dans le Pacifique : Hawaï.

Le polygone aéro-naval du Pacifique central

C'est, en effet, au centre même de l'Océan que les Américains ont organisé un polygone stratégique aéro-naval centré sur Hawaï. Ils ont voulu, d'abord, protéger à distance leurs propres rivages occidentaux et, en cas de besoin, pouvoir prendre l'offensive à l'ouest. Mais les distances sont colossales : sur l'ensemble de la surface des mers mondiales — 361 millions de km² — le Pacifique prélève, à lui seul, la moitié et occupe le tiers de la surface du globe.

On ne compte pas moins de 180 degrés de longitude, la moitié du tour du monde, de Panama à l'Inde.

Malgré l'incomparable protection de la distance qui devrait les rassurer, les stratégies navals américains ont élaboré, depuis plusieurs années et surtout le début des hostilités, perfectionné les plans d'organisation de Pearl Harbour, de l'île Oahu, la plus grande des Hawaï, destinés à surclasser Singapour même. C'est le centre de l'immense échiquier américain ponctué par Puget Sound, San Francisco, San Diego (récemment prolongé par les Aléoutiennes), Guam, Cavite.

Les lignes centrales du Pacifique, maritimes et aéronautiques, sont jalonnées d'escales piquées dans l'immensité; un flot comme Wake a été constitué en base, grâce à de la terre et des plantes appor-

tées en navires. Toutes aboutissent à Panama.

Le canal de Panama

C'est à Théodore Roosevelt que les Etats-Unis le doivent; il créa le canal, non comme Suez, dans un espoir inter-

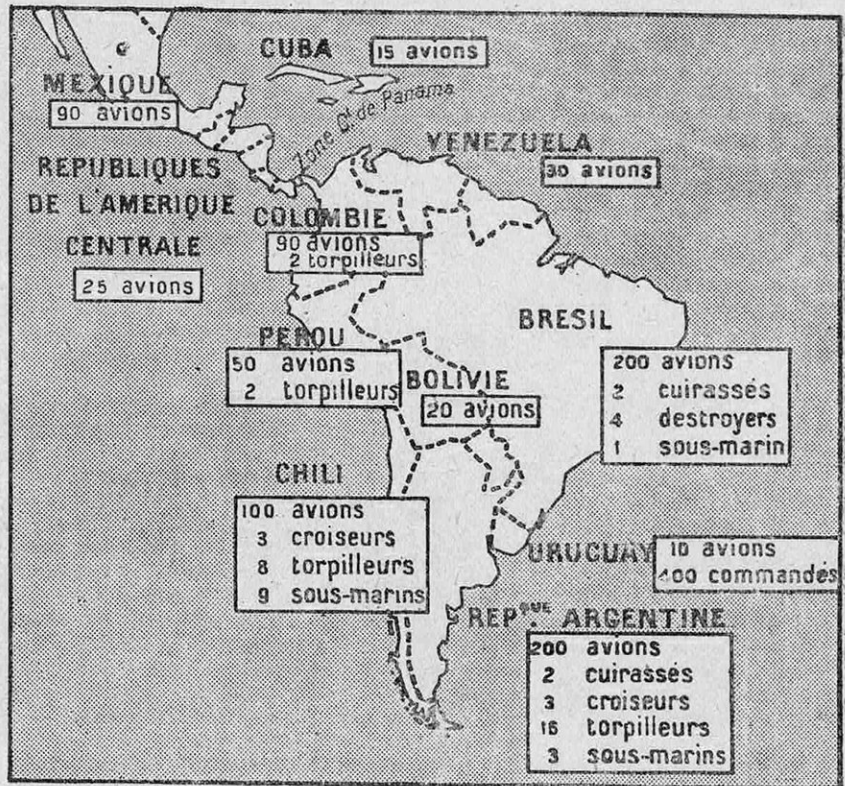


FIG. 6. — LES FORCES AÉRIENNES ET NAVALES DE L'AMÉRIQUE LATINE

national, mais purement américain. L'achèvement du canal demanda dix années : il fut ouvert à la navigation le 3 août 1914, quand le *Cristobal* passa le premier de l'Atlantique au Pacifique.

Auparavant, les liaisons maritimes entre les deux Océans, par le cap Horn et le détroit de Magellan, étaient proprement impossibles. L'économie de trajet désormais réalisée peut atteindre 60 %. Il n'y a plus que 9 700 km, au lieu de 24 400 km de New York à San Francisco. L'économie est de 46 % jusqu'à Valparaiso; de 30 % vers l'Extrême-Orient, de 42 % de Liverpool à San Francisco, un peu supérieure jusqu'à Singapour.

En peu d'années, le rendement de la voie nouvelle atteignit presque le niveau de celle de Suez. Il se chiffré, en 1938, par 27 386 000 t; le courant ouest-est figure pour 64,6 % du total, le trafic des

rétroles et celui du bois tenant la tête avec 16 % chacun.

Une carte stylisée des routes utilisant le canal évoquerait le dessin d'un double éventail. Le premier, partant de l'entrée de la Manche, réunit l'Europe à la côte ouest d'Amérique du Nord et du Sud et avec l'Australie. Le second, partant de New York, comporte les trajets New York-San Francisco, New York-Valparaiso, New York-Yokohama, New York-Wellington.

Si, franchissant le canal, nous débouchons dans la zone atlantique, nous y constatons l'activité des voies maritimes les plus importantes de la planète : l'une provenant de l'Argentine et du Brésil, l'autre de New York; la troisième, au centre, partant de la mer Caraïbe et du golfe du Mexique. Ces courants — sauf cas de blocus — ont une signification vitale pour l'Europe. L'Amérique du Sud est sa grande réserve de blé et viande. De la côte sud-américaine occidentale arrivaient : étain, cuivre, coton, nitrates; de la zone caraïbe : pétroles, café, sucre, bois.

New York

Grâce à Panama, New York est devenu le carrefour mondial des marchandises, voyageurs et intérêts. Ces vues rapides expliquent toute l'organisation de la stratégie navale américaine; elle protège les Etats-Unis de l'Alaska à Terre-Neuve, en se centrant sur Panama. La doctrine actuelle américaine est bilatérale; deux flottes, du Pacifique et de l'Atlantique, partiront de bases, côtières ou avancées, dans le Pacifique, de Seattle, Sitka (Alaska) jusqu'à Pago-Pago (Samoa). Dans l'Atlantique, la zone à surveiller s'étend du Groenland aux Açores et à Dakar.

Aussi la marine américaine a-t-elle exigé la possession de points d'appui et de débouchés offensifs sur tout le pourtour atlantique du canal : à l'entrée méridionale, entre la Jamaïque, Cuba, Haïti, grâce à l'île Navassa et aux deux Corn Islands, ceci pour couvrir de flanc l'accès oriental de l'éventuel canal de Nicaragua; dans la mer Caraïbe, une série d'îlots rocheux et les îles Swan ont été déjà organisés. D'autres points d'ap-

pu ont été récemment concédés par l'Angleterre. Le système atlantique métropolitain se complète par la mise en état de défense des points essentiels, comme Key-West, en Floride, l'île de Cuba et, dans le nord, Terre-Neuve.

Les accords passés avec la Grande-Bretagne, avec les Etats membres de la ligue panaméricaine, la création d'une zone de sécurité, décidée, le 4 octobre 1939, à la Conférence de Panama, jusqu'à 300 milles au large de l'Amérique centrale et du Brésil, à 100 milles de l'Argentine, tout témoigne de la volonté des Etats-Unis d'étendre la doctrine de Monroë aux exigences de la situation stratégique actuelle, d'assurer, à tout prix, la sécurité des côtes et celle des routes qui mènent aux Etats-Unis.

Quelle que soit l'importance acquise en ces dernières années sur la zone du Pacifique, l'Atlantique, nord et sud, n'a en rien perdu de sa valeur stratégique entre l'Europe et l'Amérique. S'il ne mesure que 24 millions et demi de km² — auxquels s'ajoutent les 10 millions des mers arctiques — c'est lui qui, jusqu'ici, a joué le rôle civilisateur essentiel. C'est encore la grande Méditerranée du présent et de l'avenir.

C'est en lui que convergent les fleuves les plus importants du globe, en lui que se mirent les rives des parties du monde les plus nombreuses, les plus riches, les plus civilisées. C'est l'ouverture de l'Atlantique à la navigation qui, dans l'histoire universelle, eut les effets les plus importants pour la civilisation mondiale. C'est à l'Atlantique que notre planète doit sa transformation essentielle dans les siècles derniers et, somme toute, son « européanisation ».

Aussi, après ce trop hâtif périple, c'est à lui que nous revenons, pour y constater, hélas! que, sur ses bords, se livre la plus désastreuse des guerres, entre peuples de même civilisation, atlantique et méditerranéenne.

En bordure de l'Europe nord-occidentale, sur la petite île où, depuis des siècles, convergent les principales routes maritimes du monde, va peut-être bientôt déferler la plus redoutable des offensives aéronavales.

Edmond DELAGE.

CHARS ET AVIONS AUX PRISES DANS LE DÉSERT LIBYQUE

par Camille ROUGERON

La guerre mécanique par chars et avions n'est une nouveauté ni dans les expéditions coloniales, ni dans les combats en zone désertique. La Grande-Bretagne avait même été un précurseur en ce domaine, avec l'emploi de l'« air control » dans les régions insoumises et le programme de ses chars à blindage léger et grand rayon d'action spécialement adaptés aux opérations hors d'Europe. L'Italie avait suivi, notamment au cours de la conquête de l'Ethiopie. Les deux Empires s'affrontent aujourd'hui avec les mêmes moyens en Libye et Cyrénaïque, chars contre chars, avions contre avions, chars et avions les uns contre les autres. La nature même du théâtre des opérations et les qualités propres des armes mécaniques expliquent les succès croissants des engins blindés et des avions dans les territoires désertiques.

Le théâtre des opérations

DANS cette zone désertique qui s'étend de l'Atlantique au Golfe Persique, le désert libyque, où les armées de la Grande-Bretagne et de l'Italie s'affrontent depuis près d'un an, est la partie plus âpre et la plus désolée.

Ni vallées, ni reste d'un système hydrographique, ni relief discernable; à quelques dizaines de kilomètres de la côte, le sable recouvre tout.

Si l'on en excepte le Fezzan, groupe d'oasis isolé à 500 km au sud de la Tripolitaine, trois régions habitables émergent de ce désert; ce sont, de l'ouest à l'est, la Tripolitaine, la Cyrénaïque, et ce long oasis créé par le Nil : l'Égypte. De l'un à l'autre, 500 à 1 000 km de désert à franchir.

En Tripolitaine, sur 13 000 km², le voisinage de la Méditerranée et le relief montagneux provoquent des pluies relativement abondantes pour l'Afrique du Nord, 300 mm environ. C'est la province la plus peuplée de la Libye italienne, avec ses 569 000 habitants.

Dans le golfe de la Grande-Syrte, qui sépare la Tripolitaine de la Cyrénaïque, le désert arrive au bord même de la mer. Sur 500 km, on ne trouve ni une ville ni un port.

La Cyrénaïque, avec ses 40 000 km² de plateau plus ou moins cultivable, où il tombe jusqu'à 500 ou 600 mm d'eau par an — le rapport du maréchal Graziani mentionne l'inondation des terrains

parmi les raisons qui ont gêné l'emploi de son aviation — est un pays à l'aspect méditerranéen typique. Le pin d'Alep, le genévrier, le cyprès, y poussent spontanément. L'irrigation paraît possible en maints endroits. Mais nulle part les effets de l'invasion arabe n'ont été aussi destructeurs. Quand l'empire romain s'effondrait sous la poussée des « grandes invasions » germaniques — quelques centaines de milliers d'hommes au total — la Cyrénaïque comptait plus d'un million d'habitants et était un des greniers de l'empire. Aujourd'hui, moins de deux cent mille hommes y vivent péniblement.

Au delà, la Marmarique, plus basse, plus pauvre en eau, étroite steppe littorale où errent quelques tribus nomades. Bardia est une crique entre des falaises taillées à pic, où l'on a réuni un terrain d'aviation, des casernes, un poste de douanes et même une mosquée. Tobrouk groupait, en 1911, quelques cabanes de Bédouins. La conquête en a fait le chef-lieu de la Marmarique italienne; c'est un port de 3 000 habitants dont la rade, profondément enfoncée dans les terres, est une des meilleures de l'Afrique du Nord et pourrait abriter des escadres entières.

C'est dans cet espace restreint, le long de la côte, que se sont déroulés les combats, dans le « serir » arabe, cette forme désertique de la plaine où les galets de toutes dimensions, de la grosseur du poing à celle d'une lentille, aussi polis par les tempêtes de sable que les galets

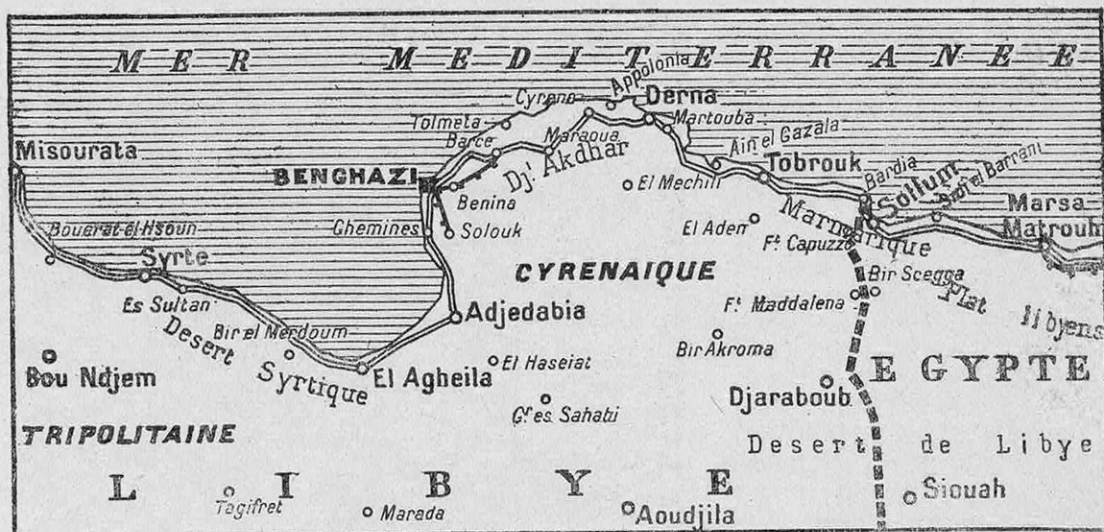


FIG. 1. — CARTE DE LA TRIPOLITAINE ET DE LA CYRÉNAÏQUE

des plages par la mer, s'étendent à perte de vue. Le terrain a un gros avantage : il est solide.

Au sud, à 30 ou 40 km de la mer, commence « l'erg », la chaîne de dunes, que le vent fait « fumer », où les petits grains de quartz découpent la peau, emplissent la bouche et les yeux. Plus on va vers le sud et plus le terrain devient difficile. Après Djaraboub, à 300 km de la côte, les dunes atteignent 100 m de hauteur et étaient considérées jusqu'ici comme infranchissables par les moyens mécaniques actuels.

Les opérations

Un long répit avait suivi les premiers accrochages à la frontière de Libye et d'Egypte, autour de Fort-Capuzzo qui avait changé plusieurs fois de mains en juin 1940.

Brusquement, le 13 septembre, l'armée du maréchal Graziani franchit la frontière. Le 17 septembre, elle entre à Sidi-el-Barrani; presque aussitôt après elle apparaît devant Marsa-Matrouh. Elle vient de franchir 180 km en quelques jours; elle n'est plus qu'à 250 km d'Alexandrie.

La progression s'arrête alors; c'est que l'armée italienne était parvenue sur la première ligne de résistance britannique qui s'étendait de Marsa-Matrouh, où elle s'appuyait à la mer, jusqu'à Siwah, où elle s'appuyait au désert. Le commandement italien devait préparer le deuxième bond. Il lui fallait organiser défensivement sa position de départ pour

soustraire ses préparatifs aux incursions adverses, masser ses troupes, concentrer son matériel, préparer son ravitaillement en vivres et surtout en eau, remettre en état les voies de communication détruites et en créer d'autres. Toute cette préparation, qui avait pu être faite en temps de paix le long de la ligne frontière, il fallait la reprendre à 180 km plus loin, mais cette fois sous la menace des incursions de chars, des raids de la flotte britannique le long de la côte, des bombardements aériens sur les convois. On conçoit que la préparation ait demandé quelque délai et que trois mois se soient écoulés avant que l'offensive ait pu être reprise.

De son côté, l'armée britannique, qui suivait ces préparatifs, ne restait pas inactive. Le général Wawell, qui disposait, fin octobre, d'une armée de 250 000 hommes, voyait ses effectifs renforcés de contingents de provenance diverse, australiens en majorité; ils atteignaient, au début de décembre, au moins 325 000 hommes. Sept divisions sont concentrées sous Marsa-Matrouh, trois autres, dont une division blindée, sont réunies dans la région de Siwah. Le 7 décembre, devant l'attaque italienne, les troupes de l'aile gauche britannique se mettent en marche; la progression, interrompue le 8, reprend dans la nuit du 8 au 9. Le 9, elles foncent vers le nord à travers les forces italiennes et atteignent le jour même la mer à l'ouest de Sidi-el-Barrani, coupant ainsi la base avancée italienne. La place est enlevée rapi-

dement sous l'action conjuguée des chars, de la flotte et de l'aviation.

En même temps que l'attaque sur Sidi-el-Barrani, une deuxième colonne de l'aile gauche britannique tentait d'enlever l'oasis de Djaraboub. Elle n'y parvenait pas, mais elle atteignait la piste Djaraboub-Bardia et coupait les communications italiennes à l'ouest de Bardia, tout comme la première colonne l'avait fait pour Sidi-el-Barrani. L'aile droite anglaise, après la chute de Sidi-el-Barrani, s'avancait sous la protection de la flotte, le long de la côte, reprenait successivement Bugbug et Sollum, enlevait Fort-Capuzzo, premier ouvrage italien en Cyrénaïque. Le 15 décembre, elle complétait l'encerclement de Bardia.

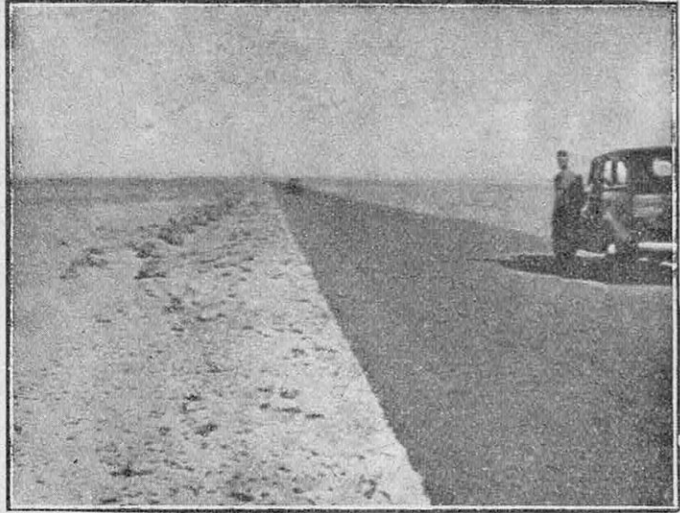
Bardia, où s'était replié ce qui restait des 62^e et 63^e divisions italiennes, et des 1^{re} et 2^e divisions de Chemises noires, soit 40 000 hommes environ, résista beaucoup plus longtemps. La place, défendue par une quarantaine de fortins, avec un réseau barbelé continu et un fossé antichar profond de 5 m, ne devait tomber que le 5 janvier, sous l'assaut des troupes australiennes appuyées par les chars, et l'aide de la flotte et de l'aviation qui bombardaient la ville depuis trois semaines.

Bardia enlevée, la même manœuvre devait reprendre contre Tobrouk. Les éléments blindés apparaissaient presque aussitôt au sud et à l'ouest de la ville, dont l'encerclement était complété en même temps que l'aviation bombardait la place. Le 22 janvier, la ville était enlevée.

L'avance s'accélérait ensuite et aboutissait à la conquête entière de la Cyrénaïque par une manœuvre reproduisant celle du début de l'offensive contre Sidi-el-Barrani. En même temps qu'une colonne britannique suivait la route de la côte en direction de Benghazi, une colonne blindée coupant en direction du golfe de la Grande-Syrte prenait à revers les derniers défenseurs de la Cyrénaïque qui essayaient vainement de se frayer un passage au travers des chars britanniques.

La manœuvre stratégique

Les deux manœuvres, italienne et britannique, apparaissent très différentes.



T W 6052

FIG. 2. — LA ROUTE STRATÉGIQUE COTIÈRE QUI RELIE LE DELTA DU NIL A LA FRONTIÈRE DE CYRÉNAÏQUE

La manœuvre du maréchal Graziani est simple; c'est le coup droit en direction d'Alexandrie et de la Basse-Egypte, cœur de la résistance britannique.

La manœuvre du général Wawell paraît plus savante. Le repli sur la ligne Marsa-Matrouh-Siwah, à 180 km des lignes de départ italiennes, oblige l'adversaire à reprendre toute sa préparation dans des conditions difficiles. La manœuvre ultérieure, qui aboutit à la prise successive de Sidi-el-Barrani et Bardia, est le débordement par l'aile classique.

Faut-il en conclure par une supériorité de celle-ci sur celle-là? La percée et le débordement par l'aile se valent. L'art suprême consiste à employer la manœuvre à laquelle l'adversaire ne s'attend pas; en 1914, le débordement par l'aile avait surpris l'armée française concentrée sur la frontière de l'Est; en 1940, c'est l'attaque centrale dans l'Ardenne qui a été la surprise, alors que les meilleurs éléments de l'armée française attendaient le choc allemand sur l'aile gauche. Et, plus encore que la surprise, c'est l'adaptation judicieuse aux possibilités tactiques qui est le gage le plus sûr du succès de la manœuvre; les plus savants échouent si elles sont trop ambitieuses pour les moyens mis en œuvre.

L'offensive du maréchal Graziani ne pouvait compter sur la surprise; le recul de la ligne de résistance britannique le lui interdisait. Les préparatifs italiens permettaient tout aussi bien une tentative par le désert libyque que par la côte, et les faibles contingents dont

disposait le général Wawell en septembre avaient été plutôt répartis en vue de la première éventualité que de la seconde. Mais la distance à franchir par les colonnes italiennes lui donnait tout le temps nécessaire pour leur regroupement, et les premiers essais italiens contre Marsa-Matrouh trouvèrent en face des effectifs sérieux.

La manœuvre du général Wawell bénéficia, au contraire, d'une surprise complète, par l'utilisation judicieuse des circonstances atmosphériques. La concentration des trois divisions britanniques aux environs de Siwah avait passé inaperçue, ou peut-être les effectifs réunis n'étaient pas d'une importance telle qu'elle parût anormale. La prise de contact, après une marche d'approche couverte par une tempête de sable, mettait en défaut l'observation aérienne, à laquelle de tels mouvements ne peuvent pas échapper par temps clair. Le général Wawell ne faisait que reprendre une méthode mise en œuvre pour la première fois par le colonel von Kress, chef d'état-major du 8^e corps d'armée turc, lors de la tentative de février 1915 contre le canal de Suez. C'est en profitant de la poussière de sable soulevée par le vent de « khamsin » que von Kress, qui avait détourné l'attention par une démonstration vers les extrémités du canal, poussa ses forces dans la région centrale sans que l'aviation de reconnaissance alliée pût déceler le mouvement. Le « gibli » du désert libyque assura aux mouvements britanniques le même secret que le « khamsin » de la presqu'île du Sinaï à l'attaque turque.

L'offensive du maréchal Graziani semble bien également n'avoir pas tenu exactement compte des forces réelles de son adversaire et de l'aide que celui-ci trouvait dans la disposition très particulière du théâtre des opérations.

Si l'on en croit les chiffres donnés par la propagande italienne en septembre, le maréchal Graziani avait sous ses ordres environ 500 000 hommes, soit presque deux fois plus que son adversaire. A supposer ces chiffres exacts, la marge de supériorité n'était pas suffisante. L'armée britannique trouvait en Egypte des ressources abondantes, une main-d'œuvre illimitée; en se repliant, elle n'avait qu'à détruire; l'adversaire devait reconstruire. Les effectifs britanniques ne comprenaient ni les cheminots du Caire et de Marsa-Matrouh, ni les dockers d'Alexan-

drie; l'armée italienne devait donner un uniforme, à Tobrouk, à Bardia et sur les pistes de la Marmarique, à beaucoup d'hommes qui remplissaient des fonctions du même genre.

Le commandement italien s'est plu à rendre hommage à plusieurs reprises à la ténacité de la résistance britannique. A l'époque de l'avion et du char d'assaut, l'histoire militaire est un peu délaissée. Si l'on veut bien s'y reporter, on verra que la ténacité britannique, dans les conditions où elle s'exerça pour arrêter l'armée italienne devant Marsa-Matrouh, c'est-à-dire la défense d'une place militaire attaquée de terre et qu'on peut ravitailler par mer, a bien des précédents. Qu'on se rappelle le siège de Gibraltar ou la défense des lignes de Torres-Vedras par Wellington. Le maréchal Graziani ne parvint même pas à l'encerclément de la première des places qu'il fallait enlever; on peut être assuré que, sur la route d'Alexandrie, il n'aurait pas eu trop des éléments combattants de ses 500 000 hommes pour tenir en respect les positions appuyées sur la mer, d'où pouvait partir, à un moment quelconque, une contre-offensive qui lui aurait coupé ses communications.

En choisissant l'attaque frontale vers Alexandrie, au lieu de l'enveloppement par le désert, le maréchal Graziani s'était peut-être laissé influencer par les succès de l'armée allemande au cours de ses percées en Pologne et sur le front occidental. Mais, dans toutes ces opérations, la supériorité de l'armée allemande en divisions blindées et en escadres d'assaut était énorme. L'armée italienne n'avait pas de tels atouts, ni en chars, ni en avions, et le choix de sa ligne d'opérations permettait même à la marine britannique d'intervenir.

La manœuvre du général Wawell a utilisé de la manière la plus judicieuse tous les facteurs de supériorité dont il pouvait disposer. C'était d'autant plus indispensable qu'il n'avait pas la supériorité numérique et que le problème des communications devait se poser pour lui comme pour son adversaire dès qu'il serait éloigné de ses positions de départ.

L'offensive italienne pouvait être dirigée soit contre la Basse-Egypte par la côte, soit contre la Haute-Egypte et le Soudan par le Nil. L'offensive britannique pouvait de même être dirigée sur les ports de la Cyrénaïque, par la côte,



FIG. 3. — CHARS LÉGERS PROGRESSANT EN COLONNE DANS LES SABLES DU DÉSERT

T W 6054

ou sur le golfe de la Grande-Syrte, à partir de Siwah, ou même du Tibesti passé sous contrôle gaulliste. La première opération, d'envergure plus modeste, s'imposait à la fois pour bénéficier de l'appui de la flotte, et de celui de l'aviation dont l'installation récente en Crète permettait l'action à haut rendement contre toutes les bases italiennes de Cyrénaïque.

L'époque choisie pour l'offensive laissait prévoir des résultats importants. A la veille du deuxième bond italien, on devait mettre la main sur tout le matériel transporté en Afrique dès le temps de paix et réuni devant Marsa-Matrouh en vue de l'offensive. Même si l'armée échappait, c'était un coup très rude pour la suite des opérations en raison des difficultés de son remplacement dans les conditions précaires des liaisons d'Italie en Libye.

Entre un corps expéditionnaire privé de son matériel, réduit, pour se reconstituer, aux liaisons aériennes et aux rares navires qui parvenaient à franchir le blocus britannique, et une armée abondamment pourvue en matériel, qui était assurée au moins, par l'océan Indien, de ses liaisons avec l'Empire britannique,

la lutte n'était plus égale. La chute de la Cyrénaïque entière n'était plus qu'une question de temps.

Les chars

Les chars ont joué, en Egypte et en Libye, le même rôle de premier plan que sur les théâtres d'opérations d'Europe.

Le maréchal Graziani en a largement utilisé au cours de son offensive. Mais, l'opération n'ayant été conduite que jusqu'à la prise de contact de la première ligne de résistance britannique, on ne peut dire que leur rôle ait été décisif, et l'on reste dans le doute quant à l'effet du char léger contre des positions du genre de celles de l'armée britannique en Egypte.

Dans la contre-offensive du général Wawell, leur rôle a certainement été de première importance; le maréchal Graziani le leur accorde dans son rapport. Au début de la manœuvre, ils ont exécuté aussi rapidement et aussi puissamment qu'on pouvait l'espérer le débordement par l'aile où toutes les doctrines d'emploi des chars s'accordaient à trouver l'un de leurs emplois principaux. Par la suite, ils ont prêté un concours utile à l'infanterie qui, grâce à leur aide, a

pu enlever successivement, sans pertes graves, les villes de la côte.

On avait souvent montré quelque scepticisme quant aux possibilités du char dans les déserts africains. On mettait en doute la valeur de la propulsion par chenilles dans les sables fins, la tenue de la mécanique rodée en permanence par ce même sable en suspension dans l'huile, la facilité du ravitaillement en essence et en eau. Le méhariste africain se trouvait d'accord avec le cavalier européen pour affirmer que l'animal de selle ou de bât n'avait pas dit son dernier mot.

Les objections de ce genre sont en nombre illimité. On peut à son gré consacrer son temps à les présenter ou à les éluder par la création d'un matériel convenable. L'armée britannique a choisi cette dernière solution. Ses techniciens ont-ils, comme on l'a soutenu, reproduit avec leurs trains de roulement la flexibilité du pied du chameau ou, plus simplement, ont-ils développé la surface d'appui pour l'adapter aux sables fins? Ont-ils trouvé quelque méthode nouvelle pour mettre la mécanique à l'abri de l'usure ou ont-ils simplement reproduit l'une des solutions employées à cet effet et qui permettent à un roulement de fonctionner aussi bien en atmosphère chargée de poussière que dans l'eau ou dans l'acide sulfurique? Toujours est-il que des chars britanniques ont franchi sans encombre l'étape de Siwah à la côte, porteurs d'armes et de blindages de puissance suffisante pour leur permettre le passage au travers de la ligne des ouvrages italiens. Et le « gibli » qui tient les chameaux couchés, dos au vent, pendant des heures ou des jours, a servi de couvert au mouvement de la division blindée.

L'appui de la flotte

Au cours de l'avance italienne, la flotte britannique avait harcelé les troupes progressant le long de la côte. Elle se retrouva à son poste pour reprendre son action au cours de leur retraite.

Son concours aux forces terrestres était particulièrement précieux.

Elle leur apportait l'aide de son artillerie lourde, dans une région où ce genre de matériel était plutôt rare. Elle bouleversa ainsi les défenses de Sollum et surtout de Bardia, qui aurait pu tenir longtemps devant l'armement des chars et l'artillerie de campagne.

Elle apportait un concours non moins utile en déchargeant l'armée et l'aviation du bombardement de nombreuses positions côtières. L'aviation pouvait se consacrer plus complètement à la destruction des objectifs de l'intérieur. L'armée se trouvait dispensée du transport difficile par voie de terre des gros tonnages de munitions que la flotte véhiculait avec facilité.

Il ne semble pas que ces opérations aient coûté à la flotte des pertes sérieuses. La défense des côtes italiennes manquait de grosses pièces; les progrès de la détection sous-marine font de l'attaque d'une flotte, même croisant à faible vitesse au large de ses objectifs, une opération dangereuse; quant aux risques de l'attaque aérienne, l'escorte permanente des chasseurs de la Fleet Air Arm parvient à les éviter à peu près.

L'aviation

Au cours de l'offensive italienne comme de la contre-offensive britannique, l'aviation n'a cessé de jouer le rôle de premier plan qui est dorénavant le sien dans toutes les opérations militaires, au bénéfice de l'attaque comme de la défense. « L'aviation britannique, déclare le maréchal Graziani dans son rapport, attaquait en permanence nos colonnes de marche, les ouvrages occupés par nos troupes, nos communications de l'arrière, nos dépôts de subsistance, les aérodromes et les fortifications de Tobrouk et de Bardia. »

L'avion est le complément indispensable du char. Sur l'avant de la division blindée, repérant les armes antichars, les neutralisant du feu de ses mitrailleuses ou les détruisant à la bombe, l'escadre d'assaut est le fer de la lance. L'avion est aussi bien l'arme légère qui, d'une salve de mitrailleuse, abat le guetteur du poste avancé qui se balance au bout de sa perche, que l'arme lourde qui, de ses bombes de 1 000 kg, ouvre la brèche dans le fossé antichars profond de 5 m.

Dans son action indépendante contre les troupes en ligne et surtout en déplacement, l'aviation donne des résultats de même nature que le char. Mais elle les donne beaucoup plus rapidement; là où il faut deux jours à une division blindée partant de Siwa pour venir troubler l'ennemi sur la côte, il suffit de moins d'une heure à l'avion qui vient de Crète. Aucun mouvement qui n'échappe pas à la reconnaissance aérienne ne peut échapper



T W 6053

FIG. 4. — DÉTACHEMENT MOTORISÉ BRITANNIQUE ÉVO LUANT DANS LE DÉSERT EN LIAISON AVEC UN AVION D'EXPLORATION

ensuite à l'action de l'avion d'assaut. Elle se fait sentir aussi bien dans l'offensive que dans la défensive; elle interdit, dans un cas, l'arrivée des renforts et gêne la marche des troupes en retraite; dans l'autre cas, elle ralentit la progression.

Aucun objectif n'est plus sensible à l'action aérienne que les colonnes de ravitaillement. Bien camouflées, dispersées et, mieux encore, terrées dans leurs abris, les troupes défient l'avion. Mais les vivres, les munitions, le ciment pour le béton des abris ou des pistes d'envol, l'eau pour gâcher le ciment, que des armées de plusieurs centaines de milliers d'hommes consomment ou rassemblent pour leur offensive sont exposés d'une manière continue aux coups de l'aviation pendant leur transport. Ces milliers de camions de ravitaillement n'ont pas d'ennemi plus dangereux que l'avion. En même temps que la route, l'armée italienne avait à faire la conduite d'eau. On en a donné le débit : 335 000 litres par jour, de quoi étancher, mal, la soif

de 150 000 hommes. Cette construction épargnait 100 camions-citernes. On trouvera peut-être que c'est un gros travail pour bien peu et que 100 camions-citernes n'auraient pas beaucoup surchargé le trafic de la route qu'on construisait à côté de la conduite. Mais c'est que le débit d'un convoi de camions-citernes n'est guère élevé quand il roule sous le feu des mitrailleuses d'avions.

L'action aérienne contre les transports transforme complètement les conditions de la guerre. Elle rend à la fortification permanente le rôle brillant qu'elle connut jusqu'à la fin du XVII^e siècle. Mais qui aurait pensé qu'elle réapparaîtrait en vue de la guerre de siège dans le désert? Bienheureuse l'armée qui trouve dans les abris d'une forteresse les réserves de vivres, les citernes à eau, les magasins de munitions, et qui peut tenir en échec les effectifs bien supérieurs réduits à attendre tout cela de leurs colonnes de ravitaillement.

La longue résistance de Koufra et de Djaraboub, où de faibles effectifs italiens

purent tenir au milieu du désert, devant des effectifs et un matériel très supérieur, beaucoup mieux que les divisions du maréchal Graziani sur la côte Marmarique, montre cette puissance de la fortification permanente.

Si le méhariste ne manquait pas d'arguments contre les chars, l'emploi de l'avion dans le désert soulevait davantage d'objections encore. Le plus curieux de l'affaire paraît être qu'elles émanaient précisément des spécialistes de la navigation saharienne, mais cela n'étonnera que ceux qui croient à l'infailibilité du spécialiste dans sa spécialité. Les objections valaient peut-être contre l'avion de 1920, mais certainement pas contre l'avion de 1940.

La fragilité de l'avion, même dans la tempête de sable, est une objection à laquelle il faut définitivement renoncer aujourd'hui. Est-il beaucoup d'engins qui puissent passer un hiver, dans la campagne, sous un filet de camouflage et dont le moteur soit assez bien étudié pour faire 180 000 km sans révision à 60 % de sa puissance maximum ? Et même, comptant en heures et non en kilomètres, que resterait-il des moteurs dits « marins » des vedettes lance-torpilles à 50 nœuds, si on leur demandait un essai de 25 fois 24 heures à 42 nœuds, sans autre soin que le remplissage des réservoirs d'essence et d'huile ? Dans le désert, il n'y a qu'un moyen de transport sûr, c'est l'avion.

« L'immensité du désert » et les difficultés de ravitaillement en carburant sont une autre de ces objections que l'on traîne depuis l'époque où les caravanes devaient transporter pendant plusieurs mois des bidons d'essence pour qu'un avion parti du Sud-Algérien pût arriver à Tombouctou. Aujourd'hui, les escadrilles de Vickers « Wellesley » partant d'Ismaïlia atteignent Port-Darwin après 11 000 km de vol sans escale. Et les « Wellington », dont la guerre a interrompu le raid en cours de préparation, devaient faire, espérait-on, 3 000 km de mieux. A en juger d'après le rayon d'action et la charge utile, il n'est pas de chameau qui ait aujourd'hui la sobriété de l'avion.

Jamais un paysage ne s'est mieux prêté que le désert à la surveillance et à la destruction par l'avion de tout ce qui prétend le traverser. Sous les arbres d'une route d'Europe, le long des haies, à travers les forêts, les armées trouvent

à se faufiler de jour et circulent à l'aise la nuit. De nuit comme de jour, dans le ciel clair du désert libyque, il n'est pas beaucoup de transports qui échappent à l'œil de l'aviateur. Le long des rares pistes ou de l'unique « Litoranea » dont le ruban de 1 800 km s'étend de la frontière de Tunisie à celle d'Egypte, les seuls instants tranquilles pour le voyage sont devenus ceux où souffle la tempête de sable. Plaignons le pauvre chameau.

L'avenir de la guerre mécanique dans le désert

Si on laisse de côté le navire, qui n'a dû qu'à des circonstances assez spéciales de pouvoir tenir le rôle qu'il a joué, l'avenir de la guerre en régions désertiques appartient encore plus qu'ailleurs au char et à l'avion.

Plus rudes sont le terrain ou le climat, plus grande est la supériorité des engins mécaniques. En quelques années, l'œuvre de l'ingénieur donnera au militaire une solution du problème qu'il pose beaucoup plus voisine de la perfection que l'animal péniblement adapté par la nature en quelques dizaines de milliers d'années.

Le radiateur consomme-t-il trop d'eau et envie-t-on la sobriété du lézard des sables qui peut ne boire que tous les trois mois quand le chameau réclame sa ration d'eau tous les huit jours ? Qu'à cela ne tienne ; on fera du refroidissement direct qui en consommera encore moins.

On peut admirer la souplesse du pied du chameau, qui s'adapte aussi bien au sable de « l'erg » qu'aux galets du « serir ». Pour ce qui est de l'élasticité, la corne montée sur rotules ne vaut pas le caoutchouc et, si on respecte le tableau de gonflage, les pneumatiques s'adapteront encore mieux à « l'erg » et au « serir » que le pied du chameau.

On peut admirer la prévoyance de la nature qui a su assortir la teinte du chameau ou du lézard à la couleur des sables comme si elle prévoyait un jour l'observation aérienne. Les spécialistes en camouflage ont à leur disposition toute la gamme des gris et des beiges, et en cas de besoin une seule couche de peinture, au cours des vingt-quatre heures de la traversée, sèmera de taches vertes les carapaces de chars et les extrados d'ailes d'avions pour les assortir aux paysages d'Albanie.

Camille ROUGERON.

VERS UNE UTILISATION PLUS RATIONNELLE DU BOIS ET DES DÉCHETS AGRICOLES

DE LA MEULE FORESTIÈRE A L'USINE DE DISTILLATION ET D'HYDROLYSE DU BOIS

par F. S. de CONDÉ

Au mois de juin 1940, la France, qui s'en était toujours tenue pour alimenter les nombreux moteurs de son parc d'automobiles à la solution facile des importations étrangères, se trouva brusquement privée de la plus grande partie de son stock d'essence, tandis que le blocus lui interdisait de renouveler ses réserves. Une crise grave pouvait en résulter, car l'arrêt des transports automobiles eût paralysé totalement la vie économique. Il fallut donc du jour au lendemain remettre en marche le nombre minimum de camions nécessaires pour couvrir les besoins essentiels du pays. Ce nombre, évalué à 50 000 et d'abord alimenté par la réserve de carburant, est en train de s'équiper progressivement de gazogènes qui lui permettront d'utiliser les ressources en carburant solide dont nous disposons. Pour alimenter les gazogènes, la construction de 40 000 fours démontables a été prévue et ce programme est en voie d'exécution. Ces fours sont d'une construction rapide, ne demandent pas une main-d'œuvre spécialisée, et seuls ils étaient capables de « dépanner » rapidement un aussi grand nombre de véhicules. Mais avec le temps, il est vraisemblable que l'on pourra perfectionner dans une large mesure les méthodes d'utilisation de cette précieuse richesse que constitue la forêt française, en accroissant notablement le nombre des calories utiles tirées de la même quantité de bois.

La carbonisation : combustion incomplète ou distillation ?

ALUMONS un morceau de bois, il brûle d'abord avec une flamme éclairante, puis la braise se consume sans flamme, en produisant une grande quantité de chaleur et en laissant un petit résidu de cendres. Si nous étouffons la combustion de la braise, nous obtenons un corps noir, poreux, sonore : le charbon de bois.

C'est cette opération qui est effectuée dans la meule forestière, mais ici, comme l'air qui alimente la combustion est volontairement réduit, la flamme reste cantonnée aux prises d'air de la meule, et la chaleur qu'elle produit provoque une décomposition partielle des couches de bois confinées et amène le dégagement d'une épaisse fumée brune.

Une partie des produits volatils du bois sert à chauffer la meule, l'autre, non brûlée, se perd dans l'atmosphère. Les

petits fours à carboniser démontables, qui sont calqués, avec quelques perfectionnements, sur la meule forestière, laissent, eux aussi, perdre dans l'air une notable partie de leurs produits volatils combustibles.

Si nous voulons analyser ce qui est ainsi gaspillé dans l'air, chauffons un morceau de bois dans une cornue : un dégagement de fumées se produit, et il reste le charbon de bois. Dans les vapeurs dégagées, nous distinguons trois portions principales : un liquide brun lourd, constitué par des goudrons, un liquide plus léger (produits pyroligneux), où se retrouvent de l'eau, de l'acide acétique, de l'acétone et de l'alcool méthylique. Enfin, une portion des gaz dégagés n'est pas condensable. Elle est capable de brûler parce qu'elle contient, outre du gaz carbonique, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène et des carbures d'hydrogènes combustibles.

Il est tout naturel de se demander

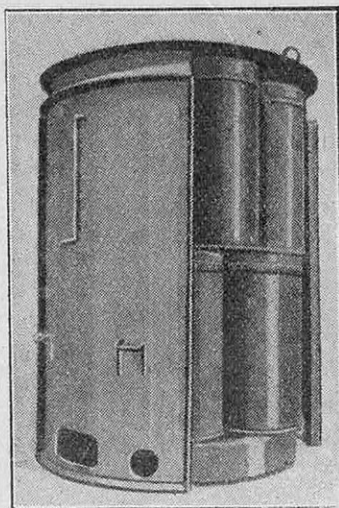


FIG. 1. — LE FOUR A CARBONISER « L'UNIVERSEL »

Cet appareil est constitué par un certain nombre de cornues de 0,9 m de hauteur, fermées mais non étanches, ce qui permet la distillation à l'abri de l'air du bois que l'on y place. Ces cornues sont disposées en une sorte de pavage circulaire et cela sur deux étages. Dans les

intervalles qu'elles laissent, on place du bois qui, en brûlant, amorcera la combustion. Le four est fermé par une enveloppe extérieure en tôle. Une fois la réaction commencée, ce sont les gaz de distillation du bois qui brûlent et l'entretiennent. Ce four présente les avantages des fours ordinaires (simplicité, légèreté) et les avantages de la cornue : haut rendement, pureté du charbon obtenu. (Etabl. Grouard frères.)

quelle portion des vapeurs combustibles suffirait à produire la chaleur nécessaire à carboniser une quantité de bois égale à celle qui l'a produite. L'expérience montre qu'une portion seulement des gaz non condensables fournit assez de chaleur pour produire la réaction, à moins que le bois ne soit très humide, auquel cas toute la chaleur se perd à distiller l'eau qu'il contient. Ainsi donc, si dans une cornue, nous carbonisons du bois d'une façon continue, nous pourrions chauffer cette cornue avec une portion des gaz incondensables, et nous récupérerons tous les autres produits de la distillation. Cette solution réalise le rendement optimum, mais elle nécessite des installations compliquées et lourdes qui ne sont pas transportables. C'est pourquoi, dans bien des cas, on est obligé de « transiger » et de se résigner à carboniser le bois sans récupérer tous les sous-produits. Il est souvent beaucoup plus économique de transporter un four là où le bois est coupé que d'amener le bois au four à carboniser.

Ces considérations expliquent la variété des méthodes de carbonisation, qui, loin de se faire concurrence, sont adaptées à des régions différentes : zones de grande forêt ou zones de bois clairsemés.

La cornue de distillation présente, en

outre, un autre avantage, c'est qu'elle réalise une cuisson du bois plus homogène et que, par conséquent, celui-ci ne renferme ni fumérons, ni cendres, ni goudrons. D'autre part, puisqu'à aucun moment le bois ne participe directement à la combustion, aucune portion solide de ce bois n'est brûlée : le rendement en charbon est meilleur ; il peut atteindre de 25 à 33 %.

Aussi certains fours transportables ont-ils adopté le principe de la cornue, tels sont ceux des figures 1 et 2.

Nous avons indiqué le principe du

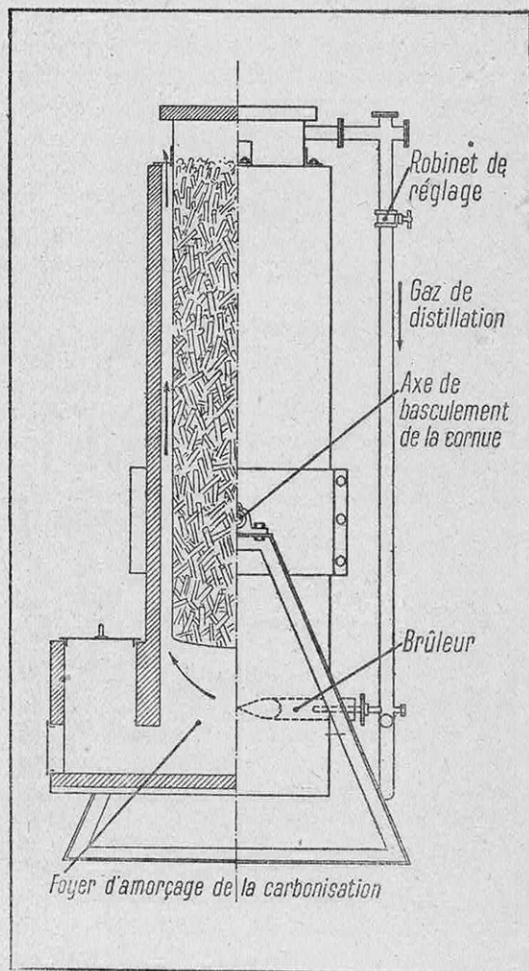


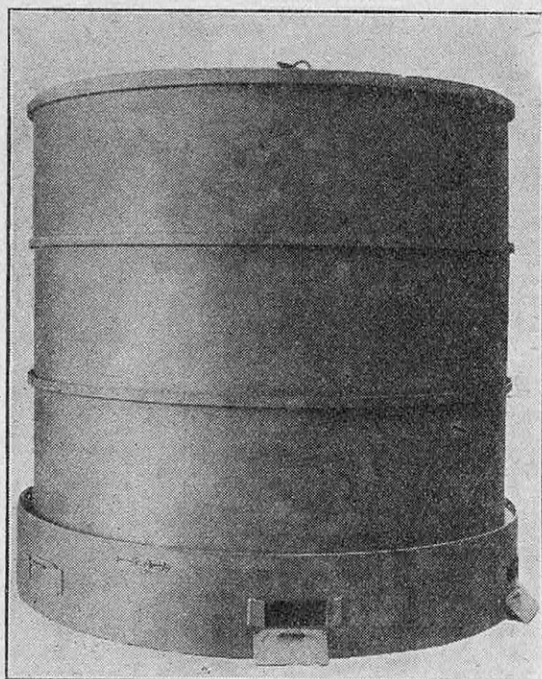
FIG. 2. — FOUR BASCULANT DE CARBONISATION DU BOIS EN VASE CLOS

A la base du four, un foyer auxiliaire permet d'amorcer la distillation. Celle-ci produit des gaz qui sont captés en haut de la cornue et conduits à un brûleur, où ils sont intégralement détruits. Les gaz de combustion cèdent leur chaleur à la cornue. Quand la carbonisation est finie, on bascule l'appareil dont le contenu tombe dans un étouffoir. Le rendement en charbon est élevé. Un tel four produit 100 kg de charbon par jour, en trois opérations.

plus rudimentaire des appareils de carbonisation : le four à meule en tôle transportable ou, depuis que la tôle se fait plus rare, en ciment vitré du genre « Eternit ». L'idée se présente immédiatement d'adapter à ce four un appareil de condensation des produits de distillation. Mais, ce faisant, on freine le tirage du four, et il faut provoquer avec un ventilateur un tirage forcé. On voit que l'installation se complique vite; cependant, elle est encore économique quand on place plusieurs fours côte à côte, utilisant la même installation de récupération.

Les fours transportables à récupération partielle des produits de distillation

C'est ainsi que les établissements Malbay ont réalisé une meule transportable en tôle effectuant la carbonisation en 5 ou 6 heures (au lieu de 24 à 30 heures, avec



T w 5982

FIG. 3. — FOUR « ROLLAND AUTOMATIC » DE CARBONISATION SANS RÉCUPÉRATION DES PRODUITS VOLATILS

Ce four carbonise 7 stères de bois et produit de 500 à 600 kg de charbon de bois par opération de 48 heures. Son poids total est de 850 kg. Il est démontable en plusieurs viroles dont les joints sont rendus étanches avec de la terre. On aperçoit à la base les prises d'air. Les cheminées de tirage que l'on peut à volonté ouvrir et fermer pour la conduite de l'opération sont au sommet.

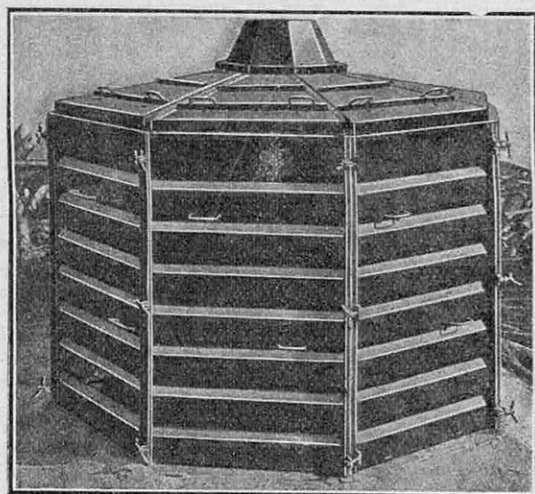


FIG. 4. — FOUR PORTATIF DE CARBONISATION « LA LILLOISE »

Composé d'éléments plans de petite dimension et de faible poids (maximum 46 kg) ce four octogonal est aisément démontable par suite du mode spécial d'articulation des éléments. La rigidité et l'étanchéité sont assurées par des joints verticaux et une nervuration horizontale. La mise à feu, la conduite et l'extinction sont simplifiées par une admission d'air automatiquement réglable.

les meules classiques) et récupérant les goudrons et l'acide acétique.

Les meules sont groupées et reliées à un seul récupérateur ayant l'avantage de laisser s'échapper dans l'atmosphère toute la vapeur d'eau, ce qui simplifie le problème.

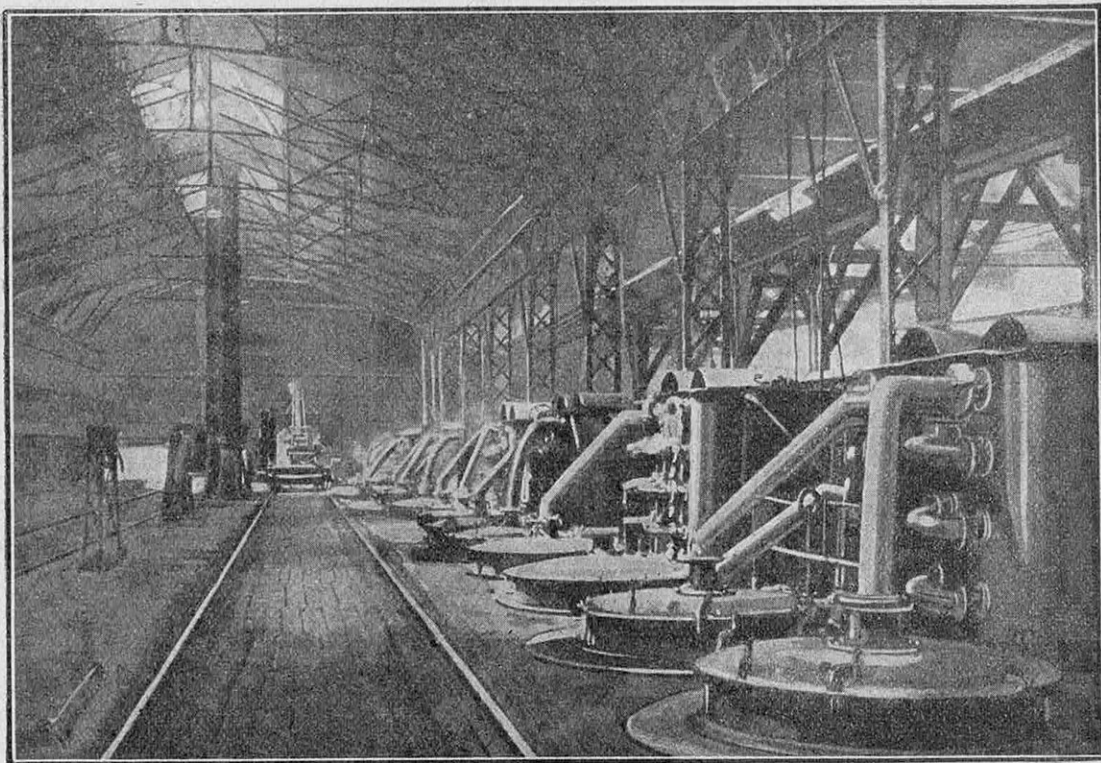
Le tirage forcé est obtenu par un ventilateur qui aspire dans la cornue les gaz pour les refouler dans les colonnes de récupération. Deux pompes centrifuges assurent d'autre part la circulation des liquides dans les colonnes.

L'appareil est complété par un bac à large surface servant à concentrer la solution; ce bac est chauffé par la chaleur perdue ou par un foyer spécial.

Un tel appareil, s'il présente l'avantage de la simplicité, est évidemment imparfait et ne résout que partiellement le problème, puisqu'il laisse perdre des gaz et certains liquides pyrolytiques. Quant au rendement en charbon, il ne dépasse pas 20 %.

Fours tunnel en vase clos

Sur le même principe, mais d'une présentation un peu différente, les fours construits en France par M. Ringelman et M. C. Rocher, et en Italie par la S.A.P.I.E., sont des sortes de cuves cy-



T W 5979

FIG. 5. — UNE USINE DE DISTILLATION DU BOIS A PRÉMERY (NIÈVRE)

La distillation s'effectue ici d'une matière continue dans des cornues que l'on introduit dans un long four chauffé par le gaz de bois. Quand elle est terminée, on enlève la cornue que l'on remplace par une autre chargée de bois frais. Après refroidissement, le charbon de bois est déchargé. Celui-ci n'était avant-guerre considéré que comme un sous-produit, l'usine ayant pour destination de fournir à l'industrie chimique les liquides pyrolygneux et les goudrons.

lindriques horizontales munies d'un foyer et d'une cheminée. On y introduit, à l'aide d'un chariot, des cornues rondes chargées de bois. Les gaz sont recueillis et passent dans des condenseurs à air où ils abandonnent les jus pyrolygneux; ils reviennent ensuite au foyer qu'ils chauffent. Quand la carbonisation est terminée, la cornue est rapidement échangée par une nouvelle contenant du bois frais. Là également, la récupération n'est que partielle.

Les usines à fours discontinus

Si on veut que la récupération soit totale, il faut adjoindre à l'installation un dispositif de condensation des vapeurs les plus volatiles.

Les fours classiques fixes sont constitués par des cornues métalliques qu'on introduit dans des fours en briques réfractaires chauffés au bois, à l'aide d'un foyer spécial placé à leur base. Ce foyer, une fois mis en route, peut continuer la combustion avec les gaz provenant de la

distillation du bois enfermé dans les cornues.

Ces fours comportent généralement des cornues mobiles qu'on échange une fois l'opération terminée. L'avantage du procédé est que la chaleur est conservée par l'ensemble du four, puisque seule la cornue doit être refroidie avant son déchargement.

L'installation est complétée par un serpentin de condensation et des récipients destinés à recevoir les eaux et les goudrons pour permettre le retour d'une partie des gaz incondensables au foyer.

Cette carbonisation en vase clos nécessite des installations importantes et la construction de véritables usines (fig. 5); le but à atteindre est surtout de récupérer les produits liquides intéressant l'industrie chimique. Les gaz et le charbon obtenus ne sont donc considérés que comme des sous-produits, alors que les appareils continus verticaux, que nous allons maintenant étudier, sont établis pour produire plus spécialement de

l'énergie sous forme de gaz, de charbon ou de carburants liquides.

Les fours de distillation continue

Le four continu le plus simple est un cylindre vertical clos, constamment rempli de bois, d'où le charbon est extrait régulièrement à la base, le chauffage se faisant à l'extérieur du cylindre par le gaz de carbonisation. La réserve de bois est suffisante pour que le four puisse fonctionner automatiquement plusieurs heures sans aucune surveillance.

Si un tel four n'a pas été employé plus tôt, c'est qu'il produit un charbon fragmenté : or, en matière de carbonisation, le but était jadis de produire un gros charbon, le menu étant inutilisable dans les gazogènes.

Grâce aux gazogènes polycombustibles à tirage horizontal et à fosse à laitier, les menus sont devenus tout aussi utilisables que le gros charbon.

La figure 6 indique le mode de construction d'un four continu moyen capable de produire 400 kg de charbon par 24 heures avec de la découpe et du bois haché ou scié en morceaux de 20 cm.

Un atelier courant traitant 10 t de bois par jour, en vue de produire 2 à 3 t de charbon de bois, comportera 6 cornues groupées dans le même four avec bennes de chargement desservant la ligne de cornues. Un homme par poste assurera le service qui consiste à charger le bois, à échanger les étouffoirs pleins contre des vides et à régler les brûleurs et les extracteurs. La manœuvre des couvercles et des joints hydrauliques se fera d'en bas et mécaniquement. Le charbon froid sortant des étouffoirs est versé dans l'élévateur d'un concasseur qui le dépoussière et l'ensache automatiquement.

Si, à l'atelier de carbonisation est annexée une usine (laiterie, scierie, distillerie, briquetterie, four à chaux, etc...) ayant besoin de chaleur et de force motrice, le gaz en excédent trouvera son emploi. Pour économiser le gaz et le réserver à la force motrice, on peut d'ailleurs brûler une partie des vapeurs pyrolytiques. Le charbon obtenu devient le sous-produit principal de la distillation et le pouvoir calorifique des produits obtenus se répartit alors comme suit : un tiers pour le gaz et deux tiers pour le charbon.

Sur un principe analogue, des installations semitransportables ont été réalisées.

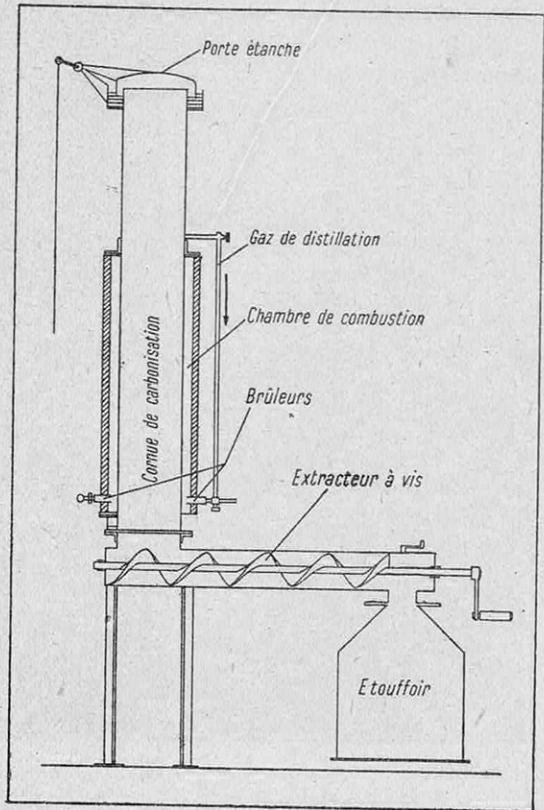


FIG. 6. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE CORNUE DE CARBONISATION CONTINUE

Le bois est chargé par le haut et descend lentement dans la cornue cylindrique. Quand il arrive au bas de la cornue, sa distillation est terminée et un extracteur à vis le pousse vers l'étouffoir. La capacité de l'étouffoir (600 litres) évite des manœuvres de déchargement trop fréquentes (toutes les 6 heures). Le chauffage est assuré par les gaz de distillation qu'une tuyauterie prélève à la partie supérieure de l'appareil et amène à des brûleurs disposés en cercle autour de la cornue. Les gaz brûlés et chauds circulent dans un manchon cylindrique qui habille la cornue sur la plus grande partie de sa hauteur.

La figure 7 représente une telle installation capable de traiter environ 20 à 25 t de déchets par jour et de fournir 5 t de charbon de bois.

L'usine de production de carburants solides et liquides

Enfin, la recherche du rendement maximum amènera sans doute dans les grands centres forestiers la construction d'usines fixes de distillation continue permettant de récupérer le plus grand nombre possible de calories perdues dans la carbonisation. C'est ainsi que les gaz qui sortent de la chambre de combustion et qui sont encore très chauds pourront servir à activer la dessiccation du bois et à la

pousser plus loin, d'où une notable augmentation du rendement. Ces usines seront équipées pour agglomérer les poussières, traiter les produits de distillation pour en faire des carburants liquides et elles pourront servir d'usine à gaz à des agglomérations rurales (fig. 9).

On trouve des usines de ce genre en Suisse et en Allemagne. Citons l'exemple d'une localité de 2 000 habitants qui compte 300 abonnés au gaz de bois. Ce gaz, d'un pouvoir calorifique de 3 500 à 4 700 calories au mètre cube, soit sensiblement l'équivalent du gaz de houille, est produit avec un rendement d'environ 400 mètres cubes pour une tonne de bois. Dans ce cas, comme le gaz n'est pas considéré comme un sous-produit, mais comme le produit principal, on fait appel à une partie du charbon pour entretenir la carbonisation et le rendement en charbon de bois n'est que de 150 kg par tonne de bois.

La fixité de l'installation permettra d'utiliser des dispositifs de carbonisation à température soigneusement réglée et suffisamment basse pour détruire le moins possible des précieux produits de la distillation. C'est ainsi que l'on a réalisé dernièrement les fours à sole métallique liquide (fours Hering) où le chauffage du bois s'effectue à l'aide d'un bain de plomb fondu à 360°.

Ces fours permettent de traiter tous les déchets végétaux. Après une dessiccation assez poussée et un commencement de carbonisation, ces déchets sont plongés dans le bain de plomb fondu et entraînés vers l'autre extrémité du four par un courant de la masse liquide. Le charbon est ramassé à cette extrémité et les gaz sont recueillis intégralement. La température du plomb est maintenue constante par la combustion des gaz incondensables de la distillation.

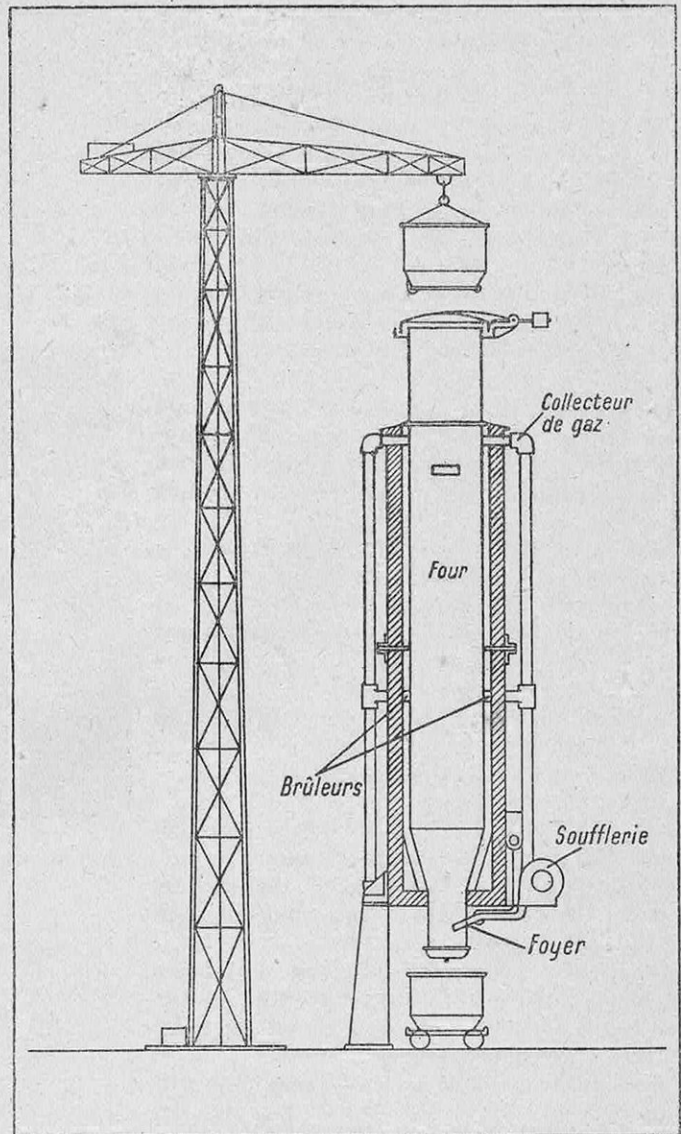


FIG. 7. — INSTALLATION SEMITRANSPORTABLE DE CARBONISATION A FONCTIONNEMENT CONTINU

Le four ci-dessus d'un principe analogue à celui de la figure 6, est par surcroît, quant à l'allumage, un gazogène. Pour cela, une soufflerie peut injecter de l'air par une tuyère à l'intérieur de la cornue et provoque alors la formation de gaz pauvre que l'on envoie aux brûleurs de chauffage de la cornue. Un vibreur électrique, mû comme la soufflerie par un groupe électrogène à gaz pauvre, assure la descente du bois. Deux fours et trois étouffoirs sont disposés en cercle autour de la grue de chargement et trois hommes suffisent à effectuer toutes les manœuvres de chargement et de déchargement.

Que peut-on extraire d'une tonne de bois ?

Pour répondre à cette question, nous supposons évidemment réalisées les meilleures conditions d'utilisation, c'est-

à-dire nous nous placerons dans le cas de la distillation en vase clos entretenue par une partie des gaz incondensables. Nous supposerons le bois séché, faute de quoi le rendement peut devenir désastreux. Même dans ce cas, il est impossible de donner des chiffres très précis. Tout d'abord, il convient de distinguer les essences résineuses des essences non résineuses.

Les premiers fourniront surtout comme liquides de distillation des goudrons et peu de pyroligneux. La proportion s'inverse pour les seconds.

C'est ainsi qu'une tonne de bois de mélange donne 100 kg d'huile de térébenthine ou 100 kg d'un supercarburant composé d'huile traitée par craking, d'acétone et d'alcool.

Un bois non résineux à 20 % d'eau donnera par tonne :

- 250 kg de charbon ;
- 150 kg de gaz non condensables combustibles ;
- 15 à 25 kg de méthylène ;
- 40 à 60 kg d'acides (principalement acide acétique) ;
- 40 à 75 kg de goudrons ;
- 350 à 400 kg d'eau.

Ces produits étaient avant guerre en majeure partie consommés par l'industrie chimique. Le tableau I montre la variété des utilisations des produits de l'industrie forestière.

Aux demandes de l'industrie chimique sont maintenant venues s'ajouter celles des automobilistes en quête de carburants et d'huiles de graissage.

Les goudrons fournissent des huiles qui peuvent être traitées pour fournir de l'essence. Celle-ci sera mélangée à de l'alcool, à l'acétone. L'alcool méthylique et l'acide acétique entrent également dans la composition de carburants liquides. Les brais qui résultent du traitement des goudrons servent à agglomérer les poussières de charbon.

Par tonne de bois, on peut alors obtenir par exemple :

- 250 kg de carburant solide ;
- 50 kg de carburant à base d'huile traité ;
- 15 kg d'acétone ;
- 12 kg d'alcool méthylique, équivalant au total à environ 300 l d'essence.

Bien entendu, à condition de les sécher au préalable, il est possible de carboniser la plupart des déchets agricoles ; c'est ainsi que l'on a pu obtenir avec des gri-

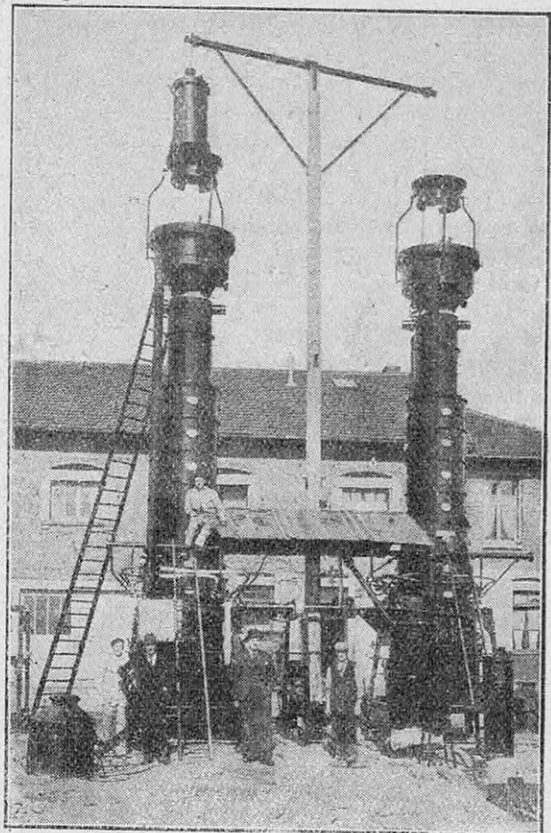


FIG. 8. — FOURS A CARBONISATION CONTINUE EN VASE CLOS « AUTOCARBONE »

Chacun de ces deux fours produit par jour 2 tonnes de charbon trié, concassé et dépoussiéré, 400 kg de goudron et 100 à 120 kg de mélange méthanol-acétone. Ils sont démontables en éléments aisément transportables et leur installation, qui ne nécessite aucune fondation, peut s'effectuer n'importe où.

gnons d'olives le rendement suivant pour une tonne :

- 250 kg d'agglomérés pour gazogènes ;
- 175 kg d'huile utilisable comme gazoil ;
- 25 kg d'acétate de chaux ;
- 5 kg d'alcool méthylique.

Le sucre de bois et les carburants qui en dérivent

Cette étude serait incomplète si on la terminait sans dire un mot de l'hydrolyse des composés cellulosiques : bois et déchets végétaux de toute nature.

On sait qu'en traitant le bois par de la vapeur d'eau surchauffée, on arrive à le ramollir et à dissoudre certains de ses éléments, tandis que d'autres distillent et par condensation donnent de l'acide acétique, de l'acide formique, de l'alcool méthylique et du furfurol.

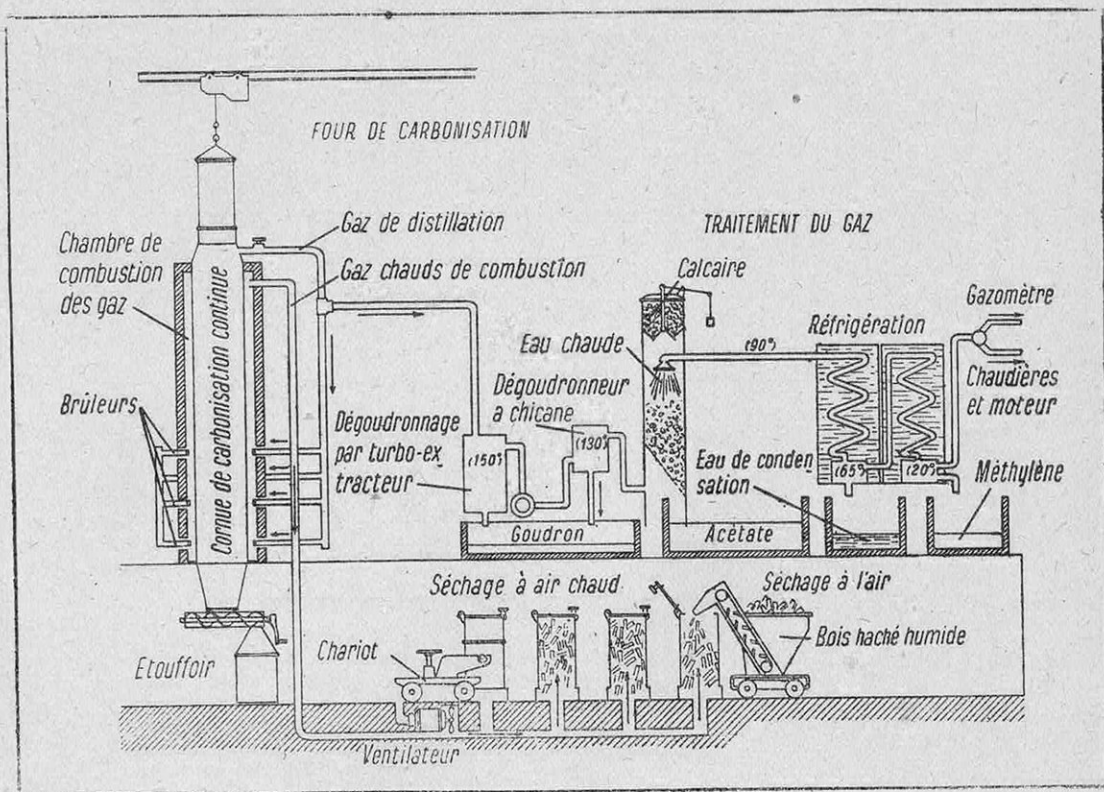


FIG. 9. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE USINE DE PRODUCTION DE CARBURANTS SOLIDES ET LIQUIDES

Cette usine produit à la fois du charbon de bois, des agglomérés et des carburants liquides. Le bois est d'abord séché pendant plusieurs mois à l'air libre, puis passe sur des séchoirs à air chaud. Sa distillation s'effectue d'une façon continue dans une cornue chauffée au gaz de bois. Le gaz brûlé et additionné d'air de façon à réaliser un mélange à 150° est dirigé vers le séchoir à air chaud où il active la dessiccation du bois frais. Les vapeurs de distillation du bois subissent une série de condensations fractionnées et passent sur du calcaire. On recueille ainsi séparément les goudrons, l'acide acétique et l'alcool méthylique, qui serviront à faire des supercarburants liquides. Une telle usine est en voie de réalisation avec four à carboniser J. Gohin et procédés d'extraction Peters.

Si l'on traite dans un autoclave la cellulose du bois ainsi ramolli par une solution d'acide chlorhydrique bouillant ou d'un autre acide fort, cette cellulose fixe un certain nombre de molécules d'eau et se transforme en glucose, sucre de raisin, qui par fermentation donne de l'alcool éthylique. Le résidu de cette opération est la substance qui donne au bois sa rigidité, la lignine, non hydrolysable.

En la carbonisant, on aura un combustible remarquable par l'absence totale de tout corps antioxydant et qu'on pourra, pour cette raison, appeler « carburant spécifique » pour gazogènes.

Les procédés d'hydrolyse du bois fonctionnent depuis plusieurs années en Allemagne, où deux procédés (Bergius et Scholler) sont au point. Le tableau II montre ce qu'ils permettent d'obtenir avec cent kilogrammes de bois.

Jusqu'ici, les savants se sont limités au traitement exclusif du bois. Cependant, un chimiste français, M. Tournel, a mis au point un procédé permettant de traiter non seulement les bois et déchets forestiers, mais la paille, les roseaux, les tiges de maïs, les déchets de viticulture (sarments de vignes, marc de raisin épuisé, pépins de raisin déshuilés), de cidriculture (marc de pommes épuisées), de malterie et de brasserie, les déchets des industries agricoles (réglisserie, conserves, extrait tannant), les déchets de fruits, de fleurs, d'oléagineux (grignons d'olives, coke d'arachide et de palmiste), les brisures de riz, les déchets de coton, la tourbe, les déchets urbains (gadoues cellulosiques), etc., etc...

Dans ces conditions, le traitement de 10 millions de tonnes de déchets divers donnerait simultanément, d'une part,

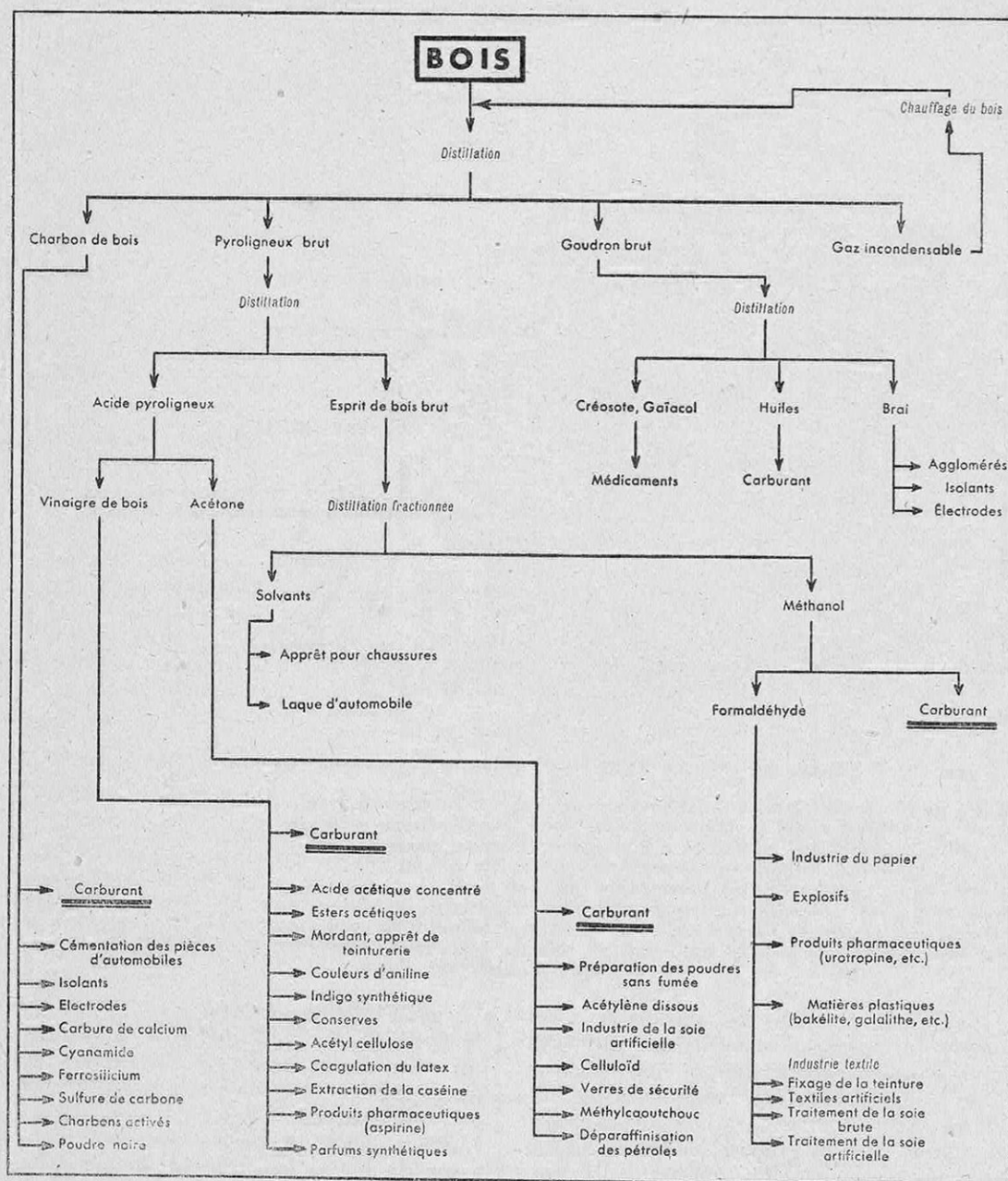


TABLEAU I. — LES DIFFÉRENTS USAGES DES PRODUITS DE DISTILLATION DU BOIS

10 millions d'hectolitres d'alcool carburant, et 2 millions de tonnes de lignines, carbonisés ou directement agglomérés.

Les sous-produits de l'opération seraient, d'une part, 2 millions de tonnes de mélasse pouvant agglomérer 1 million de tonnes de charbons divers (bois, lignites, anthracite, etc...) pour gazogènes et, d'autre part, 200 000 t d'acide acétique, d'alcool méthylique, d'acétone, furfurole, phénol, etc...

De nouvelles ressources en carburant grâce aux progrès de la technique

Les statistiques d'avant guerre estimaient à 10 millions de tonnes la production normale de la forêt française. Cette estimation négligeait les rémanents, les boqueteaux, les arbres isolés et les déchets considérés comme inutilisables. Sur cette production, la plus grande part (les deux tiers) était utilisée et ne

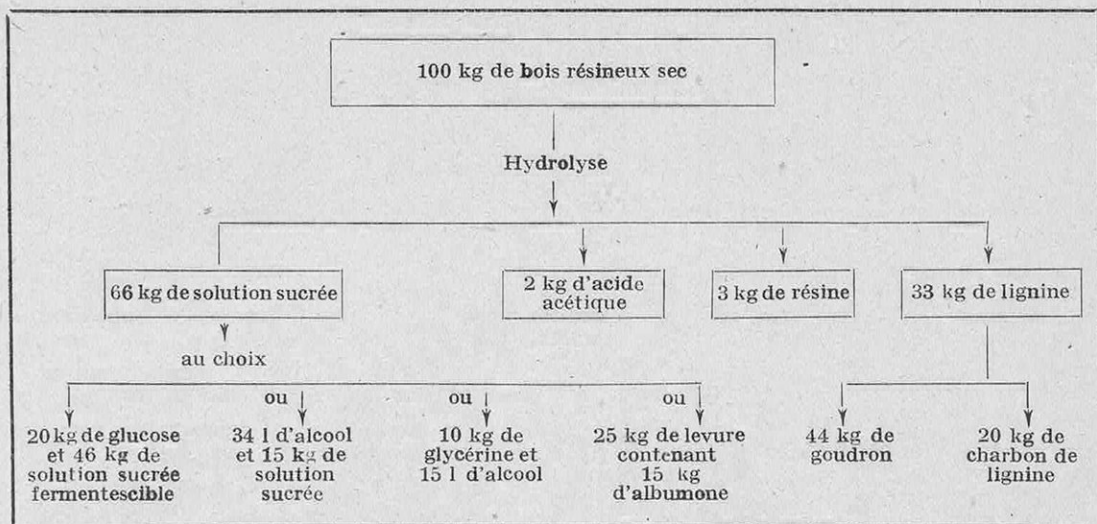


TABLEAU II. — CE QUE L'ON EXTRAIT DU BOIS EN L'HYDROLYSANT PAR LE PROCÉDÉ BERGIUS

saurait être distraite de ses utilisations antérieures, car la demande pour les usages ménagers n'a pas décré, bien au contraire. Il faut donc considérer comme disponibles environ 4 millions de tonnes de bois, et en comptant les rémanents de 9 à 10 millions de tonnes équivalant à 2 700 000 t d'essence. Si l'on veut, sans entamer le capital forestier, augmenter les ressources françaises en carburant, il faut trouver de nouvelles matières végétales carbonisables inemployées jusqu'ici.

Heureusement, les gazogènes sont devenus moins difficiles. Grâce à leur tuyère fonctionnant à très haute température, ils peuvent s'accommoder de charbon à forte proportion de cendres (jusqu'à 7% environ) et de petite dimension (3 cm de diamètre et moins).

Ceci permettra de rapprocher les coupes et de tirer un meilleur parti de la même superficie de terrain.

Enfin, les déchets agricoles de toute sorte deviendront utilisables dans les usines de carbonisation rationnelle que nous venons de décrire et, suivant les régions, les grignons d'olive, les sarments de vigne, etc., pourront remettre en marche de nouveaux moteurs.

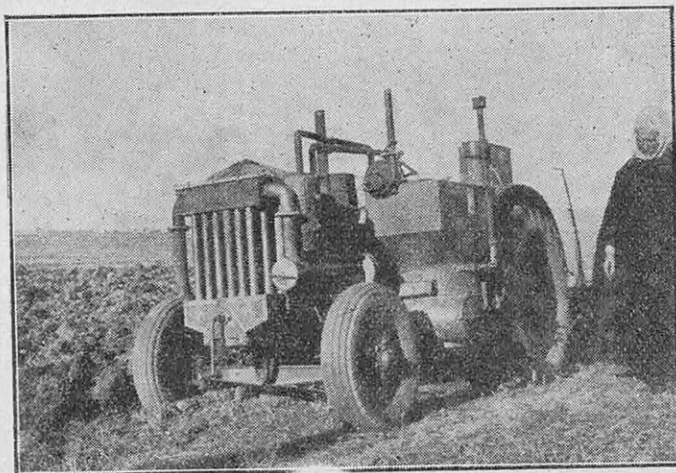
En 1939, on a pu évaluer à 75 millions de tonnes les déchets qui pourraient être carbonisés pour alimenter des gazogènes

à charbon menu. Cette quantité suffirait à faire fonctionner tous les moteurs existant en France. Mais ces chiffres sont si nettement en désaccord avec les statistiques officielles que l'on peut penser qu'ils pèchent un peu par excès d'optimisme.

Quoi qu'il en soit, ils montrent que

c'est par un équipement rationnel du pays en matériel moderne de carbonisation que peut être résolu d'une façon satisfaisante l'angoissant problème des carburants.

F.-S. DE CONDÉ.



I w 5981

FIG. 10. — TRACTEUR AGRICOLE ÉQUIPÉ D'UN GAZOGÈNE POLYCOMBUSTIBLE GOHIN-POULENC

Ce tracteur pourrait fonctionner avec des déchets agricoles carbonisés dans des installations décrites à la figure 6.

LA TRACTION AUTOMOBILE AU GAZ D'ÉCLAIRAGE COMPRIMÉ

par V. RENIGER

Le nombre de véhicules automobiles alimentés au gaz d'éclairage s'est notablement accru depuis plusieurs mois. Le gaz constitue, en effet, un excellent carburant dont la combustion, complète par suite précisément de son état gazeux, produit un nombre de calories inférieur de 5 % seulement à celui de l'essence. L'absence de postes de recharge des bouteilles à haute pression (250 kg/cm²) et d'équipements appropriés à l'alimentation des moteurs empêchait jusqu'ici le développement de l'emploi de ce carburant, national dans la mesure où le charbon distillé pour le produire est lui-même d'origine nationale. La multiplication des stations de compression et la mise au point de détendeurs et de mélangeurs appropriés apportent aujourd'hui une solution pratique au problème de l'utilisation du gaz d'éclairage dans les moteurs à explosion.

PARMI les moyens susceptibles de remplacer l'essence et autres dérivés du pétrole pour la traction automobile, le gaz d'éclairage comprimé connaît, à côté du gazogène au charbon de bois et au bois (1) et à côté de la voiture électrique (2), une faveur de plus en plus grande.

Il s'agit, en l'espèce, d'un carburant dérivé de la houille (3) et dont la fabrication est au point depuis longtemps. Seuls restaient à réaliser un poste de compression et un équipement de véhicule appropriés.

Les avantages de la traction au gaz d'éclairage

La traction au gaz d'éclairage est plus économique que la trac-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 280, décembre, 1940.

(2) Voir dans ce numéro, page 276).

(3) Par la carbonisation de la houille au voisinage de 1000° C, on obtient par tonne :

250 à 300 m³ de gaz d'éclairage;

40 à 50 kg de goudron;

6 à 8 kg de benzol.

tion à l'essence, comme le montre le bilan comparatif (tableau I) établi pour une voiture automobile de tourisme, en l'espèce pour une 11 ch Citroën.

On voit qu'avec du gaz d'éclairage, le kilomètre coûte 16 % moins cher qu'avec de l'essence. Ainsi, le prix de transformation de la voiture est amorti par l'économie réalisée sur le carburant après un parcours de 44 000 km.

De plus, avec le gaz, les départs à froid sont plus aisés, puisque le carburant se trouve déjà à l'état gazeux, alors que l'essence doit être « atomisée », ce qui est d'autant plus difficile à réaliser que le moteur est plus froid.

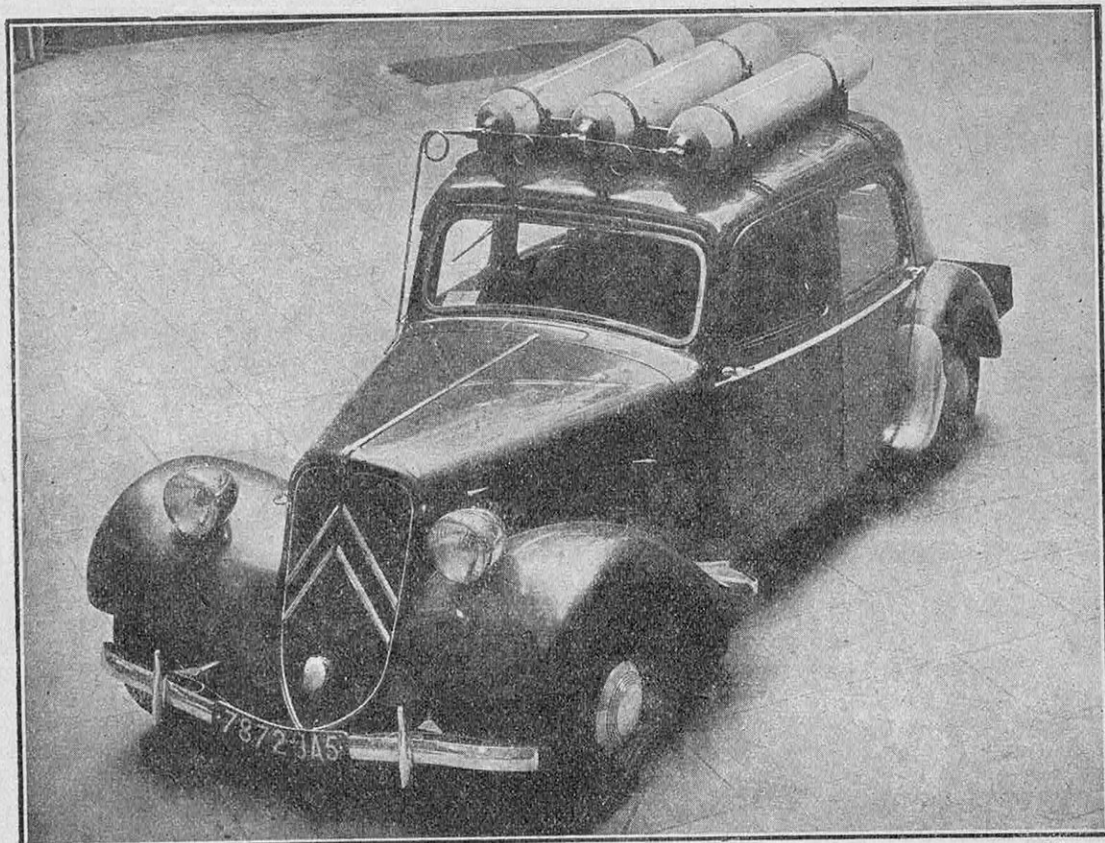
Enfin, le mélange gaz-air est plus parfait que le mélange essence-air qui con-

tient généralement de fines gouttelettes préjudiciables à la bonne combustion. La combustion parfaite du mélange gaz-air diminue le danger de calamine et d'encrassement des bougies. Il en résulte également que les

	ESSENCE	GAZ D'ÉCLAIRAGE A 4 500 cal/m ³
Prix de la voiture.....	25 000 f	25 000 f
Prix de transformation avec trois bouteilles de 40 litres.	25 000 f	11 500 f
Prix total.....	25 000 f	36 500 f
Consommation aux 100 km.	11 litres	20 m ³
Prix du carburant.....	5 f/litre	1 f 46/m ³ (1)
Frais d'amortissement de la voiture pour 100 000 km.	0,25 f/km	0,365 f/km
Frais d'entretien.....	0,035 f/km	0,035 f/km
Prix du carburant.....	0,55 f/km	0,292 f/km
Prix du kilomètre.....	0,835 f/km	0,692 f/km

(1). Prix de l'Usine à gaz de Lyon, novembre 1940.

TABLEAU I. — BILAN COMPARATIF D'EXPLOITATION DE LA VOITURE CITROËN 11 CH MARCHANT A L'ESSENCE ET AU GAZ D'ÉCLAIRAGE COMPRIMÉ



T w 5890

FIG. 1. — VOITURE CITROËN 11 CH LÉGÈRE ÉQUIPÉE AU GAZ D'ÉCLAIRAGE COMPRIMÉ

Les trois bouteilles fixées sur le toit de la voiture ont une contenance de 40 litres et donnent un rayon d'action de 160 km.



T w 5893

FIG. 2. — INSTALLATION DE BOUTEILLES DE GAZ COMPRIMÉ SUR UN AUTOCAR

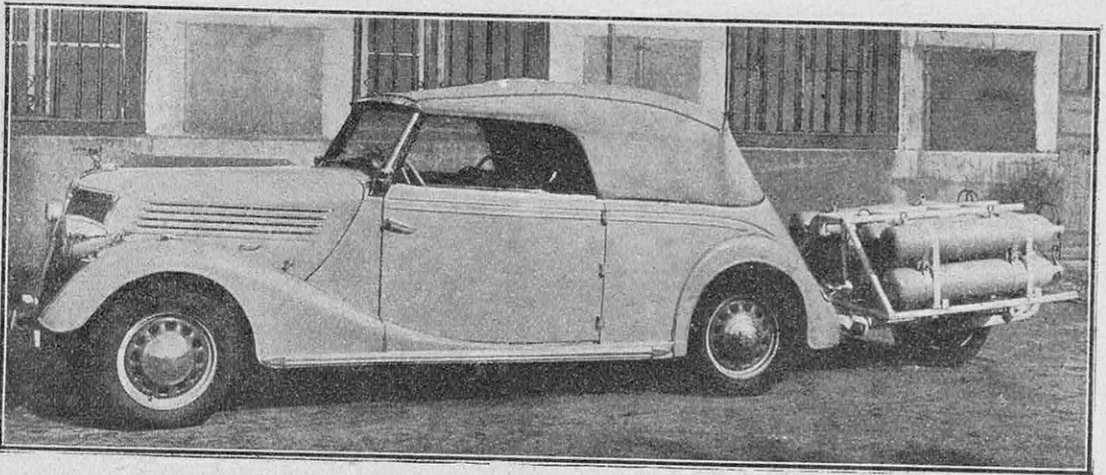


FIG. 3. — VOITURE DE TOURISME AVEC REMORQUE A UNE ROUE PORTANT LES BOUTEILLES DE GAZ COMPRIMÉ

produits de combustion avec le gaz d'éclairage sont inodores et non toxiques, car la quantité d'oxyde de carbone qu'ils contiennent est très faible.

Le mélange gaz-air accuse un pouvoir calorifique de 815 cal/m^3 contre 860 cal/m^3 pour le mélange essence-air, soit une diminution de 5 % environ. La puissance du moteur doit donc être de 5 % inférieure. Pratiquement, par suite des imperfections fréquentes de réglage, on enregistre une perte de puissance de l'ordre de 10 %. On arrive cependant à la rattraper et au delà en augmentant le taux de compression volumétrique du moteur que l'on peut pousser jusqu'à 8 sans crainte de détonation. On ne dépasse généralement pas 7 pour un moteur calculé pour fonctionner à l'essence avec un taux de compression de 6, afin de ne pas trop accroître la pression d'explosion.

Les inconvénients de la traction au gaz d'éclairage

Les principaux inconvénients de la traction au gaz d'éclairage comprimé sont le poids et l'encombrement de l'équipement et la dépendance des postes de chargement.

Le poids élevé et l'encombrement de l'équipement sont dus surtout à la présence des bouteilles contenant le gaz comprimé.

Dans le cas d'une voiture de tourisme, il est difficile de loger plus de trois bouteilles de 50 litres que l'on fixe généralement sur le toit. L'équipement complet, en admettant qu'on utilise la pression maximum de gaz autorisée de 250 kg/cm^2 , pèse 250 kg et chaque bouteille accuse un

diamètre extérieur de 20 cm et une longueur de 1,90 m. Avec du gaz d'éclairage ordinaire (1) à 4500 cal/m^3 , dont $1,8 \text{ m}^3$ équivaut à 1 litre d'essence, le rayon d'action de la voiture sera de 160 km environ (en admettant qu'il s'agisse d'une voiture genre 11 ch Citroën consommant 11 litres aux 100 km et qu'à la fin du parcours il reste encore dans les bouteilles une pression

de 30 kg/cm^2 permettant de regagner le poste de chargement le plus voisin); avec du gaz riche (2) (obtenu par la déshydrogénation du gaz des fours à coke) à

(1) Contenant 2,2 % (en volume) de gaz carbonique, 14,4 % d'oxyde de carbone, 55,6 % d'hydrogène, 22,4 % de méthane et 3,7 % d'azote.

(2) Contenant 6 % (en volume) d'oxyde de carbone, 3 % d'hydrogène, 80 % de méthane, 3 % d'éthylène et 8 % d'azote.

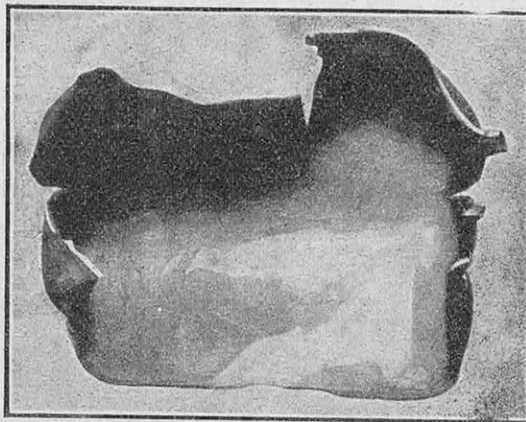


FIG. 4. — CETTE PHOTOGRAPHIE D'UNE BOUTEILLE ÉCLATÉE MONTRE QU'IL N'Y A AUCUN DANGER DE PROJECTION D'ÉCLATS

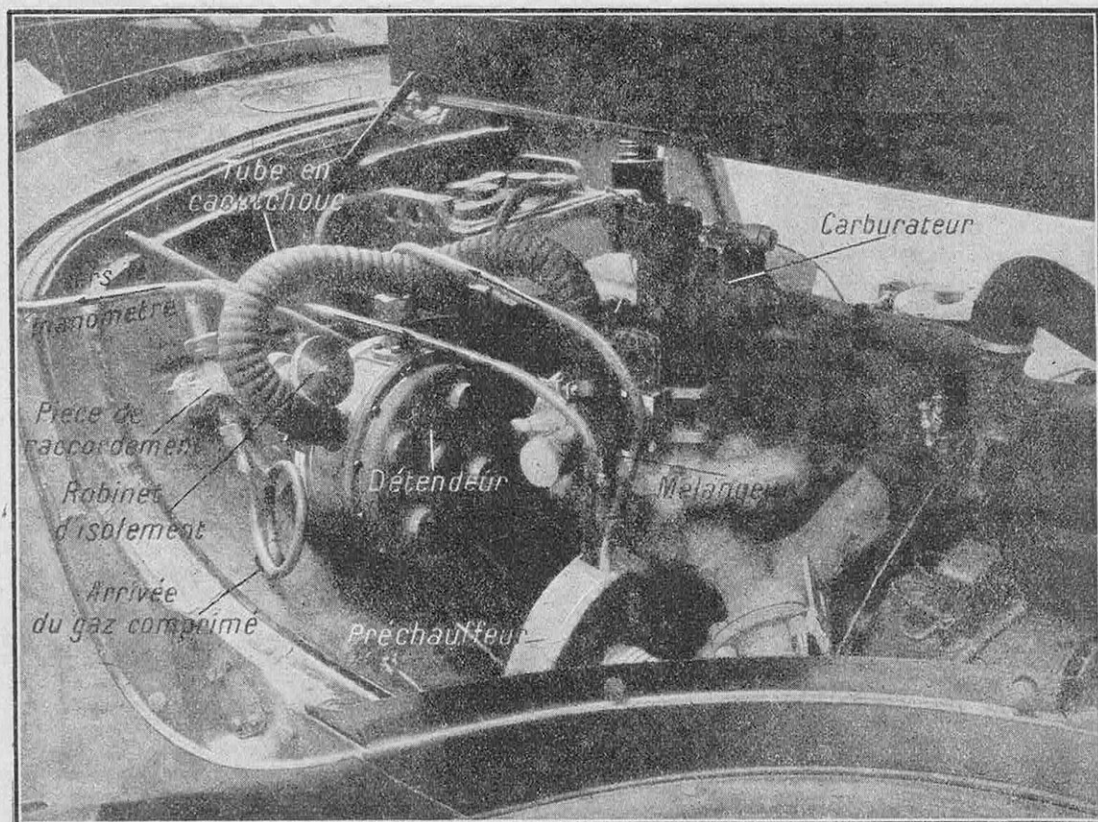


FIG. 5. — ÉQUIPEMENT « TOUT GAZ » D'UNE VOITURE CITROËN 11 CH

T W 5894

Le gaz comprimé arrive par un tube flexible à une pièce de raccordement munie d'un robinet d'isolement. En marche, le gaz passe d'abord par le préchauffeur, puis se rend au détendeur, au mélangeur avant de parvenir aux gicleurs du carburateur et aux cylindres du moteur.

8 000 cal/m³, dont 1 m³ équivaut à 1 litre d'essence, le rayon d'action sera, dans les mêmes conditions, de 300 km.

Dans le cas d'un camion ou d'un autocar, on peut loger jusqu'à dix bouteilles, soit l'équivalent de 61 litres d'essence avec du gaz pauvre, et de 110 litres avec du gaz riche. Avec un autocar genre Citroën 32, consommant 22 litres d'essence aux 100 km, on aura ainsi un rayon d'action respectivement de 275 et de 500 km. Le poids de l'équipement complet est de 850 kg.

L'accroissement du poids mort et la légère diminution de la puissance du moteur entraînent une diminution de la vitesse maximum en palier de 10 % environ.

L'équipement des véhicules : les bouteilles

L'équipement au gaz d'éclairage comprimé comporte essentiellement :

— un certain nombre de bouteilles contenant du gaz comprimé entre 200 et 250 kg/cm² ;

- un ou deux détendeurs ;
- un mélangeur ;
- et un superhuileur.

Les bouteilles peuvent être disposées de plusieurs manières : sur le toit (fig. 1 et 2), installation assez fréquente pour les voitures et cars de tourisme ; sur les côtés ; sous la plate-forme ; derrière la cabine du conducteur ; horizontalement ou verticalement derrière la carrosserie, dans une position inclinée, sur les véhicules poids lourds ou, enfin, sur une remorque (fig. 3).

Quel que soit le mode adopté, il est évidemment recommandable de placer les bouteilles symétriquement par rapport à l'axe du véhicule, de façon à ne pas élever anormalement son centre de gravité.

Les bouteilles sont fixées solidement en interposant entre elles et le support un calage en bois, en cuir, etc., pour éviter tout frottement métallique et laisser toute liberté aux légères déformations qui pourraient se produire dans le châssis.

L'emploi de la remorque a les avantages suivants :

— la voiture reste intacte et n'est pas surchargée par les bouteilles, ce qui nécessite souvent un renforcement des ressorts de suspension ;

— on peut facilement augmenter le nombre des bouteilles et, par conséquent, le rayon d'action de la voiture : la remorque représentée (fig. 3)

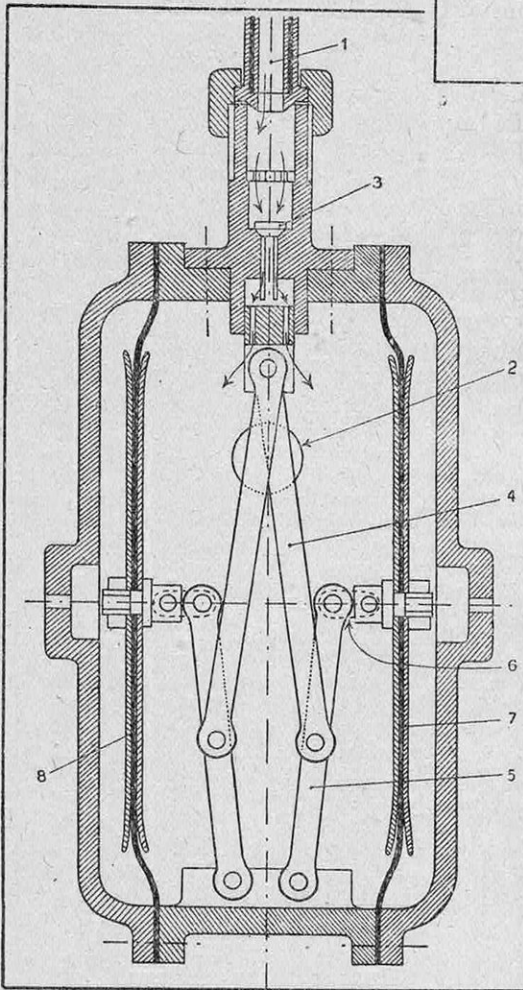


FIG. 6. — SCHÉMA DU DÉTENTEUR « TOUT GAZ »

1, arrivée du gaz comprimé ; 2, départ du gaz détendu. Au repos, l'arrivée du gaz est fermée par la soupape 3 appliquée sur son siège par la pression du gaz. Au démarrage, la dépression du moteur détermine le déplacement des membranes 7 et 8 vers le centre ; le pantographe 4, 5, 6, soulève la soupape 3 et le gaz pénètre dans le détendeur ; la dépression se trouvant diminuée, les membranes tendent à s'écarter à nouveau et la soupape lamine l'arrivée du gaz, d'où une perte de pression.

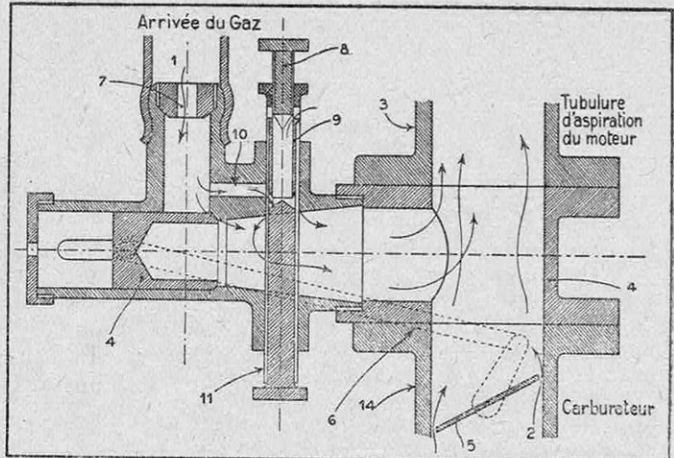


FIG. 7. — SCHÉMA DU MÉLANGEUR UTILISÉ AVEC LE DÉTENTEUR « TOUT GAZ »

Le mélangeur est placé entre le carburateur 14 et la tubulure d'admission 3. Au repos, l'arrivée d'air 2 est fermée par le papillon du carburateur et celle de gaz 1 par la soupape 4. Au démarrage, la pédale d'accélérateur ouvre progressivement le papillon 5 et la soupape 4 par l'intermédiaire de la tringle 6. Le dosage correct du gaz pendant la marche est assuré par l'orifice 7 qui doit être réglé selon la qualité du gaz utilisé (ordinaire ou riche). Au ralenti, papillon du carburateur fermé, le dosage de l'air est assuré par la vis 8 qui dégage convenablement les trous d'air de la vis 9 et par la vis 9 qui règle l'ouverture de l'orifice 10 par où arrive le gaz. La quantité de mélange admise au moteur et par suite la vitesse du ralenti sont réglées par la vis 11.

comporte huit bouteilles de 30 litres, permettant de doubler le rayon d'action par rapport à la formule de la figure 1 avec trois bouteilles de 40 litres. Le poids de la remorque est de 450 kg environ.

La remorque à une roue articulée élastiquement en deux points à l'arrière de la voiture présente sur la remorque à deux roues simplement accrochée l'avantage de permettre la manœuvre de la voiture, même en marche arrière, comme s'il n'y avait pas de remorque ; grâce à l'articulation élastique en deux points, la remorque suit fidèlement la manœuvre, la roue pouvant glisser latéralement, mouvement impossible dans le cas d'une remorque à deux roues, simplement accrochée.

Les seuls inconvénients de la remorque sont son prix et la résistance accrue à l'avancement.

Les bouteilles sont généralement en acier spécial forgé (au nickel, chrome, molybdène) accusant une résistance à la rupture de 80 à 90 kg/mm² et un allongement de 12 à 14 % ; on les fabrique éga-

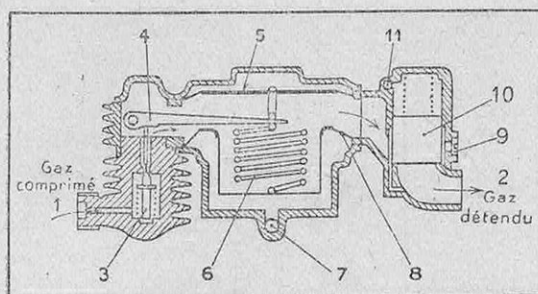


FIG. 8. — SCHÉMA DU DÉTENDEUR-DOSEUR AUTOMATIQUE L.E.M. ADOPTÉ PAR LES AUTOMOBILES LAFFLY

Au repos, la soupape 3 obture l'arrivée 1 du gaz comprimé. Au démarrage, la dépression dans la tubulure d'admission se communique par 7 sous le détendeur. La membrane 8 s'abaisse détendant le ressort 6. La membrane 5 s'abaisse également et le levier 4, commandant la soupape 3, ouvre l'admission du gaz. D'autre part, le piston 10 se soulève sous l'effet de la dépression de la buse du carburateur venant par l'orifice 11 et démasque des ouvertures réglables par la vis 9. Le gaz détendu sort en 2. La dépression dans la buse du carburateur variant dans le même sens que le débit d'air, il s'ensuit que le débit de gaz détendu augmente en même temps que celui de l'air, d'où un dosage automatique d'air et de gaz. Cet appareil fournit le gaz sous une légère pression.

lement en alliage d'aluminium. D'après les règlements, la fatigue maximum en service ne doit pas dépasser le tiers de la résistance à la rupture. Leur capacité varie de 30 à 50 litres et elles sont timbrées entre 200 et 250 kg/cm². Avec un diamètre extérieur de 20 cm environ, leur longueur varie suivant la capacité entre 1,2 à 1,9 m. Une bouteille de 50 litres en acier à 85 kg/mm², timbrée à 250 kg/cm², pèse 74 kg. Si l'on considère que 50 litres de gaz à 250 kg/mm² donnent 12,5 m³ à la pression atmosphérique et que 1 litre d'essence équivaut pratiquement à 1,8 m³ de gaz pauvre, on obtient pour le poids de la bouteille rapporté à l'équivalent d'un litre d'essence le chiffre impressionnant de 10,6 kg.

Pour le gaz riche défini plus haut, le poids spécifique ci-dessus est plus avantageux. Pour ce gaz, on compte pratiquement 1 m³ de gaz pour 1 litre d'essence, de sorte que le poids de la bouteille rapporté à l'équivalent d'un litre d'essence n'est que de 5,9 kg.

Certains fabricants essayent de lancer sur le marché des bouteilles en acier de résistance supérieure; avec de l'acier autotrempeant à 180 kg/mm², on aurait réalisé une réduction de poids de 50 %, ce qui donnerait un équivalent de 3 kg environ par litre d'essence, soit un poids

encore de beaucoup supérieur à celui d'un réservoir d'essence classique.

Faut-il craindre l'éclatement des bouteilles?

Avec de l'acier tenace employé normalement, il n'y a pas de danger de projection d'éclats, comme le montre la figure 4 représentant une bouteille de 7 litres de capacité, de 138 mm de diamètre après l'éclatement obtenu par la pression de gaz à 510 kg/cm².

Le seul danger consiste dans la projection de la bouteille elle-même au moment de l'éclatement, projection sous l'effet de la réaction du gaz. Les bouteilles éclatées sont toujours largement ouvertes (fig. 4).

Le gaz d'échappement de la bouteille éclatée se détend brusquement et sa température baisse. Il ne s'enflamme qu'au contact d'un point incandescent.

On peut dire que le danger d'incendie lors d'éclatement d'une bouteille est moindre que lors d'éclatement d'un réservoir d'essence. En effet, le gaz s'échappe immédiatement dans l'atmosphère, tandis que l'essence reste sur place et présente un danger permanent d'incendie.

Détendeurs et mélangeurs

Le gaz comprimé des bouteilles doit être détendu à une pression voisine de

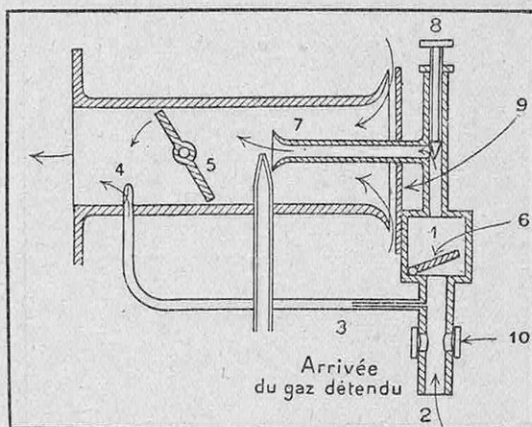


FIG. 9. — SCHÉMA DU MÉLANGEUR PRÉCONISÉ PAR M. PIGNOT

Au ralenti, papillon 5 fermé, le gaz arrive par la canalisation 3 au gicleur de ralenti 4. En marche, papillon 5 ouvert, la dépression dans le corps du carburateur se fait sentir par 7 dans la boîte 1. Le clapet 6 s'ouvre et le gaz peut passer. Son débit est réglé par la vis 8 et celui de l'air par le volet 9. Pour passer du gaz à l'essence, il suffit de faire tourner la bague 10 qui démasque deux entrées d'air, ce qui coupe immédiatement la dépression sur le détendeur et le clapet 6 se ferme.

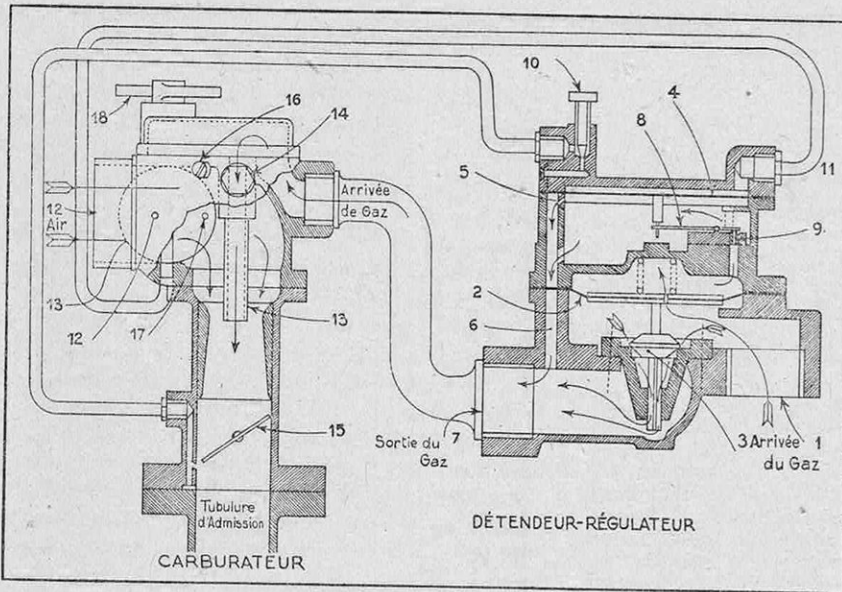


FIG. 10. — SCHÉMA DU DÉTENDEUR-RÉGULATEUR ET DU CARBURATEUR AMÉRICAINS « ENSIGN »

A droite, le détendeur régulateur qui a pour but de fournir le gaz à la pression de 5 mm d'eau environ pendant la marche. Il reçoit en 1 le gaz déjà détendu à 250 mm d'eau. Au repos, la membrane 2 est en équilibre, le gaz passant par un petit trou pratiqué dans la membrane. La soupape 3 est fermée. De même, la membrane 4 est en équilibre car ses deux faces sont soumises à la pression atmosphérique, d'une part par 11 relié à l'entrée d'air au carburateur, d'autre part par 5, 6 et 7 à la chambre d'entrée de gaz au carburateur. Au démarrage, l'aspiration crée une dépression sous 4 qui s'abaisse et, par le levier 8, ouvre la busette 9. Le gaz situé au-dessus de la membrane 2 s'échappe, celle-ci se soulève et ouvre la soupape 3. Le gaz passe vers le carburateur. En marche, lorsque le gaz passe par 3 et 7, la dépression créée au démarrage sous 4 diminue, 9 se ferme partiellement, la pression au-dessus de la membrane 2 croît légèrement et la soupape 3 lamine le passage du gaz. Le réglage est tel que la pression du gaz à la sortie 7 est de 5 mm d'eau. A l'arrêt, l'équilibre se rétablit et la soupape 3 se ferme. Au ralenti, la dépression du mélange air-gaz. En marche normale, le gaz arrive en 12 et passe par le gicleur principal 13. L'air arrive en 12, l'étrangleur 13 étant ouvert, et se mélange dans la buse en proportion convenable avec le gaz dont l'arrivée est réglée par la vis 14. Le débit du mélange est réglé par le papillon 15. Au ralenti, l'étrangleur 13 est fermé, l'arrivée du gaz est réglée par la vis 16 et celle de l'air par l'orifice 17. La commande de l'étrangleur est assurée par le levier 18.

la pression atmosphérique avant de se rendre au mélangeur où il rencontre l'air nécessaire à sa combustion complète dans le moteur. Notons tout d'abord que les bouteilles sont reliées entre elles par une

canalisation de 5 mm environ de diamètre intérieur, à parois épaisses de cuivre recuit ou d'acier doux étiré, et comportant des boucles rendant la liaison flexible.

L'installation d'ensemble sur le moteur (fig. 5) comprendra, par exemple, d'abord une pièce de raccordement comportant un robinet d'isolement, à laquelle aboutit le tube d'amenée de gaz et qui est munie d'un robinet d'isolement. De là, le gaz est conduit d'une part au manomètre fixé sur le tableau de la voiture, d'autre part au détendeur après passage par un préchauffeur voisin de la tuyauterie d'échappement (afin d'éviter le givrage de la soupape de détente). Le gaz détendu passe ensuite dans le mé-

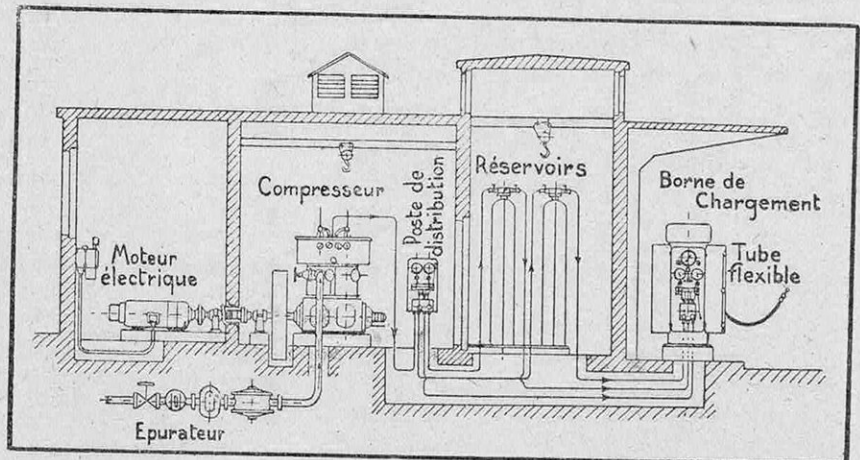
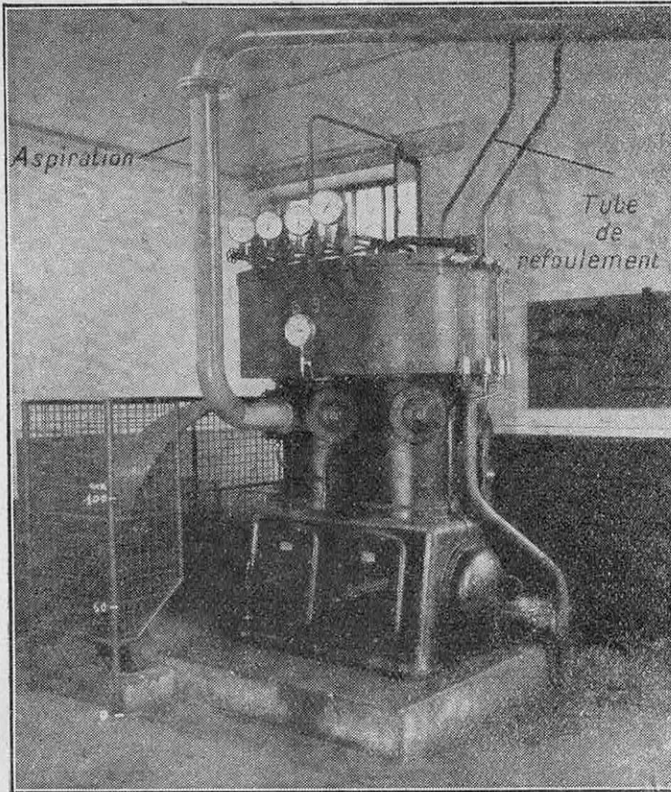


FIG. 11. — COUPE SCHÉMATIQUE D'UN POSTE DE COMPRESSION MODERNE



T w 5896

FIG. 12. — LE COMPRESSEUR DE L'USINE A GAZ DE LYON-PERRACHE

languer disposé entre la tubulure d'aspiration du moteur et le carburateur à essence.

Le problème à résoudre dans le détendeur consiste, d'une part, à maintenir fermée l'admission du gaz lorsque le moteur est au repos, d'autre part à assurer le laminage du gaz pendant la marche. C'est donc le démarrage du moteur qui doit produire l'ouverture de l'arrivée du gaz. On fait appel pour cela à l'aspiration même du moteur qui, agissant sur des membranes élastiques, provoque l'ouverture de soupapes appropriées.

Dans le mélangeur, l'arrivée d'air est commandée par la pédale de l'accélérateur qui doit doser les volumes d'air et de gaz pour une combustion complète. Dans le cas du gaz d'éclairage ordinaire, il faut, théoriquement, 3,8 volumes d'air pour 1 volume de

gaz ; avec le gaz riche, il faut 6,7 volumes d'air.

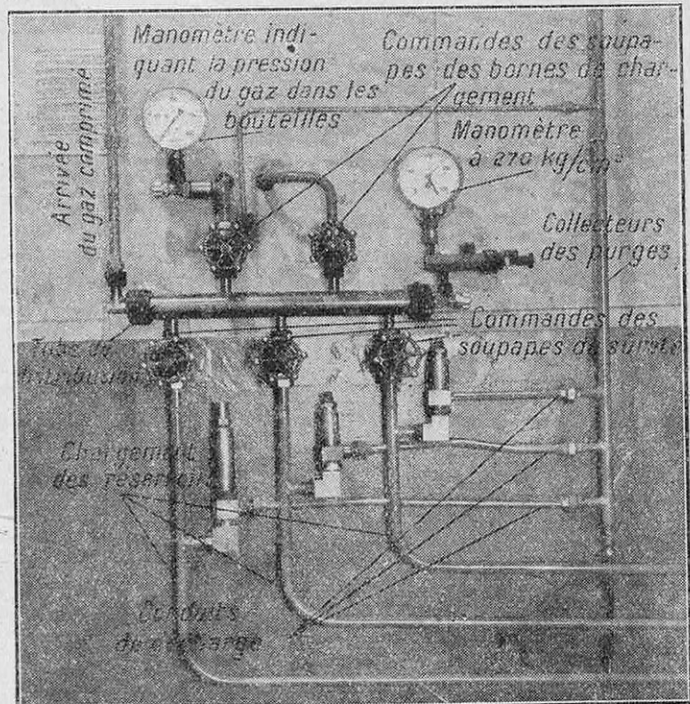
Les illustrations (fig. 6, 7, 8, 9, 10) montrent le fonctionnement de détendeurs et de mélangeurs parmi ceux qui sont actuellement employés.

Les postes de compression

Le développement de la traction au gaz d'éclairage comprimé est subordonné à la multiplication des postes de compression qui se substituent pour ce cas particulier aux postes de distribution d'essence.

Un poste de chargement ou de compression comporte essentiellement un compresseur à pistons (fig. 11 et 12) à trois ou quatre étages de compression actionné par un moteur électrique à l'aide d'un réducteur.

Avant de pénétrer dans le compresseur, le gaz est débarrassé des traces de poussières à l'aide d'une épurateur (fig. 11).



T w 5895

FIG. 13. — POSTE DE DISTRIBUTION DE L'USINE A GAZ DE LYON-PERRACHE

Le gaz, comprimé généralement à 350 kg/cm^2 , est dirigé vers un poste de distribution (fig. 11 et 13) comportant un jeu de soupapes permettant de l'envoyer soit dans des réservoirs d'accumulation, soit directement vers la borne de chargement.

Les véhicules sont chargés à la borne comportant un jeu de soupapes permettant de brancher les bouteilles du véhicule soit sur l'un des réservoirs, soit directement sur le compresseur (1).

Le poste de compression de l'usine à gaz de Lyon (Perrache) comporte un compresseur Burckhardt à quatre étages débitant $200 \text{ m}^3/\text{h}$ de gaz sous 250 kg/cm^2 .

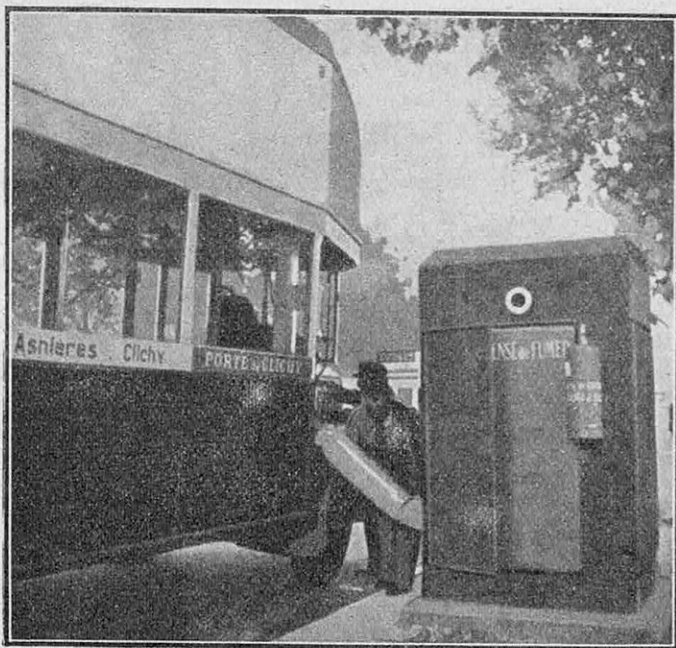
Le poste de distribution et la borne sont simplifiés. Les réalisations modernes prévoient généralement une séparation de ces deux organes.

Le prix de compression est relativement minime. C'est ainsi que le débit de $200 \text{ m}^3/\text{h}$ sous 250 kg/cm^2 est assuré à l'usine à gaz de Lyon à l'aide d'un moteur de 60 kW. Avec un prix* de 0,35 f le kWh, on arrive à une dépense de 21 f, soit 0,10 f le m^3 .

Certaines industries, gros consommateurs de gaz d'éclairage, ne paient que 0,70 f environ le m^3 ; en y ajoutant 0,10 f de frais de compression, on arrive à 0,80 fr le m^3 de gaz comprimé. En admettant, avec les frais d'exploitation, 1 f le m^3 et en reprenant le bilan de la page 350, on trouve facilement que, par rapport à l'essence, la traction au gaz

(1) Les postes de compression actuellement en service sont au nombre de 45, d'une capacité de 20 à $600 \text{ m}^3/\text{h}$, dont 5 à Paris et dans la région parisienne, de $400 \text{ m}^3/\text{h}$; 4 à Lyon (3 de $200 \text{ m}^3/\text{h}$); 1 à Toulon; 1 à Saint-Etienne; 1 à Toulouse; 1 à Dijon; 1 à Lille; 1 à Strasbourg, et le reste dans d'autres villes réparties sur tout le territoire du pays (capacités les plus courantes, 200 et $400 \text{ m}^3/\text{h}$).

Les postes en cours de construction ou à construire sont au nombre de 77, d'une capacité variant en général de 200 à 400 et à $600 \text{ m}^3/\text{h}$, dont 15 à Paris et dans la région parisienne; 1 à Nancy; 1 à Brest; 1 à Carcassonne; 1 à Orléans; 1 à Saint-Etienne; 4 à Bordeaux, 1 à Arras, etc...



T W 5897

FIG. 14. — CHARGEMENT D'UN AUTOBUS PARISIEN AU GAZ NON COMPRIMÉ

A défaut de postes de compression, on peut emmagasiner le gaz, tel qu'il est débité par les canalisations urbaines, dans des ballonnets fixés sur le véhicule. Sur l'autobus ci-dessus, le gaz est contenu dans un ballonnet de 18 m^3 placé sur le toit dans une caisse en bois. Le rayon d'action est de 15 km, la durée du chargement de 3 mn.

entraîne une économie en carburant de 57 %.

La durée de chargement des bouteilles d'un véhicule est de l'ordre de 5 à 8 minutes.

Pour accélérer l'opération, on groupe les réservoirs en deux ou trois étages de pression. On commence le chargement en mettant les bouteilles du véhicule en communication avec les réservoirs basse pression est insuffisante) par le compresseur on complète parfois le chargement (lorsque la pression des réservoirs haute pression est insuffisante) par la compression directement.

Le gaz envoyé dans les postes de chargement doit être bien débénzolé, afin d'éviter les condensations de benzol après la première compression.

Les postes de chargement sont beaucoup plus coûteux que les postes de distribution d'essence. Un poste à deux compresseurs de $200 \text{ m}^3/\text{h}$ chacun à 350 kg/cm^2 coûte actuellement 1,5 million de francs environ.

V. RENIGER.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

Équipement de véhicules automobiles au gaz de ville comprimé

L'ÉTUDE de notre collaborateur, M. Reniger, paraissant dans ce même numéro, démontre que le gaz de ville comprimé est un carburant de remplacement de choix (1).

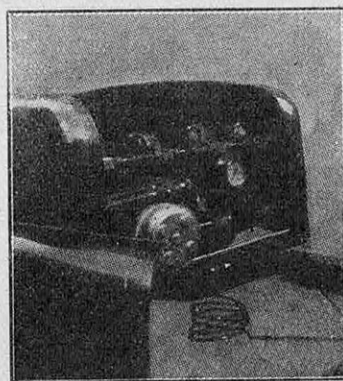
Son emploi n'est pas dangereux; il est moins coûteux que l'essence et assure un rendement presque

(1) Voir, dans ce numéro, page 350, l'article sur la Traction Automobile au gaz de ville comprimé.

équivalent. En effet, 1,8 m³ de gaz correspondent à 1 litre d'essence, ce qui ramène le prix du litre-carburant à environ 3,50 fr (suivant le prix du gaz dans les différentes localités). L'amortissement complet de l'équipement est donc rapidement réalisé par l'économie résultant de l'emploi du gaz et compte tenu des règlements en faveur des véhicules ainsi équipés.

Tout véhicule muni d'un moteur à explosion est susceptible de fonctionner au gaz de ville, et des milliers de kilomètres ont été parcourus à ce jour à l'entière satisfaction des usagers.

Une récente organisa-



T W 6057

FIG. 2. — INSTALLATION DE L'APPAREILLAGE « GAZCO » SUR UNE REMORQUE

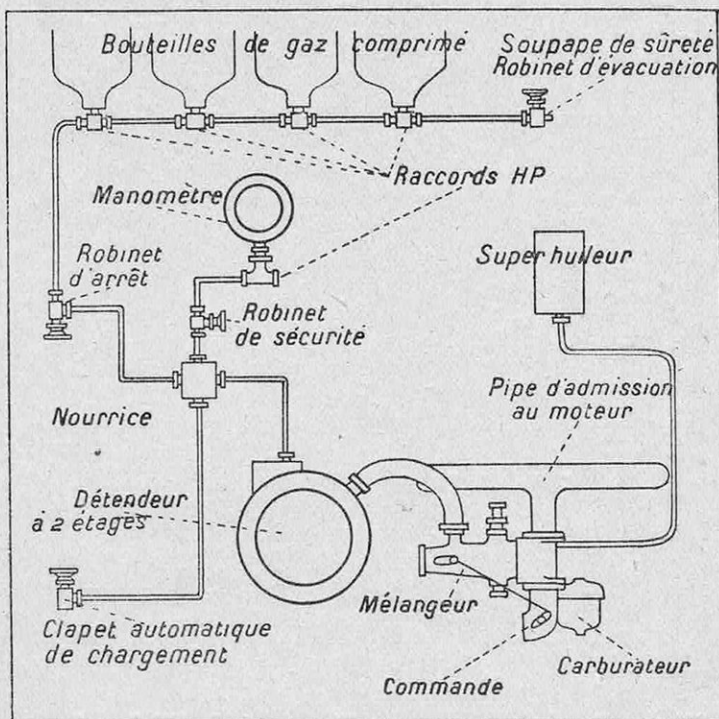


FIG. 1. — SCHÉMA DU MONTAGE DE L'APPAREILLAGE « GAZCO »

tion, dite « GAZCO » (Compagnie Auxiliaire de Sidérurgie de Vichy), de conception française, s'inspirant des principes énoncés dans l'article précédent, pour favoriser, dans la mesure du possible, le développement de l'utilisation du gaz de ville comprimé pour la traction automobile, a réuni l'ensemble du matériel nécessaire à une installation rationnelle pouvant s'adapter sur tous les véhicules. Cette installation sur un véhicule pour sa marche au gaz de ville comprimé est d'ailleurs très simple.

Elle comprend les réservoirs pour le gaz comprimé à 250 kg/cm², consistant en 2, 3 ou 4 bouteilles en acier étiré, ou plus, suivant le rayon d'action que l'on désire s'assurer. La capacité de chacune de ces bouteilles donne une équivalence-essence actuelle de 4, 5 ou 7 litres, suivant le type de bouteille choisi. Ces bouteilles sont reliées entre elles par un tuyau haute

pression en acier et peuvent être fixées, suivant la conformation du véhicule, sur le toit, le long du châssis ou sur une remorque spéciale.

Un détendeur automatique et un mélangeur permettent la détente du gaz à la pression d'utilisation et son mélange avec l'air. Le détendeur automatique avec filtre, peu encombrant, se fixe sous le capot du véhicule ou, le cas échéant, sur la remorque transportant les bouteilles. Le mélangeur s'adapte sur la bride originale du carburateur de la voiture. Un manomètre, fixé entre les bouteilles et le détendeur, permet de contrôler constamment la quantité de gaz disponible.

Le gaz n'ayant, évidemment, aucune qualité lubrifiante, il faut adjoindre

un dispositif de super-huilage.

Cette installation ne demande aucune modification particulière du moteur. Un dispositif permet de passer, par la simple manœuvre d'un robinet, de la marche « Essence » à celle du « Gaz » et vice versa.

La recharge des bouteilles est assurée par l'intermédiaire d'un clapet automatique, de type standard, permettant d'effectuer cette recharge à l'une quelconque des stations de compression qui sont ou qui vont être installés en France.

Il semble, dès à présent, que l'on puisse encore prévoir l'équipement d'environ 2 500 à 3 000 véhicules utilitaires, pour lesquels le gaz-carburant disponible est réservé par priorité.

Les plus petits tubes de radio

LA recherche du minimum d'encombrement pour les tubes de radio se justifie chaque fois qu'il s'agit d'appareils transportables. C'est le cas, par exemple, des amplificateurs utilisés pour les sourds. Les pentodes HY 245 et HY 255 semblent détenir le record. Elles n'occupent, en effet, qu'un volume de 3,1 cm³ et leur diamètre n'excède pas 1,13 cm. Pour les fréquences audibles, elles sont, paraît-il, très satisfaisantes. La HY 245 est une lampe amplificatrice qui doit précéder la HY 255, lampe de sortie à grande puissance. Deux de ces dernières, montées en push-pull, peuvent actionner un haut-parleur.

BULLETIN D'ABONNEMENT (284)

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 affran-	1 an.....	55 fr.
chis.....	6 mois.....	28 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	65 fr.

ÉTRANGER

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

Envois simplement affran-	1 an.....	100 fr.
chis.....	6 mois.....	52 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	120 fr.
	6 mois.....	65 fr.

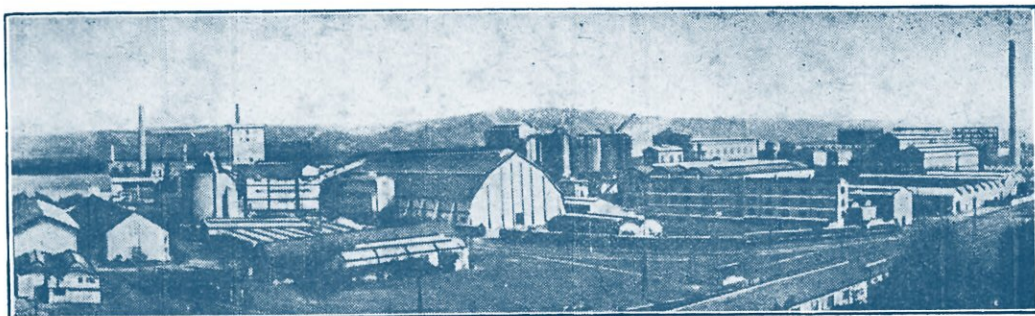
Pour les autres pays :

Envois simplement affran-	1 an.....	90 fr.
chis.....	6 mois.....	46 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	110 fr.
	6 mois.....	56 fr.

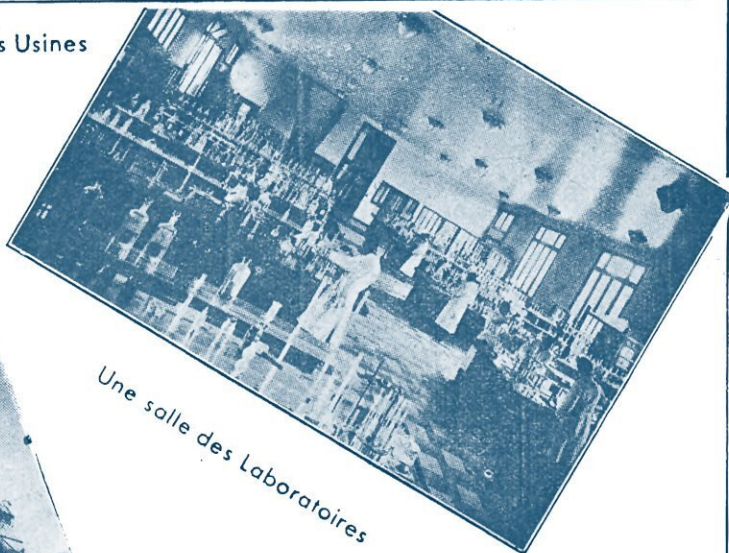
Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats-cartes ou chèques postaux de préférence. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 1 franc en timbres-poste.

"LA SCIENCE ET LA VIE"

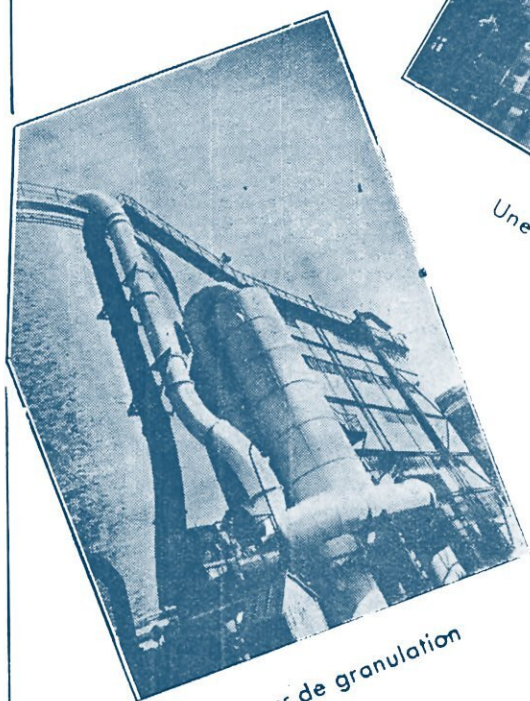
Rédaction et Administration : actuellement : 22, rue Lafayette, Toulouse (H^o-G^o)
Chèques Postaux : Toulouse 184.05



Vue Générale extérieure des Usines

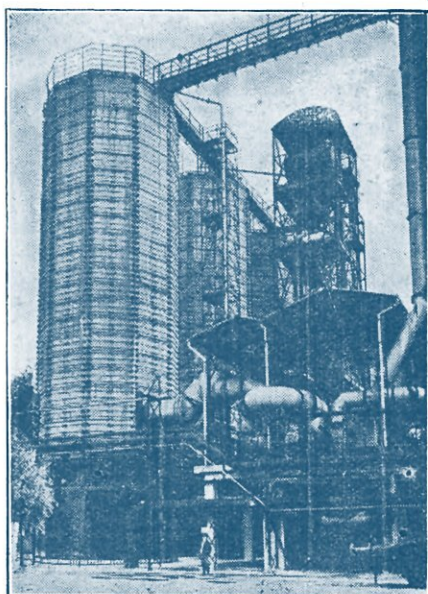


Une salle des Laboratoires



Tour de granulation

Usine d'acide nitrique



OFFICE NATIONAL INDUSTRIEL DE L'AZOTE



ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL DE NAVIGATION ÉCOLE

NICE, 21, boul. Frank-Pillat
TÉLÉPHONE 61.14
(Pendant la guerre)

PARIS, 152, Avenue Wagram
TÉL. WAGRAM 27.97

Cours sur place ou par correspondance

Par correspondance

Sur place et par correspondance

INDUSTRIE

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

PONTS & CHAUSSÉES ET GÉNIE RURAL

ADJOINT TECHNIQUE ET INGÉNIEUR ADJOINT.

COMMERCE - DROIT

SECRÉTAIRE, COMPTABLE ET DIRECTEUR, CAPACITÉ ET LICENCE EN DROIT.

AGRICULTURE

AGRICULTURE GÉNÉRALE, MÉCANIQUE ET GÉNIE AGRICOLE.

SECTION SCIENCES

Étude 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 Baccalauréats.

MARINE MARCHANDE

Les nouvelles constructions prévues pour la Marine Marchande ainsi que son futur développement et les nouveaux statuts qui sont prévus en font une carrière des plus intéressantes pour les jeunes gens.

On peut être admis à partir de 13 ans dans les cours préparatoires, à 16 ans dans le cours d'Aspirant. Les examens officiels d'Élève Officier ont lieu à 17 ans.

Examens officiels préparés à l'École : Entrée dans les Écoles de Navigation, Brevet d'Élève-Officier (Pont, Machines, T.S.F.), Brevets de Lieutenants, d'Officiers-Mécaniciens et d'Officiers Radios, Cours spécial d'Aspirant.

AIR ET MARINE

ÉCOLE DE MAÎSTRANCE

Ces écoles sont ouvertes. Prochain Concours prévu pour juillet prochain.

Les engagements reprennent dans la Marine et l'Aviation. En particulier, les radios sont admis avec le brevet provisoire quand ils sont titulaires du diplôme spécial de l'École du Génie civil.

Les mécaniciens et armuriers ont un examen à subir auquel prépare l'École.

AVIATION CIVILE

Brevets de Navigateurs aériens. Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs Adjointes Météorologistes.

PROGRAMMES GRATUITS

Joindre un timbre pour toute réponse

Inscriptions par correspondance à toute époque

Rentrée sur place au 1^{er} janvier

