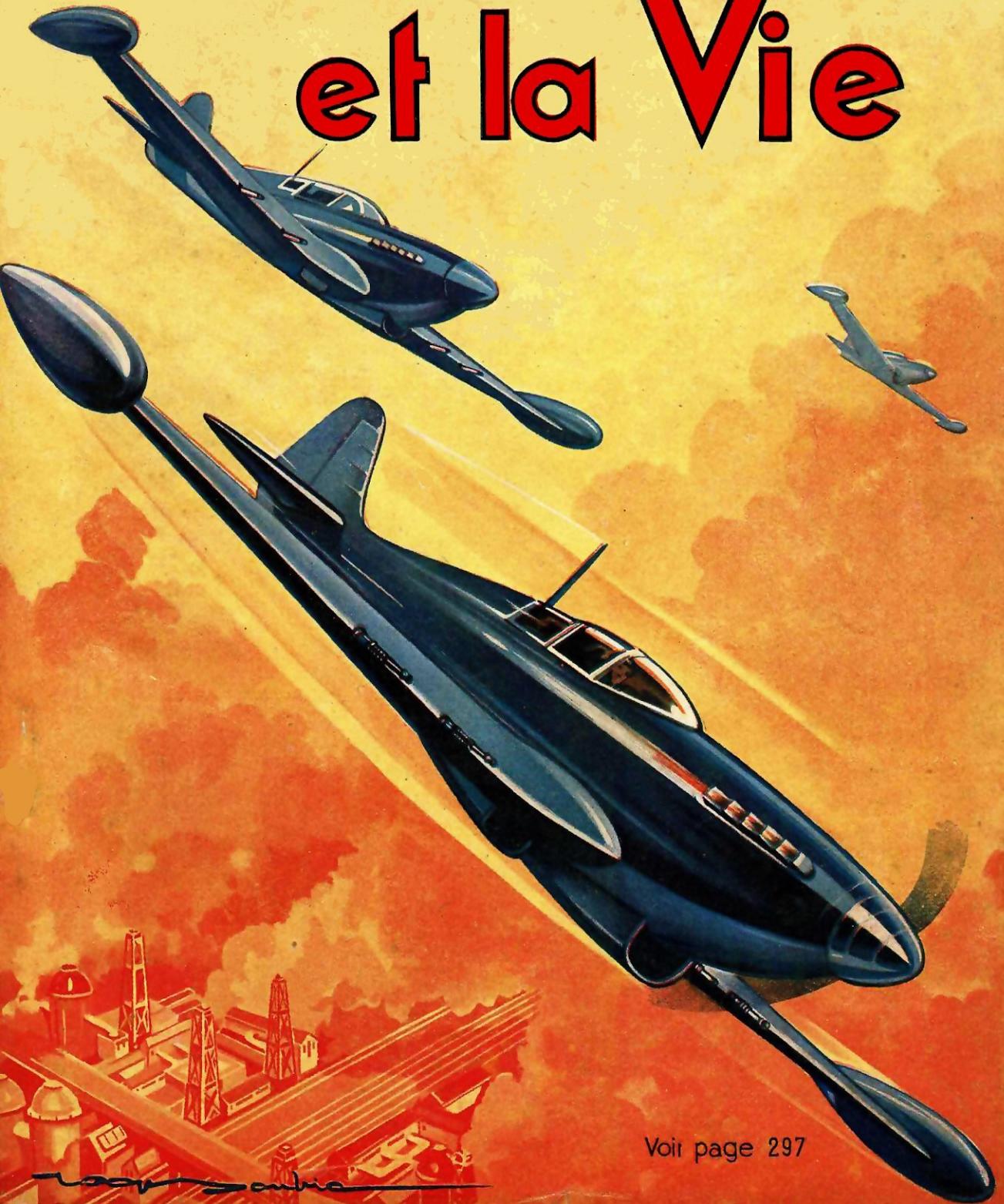


Juin 1942

6 francs

# la Science et la Vie



Voir page 297

# ECOLE SPECIALE DE T.S.F.

Normalement à SECTION DE L'ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL Pendant la guerre :  
**PARIS** **NICE**  
Sauf pendant la guerre Fondée en 1917  
152, Avenue de Wagram 3, Rue du Lycée

## COURS PAR CORRESPONDANCE

(Inscription à toute époque)

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

### SECTION ADMINISTRATIVE

L'importance de cette section est des plus grandes, car les seuls brevets de Radiotélégraphiste *délivrés par l'Etat* sont les trois certificats que délivre après examen le Ministre des P. T. T. :

#### CERTIFICAT SPÉCIAL

Accessible aux jeunes gens ayant une bonne instruction primaire.

#### CERTIFICAT DE 2<sup>e</sup> CLASSE

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

#### CERTIFICAT DE 1<sup>re</sup> CLASSE

Accessible aux jeunes gens ayant terminé la classe de première de lycée.

#### A QUOI SERVENT CES BREVETS ?

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

Le *certificat de 2<sup>e</sup> 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<sup>re</sup> classe* permet de devenir officier chef à bord des navires de commerce. Il est exigé pour se présenter à tous les concours administratifs : Aviation civile, Police, P. T. T., etc.

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

#### DIPLOME DE RADIOTÉLEGRAPHISTE DE LA MARINE MARCHANDE

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

Les candidats doivent posséder la 1<sup>re</sup> ou 2<sup>e</sup> classe P. T. T.

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

### SECTION INDUSTRIE

#### COURS DE MONTEUR-DÉPANNÉUR

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

#### COURS D'ADJOINT TECHNIQUE OU D'OPÉRATEUR

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

#### COURS DE RADIOTECHNICIEN OU CHEF DE POSTE

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

#### COURS DE SOUS-INGÉNIEUR

*Algèbre. Géométrie. Trigonométrie. Règle à calcul. Mécanique. Résistance des matériaux. Electricité (courant continu, courant alternatif). Unités des mesures électriques. Mesures électriques. Radioélectricité théorique et appliquée. Émission. Réception. Installation et ensemble. Ondes dirigées. Machines et moteurs thermiques, etc.*

#### COURS D'INGÉNIEUR

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

## COURS SUR PLACE

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

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

# Les cours par correspondance de L'ECOLE UNIVERSELLE

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

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

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

- BROCHURE N° L. 731.** — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Certificat d'études, Bourses, Brevets, Certificat d'aptitude pédagogique, etc.
- BROCHURE N° L. 732.** — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Examens de passage, Certificat d'études classiques ou modernes du premier cycle, Diplôme de fin d'études secondaires, Baccalauréats, etc.
- BROCHURE N° L. 733.** — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats (Lettres, Sciences, Langues vivantes, Classes élémentaires des Lycées, Collèges, Professorats pratiques), Examens professionnels, P.C.B., etc.
- BROCHURE N° L. 734.** — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES : Agriculture, Industrie, Travaux Publics, Mines, Commerce, Armée, et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Assistance, Colonies, etc.
- BROCHURE N° L. 735.** — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS : Ingénieur (diplôme d'Etat), Sous-Ingénieur, Dessinateur, Conducteur, Chef de chantier, Contremaitre, etc.
- BROCHURE N° L. 736.** — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural, etc.
- BROCHURE N° L. 737.** — CARRIÈRES DU COMMERCE (Administrateur commercial, Secrétaire, Correspondancier, Sténo-dactylo, Représentant, Services de publicité, Teneur de livres), de l'INDUSTRIE HOTELIÈRE, des ASSURANCES, de la BANQUE, de la BOURSE, etc.
- BROCHURE N° L. 738.** — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, DESSIN, ÉCRITURE, etc.
- BROCHURE N° L. 739.** — LANGUES VIVANTES (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol, Arabe, Annamite), Tourisme (Interprète), etc.
- BROCHURE N° L. 740.** — AIR, RADIO, MARINE : Pont, Machine, Commissariat, T.S.F., etc.
- BROCHURE N° L. 741.** — SECRÉTARIATS, BIBLIOTHÈQUES, JOURNALISME (Rédaction, Administration, Direction), etc.
- BROCHURE N° L. 742.** — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Flûte, Clarinette, Instruments de jazz, Professorats, etc.
- BROCHURE N° L. 743.** — ARTS DU DESSIN : Dessin pratique, Anatomie artistique, Dessin de Mode, Illustration, Composition décorative, Aquarelle, Gravure, Peinture, Fusain, Pastel, Professorats, Métiers d'art, etc.
- BROCHURE N° L. 744.** — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE : Petite main, Seconde main, Première main, Vendeuse, Retoucheuse, Modéliste, Professorats, etc.
- BROCHURE N° L. 745.** — ARTS DE LA COIFFURE et des SOINS DE BEAUTÉ : Coiffeuse, Manucure, Pédicure, Masseur, etc.
- BROCHURE N° L. 746.** — CARRIÈRES FÉMININES dans toutes les branches d'activité.
- BROCHURE N° L. 747.** — TOUTES LES CARRIÈRES ADMINISTRATIVES : Secrétariats d'Etat, Administrations financières, Inspection du Travail, Banques, Magistrature, Police, P.T.T. Ponts et Chaussées, Chemins de fer, Préfectures, Mairies, etc.

## ECOLE UNIVERSELLE

12 place Jules-Ferry, LYON

59 boulevard Exelmans, PARIS

# L'ÉCOLE A.B.C.

Siège social : 12, rue Lincoln - PARIS (VIII<sup>e</sup>)

La plus importante école de dessin du monde doit son prestige à :

## SA MÉTHODE

qui, rejetant l'enseignement archaïque et si vain de la copie, permet, même à un débutant, de réussir des croquis rapides d'après nature.

## SES PROFESSEURS,

artistes réputés, dont l'enseignement, essentiellement moderne, s'adapte à chaque élève qui reçoit ainsi, de ces maîtres du dessin, de véritables leçons particulières.

## SON ENSEIGNEMENT PRATIQUE. -

Chaque élève, suivant son goût, ses capacités, peut se spécialiser : dessin publicitaire, mode, illustration, etc.



Amusantes silhouettes de notre élève M. Lejars

Cette seule méthode A. B. C. a, depuis 23 ans, procuré à plus de 60.000 personnes les joies et les avantages de savoir dessiner.

## BROCHURE GRATUITE

Envoyez le coupon en spécifiant le cours qui vous intéresse : Cours de dessin pour enfants ou Cours pour adultes. Vous recevrez, gratuitement, une splendide brochure illustrée qui vous donnera tous renseignements.

## ÉCOLE A.B.C. DE DESSIN

(Section C-B)

M<sup>me</sup> Besnard, Ecole A. B. C.

PAU (Basses-Pyrénées)

Cours adultes — Cours enfants  
(ayer la mention inutile)

Nom : .....

Adresse : .....

# UNE CARRIÈRE SANS ALÉA..

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



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

Brochure gratuite N° 6

**L'ÉCOLE VESUNA**

24, Boul' A.-Claveille  
PERIGUEUX

# "Sésame"

BREVETÉ S. G. D. G.



Le Nouvel  
Automatique  
robuste  
et  
inusable

N'a  
pas  
besoin  
de  
Garantie



100%  
FRANÇAIS

Les Fils de Ch. VUILLARD  
ST CLAUDE

# LES MATHÉMATIQUES

## enseignées par correspondance

---

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

*Nos cours s'adressent aussi bien aux étudiants qu'aux ouvriers.*

Les premiers font dans leurs classes des progrès plus rapides; les seconds comprennent de mieux en mieux la technique de leur métier.

Ces cours de mathématiques, divisés en six degrés, ont été dosés avec tant de soin que l'un de ces cours au moins répond à n'importe quel cas qu'on nous présente.

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

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

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

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

Le cinquième correspond à l'enseignement donné dans les Ecoles techniques du niveau des Ecoles d'Arts et Métiers. C'est l'instruction que doit posséder toute personne voulant exercer dans l'industrie des fonctions d'ingénieur. Il sert de transition entre les cours de Mathématiques élémentaires et ceux des Mathématiques spéciale.

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

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

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

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

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

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

C'est ainsi que nous avons organisé notre enseignement : *de nombreux problèmes soigneusement corrigés et commentés.*

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

---

Cet enseignement est donné par

## L'ÉCOLE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET APPLIQUÉES

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

**Envoi gratuit du programme**

Joindre un timbre pour la réponse.

# Je dessine et me voila plongée dans la joie !..

écrit Mlle G. S., élève de Marc SAUREL, créateur de la nouvelle méthode

## " LE DESSIN FACILE "

• Cette joie, que connaissent seuls les artistes-créateurs, tous les élèves de l'Ecole du " DESSIN FACILE " l'éprouvent. Mettant à profit l'expérience acquise durant 30 années de pratique et de succès continuels, Marc SAUREL a créé ce nouveau cours de dessin par correspondance qui laisse loin en arrière tout ce qui a été fait jusqu'ici dans ce genre. Utilisant des procédés inédits et ingénieux, la méthode du " DESSIN FACILE " vous fera réaliser dès le début des progrès étonnants. De magnifiques modèles photographiques vous seront fournis avec vos cours. Ainsi vous pourrez étudier le dessin chez vous à vos heures de loisir. Vos débuts seront aussi grandement facilités, vous serez émerveillés de vos pro-

grès, deux heures par semaine suffisent à l'étude des leçons du " DESSIN FACILE " Même si vous êtes doué vous n'apprendrez pas seul. Profitez de la longue expérience d'un artiste de métier. Si vous désirez vous préparer une carrière lucrative, vous suivrez l'un des cours spéciaux sur : le dessin de *Mode*, le dessin d'*Illustration*, le dessin *Animé* pour Cinéma, le dessin de *Publicité*, le dessin de *Lettres*, etc...



**BON**  
pour une  
**BROCHURE**  
**GRATUITE**  
S. V. 12

Demandez la Brochure illustrée gratuite en nous retournant le Bon ci-contre et en indiquant le genre de dessin qui vous intéresse.

**" LE DESSIN FACILE "**  
S. V. 12 BANDOL (Var)

# Economie de matières

**DANS LE POSTE**  
SUPPRESSION DES  
BLINDAGES 3 FOIS  
PLUS LOURDS QUE  
CEUX DU TUBE MG.  
DIMENSIONS PLUS RÉ  
DUITES DU CHASSIS.  
CONNEXIONS RACCOURCIES



**DANS LA LAMPE**  
SUPPRESSION DU CULOT  
BAKELITE RÉDUIT A UNE  
PASTILLE "OCTAL" SUP.  
PRESSION DE LA PATE A CU  
LOTER • DIMINUTION DE LON  
GUEUR DES CONDUCTEURS •  
REMPLACEMENT DES PRODUITS  
DE MÉTALLISATION (Cui  
vre, Bronze, Laque etc) PAR UN MÉTAL  
FRANÇAIS : L'ALUMINIUM

*Blindage rigoureux - Régularité parfaite*

DES TUBES

*Rendement optimum...*

STANDARD

# VISSEAUX

PROMOTEUR EN FRANCE DE LA LAMPE MÉTAL-GLASS

J. VISSEAUX 88, quai Pierre Scize LYON

**MG**

PARIS Agence Visseaux 103 rue La Fayette

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

*L'expérience non plus...*

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

**POUR VOS**

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

**ADOPTÉZ :**



**Charbon de bois - Bois - Anthracite - Tourbe**

Homologué n° 526

Agrément n° 521



PARIS, 152, Avenue Wagram

SECRETARIAT EN ZONE LIBRE :

NICE, 3, Rue du Lycée, 3

## Enseignement par correspondance

(INSCRIPTION A TOUTE ÉPOQUE)

### INDUSTRIE

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

Les élèves peuvent obtenir, suivant le cas, soit des diplômes, soit des certificats d'aptitude, soit des certificats de fin d'études.

### ADMINISTRATIONS

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

### MARINE

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

### AIR ET ARMÉE

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

### AVIATION CIVILE

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

### COMMERCE - DROIT

SECRETARE, COMPTABLE ET DIRECTEUR, CAPACITÉ EN DROIT, ÉTUDES JURIDIQUES.

### LYCÉES

Préparation de la 6<sup>me</sup> aux Baccalauréats.

### AGRICULTURE

AGRICULTURE GÉNÉRALE, MÉCANIQUE ET GÉNIE AGRICOLE.

### ÉCOLES NATIONALES

Préparation à l'entrée à toutes les Ecoles nationales, secondaires techniques et supérieures.

### SECTION SCIENCES

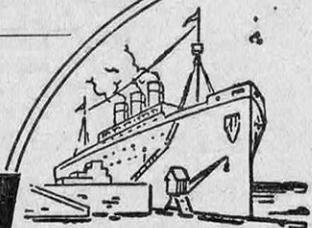
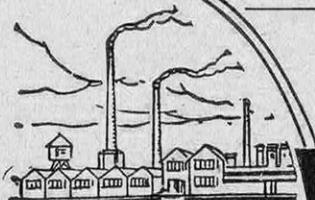
Etude et développement par correspondance des Sciences mathématiques et appliquées depuis les cours d'initiation jusqu'aux cours les plus élevés. (voir la page spéciale à l'Ecole des Sciences mathématiques). Les cours sont groupés de façon à permettre aux élèves d'obtenir des titres qui, bien que privés, ont la valeur consacrée par un examen passé sous l'autorité d'une école sérieuse. Ces titres sont par ordre d'importance : les diplômes d'initiation mathématique, de mathématiques préparatoires, de mathématiques appliquées, mathématiques théoriques, de calcul infinitésimal et appliqué, de mathématiques générales et géométrie analytique, de mathématiques supérieures et appliquées.

On trouve dans ces différentes sections les éléments de préparation scientifique à tous les examens et concours existants.

### PROGRAMMES GRATUITS

Joindre un timbre

INSCRIPTION  
par correspondance,  
à toute époque.



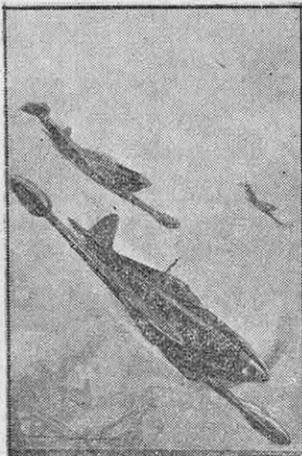
# la Science et la Vie

Tome LXI - N° 298

## SOMMAIRE

Juin 1942

- ★ L'avion de chasse à grand rayon d'action, par Camille Rougeron ..... 297
- ★ Les typhons de la mer de Chine peuvent-ils gêner les opérations d'Extrême-Orient? par Ngo Ngoc Dong.. 306
- ★ La défense anti-« Stukas » des navires de combat, par Pierre Dublanc..... 315
- ★ Les deux bases théoriques de la photographie et du cinéma, par Marcel Boll..... 322
- ★ Le problème des communications maritimes : la guerre des croiseurs, par André Fournier..... 331
- ★ Voici la première locomotive à turbine à gaz, par Pierre Devaux ..... 337
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor..... 342

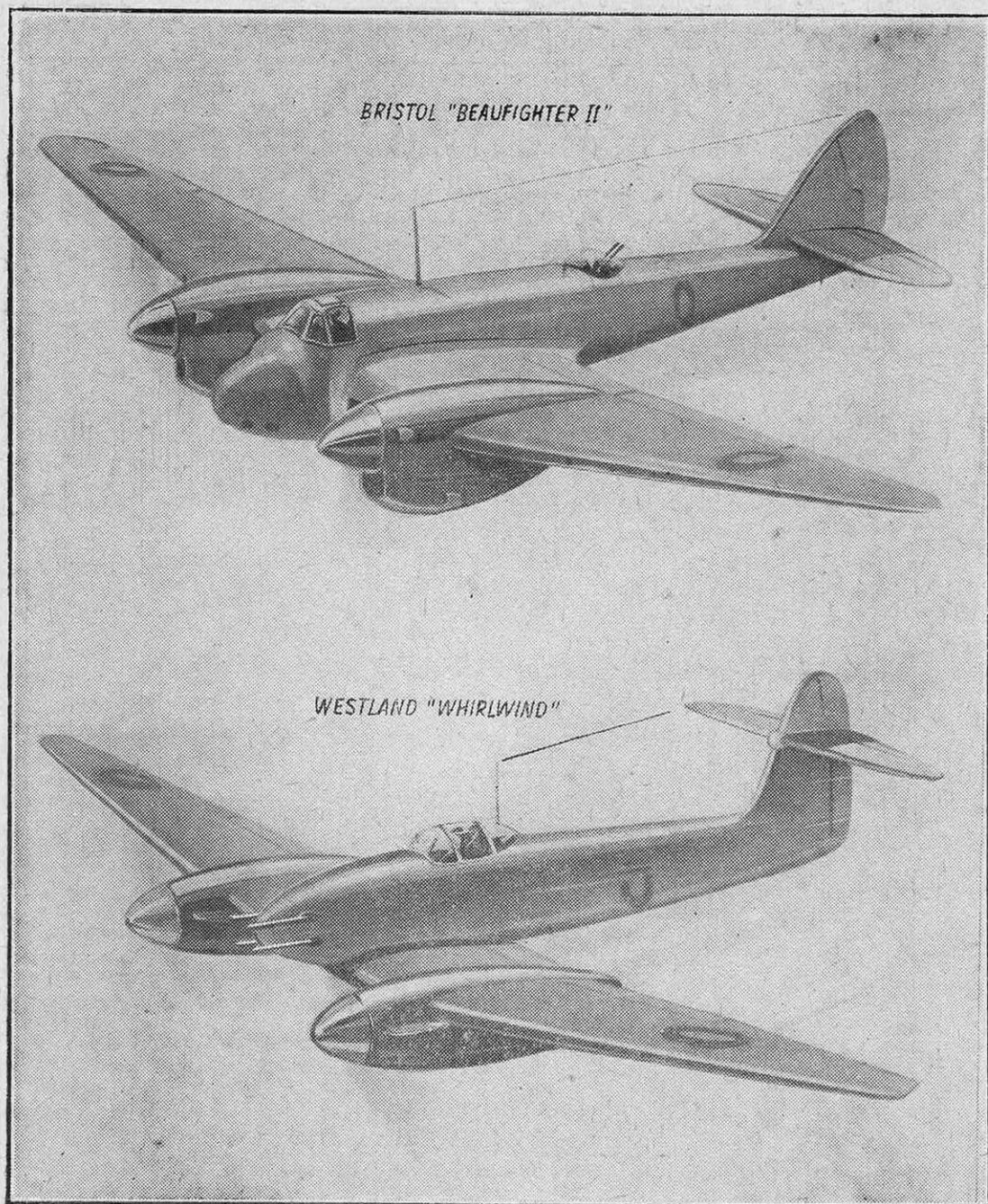


T W 17733

La maîtrise de l'air joue un tel rôle dans toutes les opérations militaires que le problème du rayon d'action de la chasse, qui permet son intervention lointaine, est aujourd'hui au premier plan des préoccupations. Si l'on en croit un communiqué australien, l'aviation japonaise aurait innové récemment en ce domaine, par l'engagement à grande distance de chasseurs munis de réservoirs auxiliaires, largués avant le combat; on peut ainsi doubler leur rayon d'action. La couverture de ce numéro représente une solution possible où les réservoirs, plus encombrants que lourds, sont placés en bout d'aile et influencent le moins possible la finesse de l'appareil; ils sont évidemment largués avant le combat. (Voir l'article page 297 de ce numéro.)

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

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



T W 17624

## LES DEUX PLUS RÉCENTS « DESTROYERS » DE LA R.A.F.

Le « Beaufighter II » est la dernière version de « destroyer » construit chez Bristol. Au début de la guerre, la R.A.F. utilisa comme chasseur à grand rayon d'action son bombardier léger, le Bristol « Blenheim ». Elle employa ensuite le Bristol « Beaufighter », aménagement du « Blenheim », à cette mission particulière. Le « Beaufighter II » dérive du « Beaufighter » par remplacement des moteurs en double étoile « Taurus III » de 1 400 ch au décollage, par des Rolls-Royce « Merlin XX » de résistance aérodynamique plus faible et d'altitude de rétablissement supérieure; le « Merlin XX », avec la grande multiplication du compresseur à deux vitesses, donne 1 175 ch à 6 400 m. Le Westland « Whirlwind » est un monoplace bimoteur Rolls-Royce « Merlin XX » construit actuellement en série en Grande-Bretagne et au Canada. Son armement est de quatre canons de 20 mm dans le nez du fuselage. Sa vitesse ne dépasserait pas 570 km/h. D'après les indications de source allemande, il aurait été employé au cours du franchissement du Pas de Calais par le Scharnhorst, le Gneisenau et le Prinz-Eugen. (Voir « Maîtrise de la mer et maîtrise de l'air : primauté de la chasse », dans La Science et la Vie, n° 296 [avril 1942]).

# L'AVION DE CHASSE A GRAND RAYON D'ACTION

par Camille ROUGERON

*Les divers épisodes de la guerre ont montré de façon surabondante que le succès des opérations aériennes et des opérations combinées des forces de terre et de mer était de plus en plus subordonné à la maîtrise du ciel. Le chasseur, qui est, de tous les avions de combat, le plus rapide, le plus maniable et le plus puissamment armé, permet seul d'obtenir cette maîtrise, et son rayon d'action marque la limite au delà de laquelle toute entreprise est trop aventureuse pour ne pas tourner infailliblement au désastre. Or, tandis que les bombardiers modernes sont capables de franchir les océans, le rayon d'action du chasseur monomoteur n'a pas sensiblement varié depuis la guerre de 1914-1918. Des solutions ont été étudiées pour étendre ce rayon d'action du chasseur : destroyer bimoteur, chasseur « dessiné » autour d'un moteur de 24 cylindres de puissance double de celle des appareils aujourd'hui en service, chasseur à réservoir auxiliaire largable de l'aviation japonaise. La combinaison de ces diverses formules permet d'escompter dans quelques années l'entrée en ligne de chasseurs capables d'escorter les autres appareils à toute distance jugée nécessaire, et même de les remplacer dans leurs missions.*

## Nécessité de la chasse à grand rayon d'action

L'IMPORTANCE de la maîtrise de l'air, donc de la chasse, n'est plus aujourd'hui discutée.

De la maîtrise de l'air dépend d'abord le succès ou l'échec de la plupart des opérations purement aériennes. De jour du moins, nulle opération de bombardement exposée à une réaction aérienne ne se conçoit plus sans un imposant accompagnement de chasse. Toutes les tentatives de défense individuelle ou de défense en groupe des bombardiers, même avec les tourelles quadruples à commande mécanique les plus perfectionnées, n'ont connu que de rares succès : le chasseur a prouvé qu'il était indifféremment le seul adversaire ou le seul défenseur sérieux du bombardier.

Quelques années d'extension progressive du rôle de l'aviation dans les opérations navales ont mis en évidence l'importance de la chasse en ce domaine. Tant que l'avion, bombardier ou torpilleur, s'en prend au navire sans être exposé à rencontrer une chasse de défense, il peut prétendre aux plus brillants succès. Sinon, il lui faut se faire accompagner par une escorte d'effectif et de qualité suffisants pour éliminer cette chasse de défense. La perte du *Prince of Wales*

et du *Repulse* à Malacca, le franchissement du Pas de Calais par le *Scharnhorst*, le *Gneisenau* et le *Prinz-Eugen* illustrent, entre beaucoup d'autres événements récents, ces deux aspects opposés du combat entre le navire et l'avion. Dans les opérations aéronavales comme dans les opérations aériennes pures, le chasseur s'est révélé aussi indispensable à la défense qu'à l'attaque.

Il serait certainement exagéré d'attribuer à l'aviation, donc à la chasse, un rôle de même importance dans les opérations terrestres : l'avion est utile mais n'est pas indispensable pour attaquer ou résister sur terre avec succès, même si l'adversaire emploie des avions. Cependant, bien des exemples montrent l'importance de la chasse. L'escorte aérienne est aussi utile aux combats terrestres qu'aux convois maritimes, lorsqu'ils sont exposés aux attaques de l'aviation. Elle est efficace ; des communiqués ont pu annoncer des destructions presque totales d'importantes formations d'assaut qui s'étaient aventurées trop loin sans accompagnement de chasse. La contre-épreuve est fournie par les succès importants que revendiquait le premier communiqué italien, celui du 31 mars 1942, où il fut question de « chasseurs bombardiers » (1),

(1) Voir : « Le bombardement avec escorte de chasse », dans *La Science et la Vie*, n° 294 (fév. 1942).

employés cette fois en mission d'assaut. Venant après les Messerschmitt Me 109, et les « Hurricane » transformés en « Hurribomber » (1), l'adaptation d'avions de chasse italiens comme avions d'assaut qui, leurs bombes lâchées, redeviennent aussitôt aptes à faire face à égalité à l'adversaire aérien, ouvre une voie nouvelle à l'unification des matériels par le développement du chasseur.

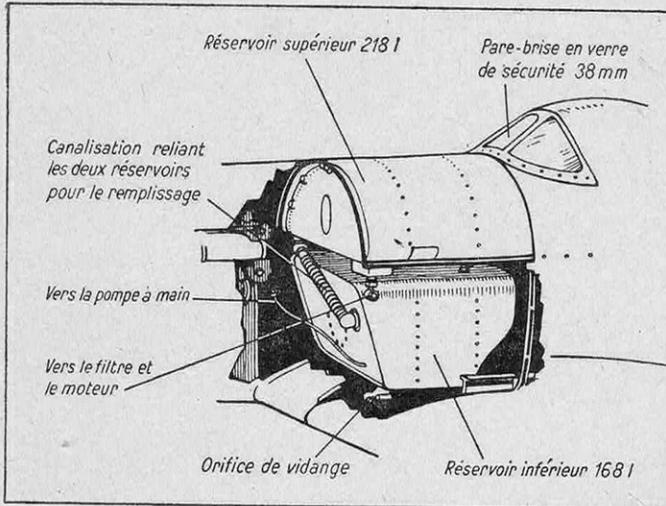


FIG. 1. — RÉSERVOIRS DE FUSELAGE DU « SPITFIRE II »

Les deux réservoirs sont protégés. Le réservoir supérieur est inclus dans la protection par blindage du poste de pilotage, 4,5 à 6,25 mm sur le dossier du siège de pilote, 4,25 mm sur l'avant du réservoir. Le réservoir inférieur est recouvert d'une protection par caoutchouc-mousse. La capacité totale des réservoirs, 386 litres, donne un rayon d'action de 1 h 48 mn à 480 km/h, soit 850 km.

Mais c'est au cours des débarquements que le rôle de l'aviation de chasse devient vraiment de premier plan. On pouvait croire que l'opération de Crète avait mis en évidence toutes les conséquences de la maîtrise de l'air : expulsion de la chasse de la défense hors de ses terrains bombardés, expulsion de la flotte de la défense hors des eaux que sa chasse ne protégeait plus, écrasement des troupes de la défense sous le matériel lourd, dont l'avion d'assaut n'est pas le moins important, que la maîtrise de l'air permettait de faire intervenir. Si l'on s'en rapporte aux commentaires de la presse britannique, le Japon aurait trouvé le moyen de faire mieux encore à Java, où il n'est pas douteux que le commandement néerlandais et allié avait concentré une défense dont il espérait quelques résultats.

(1) Voir : « Les armées de l'air en présence en 1942 », dans *La Science et la Vie*, n° 297 (mai 1942).

Les leçons de l'opération de Crète avaient été mises à profit. Mais, écrit le *Times*, « deux nouveautés révolutionnaires dans la tactique des débarquements » ont réduit à néant les efforts de la défense. La première est le remplacement de la base de débarquement, que l'on s'efforce au préalable de conquérir pour y mettre à terre le matériel lourd, par une véritable « base flottante », constituée par le convoi et son escorte navale,

sur laquelle veillent en permanence les chasseurs. La deuxième est l'emploi généralisé du débarquement aérien, non pas sur la côte même pour forcer les positions défensives fixes, mais dans l'arrière-pays, pour les prendre à revers.

Si la maîtrise de l'air a de telles conséquences, le rayon d'action de l'aviation de chasse devient une de ses caractéristiques essentielles, puisque c'est de lui que dépend la distance à laquelle une aviation pourra s'assurer cette maîtrise. Les exemples abondent d'opérations que l'un des adversaires aura dû abandonner, ou renoncer à entreprendre, uniquement parce que les bases de départ de sa chasse se trouvaient trop loin. A l'époque de la « bataille d'Angleterre » de l'été 1940, la supériorité numérique de l'aviation allemande était énorme; la « Luftwaffe » a dû interrompre ses opérations de jour faute de la maîtrise au-dessus des objectifs qu'elle s'était choisis. Lorsque le *Scharnhorst*, le *Gneisenau* et le *Prinz Eugen* rentrèrent de Brest en Allemagne, la supériorité numérique de l'aviation britannique vis-à-vis d'une aviation allemande obligée de répartir ses effectifs sur trois fronts était non moins certaine; mais la maîtrise de l'air sur Douvres n'est pas la maîtrise sur Ostende. C'est la même limite du rayon d'action de la chasse qui rendait impossible toute réaction aérienne britannique au-dessus de la Crète lorsque la chasse de défense, ayant perdu ses terrains, dut venir s'installer en Egypte; c'est le même facteur distance qui, en sens inverse, explique la difficulté d'un débarquement à Chypre, trop loin des bases de la chasse germano-italienne.

### Le rayon d'action du chasseur monomoteur

La presque totalité des chasseurs monomoteurs a un rayon d'action de 800 à 1000 km au plus. Si l'on tient compte du recul des terrains par rapport aux fronts ou aux côtes, de la nécessité de conserver une réserve d'essence pour un

ces additions, l'avion de chasse reste un appareil relativement peu chargé au mètre carré. Avec ses 2750 kg, la dernière version du « Spitfire », le « Spitfire III » (le « Spitfire I » pesait 2450 kg), n'est chargé qu'à 122 kg/m<sup>2</sup>. C'est un chiffre bien faible quand des bombardiers portent de 240 à 250 kg/m<sup>2</sup>.

Si l'on ne parvient pas à embarquer

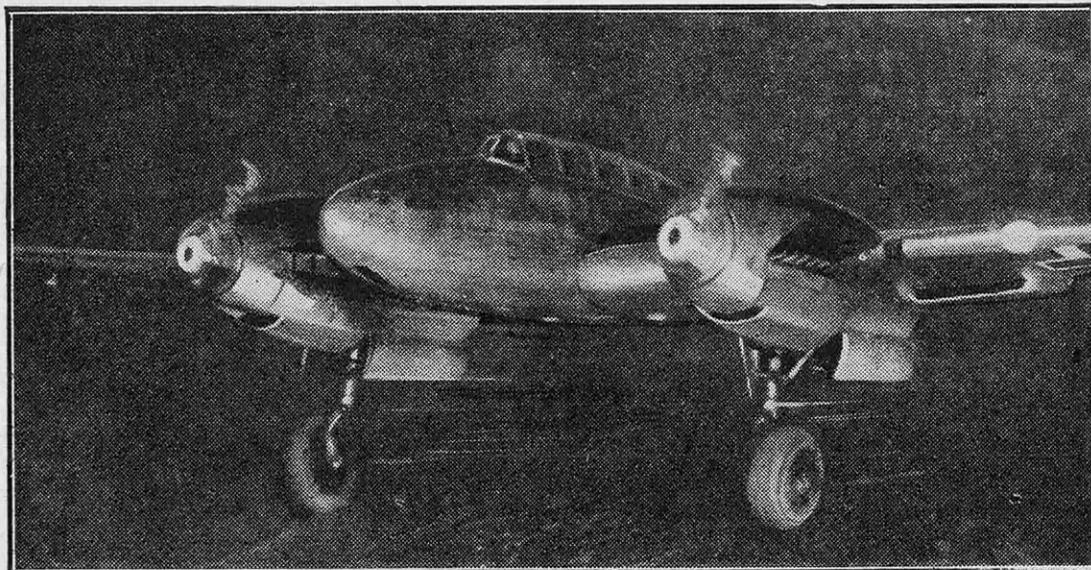


FIG. 2. — LE DESTROYER BIMOTEUR ALLEMAND MESSERSCHMITT 110

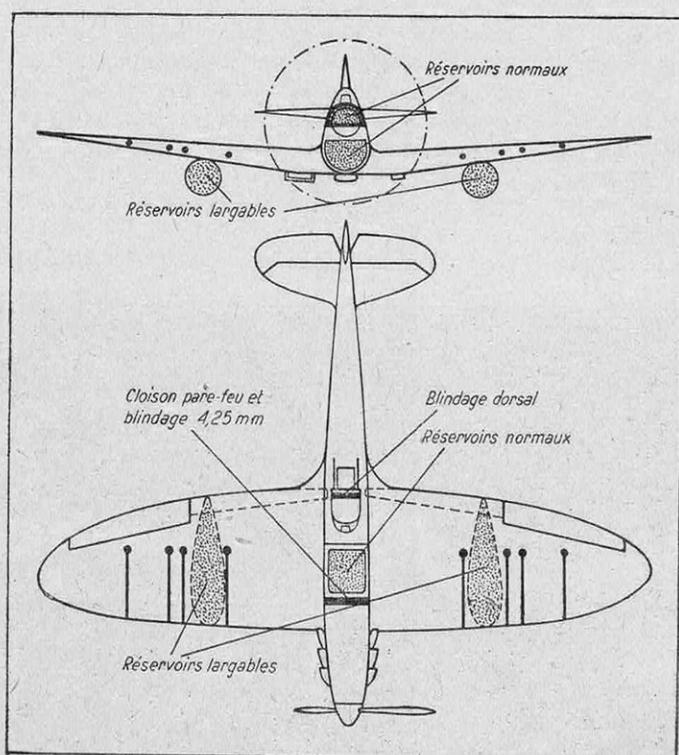
T W 17630

combat imposé sur la route du retour, le rayon d'action pratique devient bien faible, et plus encore la durée de séjour au-dessus d'un secteur en territoire ennemi.

Pourquoi le rayon d'action du chasseur est-il resté à peu près inchangé depuis 1918, alors que tous les autres facteurs de puissance, armement, protection, vitesse horizontale et ascensionnelle, plafond, ont fait des progrès extraordinaires ?

Il y a certainement des raisons techniques sérieuses à cette faiblesse du rayon d'action, mais il serait trop simple de l'expliquer par l'impossibilité de faire emporter par l'avion de chasse, avion léger, le poids d'essence voulu, que seuls pourraient embarquer les gros appareils type bombardier ou avion de transport. Ce qu'on n'a pas fait pour relever le rayon d'action, on a pu le faire pour l'armement et la protection ; on a embarqué sur l'avion de chasse tel qu'il se présentait en septembre 1939 des centaines de kilogrammes supplémentaires sans grand inconvénient pour sa résistance ou ses autres performances. D'ailleurs, même après

l'essence pour le rayon d'action désirable, c'est beaucoup plus affaire d'encombrement que de poids. L'avion de chasse continue à être dessiné sous forme du fuselage de volume minimum autour du moteur choisi ; lorsqu'on y a logé le pilote, il ne reste plus grand'place pour l'essence. Peut-on du moins utiliser la voilure ? L'avion rapide d'aujourd'hui ne s'accommode plus des profils épais, de résistance aérodynamique trop grande ; on préfère l'aile mince et lourde à l'aile épaisse et légère (ce qui est une autre preuve que l'ennemi est l'encombrement et non le poids) ; on a au surplus à y loger un train relevable, six ou huit mitrailleuses avec des bandes pour 500 cartouches ; il ne reste guère de place pour les réservoirs. La dernière restriction qu'a dû supporter le rayon d'action est la protection des réservoirs ; on ne songe pas toujours que, pour recouvrir d'une épaisseur de 3 cm de caoutchouc-mousse ou autres produits un réservoir cubique de 150 litres, on consomme 55 litres d'un volume si précieux.



T W 17627

FIG. 3. — RÉSERVOIRS AUXILIAIRES DE GRANDE CONTENANCE SOUS VOILURE

La disposition représentée suppose, comme dans les figures suivantes, une fixation ne laissant subsister aucune saillie après largage. Elle a l'avantage de ne pas surcharger l'aile, comme dans le cas du réservoir unique sous fuselage. Elle présente l'inconvénient d'une interaction assez élevée avec la voilure. La silhouette de « Spitfire » utilisée ci-dessus correspond au modèle I armé de 8 mitrailleuses de 7,65 mm.

Au fond, l'avion de chasse d'aujourd'hui, malgré son poids d'environ 3 000 kg, ne présente pas beaucoup plus de logement que celui d'il y a vingt ans, presque trois fois plus léger. On a tiré d'un même volume de moteur une puissance triple; on a admis un armement, puis une protection, très lourds; le poids de charpente s'est enflé démesurément, sous l'effet de l'aile mince, de la charge au mètre carré accrue et de l'exigence d'un indice d'essai statique élevé. Mais on n'y trouve pas plus de place qu'autrefois.

Cette part faite à l'explication purement technique, il est hors de doute qu'on n'a pas prêté au rayon d'action l'importance que lui donnent les événements de ces dernières années. La première mesure qui s'impose serait d'utiliser tous les volumes disponibles. Si exigüe que soit l'aile, elle peut loger un peu d'essence; ce n'est pas impossible puisqu'on le fait sur certains chasseurs. Un réservoir dans le

dos du pilote est évidemment dangereux; le danger est admissible, puisque certains le tolèrent. L'extrémité arrière du fuselage est toujours laissée vide; il est évidemment gênant d'y placer un réservoir d'essence sur un appareil aussi sensible que le chasseur; mais n'accepte-t-on pas un peu trop facilement comme un axiome que le chasseur doit être étudié sous forme d'un appareil à très faible marge de centrage?

Le rayon d'action de la chasse est une performance qui mérite quelques sacrifices. Il semble qu'on ait placé autrefois un peu trop de confiance dans les capacités d'autodéfense des autres types d'avions, et qu'on se résigne bien aisément à leur impuissance à peu près totale lorsqu'on ne peut leur fournir l'accompagnement lointain jugé aujourd'hui indispensable.

### La chasse à grand rayon d'action par le bimoteur

Il faut cependant reconnaître qu'une aviation avait compris avant la guerre l'intérêt de la chasse lointaine, et qu'elle avait résolu le problème avec un appareil qui fit sensation, au début de 1939, quand les dirigeants allemands le présentaient à leurs visiteurs de marque. C'était le Messerschmitt Me 110, qui fut suivi depuis par de nombreux avions, allemands, anglais et américains construits sur la même formule. Le Focke-Wulf 187, qu'on annonçait devoir atteindre les 650 km/h avec deux moteurs DB-603 de 1 500 ch, le Lockheed P-38 « Lightning », plus ambitieux encore, puisqu'on parlait de 700 km/h, le Grumman « Skyrocket », le Westland « Whirlwind », et le plus récent de tous, qui est le Bristol « Beau-fighter II », sur lequel on a remplacé les moteurs à refroidissement direct par des moteurs à refroidissement indirect Rolls-Royce « Merlin XX », sont des variantes d'un même programme.

Le Me 110 est un « Zerstörer », ou, pour parler anglais, un « destroyer ». Nous

n'avons ni l'espoir ni l'intention de faire remplacer une désignation qui a au moins l'avantage de la brièveté par l'expression de « chasseur à grand rayon d'action ». Mais du moins ne faut-il pas se laisser entraîner par une similitude de dénomination à une erreur sur les missions et les capacités de ce type d'appareil.

Le « destroyer », le « Zerstörer », est, en marine, ce que la France s'obstine à appeler le « contre-torpilleur » (et l'Italie « cacciatorpediniere »). Lorsque ce type de bâtiment fut créé par la marine britannique, il avait pour mission essentielle la protection des flottes de ligne par destruction des torpilleurs, et pour mission accessoire la destruction des flottes de ligne au moyen des torpilles qu'il restait seul capable d'emporter. Ce résultat était obtenu par une augmentation importante de tonnage, qui donnait au nouveau bâtiment une quadruple supériorité sur l'ancien : supériorité de vitesse, d'armement, de rayon d'action, et, ce qui n'était pas sans importance à l'époque des bâtiments de 50 à 100 tonnes, supériorité de tenue à la mer.

Le « destroyer » aérien n'a pas de supériorité de vitesse sur le chasseur. Le Me 110, avec ses deux moteurs DB-601,

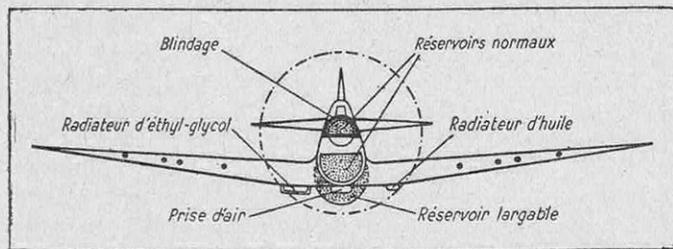
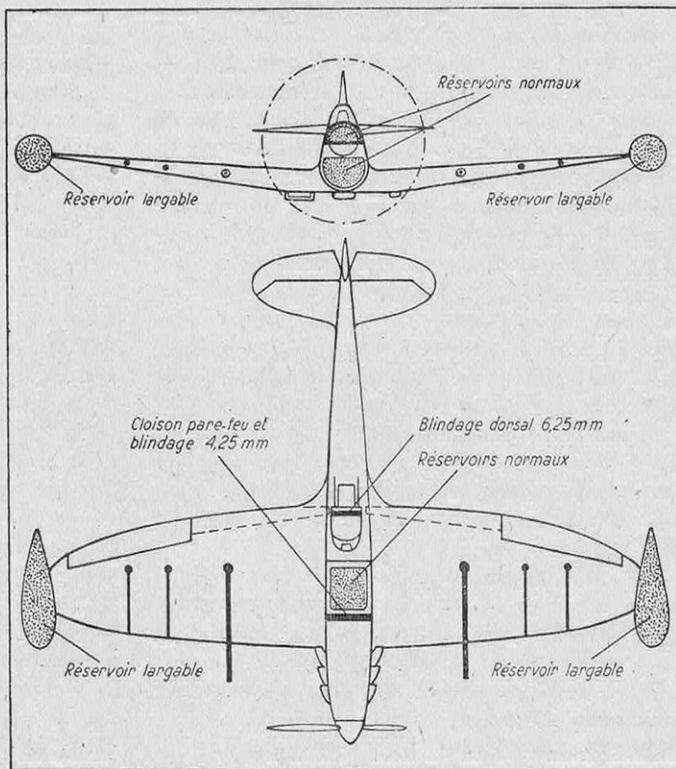


FIG. 4. — RÉSERVOIR AUXILIAIRE DE GRANDE CONTENANCE SOUS FUSELAGE

La disposition représentée d'un réservoir largable suppose une fixation du réservoir en trois points du fuselage sans aucune saillie après largage. Elle évite l'inconvénient de la traînée du lance-bombes caréné. Elle permet d'emporter un supplément d'essence considérable : le réservoir représenté, sous un fuselage de « Spitfire », aurait une contenance d'environ 1 000 litres.



T W 17628

FIG. 5. — RÉSERVOIRS AUXILIAIRES DE GRANDE CONTENANCE EN BOUT D'AILE

La disposition représentée a l'avantage de réduire au minimum l'interaction entre le réservoir et l'aile. Contrairement à l'apparence, ils ne surchargent pas la charpente de l'aile, mais la déchargent. Comme les réservoirs sous voilure de la figure 3, les réservoirs en bout d'aile doivent évidemment être largués avant le combat, car ils réduisent beaucoup la maniabilité de l'appareil. La disposition de l'armement représentée ci-dessus est celle du « Spitfire » dernier modèle et comprend 2 canons de 20 mm et 4 mitrailleuses de 7,65 mm.

donne la même vitesse de 580 km/h que le Me 109, avec un seul moteur DB-601.

Nous ne croyons pas davantage que le « Beaufighter II », avec ses deux moteurs

« Merlin XX », soit plus rapide que le « Spitfire III » avec un seul moteur de même type. Les prétentions américaines d'atteindre 700 km/h avec un bimoteur, à même moteur Allison 12 cylindres en V que les Curtiss P-40 ou les « Airacobra », devront vraisemblablement s'incliner devant la même loi. Ce qu'on gagne en vitesse à passer d'un appareil à un autre de puissance et de poids doubles, on le perd par le remplacement d'un fuselage simple par un fuselage et deux fuseaux-moteurs.

Le « destroyer » aérien est-il du moins supérieur au chasseur en armement? Il pourrait certainement l'être, mais on est obligé de constater que ce n'est pas ce facteur que l'on a développé. Les deux canons de 20 mm et les quatre mitrailleuses de 7,9 mm du Me 110 donnaient bien une puissance de feu double de celle d'un Morane 406, avec un canon de 20 mm et deux mitrailleuses de 7,5 mm. La conclusion ne s'étendait certainement pas aux avions de chasse britanniques à huit mitrailleuses de 7,65 mm, et d'ailleurs, les derniers armements de ces appareils, « Hurricane » à quatre canons de 20 mm, et « Spitfire III » à deux canons de 20 mm et quatre mitrailleuses de 7,65 mm, ont exactement la puissance de feu du Me 110.

Reste le rayon d'action, où la supériorité du « destroyer » est indiscutable. Aux 800 km des chasseurs monomoteurs contemporains, le Me 110 opposait ses 2 380 km (7 heures à 340 km/h) obtenus avec les 1 820 litres de son plein d'essence. Avec ses 1 550 litres, le Lockheed « Lightning », où l'on a fait un sacrifice au profit de la vitesse maximum, doit encore atteindre sensiblement les 2 000 km.

Ainsi, le « destroyer » est un simple chasseur à grand rayon d'action, ou plutôt il le serait, si l'expérience n'avait pas prouvé son infériorité en cas de rencontre avec le chasseur monomoteur. L'expérience s'est en effet prononcée et l'on doit interpréter en ce sens le faible développement que l'Allemagne a donné, depuis sa création, à un type d'avion qui visait à remplir une mission aussi essentielle. Le Me 110 a incontestablement remporté de brillants succès, notamment aux premiers mois de la guerre, dans les combats qu'il livra en mer du Nord aux Bristol « Blenheim » et Vickers-Armstrong « Wellington » que la R.A.F. avait eu l'idée curieuse d'opposer, au-dessus des bases allemandes, au départ des Heinkel He 115 mouilleurs de mines magnétiques. Mais ce n'était pas là une mission d'accompagnement lointain. On le vit bien, quelques mois plus tard, sur le front occidental. A courte distance, l'accompagnement par le Me 109 était efficace; à grande distance, le Me 110 remplissait très mal sa mission, soit qu'il n'empêchât pas d'abattre les bombardiers qu'il accompagnait, soit qu'il fût descendu lui-même par des chasseurs monoplaces moins rapides et moins bien armés. Le même résultat fut

observé au cours de la « bataille d'Angleterre » de l'été 1940; l'effort allemand rencontra des obstacles d'autant plus puissants qu'il tenta de s'exercer plus profondément, et les Me 110 ne parvinrent pas à s'assurer la maîtrise de jour dans leurs rencontres avec les « Spitfire » et les « Hurricane ».

Pourquoi cette infériorité du bimoteur à égalité de vitesse et d'armement? Pour une raison de maniabilité, dont l'explication technique est aisée, et dont les répercussions tactiques sont particulièrement graves en mission d'escorte.

Si l'on apprécie la maniabilité au rayon minimum des évolutions que peut se permettre l'appareil, il n'y a pas de différence entre le monomoteur et le bimoteur. La courbure minimum des routes à grande vitesse est limitée sur l'un comme sur l'autre par l'accélération que peut supporter le personnel; il n'y a pas plus de difficultés à munir le gros appareil que le petit de gouvernes dont l'action suffit à atteindre et dépasser cette limite. Mais la rapidité d'entrée en évolution a une importance du même ordre que le rayon de l'évolution. Si l'on veut échapper à l'adversaire par un virage, ou coller derrière l'adversaire qui exécute ce virage, ce n'est pas seulement le rayon final du virage qui mesure les chances de succès de la manœuvre; le temps mis à atteindre ce rayon minimum joue un rôle équivalent. Or ce temps est d'autant plus faible que le moment d'inertie de l'avion par rapport à l'axe ou aux axes autour desquels s'exécute l'orientation de l'avion est lui-même plus faible. Dans le cas particulier du virage, le gros appareil est handicapé par rapport au petit par son moment d'inertie autour de l'axe vertical passant par le centre de gravité, qui interviendrait seul si le virage se faisait « à plat », et surtout par le moment d'inertie passant par l'axe longitudinal, qui l'empêche de s'incliner assez vite vers l'intérieur du virage. Ces deux moments d'inertie sont particulièrement élevés dans le cas du bimoteur, où la masse des moteurs à grande distance de l'axe en forme la part principale.

Que le bimoteur soit condamné, par son principe même, à entamer son virage une ou deux secondes plus tard, c'est-à-dire deux ou trois cents mètres plus loin que le monomoteur qui veut lui échapper ou le rejoindre, c'est particulièrement grave en mission d'escorte. Il faut alors faire

face à une chasse de défense dont la mission essentielle n'est pas le combat entre chasseurs, mais la destruction des avions escortés. Pour les protéger, une maniabilité comparable à celle des chasseurs qui les attaquent est la première qualité de l'escorte; elle seule permettra de coller à l'arrière de l'assaillant et de l'obliger à rompre son attaque pour fuir ou se défendre. Le bimoteur n'est nullement fait pour cette tactique. L'expérience a même montré que le monomoteur qui ne se laisse pas intimider par l'aspect imposant du « destroyer » qui fonce sur lui en vient aussi aisément à bout, avec la vitesse suffisante, que d'un simple bombardier; il peut alors aisément se retourner, l'attaquer par l'arrière et n'a même pas à craindre d'armement de défense dans ce secteur.

### Le rayon d'action par le monomoteur puissant

Le moteur à 12 cylindres en V et refroidissement par liquide presque universellement adopté pour l'avion de chasse atteint partout, en France, en

Allemagne, en Angleterre, en Amérique, la même puissance d'environ 1350 ch. Pour l'augmenter, il n'est pas nécessaire de monter deux moteurs sur un appareil; on obtient le même résultat en groupant 24 cylindres autour d'un même vilebrequin.

Il y a près de quatre ans que les premiers moteurs de ce type ont été mis à l'étude. Ils doivent commencer de sortir en série en Angleterre avec le Rolls-Royce « Vulture » et le Napier « Sabre », en Allemagne avec le DB-605, aux Etats-

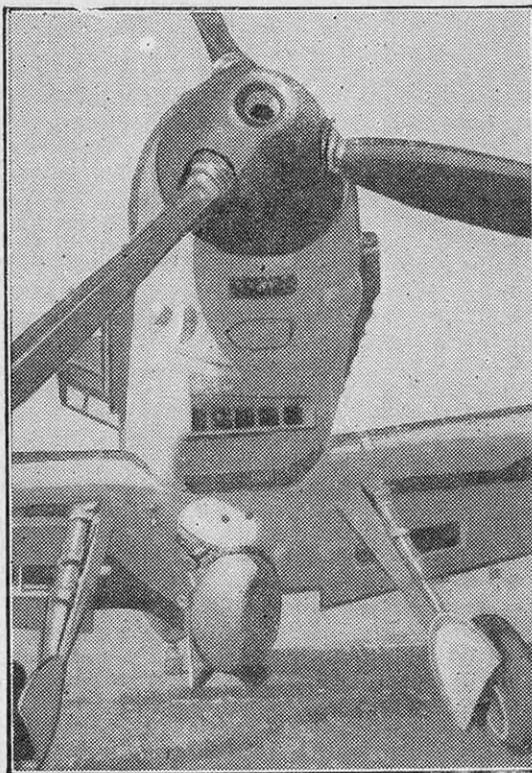
Unis avec un Allison, tous moteurs à 24 cylindres en X ou en H, annoncés pour des puissances de 2000 à 2500 ch.

Le montage de ces moteurs sur avion de chasse est le premier emploi auquel on les ait destinés. Etait-ce pour augmenter le rayon d'action? Très probable-

ment non, et l'on visait d'abord à un gain de vitesse, mais le rayon d'action s'obtenait par surcroît. Que la puissance soit concentrée en un moteur ou répartie en deux, le gain de rayon d'action tient, en effet, à l'accroissement des volumes disponibles dans un avion de dimensions accrues.

Si légers qu'on veuille faire les nouveaux chasseurs à moteurs de 24 cylindres, ils doivent porter un moteur qui, au cheval, ne pèse pas moins que les moteurs de 12 cylindres. On ne manquera pas de réclamer un armement et une protection développés. Le poids de la voilure et du fuselage croîtra aussi vite. On peut donc prévoir que, si la période 1936-1941 a été celle du chasseur de 2500 à 3000 kg, à moteur

de 12 cylindres, 1942 verra apparaître le chasseur de 5000 kg à moteur de 24 cylindres. Comme rien ne permet de croire à un progrès immédiat dans les charges au mètre carré, les nouveaux avions auront des surfaces de voilure doubles de celles des anciens; ils auront donc, si les ailes conservent même épaisseur relative, des volumes d'ailes 2,8 fois plus grand. On peut admettre que le volume du fuselage minimum tracé autour du nouveau moteur augmentera à peu près dans le même rapport. Ainsi le vo-



T W 17629

FIG. 6. — L'EMPLACEMENT POSSIBLE D'UN RÉSERVOIR AUXILIAIRE LARGABLE POUR AVION DE CHASSE

*Cette disposition, la plus simple, est celle du Messerschmitt Me 109, porteur d'une bombe de 250 kg; le lance-bombe porteur de la bombe ou du réservoir qui peut la remplacer est caréné. La disposition présente toutefois, dans le cas du réservoir, l'inconvénient de s'adapter difficilement aux contenances nécessaires; le volume de la bombe représentée, supposée à 55 % d'explosif, n'est que de 101 dm<sup>3</sup>.*

lume utilisable pour le logement du combustible croît nettement plus vite que le poids de l'avion, tandis que la consommation au kilomètre croît un peu moins vite. On peut donc attendre des avions monomoteurs de 24 cylindres et, au fond, pour la même raison, les mêmes rayons d'action que ceux des bimoteurs à moteurs de 12 cylindres.

Reste l'objection de l'inaptitude de principe du gros avion à la chasse, faute de maniabilité. C'est ici que le monomoteur présente, à même puissance totale, une grosse supériorité sur le bimoteur. Les moments d'inertie croissent, sur des avions semblables, plus vite que les couples qui doivent les vaincre. Mais l'avion monomoteur échappe du moins à cette augmentation énorme du moment d'inertie autour de l'axe longitudinal qui tient à la séparation de la puissance motrice en deux lourdes masses à grande distance, et qui s'oppose puissamment à l'inclinaison sur l'aile, donc à la rapidité d'entrée en virage. La maniabilité du monomoteur est ainsi très supérieure à celle du bimoteur de même puissance totale. Comme, d'autre part, ses vitesses horizontale et ascensionnelle dépassent celles du monomoteur de puissance deux fois plus faible, ce qui n'est pas le cas du bimoteur, les nouveaux chasseurs ne se trouveront guère en état d'infériorité sur les anciens; on peut même estimer qu'ils leur seront supérieurs.

La solution du moteur unique à grande puissance est donc l'une des meilleures que l'on puisse trouver pour améliorer le rayon d'action de la chasse.

### Le rayon d'action accru par le réservoir auxiliaire largable

S'il est bien un théâtre d'opérations où le rayon d'action ait de l'importance, c'est celui du Pacifique. Un communiqué australien de mars 1941 a fait connaître l'un des procédés que l'aviation japonaise emploie pour adapter à l'étendue de cet océan le rayon d'action de sa chasse : le réservoir auxiliaire largable.

Ainsi que nous l'avons indiqué, ce n'est pas une question de charge au mètre carré qui limite le poids du chasseur au décollage, d'autant plus que sa charge au cheval est plus faible que celle de tous les autres types d'appareils. Tout chasseur peut s'envoler en emportant, en place de la bombe de 250 kg d'un Me 109 ou d'un

« Hurricane », un réservoir de près de 400 litres qui doublera son rayon d'action. Il consommera d'abord l'essence de ce réservoir auxiliaire et, parvenu au-dessus de l'objectif, le larguera pour retrouver entièrement sa capacité combative et pour rentrer avec l'essence de ses réservoirs d'aile ou de fuselage.

Le procédé ne s'applique pas, ou s'applique mal, lorsqu'on est exposé à rencontrer la chasse de la défense en un point quelconque du trajet d'aller. C'est le cas notamment des opérations où la route choisie traverse des secteurs terrestres entièrement contrôlés par l'ennemi. Encore peut-on ainsi gagner quelques centaines de kilomètres avant d'être rejoint par la défense et obligé de larguer prématurément le réservoir auxiliaire pour lui faire face; on ne persistera pas à atteindre l'objectif assigné que l'on remplacera par un objectif secondaire plus rapproché. Mais, dans le cas fréquent où le parcours est presque entièrement maritime, on se trouvera au-dessus de l'objectif avant que la détection (1) ait permis d'y placer la chasse de défense à l'altitude d'opération; on ne larguera qu'à ce moment le réservoir auxiliaire et souvent même, dans les opérations à très grande altitude, sur le chemin de retour. Dans ce cas, surtout si l'on tient compte de la différence de consommation entre l'aller, sur route ascendante, et le retour, sur route descendante, le réservoir auxiliaire multiplie par plus de 2 le rayon d'action normal.

Tant qu'on se limite à des poids d'essence modérés, la consommation du chasseur n'est guère affectée par la surcharge; elle est plus sensible à l'augmentation de résistance aérodynamique qui tient à la présence du réservoir et de son support, et à l'interaction de cet ensemble et de la voilure. Aucune précision n'a été donnée sur la solution appliquée par les chasseurs japonais qui doit être voisine de celle admise pour les Messerschmitt Me 109 et les « Hurricane » transformés en « Hurribomber » : fixation de la bombe ou du réservoir à un lance-bombe caréné sous fuselage.

Les figures 3, 4 et 5 indiquent quelques autres solutions possibles, plus avantageuses, notamment dans le cas de réservoirs auxiliaires de grand volume.

(1) Voir : « La détection électromagnétique », dans *La Science et la Vie*, n° 293 (janvier 1942).

### Vers le chasseur à 5 000 km de rayon d'action

Lorsqu'on aura compris que le problème de la chasse à grand rayon d'action prime tous ceux qu'on a résolus avec de magnifiques bombardiers auxquels il manque seulement de sortir à la cadence annoncée et de ne pas se faire descendre plus vite qu'on les construit, on ne négligera plus un facteur de puissance qui, en l'espèce, a au moins la même importance que l'armement, la vitesse et la protection. On s'apercevra alors qu'au lieu d'envoyer de nuit, sur un objectif à 1 500 km, 200 bombardiers quadrimoteurs à 12 000 m d'altitude, dont 20 ne reviendront pas, il est moins coûteux de placer de jour la même charge de bombes sur 100 appareils seulement naviguant à 9 000 m, et de les faire accompagner par autant de chasseurs qui ont au moins l'avantage, quand ils sont abattus, de faire payer cher leur perte.

Le « destroyer » bimoteur dont toutes les aviations veulent aujourd'hui quelques exemplaires est une solution de facilité. En l'admettant, on a sacrifié deux performances, la vitesse et la maniabilité. On a gagné en échange un vaste fuselage aux vues dégagées sur l'avant; on a peut-être même cru que les trois membres de l'équipage qu'on parvenait à y loger pouvaient s'aider les uns les autres et tirer de ces cinq à six mille kilogrammes d'une construction coûteuse tout ce qu'on était en droit d'en attendre. On trouve toujours d'excellentes raisons en temps de paix pour sacrifier les perfor-

mances; elles se vengent en temps de guerre. Pour ne pas attendre quatre ans la sortie d'un moteur à 24 cylindres, qui n'aurait d'ailleurs pas mis ce délai à naître si l'on avait vraiment compris son intérêt, le bimoteur en tandem était une solution immédiate; il y a bientôt dix ans qu'elle a remporté le record du monde de vitesse toutes catégories (1); elle se présentera de nouveau avec tous ses avantages quand le monomoteur de 2 500 ch, insuffisant, devra céder la place au bimoteur.

Tous les moyens indiqués pour accroître le rayon d'action du chasseur peuvent et doivent être employés simultanément. Le monomoteur de 2 500 ch embarquera aussi aisément ses 1 800 litres d'essence qu'un Messerschmitt Me 110 et aura les mêmes 2 400 km de rayon d'action que lui. On pourra même faire au rayon d'action le petit sacrifice d'augmenter un peu l'épaisseur d'aile et de tracer, pour en faire un réservoir d'essence, un raccordement d'aile et de fuselage un peu plus important qu'il n'est strictement nécessaire. On ne se déclarera pas satisfait pour autant et l'on ne manquera pas de doubler le volume d'essence par deux réservoirs auxiliaires. Mais, quand le chasseur aura 5 000 km de rayon d'action, ne trouvera-t-on pas plus simple de lui faire emporter les bombes directement au lieu de l'encombrer d'un convoi de bombardiers?

Camille ROUGERON.

(1) Voir : « Les records de vitesse en aviation », dans *La Science et la Vie*, n° 194 (août 1933).

Dans l'économie mondiale, la consommation de bois et, d'une manière générale, de cellulose, connaît un essor imprévu. Pour ménager les forêts exploitées actuellement sans ménagement, nombreux sont les pays, en Europe en particulier, où l'on se préoccupe de trouver de nouvelles et abondantes sources de cellulose. C'est ainsi que l'on se tourne aujourd'hui vers la paille, les fanes de pommes de terre, le chanvre et le lin, le genêt, l'ortie, les tiges de maïs et de tournesol, ainsi que les végétaux susceptibles d'un développement beaucoup plus rapide que les espèces forestières, tels que le peuplier exploité comme une production agricole et non plus forestière et l'« arundo donax » ou canne de Provence. Une statistique allemande a chiffré comme suit les quantités de matières premières utilisables par l'industrie textile, susceptibles d'être récoltées sur un terrain d'un hectare : fanes de pommes de terre, 250 kg; coton, 300 kg; lin, 500 kg; chanvre, 800 kg; bois forestier, 1 000 kg; maïs, 1 200 kg; peuplier, 5 000 kg; « arundo donax », 9 000 kg. On a ainsi évalué qu'en exploitant les fanes de pommes de terre sur 40 % de la surface cultivée en Allemagne, on pourrait obtenir 300 000 tonnes de cellulose par an.

# LES TYPHONS DE LA MER DE CHINE PEUVENT-ILS GÊNER LES OPÉRATIONS D'EXTRÊME-ORIENT ?

par NGO NGOC DONG

Ingénieur des Arts et Manufactures

*La guerre en Europe, en Méditerranée et en Afrique, la bataille de l'Atlantique sont étroitement soumises à la loi des saisons qui, au cours de l'année, déplacent les théâtres d'opérations. Quels que soient, en effet, les progrès de la technique, les conditions climatiques, par leur action directe sur les combattants et les engins ou par les modifications qu'elles apportent au terrain, peuvent transformer la physionomie des opérations, les ralentir, et même les arrêter pratiquement. La nouvelle guerre d'Extrême-Orient n'échappera sans doute pas à cette loi de l'alternance des champs de bataille, et, tandis que la mousson rendra difficilement praticables les routes de la Birmanie et de l'Inde, et que les typhons gêneront la navigation dans les mers de Chine, des terrains plus favorables s'offriront peut-être au nord de l'Asie au déroulement de nouvelles « guerres-éclair » et plus sûrement en Australie en partant des bases déjà conquises ou à conquérir plus à l'abri des cyclones.*

**L**E 6 décembre 1941, l'hiver russe suspendait le développement de l'offensive allemande sur Moscou au moment où celle-ci avait presque atteint son but. Pour la première fois depuis le début des hostilités, le moteur à explosions avait trouvé son maître et, quels que soient les progrès réalisés de nos jours par la technique, le facteur climatique reste encore un élément déterminant dont il convient de tenir compte dans la préparation d'une offensive.

Ils avaient compris que le prince Konoye a négocié pendant les mois de septembre et d'octobre de l'année dernière et que son successeur,

le général Tojo, a attendu jusqu'au 7 décembre pour attaquer la base américaine de Pearl Harbour et commencer une campagne qui n'a jusqu'ici connu que des succès. Si les Japonais ont pu utiliser leur matériel blindé dans l'offensive contre la Malaisie et la Birmanie, c'est en effet parce qu'ils ont mis dans leur jeu la mousson d'hiver qui souffle dans la zone des opérations, de novembre à avril, du nord-nord-est au sud-sud-ouest, assurant ainsi à l'armée japonaise cinq mois de saison sèche, au cours desquels le rendement du matériel est optimum, alors que sur un terrain détrempé comme peuvent l'être les terres tropicales, les chars blindés semblent de plus d'utilité.

De même, l'attaque des Philippines, de Bornéo, des îles de l'Insulinde, des possessions australiennes aura bénéficié pendant les premiers mois d'une période de calme caractérisée par l'absence à peu près complète des typhons dans les mers de Chine. Certes, l'influence de ces vents ne peut être comparée à celle du terrible hiver russe sur l'évolution d'une bataille, leur menace étant problématique et la gêne qu'ils apportent à la navigation passagère. Néan-

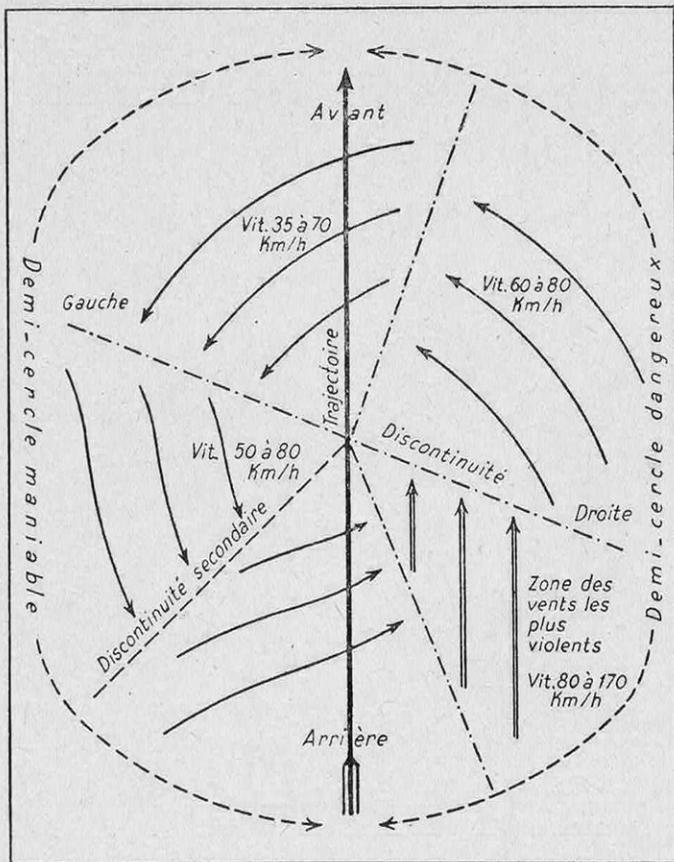
moins, un retard dans l'arrivée d'un convoi de troupes ou de ravitaillement peut être décisif dans une phase importante de la campagne.

## Qu'est-ce qu'un typhon ?

Au contraire de ce qu'on observe sous nos latitudes, où la surface des océans est presque toujours le siège de vents assez intenses, les mers tropicales sont, au point de vue du régime des vents, des régions de calme où les tempêtes sont relativement rares et sont toujours des phénomènes assez bien localisés. Mais ces tempêtes, appelées *cyclones*, semblent racheter en violence ce qui leur manque en fréquence et en étendue. Aussi les cyclones ont-ils une puissance de destruction incomparablement plus grande que celle des tempêtes de nos latitudes. Les cyclones se manifestent dans un certain nombre de régions privilégiées du globe. L'une d'entre elles est constituée par les mers de Chine, et ces tempêtes y ont reçu le nom particulier de *typhons*.

Un typhon est un vaste tourbillon d'air à axe à peu près vertical, convergent en bas, divergent en haut, entourant une région centrale de calme relatif appelé *centre* du cyclone. Ce tourbillon a une section circulaire ou elliptique, qui peut être déformée lorsque le typhon rencontre des massifs montagneux ou un anticyclone en voie d'élargissement.

Pour les typhons des mers de Chine, comme pour les ouragans des Antilles ou des cyclones de l'hémisphère nord, la circulation des vents au sol se fait dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, et, en règle générale, les vents convergent vers le centre du cyclone. Leur intensité n'est pas uniforme; ils sont plus violents dans le demi-cercle de droite que dans celui de gauche de la trajectoire pour un obser-



T W 17597

FIG. 1. — LA RÉPARTITION DU VENT DANS UN TYPHON

La vitesse du vent en un point du typhon est la résultante de la vitesse de rotation des masses d'air autour du centre, et de la vitesse de déplacement du typhon. Elle est donc plus élevée dans le demi-cercle de droite (demi-cercle dangereux) que dans le demi-cercle de gauche (demi-cercle maniable) (d'après Cline).

vateur regardant dans le sens de la propagation du météore. Et pour plus de précision, il apparaît bien que c'est dans le quadrant droit arrière que les vents sont les plus forts (fig. 1).

Les vents de la zone droite arrière, parallèles à la trajectoire du cyclone peuvent atteindre des vitesses très grandes de l'ordre de 45 m/s, vitesses enregistrées aussi bien en Extrême-Orient que dans les Antilles.

On considère que ces vitesses sont la résultante du mouvement de rotation des molécules d'air autour du centre du cyclone et de la vitesse de translation de ce dernier.

Il arrive, mais ce n'est pas toujours le cas, que le centre du cyclone soit le siège d'une zone de calme. C'est ce qu'on observe sur le diagramme d'enregistrement d'un typhon reproduit à la figure 2.

Le diamètre du tourbillon cyclonique varie d'un typhon à l'autre. Cependant, on peut admettre que la zone des vents très violents est sensiblement un cercle de 40 à 80 kilomètres de diamètre, alors que son diamètre total atteint 900 et 1 000 kilomètres, et parfois davantage.

En général, la température au sol baisse à l'approche du typhon, cette baisse suit celle du baromètre (fig. 2 a et b); mais il est fort possible qu'à grande altitude, il doive se trou-

ver dans le corps de la trombe cyclonique de très brutales discontinuités, qui, en raison du manque de sondages aérologiques réguliers, n'ont pu être confirmées sérieusement.

La baisse barométrique se traduit par une courbe en V (fig. 2 a et b); le minimum correspond sensiblement au passage du centre du typhon. A partir de ce moment, la pression remonte en repassant à peu près par les mêmes valeurs que lors de la baisse. Ces hausses et ces baisses ne s'accomplissent pas d'une façon régulière, comme on serait tenté de le penser, mais souvent d'une manière brusque, marquant ainsi l'instabilité de la pression au cours de l'évolution du météore.

Cette baisse barométrique vient déranger le mécanisme régulier de la marée barométrique tropicale, qui sous les tropiques provoque une double oscillation quotidienne, due à des causes d'origine cosmique non encore complètement déterminées.

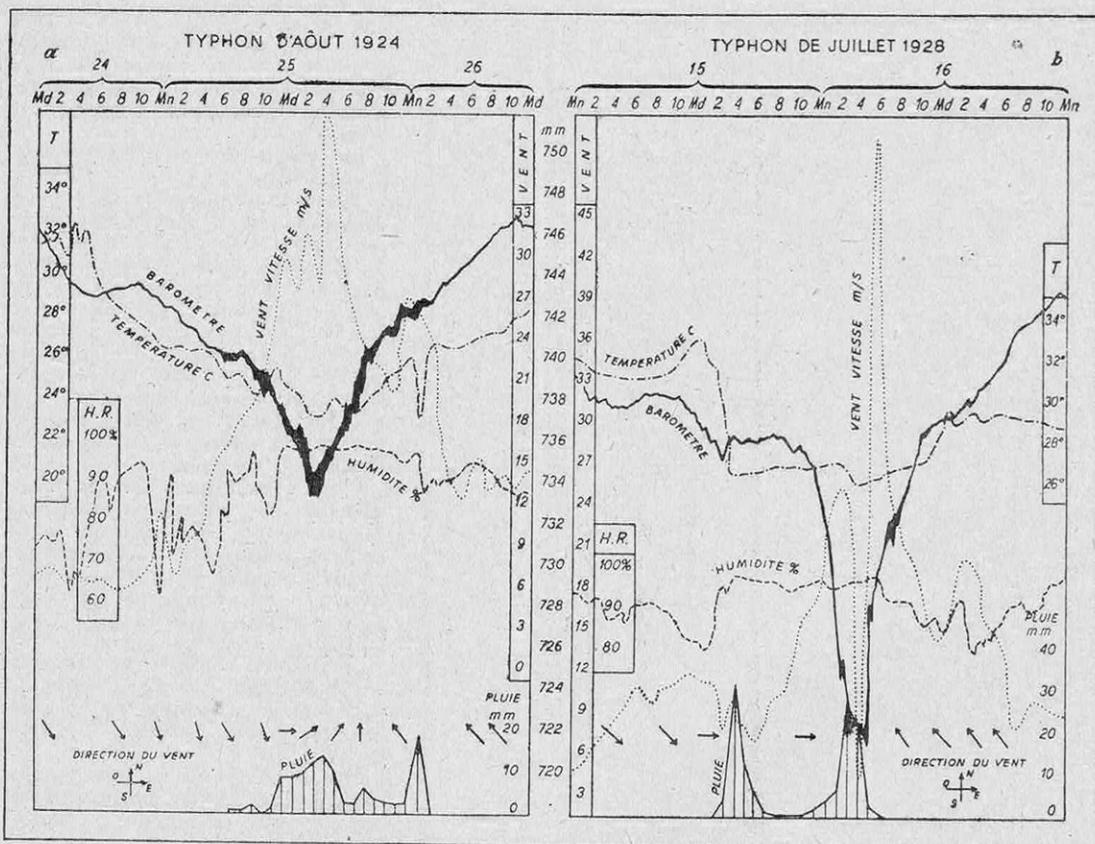
Le gradient barométrique observé en Indochine est de l'ordre de 0,25 mm en moyenne, ce qui correspond à des tempêtes dévastatrices.

Dès le début de la baisse lente barométrique, l'état hygrométrique atteint 0,80; ce chiffre est largement dépassé dans le corps même du cyclone où l'on note des chiffres supérieurs à 0,90; ce qui correspond à une température supérieure à 25° (fig. 2 a et b), et à une tension de vapeur d'eau de l'ordre de 23 mm. Aussi suffit-il d'une variation de température de quelques degrés pour provoquer des précipitations abondantes.

On distingue d'ailleurs deux zones concentriques de précipitation : d'abord une couronne extérieure où les précipitations sont nulles, correspondant à la présence de cirro-stratus; puis une aire circulaire ou elliptique intérieure où les précipitations sont abondantes, dans laquelle dominent les cumulo-nimbus; et enfin, au centre, on constate quelquefois une éclaircie, qui est le fameux « œil de la tempête » des marins.

Toutes ces observations correspondent à la théorie des systèmes nuageux de l'école française émettant l'avis que les nuages ne se dispersent pas d'une façon désordonnée dans le ciel, mais forment un ensemble constant dans leur déplacement (fig. 3), et c'est cet ensemble constant qu'on appelle « système nuageux », conséquence des variations des températures, qui annonce l'avènement des météores.

Donc, un jour au moins avant l'arrivée du centre de la tempête, alors qu'elle se trouve encore à un millier de kilomètres, on voit se présenter des cirrus en panaches, chassant dans une direction parallèle, ou à peu près, à la trajectoire du typhon; le ciel se couvre ensuite d'une voile de cirro-stratus peu épais, qui s'épaissit ensuite et prend une teinte laiteuse; l'observateur voit alors apparaître des cirro-cumulus et des alto-cumulus de plus en plus denses. Le



T W 17603

FIG. 2. — LE PASSAGE DE DEUX TYPHONS ENREGISTRÉ A L'OBSERVATOIRE CENTRAL DE L'INDOCHINE, EN AOÛT 1924 ET EN JUILLET 1928

On remarque la courbe en V de la pression barométrique, caractéristique du passage d'un typhon, l'abaissement de température, les pluies et les valeurs élevées atteintes par la vitesse du vent. Celui-ci tourne au passage du centre du météore. Dans le second cas, on a observé deux paroxysmes du vent, séparés par une accalmie relative correspondant au passage de la zone de calme centrale où la mer est démontée cependant.

ciel se couvre ensuite d'alto-stratus et les premières pluies font leur apparition.

Ces précipitations sont des pluies normales, car il peut arriver fréquemment que le typhon se comble sur l'Indochine, ou sur des côtes montagneuses quelconques, il se produit alors des pluies abondantes de comblement, explicables par le fait que le typhon, c'est-à-dire la masse d'air chaud, est dans l'obligation de sauter l'obstacle et que, rencontrant des masses d'air froid à des altitudes immédiatement supérieures, elle abandonne son humidité.

La distribution des pluies dans le corps du typhon est complexe, mais il semble bien que les précipitations sont maxima, pour l'hémisphère nord, près du centre et à droite de la trajectoire; elles diminuent rapidement dans le secteur gauche. En général, elles sont abondantes au voisinage et en avant des lignes de discontinuité, où se produisent les sautes de vent (fig. 3).

### La fréquence des typhons

En général, ces météores ne se produisent pas en toutes saisons; dans les mers de Chine et dans l'océan, c'est vers la fin de la saison chaude, c'est-à-dire à la fin de l'été et au commencement de l'automne, que la fréquence est

maximum. C'est à ce moment, en effet, que l'écart thermique est le plus grand entre les courants polaires et équatoriaux.

C'est ainsi que sur les 128 typhons enregistrés par l'observatoire central de l'Indochine entre 1911 et 1928, 105 ont eu lieu au cours des mois de juillet, d'août, de septembre, d'octobre et de novembre, suivant la répartition ci-après :

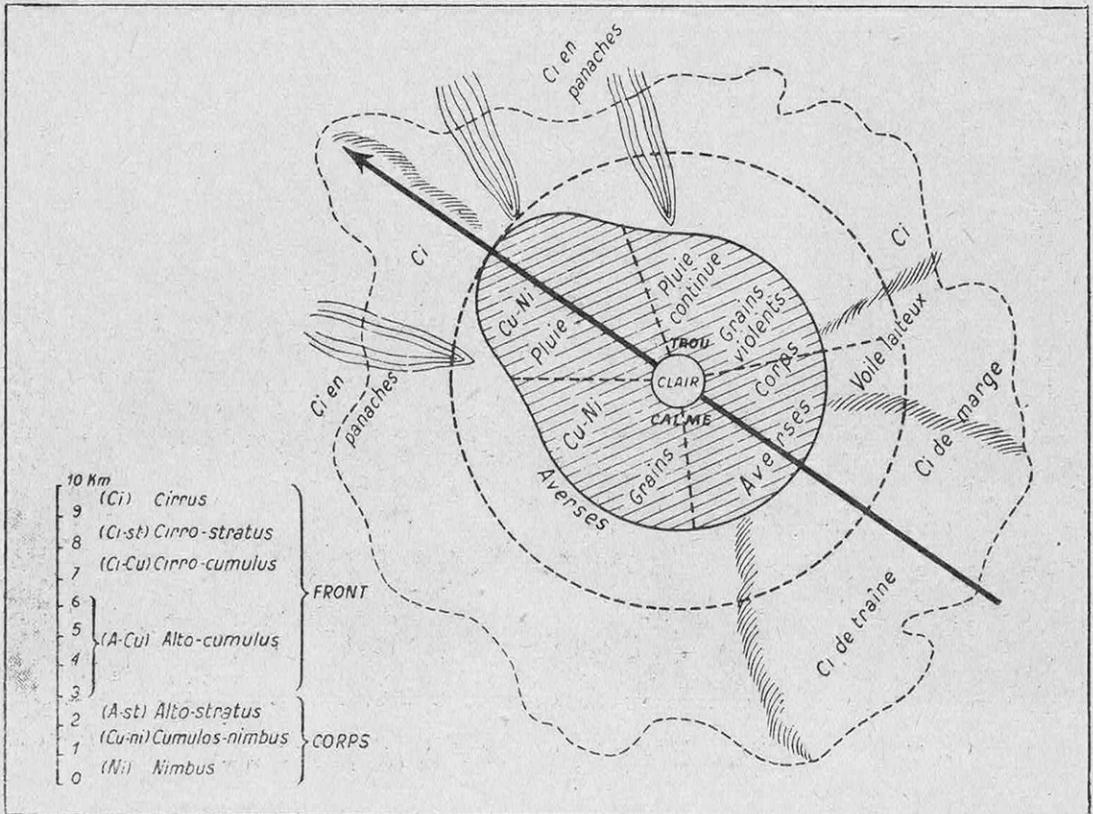
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2	0	0	0	6	9	29	19	18	19	20	6

### Où se forment les typhons ?

Nous ne parlons pas ici des régions de formation des cyclones intertropicaux qui sont assez nombreuses; dans la région du Pacifique occidental, les deux zones de formation des typhons sont l'une à l'ouest, l'autre à l'est des Philippines. La zone orientale des Philippines s'étend en latitude du 5° au 19° parallèle et en longitude du 125° au 146° méridien (voir carte, fig. 5). En général, les typhons de juillet, août et septembre se forment sensiblement plus au nord que ceux des autres mois.

En décembre et en janvier, la limite nord de la zone de formation ne dépasse pas le 10° parallèle.

Les typhons se forment à l'ouest des Philippines, c'est-à-dire dans la mer de Chine même,



T W 17605

FIG. 3. — LE SYSTÈME NUAGEUX ET LES PRÉCIPITATIONS ATMOSPHÉRIQUES QUI ACCOMPAGNENT UN TYPHON

Les nuages qui accompagnent le météore avertissent assez longtemps à l'avance de son approche et renseignent sur le sens de son déplacement. La zone dégagée au centre du cyclone, dite « œil de la tempête », peut ne pas exister.

sont plus rares que ceux de la classe précédente. Leur zone de formation est comprise entre les 112° et 121° méridiens et les parallèles de latitude de 7 et 20 degrés. Ici encore, la latitude des centres de formation décroît très nettement à partir du mois de septembre et ce décalage vers le sud s'accroît à mesure que la mousson d'hiver s'établit. En même temps, le nombre des typhons de cette classe diminue pour devenir nul en décembre.

**Le déplacement des typhons**

La carte des trajectoires moyennes des typhons montre que ceux-ci décrivent assez souvent des courbes d'allure parabolique. On avait cru pouvoir énoncer ce fait comme une loi rigoureuse, mais cette loi s'est trouvée infirmée quand les observations se sont multipliées : on a vu des typhons parcourir les trajets les plus capricieux.

Sur ces trajectoires moyennes, nous voyons que la plupart des typhons nés en mer de Chine viennent s'éteindre sur les côtes indo-chinoises; il en existe cependant qui continuent leur route vers le nord. Dans ce cas, la trajectoire affecte la forme parabolique habituelle, le typhon se dirige alors d'abord vers l'WNW près de l'équateur, puis vers le NW et le N avec une vitesse croissante; enfin au NNE et au NE le long des côtes chinoises, sur la seconde branche de sa trajectoire à cause de l'existence

d'une dépression fixe au Kamtchatka, formant ainsi cuvette entre deux anticyclones (Pacifique et Sibérie).

La vitesse de translation des typhons croît, en général, avec la latitude. Nous résumons ces variations dans le tableau suivant :

LATITUDE	LIMITES ORD.NAIRES	MOYENNE	MAXIMUM CONNU
5 à 15°	19 à 24 km/h	17 km/h	40 km/h
15 à 20°	10 à 26 —	19 —	45 —
20 à 25°	13 à 29 —	21 —	37 —

**Comment se forment les typhons ?**

Il faut bien avouer qu'aujourd'hui encore aucune explication de la formation des cyclones n'est entièrement satisfaisante. Les controverses durent encore, en particulier, entre les partisans d'une théorie thermique et les défenseurs d'une théorie mécanique ou dynamique que nous exposerons toutes deux brièvement.

Dans la *théorie thermique*, développée surtout par l'Américain Espy et Ferrel, on attribue la production des mouvements cycloniques aux différences de températures existant entre des régions voisines dans les couches inférieures de l'atmosphère. Les tempêtes se formeraient alors de la façon suivante : une portion assez étendue de la surface du globe étant recouverte d'une couche d'air chaud et humide, si pour



T W 17602

FIG. 4. — UNE RUE DE THAI-BINH (TONKIN) APRÈS LE PASSAGE DU TYPHON DU 30 JUILLET 1929 (D'APRÈS « LE CLIMAT DE L'INDOCHINE », DE E. BRUGON ET P. CARTON)

une raison quelconque, une couche locale vient à se trouver à une température supérieure, il se produira un mouvement ascendant. La condensation progressive de la vapeur d'eau pendant la montée, libérant la chaleur de vaporisation, maintient l'air montant constamment plus chaud et plus léger que l'air ambiant. Le mouvement ascensionnel continuera donc au lieu de s'arrêter comme cela se produirait avec de l'air chaud mais sec s'élevant dans une atmosphère plus froide. Pour Espy, la dépression barométrique centrale étant la cause du vent, celui-ci devait se diriger vers le centre.

Quant au déplacement de la tempête, Espy estimait que c'est aux courants généraux de la haute atmosphère qu'il fallait l'attribuer, en accord sur ce point avec la météorologie moderne.

Vers la même époque, c'est-à-dire vers 1840, Bridet et l'hydrographe français Keller soutenaient la même théorie, mais tandis que l'Américain Espy rejetait la giration, Bridet était partisan du mouvement circulaire. Ces vues se trouvèrent conciliées lorsque l'on admit, comme l'avait recommandé Piddington, un mouvement en spirale vers le centre.

En effet, par suite de la rotation de la terre, tous les corps en mouvement sont soumis à une force, dite de Coriolis, perpendiculaire à la vitesse et d'intensité proportionnelle à cette vitesse et à la latitude. Dans l'hémisphère nord, cette force tend à dévier les trajectoires vers la droite. Pour les mobiles dont la mécanique a coutume de s'occuper, cette force est négligeable devant les autres forces qui régissent ce mouvement. Au contraire, elle prend une grande importance dans le cas des déplacements de l'air, milieu de faible densité et de mouvement très rapide. On admit donc que les trajectoires étaient des spirales.

Cette théorie semble donc expliquer très suffisamment la formation des cyclones tropicaux, c'est-à-dire dans des régions où il existe des calmes et où la chaleur et l'humidité sont grandes. Malheureusement, elle est impuissante à expliquer les cyclones extratropicaux, c'est-à-dire des latitudes moyennes.

La *théorie dynamique* suppose que les tempêtes sont dues à la rencontre en altitude de deux courants contraires, l'un polaire, l'autre équatorial, provoquant la formation d'un tourbillon à axe vertical. BegeLOW, en particulier, après avoir observé les courants de surface et d'altitude aux Antilles, entre 1899 et 1903, a été amené à considérer un cyclone tropical comme une vaste trombe atteignant 6 à 10 km de hauteur. Il admettait la formation d'un tourbillon qui s'étendrait progressivement dans les couches basses de l'atmosphère. Mais le partisan le plus chaud de cette théorie fut l'astronome Faye qui, après avoir longuement étudié les taches solaires et leur mouvement, avait acquis la certitude « que ces taches étaient dues à des mouvements tourbillonnaires descendants à axe vertical, nés dans les courants dont la photosphère est sillonnée et entraînant dans leur sein les gaz relativement froids de l'atmosphère ». Pensant que les lois de la mécanique des fluides sont partout les mêmes, il fut amené à rapprocher les tempêtes des taches solaires et à les considérer comme des tourbillons descendants, à axe vertical. Faye estime que sans mouvement descendant, il ne serait pas possible d'expliquer l'existence du calme central de la tempête.

Faute de pouvoir assister à la naissance d'un typhon, c'est-à-dire de pouvoir déterminer toutes les circonstances de sa formation, nous sommes réduits à tenter de concilier les deux thèses qui, poussées à l'extrême, apparaissent

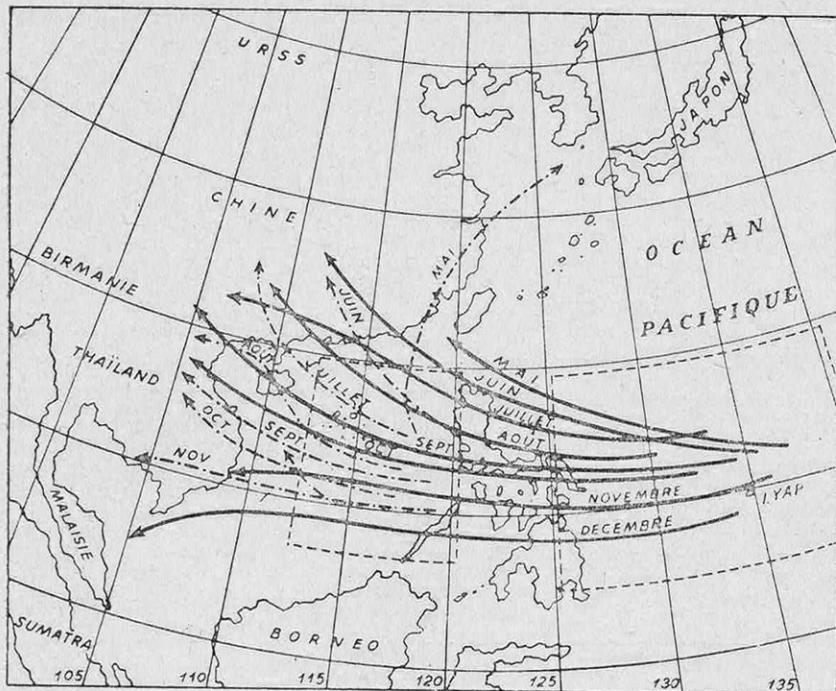


FIG. 5. — ZONES DE FORMATION ET TRAJECTOIRES MOYENNES DES TYPHONS DES MERS DE CHINE

On distingue deux zones de formation des typhons, l'une à l'est, l'autre à l'ouest des îles Philippines. On a représenté en traits pleins les trajectoires des typhons de la première catégorie, et en pointillés les trajectoires des typhons de la deuxième catégorie. On remarque le déplacement vers le sud que subissent ces trajectoires de mai à octobre.

toutes deux sur quelque point en contradiction avec les faits. Tel est l'avis du R.P. Algué, ancien directeur de l'observatoire de Manille, lorsqu'il écrit : « Ainsi, aucune de ces deux théories (thermique et mécanique) ne suffit à expliquer l'origine et la vie des cyclones. La première permet peut-être d'expliquer l'origine des cyclones dans un cas particulier (cas tropical); mais, en règle générale, elle n'explique ni l'origine, ni le développement, ni la vie, et beaucoup moins encore le mouvement progressif. Ferrel fut le premier à traiter par le calcul les variations de pression dans un cyclone, en les considérant comme les conséquences de la force centrifuge et de la rotation de la terre. Quant à l'activité cyclonique dans le sens vertical, il l'attribue aux gradients thermiques horizontal et vertical. S'il en est ainsi, pourquoi ne supposerions-nous pas que l'origine, c'est-à-dire la cause de quelques cyclones est précisément l'action de deux courants opposés, nés des conditions thermiques de l'atmosphère ou d'autres causes, dont l'effet immédiat est le tourbillon qui entraîne la dépression barométrique et l'altération conséquente de l'équilibre atmosphérique? »

Ces vues du R.P. Algué rejoignent celles de Bjerknes, un des fondateurs de la météorologie moderne, dérivant aussi bien

de l'école norvégienne que de l'école française (1), dont nous devons maintenant exposer les idées fondamentales sur la naissance des dépressions cycloniques. Le Dr Stanislav Hanzlik, de l'Université de Prague, ne s'est-il pas demandé si les cyclones intertropicaux ne seraient pas les derniers individus des familles de perturbations du « front polaire », théorie qui, semble-t-il, a trouvé des confirmations dans les sondages réalisés par le « Jacques-Cartier » ?

### La naissance d'une dépression

L'apparition des cyclones aux latitudes moyennes a trouvé son explication dans la théorie des fronts du savant norvégien Bjerknes. Contrairement à ce qu'on pourrait attendre d'un milieu que le vent brasse continuellement, les propriétés de l'at-

(1) Bien que la météorologie moderne, à l'encontre de l'ancienne, ne voie pas de liaison de cause à effet entre le « temps qu'il fait » ou « qu'il fera » avec les variations du baromètre — celles-ci n'étant que l'effet de deux courants d'air thermodynamiquement dissemblables qui, selon qu'ils se pressent l'un contre l'autre ou s'éloignent l'un de l'autre sous l'effet de la différence de température entre deux points considérés, créent des centres de hautes pressions ou des dépressions —, on est conduit, cependant, à utiliser pour la représentation graphique des phénomènes les réseaux d'isobares ou des variations de pression, qui n'en sont que les conséquences et non la cause.

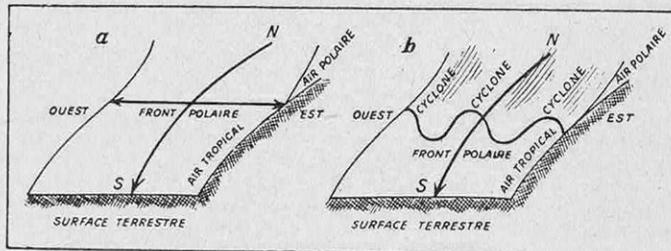


FIG. 6. — LE FRONT POLAIRE ET LA FORMATION DES PERTURBATIONS CYCLONIQUES

L'air polaire froid et l'air tropical chaud sont séparés par une surface de discontinuité dont la position moyenne (a) est celle d'un plan faiblement incliné sur l'horizontale, dont les lignes de plus grande pente sont dans les plans méridiens, et qui va s'élevant quand on se rapproche du pôle. Cette surface coupe la surface terrestre suivant le front polaire. Les perturbations cycloniques résultent d'ondulations qui se propagent sur cette surface de discontinuité (b).

mosphère ne varient pas toujours d'une façon continue d'un point à un autre. Dans la troposphère, en particulier, on peut observer des « surfaces » de discontinuité (il faut entendre ici par surface une couche d'air de transition plus ou moins mince, mais d'épaisseur non négligeable) de part et d'autre desquelles toutes les propriétés de l'air (température, humidité, pression, vitesse du vent) sont nettement différentes.

Ces surfaces peuvent disparaître dans certains cas, se régénérer, ou conserver pendant assez longtemps une certaine stabilité. La position stable d'une telle surface correspond au cas où l'air le plus dense est situé sous l'air moins dense, et où la surface de séparation est inclinée sur l'horizontale d'un angle qui dépend de la latitude et de la discontinuité des vitesses et des températures.

L'intersection d'une telle surface avec la surface de la terre s'appelle un front.

La plus importante des discontinuités de l'atmosphère sépare les masses d'air froid, appelées polaires, des masses d'air chaud des tropiques. Elle donne naissance au front polaire qui se trouve aux environs du parallèle 40°.

Considérons la surface de séparation de l'air

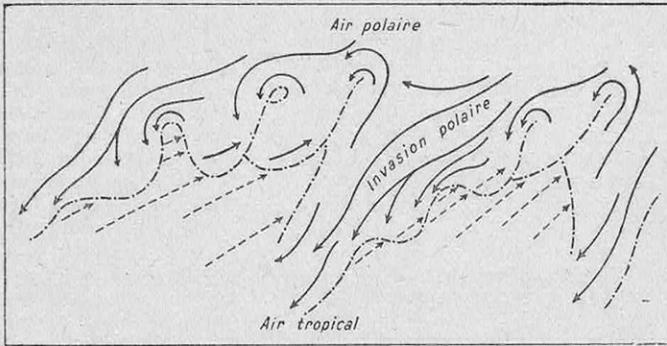


FIG. 7. — UNE INVASION POLAIRE ENTRE DEUX FAMILLES DE CYCLONES

Dans certains cas, le « front polaire » peut présenter une brèche par laquelle l'air polaire froid vient se mélanger avec l'air tropical.

polaire et de l'air tropical. On peut assimiler l'air froid à l'eau d'un lac, l'air chaud à l'air qui le surmonte et la surface terrestre à la berge du lac. Sous l'influence des discontinuités des vitesses des deux masses d'air, polaire et tropical, des « vagues » vont prendre naissance sur le lac, comme sous l'action d'un vent soufflant parallèlement à la berge. De l'air chaud, moins dense va donc avancer dans la masse d'air froid et il apparaîtra, tout le long du front polaire une famille de perturbations constituée par les vagues successives. Ces vagues évoluent à mesure qu'elles se propagent (fig. 6). Parfois même, la surface de discontinuité s'efface et il se produit une invasion d'air polaire dans la masse d'air tropical (fig. 7). De quelle façon s'inscrivent ces perturbations sur le réseau des lignes isobares? Avant toute perturbation, la répartition des isobares s'effectue suivant les parallèles, et les seuls vents qui peuvent apparaître sont les vents de la circulation générale de l'atmosphère, qui se déplacent également suivant les parallèles. Les isobares déformées prendront les formes indiquées

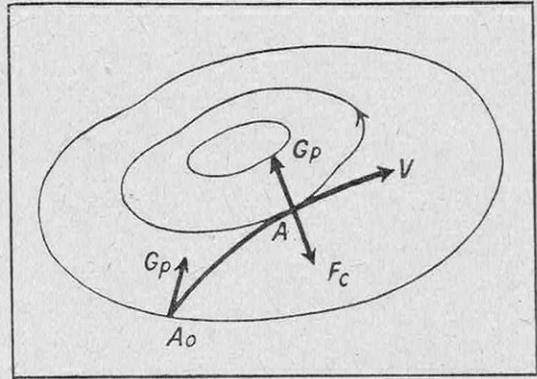


FIG. 8. — REPRÉSENTATION ISOBARIQUE DE LA CIRCULATION DES VENTS AUTOUR D'UN CYCLONE

Elle s'effectue sous l'action du gradient de pression  $G_p$ , force perpendiculaire aux isobares, et de la force de Coriolis, perpendiculaire à la vitesse. En  $A_o$ , la vitesse initiale étant nulle, le vent part perpendiculaire à une isobare, puis il est rapidement dévié vers la droite jusqu'en  $A$ , où il devient tangent à une isobare, que la masse d'air considéré décrit d'un mouvement uniforme dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

par la figure 9. Le champ de pression peut alors être dissocié par un artifice purement analytique en deux champs superposés : le champ primitif, plus un champ de perturbation. Celui-ci se présente sous la forme d'un certain nombre de noyaux de dépression dont chacun accompagne une vague. C'est autour de ce noyau que le vent va se mettre à tourbillonner sous l'action, comme nous l'avons vu tout à l'heure, de la force due au gradient de potentiel et de la force de Coriolis qui, au frotte-

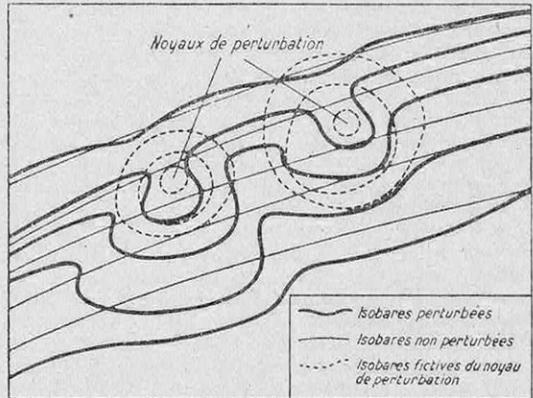
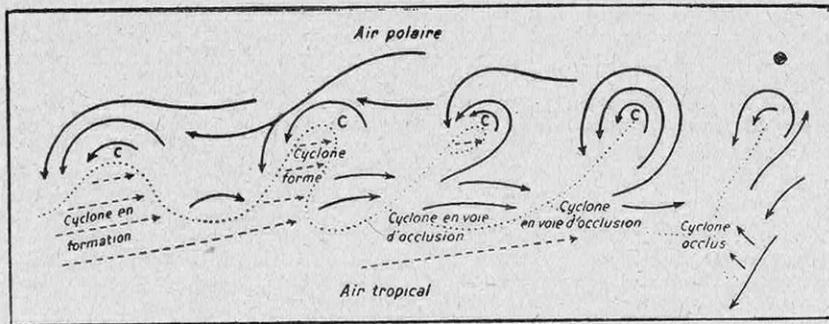


FIG. 9. — LES « NOYAUX » DE PERTURBATION ET LA FORMATION DES TEMPÊTES

Le champ des pressions atmosphériques est déformé au passage d'une perturbation. On peut le considérer comme la résultante du champ de pression primitif (en trait fin) et d'un certain nombre de noyaux de dépression (en pointillé). Suivant l'importance relative du gradient de ces deux champs, le champ perturbé résultant pourra prendre des formes diverses. C'est autour des noyaux de dépression que prend naissance le mouvement tourbillonnaire du vent.



T W 17004

FIG. 10. — UNE FAMILLE DE CYCLONES AUX DIFFÉRENTS STADES DE LEUR ÉVOLUTION

De gauche à droite, la naissance d'une perturbation, puis sa disparition par occlusion. Dans le phénomène d'occlusion, l'air froid, en raison de sa densité plus grande, chasse vers le haut l'air chaud qui s'est inséré dans la masse d'air polaire. On a représenté en tirets la circulation de l'air chaud, en trait plein la circulation de l'air froid et en pointillé le front qui les sépare.

### Les typhons et la navigation

Les vents violents (150 km/h et même plus) régnant dans l'aire d'un typhon soulèvent la mer en vagues gigantesques, qui peuvent causer aux navires, même de gros tonnage, des avaries majeures. Cette agitation ondulatoire se propage sous la forme d'une houle venant d'une direction qui peut être différente de celle des vents régnants. Elle se fait sentir parfois vingt-quatre heures avant l'arrivée du

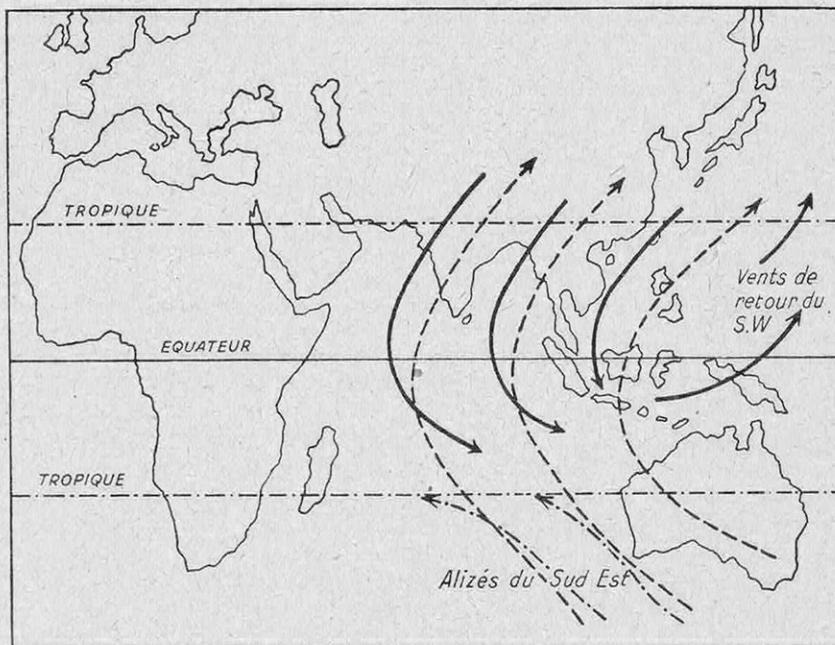
ment et à la force centrifuge (due à la trajectoire curviligne du vent) près, doivent se faire équilibre.

L'intensité de la force de Coriolis est proportionnelle à la vitesse, comme nous l'avons dit; elle l'est aussi au sinus de la latitude. Or ce dernier décroît du pôle jusqu'à l'équateur, où il s'annule. Il en résulte qu'aux latitudes élevées où nous vivons et où le coefficient de proportionnalité entre la force de Coriolis et la vitesse est élevé, l'équilibre avec la force due au gradient de potentiel est atteint pour une valeur de la vitesse relativement faible. Sous les tropiques, au contraire, cet équilibre n'est atteint que pour des valeurs très élevées de la vitesse du vent. De là, la violence particulière des tempêtes sous ces latitudes (1).

(1) Si cette explication de la virulence du météore satisfait aux lois de la dynamique, elle ne permet pas, par contre, de justifier par les calculs les résultats observés. Aussi est-on amené à invoquer le principe de la conservation de l'énergie pour donner à la vitesse des vents une explication satisfaisante. Toute masse d'air possédant une certaine énergie cinétique proportionnelle au carré de sa vitesse, une énergie potentielle dans le champ de la pesanteur (altitude) et enfin une autre énergie potentielle dans le champ de pression barométrique, le principe de la conservation de l'énergie indique qu'à une diminution de l'énergie potentielle de position, par suite de l'affaissement de la masse d'air jusqu'au sol, peut correspondre une augmentation considérable de son énergie cinétique, c'est-à-dire de sa vitesse.

cyclone (1 000 km).

En effet, dans le secteur droit avant du cyclone, les vagues sont poussées en travers de l'axe de marche; mais, par suite de l'avance du météore, les vents ne se maintiennent pas longtemps et les lames disparaissent malgré leur intensité. Il n'en va pas de même pour le secteur droit arrière, où le vent souffle avec violence, provoquant la naissance d'énormes vagues qui persistent dans la direction de propagation du cyclone. Elles produisent alors une houle qui fait sentir ses effets à des distances de l'ordre de 800 km en avant du centre du



T W 17606

FIG. 11. — LE RÉGIME DES MOUSSONS DANS LE PACIFIQUE ET L'OcéAN INDIEN

Pendant l'hiver, la région chaude, et par conséquent de basse pression, est constituée par les océans qui se refroidissent lentement. Le vent souffle du continent vers l'Océan Indien, et il est dévié vers la gauche après son passage de l'équateur jusqu'à prendre une route retour S.W. Pendant l'été, la mousson souffle de l'Océan; elle capte même, au-dessous de l'équateur, les alizés du S.E. Après avoir parcouru un long trajet sur l'Océan, elle amène la pluie sur l'Inde et la Birmanie. La mousson d'été venant des mers est plus violente que la mousson d'hiver, par suite de la faiblesse du frottement des molécules d'air.

tourbillon. C'est la « marée d'ouragan », que parfois des auteurs confondent avec les raz de marée, dont la cause est un tremblement de terre en plein océan.

La connaissance de la répartition des vents dans un cyclone permet de donner quelques règles pratiques, grâce auxquelles les navigateurs peuvent chercher à éviter le centre du météore, région où les vagues sont le plus dangereuses.

La direction des vents, l'allure de la courbe barométrique et la connaissance de la trajectoire moyenne des typhons permettent de déterminer si l'on se trouve dans le demi-cercle de gauche ou dans le demi-cercle de droite.

Dans le premier cas, qui est le plus périlleux, on peut tenter de fuir dans la direction perpendiculaire à la trajectoire probable; on dit qu'on se trouve dans le demi-cercle maniable. Dans le second cas (demi-cercle dangereux), il faut éviter que les vents qui soufflent avec une violence extrême de l'avant vers l'arrière de cette trajectoire n'amènent le navire sur le parcours du centre.

Il va sans dire que ces règles ne peuvent pas être prises à la lettre, car le mouvement des typhons présente des irrégularités, et le salut est dans ce cas question de sang-froid, d'expérience et de chance.

### Les moussons

Des vents allant de la terre vers la mer et inversement se manifestent partout où il existe une différence de température notable entre un continent et l'océan qui le baigne; mais en raison de l'immensité du continent asiatique, ces vents atteignent une intensité particulière sur la côte sud de l'Asie, où ils ont reçu le nom de moussons. Ces moussons règnent sur toutes les régions baignées par les océans Indien et Pacifique occidental avec deux alternances annuelles : la mousson d'hiver ou du nord-est, de novembre à avril, et la mousson

d'été ou du sud-ouest, de mai à octobre. Il existe deux époques de calme : avril-mai et octobre-novembre, correspondant à l'inversion des vents (fig. 11).

Selon qu'elle a traversé ou non des surfaces liquides, la mousson d'hiver du nord-est produit ou non des pluies sur les terres sur lesquelles elle passe. C'est ainsi qu'alors que la saison est sèche en Indochine, au Thaïland, en Birmanie et en Malaisie de novembre à avril, à Java, au contraire, c'est la saison pluvieuse qui y règne. Pendant la mousson d'été, la saison sèche fait place à la saison pluvieuse aux Indes, en Birmanie, en Malaisie, au Thaïland. A Java, la saison n'est jamais parfaitement sèche. Les pluies qu'apportent avec elles les moussons sont des précipitations qui n'ont rien de comparable à celles que l'on observe sous nos climats. C'est ainsi qu'en Birmanie la moyenne annuelle des chutes de pluie est supérieure à 2 m. tandis qu'en France elle atteint seulement 750 mm environ.

Ces pluies sont donc capables d'entraver les opérations d'une guerre moderne, et il est probable que comme sur le front de Cyrénaïque, où la chaleur excessive interdit les opérations l'été, la guerre en Birmanie marquera sans doute un temps d'arrêt pendant la saison pluvieuse.

Malgré les débuts foudroyants des offensives nippones dans le sud de l'Asie, il faudrait se garder de croire que la guerre dans cette partie du monde peut être de courte durée. Son caractère de guerre intercontinentale et les difficultés croissantes que rencontreront les Japonais du fait de l'allongement de leurs voies de communication se combineront sans doute avec le climat pour rendre les combats toujours plus pénibles pour l'assaillant. Les dirigeants japonais n'ont d'ailleurs pas sous-estimé ces difficultés, puisqu'ils prédisent que la guerre sera longue et pénible.

NGO-NGOC-DONG.

Les succès japonais dans le Pacifique ont enlevé aux Anglo-Saxons la libre disposition de la production d'étain de la Thaïlande, de la Malaisie et de l'Insulinde, estimée en 1939 à 106 000 tonnes, soit les deux tiers de la production mondiale. Il leur reste trois centres importants de production situés respectivement en Bolivie, au Congo belge et en Nigéria britannique (l'étain de Cornouailles n'atteint pas 2 000 tonnes par an). En 1939, ces pays fournissaient au total 50 000 tonnes, et de gros efforts sont faits actuellement pour développer les installations d'extraction et de traitement du minerai. Si, en Bolivie (38 000 t en 1941), la situation des mines et la rareté de la main-d'œuvre laissent peu d'espoir quant à une rapide progression, on espère doubler en six mois la production des mines nigériennes (qui passerait de 10 000 à 20 000 t par an) et dans un délai encore plus court celle du Congo belge (10 000 t en 1939), où les difficultés d'extraction sont minimes. Pour attendre cette mise en valeur, qui doit permettre aux belligérants de couvrir leurs besoins avec le minimum de restrictions pour les besoins civils, des réserves considérables ont été constituées qui atteindraient, pour les seuls Etats-Unis, 160 000 tonnes, soit plus de deux années de consommation normale.

# LA DÉFENSE ANTI-« STUKAS » DES NAVIRES DE COMBAT

par Pierre DUBLANC

*Après les expériences de Norvège et de Dunkerque en avril et mai 1940, la campagne de Crète en mai 1941 a montré que les navires de guerre les plus modernes étaient encore insuffisamment armés contre l'avion de bombardement en piqué. De 1919 à 1939, le navire avait surtout développé son armement antiaérien contre les bombardiers lançant en vol horizontal : d'où le choix de canons à obus fusants d'un calibre de 75 à 130 mm, pointés d'après les indications de directions de tir perfectionnées. Le « Stuka », piquant à la verticale, mit en défaut cette méthode de défense, et il fallut faire appel à des armes de faible calibre (13 à 40 mm), du type mitrailleuse et canon automatique (pom-pom), pointées à vue et tirant des projectiles traçants et percutants. Le duel pom-pom contre « Stuka » commençait, posant à l'artilleur et à l'architecte naval des problèmes d'affûts multiples, d'emplacement optimum des affûts et de réserve de munitions. La perte du Prince of Wales et du Repulse, le 8 décembre, au large des côtes de Malaisie, a mis en évidence le péril que fait courir au navire de guerre à la mer l'avion de torpillage. Des pom-poms supplémentaires devront être disposés pour y parer, et l'on verra s'élever le nombre de ces pièces pour une même surface du navire et en fonction de sa longueur. De la solution du problème des « pom-poms » dépendra pour le navire de guerre la possibilité de survivre dans les mers où ils est réduit à ses seuls moyens de défense.*

**A**U cours des années qui précédèrent la guerre de 1939, la question de la défense aérienne du navire devait se poser aux marins comme aux architectes navals sous la forme suivante : « Un navire de guerre pouvant être appelé à opérer dans une zone dominée par l'aviation adverse, et à y opérer sans escorte d'aviation de chasse amie, pourra-t-il, au moyen de la seule puissance de son feu, briser les attaques ci-après : bombardiers en vol horizontal et en altitude, bombardiers en piqué, vagues combinées piqué et altitude, vagues conjuguées bombardiers et avions torpilleurs ? »

Si ce problème a été ainsi posé, il faut reconnaître qu'en 1942, il n'est pas encore résolu.

La préoccupation dominante, au cours des années antérieures à 1940, était la défense contre le bombardement à grande altitude. Pour cette défense, on admettait entre six et dix pièces d'un calibre variant entre 90 et 130 mm. Cette défense était complétée par quelques mitrailleuses de 13 mm ou des canons à tir rapide de 37 à 40 mm contre les avions torpilleurs et éventuellement les bombardiers en piqué. Les innovations les plus intéressantes de cette période d'avant 1940 avaient été :

— le calibre unique de 127 mm (Amérique), de 130 mm (France) et de 132 mm (Grande-Bretagne) pour tirer à la fois contre l'ennemi aérien et contre l'ennemi flottant ;

— l'essai de seize pièces de 100 mm sur certains croiseurs italiens (Trento) ;

— la réalisation britannique de navires anti-aériens, suivant deux types distincts, le croiseur de 5000 tonnes et l'escorteur de 1000 tonnes environ.

Toutes ces solutions donnaient la priorité au calibre et au tir réglé par projectiles fusants. Elles s'avèrent insuffisantes lorsque, à partir de 1941, les navires de guerre alliés eurent à affronter l'attaque des « Stukas » allemands. En 1941, notamment à Matapan, le 26 mars, et en mer Ionienne, le 23 septembre, se développèrent les attaques à la torpille suivant une méthode de présentation par descente rapide en piqué, qui s'apparentait aux méthodes des « Stukas ». Contre de telles attaques, seules des armes à tir rapide sont efficaces, ce qui, dans l'état actuel de la fabrication des armes à feu, limite le calibre à 40 mm environ.

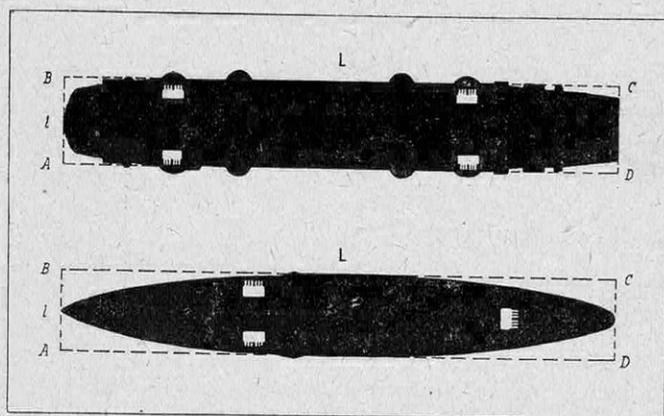
## L'expérience de Norvège 1940

C'est en Norvège, en avril 1940, que la marine britannique fit sa première expérience des « Stukas » — une expérience véritablement « avion contre navire », puisque aucune escorte d'aviation de chasse n'avait pu être fournie aux forces navales alliées.

Le 17 avril 1940, le croiseur *Suffolk* de 10 000 tonnes, venu canonner l'aérodrome de Stavanger, reçoit dès le début une bombe d'un Junkers 87 et doit se retirer à grand-peine, la poupe enfoncée jusqu'à la tourelle arrière.

Quatre contre-torpilleurs sont coulés dans les eaux norvégiennes : le *Gurkha* et le *Maori* de 1 850 tonnes, le français *Bison* et le polonais *Grom*, — et, chose plus grave, — deux navires antiaériens : le croiseur *Curlew* et l'avisos *Bittern* (armés de canons de 102 AA).

L'expérience britannique se poursuit sur les bancs de Flandres où plusieurs torpilleurs sont coulés, dont les escorteurs antiaériens *Valen-*



T W 17736

FIG. 1. — LE CRITÈRE DE LA DÉFENSE ANTISTUKAS D'UN NAVIRE

Pour un bombardier en piqué, la cible est la surface de pont du navire, qui est sensiblement les  $\frac{4}{5}$  de l'aire du rectangle ABCD pour la plupart des navires et les  $\frac{9}{10}$  de cette aire pour les porte-avions. La défense antistukas peut être « mesurée par la densité des pièces de défense rapprochée par mètre carré de surface du pont.

tine et Whitley (armement antiaérien : quatre pièces de 102 mm et deux affûts quadruples de 13 mm).

### La bataille aéronavale de Crète (mai 1941)

Le 10 janvier 1941, au passage du canal de Sicile, les « Stukas » allemands basés à Catane coulent le croiseur *Southampton* de 9 000 tonnes et avarient gravement le porte-avions *Illustrious* de 23 000 tonnes qui vient d'entrer en service. Celui-ci n'échappe à la destruction qu'en se réfugiant à Malte, sous la protection des avions de chasse envolés de cette île.

En avril 1941, l'escorteur *Wyneck* est coulé en Grèce.

Le 23 mai 1941, 400 à 500 bombardiers allemands Junkers, monomoteurs Ju 87 et bimoteurs Ju 88, et Messerschmitt 110 attaquèrent la flotte britannique entre 5 h 30 et 20 h 15, c'est-à-dire pendant près de quatorze heures consécutives. Cette bataille « Stukas » contre navires marque une nouvelle étape dans l'his-

en service : *Juno*, *Javelin*, *Kelly*, *Khashmir* et un plus ancien, le *Greyhound*.

### L'armement « antistukas »

Il est intéressant de comparer les armements antiaériens des navires avariés et coulés par les « Stukas ». Les contre-torpilleurs type *Gurkha* étaient très insuffisamment armés : ni canons antiaériens, ni pom-poms ; deux mitrailleuses quadruples de 13 mm seulement. Les contre-torpilleurs type *Kelly* possédaient un pom-pom quadruple. En outre, leurs canons de 120 mm pouvaient tirer contre avion sous un faible site ( $50^\circ$ ), mais ne permettaient pas d'intervenir contre les attaques en piqué.

Les escorteurs du type *Bittern* ou *Whitley*, armés de canons de 102 mm antiaériens (quatre ou six pièces), ne disposaient d'aucun pom-pom, mais seulement de mitrailleuses quadruples de 13 mm.

Les pom-poms octuples de 40 mm, armes efficaces contre les piqués, ne sont rencontrés que sur les grands bâtiments : les plus récents croiseurs des types *Southampton* et *Fiji*, le porte-avions *Illustrious* et les cuirassés récents ou refondus.

### Le désastre de Malaisie (8 décembre 1941)

Le 7 décembre 1941, à l'annonce d'un gros convoi japonais se préparant à débarquer à Kwantan, les cuirassés britanniques *Prince of Wales* et *Repulse* appareillaient en hâte de Singapour en direction du golfe de Siam. Aucune escorte aérienne par la chasse ne fut prévue, faute de porte-avions disponibles. Dans la matinée du 8 décembre, au large des îles Tioman, ils furent assaillis par plusieurs vagues d'avions torpilleurs japonais intervenant presque simultanément avec une vague de bombardiers en altitude. Les deux cuirassés isolés durent faire face avec leurs seuls canons de D.C.A. et leurs pom-poms. Une quarantaine de torpilles furent

NOM	CATÉGORIE	TONNAGE	ARMEMENT
<i>Prince of Wales</i>	Cuirassé.	35 000 t.	XVI 132 AA
<i>Repulse</i>	Croiseur de bataille.	32 000 t	VIII 102 AA
<i>Illustrious</i>	Porte-avions	23 000 t	XVI 141
<i>Suffolk</i>	Croiseur	10 000 t	VI 102 AA
<i>Southampton</i>	Croiseur.	9 000 t	VIII 102 AA
<i>Curlew</i>	Croiseur.	4 250 t	X 102 AA
<i>Bittern</i>	Escorteur.	1 200 t	VI 102 AA
<i>Valentine</i>	Escorteur	1 100 t	IV 102 AA

TABLEAU 1. — L'ARMEMENT PRINCIPAL ANTIAÉRIEN DE QUELQUES NAVIRES ANGLAIS COULÉS OU AVARIÉS DEPUIS LE DÉBUT DE LA GUERRE

toire militaire. Elle a mis en évidence l'insuffisance de l'armement « antistukas » des navires britanniques, même ceux mis en service en 1941. Le communiqué allemand revendique onze croiseurs coulés. Le communiqué anglais ne mentionne que la perte totale de quatre croiseurs et six contre-torpilleurs. Parmi les victimes figurent le *Gloucester* (frère du *Southampton*), le tout récent *Fiji* et le croiseur antiaérien *Calcutta*. Les contre-torpilleurs coulés comptent quatre unités du type *Jervis* qui venaient d'entrer

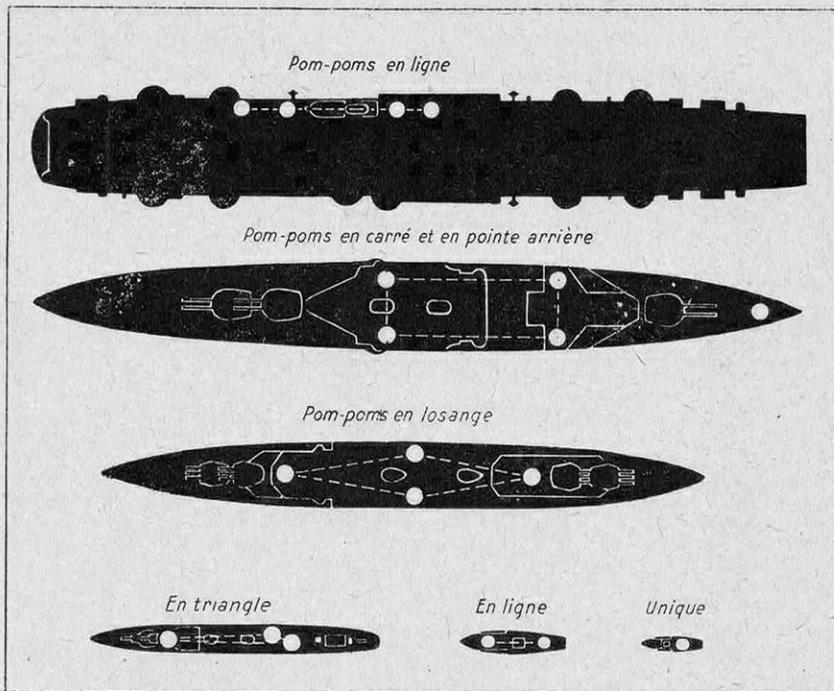
lancées. Le *Repulse*, après en avoir évité dix-sept, fut frappé par trois et coula en quelques minutes. Le *Prince of Wales* abat sept avions, mais, ayant reçu une torpille dans ses hélices, se trouva paralysé et finit par succomber à trois autres torpilles.

Le *Repulse*, modernisé en 1933-1936, ne disposait que de huit canons antiaériens de 102 mm (ses douze autres canons de 102 mm n'étant pas antiaériens) et de seize pom-poms de 40 mm. Le *Prince of Wales*, entré en service en 1941, disposait de seize canons de 132 mm capables de tirer aussi bien contre l'ennemi flottant que contre l'ennemi aérien, et de 32 pom-poms de 40 mm. Armement encore insuffisant. Aussi nous a-t-il paru intéressant d'évaluer le rapport du nombre des pièces de D.C.A. à la cible offerte.

**Le rapport du nombre de canons à la surface de pont :**

**1 canon de 100 à 130 mm pour 150 mètres carrés**

Pour le bombardier, la cible offerte est donnée sensiblement par la surface de pont. Le



T W 17734

FIG. 2. — LES DIFFÉRENTS MODES DE MONTAGE DES POM-POMS SUR LES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE NAVIRES

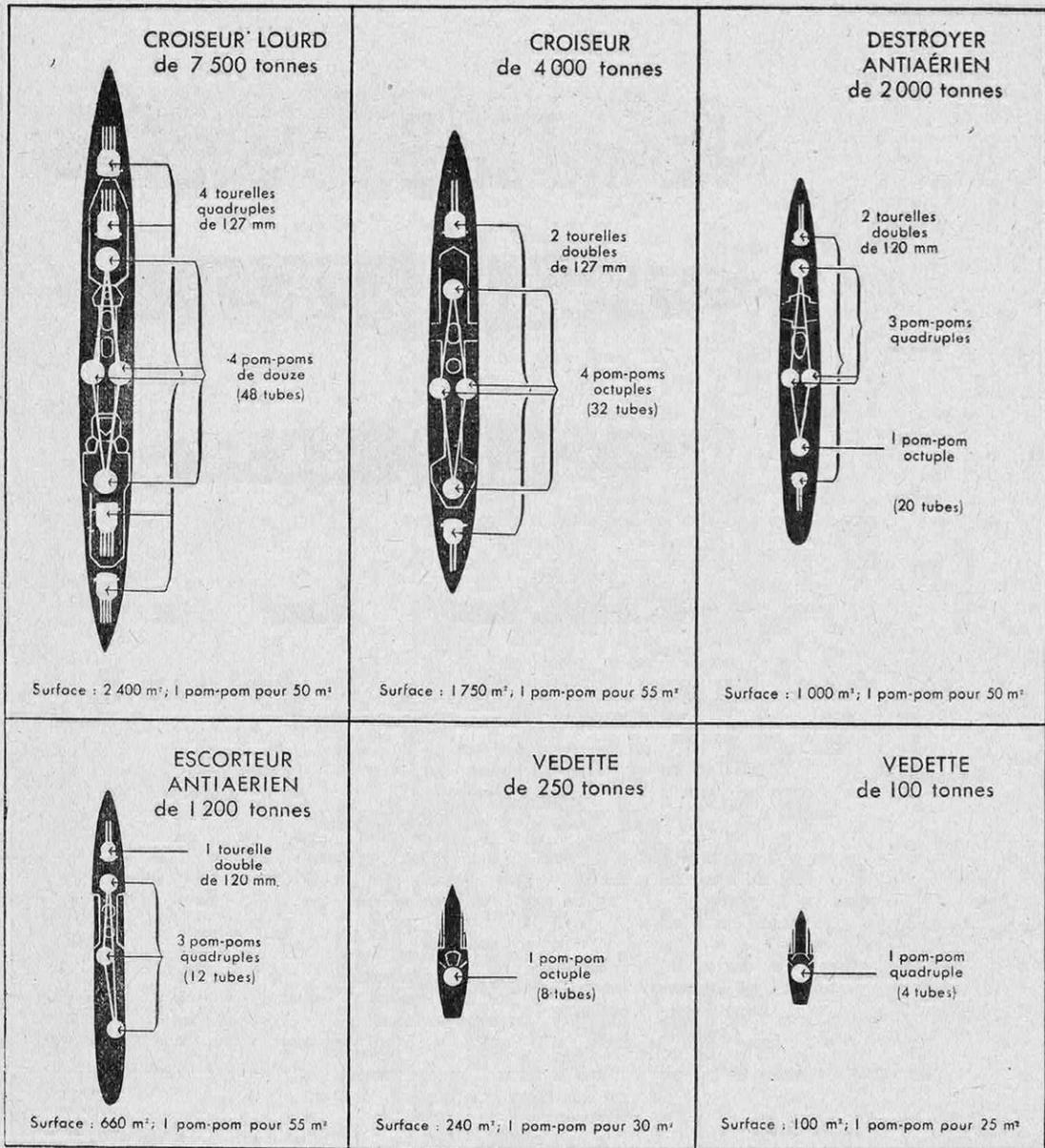
De haut en bas : la disposition en ligne (devant et derrière l'îlot) adoptée notamment sur les porte-avions britanniques; elle se prête particulièrement bien au dégagement du pont d'envol, mais l'armement antistukas ne convient pas alors pour la défense contre avions torpilleurs. La disposition en quatre coins avec un affût supplémentaire à l'arrière est réalisable sur les cuirassés. Pour les croiseurs, la plus convenable semble être la disposition en losange. Pour les petits bâtiments, la faible largeur de la coque conduit à la disposition en ligne, mais le montage en triangle sera parfois préféré pour renforcer la défense des secteurs arrières. Le pom-pom sur affût unique se justifie dans le cas des vedettes (pom-pom quadruple pour la vedette de 100 tonnes et octuple pour la vedette de 250 tonnes).

tableau I ci-contre donne le rapport du nombre des canons de 102 mm antiaériens à la surface de pont considérée comme cible. Les chiffres montrent que, pour un croiseur de surface, on compte un canon de 102 AA pour 300 à 500 m<sup>2</sup>

NOM	CATÉGORIE	TONNAGE	Longueur	Largeur	Surface de cible	Armement	Densité des pom-poms (par m <sup>2</sup> de surface de pont)
<i>Southampton et Gloucester</i>	Croiseurs	9 000 t	178 m	19,2 m	2 750 m <sup>2</sup>	2 octuples	1 /170
<i>Fiji</i>	Croiseur	8 000 t	167 m	18,9 m	2 500 m <sup>2</sup>	2 octuples	1 /155
<i>Calcutta</i>	Croiseur AA	4 180 t	137 m	13,2 m	1 570 m <sup>2</sup>	1 octuple	1 /215
<i>Juno, Javelin</i>	Contre-torpilleurs	1 600 t	106 m	10,7 m	900 m <sup>2</sup>	1 quadruple	1 /225
<i>Illustrious</i>	Porte-avions	23 000 t	229,5 m	29 m	6 000 m <sup>2</sup>	4 octuples	1 /190

TABLEAU II. — L'ARMEMENT ANTIAÉRIEN DES NAVIRES ANGLAIS VICTIMES DE L'AVIATION ALLEMANDE EN MÉDITERRANÉE AU DÉBUT DE 1941

La densité des armes de défense antiaérienne rapprochée était pour tous ces navires inférieure à une arme pour 150 m<sup>2</sup> de surface de pont. Il semble que cette densité devrait être au moins triplée pour que l'on puisse en attendre une protection satisfaisante.



T W 17738

FIG. 3. — PROJETS DE NAVIRES ANTISTUKAS CONÇUS SUR LA BASE D'UNE DENSITÉ MINIMUM DE 1 PIÈCE POUR 50 M<sup>2</sup> DE SURFACE DU PONT

de surface de pont, tandis que sur un navire antiaérien, croiseur ou escorte, cette proportion s'élève à un canon pour 150 m<sup>2</sup> environ de surface de pont. C'est d'ailleurs cet ordre de grandeur qui est conservé pour les récents navires antiaériens dont les canons — d'ailleurs d'un calibre atteignant 130 et 135 mm — sont tous antiaériens, comme les croiseurs type *Dido*, et les contre-torpilleurs *Lafrey* (britannique) et *Benson* (américain) (tableau I).

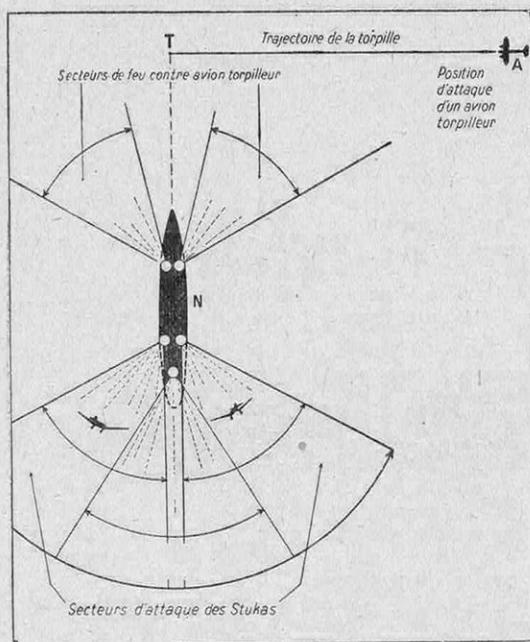
Contre les « Stukas », cette D.C.A. de gros calibre ne peut agir qu'en déclenchant des tirs de barrage à altitude fixe avec éclatements réglés à courte distance. Elle ne peut que remplacer les « pom-poms ».

Rappelons que le pom-pom tire à la manière

d'une lance à incendie avec projectiles percuteurs. En Angleterre, c'est le calibre de 40 mm qui a été choisi; sur les croiseurs allemands, c'est le 37 mm; les Américains ont adopté récemment le 28 mm.

### La densité de feu de 1 « pom-pom » pour 150 mètres carrés est insuffisante

Les navires les plus récents coulés en Crète présentaient une surface de pont de l'ordre de 200 mètres carrés pour un pom-pom de 40 mm. Chose curieuse, les contre-torpilleurs étaient à cet égard les moins bien défendus (1 pom-pom pour 225 m<sup>2</sup> sur les *Kelly*) et les croiseurs bien défendus (1 pom-pom pour 155 m<sup>2</sup> sur le *Fiji*).



T W 17737

dans ces secteurs. Le total idéal serait de cinq affûts multiples : deux devant et trois derrière, un seul étant placé dans l'axe. Cette disposition n'est appliquée qu'aux grands bâtiments. Pour les petits bâtiments, il faut réduire le nombre des armes, mais se rapprocher des mêmes principes.

En tout cas, ces derniers ayant succombé, on admettra que ce coefficient de défense anti-stukas, de l'ordre de 150 m<sup>2</sup> par pom-pom, était encore insuffisant. C'est délibérément à moins de 100 m<sup>2</sup> pour un pom-pom que l'on doit arriver si l'on veut espérer actuellement défendre les navires contre les bombardiers en piqué. Le tableau II donne les taux à prévoir pour divers types de bâtiments.

Le nombre des pom-poms n'entre d'ailleurs

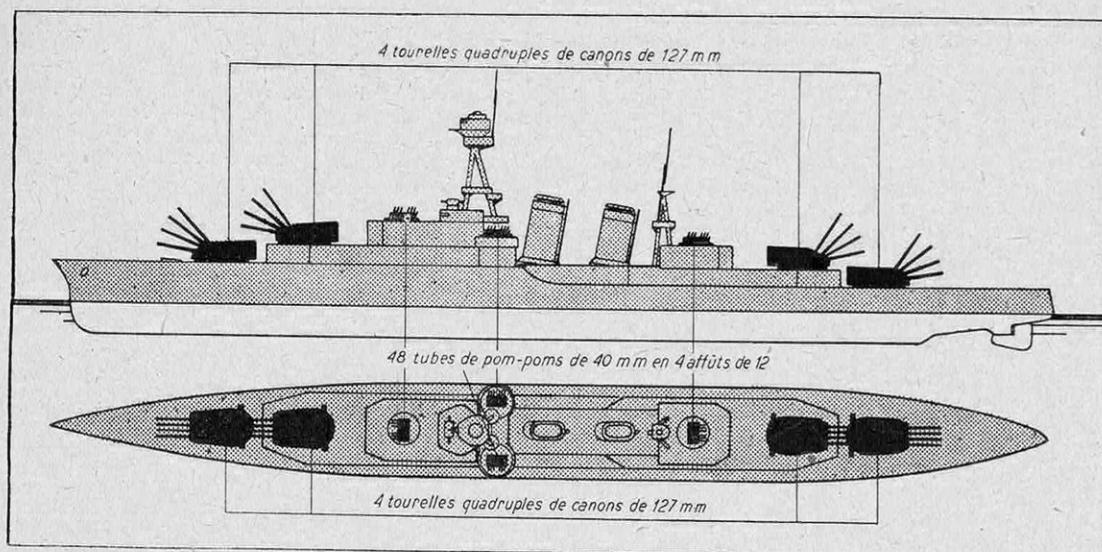
FIG. 4. — LES DEUX PRINCIPAUX SECTEURS DE TIR DES ARMES DE DÉFENSE RAPPROCHÉE D'UN NAVIRE DE GUERRE

Les armes de défense rapprochée assurent à la fois la protection du navire contre les avions torpilleurs et contre les bombardiers en piqué. Les premiers sont obligés d'attaquer dans le secteur de l'avant. En effet, leur torpille, de vitesse relativement faible (20 m/s), devra atteindre un navire se déplaçant à la vitesse de 10 m/s (20 nœuds). Le navire fera par exemple, 300 m, tandis que la torpille en fera 600. L'angle TNA est donc de l'ordre de 50°. Les pom-poms doivent battre, de chaque bord du navire, le secteur correspondant à cette direction d'attaque. D'où 2 ou 4 pom-poms à disposer à la partie antérieure du navire avec champ de tir vers l'avant. D'autre part, les « Stukas », pour augmenter la précision de leur lancer, attaquent de préférence en venant des secteurs de l'arrière, d'où deux autres pom-poms multiples, sinon trois, à disposer pour tirer

BATIMENTS	DIMENSIONS	SURFACE	Armement	Densité des pom-poms par m <sup>2</sup> de surface
 Cuirassé North Carolina-35 000 t (E.-U.).	long. : 228 m. larg. : 33 m	6 000 m <sup>2</sup>	XX 127 mm 4 pom-poms quadruples	1/380
 Croiseur Dido-5 450 t (G.-B.).	long. : 154 m larg. : 16 m	1 730 m <sup>2</sup>	X 132 mm 2 pom-poms octuples	1/135
 Contre-torpilleur Laforey-1 920 t (G.-B.).	long. : 108 m larg. : 11 m	960 m <sup>2</sup>	VI 120 mm 1 pom-pom quadruple	1/240
 Contre-torpilleur Benson-1 490 t (E.-U.).	long. : 118 m larg. : 11,7 m	1 120 m <sup>2</sup>	V 127 mm 5 tubes de 28 mm	1/225
 Escorteur AA Hunt-900 t (G.-B.).	long. : 83 m larg. : 8,6 m	570 m <sup>2</sup>	IV 100 mm 1 pom-pom quadruple	1/140

TABLEAU III. — L'ARMEMENT ANTIAÉRIEN DE QUELQUES NAVIRES RÉCENTS

L'armement de ces navires, si l'on en croit les pertes subies en Méditerranée et dans le Pacifique par la marine anglaise, est insuffisant à la fois contre les avions torpilleurs et contre les avions de bombardement en piqué. Les mieux défendus sont le Dido et le Hunt, mais la densité 1/135 et 1/140 de leurs pièces de défense rapprochée est trop faible.



T W 17735

FIG. 5. — PROJET AMÉRICAIN DE CROISEUR LOURD ANTIAÉRIEN DE 7 500 TONNES

Voici les caractéristiques du croiseur dont le projet a été présenté par l'Américain Percival en février 1941 : longueur, 170 m; largeur, 17 m; surface, 2 300 m<sup>2</sup>; vitesse, 26 nœuds. La protection est assurée contre les bombes moyennes. L'armement antiaérien principal se compose de XVI 127 mm en quatre tourelles, et l'armement antiaérien rapproché de 48 pom-poms de 40 mm en quatre affûts de 12 pièces.

pas seul en ligne de compte. Il convient aussi de donner aux affûts le meilleur rendement :

— par un montage multiple (volume de feu aussi grand que possible dans la même direction) ;

— par la disposition à bord de ces montages, de manière à couvrir les secteurs les plus dangereux.

Les montages multiples déjà réalisés par Vickers sont : le quadruple et l'octuple. Des affûts de douze pom-poms ont été proposés en Amérique, mais étant donnée la multiplicité des attaques en piqué — attaques qu'il faut parer individuellement, il ne semble pas intéressant de dépasser le montage octuple. Il paraît préférable de multiplier le nombre des affûts quadruples.

Ajoutons que la multiplicité des affûts est en outre indispensable :

1° Pour répartir les armes sur la longueur de la coque (dans le cas du torpillage, l'élément de vulnérabilité est donné par la longueur de la coque : 242 mètres pour le *Repulse*) ;

2° Pour assurer simultanément une défense efficace contre les avions de torpillage et contre les bombardiers en piqué.

### Le rapport des pom-poms à la longueur de coque (cas de la défense contre les avions torpilleurs)

Les avions torpilleurs attaquant à basse altitude, il faut considérer les affûts tirant effectivement à la bordée, et non pas leur nombre total. En effet, les affûts placés à bâbord ne peuvent pas tirer à tribord et vice versa. Ainsi, pour le *Prince of Wales*, par exemple, il ne faut compter, sur les quatre affûts octuples, que trois tirant à la bordée. La vulnérabilité à la torpille étant donnée par la longueur de coque, le coefficient à considérer est donc le rapport

du nombre de pom-poms tirant à la bordée à la longueur de la coque. Ce rapport de 1 pom-pom pour 10 mètres de coque s'est révélé insuffisant pour le *Prince of Wales*.

La répartition optimum des affûts de pom-poms dépend donc finalement des deux facteurs : surface de pont et longueur de coque.

En 1940, on admettait que quatre affûts disposés soit en « quatre coins », soit en losange (*Prince of Wales*), répondaient à la défense d'un croiseur ou d'un cuirassé contre le torpillage ou contre le piqué. Pour le porte-avions, du type *Illustrious*, on avait adopté un montage en ligne des quatre affûts, dans l'axe de l'îlot « passerelle-cheminée ».

L'expérience de 1941 a montré que quatre affûts octuples ne suffisaient pas à assurer la défense antistukas d'une cible de 6 000 m<sup>2</sup> de surface de pont, comme l'*Illustrious* de 23 000 tonnes (1 pom-pom pour 185 m<sup>2</sup>) et d'une coque d'une longueur de 235 mètres, comme le *Prince of Wales* de 35 000 tonnes (1 pom-pom pour 10 mètres de longueur). Pour les cuirassés et les porte-avions, il faut délibérément adopter un montage de six affûts octuples, en double losange — ce qui améliore la défense antistukas du porte-avions et la défense contre avions torpilleurs du cuirassé.

La disposition en simple losange restera suffisante pour les croiseurs de 5 000 à 10 000 tonnes (surface, 2 500 m<sup>2</sup> et longueur, 180 m).

Pour les contre-torpilleurs et les escortes rapides (1 000 à 2 000 t), la disposition en ligne résulterait de la faible largeur de la coque; mais la nécessité de renforcer la défense des secteurs arrière contre les « Stukas » conduirait à l'adoption d'un montage en triangle, avec décroisement des pom-poms latéraux.

Les règles ci-dessus, appliquées à un *Dido* de 5 000 tonnes, exigeraient trois pom-poms octuples (disposition en triangle), ce qui donne un pom-pom pour 70 m<sup>2</sup>. Adaptées à un *Lafrey*, elles donneraient trois pom-poms quadruples en triangle, soit un pom-pom pour 80 m<sup>2</sup>.

### Une corvette antiaérienne?

Quant à l'idée du pom-pom unique, octuple ou quadruple, devant obligatoirement être placé au centre du navire, pour disposer d'un champ de tir circulaire, elle ne serait applicable qu'au cas d'une vedette antiaérienne de 100 tonnes à pom-pom quadruple ou d'une corvette antiaérienne de 250 tonnes à pom-pom octuple.

Le tableau III donne par comparaison la réalité pour les navires de guerre les plus récents.

### Un projet de croiseur lourd antiaérien

Dans un projet américain, qui préconise le croiseur antiaérien cuirassé de 7 500 tonnes, il est indiqué quatre affûts de douze tubes de 40 mm disposés en losange. Ce qui donnerait un pom-pom pour moins de 50 m<sup>2</sup> et un pom-pom à la bordée pour 5 mètres de longueur de coque. La défense contre les bombardiers en vol horizontal serait assurée par quatre tourelles quadruples de 127 mm, soit une pièce de 127 mm pour 145 m<sup>2</sup> environ (fig. 5).

### Le nombre de pom-poms doit être triplé

En conclusion, si l'on veut assurer au navire

de guerre une défense efficace contre tous les modes d'attaques aériennes combinées, et en particulier contre les plus dangereux : le piqué et le torpillage, il faut admettre les coefficients suivants :

— *Défense contre les bombardiers en vol horizontal* : une pièce de D.C.A. lourde (calibre de 100 à 150 mm) pour une surface de pont de 150 m<sup>2</sup>. C'est le taux des croiseurs anti-aériens actuels, qui paraît suffisant.

— *Défense contre les bombardiers en piqué* : une pièce de D.C.A. légère (calibre de 25 à 40 mm) pour une surface de pont de 50 m<sup>2</sup>. De ce côté, il faut tripler le taux actuellement admis.

— *Défense contre les avions de torpillage* : le taux réclamé pour la défense contre le piqué paraît suffisant, à condition d'adopter une répartition adéquate pour les bâtiments de grande longueur, les plus vulnérables à la torpille. Pour un cuirassé ou un porte-avions, ce serait de 1 pom-pom à la bordée pour une longueur de coque de 5 à 7 mètres au plus.

En résumé, l'armement en D.C.A. légère doit avoir la priorité. Si le navire de combat veut survivre, il doit dès maintenant tripler son armement « antistukas ».

P. DUBLANC.

En 1925-1926, la consommation mondiale d'engrais chimiques azotés a été estimée à 1 888 000 t d'azote. En 1936-1937, elle s'est élevée à 2 386 000 t, soit près du double. Dans le même intervalle de temps, la consommation d'engrais phosphatés passait de 2 949 000 t à 3 863 000 t d'acide phosphorique; celle des engrais potassiques de 1 448 000 t à 2 483 000 t de potasse. L'Europe à elle seule a utilisé 56,6 % des premiers, 60,9 % des seconds et 79,6 % des derniers. En tête des pays consommateurs, classés d'après les quantités d'engrais répandus par hectare de terre cultivée, venaient la Belgique et la Hollande; puis, dans l'ordre, l'Allemagne, le Danemark, la Norvège, la Suède, l'Italie, la France, l'Angleterre, la Pologne, avec les Etats Balkaniques en queue de liste. La revue allemande « der Vierjahresplan » qui fournissait récemment ces chiffres, indiquait en particulier les rendements à l'hectare dans différents pays en 1939. D'après ces données, la production à l'hectare en France était de 16,5 quintaux pour le blé, et de 17 quintaux pour le maïs. En Allemagne, les chiffres correspondants étaient de 23,1 quintaux pour le blé et 27,35 quintaux pour le maïs. Il est hors de doute que ces différences considérables doivent être rapportées, pour la plus grande part, à l'emploi plus ou moins intensif des engrais chimiques. En effet, par hectare de terre cultivée (il s'agit ici d'une moyenne générale et non plus seulement des terres cultivées en blé ou en maïs), leur consommation en France était estimée, en 1938-1939, à 7,8 kg d'azote, 15,9 kg d'acide phosphorique et 13 kg de potasse par hectare, contre 35,9 kg d'azote, 38,1 kg d'acide phosphorique et 62,7 kg de potasse en Allemagne (sans les territoires nouvellement annexés). Encore ces derniers chiffres sont-ils inférieurs de près de 50 % à ceux que l'Office pour l'alimentation du Reich considère comme optimum. L'augmentation de la production des céréales, et de la production agricole en général, est donc étroitement liée à celle des engrais, et on peut juger de l'incidence grave que peut avoir la pénurie actuelle sur le rendement des cultures françaises.

# LES DEUX BASES THÉORIQUES DE LA PHOTOGRAPHIE ET DU CINÉMA

par Marcel BOLL  
Docteur ès Sciences

*Abstraction faite de la partie mécanique (construction de l'appareil, fonctionnement de l'obturateur, etc.) qui, somme toute, ne joue qu'un rôle secondaire, la photographie et le cinéma se trouvent placés au point de jonction, au « confluent » de deux branches de la science : l'optique géométrique pour ce qui concerne l'objectif ; la photochimie pour ce qui se passe dans les plaques, dans les pellicules et dans les papiers sensibles. Sous les réalisations pratiques, si nombreuses et si importantes dans presque tous les domaines où s'exerce l'activité humaine, se cachent — comme toujours — des faits scientifiques qu'il convient de ne pas négliger, car ces faits contiennent en germes les découvertes et les perfectionnements de l'avenir.*

**L**E 7 janvier 1839, les membres de l'Académie des Sciences s'assemblèrent autour de leur président, Eugène Chevreul, alors âgé de 53 ans et parvenu ainsi à la moitié de son existence. C'est à cette séance, pour reprendre les termes du compte rendu officiel, que le physicien François Arago (1786-1853) prit la parole « pour donner verbalement à l'Académie une idée générale de la découverte que M. Daguerre (1) a faite et sur laquelle la majeure partie du public n'a eu jusqu'ici que des notions erronées ». Le 19 août de la même année, Arago présenta à la même compagnie des images sur plaque d'argent qui connurent une célébrité provisoire, sous le nom de « daguerréotypes ».

C'est cent ans après, jour pour jour, le 7 janvier 1939, que fut commémorée l'invention de la photographie, au grand amphithéâtre de la Sorbonne.

L'on constate avec surprise que les deux phénomènes sur lesquels repose la photographie, l'optique géométrique et la photochimie, étaient connus, l'un il y a près de sept siècles, l'autre il y en aura bientôt quatre... Mais personne, avant Niepce et Daguerre, n'avait songé à une réalisation pratique ! Remarque assurément digne d'intérêt, mais sur laquelle les futurs inventeurs feront bien de ne pas trop tabler : par suite du nombre de plus en plus considérable des techniciens, par suite aussi des progrès incessants dans les sciences appliquées, la probabilité d'un rapprochement, à la fois simple et fructueux, est d'ores et déjà extrêmement voisine de zéro...

L'origine de la chambre noire a fait l'objet de plu-

(1) La première conception (1816) de cette technique remonte, comme on sait, à Nicéphore Niepce (1765-1833). En 1829, celui-ci s'associa avec le peintre Louis Daguerre (1789-1851), mais il n'eut pas le bonheur d'assister au triomphe de l'œuvre commune.

sieurs controverses d'ordre historique. Alors qu'elle était jadis attribuée à Léonard de Vinci (1452-1519), il est aujourd'hui hors de doute qu'elle était connue d'un moine franciscain, né en Angleterre et réfugié en France, Roger Bacon (1214-1294) : esprit encyclopédique, doué d'une forte personnalité et d'une vive imagination, il résuma (1267) ses idées sur l'optique dans un ouvrage intitulé *Opus majus* (œuvre principale). Quant aux lentilles, l'Arabe Alhazen (mort en 1038) avait une première idée de leur « pouvoir grossissant », mais elles ne devinrent populaires qu'après l'invention des bésicles par un noble Florentin, Salvino degli Armati, qui mourut en 1317.

Sans parler du phénomène de la vision, les actions chimiques de la lumière interviennent notamment dans le blanchiment, dans l'altération de certaines matières colorantes (« déjeuners de soleil »), dans la pigmentation de l'épiderme humain (« bains de soleil »), sans que personne s'avisât d'en concevoir un mécanisme plausible.

Dans les affleurements des filons d'argent, il existe un minerai gris clair, onctueux, tendre, brillant, facilement fusible, de densité 5,5, la céraryrite (ou argent corné), qui est du chlorure d'argent natif. Eh bien ! en 1566, dans son livre *De metallicis rebus* (sur les propriétés métalliques), l'alchimiste George Fabricius signale que l'argent corné noircit, quand on l'expose au soleil. Ce phénomène de noircissement fut étudié, surtout au point de vue chimique, successivement par l'Anglais Robert Boyle (1626-1691), par l'Allemand H. Schulze (1687-1744), par le Suédois K. W. Scheele (1742-1786) : il est resté à la base de l'impression photographique (fig. 1 et 2).

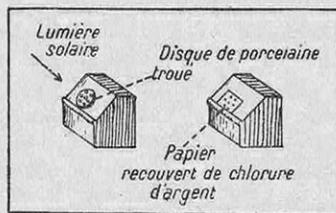
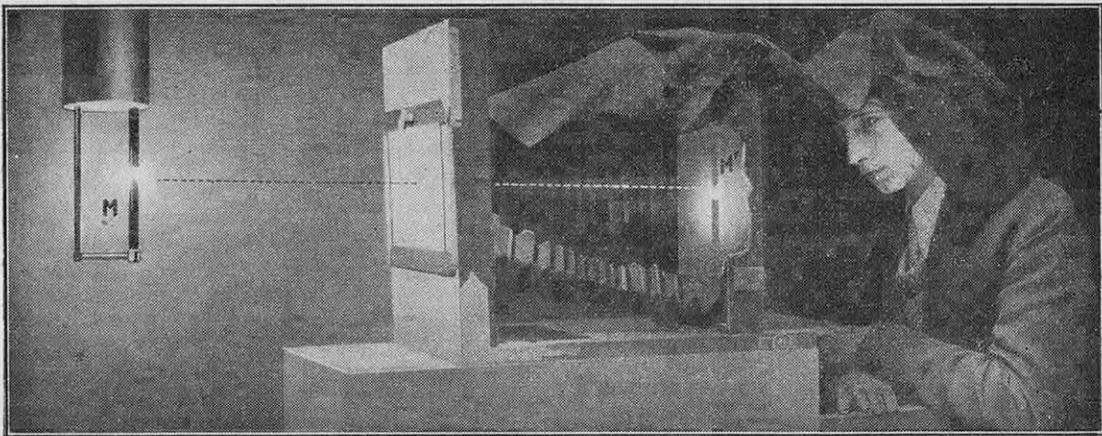


FIG. 1 ET 2. — PRINCIPE DE LA PHOTOGRAPHIE

On a recouvert, au préalable, un morceau de papier d'une couche de chlorure d'argent, puis on l'expose perpendiculairement aux rayons solaires, en recouvrant le papier d'un disque percé de trous (fig. 1). On constate, après quelques instants, l'apparition de taches noires (fig. 2) à la place des trous.

## La chambre noire ou « sténopé »

L'expression de « chambre noire » est ambiguë : elle a fini par désigner un des organes



T W 2123

FIG. 3. — LA CHAMBRE NOIRE (OU « STÉNOPE »)

On utilise, pour cette expérience, un appareil photographique dont l'objectif est remplacé par un écran percé d'un trou d'aiguille. Dans le but d'éliminer les lumières étrangères, l'observateur se couvre la tête d'un voile noir. A chaque point M de l'objet lumineux (arc électrique) correspond, sur le verre dépoli, une tache M'. L'ensemble de ces taches fournit une image, exactement semblable à l'objet.

de tout appareil photographique (ou cinématographique), mais elle signifiait primitivement (pour Roger Bacon, au XIII<sup>e</sup> siècle) une boîte obscure, dont une des faces est percée d'un petit trou. Pour éviter toute confusion, on a même proposé, dans ce cas, de dire, au lieu de chambre noire : « sténopé » (littéralement : étroit œil), mais le terme n'a pas prévalu.

La boîte est représentée par la figure 3. Sa face arrière est un verre dépoli, qu'un observateur est en train d'examiner. Sa face avant est une plaque, opaque à la lumière et percée, en son centre, d'un trou, d'un millimètre de diamètre par exemple. En M se trouve un arc électrique (source de lumière extrêmement intense), et il se forme, en M', sur le verre dépoli, une image renversée de l'arc. (Cette image est d'ailleurs d'autant plus étendue, d'autant plus floue, que la longueur de la chambre noire — ou « tirage » — est plus grande.)

L'explication repose sur la propagation rectiligne de la lumière. Tout point M de l'objet lumineux envoie, à travers l'orifice, un étroit « pinceau » de rayons, qui découpe, sur le verre dépoli, une petite tache lumineuse M', qui devient ainsi l'image de M. L'éclairement de chaque point de l'image est d'ailleurs proportionnel à l'intensité de chaque point de l'objet. Par suite, l'ensemble des taches donne, de n'importe quel objet fortement éclairé, une représentation semblable, renversée, mais manquant de netteté, car chacune des taches empiète sur ses voisines. Si nous réduisons la surface du trou, nous diminuons en même temps celle des taches, et nous améliorons l'image; mais on est vite limité par les phénomènes de diffraction.

« Un trou » est donc l'objectif photographique le plus simple et le moins coûteux. Son avantage essentiel réside dans la parfaite similitude de l'image à l'objet. Le « sténopé » est parfois utilisé en photographie d'architecture par temps couvert (pour que les ombres portées ne varient pas). Mais le flux lumineux, qui traverse le petit orifice, est toujours très minime; aussi les temps de pose sont-ils extrêmement longs (de l'ordre d'une heure).

Il est donc indispensable, dans la quasi-unanimité des cas, de faire converger les rayons

lumineux incidents au moyen d'une lentille (1) : on appelle ainsi une lame mince de verre, dont les faces d'entrée et de sortie sont des portions de sphère (une face plane étant le cas particulier où le rayon de la sphère est infini).

### Convergence et achromatisme

La convergence d'une lentille simple est une propriété qui se décrit très simplement.

Pour prendre un exemple aussi schématique que possible, nous chercherons à former l'image d'une étoile (de Sirius, par exemple) au moyen d'une lentille plan-convexe. Nous interposerons d'abord un verre rouge (fig. 4); puis nous déplacerons un verre dépoli, jusqu'à ce que, en R, l'image de Sirius (examinée à la loupe) soit la plus nette possible; la distance qui sépare alors la lentille du verre dépoli s'appelle la distance focale : elle sera, pour fixer les idées, de 0,25 m ou 1/4 m.

On dit alors que la convergence (pour les rayons rouges) de la lentille plan-convexe est 4 dioptries. On conçoit tout de suite que, si la distance focale avait été de 0,10 m, ou 1/10 m, la convergence aurait eu pour valeur 10 dioptries; que, si la distance focale avait été de 2 m, la convergence eût été 1/2 dioptrie, etc. En d'autres termes, distance focale et convergence sont deux manières différentes de chiffrer une seule et même propriété d'une certaine lentille : plus la distance focale est courte, plus la lentille en question fait converger les rayons lumineux.

La convergence d'une lentille mince dépend exclusivement (2) de la forme de la lentille et de la matière dont elle est faite, soit :

a) Des rayons de courbure des deux faces (3);

(1) Ou d'un ensemble de lentilles (fig. 14-17).

(2) La convergence ne dépend pas de l'épaisseur. Elle reste également la même lorsqu'on retourne la lentille bout pour bout (par exemple lorsqu'on présente la face plane à Sirius). Si nous avons choisi la première alternative, c'est qu'elle fournit des images meilleures (à cause des « aberrations » géométriques, dont nous parlerons plus loin).

(3) Lorsqu'une face est plane, il suffit d'écrire que son rayon de courbure est infini.

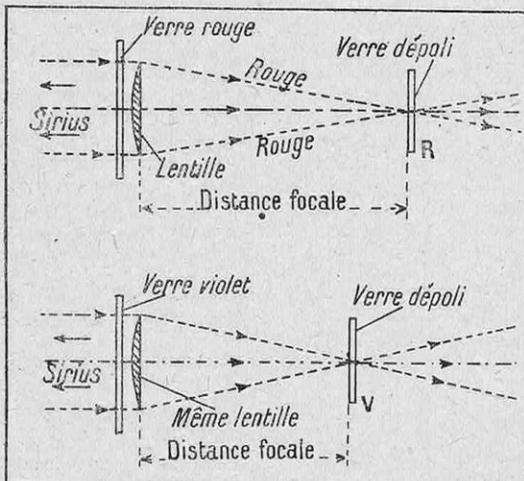
b) De « l'indice de réfraction » du verre employé. Sans entrer dans des détails superflus, il suffit de savoir que ce coefficient varie entre 1,48 et 1,92 (et, le plus souvent, entre 1,5 et 1,7). La convergence varie dans le même sens que l'indice; pour fixer les idées, si l'on taille deux lentilles identiques dans des verres d'indices 1,5 et 1,7, la convergence de la seconde lentille est égale à la convergence de la première multipliée par la fraction  $7/5$  (1).

Si, maintenant (fig. 5), nous refaisons la même expérience avec la même lentille, mais en remplaçant le verre rouge par un verre violet, nous constatons que la meilleure mise au point ne se produit pas à la même place : elle a lieu en un point V, plus rapproché de la lentille que le point R (2). Ce fait n'a rien pour nous surprendre : il est lié à la dispersion de la lumière blanche que l'on observe dans l'arc-en-ciel et que l'on réalise dans l'« étalement en spectre » par le prisme.

Comme, dans la pratique, on opère toujours en lumière blanche, laquelle est formée d'une infinité de radiations simples entre le violet et le rouge, il s'ensuit que la position de l'image sera mal déterminée (floue) entre V et R. Un simple coup d'œil sur l'ensemble des figures 4 et 5 suggère qu'en V, nous aurons une image blanche irisée de rouge et qu'en R, nous aurons une image blanche bordée de violet. Notons également que le phénomène est général : toutes les lentilles simples font plus converger les rayons violets que les rayons rouges; nous

(1) Ou, ce qui revient au même, la distance focale de la seconde lentille est égale à la distance focale de la première multipliée par la fraction  $5/7$ .

(2) Comme ordre de grandeur, dans les conditions où nous nous sommes placés, la distance RV (appelée « dispersion du foyer ») peut varier entre 2 et 4 mm. Cette distance a été fortement exagérée pour la clarté des dessins (fig. 4 et 5).



T W 17608

FIG. 4 ET 5. — DÉFINITION DE LA DISTANCE FOCALE ET DE LA CONVERGENCE

Toutes les lentilles simples font converger plus fortement les rayons violets (fig. 5) que les rayons rouges (fig. 4).

EXEMPLES DE VERRES D'OPTIQUE	INDICES DE RÉFRACTION pour les			POUVOIRS DISPERSIFS
	Rayons rouges	Rayons jaunes	Rayons violets	
Crown ordinaire.....	1,5119	1,5175	1,5287	1,11 %
Flint ordinaire.....	1,5375	1,5740	1,5913	1,64 %
Borosilicate de baryum et de zinc.....	1,6062	1,6130	1,6270	1,29 %

FIG. 6. — INDICES DE RÉFRACTION ET POUVOIRS DISPERSIFS DE QUELQUES VERRES

touchons aux « théories de la dispersion », théories fort complexes, qui font appel à la structure de la lumière et à la constitution de la matière, et dont l'initiateur fut notre compatriote, le mathématicien Augustin Cauchy (1789-1857), en 1836.

Il nous faut maintenant jeter un coup d'œil sur le tableau de la figure 6, car on peut dire, sans exagération, qu'il renferme la quintessence de l'objectif photographique. Pour le moment, le lecteur ne se préoccupera que des deux premières lignes; l'intérêt primordial de la troisième ligne du tableau n'apparaîtra que plus tard.

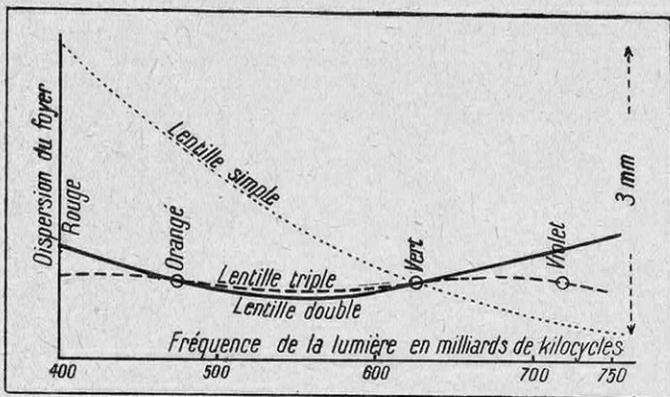
Crown (couronne) et flint (caillou) sont deux mots anglais qui désignent conventionnellement (lorsqu'ils sont bien homogènes) le verre ordinaire et le cristal. Le crown est du silicate de sodium et de calcium; le flint est du silicate de potassium et de plomb (1). On voit que les indices de réfraction du flint sont supérieurs à ceux du crown; les « pouvoirs dispersifs » le sont aussi. Le pouvoir dispersif est une nouvelle grandeur physique, qui exprime comment varie l'indice de réfraction, quand on passe des rayons rouges aux rayons violets; pour avoir des « pourcentages », on se rapporte à l'indice moyen (celui des rayons jaunes). Un grand pouvoir dispersif permet d'obtenir un spectre très étalé, ainsi qu'une grande « dispersion du foyer », une grande longueur  $V R$  (fig. 4 et 5). On comprend tout de suite que, lorsqu'un objectif photographique ne comporte qu'une lentille simple (fig. 14), le crown soit de beaucoup préférable au flint.

Mais ce n'est pas tout.

Il faut tout d'abord savoir ce qui se passe quand deux lentilles minces sont en contact ou — de préférence — accolées (la face d'entrée de la seconde s'adaptant exactement sur la face de sortie de la première). Le calcul est facile, et le résultat est aussi simple qu'on aurait pu l'imaginer : la convergence de l'ensemble des deux lentilles (fig. 15) est tout bonnement égale à la somme des convergences partielles : c'est cette relation d'additivité qui fait préférer la notion de convergence à celle, plus compliquée, de distance focale.

1° Avec une lentille simple, on disposait de deux rayons de courbure pour prévoir la convergence. Si l'on se fixait la distance focale des rayons verts (fig. 7, courbe en ponctué), les

(1) Les verres sont des solutions solides, où les proportions respectives des éléments chimiques peuvent varier d'une manière continue, entre de larges limites.



T W 17609

FIG. 7. — ACHROMATISMES OBTENUS PAR L'EMPLOI DE DEUX OU TROIS LENTILLES ACCOLÉES

autres distances focales étaient « ce qu'elles pouvaient » sur notre figure, la « dispersion du foyer » est de 3 millimètres (distance entre le foyer des rayons rouges et le foyer des rayons violets).

2° Si l'on emploie deux lentilles accolées, il apparaît un troisième rayon de courbure. On peut alors s'arranger (fig. 7, courbe en traits pleins) pour faire coïncider le foyer des rayons verts et celui des rayons orangés par exemple (« objectif achromatique »).

3° Avec trois lentilles (fig. 7, courbe en traits pointillés), trois foyers peuvent être identiques (orangé, vert, violet). La courbe sinuieuse se confond à peu de chose près avec une horizontale : c'est dire que la distance focale (ou la convergence) ne dépend pour ainsi dire plus de la couleur de la lumière incidente. Avec un tel objectif (1), Sirius (fig. 4 et 5) donne une image nette en lumière blanche, sans irisations, sans « aberration chromatique ».

Tel est le principe de l'achromatisation des lentilles (2). Ce résultat ne date pas d'hier, puisqu'il remonte au mathématicien suisse Léonhard Euler (1707-1783). Le premier système achromatisé fut construit, sur ses indications, en 1758, par l'opticien londonien, d'origine française, John Dollond.

### Les deux techniques de l'optique géométrique

Il n'y aurait plus grand chose à ajouter si l'on voulait se contenter de photographier Sirius, et encore à condition de diaphragmer fortement. Mais on désire en général prendre des instantanés (donc avec beaucoup de lumière, sans diaphragmer), en reproduisant des scènes très étendues (objectifs dits grands angulaires, utilisant des rayons lumineux très inclinés sur l'axe de la lentille).

On démontre sans peine que toute la technique de l'optique géométrique se ramène à la solution de deux problèmes, en quelque sorte inverses l'un de l'autre :

1° Nous avons affaire (fig. 8) à un objet très petit (mettons d'un centième de millimètre), dont cha-

(1) Appelé parfois « apochromatique ».  
(2) Qu'Isaac Newton avait crue impossible.

que point envoie vers l'instrument un cône très large (un faisceau) de rayons lumineux : l'angle au sommet dépasse largement 45° et peut s'approcher de 180°. On a reconnu les conditions imposées à l'objectif de microscope.

2° Dans l'autre problème (fig. 9), l'objet considéré est extrêmement étendu (des mètres carrés), mais, en compensation, chaque point de cet objet n'émet vers l'appareil qu'un cône très délié (un « pinceau ») de rayons lumineux : l'angle au sommet du cône est de l'ordre de grandeur du degré. C'est précisément le cas de l'objectif photographique (ainsi que des oculaires de microscope, de jumelle, de télescope, etc.).

Un système optique qui résout l'un des problèmes s'écarte nécessairement de l'autre. On démontre mathématiquement qu'une grande image ne saurait être produite par une infinité de larges faisceaux tombant en chacun de ses points. Et, d'ailleurs, on ne voit pas par quelle sorte d'appareil une telle image pourrait bien être obtenue.

### La distorsion

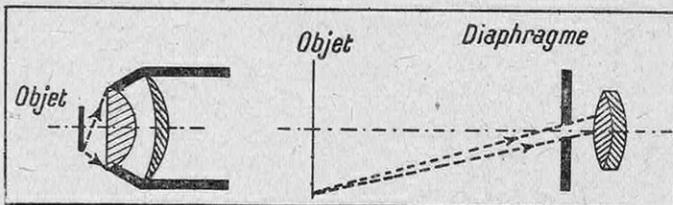
En photographie, on s'applique essentiellement à ce qu'un point quelconque de l'objet donne, sur l'image, un point (condition de stigmatisme), et aussi qu'un objet plan se transforme en une image plane (planéité du champ). C'est là de la pure optique géométrique, qui se traite déductivement à partir des lois de Descartes. Il faut rendre hommage à l'école allemande qui, sous l'impulsion d'Ernst Abbe (1840-1905), de Petzval, de Czapski, de Pulfrich, de Riedel et de bien d'autres, sut mener à bien la solution d'un problème effroyablement complexe. Il nous suffira de rappeler deux aspects essentiels de cette question.

Tout d'abord, la diaphragmation (la limitation du faisceau lumineux) provoque des déformations inattendues, comme le montrent nos figures 10 et 11, où l'on se propose de photographier un quadrillage :

1° Lorsque le diaphragme est derrière la lentille, à la place de l'image correcte en pointillé, on obtient une distorsion en croissant;

2° Lorsque le diaphragme est devant la lentille, à la place de l'image correcte en pointillé, on obtient une distorsion en barillet.

On voit d'ici ce que donnerait une photographie de la Madeleine, où les sommets seraient effilés en aigrettes, où le monument aurait l'apparence d'un énorme tonneau!



T W 17611

FIG. 8 ET 9. — LES DEUX PROBLÈMES FONDAMENTAUX DE L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

L'objectif du microscope (fig. 8) et l'objectif photographique (fig. 9).

Un bon moyen de supprimer la distorsion (ou, comme on dit, de réaliser « l'orthoscopie ») consiste à employer — comme l'a indiqué Stutton en 1857 — deux systèmes de lentilles assez éloignés et à égale distance desquels on place le diaphragme (fig. 16); c'est ce qu'on appelle un « objectif rectilinéaire » ou « objectif double symétrique » : la distorsion en croissant (donnée par le premier groupe de lentilles) est exactement compensée par la distorsion en barillet (donnée par le second).

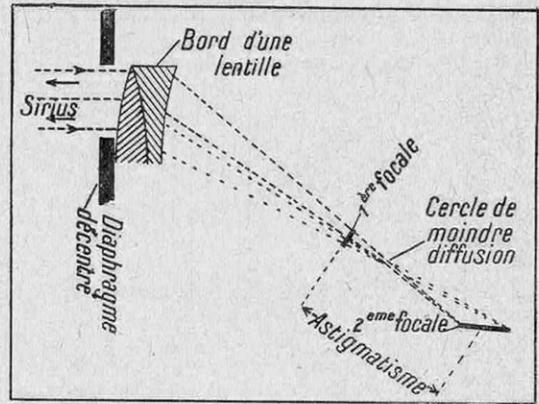
En dépit de leur complication, de tels objectifs sont encore loin d'être parfaitement corrigés : nous allons voir pourquoi. Ceux dont il nous reste à parler suppriment naturellement la distorsion par surcroît, tout en réalisant une nouvelle condition indispensable.

### La planéité du champ

C'est le manque de stigmatisme (ou astigmatisme) qui est la raison profonde de la distorsion : un point de l'objet ne se transforme pas sur le verre dépoli en un point. C'est également l'astigmatisme qui intervient dans les autres défauts des lentilles.

Reprenons les figures 4 et 5, qui représentaient la photographie de Sirius, mais en tenant compte maintenant (fig. 12) de ce que nous savons de l'achromatisme. Nous employons une lentille double, mais nous faisons tomber un étroit pinceau de lumière sur le bord de la lentille (en interposant un diaphragme décentré). En promenant un morceau de carton blanc dans le faisceau réfracté, on s'aperçoit que la mise au point est impossible. Tout au plus y a-t-il un cercle flou, dit « de moindre diffusion ». Mais ce qui est plus curieux encore, c'est qu'on observe deux lignes très minces, appelées focales, la première dirigée de l'avant vers l'arrière, la seconde dirigée de la gauche vers la droite.

La distance des deux focales mesure l'astigmatisme. Lorsqu'il n'y a plus d'astigmatisme, les physiciens disent qu'il y a « stigmatisme ». Les constructeurs ont préféré le mot plus ronflant d'anastigmatisme, qui veut dire : « suppression de l'absence de stigmatisme » (deux négations équivalent à une affirmation). Le stigmatisme était réalisé tout naturellement dans les expériences des figures 4 et 5 : quand il y a un foyer, c'est que les deux focales y sont confondues. La distance des focales est nulle (leur longueur aussi).



T W 17612  
FIG. 12. — DÉFINITION PRÉCISE DE L'ASTIGMATISME D'UNE LENTILLE

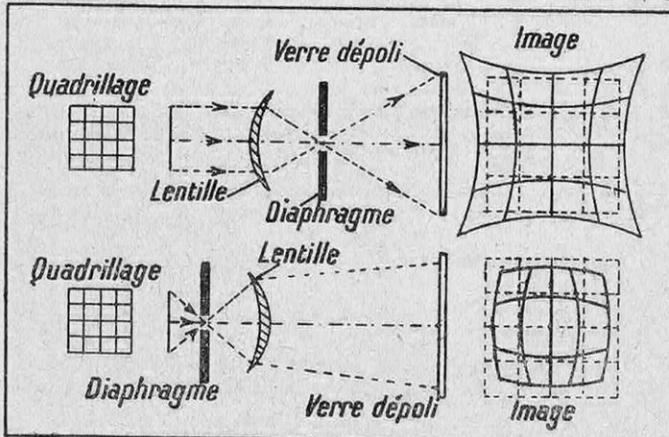
On devine sans peine ce qui va se passer (fig. 13) lorsqu'on cherchera à photographier un objet étendu : dès que les pinceaux lumineux seront quelque peu inclinés sur l'axe de l'appareil, il apparaîtra deux séries de focales, entre lesquelles se situent les cercles de moindre diffusion : c'est l'ensemble de ces cercles qui forme la pseudo-image, et l'on voit qu'elle est courbe ! Si on met au point sur le centre, les bords seront flous, ou même complètement brouillés. Si l'on essaie de mettre au point sur les bords, le centre ne sera plus net, mais les bords ne le seront pas devenus d'une façon satisfaisante, puisque ceux-ci ne reçoivent pas de véritable image.

L'astigmatisme et la courbure du champ furent pendant un demi-siècle tenus pour irrémédiables : en 1840, Petzval n'avait-il pas posé une condition absolument nécessaire ? Et cette condition n'était-elle pas incompatible avec celle par laquelle Euler réalisait l'achromatisme ? Du moins, avec les verres dont on disposait à cette époque.

C'est le moment de revenir sur le tableau de la figure 6. Quand on passe du crown au flint, on obtient un milieu à la fois plus réfringent et plus dispersif. Des recherches systématiques de chimie, qui se sont réparties sur de nombreuses années, ont abouti à la fabrication de nouveaux verres, tels que le « baryumcrown », dont la figure 6 (troisième ligne) nous donne les caractéristiques. On remarque alors qu'en passant de notre flint à ce troisième verre, la réfringence augmente, mais la dispersion diminue (1); la condition de Petzval, qui porte sur la réfringence, ne s'oppose plus à la condition d'Euler, qui fait intervenir le pouvoir dispersif. L'objectif photographique moderne était né.

Notre figure 17 représente un « objectif anastigmat » utilisant les nouveaux verres. Nous avons choisi le Tessar de Zeiss, bien qu'il date de 1902, car il a été égalé, mais non dépassé : c'est une réussite exceptionnelle qu'avec qua-

(1) Si l'on veut, avec ce borosilicate, non seulement la convergence est plus forte qu'avec le flint, mais les foyers relatifs aux diverses couleurs sont moins éloignés les uns des autres.



T W 17610  
FIG. 10 ET 11. — DISTORSIONS EN CROISSANT ET EN BARILLET

tre lentilles seulement, on se soit à ce point approché de la perfection.

### Netteté et clarté d'un objectif

La netteté d'une épreuve photographique dépend, par-dessus tout, de l'appareil qui l'examinera, dans l'espèce de l'œil humain. Elle fait donc intervenir le *pouvoir séparateur* de l'œil, c'est-à-dire le diamètre apparent maximum d'une tache que l'œil ne distingue pas d'un point. Ce pouvoir séparateur est un angle d'une minute pour de très bons yeux faisant effort pour distinguer les détails les plus fins d'une image comportant des contours bien tranchés; mais un angle de trois minutes suffit dans la pratique, toutes les fois que l'on désire une bonne netteté.

La netteté conditionne la *profondeur de foyer*, c'est-à-dire la latitude d'accommodation que l'on peut se permettre dans la mise au point. Cette qualité est d'ailleurs indispensable, étant donné que les diverses parties de l'objet à photographier ne sont pas toutes à la même distance de l'objectif. En dépit des erreurs qui règnent couramment à ce propos, l'aptitude à obtenir une netteté suffisante dans un espace plus ou moins étendu en profondeur est *directement proportionnelle* à la convergence de l'objectif.

A tort ou à raison, l'extrême netteté que donnent les anastigmats modernes a été souvent taxée de sécheresse; pour le portrait à l'atelier, elle offre l'inconvénient certain de nécessiter un gros travail de retouche. Aussi a-t-on cherché divers moyens pour réaliser « le flou artistique ». Il est d'ailleurs infiniment plus facile, au point de vue strictement technique, d'« abîmer » une image parfaite que d'améliorer une image médiocre...

Reste la clarté.

Cette autre propriété est primordiale, car elle règle les temps de pose. On a pris l'habitude de définir la valeur d'un objectif photographique, en exprimant le diamètre maximum *d* du diaphragme (« pleine ouverture ») en fonction de la distance focale *f* (fig. 4 et 5). Ainsi les objectifs du siècle dernier correspondaient, au mieux, à  $d=f/12$ , ce qui voulait dire que le

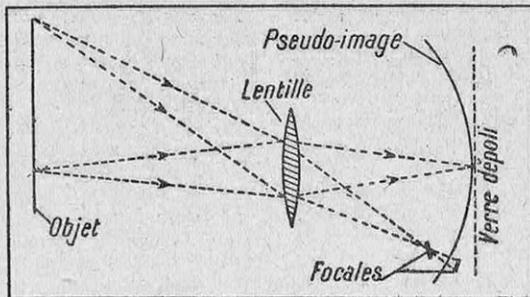


FIG. 13. — LA COURBURE DU CHAMP, CONSÉQUENCE DE L'ASTIGMATISME

lumineux qu'un  $f/6,3$ .

Sous la poussée du cinéma, les objectifs sont devenus énormes, comme le Dallmeyer  $f/0,99$ , vingt fois plus lumineux que le Tessar  $f/4,5$ , et se contentent, toutes choses égales d'ailleurs, de temps de pose vingt fois plus courts. Conjointement avec la sensibilité croissante des émulsions photographiques, on raccourcit la pose jusqu'à un dix-millionième ou à un cent-millionième de seconde, ce qui ne manque pas de nous révéler des horizons inattendus (2).

### L'image latente

L'objectif vient de remplir son devoir; c'est maintenant à l'émulsion photographique de jouer son rôle.

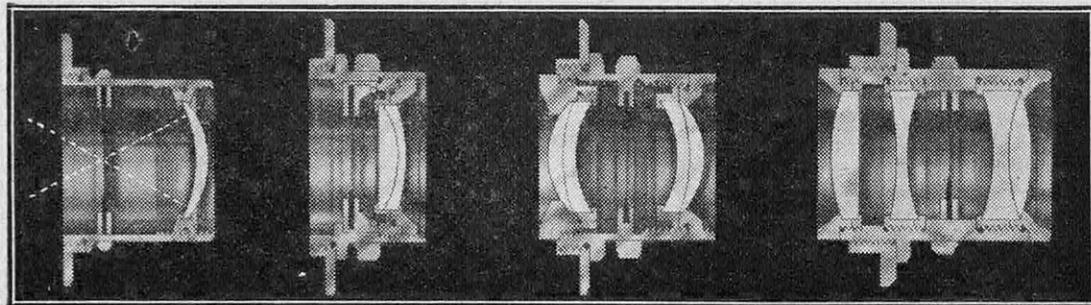
Depuis George Fabricius (1566) jusqu'à Henri Belliot (1939), l'action de la lumière sur les sels d'argent a fait l'objet de plusieurs milliers de recherches expérimentales, dont il serait oiseux d'examiner les résultats partiels et souvent provisoires. Il nous suffira de donner une idée succincte de l'état actuel de la question.

Faisons tout d'abord remarquer que, jusqu'à ce jour, les composés de l'argent, couramment utilisés en photographie, n'ont pas été des « corps purs » (au sens chimique du terme), ce qui complique singulièrement les phénomènes. Il y a lieu néanmoins de signaler qu'au X<sup>e</sup> Congrès international de photographie (1935), l'expérimentateur allemand F. Ollendorf a pré-

(1) En effet, comme les surfaces sont proportionnelles aux carrés des diamètres, on a :

$$\frac{6,3}{4,5} \times \frac{6,3}{4,5} = 1,960.$$

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 269, pages 62-68.



T W 2124

FIG. 14, 15, 16 ET 17. — COMPLICATIONS SUCCESSIVES DE L'OBJECTIF PHOTOGRAPHIQUE

Fig. 14. - Objectif simple bien calculé. — Fig. 15. - Objectif achromatique. — Fig. 16. - Objectif rectiligne (Harrison). — Fig. 17. - Objectif anastigmat (Zeiss-Tessar).

senté un rapport, dans lequel il affirmait avoir obtenu des plaques au bromure d'argent, *sans aucun support*. Mais cette découverte est encore trop récente pour qu'on en ait tiré les conséquences théoriques qu'elle comporte.

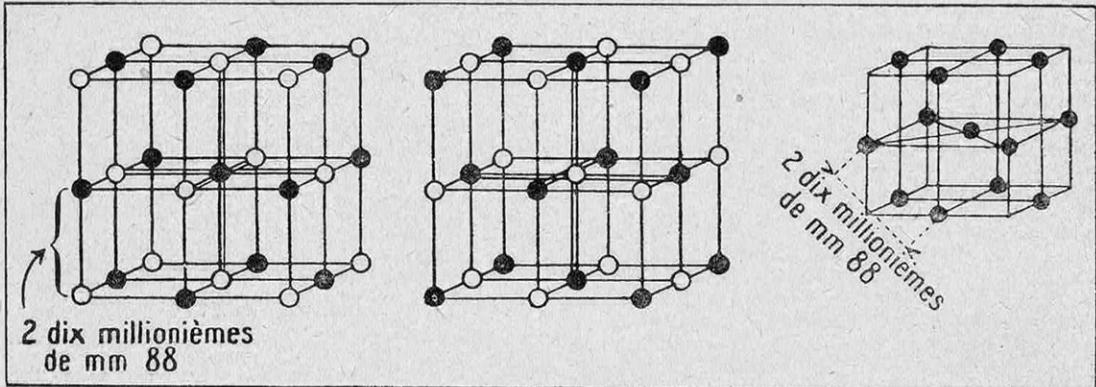
Force nous est donc de nous en tenir à ce produit mal défini dont le nom commercial est « gélatinobromure d'argent ».

Il faut tout d'abord rappeler la composition des nuages électroniques des deux éléments brome et argent, ainsi que des ions correspondants.

L'argent (atome neutre), qui existe dans les pièces de dix francs, contient, comme électrons, autour de son noyau :

exemple le rond noir central) possède douze « voisins », qui sont des cations argent et qui sont tous dessinés sur la figure 20; les douze distances sont encore égales à 2 dix-millionièmes de millimètre 88. Cette coïncidence, qui n'est sans doute pas fortuite, sera probablement interprétée plus tard, en nous faisant mieux connaître le mécanisme des actions photographiques.

Tout le monde sait que, quand une plaque ou une pellicule ont été impressionnées, l'examen ne décèle *absolument rien* : l'émulsion semble « vierge », et cette apparence subsistera tant qu'elle n'aura pas été « développée ». Ne sachant pas ce qui s'était passé, on a caché son ignorance en déclarant qu'il s'était formé



T W 17614

FIG. 18, 19 ET 20. — LES RÉSEAUX CRISTALLINS QUI INTERVIENNENT DANS LES ÉMULSIONS PHOTOGRAPHIQUES  
Fig. 18 et 19. — Deux représentations du réseau du bromure d'argent. — Fig. 20. — Représentation à la même échelle du réseau de l'argent métallique.

**Atome d'argent** :  $2+8+18+18+1$  électrons ; le cation argent, incolore (qui se trouve, par exemple, dans la « pierre infernale »), contient :

**Cation argent** :  $2+8+18+18$  électrons.

Le brome, liquide volatil brun, proposé comme gaz asphyxiant :

**Atome de brome** :  $2+8+18+7$  électrons ; l'anion brome, incolore (présent dans le bromure de potassium) :

**Anion brome** :  $2+8+18+8$  électrons.

Ceci posé, le « gélatinobromure » est formé d'une infinité de tout petits cristaux de bromure d'argent, en suspension dans une gelée colloïdale (dans un « gel ») de gélatine.

Les figures 18 et 19 représentent deux « vues » d'un cristal de bromure d'argent : les ronds blancs sont des anions brome, les ronds noirs des cations argent. La figure 18 montre que chaque cation argent (par exemple, le rond noir central) possède six « voisins », qui sont des anions brome : ces voisinages sont désignés par des traits doubles ; les six distances sont égales à 2 dix-millionièmes de millimètre 88. La figure 19 montre que chaque anion brome (par exemple, le rond blanc central) possède six « voisins », qui sont des cations argent : ces voisinages sont désignés par des traits doubles ; les six distances sont naturellement égales à 2 dix-millionièmes de millimètre 88.

Quant à la figure 20, elle est le grossissement schématisé d'un cristal d'argent. Les ronds noirs sont, à nouveau, des cations argent : le « réseau » de l'argent est notablement contracté (fig. 18 et 19). Chaque cation argent (par

une « image latente », ce qui — on en conviendra — ne faisait pas beaucoup avancer la question...

Inutile de spécifier que, même aujourd'hui, le « mystère » de l'image latente est encore loin d'être complètement éclairci. Voici néanmoins les points qui semblent acquis ou vraisemblables.

Le phénomène primaire est un effet photo-électrique (1) : le grain de lumière (ou photon) incident arrache un électron (phénomène d'ionisation) ou déplace cet électron à l'intérieur du nuage (phénomène d'activation). Peut-être le photon déclenche-t-il tantôt l'un, tantôt l'autre mécanisme. L'activation de l'atome le rendra plus fragile, plus apte à réagir ultérieurement sur le révélateur. L'ionisation portera, par exemple, sur l'électron supplémentaire que l'anion brome possède (en plus de ceux de l'atome de brome) : l'anion brome perd un électron en devenant atome de brome, qui réagit sur la gélatine (pour former une trace de bromure de gélatine) ; en même temps, les cations argent, livrés à eux-mêmes, se reforment en un minuscule cristal d'argent métallique (fig. 20).

Nous avons d'ailleurs une marge énorme avant que cette parcelle d'argent devienne visible, à l'œil nu ou même au microscope : le réseau de la figure 20 (avec ses treize cations) est beaucoup plus petit, par rapport à une infime poussière qui danse au soleil, qu'une puce l'est vis-à-vis de l'éléphant !

Qu'il y ait production d'atomes activés, ou qu'il y ait production d'atomes ionisés et d'infimes cristaux d'argent, c'est là que l'action du

(1) Dans le rapport  $\sqrt{2}$  à 1.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 264, page 445.

révéléateur va s'amorcer. Un révélateur est constitué par un mélange de réducteur organique (hydroquinone, diamidophénol...) et de réducteur minéral (sulfite de sodium); son potentiel d'oxydoréduction doit être tel qu'il puisse entrer en réaction avec les atomes activés, tout en laissant intacts les atomes ordinaires. La réaction chimique se poursuit ainsi de proche en proche, à partir des atomes activés, et s'étend à l'ensemble de la région impressionnée, en constituant ce que les chimistes appellent aujourd'hui une « réaction par chaîne ».

Bien entendu, on procède finalement au « fixage », pour éliminer le bromure d'argent non impressionné : nouvelle réaction chimique, dans laquelle l'hyposulfite de sodium (du bain de fixage) se transforme en argento-hyposulfite de sodium, soluble (1).

Comme l'écrit fort justement le physicien Henri Belliot, « une masse énorme de faits a été accumulée depuis un siècle, et il faut tout expliquer ! On ne manque pas de documents, ils sont plutôt trop abondants. Or, la plupart des recherches entreprises sur la photographie l'ont été dans un but exclusivement technique : on a cherché beaucoup plus à améliorer la plaque comme instrument qu'à comprendre les phénomènes dont elle est le siège. En particulier, un phénomène qui n'a aucun intérêt pratique peut être fondamental au point de vue de la théorie de l'image latente. L'étude de l'action de la lumière sur les composés de l'argent doit être entièrement dégagée de ces préoccupations utilitaires ».

On reconnaîtra une de nos thèses favorites : la recherche désintéressée est, en outre, seule capable de nous élever au-dessus de la cuisine et de la quincaille quotidienne vers des applications insoupçonnées.

### Les inversions photographiques

Nous voudrions, en terminant, dire quelques mots de phénomènes connexes, à l'élucidation desquels Henri Belliot a pris tout récemment une part importante.

Considérons le cas général d'une plaque photographique, sur laquelle on fait successivement agir :

- 1° Une lumière (visible ou ultraviolette) de fréquence convenable;
- 2° Un révélateur;
- 3° Un fixateur.

On constate qu'en principe, les régions qui ont subi l'action de la lumière sont d'autant plus opaques qu'elles ont été soumises à un éclairage plus grand et plus prolongé : en première approximation, le noircissement est proportionnel à l'« éclairage », au produit de l'éclairage par le temps (2). Il y a *inversion*

(1) Que l'on élimine par lavages.

(2) Cette relation à peu près évidente n'est cepen-

toutes les fois qu'une région, qui a reçu une plus grande énergie lumineuse qu'une autre, est cependant moins opaque que celle-ci (après développement et fixage), au lieu de l'être davantage.

Les inversions photographiques ont été observées, pour la première fois, en 1839, par John Herschel (1792-1871), puis étudiées, en 1868, par Edmond Becquerel (1820-1891). Il convient de distinguer :

a) L'*inversion thermique*, provoquée par une

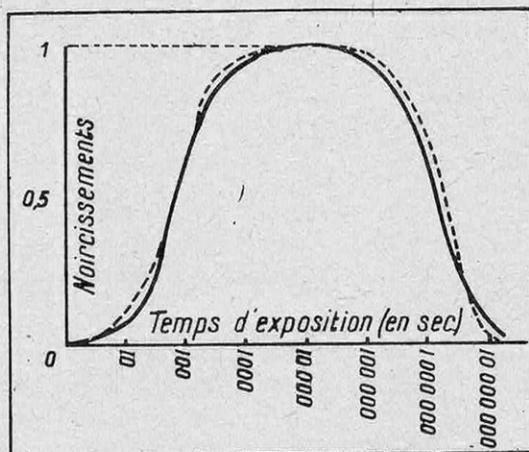
élévation de température ou par des radiations rouges ou infrarouges sur une plaque préalablement voilée. Ce phénomène est très voisin de la « thermoluminescence », suivant laquelle, dans les mêmes conditions, la phosphorescence du sulfure de zinc (par exemple) est à la fois avivée et abrégée. C'est dès 1905 que Paul Villard (1860-1933) montra qu'il y a là une régénération partielle de la substance sensible. Pour Belliot, si le premier effet de la lumière sur les réseaux des figures 18 et 19 consiste à faire passer les ions à l'état d'atomes (par échange mutuel d'un électron) l'inversion thermique sera

due à la transformation inverse, qui rétablit l'émulsion dans son état primitif.

b) Le deuxième mode d'inversion, ou *solarisation*, est tout autre chose : on commence par exposer à la lumière deux plaques identiques, puis on surexpose l'une des deux; on constate que cette dernière a finalement le noircissement le plus faible.

On peut admettre qu'à partir d'un certain moment, la lumière détruit plus de germes de développement qu'elle n'en crée. Pour préciser davantage, l'exposition « normale » serait accompagnée — comme on vient de le voir — de la transformation d'un réseau d'ions en un réseau d'atomes; la solarisation résulterait du rassemblement des atomes de brome en molécules diatomiques, alors que les cations argent formeraient le réseau de la figure 20. Ce serait une transformation définitive, incapable de se produire dans l'autre sens.

Henri Belliot a, en outre, proposé une théorie qui lui permet de retrouver les courbes expérimentales du noircissement en fonction du temps : sur la figure 21, les résultats de l'expérience sont portés en traits pleins, les prévisions du calcul sont représentées par la courbe en pointillé; la concordance est très satisfaisante. Cette théorie consiste à appliquer les lois de la cinétique chimique aux divers mécanismes, dont nous venons de donner une idée; les lois qui s'appliquent ont des points communs avec l'évolution des transmutations radioactives : c'est là une analogie formelle entre dant pas tout à fait correcte : il résulte des expériences du même physicien que l'effet d'un éclairage intense est plus important que celui d'un grand temps de pose.



T W 17615

FIG. 21. — NOIRCISSEMENT DE LA PLAQUE PHOTOGRAPHIQUE

Courbe expérimentale en traits pleins; courbe théorique en pointillé (Henri Belliot, 1939).

phénomènes disparates, qu'il est utile de mentionner.

### Le rôle social de la photographie

A la cérémonie du centenaire, qui eut lieu en 1939, les orateurs insistèrent principalement sur les retentissements artistiques. La photographie tend aujourd'hui à dépasser le stade documentaire (portraits, cartes postales, magazines...) pour devenir un outil d'art aux modes originaux d'expression. La personnalité créatrice du photographe est libre d'interpréter, de transporter son sujet selon son expression ou bien de se complaire aux jeux transcendants de « l'art pur », en combinant positifs et négatifs, en interposant une gaze devant l'objectif, voire en le supprimant, pour obtenir des déformations qui créent tout un monde irréel de blancs, de gris, de noirs, de dégradés et de flous, de la plus étonnante subtilité.

Au point de vue technique, il convient de

placer au premier plan la photographie météorologique, la photographie aérienne, la radiographie, la photographie judiciaire... Mais la photographie s'est également implantée dans les laboratoires, grâce à la précision et la fidélité de tous les procédés d'enregistrement, qui transforment un « n'importe-quoi-scope » en n'importe-quoi-graphe ». La microphotographie et la microcinématographie ont amélioré considérablement l'étude des microorganismes et des cellules. Quant à l'astrophotographie, elle a été l'un des facteurs essentiels des développements de l'astrophysique (1), car la plaque a, sur l'œil humain, l'avantage marqué de totaliser les énergies reçues. La connaissance générale de l'optique photographique et de la chimie photographique doivent donc faire partie intégrante du bagage intellectuel de tout homme cultivé.

Marcel BOLL.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 261, pp. 189-200.

Les Etats-Unis sont les plus gros consommateurs de caoutchouc du monde. En 1940, ils en ont absorbé plus de 600 000 tonnes, et près de 750 000 tonnes en 1941, soit la moitié environ de la consommation mondiale. L'approvisionnement de l'Amérique en gomme brute provenait principalement des Indes Néerlandaises, de Ceylan, du Sarawak et de la région de Singapour. C'est dire que de sérieux problèmes vont se poser outre-Atlantique dans l'exécution du programme d'armement en cours. A vrai dire, les Etats-Unis disposent de stocks importants tant particuliers que gouvernementaux. Ces derniers représentent à eux seuls une année environ de consommation normale. Mais, dès maintenant, de sérieuses mesures ont dû être mises à l'étude : regommage des pneus usagés, production de caoutchouc régénéré, établissement de plantations nouvelles, développement de l'industrie de synthèse. En plus des plantations de caoutchouc, que l'on tente de développer en Amérique du Sud et en Amérique Centrale, un vaste plan prévoit l'ensemencement progressif de 200 000 hectares en Californie avec du guayule mexicain, ce qui livrerait 200 000 tonnes de caoutchouc en 1947.

L'industrie du caoutchouc synthétique semble appelée à prendre un grand développement aux Etats-Unis au cours des années prochaines. Plusieurs firmes de premier plan exploitaient, en 1941, des usines plus ou moins importantes où s'élaboraient des gommes de propriétés diverses. La grande entreprise de produits chimiques du Pont-de-Nemours produit le néoprène (10 000 t par an à l'usine de Deepwater Point, dans le New Jersey, et 10 000 t également à la nouvelle usine de Louisville, dans le Kentucky) par polymérisation du chloroprène, lui-même obtenu à partir de l'acétylène. Il est remarquable par sa résistance aux acides et trouve de nombreuses applications dans la construction automobile et aéronautique et dans l'industrie des câbles. La Dow Chemical Co fabrique le thiokol (2 000 t à Trenton, New Jersey, et 900 t à Midland, Michigan) à partir de l'éthylène des gaz de houille. La B.F. Goodrich Co produit le koroseal (à Akron, Niagara Falls et dans une nouvelle usine en construction à Louisville), employé pour des revêtements de réservoirs, des cylindres d'imprimerie, etc., et l'améripol (à Akron et dans une nouvelle usine à Louisville), utilisé en mélange avec le caoutchouc naturel pour la confection des pneus. La Goodyear Tire and Rubber Co fabrique le chemigum (2 500 t par an à Akron). La Standard Oil of New Jersey fabrique le buna (2 000 t par an à Akron, où la capacité de production doit être doublée) et le butylcaoutchouc (usine expérimentale de 2 000 t par an à Bayway, New Jersey, et usine en projet pour 15 000 t par an à Bâton-Rouge).

# LE PROBLÈME DES COMMUNICATIONS MARITIMES

## LA GUERRE DES CROISEURS

par André FOURNIER

*La défense et l'attaque des communications maritimes sont parmi les missions principales pour lesquelles le croiseur a été conçu. Pourtant, dès le début des hostilités, ce type de navire, dont la protection et l'armement sont sacrifiés à la vitesse, s'est révélé inapte à assurer la défense des convois contre la triple menace du navire de surface, du sous-marin et de l'avion. La protection la plus efficace des convois est constituée par une combinaison du destroyer (contre le sous-marin et la vedette rapide), du navire de ligne (contre le bâtiment de surface) et du porte-avions (contre le bombardier et l'avion torpilleur). Pour la guerre de course également, sa vulnérabilité a fait préférer au croiseur des navires plus puissants. Depuis six mois cependant, les pertes des Anglo-Saxons en navires de ligne, et l'extrême tension imposée aux flottes par la surveillance de lignes de communication toujours plus longues, ont amené un regain d'activité du croiseur, qui ne va pas sans des pertes élevées pour celui-ci. Pourra-t-il les supporter longtemps? Ou bien la guerre sur mer se terminera-t-elle par la rencontre des deux forces de ligne? C'est ce que nous apprendra un avenir peut-être prochain.*

### L'effacement du croiseur de septembre 1939 à décembre 1941

**L** est peu de navires auxquels on affecte autant de missions que le croiseur, en temps de paix du moins. C'est à lui qu'incombent l'attaque et la défense des communications, toutes les missions de sûreté des escadres, reconnaissance, éclairage, exploration..., l'appui des bâtiments plus petits, tels que torpilleurs ou contre-torpilleurs, au cours de leurs attaques, la défense contre ces mêmes attaques...

On conçoit qu'une telle activité, surtout si on entend l'exercer sur une fraction importante du globe, suppose des effectifs considérables. « Des frégates, encore des frégates », réclamait Nelson pour quelques opérations en Méditerranée. Ses successeurs n'ont pas manqué de réclamer des croiseurs, et la nécessité du nombre, même s'il fallait sacrifier la puissance individuelle, fut l'argument principal de la marine britannique lorsqu'elle tenta de faire réduire par les conférences ultérieures le chiffre de 10 000 tonnes fixé à Washington. Elle n'y parvint pas, mais se résigna à prêcher d'exemple, avec les *Leander* de 7 000 t mis sur cale en 1930, puis avec les *Arethusa* de 5 200 t.

Est-ce l'immensité de la tâche qui leur incombe, ou quelque inaptitude à l'assumer qui ne se révèle qu'à l'usage? Toujours est-il qu'en temps de guerre les plus ardues de ces missions sont rapidement passées à des bâtiments plus petits ou plus gros. Les quelques mois de « guerre des croiseurs », fin 1914 et au début de 1915, se terminèrent à la mise hors de cause des divisions détachées hors des eaux allemandes. L'attaque des communications alliées fut confiée aux sous-marins, la défense

contre les sous-marins aux torpilleurs, chalutiers... Le travail principal des croiseurs consista à se réserver de part et d'autre pour des missions éventuelles au service des escadres en mer du Nord et en Méditerranée, que réclamait la stratégie de la « fleet in being ».

Les premières années de la guerre de 1939 auront vu des événements en apparence assez différents aboutir, en ce qui concerne le croiseur, à peu près au même résultat. Il faut signaler une différence : la mission principale, attaque et défense des communications maritimes, aura été passée, non seulement aux sous-marins, torpilleurs et autres bâtiments de valeur moindre, mais encore aux navires de ligne.

A l'inverse de 1914, les croiseurs allemands se trouvèrent à la déclaration de guerre dans les bases de la mer du Nord et de la Baltique. Le fait est à noter, car c'est au début des hostilités, avant que les convois aient pu être formés, que la course est de beaucoup la plus fructueuse. Cette inaction ne s'explique pas par le manque de bases lointaines. Celles dont disposait la marine allemande en 1914 ne lui ont exactement servi de rien; quelques bâtiments en croisière sur les côtes de l'Erythrée ou du Japon se seraient trouvés aussi aptes à la guerre au commerce que l'escadre de von Spee. Leur absence est le signe du peu de confiance que la marine allemande plaçait en 1939 dans ce genre d'opérations.

Ce n'est que plusieurs mois après le début des hostilités qu'elle se décida à lancer sur les mers l'*Admiral Graf Spee*. Le choix du type de navire est à noter. C'était l'un des trois « cuirassés de poche » porteurs d'une artillerie de 280 mm construits à partir de 1928. On renonçait donc à l'attaque des communications alliées par les six bâtiments type *Emden*, *Kö-*

nigsberg et Leipzig, qui devaient être les seuls croiseurs allemands alors en service. Pendant plusieurs semaines, l'*Admiral Graf Spee* coule de nombreux bâtiments dans l'Atlantique Sud et l'océan Indien. On croyait la preuve faite que les croiseurs britanniques étaient aussi inaptes à la défense de leurs communications que les croiseurs allemands à leur attaque, quand la bataille du Rio de la Plata (1) montra que non seulement les croiseurs armés de 152 mm et de 203 mm étaient capables de retrouver un corsaire, mais, ce qui est plus méritoire, qu'ils n'hésitaient pas à en affronter les pièces de 280 mm, et avec un certain succès.

La perte de l'*Admiral Graf Spee* semble avoir refroidi l'enthousiasme de la marine allemande pour l'attaque des communications maritimes par ses grands bâtiments. Malgré les magnifiques bases atlantiques dont elle disposait depuis juin, ce n'est que le 5 novembre 1940 qu'on apprit la sortie d'un autre « cuirassé de poche », l'*Admiral Scheer*. Il venait de se signaler par l'attaque au sud de Terre-Neuve d'un convoi de 30 navires, escorté par le croiseur auxiliaire *Jervis-Bay*, qui fut coulé avec six cargos. L'*Admiral Scheer* continua sa croisière jusqu'en février 1941 et rentra à Brest.

Ce succès encouragea la marine allemande. Elle lança successivement dans l'Atlantique l'*Admiral Hipper*, un croiseur lourd armé de 203 mm, puis son troisième « cuirassé de poche », le *Lützow* (ex-*Deutschland*).

Une innovation importante apparut en mars 1941 : l'emploi contre les communications de véritables bâtiments de ligne, le *Scharnhorst* et le *Gneisenau*, de 26 000 tonnes, qui parvinrent jusqu'aux côtes du Brésil, coulèrent 116 000 t de navires marchands et purent rentrer à Brest.

La marine allemande renouvela la tentative

(1) Voir : « La bataille navale de Montevideo », dans *La Science et la Vie*, n° 272 (février 1940).

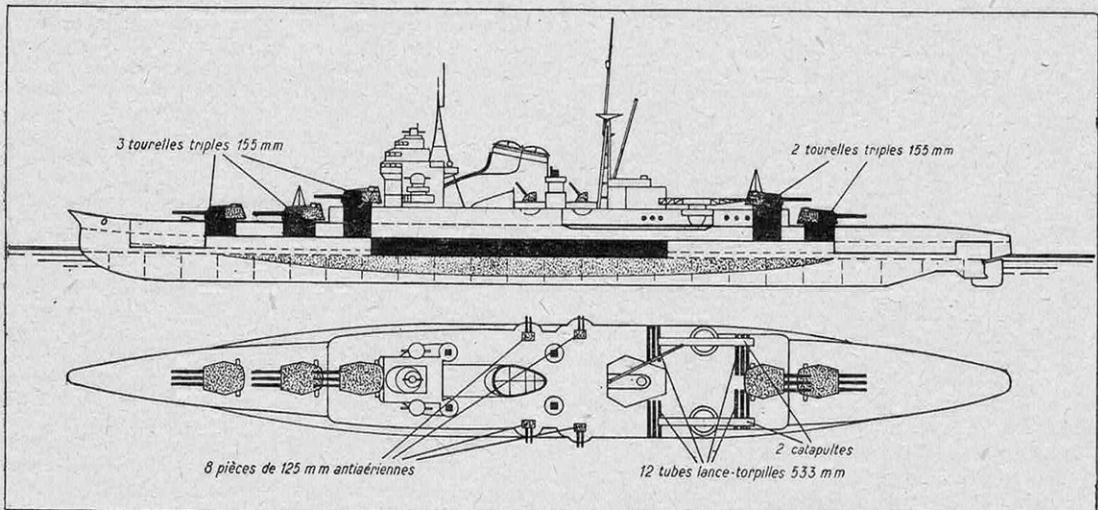
en mai 1941 avec le *Bismarck*, cuirassé de 35 000 t, accompagné du croiseur lourd *Prinz Eugen*. Elle se solda par la perte du *Bismarck*, qui coula toutefois le *Hood* avant de disparaître, tandis que le *Prinz Eugen* pouvait rallier Brest (1).

Survenant après une série de raids heureux, la perte du *Bismarck* fut le début d'une longue période d'inactivité, jusqu'en mars 1941, où une tentative du *Tirpitz*, le seul navire de ligne de 35 000 t restant, contre le convoi Amérique-Mourmansk fut repoussée par l'aviation britannique.

Les réactions de la défense marquent le même rôle insignifiant du croiseur dans la protection des communications. Les premiers convois attaqués étaient escortés par des croiseurs auxiliaires (destruction du *Jervis-Bay* le 5 novembre 1940), ou même pas escortés du tout (attaque d'un convoi de 19 navires par l'*Admiral Scheer* le 12 février 1941, entre Madère et les Açores). La menace devenant plus grave, il fallut bien faire appel au seul type de navire capable de repousser une attaque de « cuirassé de poche » ou de navire de ligne, qui est le navire de ligne lui-même. On vit le *Nelson* et le *Rodney* escorter les convois atlantiques.

Les opérations en Méditerranée conduisent aux mêmes conclusions. Si l'ouverture des hostilités trouvait la marine allemande en possession d'un nombre faible de croiseurs armés seulement de 150 mm, donc fort exposés s'ils rencontraient un des nombreux croiseurs alliés armés de 203 mm, la marine italienne était dans une situation beaucoup plus favorable. Elle comptait, comme croiseurs lourds, c'est-à-dire armés de 203 mm, les trois *Trieste* qui avaient dépassé 36 nœuds aux essais et pouvaient espérer échapper à tout croiseur allié de même ar-

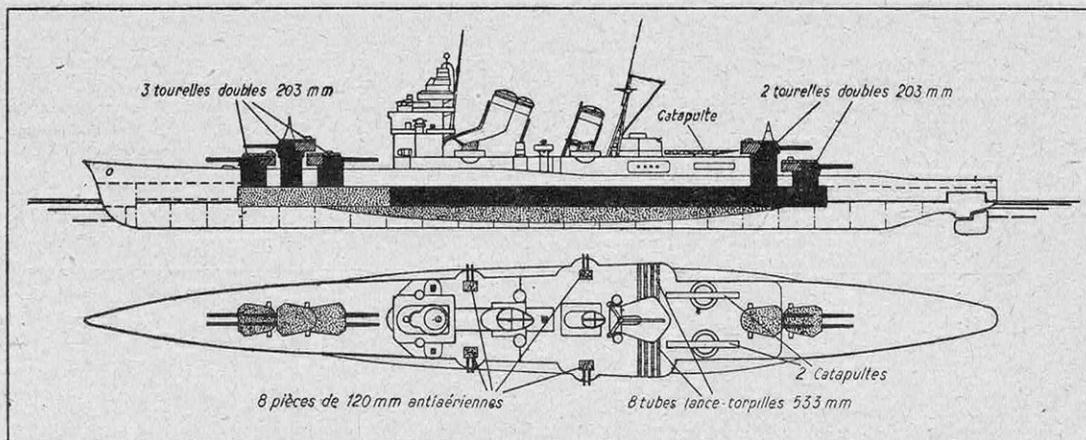
(1) Voir : « La fin du *Hood* et du *Bismarck* et la protection du navire de ligne », dans *La Science et la Vie*, n° 287 (juillet 1941).



T W 17632

FIG. 1. — LE CROISIER JAPONAIS « MOGAMI »

Le Mogami est la tête de série des croiseurs légers japonais mis en chantier en 1931, au lendemain de la réglementation de ce type par l'accord de Londres. Son caractère distinctif est la puissance de son artillerie, XV pièces de 155 mm en cinq tourelles triples, très élevée pour son déplacement de 8 500 tonnes; la plupart des croiseurs légers des autres marines portent, pour un déplacement du même ordre, VIII à IX pièces seulement de ce calibre. Un de ces croiseurs aurait été perdu en mer de Java; le combat, se terminant par la destruction de l'ensemble des forces navales alliées dans ce secteur, n'en est pas moins un gros succès pour la formule japonaise des croiseurs à armement très puissant.



T W 17631

FIG. 2. — LE CROISEUR JAPONAIS « NACHI »

Le *Nachi* est la tête de série des huit croiseurs lourds japonais mis en chantier de 1924 à 1928; un croiseur de ce type aurait été coulé en mer de Java. Leur protection ressemble à celle des croiseurs américains type *Houston* (voir fig. 3), mais avec des échantillons un peu plus forts; la cuirasse de ceinture notamment serait de 100 mm. Leurs 8 pièces de 203 mm en cinq tourelles doubles en font les plus puissamment armés des croiseurs de 10 000 tonnes. On remarquera la curieuse disposition des trois tourelles doubles avant, spéciale à la marine japonaise.

mement, et les quatre *Zara* qui combinaient une protection puissante à une vitesse très convenable d'environ 34 nœuds. Les croiseurs légers, armés de 152 mm, comprenaient d'une part six *Condottieri* de 5 000 t qui avaient tous dépassé 40 nœuds (et certains même 42 nœuds) et qui étaient les plus rapides des croiseurs en service, d'autre part six croiseurs un peu moins rapides, mais mieux protégés, du *Muzio Attendolo* au *Duca degli Abruzzi* de 7 000 à 8 000 tonnes.

Pas plus que la marine allemande, la marine italienne ne tenta en juin 1940 l'opération d'attaque brusquée des communications alliées lointaines qui se présentait cependant, lors de l'effondrement français, dans des conditions encourageantes. Il n'y eut même pas de tentatives d'attaques par croiseurs des communications maritimes en Méditerranée; les seules menaces sérieuses furent celles de l'avion, du sous-marin et du navire de ligne.

La bataille de la mer Ionienne (1), où trois croiseurs type *Zara* furent coulés et quelques *Condottieri* endommagés, paraît faire exception. Il est permis de croire que l'opération fut une feinte, qui tourna mal, où les croiseurs avaient précisément été choisis pour leur vitesse dans l'espoir qu'ils pourraient se replier sans risque après leur démonstration.

Le mode de protection des convois britanniques en Méditerranée faisait de même, jusqu'en décembre 1941, une part très faible et quelquefois nulle au croiseur. L'escorte type était l'assemblage navire de ligne, porte-avions, destroyers. Le navire de ligne, *Renown* et *Repulse* à Gibraltar, ou l'un des trois cuirassés type *Malaya* d'Alexandrie, paraient à la menace des navires de ligne ennemis; les porte-avions, à celle de l'aviation; les destroyers, à la menace sous-marine ou à celle des vedettes. Quand les croiseurs britanniques participèrent à l'escorte, en soutien des destroyers,

ils furent le plus souvent les rares victimes de la traversée.

La situation des convois italiens à destination de la Libye fut différente. La marine italienne, qui se jugeait en infériorité du point de vue navires de ligne armés de 381 mm, ne voulait pas exposer ses cuirassés à la menace de l'escadre d'Alexandrie. Il ne semble donc pas qu'aucun convoi italien ait franchi la Méditerranée sous la protection de navires de ligne. Autant qu'on peut en juger d'après les communiqués contradictoires des belligérants, les escortes étaient composées tantôt de croiseurs, tantôt de contre-torpilleurs, et attaquées par des bâtiments de ces mêmes catégories. Mais on peut noter la tendance à employer dans la protection ou dans l'attaque les bâtiments du plus faible tonnage possible; les croiseurs lourds en particulier entraient rarement en action.

### Le retour au croiseur après décembre 1941

Le début des hostilités dans le Pacifique marque une transformation complète dans la composition des escortes de convois et des forces d'attaque. Le croiseur, aussi bien dans le Pacifique qu'en Méditerranée, reprend cette mission à sa charge. Seuls, semble-t-il, les convois nord-atlantiques continuent à être escortés par des navires de ligne. La tentative du *Tirpitz* à partir des côtes de Norvège, comme la menace du *Scharnhorst* et du *Gneisenau* depuis leur rentrée dans les bases allemandes, justifie cette exception.

À quoi tient ce changement? Ce n'est évidemment pas l'aptitude nouvelle du croiseur à défendre les convois et lui-même contre leurs nombreux adversaires qui explique ce retour de faveur, mais le grave danger couru par le navire de ligne. Plutôt que d'exposer ceux qui subsistent, on préfère risquer de temps à autre la perte d'un convoi; on renoncerait peut-être même aux convois. Aussi les croi-

(1) Voir : « Les enseignements de la bataille navale de la mer Ionienne », dans *La Science et la Vie*, n° 286 (juin 1941).

seurs, reprenant leur mission, subissent-ils des pertes sévères.

Le renversement de la situation, au détriment du navire de ligne, avait même commencé avant l'entrée en guerre du Japon, avec la perte du cuirassé *Barham*, coulé par un sous-marin allemand sur les côtes de Cyrénaïque. Cet échec succédait à une longue période où les navires de ligne britanniques, escortant à travers le canal de Sicile les convois de Gibraltar à Alexandrie, défiaient aussi bien les cui-

tes », les communiqués américains annoncent régulièrement que des croiseurs japonais ont été coulés, incendiés ou endommagés. Les communiqués japonais affirment, de leur côté, avoir à leur actif des résultats comparables. Les deux raids aéro-navals exécutés par la marine américaine dans le Pacifique ont été conduits par une formation de croiseurs et de porte-avions. Celui du 31 janvier, dirigé contre les îles Marshall et Gilbert, aurait coulé un croiseur léger, un porte-avions et divers autres navires de

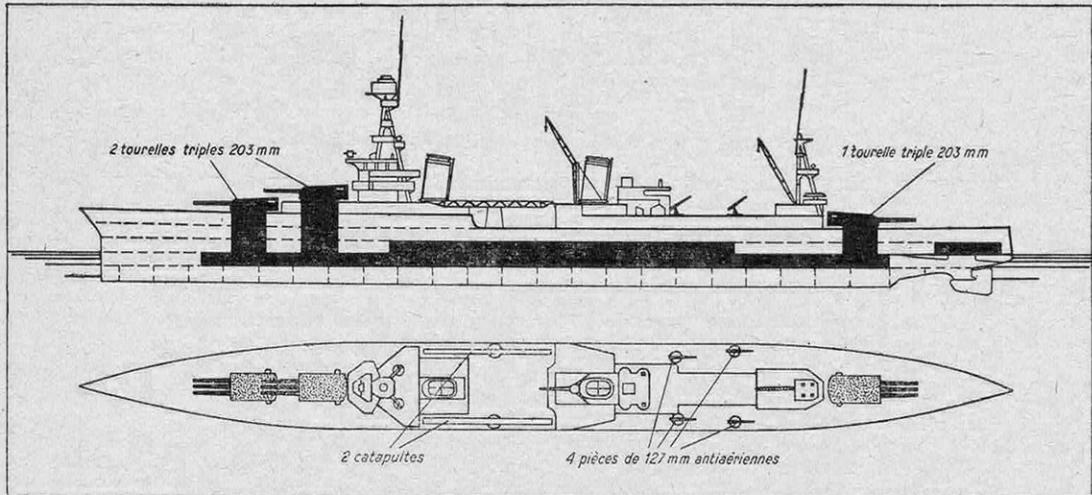


FIG. 3. — LE CROISIER AMÉRICAIN « HOUSTON »

Le *Houston*, coulé en mer de Java, était un croiseur lourd de 9 050 tonnes, mis en chantier en 1928. Armé de trois tourelles triples de 203 mm, d'une vitesse de 33 nœuds, il portait une protection développée : pont blindé régnant sur toute la longueur, cuirasse de ceinture sur toute l'étendue des machines et chaudières. Aussi les échantillons des blindages étaient-ils assez faibles, 76 mm seulement pour la ceinture et 38 mm pour le pont. Cette protection, faible contre l'avion, paraissait assez convenable contre l'artillerie; il n'en a pas moins été coulé par l'artillerie des croiseurs japonais. On peut d'ailleurs s'étonner que la marine américaine ait construit, de 1926 à 1930, une série de huit croiseurs lourds d'environ 1000 tonnes au-dessous de la limite permise, et ne se soit décidée à admettre le déplacement de 10 000 qu'après la conférence de Londres, où elle refusa la réduction de tonnage unitaire proposée par la marine britannique. Ces mille tonnes supplémentaires ont permis sur les derniers croiseurs lourds américains une protection beaucoup plus forte.

rassés et les sous-marins italiens que les « *Stukas* » et les « *Picchiarelli* ».

Mais le facteur déterminant fut la destruction ou la mise hors de service temporaire de plusieurs cuirassés américains à Pearl-Harbour, et la perte du *Prince of Wales* et du *Repulse* au large de la presqu'île de Malacca. Les marines anglo-saxonnes ne pouvaient exposer plus longtemps leurs navires de ligne. On renonça à les engager pendant les poussées successives du Japon dans les mers du Sud, laissant aux croiseurs et à l'aviation le soin d'intercepter les convois japonais. La marine japonaise fit de même. Rendue prudente par la leçon qu'elle venait d'infliger à ses adversaires et craignant que ceux-ci n'en aient tiré profit, elle s'abstint soigneusement d'engager ses cuirassés dans ses opérations de débarquement. La seule exception, aux premiers jours des hostilités, porta sur l'appui du débarquement aux Philippines par les croiseurs de bataille type *Kongō*.

Pendant plus de quatre mois le navire de ligne ne joua aucun rôle dans les opérations du Pacifique et de l'océan Indien. Le croiseur, le porte-avions et les bâtiments de faible tonnage le remplacèrent.

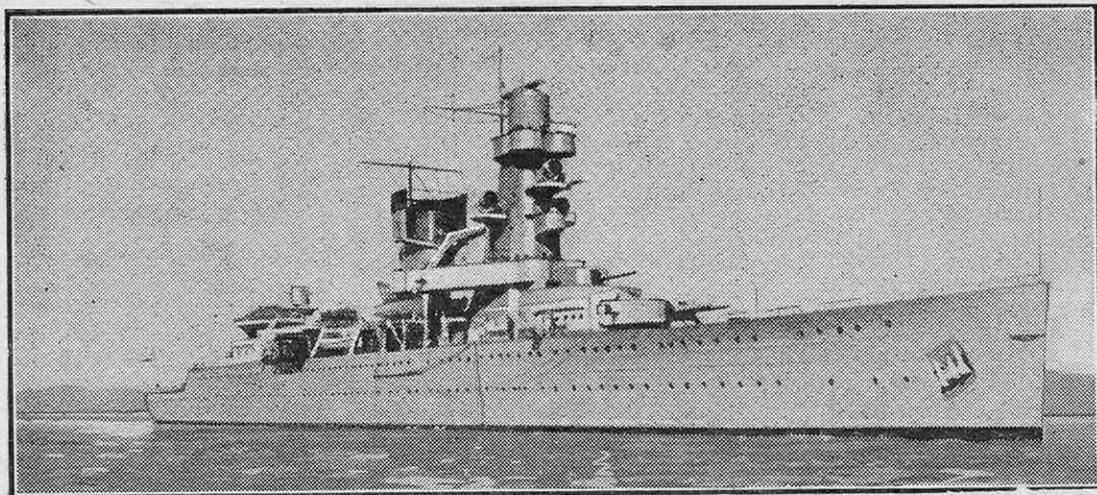
Au cours des attaques de convois ou de navires au mouillage par des « forteresses volan-

plus faible tonnage; le communiqué du 26 mars, relatif au raid contre les îles Wake et Marcus, annonce la rencontre et la destruction de simples patrouilleurs.

L'opération la plus importante fut celle des 27 et 28 février, en mer de Java, où une escadre japonaise de croiseurs lourds et légers, détruisit entièrement une escadre alliée, comprenant le croiseur britannique *Exeter*, le croiseur américain *Houston*, les croiseurs australiens *Perth* et *Hobart*, et les croiseurs hollandais *Ruyter* et *Java*. Les communiqués sont moins précis sur les pertes japonaises; on les estimait, de source britannique, à un croiseur lourd coulé, un autre endommagé et un croiseur léger type *Mogami* incendié.

L'attaque japonaise du début de mars contre les bases et les forces navales britanniques de l'océan Indien marque-t-elle le début d'un changement? Là encore les pertes en croiseurs ont été importantes : deux croiseurs lourds, le *Dorsetshire* et le *Cornwall* ainsi qu'un porte-avions l'*Hermes* si l'on s'en rapporte aux communiqués britanniques; quatre croiseurs et un porte-avions, si l'on en croit les communiqués japonais. Mais le fait nouveau est la présence de trois cuirassés japonais dont le *Nagato* armé de 406 mm.

L'abstention du cuirassé s'étendit rapidement



T W 17635

FIG. 4. — LE CROISEUR NÉERLANDAIS « DE RUYTER »

*Ce bâtiment, coulé en mer de Java, était le plus récent croiseur de la marine des Pays-Bas; il était en service depuis 1936. L'exemple des Mogami avec leurs XV 155 mm n'avait pas convaincu la marine néerlandaise qui, en construisant un croiseur de 6 000 tonnes avec seulement V1 150 mm, en faisait le moins armé des croiseurs légers modernes (le 155 mm a d'ailleurs, par le seul fait du calibre, une puissance de 10 % supérieure au 150 mm). L'infériorité d'armement n'était rachetée ni par la vitesse, d'environ 32 nœuds, ni par la protection (ceinture de 60 mm, pont blindé de 35 mm). Les aménagements intérieurs passaient pour très étudiés; on s'en doute au seul volume des logements. Mais, au combat, leur importance reste bien faible vis-à-vis de l'artillerie.*

à la Méditerranée. Elle se remarquait, au lendemain de la perte du *Barham*, par une passivité extraordinaire de la flotte d'Alexandrie, qui avait puissamment contribué, un an plus tôt, au succès rapide de l'offensive de Wavell. Nous croyons même que c'est à la prudence imposée à ces forces navales qu'il faut attribuer l'échec de l'opération. La division hindoue qui avait rapidement enlevé l'oasis de Djalo atteignit non moins rapidement les côtes du golfe de Syrte, au sud de Benghazi. Mais, alors que chaque manœuvre sur les arrières avait eu, du temps de Wavell, l'appui de la flotte qui lui amenait par voie de mer renforts, ravitaillement et munitions, aucun navire n'apparut dans le golfe de Syrte. Bien mieux, le 17 décembre, le commandement naval italien pouvait annoncer sans démenti qu'un convoi à destination de la Libye avait forcé la tentative d'interception des cuirassés britanniques d'Alexandrie, qui auraient fait demi-tour devant l'escorte aérienne du convoi.

L'année 1942 devait voir, en Méditerranée, la carence totale des cuirassés britanniques. Il fallut renoncer aux franchissements en force du canal de Sicile : le gouvernement britannique dut reconnaître qu'il devait dorénavant compter sur la seule route du Cap pour ravitailler ses forces du Moyen Orient et même de Malte. Le passage du convoi du 21 au 24 mars, en provenance d'Alexandrie, escorté par les seuls croiseurs légers de l'amiral Vian est certainement une performance remarquable, même du seul point de vue naval. Mais peut-on espérer que le résultat sera toujours aussi satisfaisant?

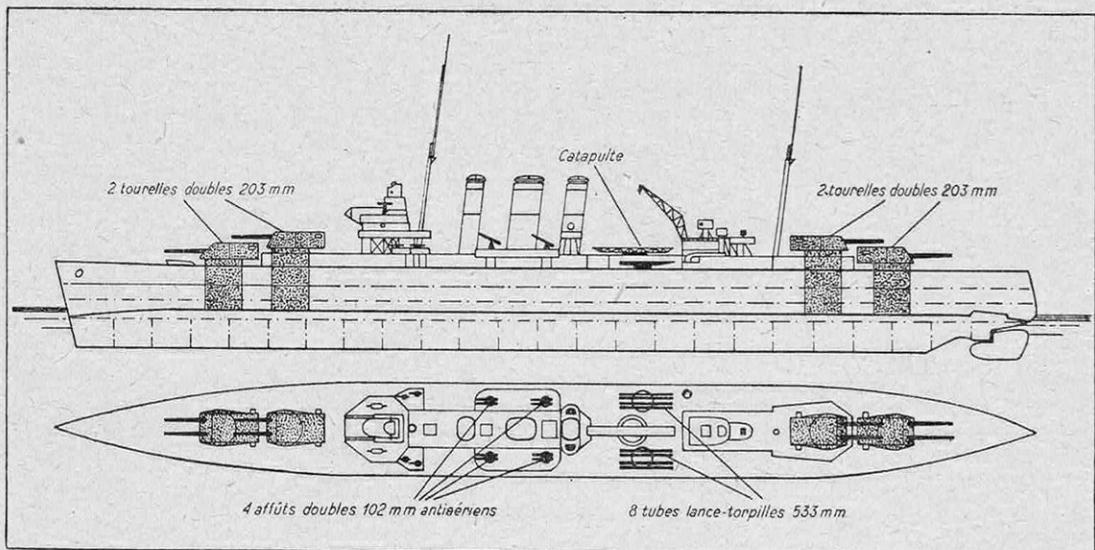
### L'avenir du croiseur dans le contrôle des communications

Lorsqu'on fait le total des croiseurs qu'on annonce avoir été coulés, incendiés ou endommagés depuis le début de la guerre du Paci-

fique, on est saisi de quelque inquiétude sur la capacité de ce type de bâtiment à continuer longtemps encore le contrôle des communications maritimes dans des conditions aussi coûteuses. Mais ce genre de difficulté ne lui est pas particulier. Lorsque le torpilleur prit à sa charge la mission d'escorte des convois au début de la guerre, quelques mois suffirent à ouvrir une grave crise de torpilleurs dans la marine britannique, que l'énorme appoint des anciens torpilleurs américains et des nouvelles constructions de corvettes plus économiques parvint tout juste à atténuer. Lorsque l'aviation navale japonaise enseigna aux Occidentaux que le navire de ligne n'était pas aussi invulnérable qu'ils le croyaient, une grave crise de cuirassés se fit sentir dans les marines anglo-saxonnes. Il fallut que le navire de ligne se montrât prudent et ne persistât pas dans sa mission quand il avait été touché, et le commandement germano-italien pouvait affirmer sans démenti, au début du printemps, que les cuirassés britanniques de Méditerranée se trouvaient tous dans les bassins de Gibraltar et d'Alexandrie, chacun avec une torpille au moins dans les flancs. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que « la guerre des croiseurs » se solde par une semblable crise de croiseurs.

Pas plus que le torpilleur et le cuirassé, le croiseur n'est apte à lui seul au contrôle des communications maritimes. Il n'est en mesure de se défendre, ou de défendre les navires qu'il convoie, ni contre le navire de ligne qui l'écrase de son artillerie, ni contre le sous-marin dont les attaques massives réclament la présence de navires de défense nombreux, ni contre l'avion qui ne peut guère être repoussé que par l'avion.

L'escorte type est donc présentement l'ensemble navire de ligne, petit bâtiment de surface et avion, où ce dernier élément est fourni soit par les bases terrestres, s'il en est de voisines, soit par les porte-avions.



T W 17633

FIG. 5. — LE CROISEUR BRITANNIQUE « DORSETSHIRE »

Le Dorsetshire, qui a été coulé au large de Ceylan par des avions japonais, était du type le plus récent des croiseurs de 10 000 tonnes armés de 203 mm. La protection de ces croiseurs ne comportait qu'un pont blindé épais, d'environ 80 mm, sans cuirasse de ceinture. C'est une solution que la marine britannique était seule à avoir admise. Toutes les autres exigeaient pour leurs croiseurs protégés une cuirasse de ceinture, souvent même d'assez grande hauteur, jugée indispensable pour le maintien de la stabilité après avaries de combat au cours de la lutte d'artillerie, aussi bien pour les croiseurs que pour les cuirassés. La même solution était d'ailleurs admise par la marine britannique sur ses croiseurs jusqu'en 1918. La suppression de la cuirasse de ceinture permettait de recourir l'ensemble du navire, jusqu'aux extrémités, d'un pont blindé épais, et de consacrer un poids élevé à la protection sous-marine. C'était sacrifier la protection contre l'artillerie à la protection contre la bombe et la torpille d'avion. Il est à noter que le Dorsetshire, après tant d'autres croiseurs britanniques, aura néanmoins été coulé par l'aviation, tandis que la plupart de ces bâtiments se seront fort bien comportés dans les combats d'artillerie.

Cette transformation des escortes est un des signes du désarroi qui règne aujourd'hui dans tout ce qui touche au domaine naval. La conception d'un contrôle des communications maritimes par les croiseurs, pendant que les flotilles de ligne se surveilleraient, était vraiment trop simpliste. Elle ne pouvait résister à la moindre tentative de la mettre en défaut, si l'on y dépensait un peu d'imagination. La guerre sous-marine de 1914-1918 a été un simple début, et nous sommes persuadés que les Alliés ont eu de la chance que la marine allemande n'appliquât point à la solution du problème les nombreux moyens techniques dont on disposait alors. On n'y comprend pas l'aviation, dont les performances étaient à l'époque très insuffisantes. Mais quelle timidité dans l'emploi du navire de surface ! Que serait-il arrivé si Tirpitz, renchérissant sur Fisher, avait misé sur le croiseur de bataille à 31 nœuds au lieu de 27, quand l'adversaire en était à 29 nœuds ? Que serait-il arrivé si, dès le début, l'Allemagne, sans s'inquiéter de l'infériorité de vitesse de ses croiseurs de bataille, les avait lancés sur les mers à la chasse du commerce, et n'avait eu pour les poursuivre que l'escadre de Beatty à qui fut infligée la sévère leçon du Jutland ? (1). Que serait-il même arrivé si von Scheer avait tiré du Jutland la conclusion, un peu tardive, que ses croiseurs de bataille étaient les maîtres de la mer, et était parti à la conquête des océans avec ceux qu'il aurait rapidement remis en état et qui étaient alors

supérieurs, en nombre et en qualité, à ceux que pouvait leur opposer la marine britannique ?

De 1918 à 1939, les marines n'ont pas abandonné les sentiers battus. Une innovation comme celle du *Scharnhorst* et du *Gneisenau* est restée bien timide. C'est plutôt du côté des méthodes d'emploi qu'il faut chercher l'audace. Avec un certain retard au début, des intervalles assez longs entre les échecs et les reprises d'activité, la marine allemande a donné quelques exemples de ce que pouvaient faire des chefs décidés. La marine japonaise a poussé le goût du risque plus loin encore.

Si aucune de ces tentatives répétées n'a jusqu'ici donné de résultat décisif, c'est, croyons-nous, qu'il leur a manqué de réunir l'audace dans la création du matériel à l'audace dans la mise en œuvre. Il faut s'affranchir du respect séculaire envers le matériel naval qu'ont imposé les maîtres de la mer. Ce n'est d'ailleurs pas autrement qu'ils ont conquis leurs maîtrises. Quand l'Amérique voulut faire reconnaître en 1811 par l'Angleterre sa conception de la liberté des mers, elle l'imposa par un type de frégate de fort tonnage, portant l'armement des vaisseaux. Quand l'Angleterre elle-même était venue à bout de l'Invincible Armada, elle avait opposé aux navires espagnols une nouveauté d'importance qui n'était autre que le début du combat d'artillerie dans la guerre sur mer. L'audace des marins de Drake et des équipages des frégates type *Constitution* ne réussit qu'en s'appuyant sur un matériel d'une audace technique équivalente.

(1) Voir : « La bataille du Jutland », dans *La Science et la Vie*, n° 229 (juillet 1936).

# VOICI LA PREMIÈRE LOCOMOTIVE A TURBINE A GAZ

par Pierre DEVAUX

Ancien Élève de l'École Polytechnique

*Le plus séduisant et le plus simple — en principe — de tous les moteurs thermiques est la turbine à gaz (1). Depuis quelque cent cinquante ans, on peut la considérer comme « inventée », mais elle n'a pu être vraiment réalisée dans des conditions de rendement acceptables que depuis que la métallurgie a pu fournir des alliages conservant leurs propriétés mécaniques à des températures de l'ordre de 600° C. Cependant, si l'on met à part les turbocompresseurs d'avions, fonctionnant sur l'échappement des moteurs à explosion, ses applications industrielles étaient encore limitées à quelques centrales utilisant des sous-produits gazeux. Voici qu'elle pénètre aujourd'hui dans le domaine de la traction sur rail. La nouvelle locomotive des Chemins de fer suisses, qui vient d'effectuer ses essais avec succès, possède tous les avantages des locomotives à vapeur les plus modernes, avec un rendement accru, sans pourtant atteindre celui de la locomotive à moteurs Diesel. Rien ne semble plus s'opposer à ce que la turbine à gaz équipe bientôt les véhicules automobiles routiers, en attendant que l'on parvienne à lui donner un poids au cheval compatible avec son installation à bord d'un avion.*

**D** EPUIS les premières locomotives à vapeur, les progrès de la traction sur rail ont été certes considérables, mais, jusqu'à ces dernières années, ils se poursuivaient à un rythme incomparablement moins rapide que ceux des autres modes de locomotion modernes : sur route et dans les airs. Tandis que les Salons de l'automobile et de l'aéronautique démodaient chaque année les derniers modèles de l'année précédente, on considérait qu'un type de locomotive qui n'avait que six ans était encore tout récent. Cette lenteur du progrès de la traction sur rail tenait sans doute à l'absence de rivaux sérieux dont a joui pendant près de cent ans le chemin de fer. Et la preuve en est que devant la concurrence souvent victorieuse de l'automobile, le chemin de fer a, depuis les deux dernières décades, fait appel, en matière de propulsion, aux solutions les plus hardies de la technique moderne.

C'est ainsi que, dans ces toutes dernières années, la S.N.C.F. a mis à l'étude un certain nombre d'engins de traction répondant à des conceptions techniques inédites. Nous citerons, par exemple, la locomotive à turbines Schneider qui vient précisément d'effectuer des essais très réussis sur la ligne de Paris à Lyon et qui constitue, avec la solution hardie de ses trois turbines réversibles tournant à 10 000 tours/mn, une brillante réussite technique. Le « *train-bloc* » Bugatti (2), avec ses multiples moteurs à vapeur, alimentés sous 50 hectopièzes (3) et

entraînant directement les roues, constitue une solution « légère » très différente, convenant aux rames aérodynamiques intermédiaires entre le train et l'autorail. La locomotive Diesel électrique à grande puissance a fait ses preuves avec les deux unités de 4 000 ch mises en service avant les hostilités par la région Sud-Est, et qui sont capables de remorquer des trains de 600 tonnes, de Paris à Menton (soit 1 111 km) en neuf heures; l'opportunité d'une telle réalisation ne saurait être sous-estimée, si l'on songe que sur ce parcours à profil très variable, comportant notamment les longues rampes de Dijon et de Fréjus, on n'utilisait pas moins de sept locomotives successives, alternativement du type « Mountain » et « Pacific » (1)! Nous avons tenu nos lecteurs au courant des essais de la très curieuse locomotive à chaudière *Velox* (2) à « explosion continue », dotée d'un foyer sous pression d'où les gaz enflammés s'échappent à travers une chaudière tubulaire. On obtient dans ces conditions une vaporisation presque instantanée et qui s'effectue avec un très bon rendement. La chaudière *Velox* autorise des puissances élevées et une extrême souplesse de marche.

Mais la plus révolutionnaire des formules nouvelles est sans conteste la locomotive à turbine à gaz, réalisée pour les Chemins de Fer Fédéraux Suisses par la Société Brown-Boveri.

(1) La locomotive de type « Mountain » correspond à la formule 2-4-1, c'est-à-dire qu'elle possède quatre essieux moteurs accouplés, un bogie à quatre roues motrices (au démarrage) à l'avant et un essieu porteur à l'arrière. La « Pacific » a pour formule 2-3-1. Elle possède trois essieux moteurs accouplés, un bogie à l'avant et un essieu porteur à l'arrière.

(2) Lire : « L'avenir du propulseur d'avions turbine à vapeur et turbine à gaz », dans *La Science et la Vie*, n° 279, novembre 1940.

(1) Lire : « La turbine à gaz, moteur thermique de demain », dans *La Science et la Vie*, n° 287, juillet 1941.

(2) Lire : « Trains légers et trains lourds se disputent l'hégémonie du rail », dans *La Science et la Vie*, n° 272, février 1940.

(3) L'hectopièze vaut 0,987 atmosphère.

## Le principe de la turbine à gaz

La turbine à gaz est le plus simple des moteurs thermiques qu'on puisse imaginer. On pourrait la définir par une « proportion » : elle est au moteur à explosion ce que la turbine à vapeur est à la machine à vapeur à piston. Le fluide moteur est ici constitué par des gaz chauds produits dans une chambre de combustion (fig. 1), mais ces gaz, au lieu de se détendre en poussant un piston, se détendent ici

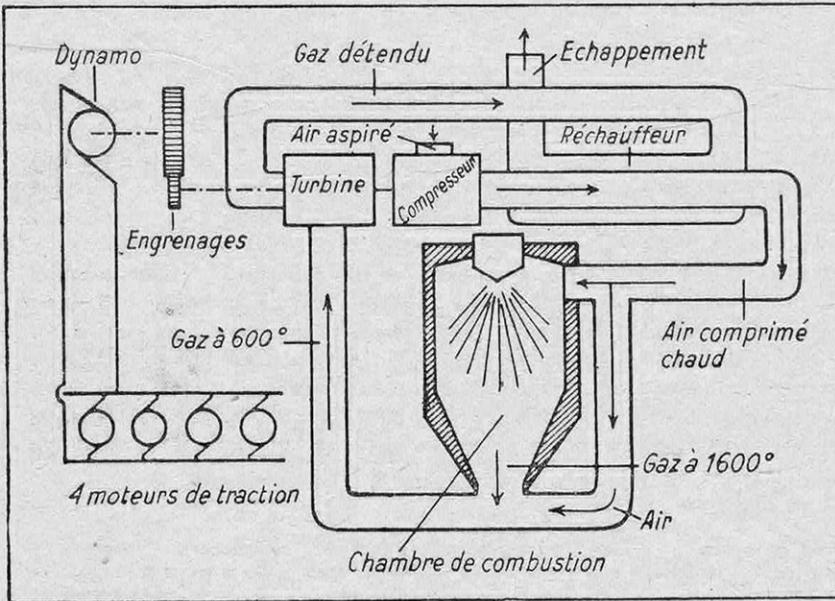
de la turbine. C'est à cette température que les gaz doivent être refroidis par l'addition d'une quantité convenable d'air comprimé. Ce mélange d'air froid au fluide moteur offre des inconvénients : il diminue le rendement théorique de l'engin en abaissant la température de la « source chaude ». Mais avant d'avoir le meilleur rendement possible, l'engin doit pouvoir supporter un service qui permette d'amortir sa construction. Le réchauffage de l'air à l'admission permet de récupérer une partie des calories perdues à l'échappement.

### 7 800 chevaux pour le compresseur et 2 200 pour la traction!

La figure 1 montre la disposition du groupe turbine à combustion ; il comprend, pour la partie thermique : un compresseur d'air accouplé à la turbine, un réchauffeur d'air, une chambre de combustion, une turbine à gaz.

Le principe de fonctionnement est le suivant : Le gaz moteur est produit dans la chambre de combustion par une combustion continue de combustible liquide injecté dans une atmosphère d'air comprimé. Un refroidissement suffisant des gaz brûlés est assuré par un excédent d'air comprimé.

La quantité d'air totale (air de combustion et de refroidissement) est fournie par le compresseur



T W 17753

FIG. 1. — SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA LOCOMOTIVE A TURBINE A GAZ ET TRANSMISSION ÉLECTRIQUE

L'air aspiré dans l'atmosphère est comprimé par le compresseur et réchauffé dans un échangeur de températures récupérant les calories des gaz d'échappement. Une partie de cet air va à la chambre de combustion et produit avec le combustible un flux de gaz chauds à 1600° C, l'autre partie vient se mélanger aux gaz brûlés et abaisse leur température aux environs de 500-600° C. Le mélange ainsi obtenu se détend à travers une turbine tournant à la vitesse de 5200 tours/mn, puis va échanger sa température avec l'air comprimé froid à l'admission. L'arbre de la turbine actionne à la fois le compresseur et les essieux de traction par l'intermédiaire d'une transmission électrique dynamo-moteur électrique.

à travers une turbine. Dans le cas du moteur à explosion, le piston est employé pendant une partie du cycle à comprimer l'air comburant. Dans la turbine à gaz, la compression est continue et elle est effectuée par un compresseur mis en mouvement par la turbine.

Dans le calcul du rendement global de l'engin, il convient de tenir compte :

- du rendement théorique tel que le prévoit le théorème de Carnot et qui dépend de la température des gaz à la source chaude (chambre de combustion) et à la source froide (échappement) ;

- du rendement de la turbine ;
- du rendement du compresseur.

A la sortie de la chambre de combustion, les gaz sont animés d'une grande vitesse. Si l'on veut conserver un bon rendement de la turbine, il faut que celle-ci tourne vite. Il n'est bien entendu pas question de l'actionner par des gaz à 1600°. Les progrès de la métallurgie ont permis de réaliser des alliages qui résistent à 600° aux forces centrifuges énormes développées dans les ailettes par la rotation rapide

axial, à plusieurs étages ; l'air atmosphérique, comprimé jusqu'à 4 atm, est envoyé dans le réchauffeur d'air, puis parvient à la chambre de combustion et se sépare en deux parties, dont l'une pénètre dans la chambre de combustion à travers des orifices obliques, tandis que le reste circule dans une double enveloppe assurant l'isolement thermique de la chambre. A la sortie de la double enveloppe, il se mélange au gaz en feu dont il abaisse ainsi la température à une valeur admissible.

Le mélange air-gaz traverse la turbine en se dilatant et en libérant son énergie. Il passe ensuite par le réchauffeur, où une partie de sa chaleur est transmise à l'air arrivant du compresseur en se rendant à la chambre de combustion ; finalement, il s'échappe à l'air libre par des ouvertures pratiquées dans le toit de la locomotive.

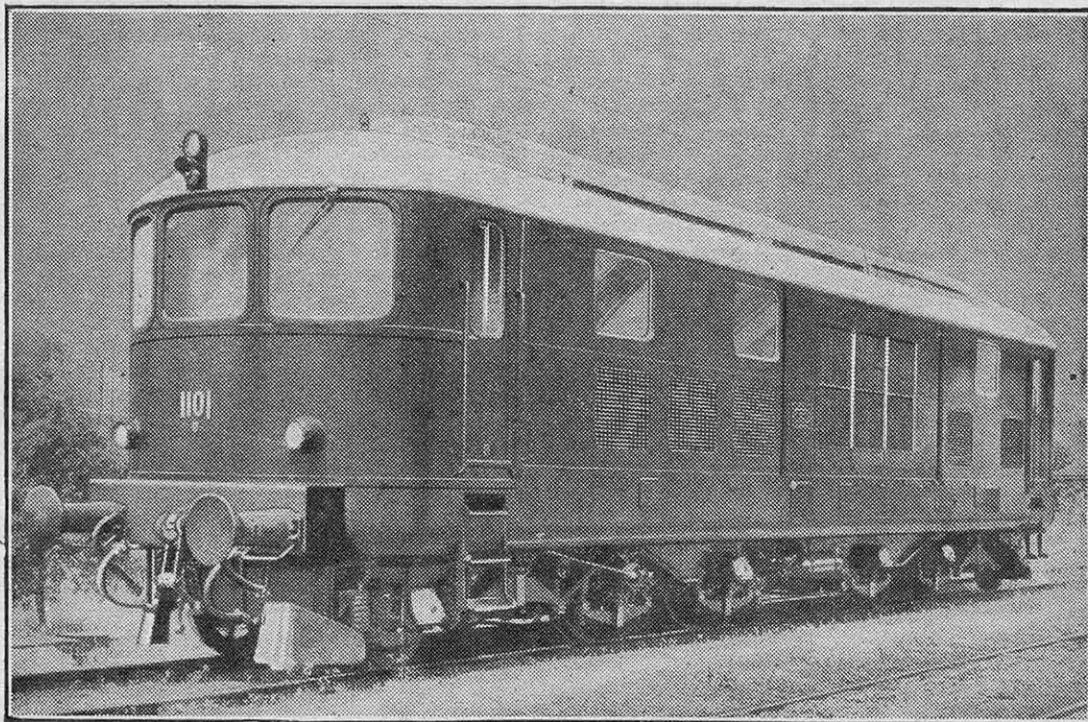
La puissance mécanique utile, c'est-à-dire celle de la turbine diminuée de celle qui est absorbée par le compresseur, est transmise par un engrenage au groupe générateur électrique. Le réglage de la vitesse est réalisé en agissant

sur la puissance de la turbine par variation de la quantité de combustible, au moyen d'un système de commande automatique. Le rôle du réchauffeur d'air dans l'amélioration du rendement est important, surtout pour les charges partielles.

Quant au « bilan énergétique » de l'installation, il est paradoxal : la turbine développe effectivement le chiffre formidable de 10 000 ch, dont 7 800 ch sont absorbés par les auxiliaires

en amorcer le fonctionnement, il est nécessaire de porter cet ensemble à une vitesse assez élevée pour que le compresseur assure un débit d'air suffisant à la chambre de combustion ; cette vitesse de démarrage est environ 30 % de la vitesse de pleine charge.

L'énergie nécessaire pour ce lancement est fournie par la génératrice maîtresse, fonctionnant temporairement en moteur alimenté par une génératrice spéciale accouplée à un moteur



T W 17752

FIG. 2. — LA NOUVELLE LOCOMOTIVE A TURBINE A GAZ DES CHEMINS DE FER FÉDÉRAUX SUISSES

Voici les principales caractéristiques de cette locomotive, construite pour la voie normale : longueur, 16,34 m ; poids en service, 92 tonnes ; puissance maximum de la turbine, 2 200 ch ; poids spécifique, 42 kg/ch ; vitesse maximum, 110 km/h.

et notamment par le compresseur, 2 200 ch restant disponibles pour la traction !

L'emploi pratique de la turbine à combustion comme producteur d'énergie s'est heurté pendant longtemps à des pertes internes trop grandes qui ne laissaient aucune puissance disponible. La réussite de l'installation actuelle est due à l'amélioration du rendement du compresseur et de la turbine ; le rendement global dépend essentiellement de la température du gaz avant les aubes de la turbine et de la récupération de chaleur dans le réchauffeur. En outre, les capacités de charge du compresseur et de la turbine ont une grande importance à bord d'une locomotive appelée à des services variés.

Malgré l'apparence désastreuse de son bilan thermique, la locomotive de 2 200 ch des Chemins de Fer Fédéraux Suisses atteint à pleine charge un rendement de 16 %, meilleur que celui des machines à vapeur les plus modernes.

### Le problème du démarrage

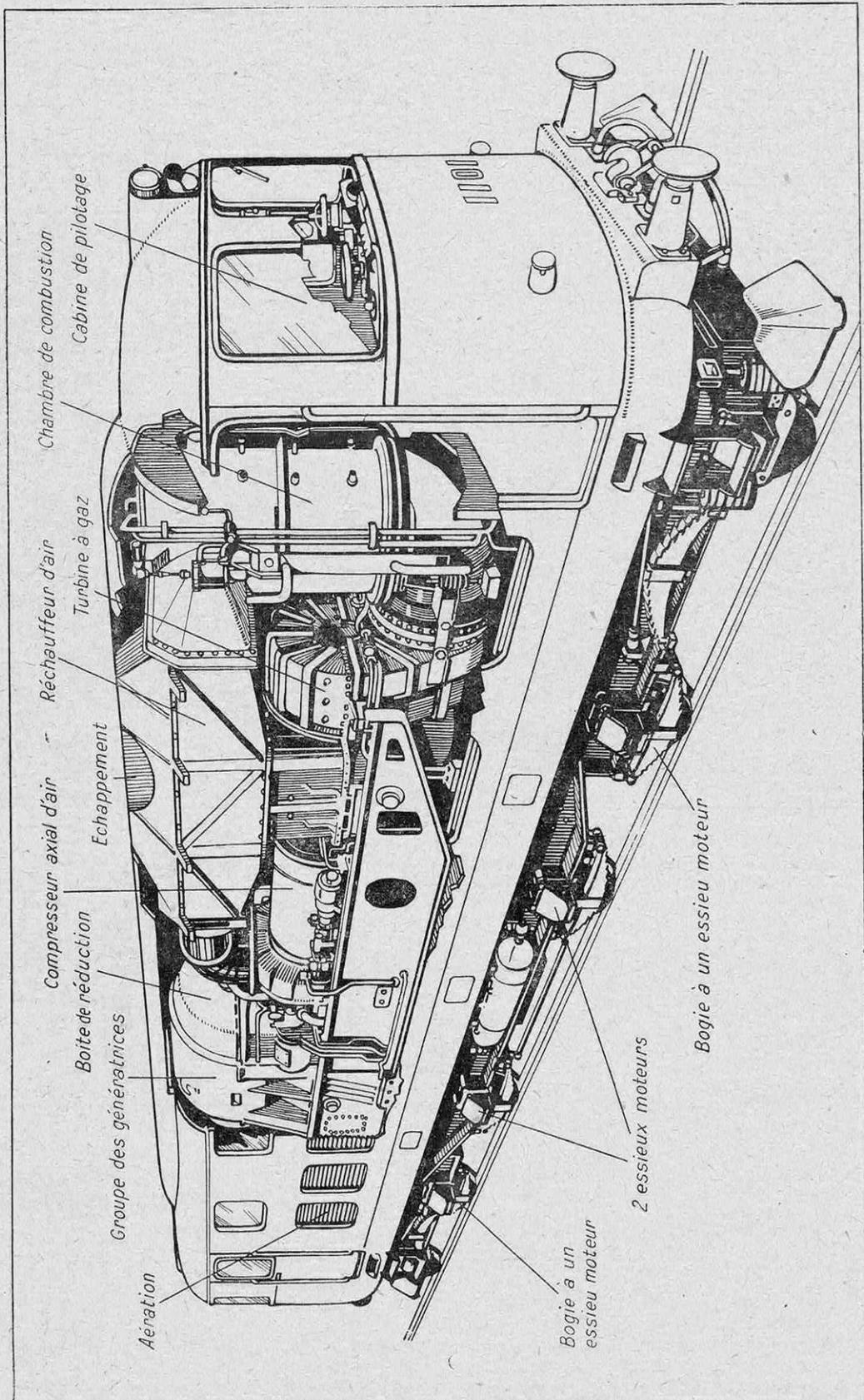
Ainsi construit, l'ensemble turbine-génératrices serait incapable de démarrer seul ; pour

Diesel de lancement de 100 ch. Ce Diesel lui-même est lancé à l'aide de son moteur, alimenté par une batterie d'accumulateurs, normalement rechargée, durant la marche, par la génératrice auxiliaire du groupe turbine. L'alumage du combustible dans la chambre est assuré par une « canne » chauffée électriquement.

### La répartition de la puissance motrice sur les essieux

La locomotive est à voie normale (fig. 2 et 3). Elle a été étudiée en vue de son utilisation sur les lignes principales avec une vitesse maximum de 110 km/h, ainsi que sur les lignes secondaires avec une vitesse plus réduite, mais une inscription satisfaisante dans les courbes de faible rayon. La charge a été calculée sur le maximum de 16 tonnes par essieu.

A cet effet, la « figuration d'essieu » adoptée est : 1 A-B-A-1, c'est-à-dire que le train de roulement comporte un ensemble de deux essieux moteurs au centre, solidaire du châssis de caisse, encadré entre deux bogies ayant chacun un essieu moteur et un essieu porteur. Les prin-



T W 17755

FIG. 3. — LA LOCOMOTIVE A TURBINE A COMBUSTION ET A TRANSMISSION ÉLECTRIQUE DE 2 200 CH DES CHEMINS DE FER SUISSES

cipes d'allègement adoptés pour la partie mécanique ont permis de ne pas dépasser 32 tonnes pour celle-ci; la locomotive est réversible; elle possède une cabine de conduite à chaque extrémité, entre lesquelles la caisse est subdivisée en trois compartiments, l'un pour la turbine à gaz de 10 000 ch et la chambre de combustion, l'autre pour le compresseur axial, et le dernier pour le groupe de génératrices entraînées par la turbine, ainsi que par les auxiliaires de service et de commande.

### La transmission électrique

Les 2 200 chevaux disponibles sur l'arbre de la turbine à gaz ne sont pas transmis directement aux roues de la locomotive; ils sont utilisés pour faire tourner une dynamo génératrice à excitation réglable, qui alimente les moteurs de traction. C'est la solution classique de la transmission électrique, qui a fait ses preuves, tant à bord des locomotives Diesel-électriques de 4 000 ch de la région Sud-Est

qu'à bord des navires. Malgré son rendement global, nécessairement inférieur à celui d'une transmission mécanique, ce mode de propulsion assure une souplesse de conduite qui se traduit finalement par des horaires améliorés et une consommation diminuée.

La locomotive à turbine à transmission électrique est constituée par des éléments connus et sa construction ne diffère de celle d'une locomotive Diesel-électrique que par la nature de l'installation thermique; l'expérience actuellement acquise dans les diverses techniques a permis d'assurer du premier coup un fonctionnement satisfaisant.

La partie électrique principale comporte : la génératrice maîtresse, fournissant le courant continu de traction; la génératrice auxiliaire, alimentant les auxiliaires en courant continu; enfin, un alternateur de chauffage du train. La vitesse de la turbine à pleine charge est de 5 200 tours/mn (environ 90 tours par seconde) et la vitesse correspondante du groupe des génératrices est de 812 tours/mn.

Les moteurs de traction, au nombre de quatre, sont constamment branchés en parallèle; leur circuit d'alimentation comporte des relais à maximum de courant, des contacteurs de séparation et un inverseur de marche. La génératrice maîtresse a une puissance continue de 1 145 kW avec 1 790 A sous 665 V à 750 tours/mn. Elle est à excitation composée, comportant un enroulement d'excitation shunt, un autre d'excitation séparé et un troisième anticompound qui empêche le courant débité de dépasser la valeur maximum nécessaire au démarrage de la locomotive.

La génératrice auxiliaire est à excitation shunt et fournit 42 kW sous tension de 155 V, maintenue constante par un régulateur rapide. L'alternateur de chauffage a une puissance de 200 kW et fournit son courant sous une tension

de 1 000 volts, également maintenue constante par un régulateur.

Les quatre moteurs de traction ont une puissance individuelle, en régime continu, de 265 kW; ils transmettent leur effort aux essieux au moyen de tourillons creux à accouplement élastique.

Outre l'appareillage ci-dessus, l'installation comporte : un groupe moto-compresseur d'air, un groupe moto-pompe pour le combustible, un groupe moto-pompe à huile pour les comman-

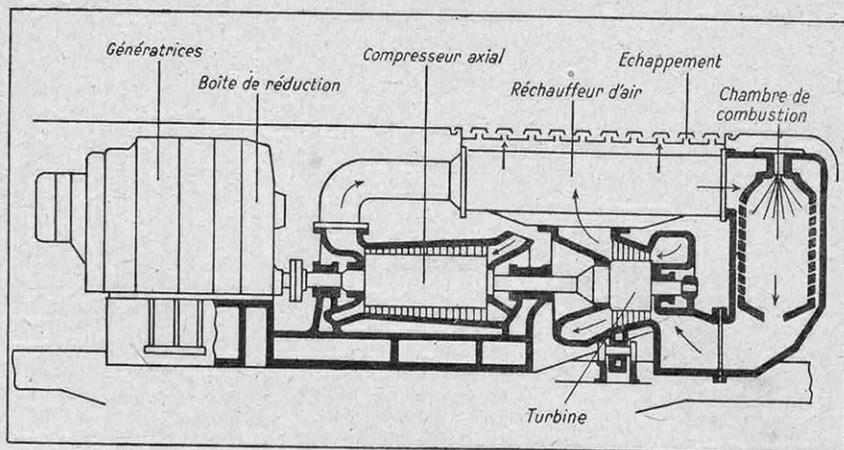


FIG. 4. — DISPOSITION SCHÉMATIQUE DES ORGANES DE LA TURBOGÉNÉRATRICE

des auxiliaires à huile sous pression et pour le graissage.

Il est à noter que le groupe auxiliaire Diesel-dynamo peut être utilisé pour alimenter directement un des moteurs de traction, ce qui permet d'assurer les manœuvres de la locomotive haut-le-pied sans utiliser le groupe turbine. Les différentes manœuvres pour le démarrage sont effectuées du compartiment des machines, tandis que, durant la marche, la commande de toute l'installation se fait de la cabine du mécanicien alors en service. Après la mise en marche du groupe Diesel, le démarrage du groupe turbine à combustion demande environ trois minutes.

### La conduite de la locomotive

La locomotive étant destinée à être servie par un seul homme a été équipée d'ingénieux dispositifs automatiques de sécurité et de régulation. La conduite de la machine se fait au moyen d'une commande à manette agissant sur la quantité de combustible injecté. Supposons que le conducteur accroisse l'injection; la vitesse de la turbine augmente, provoquant l'intervention d'un « servo-régulateur de champ » qui augmente l'intensité du courant d'excitation séparée de la dynamo maîtresse; la tension d'alimentation fournie aux moteurs de traction se trouve ainsi accrue, la locomotive accélère. Le fonctionnement est inverse en cas de commande de ralentissement. Le servo-régulateur intervient également lors des variations du profil de la voie, une parfaite concordance fonctionnelle se trouvant constamment assurée entre la partie thermique et la partie électrique de la locomotive.

Il est essentiel d'assurer au gaz pénétrant dans la turbine les meilleures conditions de température en dépit des changements extérieurs : va-

riation de la température de l'air, de la pression barométrique, de la qualité du combustible, etc. A cet effet, une valve de correction peut être manœuvrée par le mécanicien suivant la température des gaz en amont de la turbine, qui lui est indiquée par un pyromètre avec lecture à distance; cette valve agit comme freinage dans le circuit de commande à huile sous pression qui contrôle l'injection du combustible.

L'allumage de la flamme est signalé par des lampes-témoins dans le compartiment des machines et dans la cabine du mécanicien. Lors d'irrégularités dans le fonctionnement, élévation exagérée de la vitesse, extinction de la flamme, trop haute température des gaz à l'entrée dans la turbine, baisse de la pression d'huile de graissage par suite d'une rupture de canalisation, etc., la pompe à combustible s'arrête automatiquement et la turbine ralentit jusqu'à l'arrêt.

### Comparaison avec la locomotive à vapeur et la locomotive Diesel-électrique

Il n'y a pas à se dissimuler que la solution hardie de la turbine à gaz, combinée avec la transmission électrique, assure un rendement global notablement inférieur à celui d'une locomotive Diesel utilisant le même combustible.

Le rendement est cependant notablement supérieur à celui des meilleures locomotives à vapeur (12 %).

La locomotive à turbine possède la plupart des avantages de la locomotive à vapeur : simplicité, conduite facile, adaptation aux exigences du trafic, sans ses inconvénients. La vapeur exige beaucoup de charbon et beaucoup d'eau : environ 1 kg de charbon et 8 kg d'eau par cheval-heure à la jante; la locomotive à turbine n'utilise pas d'eau.

Pour la traction à grande vitesse sur de lon-

gues distances, la locomotive à vapeur n'est pas économique; en outre, les difficultés s'accroissent dans les pays où l'eau est rare ou très chargée de sels minéraux. La locomotive à turbine et à combustion remplace alors avantageusement la locomotive à vapeur.

Quant à la locomotive Diesel-électrique, son rendement est double de celui de la locomotive à turbine à gaz. Elle est économique et a fait ses preuves pour les services de manœuvre; dans les grandes puissances, elle semble bien surclasser la vapeur pour les rapides à grande distance sur fortes et longues rampes. Par contre, elle exige de l'huile Diesel très pure; un moteur Diesel, suralimenté, développant 2200 ch, consomme au trois quarts de sa charge 162 g d'huile combustible par cheval-heure; pour la même puissance, une locomotive à turbine à combustion consommera 360 g d'une huile brute deux fois moins chère, en sorte qu'il y a presque compensation pour le prix de revient de l'énergie. Dans le cas du moteur Diesel, une grande partie de l'huile de graissage est en outre brûlée dans les cylindres. L'extrême simplicité d'une installation à turbine à combustion se traduit, d'autre part, par des frais d'entretien très inférieurs à ceux des installations Diesel. A puissance égale de la partie thermique, la locomotive à turbine est notablement moins lourde et moins chère que la locomotive Diesel.

Intéressante en l'état actuel de la technique, la locomotive à turbine pourra s'améliorer considérablement au point de vue rendement, au fur et à mesure des progrès métallurgiques intervenant dans la construction des ailettes de turbines. Au surplus, la pénurie actuelle d'huile combustible n'est pas un obstacle absolu au développement du nouveau mode de traction, et les constructeurs envisagent dès à présent l'emploi, comme combustible, de charbon pulvérisé.

Pierre DEVAUX

## LES A COTÉ DE LA SCIENCE

### INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

#### Verre filé pour revêtement d'ailes

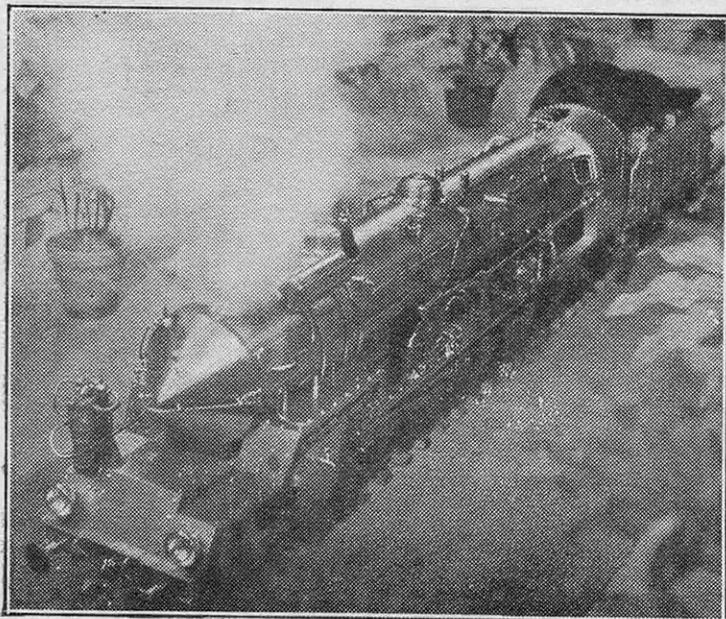
**D**ES essais ont été effectués sur un avion « Taylor » dont les ailes avaient été recouvertes d'un tissu de verre filé fabriqué dans les vastes laboratoires « Owens Corning Fiberglas », à Newark. Soumis aux influences atmosphériques pendant six mois, ce revêtement n'aurait subi aucune altération. Par rapport aux revêtements ordinairement utilisés, ce tissu

de verre présenterait les avantages suivants : poids moindre, solidité plus grande, résistance accrue aux atteintes des projectiles et à l'inflammation. En outre, ce tissu de verre est moins hygroscopique et une humidité considérable n'endommagerait en rien ce matériau dont le poids ne serait que très peu accru. Son seul inconvénient serait de ne se rétrécir que de 2 % sous l'effet de l'enduit dont on recouvre les revêtements, contre 10 à 12 %. Il faut donc le tendre sur l'aile très fortement dès sa mise en place.

#### La "Supermountain" de 300 kg

**L**A locomotive (réduction au 1/10 d'une « Supermountain »), établie de toutes pièces par M. Orif, constitue non seulement une curiosité, mais un chef-d'œuvre de l'artisanat français : 5 380 pièces usinées en six années de travail consécutif ont été nécessaires pour mener à bien cette tâche.

Voici ses caractéristiques : Longueur, tender compris :



LA « LOCOMOTIVE DU MARÉCHAL » EN MARCHÉ

V. RUBOR

2,71 m; poids : 300 kg; timbre de la chaudière : 3 kg/cm<sup>2</sup> (contre 20 kg/cm<sup>2</sup>); puissance : 4 ch; diamètre de la chaudière : 200 mm; surface de chauffe : 0,26 m<sup>2</sup>. La vapeur est surchauffée à 350° environ. C'est une locomotive compound comportant deux cylindres haute pression de 45 mm d'alésage (course des pistons, 65 mm) et deux cylindres basse pression de 68 mm (course des pistons, 70 mm).

Les expériences présentées au public s'effectuent sur une voie rectiligne de 100 m de long. Chauffée au charbon, la locomotive démarre, atteint sa pleine vitesse (35 km/h) et s'arrête sous l'action d'un déclencheur automatique qui ferme l'arrivée de la vapeur et assure le serrage des freins à air comprimé.

(298)

**BULLETIN D'ABONNEMENT**

Nom (en majuscules) et prénoms : .....

Adresse : .....

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

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

**TARIF DES ABONNEMENTS A " LA SCIENCE ET LA VIE "**

**FRANCE ET COLONIES**

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

**ÉTRANGER**

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

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

Pour les autres pays :

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

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

**" LA SCIENCE ET LA VIE "**

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

**(Aucun envoi n'est fait contre remboursement)**

Pour faciliter notre tâche, nous demandons à nos lecteurs d'effectuer tous leurs règlements uniquement par chèque postal au C/C 184.05 Toulouse.

Les numéros 293 à 297 (janvier à mai 1942) étant épuisés, nous ne pouvons accepter d'abonnements commençant avant le n° 298 (juin 1942).

Les numéros parus avant le 1<sup>er</sup> janvier sont vendus au prix unitaire : 6 fr. 50 pour les numéros ordinaires; 13 francs pour les numéros spéciaux (franco).



*Une  
usine  
volante*

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

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

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

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

**FOURS A CARBONISER  
G. BONNECHAUX**

**CARBO-FRANCE**  
Siège Social :  
8, Av. de la Victoire  
Toulon  
Tel. 63.96



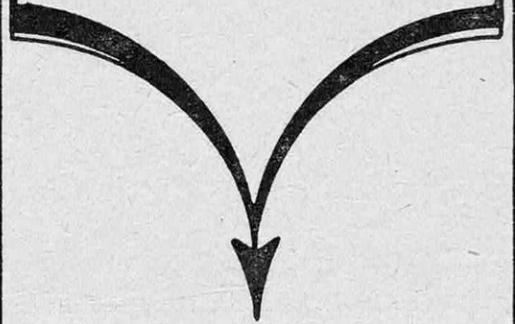
**CARBO-FRANCE**  
PARIS  
24, Rue du Château  
Neuilly-sur-Seine  
Tel. Mairie 19.59

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

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

Le Gérant : L. LESTANG.

**BREVETS D'INVENTION  
MARQUES DE FABRIQUE  
DESSINS ET MODÈLES  
FRANCE ET ÉTRANGER**



**J. BÉGUÉ**

13. RUE CROIX-BARAGNON. 13

TÉL. 258-99 - TOULOUSE

**SÉRIES de TIMBRES**

provenant

**d'ŒUVRES et d'ÉCHANGES**

**FORTE REMISE**



**ÉCRIRE :**

**Ab. DENIS**

LA COQUILLE (Dordogne)

R. C. Seine 3.541

Imp. Régionale, Toulouse.

# LA RADIO

# Manque

# DE SPECIALISTES !

## Jeunes gens !...

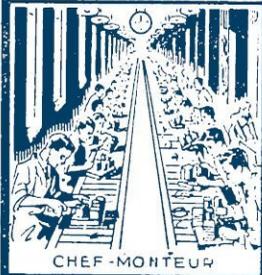


RADIO VOLANT



P.R.D.1

SOUS-INGENIEUR



CHEF-MONTEUR

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

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

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

PRÉPAREZ CES CARRIÈRES  
en suivant nos cours spécialisés

### PAR CORRESPONDANCE

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

#### INSCRIPTIONS

à toute époque de l'année



TOUS NOS COURS COMPORTENT DES  
EXERCICES PRATIQUES A DOMICILE.



#### PLACEMENT

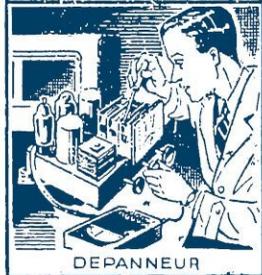
A l'heure actuelle, nous garantissons le placement de **TOUS** nos élèves opérateurs radiotélégraphistes.



MARINE MARCHANDE



INGENIEUR



DEPANNEUR

DEMANDEZ NOS NOTICES

CONTRE 2 fr. EN TIMBRES, à

## ECOLE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE

RUE DU MARECHAL LYAUTEY-VICHY-(ALLIER)

# NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



Des millions  
de  
mètres carrés  
de références

