

## Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

Notice du Volume	
Auteur(s) volume	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Volume	Tome 62. n. 301. Septembre 1942
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1942
Collation	1 vol. (X p.- p. [97]-142) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 301
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	<a href="http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.301">http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.301</a>

Septembre 1942

6 francs

# la Science et la Vie



Voir page 99

# ECOLE SPECIALE DE T.S.F.

Normalement à  
**PARIS**  
Sauf pendant la guerre  
152, Avenue de Wagram

SECTION DE L'ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL  
Fondée en 1917

Pendant la guerre:  
**NICE**  
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.  
Aucune limite d'âge au-dessus de 17 ans.

#### 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>e</sup> CLASSE

Accessible aux jeunes gens ayant terminé la classe de première de lycée ou 3<sup>e</sup> année des écoles professionnelles.

#### 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.

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

#### AUTRES CONCOURS ET EXAMENS

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

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

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

POLICE. — Inspecteur radio.

COLONIES. — Préparations spéciales suivant les colonies.

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

### SECTION INDUSTRIE

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

#### COURS D'AMATEUR RADIO

Cours très simple à l'usage des amateurs.

#### COURS DE MONTEUR-DÉPANNEUR

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

#### COURS D'OPÉRATEUR

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

#### COURS DE RADIOTECHNICIEN

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

#### COURS DE SOUS-INGÉNIEUR

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

#### COURS D'INGÉNIEUR

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

#### ÉLECTROTECHNICIEN

#### EN TÉLÉVISION et CINÉMA

Électricité. Radiotéchnique. Acoustique.

Optique. Cinéma. Cinéma sonore. Télévision.

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

### COURS SUR PLACE

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

**Pour les études de vos enfants, pour vos propres études  
n'hésitez pas à recourir à l'enseignement par correspondance de  
L'ÉCOLE UNIVERSELLE**

qui a comblé une grave lacune. Grâce à l'ÉCOLE UNIVERSELLE en effet, tous ceux qui étaient jusqu'à ce que l'empêchent de s'instruire, parce qu'ils résident loin d'un centre ou parce que leur état de santé les retient à la maison, peuvent désormais travailler chez eux. Il en est de même de tous ceux qui sont astreints à de fréquents déplacements ou qui ont un retard à rattraper, ou qui se trouvent dans l'impossibilité de poursuivre leurs études à un rythme normal, et aussi ceux qui sont dans la nécessité de gagner leur vie. L'enseignement individuel de l'ÉCOLE UNIVERSELLE permet à chacun de faire chez soi, sans dérangement, dans le MINIMUM DE TEMPS, aux MOINDRES FRAIS, quel que soit le degré d'instruction de l'élève, en toute discréption s'il le désire, toutes les études qu'il juge utiles, quel que soit le but qu'il veuille atteindre.

L'enseignement de l'ÉCOLE UNIVERSELLE est merveilleusement efficace puisqu'il a permis à ses élèves de reporter des

**DIZAINES DE MILLIERS DE SUCCÈS AU BACCALAUREAT**  
et des dizaines de milliers de succès aux BREVETS, LICENCES, concours des GRANDES ÉCOLES, des GRANDES ADMINISTRATIONS, etc.

Pour être renseigné avec précision sur les études que vous pouvez faire, la carrière que vous pourrez aborder, découpez le bulletin ci-dessous, marquez d'une croix la brochure que vous désirez recevoir gratuitement, écrivez au bas votre nom et votre adresse et expédiez ce bulletin, aujourd'hui même, à l'ÉCOLE UNIVERSELLE, 12 Place Jules Ferry, LYON.

**BROCHURE L. 4.970.** — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur. Classes de vacances, Diplôme d'études primaires préparatoires, Certificat d'études, Bourses, Brevets, Certificat d'aptitude pédagogique, etc.

**BROCHURE L. 4.971.** — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Classes de vacances, Examens de passage, Certificat d'études classiques ou modernes du premier cycle, Diplôme de fin d'études secondaires, Baccalauréats, etc.

**BROCHURE L. 4.972.** — 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 L. 4.973.** — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES : Agriculture, Industrie, Travaux Publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Assistance, etc.

**BROCHURE L. 4.974.** — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES, et des TRAVAUX PUBLICS : Ingénieur (Diplôme d'Etat), Sous-ingénieur, Dessinateur, Conducteur, Chef de chantier, Contremaitre, etc.

**BROCHURE L. 4.975.** — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du GÉNIE RURAL, etc.

**BROCHURE L. 4.976.** — CARRIÈRES DU COMMERCE (Administrateur commercial, Secrétaire, Correspondant, Sténo-Dactylo, Représentant, Services de publicité, Teneur de livres), de l'INDUSTRIE HOTELIÈRE, des ASSURANCES, de la BANQUE, de la BOURSE, etc.

**BROCHURE L. 4.977.** — ORTHOGRAPHIE, RÉDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, DESSIN, ÉCRITURE, etc.

**BROCHURE L. 4.978.** — LANGUES VIVANTES : (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol, Arabe, Annamite), TOURISME (Interprète), etc.

**BROCHURE L. 4.979.** — AIR, RADIO, MARINE : Pont, Machine, Commissariat, T.S.F., etc.

**BROCHURE L. 4.980.** — SECRÉTARIATS, BIBLIOTHÈQUES, JOURNALISME (Rédaction, Administration, Direction), etc.

**BROCHURE L. 4.981.** — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Flûte, Clarinette, Instruments de jazz, Professorats, etc.

**BROCHURE L. 4.982.** — ARTS DU DESSIN : Dessin pratique, Anatomie artistique, Dessin de Mode, Illustration, Composition décorative, Aquarelle, Gravure, Peinture, Fusain, Pastel, Professorats, Métiers d'Art, etc.

**BROCHURE L. 4.983.** — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINERIE, de la BRODERIE : Petite main, Première main, Vendeuse, Retoucheuse, Modéliste, Professorats, etc.

**BROCHURE L. 4.984.** — ART DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ : Coiffeuse, Manucure, Pédicure, Masseur, etc.

**BROCHURE L. 4.985.** — CARRIÈRES FÉMININES dans toutes les branches d'activité.

**BROCHURE L. 4.986.** — TOUTES LES CARRIÈRES ADMINISTRATIVES : Secrétariats d'Etat, Administrations financières, Inspection du Travail, Banques, Magistrature, Police, P.T.T., Ports et Chaussées, Chemins de fer, Préfectures, Mairies, etc.

A expédier gratuitement à M. \_\_\_\_\_

Rue \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_

A \_\_\_\_\_ Département \_\_\_\_\_

Si vous souhaitez des renseignements ou des conseils spéciaux à votre cas, ils vous seront fournis très complets à titre gracieux et sans engagement de votre part. Il vous suffira de nous les demander sur une feuille quelconque que vous joindrez au bulletin ci-dessus.

**ÉCOLE UNIVERSELLE**

**12 Place Jules-Ferry - LYON 59 Boul. Exelmans - PARIS**

# 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 ingénier 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.

On trouve également, dans ces différents cours, les éléments de préparation à tous les examens et concours existants.

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.

# VOTRE AVENIR



*est dans la Radio*



## AYEZ CONFIANCE en VOUS .

Vous pouvez TOUS suivre nos cours

Inscrivez-vous dès maintenant  
8, rue Porte-de-France, à VICHY  
ou demandez-nous franco, le

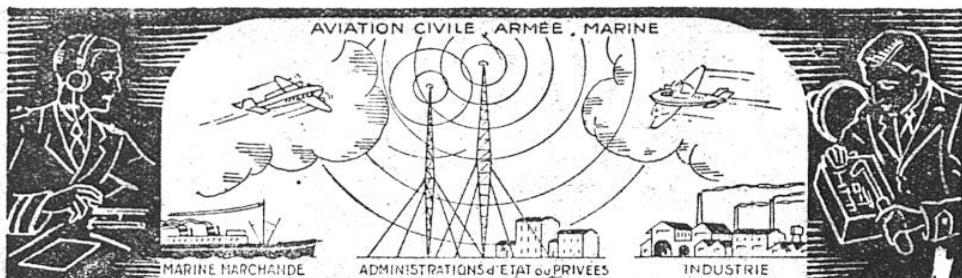
### « Guide des Carrières »

"Publicités Réunies"



## ECOLE CENTRALE DE T-S-F

12 rue de la Lune PARIS 2<sup>e</sup>  Telephone Central 78-87



## FAITES VOTRE SITUATION DANS LA RADIO!

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

### SUIVEZ NOS COURS SPÉCIAUX PAR CORRESPONDANCE

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

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

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

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

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

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

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

○ **LA TÉLÉVISION ?...** est déjà une réalité commerciale. **Demain**, elle prendra le développement prodigieux qu'on est en droit de prévoir. **achez, dès aujourd'hui, préparer votre avenir** en vous apprétant à la fonction de **SPECIALISTE**.

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

— NOTICE GRATUITE SUR DEMANDE —

### ÉCOLE de RADIOÉLECTRICITÉ et de TÉLÉVISION de LIMOGES

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

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

NOM ..... PRÉNOMS .....

ADRESSE .....

PR.D.S

# SEULE LA MÉTHODE A.B.C.

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

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

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

## Brochure gratuite

Envoyez le coupon pour recevoir gratuitement la brochure illustrée. Spécifiez bien le cours qui vous intéresse : Cours pour Enfants (8 à 14 ans) ou Cours pour Adultes.



Croquis humoristique exécuté par un de nos élèves

## ÉCOLE A.B.C. DE DESSIN (Service C.B. 2)

Z. O. : 12, rue Lincoln, PARIS

Z. N. O. : Madame BESNARD  
PAU (Basses-Pyrénées)

Cours choisi : \_\_\_\_\_

Nom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_



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 éteillé pour giro-bois, du bois roux, du charbon de bois, de récupérer les goudrons et jus pyrolytiques, d'écorcer le chêne, sans surveillance et sans combustible d'appoint.

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

FOURS A CARBONISER  
G. BONNECHAUX

CARBO-FRANCE  
Siège Social :  
6, Av. de la Victoire  
Toulon  
Tel. 63-98



CARBO-FRANCE  
PARIS  
24, Rue du Champs  
Neuilly-sur-Seine  
Tel. Madam 13-52

200 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)

## LES BONS D'ÉPARGNE

Rapportant 3 % net d'impôts, les Bons d'Épargne sont remboursables au bout de 4 ans.

Ils offrent au public tous les avantages des Bons du Trésor, y compris celui de pouvoir être escomptés à tout instant par une banque.

Dé plus, innovation financière qui explique la faveur du public pour ces nouveaux titres, les souscripteurs des Bons d'Épargne peuvent se faire rembourser sans frais, immédiatement, dans certains cas.

On peut dire qu'à peu près toutes les circonstances importantes de la vie : naissance, mariage, décès, établissement, achat d'un bien rural, etc., permettent ce remboursement anticipé.

Ainsi le porteur du Bon d'Épargne récupérera aisément ses billets de banque... grossis de 3 %.

Il aura concilié son devoir et son intérêt.

**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

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

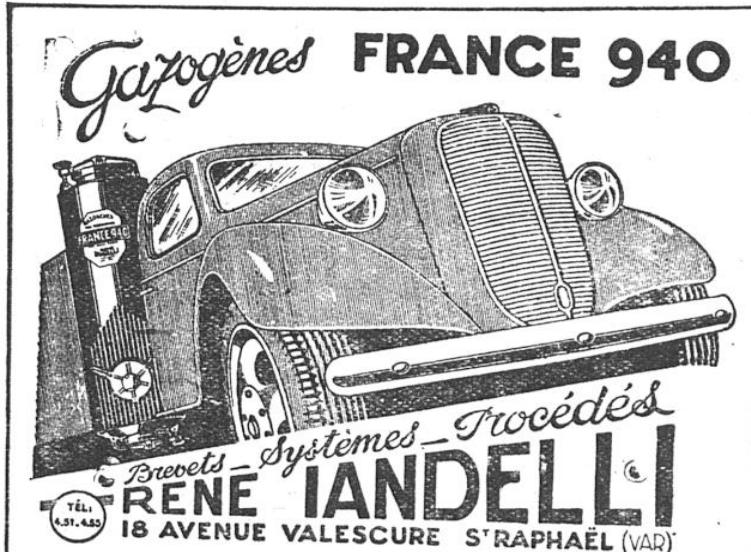
*L'expérience non plus ...*

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

**POUR VOS**

**C A M I O N S ,  
VOITURES de TOURISME,  
TRACTEURS AGRICOLES,  
M O T E U R S F I X E S ,  
MOTEURS MARINS...**

**ADOPTEZ :**



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

Homologué n° 526

Agrement n° 521

## Apprenez à dessiner en 10 mois

par la Nouvelle Méthode MARC SAUREL



## "LE DESSIN FACILE"

★ 30 ans de pratique et de succès continuels ont permis à Marc SAUREL, pionnier de l'enseignement du dessin, par correspondance, de perfectionner sa nouvelle méthode qui, dès son apparition, a obtenu le plus éclatant succès. 2 heures par semaine suffisent pour l'étude des leçons. De magnifiques planches photographiques vous sont fournies avec les cours, évitant la recherche de modèles souvent introuvables. Ainsi vous pouvez étudier le dessin chez vous, le soir, sous la lampe, à vos heures de loisir. C'est quelque chose de neuf, d'inédit. L'enseignement du DESSIN FACILE vous spécialise suivant vos désirs dans les carrières lucratives du dessin ; Illustration, Publicité,

Mode, etc... ★ Retournez-nous le Bon ci-contre avec votre nom et votre adresse, pour recevoir gratuitement nos Notices illustrées.

Si vous savez déjà dessiner apprenez le DESSIN ANIMÉ

★ Suivez le cours technique de Dessin Animé que vient de créer la jeune et moderne Ecole du "Dessin Facile". Par le dessin vous pénétrerez dans le monde magique du cinéma.



### "LE DESSIN FACILE"

à BANDOL (Var)

Siège à PARIS, 11, rue Képpler — 16<sup>e</sup>

**BON POUR 2 NOTICES GRATUITES** SV. 15

## SÉRIES de TIMBRES

provenant

d'ŒUVRES et d'ÉCHANGES

**FORTE REMISE**



ÉCRIRE :

**Ab. DENIS**

LA COQUILLE (Dordogne)

R. C. Seine 3.541

## A nos Lecteurs

Voici les principaux avantages réservés à nos abonnés :

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

Abonnez-vous pour 70 francs par an.

Compte cour. postal : 184.05 Toulouse

# ÉCOLE PRIVÉE D'ENSEIGNEMENT MAR'TIME

ouverte conformément à la loi du 1<sup>er</sup> avril 1942

NICE, 21, Boulevard Franck-Pilatte — Téléphone : 61-14

## ENSEIGNEMENT SUR PLACE

Pont - Machines - T.S.F.

Sections ouvertes en Octobre 1942

### PONT

*Préparation au brevet d'élève-officier au long cours :*

*Niveau de l'examen d'entrée : Baccalauréat première partie. Age minimum : 17 ans. Maximum : 23 ans.*

*Programme d'études : Mathématiques supérieures. Physique. Electricité. Astronomie. Navigation. Français. Morale. Anglais. Technologie navale. Législation.*

### MACHINES

*Préparation au brevet d'officier-mécanicien de deuxième classe (théorie) :*

*Niveau de l'examen d'entrée : Brevet industriel.*

*Programme d'études : Français. Machines. Physique. Mécanique. Electricité. Dessin industriel. Législation. Travail manuel.*

### RADIOTÉLEGRAPHIE

*Préparation au brevet d'opérateur-radio des P.T.T. de deuxième classe :*

*Niveau de l'examen : Brevet élémentaire.*

*Programme des études : Français. Anglais. Electricité. Radiographie. Législation. Lecture au son. Appareils en usage à bord.*

## ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

### PONT

*Préparation au brevet de capitaine de la Marine marchande (théorie) :*

*Niveau de l'examen d'entrée : Brevet élémentaire.*

*Programme d'études : Français. Cosmographie. Navigation. Manœuvre et Législation.*

### MACHINES

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

### RADIOTÉLEGRAPHIE

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

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

# ÉCOLE PRIVÉE D'ENSEIGNEMENT MARITIME DE PARIS

152, Avenue de Wagram, 152

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



**DU GENIE CIVIL INDUSTRIE AIR ET MARINE**

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, Électricité, Électromécanique, Radiotéchnique, Chimie industrielle, Bâtiment, Travaux Publics, Construction 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 (adjoint 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**  
École Navale et Ecole des élèves Ingénieurs-Mécaniciens, Ecoles de Maistrance, Ecole national des élèves-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 Météorologiques, Opérateurs Radioélectriques, Chefs de Poste.

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

**COMMERCE - DROIT**  
Secrétaire, Comptable et Directeur, Capacité en Droit, Études Juridiques.

**LYCÉES** Préparation de la 6<sup>e</sup> aux Baccalauréats compris

**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 appliqués, 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.

**MARINE MARCHANDE**  
En vertu de la loi du 4 avril 1942, les examens d'élèves Officiers, et Lieutenants au long cours, d'Officiers mécaniciens et d'Officiers radio de la Marine marchande sont modifiés. Programme des cours et des examens pour chaque section, sur place ou par correspondance, 12 francs.

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

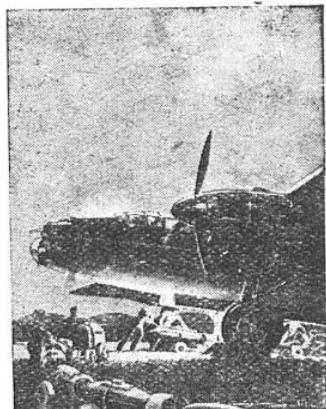
# La Science et la Vie

Tome LXII — N° 301

Septembre 1942

## SOMMAIRE

- |  |     |
|--|-----|
| ★ Une année de guerre aérienne sur le front occidental (1941-1942), par Pierre Belleroche.....         | 99  |
| ★ Que contient le vide interstellaire ? par Charles Fabry. 109   |     |
| ★ Une arme nouvelle de 1942 : la bombe-fusée, par Camille Rougeron .....                               | 117 |
| ★ L'eau d'égout, source de carburant, par Henri Doyen. 125   |     |
| ★ Comment évolue la tactique sous-marine et antisous-marine dans l'Atlantique, par Pierre Dublanc..... | 132 |
| ★ Le char réfrigéré, triomphateur du désert de Libye, par André Fournier.....                          | 139 |
| ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor.....  | 141 |

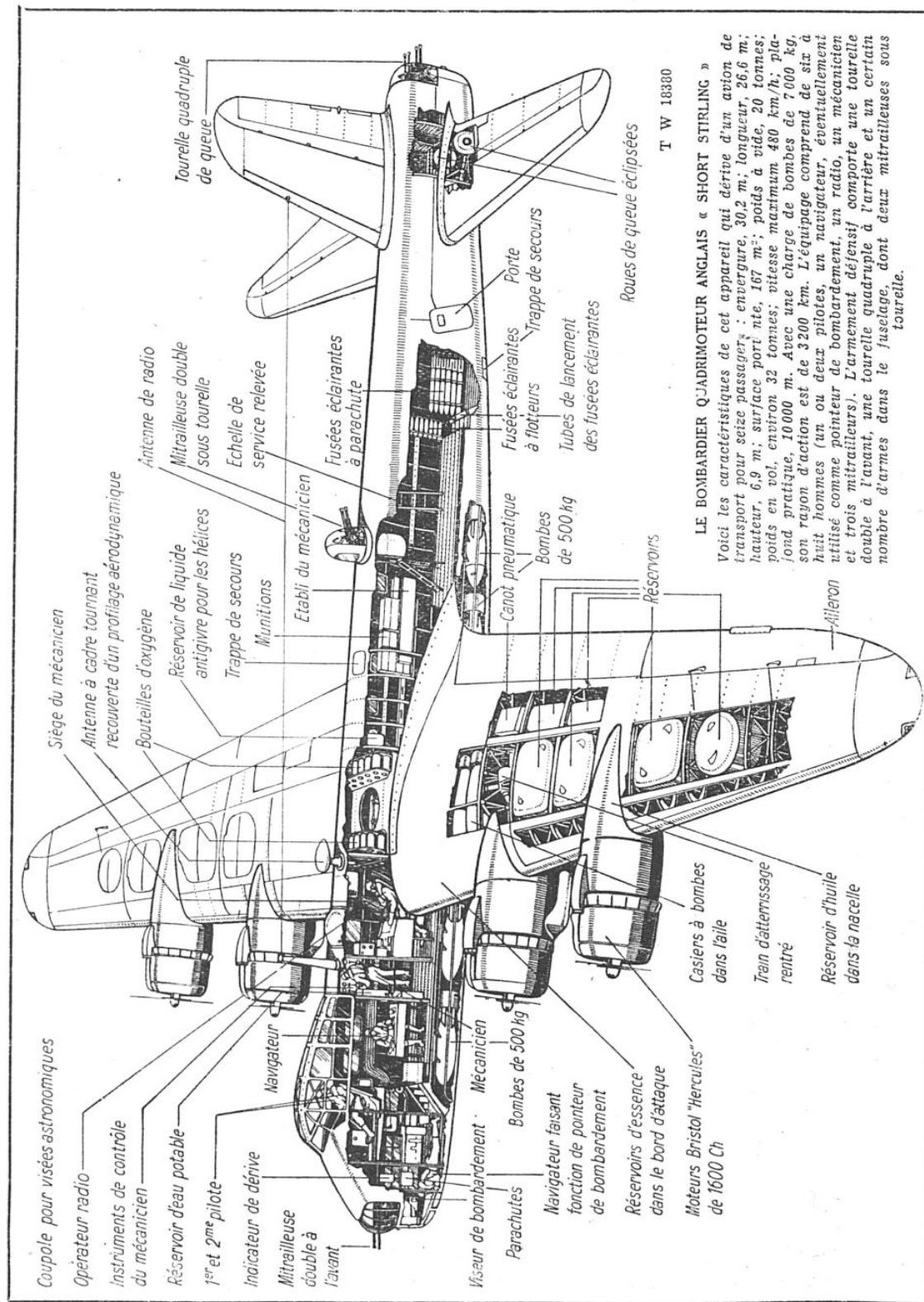


Bataille d'Angleterre, « Coventry-sations » nocturnes, offensive « non stop », et enfin offensive du « second front » aérien, telles furent les principales phases de la lutte aérienne par-dessus la Manche, seule forme qu'aient prise les opérations de la guerre en Europe occidentale depuis 1940. Chacune d'elles a revêtu des aspects techniques différents ; la dernière est marquée en particulier par les progrès des blindages et de l'armement des chasseurs utilisés pour les attaques au sol à faible distance des côtes, et ceux du plafond, du rayon d'action et de la charge utile des appareils de bombardement lointain. La couverture du présent numéro montre le chargement de plusieurs tonnes de projectiles lourds dans les casiers à bombes d'un quadrimoteur à grand rayon d'action désigné pour participer à un raid massif nocturne sur les centres industriels de l'ennemi. (Voir l'article sur l'évolution des méthodes de la guerre aérienne occidentale page 99 de ce numéro.)

T W 20181

« 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 », Septembre mil neuf cent quarante-deux. Registre du Commerce : Toulouse 3235 B. Abonnements : France et Colonies, un an : soixante-dix francs.



## LE BOMBARDIER QUADRIMOTEUR ANGLAIS « SHORT STIRLING »

Voici les caractéristiques de cet appareil qui détient un record de transport pour seize passagers : envergure, 30,2 m; longueur, 26,6 m; hauteur, 6,9 m; surface portante, 167 m<sup>2</sup>; poids à vide, 20 tonnes; poids en vol, environ 32 tonnes; vitesse maximum 480 km/h; plafond pratique, 10 000 m. Avec une charge de bombes de 7 000 kg, son rayon d'action est de 3 200 km. L'équipage comprend de six à huit hommes (un ou deux pilotes, un navigateur, éventuellement utilisé comme pointeur de bombardement, un radio, un mécanicien et trois mitrailleurs). L'armement défensif comporte une tourelle double à l'avant, une tourelle quadripode à l'arrière et un certain nombre d'armes dans le fuselage, dont deux mitrailleuses sous tourelle.

# UNE ANNÉE DE GUERRE AÉRIENNE SUR LE FRONT OCCIDENTAL (1941-1942)

par Pierre BELLEROCHE

Depuis le 22 juin 1941, la campagne de Russie a détourné l'attention du duel aérien qui avait commencé en août 1940 sur les deux rives du Pas de Calais, entre la Luftwaffe et la Royal Air Force. Rappelons que le premier acte de ce duel fut diurne avec la « bataille d'Angleterre » (août à octobre 1940), et le second nocturne avec les « coventryisations » des villes anglaises (novembre 1940 à mai 1941). Dès lors, c'est une période d'accalmie relative qui correspond au transfert du gros des forces aériennes allemandes sur le front oriental. Les raids nocturnes allemands deviendront intermittents et ne porteront que sur les ports à fleur de côte, de Hull à Portsmouth, tandis que les raids nocturnes britanniques deviennent plus massifs et plus profonds par l'entrée en service des quadrimoteurs lourds. En juin 1941, commence ce que l'on a appelé l'offensive « non stop » qui sera menée de jour avec des patrouilles de chasse de la R.A.F. dans le but évident de retenir à l'ouest le maximum de chasse allemande et soulager en conséquence le front aérien russe. C'est le troisième acte qui s'achève avec novembre 1941, et qui aura coûté à la chasse britannique des pertes sévères. Le mois d'avril 1942 accuse une reprise de l'offensive diurne et nocturne de la R.A.F. C'est l'offensive dite du « deuxième front », réclamé par la Russie et qui constituera le quatrième acte de la lutte aérienne. Mais cette fois, les patrouilles de « Spitfire » se heurtent aux Focke-Wulf 190 de performances supérieures, et l'offensive aérienne se développera surtout de nuit, avec le système des « coventryisations » appliqué à Lübeck et Rostock en avril 1942, à Cologne et Essen en mai et à Brême en juin. De jour comme de nuit, les pertes de l'aviation britannique de l'été 1941 à l'été 1942 ont probablement approché le maximum de ce qui est admissible dans une guerre aérienne qui se prolonge. Et celle-ci dure depuis déjà deux années sur le front occidental, de part et d'autre du Pas de Calais.

## Les « Luftflotten » allemandes et le commandement « géographique » de la R.A.F.

LES forces aériennes allemandes, concentrées au cœur de l'Europe, bénéficient des lignes intérieures pour porter leur action tantôt sur un secteur, tantôt sur l'autre. Leur organisation tactique en « flottes aériennes » (Luftflotten) correspond bien à l'idée d'offensive stratégique sur terre ou sur mer. En 1940, chaque « Luftflotte » comptait 1 750 avions « de ligne », à savoir :

- 1 000 bombardiers;
- 650 chasseurs;
- 100 avions de reconnaissance ou de liaison.

La primauté est donnée au bombardement (vol horizontal et piqué), et l'escorte par la chasse est quasi automatique dans le rapport 6 chasseurs pour 10 bombardiers. En 1940, trois « flottes aériennes » ont opéré sur le front occidental : la flotte n° 5 (colonel-général Stumpff), des aérodromes de Danemark et de Norvège; la flotte n° 2 (maréchal Kesselring), des aérodromes de Hollande et des Flandres; la flotte n° 3 (maréchal Sperrle), de ceux de Normandie et de Bretagne. Pour la campagne de Russie, la flotte

n° 2 (maréchal Kesselring) passa à l'Est et participa aux batailles de Bialystock et de Smolensk (1), tandis que celle du général Stumpff se trouvait vers Mourmansk. La flotte n° 3 (maréchal Sperrle) demeurait sur le front occidental. En dehors des Luftflotten, le commandement allemand a prévu une dizaine de corps aériens spécialisés, tels le corps aérien du général Richthoffen, spécialisé dans la chasse de jour, le corps aérien du général Kammhuber et celui du général Döring, spécialisés tous deux dans la chasse de nuit, et celui du général Coeler qui renforce la Luftflotte n° 3 pour les attaques de navires et le mouillage des mines autour des îles Britanniques.

L'organisation du commandement des forces aériennes britanniques repose sur une toute autre conception. En raison de la dispersion des théâtres de guerre de l'Empire Britannique, la répartition du commandement aérien est avant tout « géographique ». Ainsi en Europe, à partir de la plate-forme des îles Britanniques, le commandement aérien est lui-même échelonné géographiquement suivant le rayon d'action et l'emploi des appareils utilisés : commandement

(1) A la fin de 1941, la flotte n° 2 du maréchal Kesselring passa en Sicile et en Libye (pilonnage de Malte et concours au général Rommel).

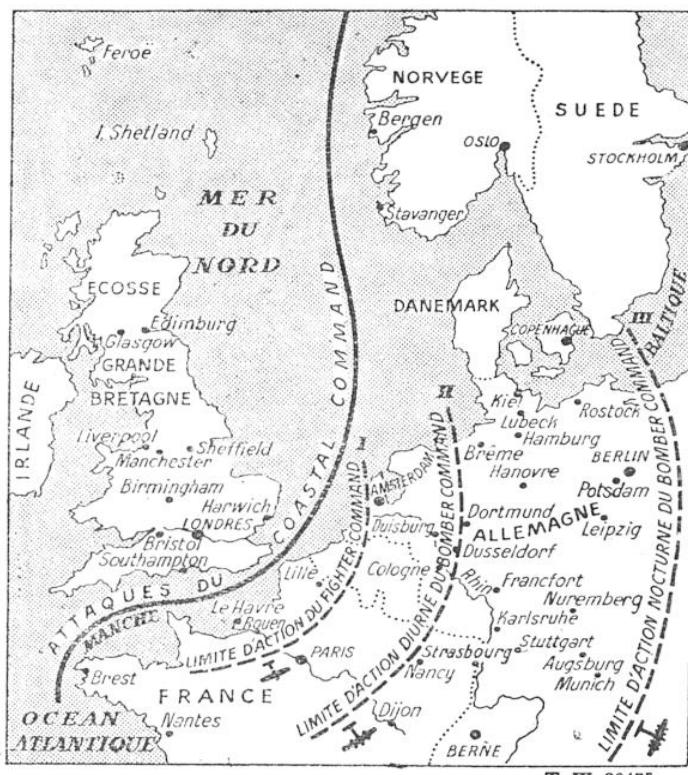


FIG. 1. — LES ZONES D'ACTION DES AVIONS ANGLAIS

Le Commandement côtier (Coastal Command) effectue les opérations de reconnaissance et d'attaque dans la zone maritime jusqu'au littoral européen occupé. Le Commandement de la chasse (Fighter Command) lance des patrouilles offensives diurnes dans la limite du rayon d'action de ses appareils. Le Commandement des bombardiers (Bomber Command) assure les raids nocturnes dans la zone territoriale au delà, inaccessible à la chasse d'escorte, ses raids diurnes étant limités par le rayon d'action des chasseurs et, à la rigueur, des destroyers du type Bristol « Beaufighter ».

de la chasse, commandement côtier et commandement de bombardement.

C'est au commandement de la chasse (Fighter Command) qu'incombe en 1940, avec le maréchal Dowding, la défense aérienne des îles. A partir de 1941, avec le maréchal Douglas, furent inaugurées des patrouilles offensives diurnes sur les territoires occupés, jusqu'à la limite du rayon d'action pratique des Vickers-Supermarine « Spitfire », à peine 300 à 350 km, 400 km avec les Hawker « Hurricane », et tout au plus 550 km avec les destroyers Bristol « Beaufighter ».

Le Commandement côtier (Coastal Command) surveille la mer du Nord, la Manche et l'Atlantique. Sous les ordres du maréchal Joubert de la Ferté, sa principale activité s'est, à partir de 1941, tournée vers le littoral européen occupé, de Narvik à Bayonne. Des bimoteurs de torpillage Bristol « Beaufort » ont renforcé les Lockheed « Hudson » de 1939 pour l'attaque de la navigation côtière allemande qui circule le long du littoral norvégien, hollandais, belge et français.

Le « Bomber Command » (bombardement) a la charge de toutes les opérations en profondeur sur le territoire européen, opérations menées de nuit en raison de l'efficacité de la défense aérienne allemande sur le front nord-

ouest. De 1940 à 1941, les distances des raids nocturnes sont passées en moyenne de 500 à 1 000 km, et les chargements de bombes de 1 à 7 tonnes avec la mise en service des quadrimoteurs lourds type Short « Stirling » et Handley-Page « Halifax ».

### Prédominance croissante du rôle du « Fighter Command » dans les opérations diurnes

Depuis les pertes subies à la bataille aérienne de la baie d'Helsingør le 18 décembre 1939, les Vickers-Armstrong « Wellington » ne se sont plus risqués de jour, et les Bristol « Blenheim » les avaient remplacés dans les opérations diurnes. A leur tour, ceux-ci avaient payé cher l'action isolée : c'est ainsi que le 13 août 1940, lors d'une attaque de l'aérodrome d'Aalborg, au Danemark, onze « Blenheim » sur douze avaient été abattus. En 1941, les Bristol « Blenheim » ou leurs successeurs, les Douglas « Boston » et « Havoc » ne se risqueront plus qu'accompagnés par de la chasse, c'est-à-dire à des distances qui ne dépasseront guère les 300 km, correspondant à la limite d'action pratique d'un « Spitfire ». Autant dire que toute action de jour est devenue une opération exécutée par le « Fighter Command ».

Contre les attaques côtières du « Coastal Command », les Allemands ont répondu en organisant leur navigation littorale en convois escortés par de nombreux petits bâtiments dérivés de la vedette rapide et armés d'une bonne D.C.A. du type « pom-pom » où dominent les canons de 20 mm Oerlikon. Le Commandement côtier a dû faire appel, pour neutraliser cette D.C.A., à de la chasse-canon : le Hawker « Hurricane II C », monoplace quadricanon, ou le Bristol « Beaufighter », destroyer quadricanon, selon les zones d'opérations : rapprochées comme les Bancs des Flandres ou éloignées comme la côte de Norvège. Un exemple typique de l'emploi des « Beaufighter » en escorte des « Beaufort » et des « Blenheim » a été fourni le 17 mai 1942, par l'attaque du croiseur *Prinz Eugen* entre Trondhjem et le Skagerak.

A cette D.C.A. des navires escorteurs s'est ajoutée une forte escorte aérienne par de la chasse : Messerschmitt 109 et Messerschmitt 110. Le plus remarquable exemple d'une telle escorte est le passage du groupe *Scharnhorst*, *Gneisenau* et *Prinz Eugen* dans le Pas de Calais, le 12 février 1942, grâce aux formations du général Coeler fournies par la Luftflotte n° 3 du maréchal Sperrle (1). L'attaque britannique aurait, d'après Berlin, coûté aux Britanniques 63 avions.

Ainsi, en raison de la densité accrue de la

(1) Voir : « La bataille du Pas de Calais », dans *La Science et la Vie*, avril 1942.

chasse allemande sur le front occidental, de 1941 à 1942, le Commandement côtier, aussi bien que celui du bombardement, ont dû faire de plus en plus appel au commandement de la chasse pour toutes leurs opérations diurnes. Au total, pratiquement, c'est le « Fighter Command » qui est devenu responsable de toute l'action aérienne de jour qui s'étend, en 1941-1942, dans un arc de cercle de 300 km de rayon à partir de la côte anglaise du Kent.

Si l'on appelle « front aérien » la ligne approximative où les combats aériens entre chas-

réponse au déclenchement de la campagne de Russie, une formation de chasseurs pousse jusqu'à Lille. Au cours des combats aériens, 27 chasseurs allemands sont abattus aux dires de Londres, 26 chasseurs anglais d'après Berlin. Ce que l'on appellera l'offensive « non stop » est commencée dans l'espoir de soulager le front russe...

Les objectifs des « Blenheim » anglais ne dépassent guère Lille. Ce sont les centrales électriques de Menin et de Commines, près de Lille, les gares voisines d'Hazebrouck, les usines

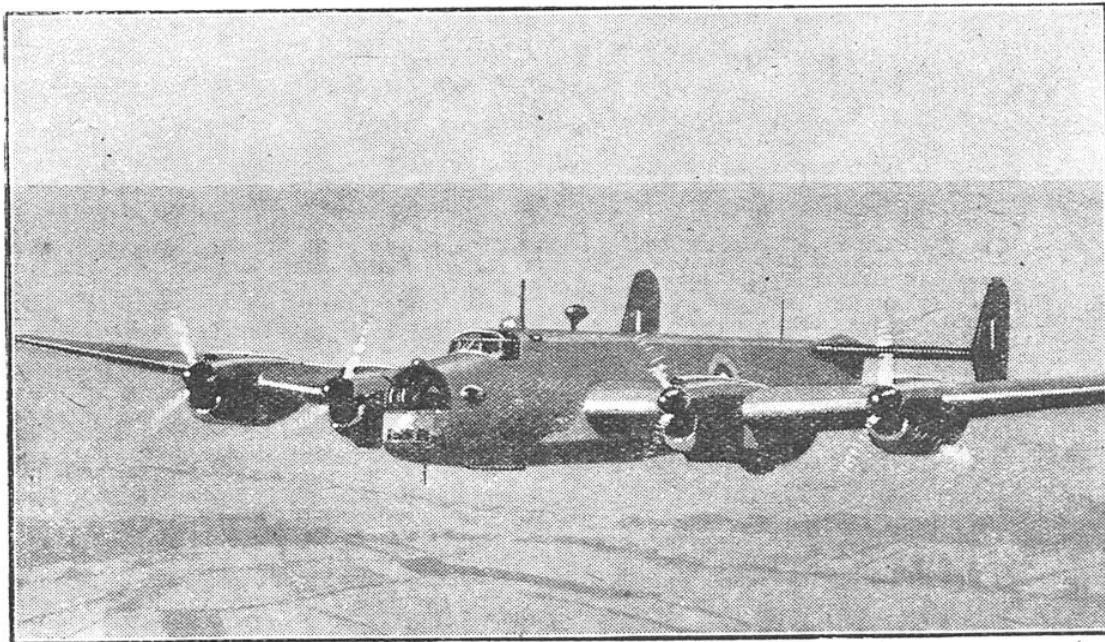


FIG. 2. — LE QUADRIMOTEUR DE BOMBARDEMENT HANDLEY-PAGE « HALIFAX »

Cet appareil est équipé de moteurs Rolls-Royce « Merlin » XX donnant 1 175 ch à l'altitude de 6 250 m. Sa capacité en bombes, qui peut atteindre 5,9 tonnes au maximum, est pratiquement de 4 tonnes pour une distance de vol de 2 400 km, c'est-à-dire pour atteindre des objectifs situés entre 1 000 et 1 200 km. La vitesse maximum sans bombes est de 480 km/h et la vitesse de croisière avec bombes de 320 km/h. La tourelle avant et la tourelle sur le dos du fuselage ont chacune deux mitrailleuses Browning de 7,7 mm; à l'arrière se trouve une tourelle armée de quatre mitrailleuses.

seurs atteignent leur intensité maximum, on constate que, au cours de l'été 1940, cette ligne oscillait dans le triangle Southampton-Douvres-Harwich, et passait tout près de Londres, tandis qu'en 1941, elle tend à se tenir dans le triangle Cherbourg-Terschelling-Lille (fig. 3).

### L'offensive « non stop » de 1941

C'est le 10 janvier 1941 que, pour la première fois, les communiqués parlent d'une patrouille offensive de chasseurs britanniques en Manche, en plein jour, avec l'indication de sept « Spitfire » et « Hurricane » abattus en combat aérien. Mais c'est à partir du 16 juin 1941 que les patrouilles offensives de chasse vont devenir particulièrement actives. Le 17 juin 1941, un raid sur Béthune, par quelques Bristol « Blenheim », escortés en force par des « Spitfire », se traduit par un violent combat aérien : 10 chasseurs sont manquants, avoue Londres; 37 avions sont abattus, dit Berlin. Le 22 juin 1941, en

métallurgiques de Béthune, les raffineries d'essence synthétique de Lens. La proportion des chasseurs d'escorte est sans cesse croissante : de 6 « Spitfire » pour 1 « Blenheim » le 19 juin 1941, elle atteindra 16 « Spitfire » pour 1 « Blenheim » le 18 septembre, trois mois plus tard.

Les pertes sont lourdes dès le début. Pour les quatre journées du 15 au 18 juin 1941, Berlin déclare avoir abattu 96 chasseurs britanniques pour seulement 12 chasseurs allemands perdus. Les combats de 1941, « chasseurs contre chasseurs » dans le ciel des Flandres, atteindront leur paroxysme en juillet. Pour la seule journée du 23 juillet 1941, Berlin revendique 6 « Blenheim » et 40 « Spitfire » abattus.

Le même jour, parallèlement aux combats aériens du Pas de Calais, le « Bomber Command » lançait une grande attaque diurne sur les croiseurs de bataille allemands, sur le *Scharnhorst* à La Pallice (avec des quadrimoteurs Handley-Page « Halifax » et Short « Stirling »)

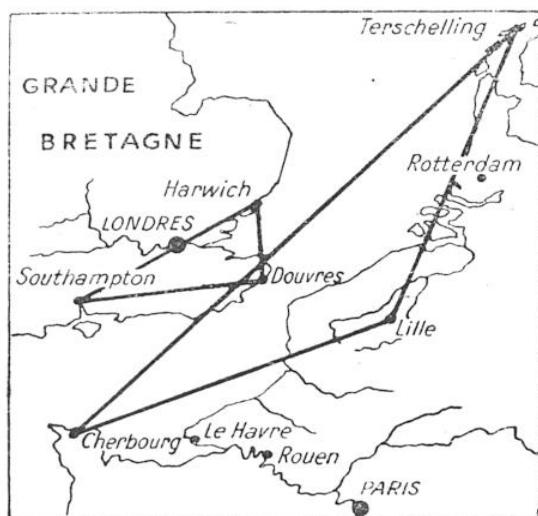


FIG. 3. — LE DÉPLACEMENT DE LA BATAILLE AÉRIENNE ANGLO-ALLEMANDE DE 1940 A 1941

En 1940, lors de l'offensive aérienne allemande contre les îles Britanniques que l'on appelle bataille d'Angleterre, les combats atteignent leur intensité maximum au-dessus du triangle Southampton-Douvres-Harwich. Un an plus tard, c'est, à partir du 22 juin, l'offensive anglaise « non stop » contre les régions occupées et contre l'Allemagne. Les combats diurnes ont lieu au-dessus de la Manche, du Nord de la France, de la Belgique et de la Hollande, sensiblement dans un triangle de sommets Cherbourg-Lille-Terschelling.

et sur le *Gneisenau* à Brest, le lendemain 24 juillet 1941 avec des Boeing « Fortress » escortés par des Bristol « Beaufighter ».

#### L'essai diurne des « forteresses volantes » substratosphériques du 24 juillet 1941

Cet épisode est intéressant parce qu'il fait intervenir pour la première fois des quadrimoteurs à grande altitude, en plein jour. Il s'agit de Boeing B. 17 D à moteurs Wright rétablissant à 7 000 mètres et équipés du viseur Sperry pour haute altitude. Ces quadrimoteurs « substratosphériques » arrivent en plein jour entre 8 000 et 10 000 mètres, tandis que dans la soirée des vagues de Vickers Armstrong « Wellington » et de Handley-Page « Hampden » essaient de parachever l'attaque. Néanmoins, l'opération coûta cher. Si l'on en croit le communiqué allemand, les Messerschmitt 109 abattirent dans le ciel de Brest 17 bombardiers et 7 chasseurs. Il est vrai que Londres affirme avoir abattu, ce jour-là, au cours des mêmes combats, 24 chasseurs allemands. Contre les « forteresses volantes », la Luftwaffe réalisa les nouveaux Messerschmitt 109 type F, à moteur-canon Mauser de 15 mm réchauffé, et de vitesse ascensionnelle accrue par rapport aux Me 109 précédents.

Cinq jours après l'attaque de Brest, les « forteresses volantes » furent plus malchanceuses. Un groupe de douze, volant en formation, sans escorte, fut surpris en Manche par des Messerschmitt 110 et perdit 9 unités.

#### Le « Blenheim » en vol rasant sur Cologne (12 août 1941)

En juillet 1941, les raids de jours de la R.A.F. essaient une nouvelle tactique : celle du vol rasant par « Blenheim » isolés. Cette tactique est inaugurée par le raid du 4 juillet sur Brême, renouvelée le 16 juillet sur Rotterdam. Le 12 août 1941, elle atteint son maximum avec six escadrilles de « Blenheim », soit 70 bombardiers escortés par 200 à 300 chasseurs.

Les « Spitfire » ne dépassent pas l'embouchure de l'Escaut et celle du Rhin. Les « Blenheim », volant en rase-mottes, parviennent seuls jusqu'aux centrales électriques voisines de Cologne, à Qadrath et à Knapsack. Une heure avant, deux autres pelotons de « Blenheim », escortés de « Spitfire », ont effectué une attaque de diversion sur la gare de Saint-Omer et sur la centrale électrique de Grosnay, dans le Pas-de-Calais. Une « forteresse volante » fait une autre diversion, sur la base du Texel, en Hollande, puis sur Emden, et poursuit jusqu'à Cologne en volant à haute altitude. Pour cette journée du 12 août 1941, Londres avoue la perte de 12 « Blenheim » et de 8 chasseurs, soit 20 avions, tandis que Berlin affirme avoir abattu 42 appareils anglais.

Autre exemple : le 20 août 1941, au cours d'un raid sur Hazebrouk, les combats aériens entre Messerschmitt et « Spitfire » se soldent par 12 chasseurs abattus de part et d'autre. Les 18 et 20 septembre, nouvelle pointe d'activité diurne. Plusieurs centaines de chasseurs escortent des « Blenheim » ; Berlin revendique 39 avions abattus dans les Flandres. Le 22 septembre 1941, des communiqués contradictoires revendent, de Berlin, 65 avions anglais abattus pour 3 allemands ; de Londres, 24 avions allemands descendus pour 13 avions anglais manquants. À partir d'octobre 1941, les pertes paraissent augmenter du côté anglais, probablement par suite d'un renforcement de la chasse allemande et de la mise en service des Messerschmitt armés de canons Mauser de 15 mm à très grande cadence de tir (900 coups/minute).

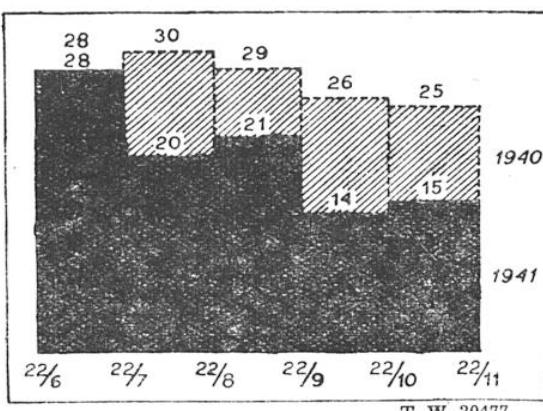


FIG. 4. — L'OFFENSIVE « NON STOP » DES ANGLAIS PENDANT LES CINQ PREMIERS MOIS DE LA GUERRE GERMANO-RUSSE

Du 22 juin au 22 novembre 1940, la Royal Air Force avait effectué 138 expéditions de bombardement ; pendant l'offensive « non stop » des mêmes mois de 1941, ce nombre a été seulement de 98, soit une diminution de 29 % ; mais les attaques sont devenues plus massives.

Le 15 octobre 1941, Berlin annonce 68 avions anglais abattus dans la seule journée.

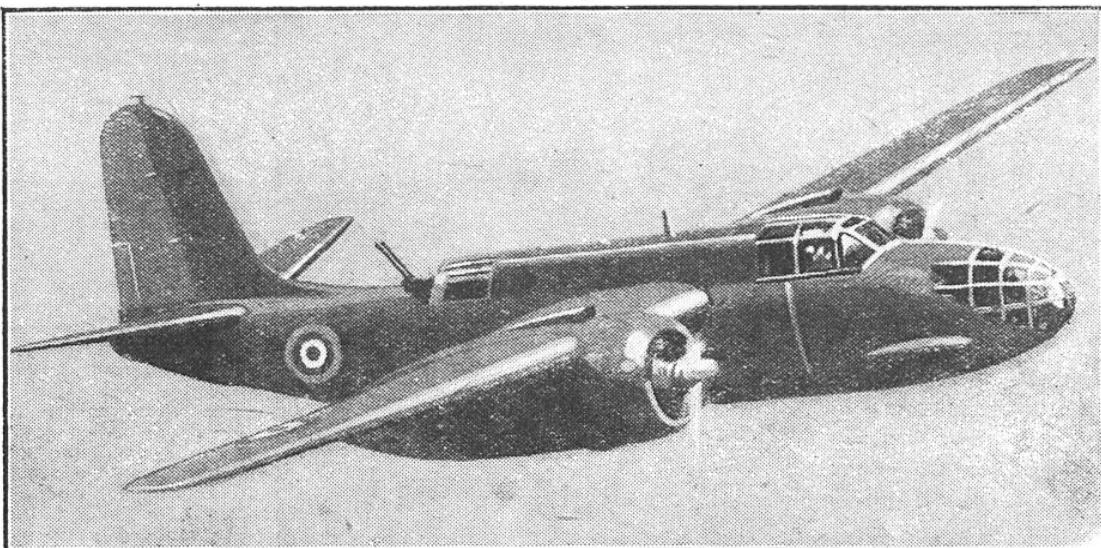
### Des « Blenheim » aux « Havoc » (1941) et aux « Boston » (1942)

Dès l'été 1941, à plusieurs reprises, les « destroyers » nocturnes Douglas « Havoc » étaient intervenus sur les aérodromes des territoires occupés, de Hollande et en Bretagne. Ce fut le cas notamment dans la nuit du 11 au 12 août 1941, celle précédant le raid de jour

### L'appoint des « Hurribomber » et des « Hurricane » quadricanon (automne 1941)

L'automne 1941 amène en outre un autre changement dans le matériel : la disparition du « Hurricane » comme avion de chasse pur sur le front occidental (ce rôle passe exclusivement au « Spitfire » sous sa version 1941, dite Mark V) et l'utilisation du « Hurricane » comme chasseur-bombardier ou avion d'attaque au sol.

C'est le 8 novembre 1941, qu'un communiqué



T W 20471

FIG. 5. — LE BIMOTEUR LÉGER DE BOMBARDEMENT DE JOUR DOUGLAS « BOSTON » III

Cet appareil a remplacé en 1942 le Bristol « Blenheim » IV de 1941 dans les raids de jour escortés. Cette version du Douglas DB.7 a reçu un fort excédent de puissance avec deux moteurs Wright « Cyclone » de 1 600 ch. Sa vitesse maximum est de 520 km/h, soit 50 km/h de plus que le « Blenheim ». Son chargement de bombes peut atteindre 1 400 kg pour un poids total de 7 tonnes. Quatre mitrailleuses fixes de 7,6 mm sont prévues dans le nez du fuselage pour les attaques en vol rasant. Avec son chargement de bombes et 1 460 litres de carburant, le Douglas « Boston » III dispose de 2 heures et demie de vol à la vitesse de 385 km/h, ce qui lui permet des raids en profondeur de 450 km environ. La défense arrière du « Boston » III est faible, et ces avions doivent toujours être escortés par de la chasse. Une autre version du Douglas DB.7, le « Havoc » III, équipé des mêmes moteurs Wright « Cyclone » de 1 600 ch et avec un avant opaque au lieu d'un avant vitré, est utilisée pour l'attaque nocturne ou crépusculaire des aérodromes sur les territoires occupés.

sur Cologne, et dans la nuit du 7 septembre au 8 septembre qui correspond à un grand raid de nuit sur Berlin.

Rappelons que des attaques nocturnes d'aérodromes avaient été signalées pour la première fois par le communiqué du 15 mars 1941. Des « Havoc », suivant à la trace des bombardiers allemands revenant d'attaquer Coventry les avaient mitraillés et bombardés au moment où ils allaient se poser sur leurs aérodromes dont les feux de piste venaient de s'allumer. Cette tactique fut encore employée en 1942 avec une version améliorée, le « Havoc » Mark III, bimoteur Wright « Cyclone ».

Mais le grand changement de 1942 pour le bombardement de jour a été le remplacement des « Blenheim », Mark IV, de 1941, par des Douglas « Boston », Mark III, équipés eux aussi de Wright « Cyclone » de 1 600 ch. La charge de bombes était doublée et la vitesse maximum passait de 470 à 520 km à l'heure.

signale pour la première fois l'intervention des bombardiers-chasseurs « Hurribomber ». Ce sont des « Hurricane », Mark II B, à 12 mitrailleuses, et qui emportent deux bombes de 125 kg sous les ailes, ce qui réduit leur vitesse de 25 à 30 km à l'heure. Les « Hurribomber » interviendront surtout au printemps 1942 contre les ports à fleur de côte, comme Cherbourg, et même jusqu'au large de Ouessant (communiqué du 4 juin 1942), mais, dans le Pas de Calais, leur action sera très limitée en profondeur, à moins d'un soutien substantiel en « Spitfire ».

A partir d'octobre 1941, entrent en service les « Hurricane II C » à quatre canons de 20 mm dans les ailes. Ces chasseurs-canonnières ne sont pas destinés au combat aérien, mais à l'attaque au sol ou à celles des navires, notamment des redoutables petits escorteurs de D.C.A. allemands armés de pom-poms de 20 mm. La vitesse du « Hurricane II C », qu'alourdit son fort



FIG. 6. — UNE PATROUILLE DE HAWKER « HURRICANE » II C ARMÉS DE QUATRE CANONS DE 20 MM

armement en canons, ne dépasse pas, en effet, 535 km/h. Sur la côte hollandaise ou belge, ce sera, à partir du printemps 1942, une sorte de duel au canon de 20 mm, entre avions et navires.

L'emploi du « Hurricane » de 1941-1942 en chasseur-bombardier et en chasseur-canonnière a reporté sur les seuls « Spitfire » tout le poids des combats aériens offensifs. Dans sa version V, à moteur Rolls-Royce XX de 1 350 ch, le « Spitfire » de 1942 se contente de deux canons de 20 mm dans les ailes, mais il maintient sa vitesse à 585-590 km/h — ce qui est d'ailleurs devenu insuffisant vis-à-vis de ses adversaires.

La vitesse du Messerschmitt 109 F est de 598 km/h. Quant aux fameux avions de chasse Hawker « Tornado » annoncés en 1941, ils n'étaient pas encore sortis en juillet 1942, retardés sans doute par les difficultés de fabrication du moteur Rolls-Royce « Vulture » de 1 780 ch. Ce furent les « Spitfire », datant de 1939, mais rajeunis par le moteur Merlin XX de 1 350 ch,

600 à 605 km/h, dépassé de près de 40 km/h celle du « Whirlwind » et de 20 km/h celle des plus récents « Spitfire ».

L'infériorité en performances de la chasse britannique du printemps 1942 se traduisit aussitôt par des pertes sensibles. Le 5 avril 1942, la première intervention des Focke-Wulf 190 avait, selon Berlin, abattu 12 « Spitfire » sur une formation de 50 chasseurs britanniques. Le 12 avril 1942, 13 « Spitfire » sont à nouveau abattus dans le ciel du Pas de Calais. Une nouvelle tactique, celle de l'« Himmelsleiter », a été mise en œuvre par la chasse allemande (fig. 10). Dès lors, on constate un ralentissement assez sensible de l'activité diurne du « Fighter Command », en attendant sans doute la mise en service des Hawker « Tornado ». Le même mois d'avril 1942, s'il voit baisser l'activité des patrouilles de « Spitfire », accuse, au contraire, une recrudescence des bombardements nocturnes sur l'Allemagne qui iront en s'intensifiant pour atteindre leur apogée dans le grand raid de nuit du 31 mai 1942 sur Cologne.

qui durent en 1941, comme pendant le premier semestre 1942, assurer la pénétration dans le ciel des Flandres au profit des « Boston » et des « Hurribomber ».

### 5 avril 1942 : l'entrée en scène des Focke-Wulf 190

Le 25 mars 1942, le Fighter Command fit l'essai de nouveaux « destroyers » légers, les Westland « Whirlwind » de 570 km/h, tirés par deux moteurs « Peregrine » de 850 ch et armés de quatre canons de 20 mm. Mais ces appareils ne donnèrent pas satisfaction, car les communiqués ne les mentionnèrent plus par la suite. Quelques jours après, le jour de Pâques, 5 avril 1942, apparaissent, du côté allemand, les Focke-Wulf F. W. 190, chasseurs d'interception dessinés autour du nouveau moteur BMW 801, quatorze cylindres en double étoile qui développe 1 600 ch. Ce monomoteur de 3 tonnes est aussi puissant que le bimoteur de 4,5 tonnes « Whirlwind », et sa vitesse, de l'ordre de

### L'offensive nocturne des quadrimoteurs lourds

Il faut rappeler que les premiers raids nocturnes sur l'Allemagne remontent à juin 1940 avec des bimoteurs Handley-Page « Hampden », Vickers-Armstrong « Wellington » et Armstrong-Whitworth « Whitley ». Au début de 1941, sont entrés en scène les premiers quadrimoteurs du « Bomber Command », des Short « Stirling » de 30 tonnes, dans le raid de la nuit du 10 février 1941 sur Hanovre. En juillet 1941, ont suivi les Boeing « Fortress » essayés de jour, en raison de leur plafond élevé. En septembre 1941, les Handley - Page « Halifax » et, en octobre 1941, les bimoteurs lourds Avro « Manchester » les plus rapides du lot, et qui furent les premiers avions équipés du 24 cylindres Rolls - Royce « Vulture » de 1780 ch. Les défauts de mise au point de ce moteur ont fait passer les Avro du « Manchester » au « Lancaster », quadrimoteur, dont la première intervention eut lieu sur Augsbourg dans la nuit du 17 au 18 avril 1942. Tous ces quadrimoteurs, d'un poids maximum de 25 à 30 tonnes, ont une vitesse de croisière en charge de l'ordre de 320 km/h et une vitesse maximum qui oscille entre 475 et 500 km/h, après délestage de leurs bombes, dont le chargement peut atteindre 8 tonnes sur un « Stirling ».

Avec les quadrimoteurs de 1941, les raids sont devenus plus concentrés qu'en 1940. En 1940, des petits groupes rayonnaient sur des objectifs dispersés. En 1941, le nombre d'incursions diminue, mais les expéditions sont plus « massives ». Le nombre d'avions mis en ligne chaque nuit était de l'ordre de la dizaine en 1940. En février 1941, Londres annonce triomphalement qu'il a doublé le cap de la centaine, à l'occasion d'un raid sur Mannheim.

Pendant tout l'été 1941, des chiffres de l'ordre de 200 à 300 avions sont indiqués. Le 31 mai et le 1<sup>er</sup> juin 1942, pour attaquer Cologne et Essen, Londres affirme avoir doublé le cap du millier d'avions. Encore faut-il reconnaître que, pour Cologne, on avait ajouté aux quadrimoteurs des bimoteurs de type ancien pour faire masse, des « Wellington », des « Whitley » et même des « Hampden » (1).

Mais, depuis l'été 1941, ces raids nocturnes se heurent en Allemagne du Nord-Ouest à une puissante D.C.A. et à une chasse nocturne bien organisée en profondeur. Le raid diurne du 12 août 1941 sur Cologne, en particulier, fut suivi d'un raid nocturne sur Essen, Hambourg, Magdebourg et Berlin qui coûta, de l'aveu même de Londres, treize bombardiers dont plusieurs quadrimoteurs. La nuit du 8 au 9 septembre 1941, un raid nocturne sur Berlin coûta 20 bombardiers. Un communiqué de Berlin a estimé que cette perte représentait 18 % des effectifs ayant survolé la Manche cette nuit-là.

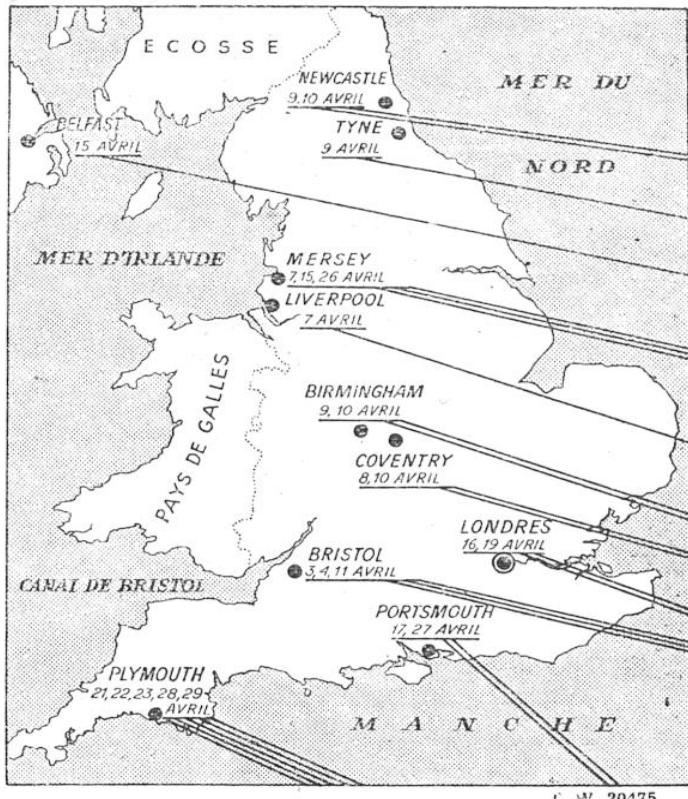


FIG. 7. — AVRIL 1941 : LE MOIS DES « COVENTRYSATIONS » DES VILLES ANGLAISES

Au cours des trente nuits du mois d'avril 1941, eurent lieu sur l'Angleterre vingt-trois attaques allemandes du type « Coventry », dont chacune était exécutée par 400 à 500 bombardiers. Pour mettre en défaut la D.C.A. et la chasse, chaque attaque était échelonnée dans le temps et exécutée par des groupes de quelques bombardiers venant de points différents de l'horizon à des altitudes différentes. Les objectifs étaient les centres industriels (Londres, Birmingham, Coventry), les chantiers navals (Tyne et Mersey) et les ports (Belfast, Newcastle, Liverpool, Bristol, Portsmouth et Plymouth). Chaque flèche représente une attaque.

Berlin par des « Halifax », des « Stirling » et des « Wellington » sur Cologne et Mannheim s'est soldé par un total de 35 avions manquants d'après Londres et 42 d'après Berlin. L'offensive aérienne coûte aussi cher de nuit que de jour. Il faut reconnaître que les experts britanniques ont imputé le désastre du 7 novembre 1941 au givrage, c'est-à-

(1) Les « Hampden » avaient été réservés à partir de l'été 1940 aux mouillages de mines magnétiques en Baltique, et retirés des raids de bombardement en 1941. Leur construction est arrêtée depuis le début de 1942.

### Le désastre du 7 novembre 1941 Le Ju. 88 et le Me. 110 destroyers nocturnes

Dans la nuit du 7 au 8 novembre 1941, un raid nocturne mené par mauvais temps sur des « Stirling », des « Halifax » et des « Wellington » sur Cologne et Mannheim s'est soldé par un total de 35 avions manquants d'après Londres et 42 d'après Berlin. L'offensive aérienne coûte aussi cher de nuit que de jour. Il faut reconnaître que les experts britanniques ont imputé le désastre du 7 novembre 1941 au givrage, c'est-à-

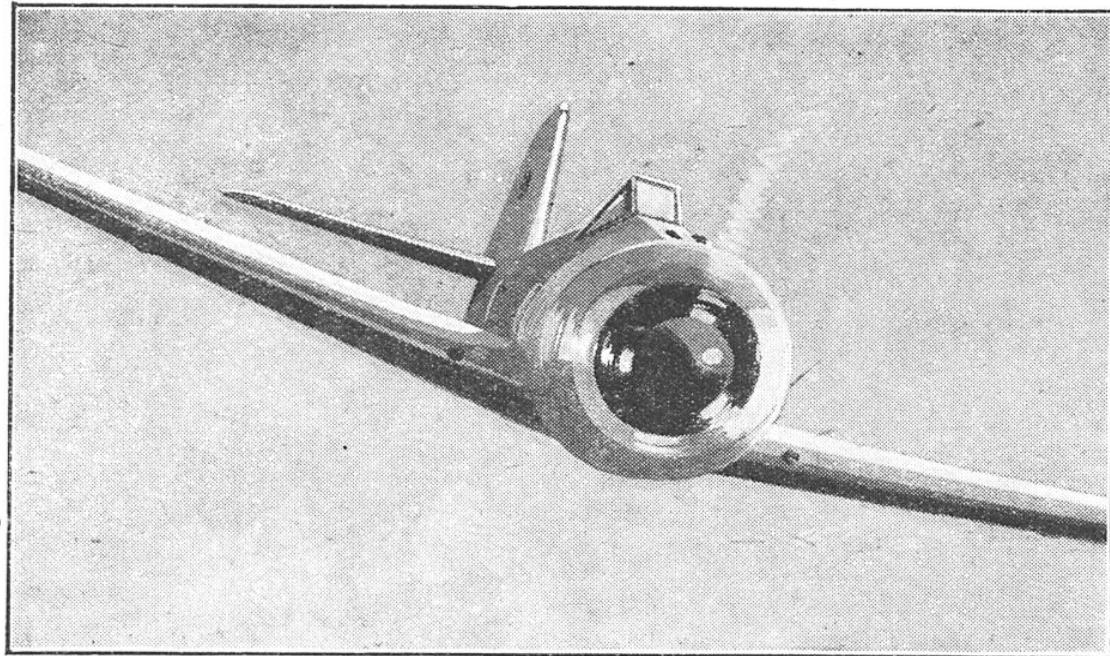
dire à l'absence (ou à l'insuffisance) de dégivreurs. De fait, les raids nocturnes furent interrompus ou considérablement ralents au cours des nuits froides et humides de l'hiver 1941-1942.

Les raids nocturnes ne seront repris en force qu'à partir d'avril 1942, ce qui amènera, à la fin de ce même mois une guerre de représailles contre les villes anglaises : Bath, Exeter, York, Norwich, en réponse aux « Coventrybations » de Lübeck et de Rostock (du 23 au 27 avril 1942). Mais, en vingt-cinq jours, du 4 au 29 avril 1942,

tock (23-24 et 26 avril 1942) auraient coûté, d'après Berlin, 130 avions en trois jours, sur une moyenne de 700 avions mis en ligne chacune de ces nuits.

#### Innovations tactiques : raids nocturnes à la chaîne et barrages de D.C.A. en spirale

La stratégie des raids nocturnes massifs mettant en ligne pendant la même nuit plus d'un millier d'avions sur le même objectif



T W 20472

FIG. 8. — LE NOUVEAU CHASSEUR DE JOUR DE LA LUFTWAFFE, LE FOCKE-WULF FW 190

Cet avion est équipé du nouveau moteur allemand à refroidissement par air B.M.W. 801, de 14 cylindres en double étoile de 1 600 ch. La finesse aérodynamique du groupe motopropulseur a été particulièrement étudiée. L'allongement de l'arbre de l'hélice donne au capot une forme ovoïde qui assure une meilleure pénétration dans l'air que la face aplatie habituelle des capots de moteurs en étoile. Grâce à l'allongement de l'arbre porte-hélice, on a pu également loger à l'intérieur du capotage les radiateurs d'huile et les prises d'air des compresseurs, ce qui donne au FW 190 une forme aérodynamique complètement dégagée, sans aucun appendice rapporté. Noter également le dessin affiné de l'habitacle du pilote. La vitesse du FW 190 dépasserait de peu les 600 km/h. Sa vitesse ascensionnelle serait très élevée et sa maniabilité supérieure à celle du Messerschmitt 109. Son armement comprendrait, outre deux mitrailleuses, deux canons Mauser de 15 mm à cadence rapide dans les ailes. La cadence de tir du Mauser de 15 mm est de 900 coups par minute, tandis que celle de l'Hispano de 20 mm, qui arme les « Spitfire » V, n'est que de 550 à 600 coups par minute.

les pertes en bombardiers ont atteint une moyenne de onze par jour, ce qui donne une idée de la grande efficacité atteinte, en 1942, par la D.C.A.

La chasse de nuit allemande, après avoir essayé des monoplaces Heinkel 113, expérimenta une version spécialisée des Junkers 88 blindés, armés de trois canons de 20 mm fixes et de six mitrailleuses. Puis elle semble avoir définitivement adopté en 1942 des « Zerstörer » Messerschmitt 110. Ces deux bimoteurs sont équipés d'appareils de détection radioélectrique. Le destroyer nocturne Me 110 serait muni de moteurs Diesel Junkers pour éliminer l'interaction des magnéto sur les détecteurs de bord, très sensibles. Les trois raids nocturnes sur Ros-

tock (23-24 et 26 avril 1942) auraient coûté, d'après Berlin, 130 avions en trois jours, sur une moyenne de 700 avions mis en ligne chacune de ces nuits.

— par exemple 450 quadrimoteurs et 550 bimoteurs — exige une exécution d'une chronométrie méticuleuse. Le but étant de faire défiler l'armada de bombardiers sur l'objectif à la cadence rapide d'un avion toutes les dix secondes, la formation la plus simple est la « chaîne ». Pour éviter les collisions en vol, la formation doit être parfaitement ordonnée en distance, ce qui est obtenu par des envols à une cadence très précise : un avion toutes les dix secondes par exemple et une vitesse de croisière fixée et rigoureusement suivie. Pour 360 km/h de vitesse de croisière et une cadence de décollage de dix secondes, cela fait sur la chaîne un avion par kilomètre (fig. 9).

Un raid de 800 à 1 000 avions met en œuvre

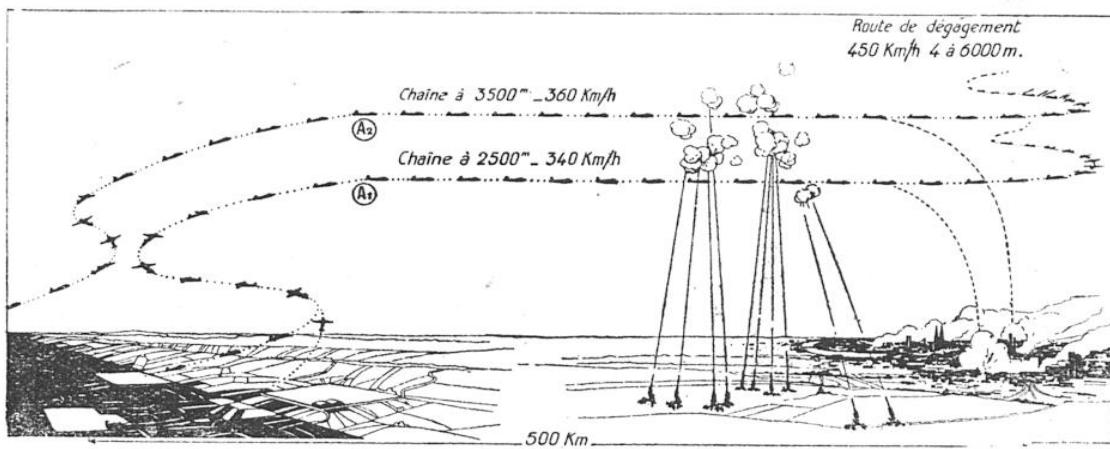


FIG. 9. — SCHÉMA DE LA FORMATION D'UN RAID NOCTURNE A LA CHAINE DE 1 000 AVIONS SUR LE MÊME OBJECTIF

La formation représentée ci-dessus comprend deux chaînes à deux altitudes différentes, 2 500 et 3 500 m par exemple, et à une vitesse de croisière bien définie pour chaque altitude, par exemple 360 et 340 km/h, selon les types d'appareils mis en ligne et les chargements de bombes. Les chaînes se forment aux points de rassemblement A1 et A2. Le rassemblement global des 1 000 avions exige la contribution de trente à quarante aérodromes, chaque terrains pouvant mettre en ligne de nuit de vingt-quatre à trente avions. Les décollages sont réglés à la cadence précise d'un avion toutes les six secondes ou toutes les dix secondes suivant le cas. Avec une vitesse de croisière de 360 km/h et une cadence de décollage de dix secondes, cela fait sur la chaîne un avion tous les kilomètres. La longueur de la chaîne atteint donc plusieurs centaines de kilomètres à partir des points de rassemblement A1 et A2, ces derniers étant eux-mêmes désignés à une centaine de kilomètres des aérodromes de départ. Si l'objectif est situé à une distance de 500 km, on voit que les premiers avions d'une chaîne auront déjà lancé, alors que les derniers n'auront pas décollé. La route des chaînes est précisée par radiophares. Les premiers avions arrivés lancent des bombes incendiaires ou explosives, et les autres n'ont qu'à lancer à la faveur des feux des incendies allumés. La route de dégagement et la route de retour sont fixées en vitesse et en altitude jusqu'à un point de dislocation. Cette disposition à la chaîne facilite considérablement le travail des avions, mais elle exige une chronométrie rigoureuse des départs, une grande discipline de vol en formation et un passage sans aucune déviation à travers les barrages de D.C.A.

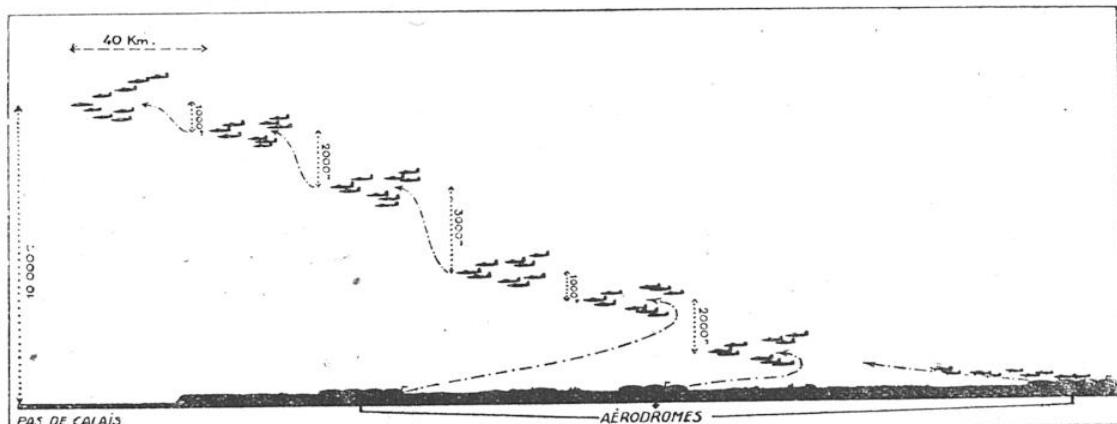
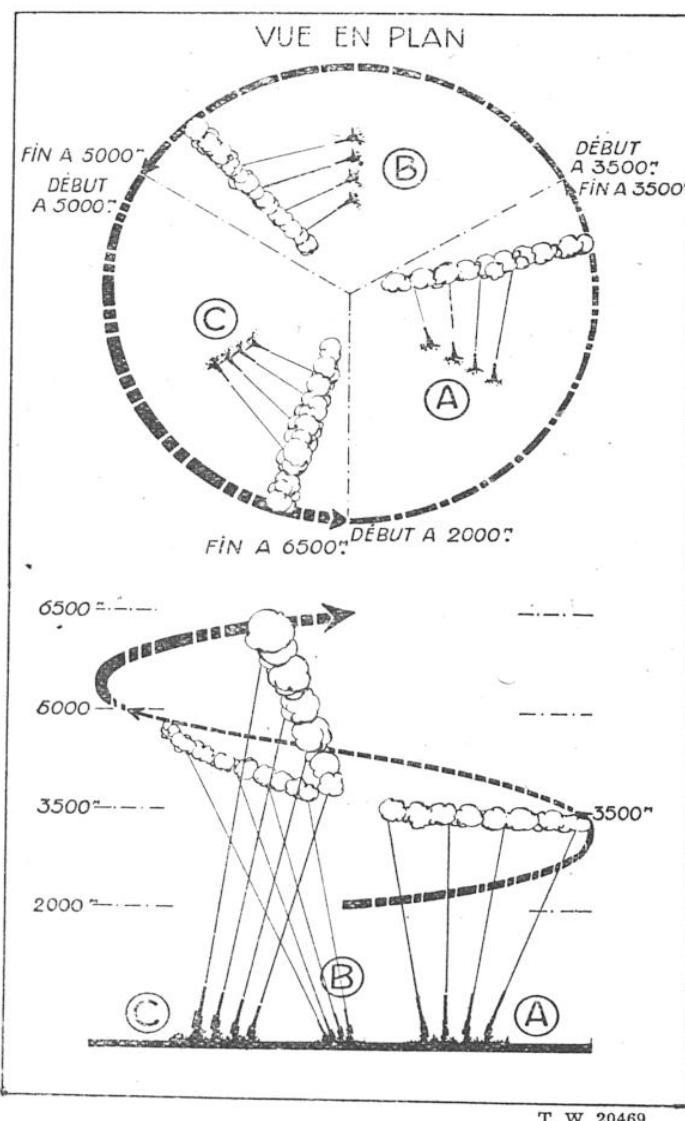


FIG. 10. — SCHÉMA DE LA TACTIQUE DE LA CHASSE ALLEMANDE SUR LE FRONT OUEST, DITE « ESCALIER CÉLESTE » (HIMMELSLEITER) CONTRE LES RAIDS DIURNES BRITANNIQUES DANS LE PAS DE CALAIS

Les escadrilles de chasse sont échelonnées en altitude (chaque groupe comprend trois escadrilles de trois avions), depuis le sol jusqu'à l'altitude de 10 000 m. L'escadrille plafonnant le plus haut aborde la Manche en direction de l'Angleterre. Elle se trouve en avance de 5 min environ (40 km à 480 km/h de vitesse de croisière) sur l'escadrille suivante, qui suit à l'altitude immédiatement inférieure. De demi-heure en demi-heure, une escadrille s'envole des aérodromes pour relever l'échelon inférieur et ainsi de suite, d'échelon en échelon, l'ensemble progresse à la manière des marches d'un escalier mécanique. Les raids anglais se heurtent aux barreaux successifs de l'escalier céleste. Des échelons les plus élevés, les chasseurs allemands se laissent tomber en masse sur les chasseurs anglais déjà engagés par les échelons inférieurs. L'ensemble des échelons est évidemment disposé en largeur, et manœuvré par radiophonie du P.C. de la chasse. Les chasseurs allemands du type Me 109 F atteignent un plafond de 12 000 m.



une trentaine d'aérodromes, exige des rassemblements chronométrés en un point de rendez-vous aérien où se forme la chaîne, guidée à partir de ce moment par radiophare jusqu'à l'objectif, un passage sans déviation des avions à travers les barrages de D.C.A., des lancements à l'imitation sur les lueurs des bombes précédentes, une route de dégagement à une altitude déterminée jusqu'à un point de dislocation où les escadrilles reçoivent par radio l'ordre de rallier tel aérodrome qui n'est pas forcément celui de départ.

Pour éluder la D.C.A. adverse, l'armada est, en réalité, constituée en deux ou plusieurs chaînes d'altitudes différentes défilant simultanément sur l'objectif. À cette tactique, la *Flak* allemande a répondu par des *barrages en spirale ascendante* (fig. 11).

La chaîne présente l'inconvénient de faciliter l'action de la chasse de nuit adverse. Mais les aviateurs britanniques estiment que la chaîne

FIG. 11. — SCHÉMA DES BARRAGES EN SPIRALE DE LA D.C.A. ALLEMANDE

Trois groupes de batteries A, B, C, combinent leur tir de manière à former trois barrages tournant chacun dans un secteur de 120° et d'altitude croissante. Les éclatements sont donc groupés de manière à figurer trois pales d'une sorte d'hélice ascendante, à axe vertical. Dans leur mouvement de spirale ascendante, les éclatements balayaient progressivement le ciel au-dessus de la zone à protéger, sans qu'il soit nécessaire de déterminer préalablement l'altitude des assaillants.

évite surtout les collisions possibles par centaines, qui décimeraient l'armada encore plus sûrement que la chasse de nuit, à laquelle d'ailleurs doivent répondre les mitrailleuses quadruples d'é-tambot des bombardiers.

#### Le taux des pertes

Dans la période d'offensive britannique s'étendant du 22 juin au 22 septembre 1941 (et que Berlin qualifie de « Smolensk aérien »), le communiqué allemand a déclaré que le nombre d'avions anglais abattus, de jour et de nuit, au cours de ces quatre-vingt-douze jours, a dépassé le chiffre de 1 400, ce qui ferait une moyenne de *quinze avions anglais perdus par jour* sur le front occidental.

Au cours de l'été précédent, c'est-à-dire dans la période d'offensive allemande allant du 8 août au 31 octobre 1940, que les Anglais appellent la « bataille de Grande-Bretagne », Londres a revendiqué la destruction de 2 375 avions allemands. Ce chiffre se rapportant à quatre-vingt-cinq jours, la moyenne des pertes allemandes de l'époque aurait donc été de *vingt-huit avions par jour*.

Du 12 au 19 avril 1942, pendant la période correspondant à l'entrée en scène des Focke-Wulf 190, Berlin déclare avoir abattu 118 appareils en sept jours, ce qui fait une *moyenne de seize par jour* avec une pointe de trente-sept par jour durant les dix premiers jours de mai 1942.

Ces chiffres doivent évidemment être rapportés au nombre d'avions effectivement mis en ligne, et qui n'est pas connu. On admet généralement que des pertes de 10 % des avions engagés représentent le maximum admissible si une armée de l'air ne veut pas voir diminuer son potentiel offensif. Il est vraisemblable que cette proportion a été dépassée, en certains jours, aussi bien le 15 septembre 1940, au-dessus de Londres, que le 8 novembre 1941 au-dessus de Berlin — mais elle ne semble pas avoir été atteinte le 31 mai 1942 au-dessus de Cologne.

La contre-offensive britannique, qui s'étend de l'été 1941 à l'été 1942, dont le but était de soulager le front russe, a constitué une expérience, sans doute volontairement poussée à la limite.

Pierre BELLEROCHE.

# QUE CONTIENT LE VIDE INTERSIDÉRAL?

par Charles FABRY  
de l'Académie des Sciences

*Dans les solitudes immenses de l'espace intersidéral, on a longtemps pensé qu'il n'y avait rien et que la lumière des astres y pouvait voyager pendant des années ou des siècles sans subir la moindre absorption ou la moindre modification. Les progrès de l'astrophysique et leur application à l'étude des astres les plus lointains, étoiles doubles spectroscopiques et nébuleuses spirales, ont révélé l'existence d'un nuage absorbant, parfois d'une ténuité extrême, beaucoup plus rarement opaque, remplissant le vaste espace de la nébuleuse galactique qui constitue notre univers, avec ses milliards d'étoiles, parmi lesquelles notre soleil occupe une place très modeste. Avec, par mètre cube, plusieurs millions d'atomes d'hydrogène, cinq ou six atomes de sodium et de calcium à des états divers d'ionisation, sans compter les électrons et les photons, il n'est plus possible de parler de « vide » interstellaire, au moins à l'intérieur des galaxies. Pour nous, le vide ne règne plus que dans les espaces extragalactiques où nos moyens d'observation les plus puissants n'ont pu encore mettre en évidence avec certitude la présence de la matière.*

**L**E paysage céleste, auquel les astronomes se sont intéressés de tout temps, se compose uniquement de ces points lumineux, les étoiles, auxquelles se mêlent en très petit nombre les planètes, trop proches de nous pour nous intéresser ici. De ces étoiles, 6 000 seulement sont visibles à l'œil nu, à peine la population d'une modeste sous-préfecture; mais les puissants télescopes modernes en montrent, visuellement ou par photographie, un nombre énormément plus grand, probablement des dizaines de milliards, beaucoup plus que la population totale de la Terre. Les distances qui les séparent sont immenses : la lumière met quatre ans pour venir de nos plus proches voisines, alors qu'elle traverserait le diamètre terrestre en 1/20 de seconde, qu'elle nous parvient de la Lune en une seconde, du Soleil en 8 minutes, et traverserait de part en part tout le système solaire comprenant l'ensemble des planètes en 4 heures environ.

On commence à avoir des idées saines sur la répartition dans l'espace de cette énorme population stellaire. Elle forme un amas aplati, où le soleil occupe une position légèrement excentrique, ensemble où la voie lactée est une des plus remarquables particularités et que pour cette raison on nomme *notre galaxie*. Cet amas occupe dans l'espace un grand volume, mais non pas un volume infini; au delà restent des espaces encore bien plus grands, entièrement vides d'étoiles.

Des dizaines de milliards d'étoiles dans un volume qui n'est pas infini; on serait tenté de dire : « Elles doivent se toucher! » Non, elles ne se touchent pas, il s'en faut de beaucoup; elles sont, malgré leur nombre, extraordinairement clairsemées dans un espace immense. Notre galaxie, en effet, serait traversée par la lumière suivant son plus grand diamètre, en plus de 100 000 ans, et peut-être en 3 000 ans dans le sens de sa moindre épaisseur; les milliards d'étoiles laissent entre elles des vides immenses. Pour nous représenter cet « univers

galactique », faisons-en un modèle réduit à une échelle telle que le Soleil soit représenté par une boule de 20 cm de diamètre, un gros ballon de jeu. A cette échelle, la Terre sera une perle d'environ 2 mm; la distance du Soleil à l'étoile la plus voisine sera d'environ 6 000 km, à peu près le rayon du globe terrestre, et il est probable que, pour chaque étoile, la distance à sa plus proche voisine est du même ordre de grandeur.

## Le « vide interstellaire » est-il réellement vide?

Nous arrivons à cette notion que, dans l'Univers, la matière agglomérée en astre est un accident extraordinairement rare. Mais le vide qui sépare les étoiles les unes des autres est-il réellement vide?

A cette question, il y a seulement cent ans, les physiciens auraient répondu d'une seule voix : « Il y a l'éther. » Nous ne croyons plus en l'existence d'un « fluide » qui aurait quelque chose de matériel et qui remplirait tout l'espace. Pour nous, dire : « il y a l'éther » ou dire : « il y a le vide », c'est exactement la même chose; il s'agit justement de savoir s'il y a autre chose, s'il y a de la matière, certainement à l'état d'extrême raréfaction, mais formée d'atomes et de molécules, comme l'est toute matière.

Des faits connus depuis quarante ans, mais que l'on n'avait pas eu la hardiesse d'interpréter comme il le fallait, permettent d'affirmer que, dans les immenses espaces vides d'étoiles, de la matière existe à l'état extrêmement tenu, mais cependant formant au total une masse considérable, peut-être comparable à celle de l'ensemble des étoiles.

Comment déceler, si elle existe, cette matière éparsé, comment saisir cette brume cosmique sans aucun point particulier où accrocher notre regard? Le problème semble inaccessible. Les propriétés de la lumière et ses relations avec la matière ont donné, sans qu'on l'ait cherché, de-

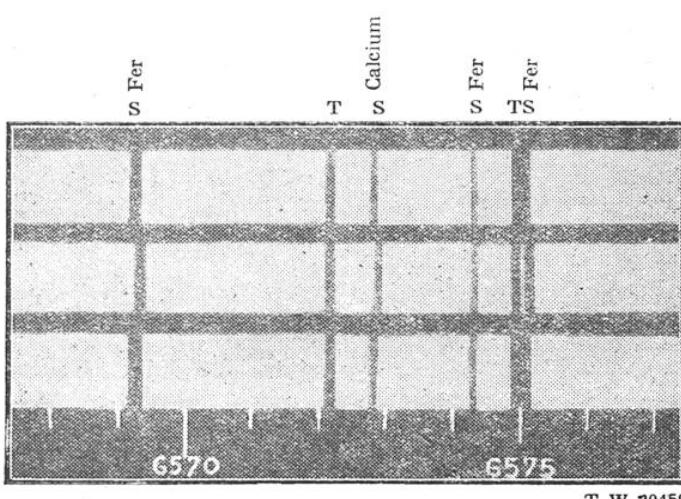


FIG. 1. — DÉPLACEMENT DES RAIRES SPECTRALES DANS LE SPECTRE SOLAIRE SOUS L'INFLUENCE DU MOUVEMENT DES VAPEURS ABSORBANTES

Cette figure représente une petite portion d'un spectre solaire à très grande échelle, dans la région rouge; à cette échelle, le spectre visible complet, de l'extrême violet à l'extrême rouge, occuperait une bande d'environ 30 mètres. On y voit un certain nombre de lignes d'absorption, les unes, marquées *S*, produites par des vapeurs métalliques de l'atmosphère solaire (fer, calcium), les autres, marquées *T* (raies terrestres ou telluriques), par la vapeur d'eau de l'atmosphère terrestre. Le spectre du milieu est produit par la lumière venant du bord ouest du soleil, ceux du haut et du bas par le bord est. On voit qu'en passant du bord est au bord ouest, les raies « solaires » subissent un déplacement vers les grandes longueurs d'ondes, tandis que les raies « terrestres » ne subissent aucun déplacement. Le déplacement des raies solaires est dû à l'effet Doppler-Fizeau. Par suite de la rotation du soleil, qui donne à chaque point de son équateur une vitesse d'environ 2 km par seconde, le bord ouest s'éloigne de nous tandis que le bord est se rapproche, d'où l'effet observé. Rien de semblable ne se produit pour les raies terrestres, produites par un gaz lié à la terre, et par suite immobile par rapport à l'observateur. Le dernier groupe de raies à droite montre un exemple particulièrement frappant : vers la longueur d'onde 6575 se trouvent, par hasard, une rai solaire et une rai terrestre très voisines. Sur le bord ouest, l'effet Doppler-Fizeau les sépare franchement, tandis que sur le bord est ce même effet les rapproche et les confond presque, donnant l'aspect d'une seule rai plus large.

puissants moyens pour l'aborder et, en grande partie, le résoudre.

### La matière révélée par la lumière

Les objets éloignés, même les objets terrestres, nous sont révélés uniquement par la lumière qu'ils émettent, réfléchissent ou absorbent. Sur Terre, quand un objet s'est ainsi manifesté, nous avons généralement la ressource d'aller le voir de près et le toucher; dans l'espace céleste, c'est à la lumière seule que nous devons tout demander, en utilisant toutes les possibilités qu'elle nous offre, en particulier les méthodes d'analyse connues sous le nom de « spectroscopie », auxquelles nous devons tant. C'est en étudiant l'absorption que subit la lumière des étoiles pendant son long voyage à travers l'espace qui dure des millénaires, qu'ont été obtenus presque tous les résultats dans le problème qui nous occupe. Voyons sur quels principes les méthodes employées ont pu être construites.

### La matière éparsée, sa composition et ses mouvements, révélés par l'absorption que subit la lumière

Prenons la lumière émise par une de nos « lampes à incandescence », et soumettons-la

à l'analyse qui la décompose en ses radiations simples; nous trouvons que toutes les radiations s'y trouvent, formant une série continue, caractérisées chacune par sa fréquence ou par sa longueur d'onde, notions auxquelles la T. S. F. nous a habitués, avec cette seule différence que dans la « radio » les longueurs d'onde se chiffrent par mètres, hectomètres ou kilomètres, tandis que dans le domaine de l'optique elles s'expriment en fractions de micron (1).

Si la lumière de notre lampe, avant de subir la dissection par le spectroscopie, a traversé une épaisseur convenable d'un gaz, certaines radiations sont absorbées, elles disparaissent et leur place reste vide, ou, si l'on veut, est occupée par une ligne noire dans le « spectre » où toutes les radiations sont rangées par ordre de longueur d'onde. Le nombre et la place de ces « lignes d'absorption » sont caractéristiques du gaz qui en est responsable et permettent à un observateur averti de reconnaître ce gaz avec une parfaite certitude; mais l'épaisseur de gaz nécessaire pour que ces lignes d'absorption se man-

nifestent est extraordinairement variable d'un gaz à un autre. Il faut quelques dizaines de mètres d'air pour que l'on puisse observer les plus intenses des lignes d'absorption de l'oxygène, tandis que quelques microns de vapeur de sodium donnent par absorption le doublet caractéristique de ce corps. Remarquons d'ailleurs que le spectre d'absorption révèle immédiatement que tel gaz se trouve interposé quelque part sur le trajet de la lumière, sans dire où se trouve ce gaz, question immédiatement résolue si le trajet se trouve sous nos yeux, mais extrêmement difficile à résoudre s'il s'agit de lumière venue d'une étoile et qui nous parvient après un voyage qui a duré des siècles à travers l'espace.

Heureusement, l'étude de l'absorption des radiations peut révéler un document précieux : elle peut déceler le mouvement d'approche ou d'éloignement de la masse gazeuse absorbante par rapport à l'observateur. Prenons comme exemple l'absorption par la vapeur de sodium,

(1) Rappelons que le micron est la millième partie du millimètre. C'est évidemment une unité petite à l'échelle du corps humain, mais non à l'échelle des cellules qui forment l'élément de base de tous les êtres vivants, ou des microbes qui jouent un rôle si important en biologie; cette unité est très grande à l'échelle des atomes, dont les dimensions se chiffrent en dix-millièmes de micron.

facile à mettre en évidence au laboratoire, et qui se rencontre fréquemment aussi en astrophysique; l'expérience faite au laboratoire porte naturellement sur de la vapeur en repos par rapport à l'observateur; elle fixe ce que l'on peut appeler la position naturelle, non perturbée, des lignes d'absorption. Si maintenant, dans un phénomène naturel, l'absorption est produite par une masse de gaz en mouvement, si, par exemple, ce gaz se rapproche de l'observateur, celui-ci va au-devant des ondes qui se propagent, il en reçoit un plus grand nombre dans chaque seconde, la fréquence est augmentée, et par suite la longueur d'onde de la ligne spectrale est diminuée; dans le spectre visible, les lignes d'absorption sont un peu déplacées vers le violet. Elles sont déplacées vers le rouge quand la masse gazeuse s'éloigne de l'observateur.

Ce que je viens de dire est un effet très général dans l'observation des phénomènes périodiques, aussi bien en acoustique qu'en optique. C'est lui qui fait qu'un même avion donne un son plus aigu quand il vient vers l'observateur que quand il s'en éloigne. Enoncé en 1843 par Doppler, il fut correctement appliqué par Fizeau aux phénomènes optiques, d'où le nom d'effet Doppler-Fizeau donné au remarquable phénomène qui a transformé nos connaissances sur les mouvements des étoiles.

Revenons aux masses gazeuses qui peuvent jouer le rôle d'absorbants dans le monde des astres. La lumière de presque toutes les étoiles, y compris le Soleil, montre de nombreuses lignes d'absorption (plus de 20 000 dans

le spectre solaire, que sa grande intensité permet d'étudier par les moyens les plus puissants), qui se divisent immédiatement en lignes terrestres ou « telluriques » produites par absorption dans l'atmosphère terrestre, et lignes « solaires » ou « stellaires » produites dans le trajet de la lumière à travers l'atmosphère de l'astre incandescent. Ces dernières font connaître, en même temps que la composition chimique de l'astre, sa vitesse radiale (c'est-à-dire sa vitesse de rapprochement ou d'éloignement) par rapport à la Terre au moment de l'observation, d'où l'on déduit, par un calcul facile, la vitesse par rapport au Soleil.

Le cas le plus remarquable, et d'ailleurs assez fréquent, est celui où l'on trouve une vitesse périodiquement variable, indiquant que l'astre lumineux se meut dans une orbite fermée, comme le fait une planète autour du Soleil; l'astre est alors une étoile double, dont les composantes sont généralement trop rapprochées

pour qu'on puisse les séparer dans les plus puissants télescopes; seul le spectroscope révèle cette particularité, d'où le nom de « double spectroscopique » que l'on donne à un tel système stellaire.

Et dans tout cela, l'espace interstellaire ne paraît pas intervenir, en dépit de l'énorme voyage que la lumière y a accompli. La lumière que nous recevons d'une étoile a fait deux parcours, relativement très courts, à travers deux atmosphères, étoile et terre; le temps de parcours à travers l'atmosphère de l'étoile se chiffre généralement par dixièmes de seconde, par millièmes de seconde à travers l'atmosphère terrestre; il se compte par siècles ou par millénaires pour l'espace interposé. Cet immense trajet est-il vraiment « sans histoire » ?

Nous allons voir que non, et c'est encore l'effet Doppler-Fizeau qui nous montrera que certaines radiations ont été progressivement absorbées dans ce long voyage.

### Les atomes errants dans l'espace

C'est l'observation d'une de ces étoiles à vitesse variable qui a conduit à la découverte de la matière interstellaire. En 1900, M. Deslandres signala les énormes variations de vitesse radiale de delta du Scorpion, belle étoile blanche, de magnitude 2,5 (à peu près du même éclat que les belles étoiles de la Grande Ourse), à température très élevée, quelque chose comme 20 000° C (tandis que le Soleil n'est qu'à 6 000°). Mettant, selon l'usage des astronomes, le signe plus aux vitesses des étoiles qui s'éloignent

du Soleil, et le signe moins à celles qui se rapprochent, on trouve que la vitesse de delta du Scorpion varie entre + 133 et - 66 kilomètres par seconde, soit un écart de vitesse radiale atteignant 200 km/s, environ 200 fois la vitesse de nos projectiles les plus rapides. Naturellement chacune des lignes d'absorption du spectre de l'étoile peut donner une mesure de la vitesse, et toutes doivent donner la même valeur, sans quoi le résultat n'aurait aucun sens. C'est bien ce qui a lieu pour l'ensemble des lignes de l'hydrogène; mais, en 1904, Hartmann découvrit un fait qui parut d'abord étrange : les deux lignes du calcium, connues sous le nom de raies H et K, donnent un tout autre résultat; elles indiquent une vitesse constante et faible, de + 16 km/s. D'ailleurs, ces lignes ont un aspect fort différent des autres : tandis que les lignes de l'hydrogène sont larges et diffuses, celles du calcium sont fines et parfaitement nettes; au simple aspect on a l'im-

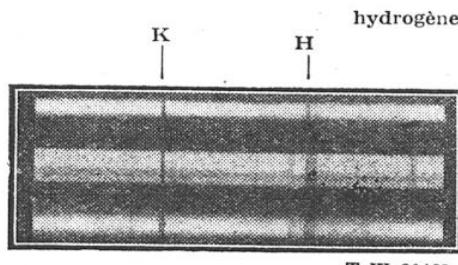


FIG. 2. — LES RAIRES DU CALCIUM INTERSTELLAIRE

Cette figure montre une petite portion (l'extrême violette, à la limite de l'ultraviolet) des spectres de trois étoiles lointaines, sur lesquels on voit les raies H et K du calcium interstellaire. Les trois étoiles sont du type « étoiles blanches », à température très élevée, probablement 20 000° C. de très grande luminosité (probablement un millier de fois celle du Soleil) mais qui, à cause de leur très grande distance (probablement quelques dizaines de mille années-lumière), ne nous apparaissent que comme de petites étoiles, de cinquième et sixième « grandeur ». Ce sont des conditions très favorables à l'observation des raies d'absorption interstellaire. On remarquera que celles-ci (raies H et K du calcium ionisé) sont parfaitement nettes, quoique très fines. Le spectre propre des étoiles de cette classe est très pauvre en raies d'absorption, ce qui est encore une circonstance favorable pour les observations « interstellaires »; on y voit surtout les raies de l'hydrogène, dont une se remarque un peu à droite de la raie H. Mais tandis que les raies interstellaires sont nettes et fines, celles dues à l'atmosphère stellaire sont larges et floues, indice d'une température très élevée du gaz qui les produit.

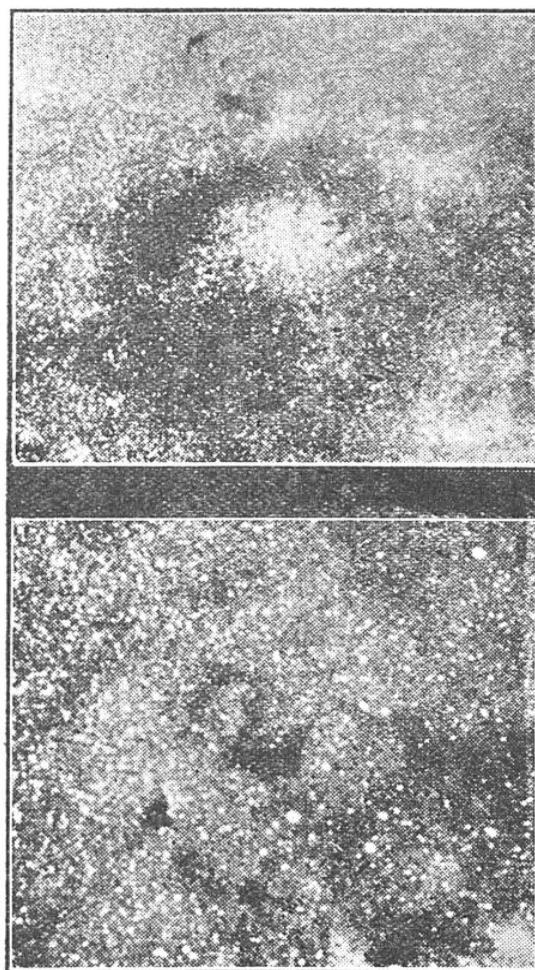


FIG. 3. — DEUX EXEMPLES DE « NÉBULEUSES NOIRES » DANS LA VOIE LACTÉE

Sur un fond extrêmement riche en étoiles se projettent des masses de « brumes » qui cachent tout ce qui est derrière et prennent l'aspect d'un trou noir. Quelques rares étoiles se trouvent en avant du paquet de brume et restent visibles. Remarquer, sur l'une des images, la forme bizarre de la nébuleuse noire, qui dessine comme un serpent sur le fond d'étoiles.

pression qu'elles ne sont pas de la même famille, que le gaz absorbant qui les produit est dans d'autres conditions que les gaz de l'atmosphère de l'étoile, probablement à une température énormément plus basse. On ne savait où localiser ce gaz, formé d'atomes de calcium. Lorsque ce même fait eut été découvert sur un grand nombre d'autres étoiles, y compris d'innombrables étoiles dont la vitesse ne varie pas, il fallut se rendre à l'évidence : c'est dans tout l'espace que sont répandus des atomes de calcium formant un gaz extraordinairement tenu, atomes isolés les uns des autres et ne se rencontrant presque jamais. On observe les lignes d'absorption de ce gaz dans le spectre de toutes les étoiles très éloignées, l'absorption ne devenant sensible qu'après que la lumière a voyagé

pendant des siècles ; et ce sont seulement les étoiles les plus chaudes qui les montrent, parce que ce sont les plus brillantes et par suite les seules observables à très grande distance, et que leur atmosphère ne contient pas les raies H et K qui, dans les étoiles moins chaudes, masquent les raies du calcium interstellaire.

Un peu plus tard furent découvertes d'autres lignes dues à l'absorption de la lumière à travers l'espace, en particulier les lignes du sodium connues sous le nom de « raies D » dans le spectre solaire et dans celui de la plupart des étoiles, ainsi qu'une ligne du potassium.

#### Répartition et vitesse du gaz atomique interstellaire

Ce « gaz atomique » formé principalement de calcium et de sodium, remplit tout l'univers. Il est peu probable qu'il soit uniformément réparti, mais on a peu de données sur ce point ; ce qui est certain, c'est que les lignes d'absorption ne se manifestent que sur les étoiles éloignées, avec une intensité qui croît avec la distance. Les diverses parties de cette masse sans aucune consistance ne sont certainement pas en repos les unes par rapport aux autres, et sur ce point, le principe de Doppler-Fizeau peut nous apporter des données. Dans le trajet qui nous sépare de *delta Scorpion*, la lumière rencontre du « gaz calcium » dont le Soleil s'éloigne avec la vitesse, relativement faible, de 16 km/s ; dans d'autres directions, on trouve des vitesses différentes, mais toujours petites ; il ne semble pas y avoir de véritables témètes dans ce gaz interstellaire, qui forme comme le fond de notre galaxie. Cependant, dans certains cas, on croit apercevoir que les lignes du calcium sont doubles, ce qui indiquerait la présence de deux régions où les vitesses sont nettement différentes. Il reste beaucoup de travail difficile pour essayer de démêler les mouvements de ce gaz interstellaire.

#### Les « grosses » particules dans l'espace

L'absorption de la lumière nous a fait connaître la présence d'atomes libres, qui sont les plus faciles à déceler à cause de l'absorption particulière qu'ils exercent sur la lumière. Mais il est vraisemblable qu'il doit exister des particules plus grosses, depuis des associations moléculaires jusqu'à, peut-être, des grains de poussière, dont les plus petits sont énormes si on les compare aux atomes. Eux aussi doivent agir sur la lumière, pour l'absorber et surtout la diffuser dans tous les sens, en tout cas pour affaiblir les rayons régulièrement transmis d'une étoile lointaine jusqu'à nous. Mais cet affaiblissement ne se traduira pas par une absorption de radiations déterminées ; toutes les radiations seront affaiblies, effet bien plus difficile à constater. C'est seulement par des mesures de l'éclat des étoiles situées à des distances différentes que l'on pourra s'apercevoir de l'effet d'absorption. Pour expliquer le principe de la méthode suivie, prenons un problème banal qui peut se présenter dans la vision nocturne de lumières éloignées à travers une brume plus ou moins épaisse.

Le long d'une avenue, vous voyez la nuit une file de lumières servant à l'éclairage, qui se présentent à vous comme des étoiles artificielles. Vous avez de très bonnes raisons de penser que toutes ces sources de lumière sont identiques entre elles ; au besoin, vous pourriez le vérifier en allant voir de près chacune d'elles,

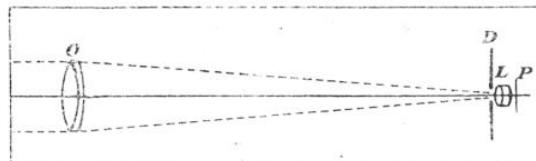
et constatant que ce sont des lampes du même type, qui ne peuvent différer que par de petits écarts accidentels. Cependant, les lampes éloignées ont un éclat apparent beaucoup plus faible que les rapprochées. Dans une atmosphère parfaitement transparente, l'éclat apparent varie en raison inverse du carré de la distance; il est 100 fois plus faible si la distance est 10 fois plus grande. Mais dans une atmosphère brumeuse, la diminution est plus rapide et même beaucoup plus rapide si la brume est dense. De plus, les radiations rouges, de grande longueur d'onde, sont moins absorbées que les bleues; à mesure qu'on s'éloigne d'une source de lumière blanche, sa couleur passe de plus en plus au rouge, et lorsqu'elle est près de disparaître, on ne voit plus qu'un point rouge. De ces observations on peut déduire des résultats sur la transparence de l'atmosphère qui s'exprima, par exemple, par l'épaisseur d'air nécessaire pour absorber la moitié du rayonnement.

C'est quelque chose d'analogique que l'on fait pour déceler la brume interstellaire et en évaluer l'absorption, mais avec des difficultés qui n'existent pas pour l'étude de la brume terrestre. Il nous faut, en définitive, comparer les éclats apparents d'étoiles que nous supposons identiques entre elles et dont les distances soient connues. L'évaluation des distances des étoiles vraiment lointaines est un problème difficile dont l'exposé nous entraînerait hors de notre sujet. Quant à la recherche d'étoiles identiques qui, vues à la même distance, auraient le même éclat et la même couleur, elle repose sur un principe très simple : si deux étoiles ont en commun certaines particularités, si elles donnent des spectres identiques dans leurs moindres détails, si leurs températures estimées par leurs rayonnements sont les mêmes, on admet que ces étoiles sont identiques, qu'elles ont été, en quelque sorte, coulées dans le même moule, qu'elles en sont au même stade de leur évolution, en un mot qu'elles ne peuvent différer que par leur distance, comme le font deux lampes du même modèle le long d'une avenue. Tout cela admis, l'application de la méthode ne présente pas de réelles difficultés. On trouve que, sur les très grandes distances, il y a réellement une sorte de brume interstellaire, ce mot « brume » n'impliquant aucune ressemblance avec nos brumes terrestres composées de gouttelettes d'eau, mais plus généralement indiquant la présence de corpuscules, quelle qu'en soit la nature, flottant dans l'espace. Et, selon les prévisions rappelées plus haut, on trouve que les étoiles les plus éloignées paraissent plus rouges que leurs sœurs voisines de nous.

Les atomes libres, dont on a parlé plus haut, font partie de cette brume, qui contient aussi des électrons libres (voir plus loin), mais également des particules plus grosses. Les observations donnent des indications assez précises sur le degré d'opacité de cette « brume » : pour que la moitié du flux lumineux qui s'y propage soit absorbé, il faut que la lumière voyage pendant 4 000 ou 5 000 ans, et, après tout, cinq mille années de lumière, ce n'est pas le « bout du monde », ni même le bout de notre galaxie qui, dans sa plus grande longueur, a une étendue de cent mille années, et notre galaxie n'est qu'une toute petite portion de l'Univers.

Cette « brume », d'ailleurs, n'est pas uniformément répartie dans l'espace; dans cer-

taines directions, il y a des brumes si denses qu'elles cachent tout ce qui est derrière, comme sur la terre un gros nuage bas peut cacher le fond de l'horizon. On a alors, dans le ciel, des sortes de trous noirs où le télescope ne décale aucune étoile, si ce n'est le petit nombre de celles qui sont devant le nuage. William Herschel, il y a plus de 150 ans, en connaissait



T W 20461

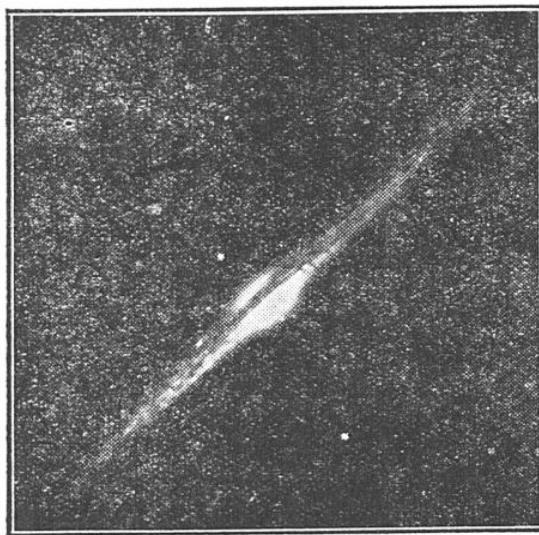
FIG. 4. — SCHÉMA DU PHOTOMÈTRE PHOTOGRAPHIQUE FABRY, INSTALLÉ SUR LA GRANDE LUNETTE DE L'OBERVATOIRE DE YERKES (UNIVERSITÉ DE CHICAGO)

Cet appareil sert à mesurer la brillance d'une région très petite et bien limitée du ciel, dans laquelle aucune étoile n'est observable. L'objectif de la lunette (le plus grand du monde) est une lentille O de un mètre de diamètre et vingt mètres de longueur focale. Dans son plan focal se trouve un diaphragme D percé d'une ouverture de seulement 12 mm de diamètre, sur laquelle se projette l'image de la petite portion du ciel que l'on a choisie, dépourvue de toute étoile. C'est la lumière de cette petite portion du ciel (dont le diamètre apparent n'est que de 2', ou 1/30 du diamètre apparent de la lune) que l'on va mesurer. Pour cela, la lumière qui passe à travers l'ouverture du diaphragme est reprise par la lentille L, très petite mais de grande ouverture numérique car son diamètre de 12 mm est égal à sa distance focale (objectif ouvert à  $f/1$  pour employer le langage des photographes). Cette lentille projette sur la plaque photographique P une image, non pas du ciel, mais bien du grand objectif O, image très petite mais relativement bien éclairée. En cinq minutes de pose on obtient une petite image circulaire due à la lumière que l'on veut étudier. La mesure de son noirissement, suivant les règles de la « photométrie photographique », par comparaison avec ce que donne la lumière d'une seule étoile, permet de résoudre le problème posé.

déjà, qu'il appelait pittoresquement des « sacs à charbon ». La photographie en a révélé un grand nombre, que l'on appelle parfois des « nébuleuses noires » et qui, de toute évidence, sont des « paquets de brume interstellaire ».

### Les photons et les ions dans l'espace interstellaire

Dans tout ceci, il n'est question que de matière, au sens strict du mot. Mais il y a un autre élément qui est évidemment présent dans l'espace, c'est la lumière, en prenant ce mot dans son sens général comprenant tout ce qui est rayonnement, visible ou invisible. Eloignons-nous assez de notre Terre pour que notre Soleil n'apparaisse plus comme le Roi de la création, mais bien comme ce qu'il est réellement, une petite étoile quelconque et médiocre, perdue entre les milliards d'autres. Sera-ce alors la nuit complète? Non, la lumière des étoiles, en partie diffusée par la brume interstellaire, donnera une clarté très appréciable, probablement le tiers de la clarté de nos nuits où, à « l'obscur clarté qui tombe des étoiles » se joint celle qu'émet notre atmosphère dans ses parties hautes. L'espace interstellaire est, si l'on peut ainsi dire, rempli d'un faible rayonnement. On sait que, sans rien abandonner des faits acquis sur la nature ondulatoire du rayonnement, les



T W 20465

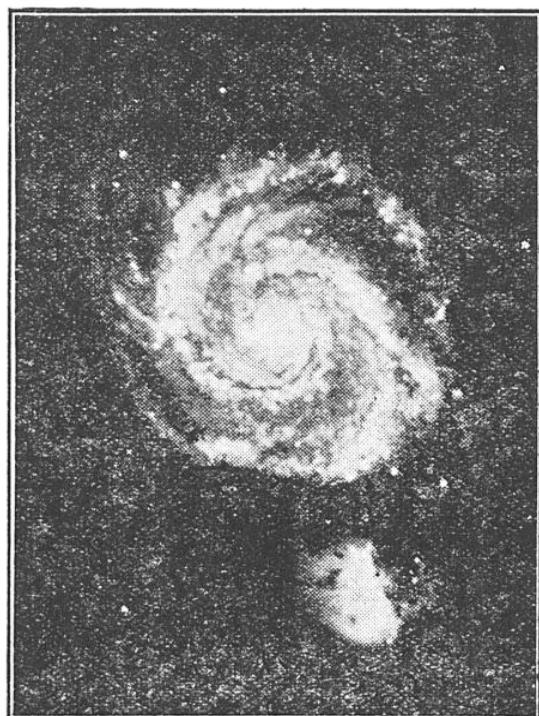
FIG. 5. — NÉBULEUSE SPIRALE VUE PAR LA TRANCHE

Remarquer la faible épaisseur de la nébuleuse par rapport à son diamètre, particularité qui se retrouve dans toutes les nébuleuses spirales, et en particulier dans notre galaxie. La nébuleuse est barrée suivant son équateur par une forte ligne noire; les étoiles, le long de cette barre, sont cachées par la « brume » qui existe dans cette nébuleuse comme dans notre galaxie et qui, le long de cette barre, se présente avec la plus forte densité et la plus grande épaisseur.

physiciens modernes ont été conduits à introduire aussi, dans la théorie de la lumière, un élément corpusculaire, et à parler de *grains de lumière* ou *photons*, comme on parle d'*atomes* pour la matière. Disons alors que l'espace est rempli de photons, qui se propagent en tous sens, mais tous avec la même vitesse par rapport à n'importe quel élément de matière. Cela représente, dans chaque mètre cube de l'espace, une certaine densité d'énergie, évidemment faible, mais cependant non négligeable. D'après les données que nous possédons sur le flux lumineux que nous recevons de l'ensemble des étoiles (et que l'on recevrait aussi en n'importe quel point de notre galaxie qui ne soit pas trop éloigné de la région centrale), on peut évaluer que, dans un volume grand comme celui de notre petite Terre, la quantité d'énergie rayonnante constamment présente serait d'environ 20 kilowatts-heure, valant environ 40 francs au tarif de l'éclairage électrique à Paris en 1939. La température d'un petit corps noirci suspendu dans l'espace arriverait au zéro *absolu* si ce rayonnement n'exista pas; le rayonnement des étoiles le maintiendrait à la température de 3° dans l'échelle absolue, ou — 270° de l'échelle centésimale. Evidemment, ce n'est pas chaud, c'est un peu au-dessous de la température d'ébullition de l'hélium liquide, mais c'est cependant une température beaucoup plus élevée que celle obtenue actuellement dans les laboratoires cryogéniques comme celui de Leyde, où l'on descend jusqu'au centième de degré de l'échelle absolue.

Les relations entre *lumière* et *matière* constituent un des chapitres les plus riches de la physique; la transformation de l'énergie rayonnante en chaleur est la plus simple et la plus brutale de ces actions réciproques, mais il en

est beaucoup d'autres, et dans l'espace où les atomes sont libres, presque sans collisions entre eux, ces interactions doivent se produire dans toute leur simplicité et dans toute leur variété. D'abord, le rayonnement peut produire sur les atomes des effets d'ionisation, c'est-à-dire d'arrachement d'un électron, particule devenue libre d'électricité négative, tandis que l'atome devient un *ion*, possédant une charge électrique positive. Or, ces ions existent réellement dans l'espace, et nous en avons déjà parlé sans les nommer: les expériences de laboratoire montrent que les raies H et K du calcium, qui ont été les premières à révéler que l'espace interstellaire n'est pas vide, sont émises non par l'atome neutre de calcium, que les chimistes représentent par le symbole Ca, mais par l'atome ionisé Ca+. C'est surtout sous cette dernière forme que le calcium se trouve dans l'espace; il y a bien quelques atomes neutres Ca, qui donnent par absorption leurs lignes caractéristiques, mais ces lignes sont faibles, montrant que ces atomes sont peu nombreux. C'est certainement l'action continue du rayonnement venu des étoiles, ou si l'on veut, le choc des photons contre les atomes, qui décompose



T W 20464

FIG. 6. — UNE NÉBULEUSE SPIRALE VUE DE FACE (CONSTELLATION DES CHIENS DE CHASSE)

Les diverses spires de la nébuleuse sont sensiblement dans un même plan; la structure complète est très plate. Notre « galaxie » qui comprend l'ensemble des étoiles (des dizaines de milliards) est, elle aussi, une nébuleuse spirale, que nous voyons de l'intérieur. Le plan de la voie lactée est celui où se développent les spires; il se projette par perspective sur le ciel sensiblement suivant un grand cercle de la sphère céleste, avec des divisions compliquées correspondant aux spires, probablement moins nombreuses et moins nettement développées que dans la nébuleuse représentée ici.

l'atome neutre Ca en un ion Ca<sup>+</sup> et un électron négatif. Les ions positifs et les électrons négatifs sont ainsi en nombre égal dans l'espace, mais nous ne savons pas encore déceler la présence des électrons.

D'autre part, certaines radiations de très haute fréquence agissant sur certains atomes libres peuvent les exciter et leur faire émettre leurs radiations caractéristiques, donnant un spectre de lignes séparées comme dans l'émission sous l'action du courant électrique que l'on voit dans les « tubes » au néon ou au mercure. C'est ainsi que s'expliquent les nébuleuses gazeuses, qui se trouvent toujours au voisinage d'étoiles à très haute température, dont le type le plus connu est la grande nébuleuse de la constellation d'Orion, visible dans une bonne jumelle. On avait autrefois voulu voir en elles des « mondes en formation »; un gaz extrêmement raréfié, presque du néant, un rayonnement de très haute fréquence, et c'est tout.

Enfin, toute matière qui reçoit un rayonnement le diffuse en partie, comme le font tous les objets qui sont autour de nous, comme le fait aussi un brouillard composé de gouttelettes d'eau et comme le fait un gaz. S'il existe des régions où la brume est plus dense et où voyage beaucoup de lumière, cette brume peut être rendue visible

en clair sur fond sombre, donnant un « spectre continu » comme celui de la lumière qui l'éclaire. De telles luminosités formant des panaches de formes compliquées existent, par exemple, dans le groupe bien connu des Pléiades. Mais, en réalité, la lumière venue des étoiles et diffusée par la matière interstellaire existe, à un moindre degré, dans toutes les parties du ciel. Son étude n'est pas facile,

parce que cette lumière est complètement amortie et se mélange avec la lumière atmosphérique; c'est seulement dans ces dernières années que l'étude en a pu être faite. Il fallait d'abord la mesurer, en la séparant de la lumière des étoiles. On s'est servi pour cela d'une méthode photographique dont j'avais indiqué le principe en 1908 et qui a été adaptée à la grande lunette de l'Observatoire Yerkes, le plus grand réfracteur du monde, en 1936. La figure 4 en donne le schéma. D'autres instruments, réalisés dans le nouvel observatoire du Texas (U.S.A.), permettent d'obtenir le spectre de la faible lumière émise par l'espace interstellaire, là où aucune étoile n'est visible. Il s'est confirmé que cette lumière, indépendante de celle qu'émet notre atmosphère, est présente partout dans le ciel. Elle se compose pour une part de lumière stellaire diffusée par la brume interstellaire, comme la lumière solaire est diffusée par un brouillard. Il y a aussi, presque partout, de la lumière directement émise, donnant principalement le spectre de l'hydrogène, certainement émis par des atomes d'hydrogène errants dans l'espace, excités par la lumière des étoiles. D'ailleurs, ces atomes d'hydrogène ne se laissent pas déteindre par absorption, comme le font les atomes de calcium, parce que leurs lignes d'absorption ne se trouvent que dans l'ultraviolet lointain, région spectrale que l'atmosphère terrestre nous cache complètement.

Notre galaxie, avec ses milliards d'étoiles et son diamètre de cent mille années-lumière, n'est qu'une petite province de l'Univers. Au-delà se trouvent de nouveaux espaces vides, énormément plus grands, dans lesquels flottent d'autres galaxies, analogues à la nôtre, que nous



T W 20463

FIG. 7. — LA GRANDE NÉBULEUSE DE LA CONSTELLATION D'ANDROMÈDE, TOUT JUSTE VISIBLE A L'ŒIL NU, MAIS FACILEMENT OBSERVABLE DANS UNE BONNE JUMELLE

C'est une « nébuleuse spirale », la plus voisine de nous avec une nébuleuse de la constellation du triangle; sa distance à la terre n'est que d'un million d'années de lumière. Nous la voyons obliquement, dans une orientation intermédiaire à celle qui correspond aux nébuleuses représentées figures 5 et 6. Elle est très semblable à notre galaxie, bien qu'elle soit probablement un peu plus petite. Comme notre galaxie, elle est formée de milliards d'étoiles, dans lesquelles on retrouve la plupart des particularités que nous connaissons parmi nos étoiles : étoiles variables, amas d'étoiles, de temps en temps étoiles nouvelles.

voyons sous la forme de *nébuleuses spirales*. Il en existe un nombre immense, certainement des millions, dont les plus lointaines se voient comme des points qui se distinguent difficilement des étoiles. Leur étude sortirait de notre cadre; nous n'en dirons que ce qui peut servir à éclairer notre sujet, limité à l'espace intérieur à notre galaxie. Disons cependant que l'espace intergalactique paraît réellement vide, ou que du moins aucune absorption de la lumière n'a pu y être révélée; c'est là qu'il faudrait aller, à quelques centaines de millions d'années de lumière de notre galaxie et de toutes les autres, pour trouver un espace réellement pur de toute matière. Il resterait bien quelques rares photons provenant des lointaines galaxies, mais il règne presque la nuit totale et la température du zéro absolu.

Chacune de ces galaxies est un univers analogue au nôtre; la plus voisine, la nébuleuse d'Andromède, visible à l'œil nu, est à une distance évaluée à un million d'années de lumière. Elle paraît à peu près semblable à la nôtre, probablement un peu moins grande; en la regardant, on peut s'imaginer que l'on a sous les yeux notre propre univers galactique vu de loin, et par suite mieux vu dans son ensemble que lorsque nous le voyons de l'intérieur. Dans chacune de ces nébuleuses, on voit nettement des traînées sombres, marquant l'emplacement de brumes particulièrement épaisse. Quelques-unes de ces nébuleuses sont vues par la tranche; leur forme spiralee disparaît, mais on voit alors que, sous sa plus grande épaisseur, la nébuleuse est opaque.

### L'Univers extragalactique

Dans la question qui nous occupe, les nébuleuses extragalactiques présentent donc cet intérêt qu'elles nous montrent, en quelque sorte, notre propre image vue de l'extérieur. Elles en présentent un autre: elles nous fournissent des repères très éloignés, que nous voyons à travers notre brume interstellaire comme des phares lointains dont la visibilité permet au marin de juger de la transparence de l'air. Schématiquement, notre galaxie occupe un volume ayant la forme d'une galette plate, représentée schématiquement figure 8. Le centre de la galaxie est en O, et le Soleil occupe une position légèrement excentrique en S. Le plan E est celui de l'équateur galactique, dont le « pôle » est dans la direction P, dans la constellation de la chevelure de Bérénice. Tout objet situé à grande distance dans une direc-

tion N est vu à travers une épaisseur de galaxie d'autant plus grande qu'il est vu plus près de l'équateur galactique. Or, l'observation des nébuleuses extragalactiques révèle un fait très remarquable, qui a paru longtemps inexplicable: dans la direction P et les directions voisines, les nébuleuses « spirales » sont extraordinairement nombreuses. À mesure qu'on s'approche du plan de l'équateur galactique, elles deviennent plus rares, et au voisinage de ce plan il n'y en a plus du tout. Ce fait d'observation avait été exprimé par la formule suivante: « les nébuleuses spirales fuient la voie lactée »; fait inexplicable avant la découverte de la « brume interstellaire » et de la place des « spirales » dans l'Univers. Maintenant, tout est éclairci: les spirales ne « fuient » pas la Voie lactée; chacune d'elles est, si l'on peut ainsi dire, trop loin de nous pour avoir peur de notre galaxie et de son équateur. Elles sont également réparties dans toutes les directions, mais au voisinage de l'équateur galactique l'épaisseur de brume que leur lumière devrait traverser est si forte que rien ne parvient jusqu'à nous. L'existence de la matière interstellaire est ainsi confirmée, et des évaluations de son absorption peuvent se déduire de cette observation.

### L'ancienne et la nouvelle astronomie

Pendant longtemps, c'est sur le monde planétaire que s'est porté presque uniquement l'effort des astronomes. Il a fallu des siècles pour démêler les mouvements de ces astres errants, créer la « mécanique céleste », ayant comme base les mathématiques les plus ardues et comme couronnement une prévision admirablement précise des mouvements des planètes. Les problèmes dont nous avons essayé de donner une idée, ainsi que tous ceux qui sont relatifs aux astres lointains, se présentent d'une manière bien différente. La haute précision ne peut y être atteinte; la « mécanique céleste » n'y joue qu'un faible rôle, mais c'est tout l'arsenal des méthodes physiques qui entre en action. C'est une autre science, liée bien plus à la physique qu'aux pures mathématiques, c'est l'*astronomie physique*, par opposition à l'*astronomie mathématique*. Dans l'étude de l'univers lointain, on peut dire que l'on perd en précision ce que l'on gagne en étendue, parfois même une part d'hypothèse intervient. Mais qu'importe? Les problèmes posés sont de ceux que l'esprit humain ne peut repousser par un aveu d'impuissance, et les résultats sont beaux.

Charles FABRY.

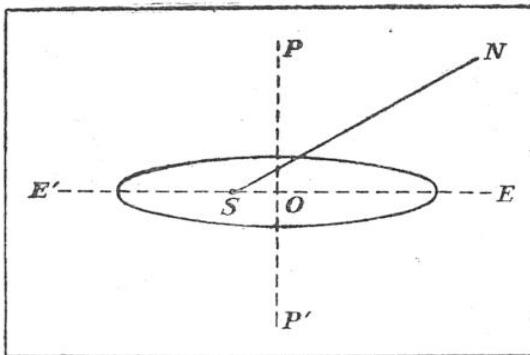


FIG. 8. — COUPE SCHÉMATIQUE DE NOTRE GALAXIE PAR UN PLAN PASSANT PAR LA LIGNE DE SES POLES ET PAR LE SOLEIL

Le soleil est en S, en une position un peu excentrique. EE' est le plan de l'équateur de la galaxie, appelé aussi « plan galactique »; PP' est l'axe ou ligne des pôles de la galaxie. Les nébuleuses spirales sont bien loin en dehors de la figure; nous voyons chacune d'elles (et il y en a des millions) à travers une épaisseur de galaxie d'autant plus grande qu'elle se voit plus près du plan EE'. Une nébuleuse spirale située dans la direction SE est complètement invisible parce que, dans cette direction, la brume est trop épaisse pour que la lumière puisse la traverser. C'est la raison pour laquelle on ne trouve pas de « spirales » au voisinage de la voie lactée, tandis qu'on en trouve des millions dans les autres régions du ciel.

# UNE ARME NOUVELLE DE 1942 : LA BOMBE-FUSÉE

par Camille ROUGERON

*Les succès remportés par l'aviation de l'Axe contre les convois britanniques en Méditerranée s'expliquent, si l'on en croit les déclarations officieuses de l'Amirauté de Londres, par l'emploi d'un type de bombe « que les experts considèrent comme l'innovation technique la plus importante depuis l'introduction de la mine magnétique ». Ce nouvel engin, qui serait employé également contre les chars par les avions d'assaut russes, est la résurrection d'une arme inventée il y a plus de deux mille ans : la fusée. Sous sa nouvelle forme, elle évite les deux principaux défauts qui lui furent longtemps attribués : l'imprécision et le danger pour l'utilisateur. La vitesse considérable qui lui est communiquée dès le départ assure, en effet, la précision du lancement, et, d'autre part, l'emploi des poudres modernes à combustion lente et régulière élimine tout risque de déflagration intempestive. Les applications de la bombe-fusée sont multiples, et elle possède à la fois les deux facteurs de puissance d'un projectile : grande charge d'explosif, vitesse à l'impact très élevée. Il n'est pas interdit de penser qu'elle bouleversera, non seulement la guerre aérienne, mais l'organisation même des armées et des marines.*

## La bombe-fusée et l'attaque des convois britanniques en Méditerranée

**S**i les transports britanniques à destination du Moyen-Orient ont depuis longtemps abandonné la Méditerranée pour la route du Cap, cette ressource manquait au ravitaillement de Malte. De temps à autre, un convoi de Gibraltar ou d'Alexandrie parvenait à atteindre l'île, souvent avec des pertes sévères, mais pas suffisantes pour empêcher de recommencer.

A la mi-juin, la situation a brusquement empiré. Si l'on en croit le communiqué récapitulatif italien du 19 juin — et on doit le faire puisque certains orateurs ont pu affirmer sans démentir à la Chambre des Communes que les pertes britanniques, que l'Amirauté se refusait à publier, étaient encore supérieures — le premier des convois, parti de Gibraltar, comprenait plus de trente unités. Il fut attaqué les 14 et 15 juin, d'abord par des sous-marins, puis par des avions, enfin par une division légère. Les pertes britanniques s'élèverent à trois croiseurs, deux contre-torpilleurs et neuf navires de commerce coulés, un navire de ligne, un porte-avions, trois croiseurs, quatre contre-torpilleurs et plusieurs navires de commerce endommagés. Deux navires de commerce et quelques unités de petit tonnage seulement ont pu atteindre Malte.

Le deuxième convoi, venant d'Alexandrie, comprenait plus de cinquante unités. Il fut d'abord attaqué par les avions de la « Luftwaffe » basés en Crète; il fit ensuite demi-tour, probablement à l'annonce de la sortie de la flotte italienne, et fut à nouveau soumis aux attaques de l'aviation. Les pertes subies par ce convoi furent de six croiseurs ou contre-torpilleurs, deux

vedettes et six navires de commerce coulés, dix-huit navires de commerce endommagés. Aucun navire ne parvint à Malte.

En regard, les pertes navales et aériennes que l'Amirauté britannique attribue à l'adversaire sont minces.

Si les chiffres donnés à propos du convoi de Gibraltar ne permettent pas de séparer l'effet de la flotte de surface, de la flotte sous-marine et de l'aviation italienne, l'affaire du convoi d'Alexandrie est parfaitement démonstrative. Elle appartient à cette série de rencontres aéronavales inaugurée en mer de Corail, où les avions de chaque parti attaquent les navires de l'autre, sans que les navires puissent se rapprocher entre eux à distance de vue. Le convoi britannique d'Alexandrie fut attaqué à deux reprises par l'aviation allemande et italienne; la flotte de ligne italienne partie à sa rencontre fut, si l'on en croit les communiqués britanniques, sévèrement touchée par les « forteresses volantes » américaines basées sur Alexandrie, mais les navires ne purent « échanger » aucun coup de canon.

Le 19 juin, Londres donnait l'explication de l'échec : les avions de l'Axe avaient utilisé un nouveau type de bombe, une bombe-fusée lancée en piqué, dont l'autopropulsion améliore à la fois la précision et la puissance de perforation. On nous apprend par la même occasion qu'elle est d'un type semblable à celle que les derniers avions d'assaut russes, les « Stormovik », emploient, pour les mêmes raisons, dans l'attaque des chars.

Mais les deux études ont été conduites séparément, même si l'aviation russe a été la première à employer la bombe-fusée au combat. Il suffisait à l'Amirauté britannique de lire la presse italienne pour découvrir la menace qui l'attendait. Résumant en octobre 1941, à l'occasion du 19<sup>e</sup> anniversaire de la « Marche sur

Rome », les nouveautés aériennes de l'année, *Le Vie dell'Aria* pouvait écrire sur le bombardement en piqué des navires : « L'énergie cinétique des bombes les plus lourdes ne leur permet plus de traverser le blindage protecteur actuel des grandes unités navales ; mais, dans un avenir plus rapproché qu'on ne pourrait le croire, il sera possible d'accroître considérablement la force vive d'une bombe en cours de chute par l'expulsion de gaz à de très grandes vitesses. Lorsque quelques quinzeaux d'acier spécial l'auront entamé grâce à leur vitesse de 300 à 350 m/s, quelques kilogrammes d'explosif très brisant suffiront à détruire n'importe quel blindage. »

### Vogue et déclin des fusées de guerre

La fusée « de guerre », c'est-à-dire l'engin perforant, incendiaire ou explosif appliquant à sa propulsion le principe de la fusée, a été connue de temps immémorial dans l'Inde et en Chine, d'où elle pénétra dans le monde occidental, vers le VII<sup>e</sup> siècle, par la voie de l'Empire grec. Elle y fut alors employée comme engin incendiaire, puis comme engin perforant (les fusées à fer de flèche qui figurent sur l'inventaire de 1381 de l'arsenal de Bologne ne sont autres que les « flèches à feu » des Chinois), enfin comme engin explosif dès la découverte des propriétés explosives de la poudre. La fusée fut utilisée pendant près de deux siècles concurremment avec le canon ; c'est avec des fusées que Dunois incendia Pont-Audemer en 1449, avant d'en escalader les murs. Mais elle fut abandonnée dans les armées européennes dans le courant du XVI<sup>e</sup> siècle, à cause de son imprécision.

Les Hindous et les Chinois continuèrent à s'en servir et la fusée de guerre réapparut en Europe aux premières années du XIX<sup>e</sup> siècle. Ce furent les résultats qu'en obtinrent en 1799 les troupes de Tippo-Sahib, roi de Mysore, contre les Anglais qui donnèrent à William Congrèves, alors capitaine au service de la Compagnie des Indes, l'idée de les réintroduire. Pour être juste, on devrait rapporter le mérite de ce retour de faveur à un Français, le colonel d'artillerie

Prévôt, qui eut l'idée de lancer dans la maturité des vaisseaux des fusées incendiaires munies de crochets. Voici l'avis du prince de Nassau, sous les ordres duquel servait Prévôt, sur les résultats obtenus : « M. Prévôt, l'officier français que vous avez mis à ma disposition, m'a été d'un grand secours pendant toute la campagne. Les fusées de guerre qu'il a inventées ont fait beaucoup de mal à l'ennemi, en désorganisant sa flotte et brûlant ses vaisseaux. » Mais Prévôt eut le tort de mourir en 1798 à Sébastopol et les fusées réimportées de l'Inde restèrent, pour tout le monde, des « fusées à la Congrève ».

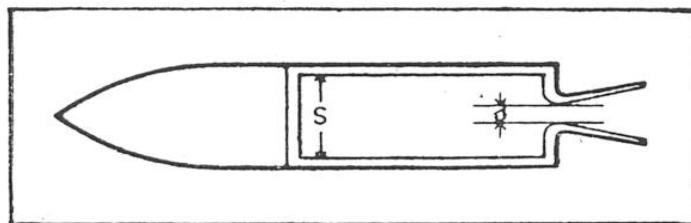
Il faut du moins reconnaître à Congrève, qui n'était pas artilleur, le mérite d'en avoir poursuivi la mise au point avec obstination, malgré une opposition tenace des services officiels britanniques, aussi acharnés que tant d'autres à défendre les armes traditionnelles. Expérimentées à Woolwich en 1804, les fusées furent employées en 1806 par Congrève lui-même contre la flottille de Boulogne ; ce fut un échec. L'année suivante, elles connurent le plus grand succès à Copenhague, et se répandirent dans plusieurs armées d'Europe. En 1855 encore, les corps de « fusées » français obtenaient avec elles, au dire du commandement russe, d'excellents ré-

sultats au siège de Sébastopol.

Le déclin de la fusée ne devait pas tarder. Elle fut réduite à nouveau aux fonctions peu glorieuses de fusée éclairante, de fusée de signaux et d'engin pour feu d'artifice. L'explication en était dans la naissance de l'artillerie rayée et l'emploi de l'acier à la construction des tubes qui donnaient à l'artilleur tout ce qu'il pouvait désirer : précision, portée, puissance de perforation... Les fusées de Sébastopol, avec leurs 6 000 m de portée, ne pouvaient concurrencer l'artillerie nouvelle. Ou, du moins, les artilleurs l'ont affirmé jusqu'à présent.

### La bombe-fusée

La première application de la propulsion par fusée à la bombe d'aviation est due au capitaine de frégate Le Prieur, de la marine fran-



T W 20444  
FIG. 1. — LE PRINCIPE DE LA PROPULSION PAR FUSÉE

La combustion de la poudre à haute pression dans un corps résistant, débouché sur l'arrière, exerce vers l'avant une force égale au produit de la masse de gaz expulsés par seconde par leur vitesse d'éjection. Par exemple, une fusée brûlant un poids de 10 kg de poudre par seconde (c'est-à-dire une masse 10 : 9,81), dont les gaz sont éjectés à 2 500 m/s, exerce une force de propulsion de 2 500 kg environ. On conçoit donc qu'en conservant à la charge de poudre une faible partie du poids de la fusée, on puisse atteindre une vitesse élevée. 20 kg de poudre par exemple, brûlant à 10 kg par seconde et sortant à 2 500 m/s, imprimeront à une bombe pesant 250 kg initialement au repos une accélération égale à 10 fois celle de la pesanteur, soit, après 2 secondes, une vitesse de 200 m/s (non compris l'action de la pesanteur, et en négligeant la résistance de l'air et la légère diminution de poids de la bombe en cours de combustion). Si la bombe a une vitesse initiale de 150 m/s, la même vitesse de 200 m/s lui est imprimée sous forme de supplément de vitesse. La force de propulsion est indépendante de la vitesse que peut avoir le corps ; le travail utile de cette force est donc directement proportionnel à cette vitesse. La valeur de l'effort de propulsion résulte immédiatement de l'application du « théorème des quantités de mouvement ». Mais la connaissance de ce théorème n'est pas nécessaire pour comprendre le principe de la propulsion. La force vers l'avant tient à ce que, vers l'avant, la pression de la poudre s'exerce sur la section S, et vers l'arrière, sur la section S-s. Si la pression de combustion est de 500 kg/cm<sup>2</sup>, la section s au col de la tuyère d'éjection devra être de 5 cm<sup>2</sup> pour produire l'effort de propulsion de 2 500 kg. La tuyère d'éjection a pour effet d'augmenter la vitesse des gaz (explication par le théorème des quantités de mouvement) ou de faire tomber la pression au col à une valeur peu différente de la pression extérieure (explication par le jeu des pressions internes). Les deux effets sont d'ailleurs corrélatifs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

caise, qui l'utilisa en 1916 contre les ballons d'observation allemands du front de Verdun. Des fusées à baguette ordinaires, fixées dans la mâture d'un biplan, pouvaient être allumées électriquement par le pilote qui dirigeait son appareil en piquant contre le ballon. Ces fusées comptaient à leur actif l'incendie de plusieurs ballons. Mais la mise au point simultanée de la balle incendiaire les détrônait une fois de plus.

On ne saurait dire que, pendant les vingt ans qui suivirent, la bombe-fusée fut reléguée dans l'oubli. Il n'est pas d'année où l'on ne pro-

pose supposait en effet la croyance dans la supériorité du lancement en piqué pour les avions modernes, ce qui n'était pas accepté sans résistance. Le lancement précis en vol horizontal était le mode normal d'emploi de l'avion lent; le lancement précis en piqué devenait celui de l'avion rapide; la fusée dont l'adjonction équivalait à un relèvement de la vitesse de lancement ne se justifiait que si l'on admettait le piqué. Mais, alors, la fusée répondait à toutes les exigences : la tension de la trajectoire qui simplifiait les calculs de lancement et

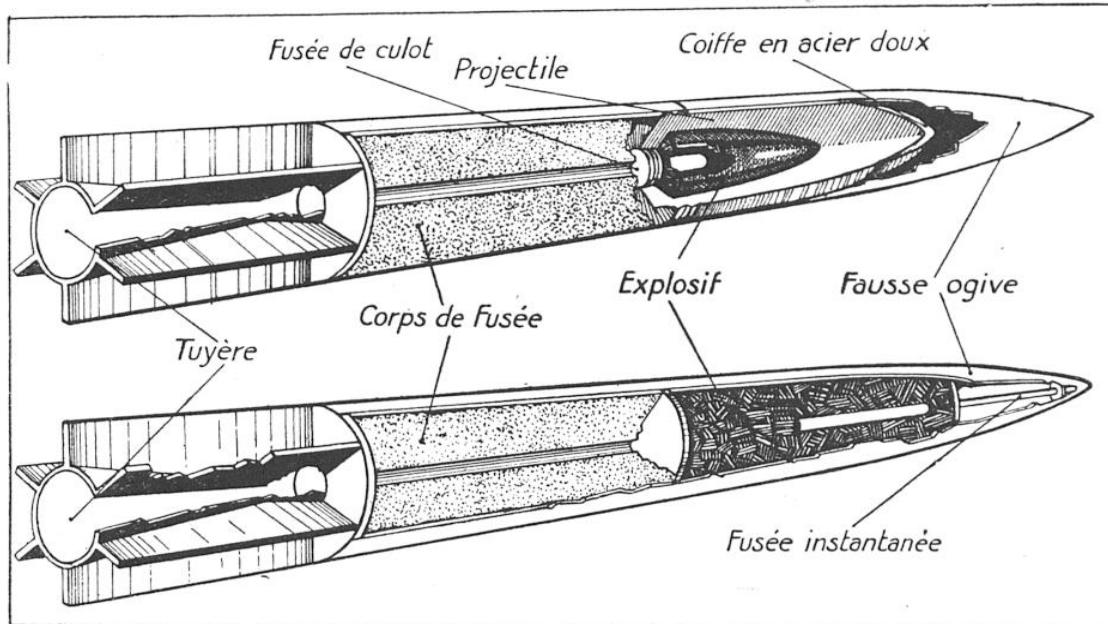


FIG. 2. — BOMBE-FUSÉE DE PERFORATION ET BOMBE-FUSÉE A FORTE TENEUR D'EXPLOSIFS

T W 20443

Les vitesses supersoniques atteintes par ces bombes imposent les formes des projectiles d'artillerie; il est même certain que l'empennage habituel représente une résistance trop élevée qu'on supprimera sur les bombes à très grande vitesse en inclinant sur l'axe de la bombe les tuyères d'échappement (décomposées en deux ou quatre), de manière à donner une stabilisation gyroscopique; la suggestion en a été faite depuis longtemps pour tous les engins propulsés par réaction qui supportent la force centrifuge. La bombe de perforation reproduit les dispositions habituelles des projectiles de perforation de marine : fausse ogive, coiffe en acier doux pour faciliter la pénétration dans les blindages cémentés, fusée de culot à retard provoquant l'explosion après perforation du blindage; elle en diffère par l'allégement considérable du culot qui n'est pas soumis à la pression du tir, d'où possibilité d'allonger le projectile sans risque de rupture à l'arrivée sur la plaque en incidence oblique, et relèvement de la teneur en explosif qui peut être doublée. La bombe à forte teneur d'explosif, à corps en alliage léger, est munie d'une fusée instantanée provoquant l'explosion avant son écrasement, au contact du premier obstacle rencontré. Ces deux types de bombes conviennent, l'un et l'autre, aussi bien contre fortins bétonnés et navires protégés; le premier agit dans les deux cas par voie de perforation du béton ou du blindage; le deuxième par effet de souffle sur le béton et ses occupants, ou sur les superstructures du navire. Les caractéristiques de ces bombes sont données dans le tableau I.

sât quelque engin compliqué, à direction automatique ou télécommandée, où la propulsion par réaction ne jouait un rôle, avec le concours au moins de l'oxygène liquéfié. Cette floraison de suggestions et d'inventions ne paraît pas avoir fait beaucoup avancer la question.

Ce n'est qu'en 1936, croyons-nous, que fut posé le principe des nombreuses applications tactiques de la forme de réalisation la plus simple qu'on pût concevoir, celle de l'adjonction d'une fusée au culot d'une bombe ordinaire, en même temps qu'était affirmée la convenance à cet usage des poudres à la nitroglycérine.

L'intérêt pour la bombe-fusée sous cette

augmentait la précision, la réduction de durée de trajet précieuse contre objectifs mobiles, l'augmentation de vitesse à l'impact qui relevait la puissance de perforation.

Tous ces résultats réclamaient-ils la solution des nombreux et difficiles problèmes que pose la propulsion à réaction dans ses applications à la navigation, à la navigation aérienne en particulier? En aucune façon.

Pour atteindre les suppléments de vitesse réclamés, toute poudre suffisait, même la vieille poudre noire. Mais la poudre B, et mieux encore les poudres sans dissolvant à la nitroglycérine, donnaient toutes les vitesses désirées.

bles. Aucun besoin d'air ou d'oxygène comprimé ou liquéfié, ni de ces groupes compresseurs qui compliquent tant les réalisations d'avions mis par réaction.

L'exécution mécanique était simplifiée à l'extrême. Le difficile problème du choix des métaux pour tuyères destinées à fonctionner en régime permanent dans un jet de gaz à 1500° C et quelques centaines de kg/cm<sup>2</sup> se trouvait résolu. N'importe quel acier convenait. La tuyère était ainsi brûlée en trois ou quatre secondes. Mais aucun inconvénient n'en résultait quand on pouvait régler la combustion pour qu'elle soit terminée en deux secondes.

Enfin, une réalisation aussi simple se traduisait par un rendement très supérieur à tout ce qu'on peut espérer atteindre avec les plus perfectionnés des dispositifs de propulsion aérienne par réaction. Le rendement thermique possible, qui n'était plus limité par des exigences de résistance à la température, était très élevé; le rendement de propulsion, lié à la vitesse de l'engin propulsé, était également très supérieur à ce qu'on pouvait attendre d'un montage sur avion.

Tous ces avantages, indiscutables à l'étude théorique du problème, ne suffirent cependant pas, pendant longtemps, à décider les intéressés à l'expérimentation d'un peu de poudre et d'une tuyère dans le culot d'une bombe. Ils ne parvenaient pas à vaincre le double préjugé de l'imprécision et du danger des projectiles à fusée.

### La précision de la bombe-fusée

L'imprécision de la fusée est une donnée qui paraissait des mieux établies, et qui l'avait fait condamner par deux fois, au XVI<sup>e</sup> et au XIX<sup>e</sup> siècle. Les spécialistes en balistique ne manquaient pas de recommander la prudence aux inventeurs et de rappeler l'histoire de cette fusée qu'on lança un jour de grand vent au polygone de Metz et qui fit demi-tour pour venir s'abattre sur la ville et y blesser une femme.

Les promoteurs de son application à la bombe affirmaient au contraire que l'amélioration de précision du lancement serait un des premiers résultats obtenus; ils ne lisent pas aujourd'hui sans une certaine satisfaction les déclarations de l'Amirauté britannique qui leur donnent raison et attribuent à la précision des nouveaux engins leur efficacité.

Comment expliquer la contradiction?

Il est incontestable que la fusée de guerre, lancée sur « chevalet », par simple allumage de la poudre, sans aucune vitesse initiale, est un engin des plus imprécis. De toutes les causes de dispersion (irrégularité de combustion des poudres sous faible pression, action du vent sur les projectiles à vitesse modérée...), la plus importante est, de beaucoup, l'action variable du vent au voisinage du sol au cours de la lente montée en vitesse de l'engin. Prenons l'exemple d'une fusée dont la portée soit de 3 500 m, qui aura besoin d'une vitesse de

200 m/s pour l'atteindre et qui recevra cette vitesse au cours des 500 premiers mètres de la trajectoire. La loi de prise de vitesse est sensiblement celle du mouvement uniformément accéléré; à 20 m du point de lancement, la vitesse n'est encore que de 40 m/s. Par vent moyen au sol, des vitesses de vent de 10 m/s sont courantes à cette altitude; le vent au voisinage du sol est naturellement irrégulier. A chaque instant, la fusée tendra à s'orienter dans la direction résultante de la vitesse du vent et de sa vitesse propre changée de signe; elle y par-

viendra d'autant mieux que ses dimensions, donc son inertie, seront plus faibles et qu'elle sera mieux empennée. Une résistance de l'air qui, pendant les premières dizaines de mètres de la trajectoire et une durée de parcours de l'ordre de la seconde, peut se trouver décalée de plusieurs dizaines de degrés, d'une manière irrégulière, sur la direction initiale du vent au point de lancement, peut modifier de plusieurs degrés la direction de la fusée. A chaque instant, l'effort de propulsion est dirigé suivant la nouvelle direction prise; le supplément de vitesse correspondant est imprimé dans cette direction. Au total, la vitesse finale imprimée au cours d'une combustion de plusieurs secondes de durée se trouve être la résultante de fractions de direction très variable suivant le vent qui règne dans les couches traversées.

La prise de vitesse de la bombe-fusée échappe entièrement à cette cause essentielle d'irrégularité en raison de la vitesse initiale élevée qu'elle possède lorsqu'elle quitte l'avion. Rencontrerait-elle, à 20 m de l'avion, un vent différent de 10 m/s de celui qu'elle subissait à l'instant du lancement, que la déviation imprimée par ce vent à la bombe-fusée à 150 m/s de vitesse initiale resterait faible.

Mais l'avion lançant à 1 000 ou 1 500 m d'al-

CARACTÉRISTIQUE	BOMBE DE PERFORATION	BOMBE A FORTE TENEUR D'EXPLOSIF
Poids total .....	250 kg	250 kg
Poids d'explosif .....	8,8 kg	108 kg
Poids perforant .....	198 kg	
Poids de poudre .....	42,5 kg	99 kg
Poids du corps de fusée .....	5 kg	11,5 kg
Calibre .....	230 mm	307 mm
Pression de combustion .....	125 kg/cm <sup>2</sup>	125 kg/cm <sup>2</sup>
Rendement thermique .....	0,61	0,61
Supplément de vitesse dû à la fusée .....	460 m/s	1 500 m/s

TABLEAU I. — CARACTÉRISTIQUES DES BOMBES DE LA FIGURE 2

Le tableau ci-dessus donne les caractéristiques des deux bombes de 250 kg, l'une de perforation et l'autre à forte teneur d'explosif, conformes aux schémas de la figure 2. La bombe de perforation est une bombe à vitesse moyenne, 600 m/s environ. La bombe à forte teneur d'explosif est une bombe à grande vitesse, 1 650 m/s environ; on ne dira pas à très grande vitesse, les très grandes vitesses, en technique de bombes-fusées, s'entendant des vitesses de 2 500 à 5 000 m/s. La possibilité d'atteindre économiquement ces vitesses, pour les très fortes teneurs de l'engin en poudre, tient à ce que la force de propulsion s'applique non pas à la masse initiale de la fusée, mais à une masse progressivement décroissante jusqu'à la masse finale. L'emploi des pressions de combustion modérées, donc de corps de fusée très légers, est indispensable à ce résultat. On notera que l'on imprime un supplément de vitesse de 1 500 m/s à une bombe de 250 kg, avec un corps de fusée ne pesant que 11,5 kg, et qui est une simple tôle mince d'acier travaillant à 50 kg/mm<sup>2</sup>.

titude ne court aucun risque, surtout en mer, de se trouver au milieu de vents aussi variables. Les rafales au voisinage du sol tiennent aux irrégularités de surface, et, sauf en région montagneuse, ne s'étendent pas très haut. La prise de vitesse de la bombe-fusée, qu'il n'y a d'ailleurs aucun intérêt à prolonger sur plus de quelques centaines de mètres, ne se fera donc pas en air troublé.

Enfin, par ses dimensions et son inertie, la grosse bombe d'avion est beaucoup moins sensible à la rafale que la fusée de quelques kilogrammes qu'on employait comme fusée de guerre.

Ainsi, par la vitesse initiale qu'elle possède, par le lancement hors du voisinage du sol, et par son poids, le lancement de la bombe-fusée diffère essentiellement du tir des fusées de guerre au sol et n'est exposé à aucune dispersion importante. Sur les avions rapides actuels, le résultat doit être tout à fait comparable à celui du tir d'un canon à vitesse modérée.

### La sécurité d'emploi de la bombe-fusée

La réputation de la fusée comme source d'accidents graves était aussi bien établie que son imprécision, et les spécialistes en pyrotechnie n'étaient pas moins affirmatifs que les spécialistes en balistique : le chargement d'une fusée était une opération délicate qui ne pouvait être confiée qu'à un personnel exercé, et les prescriptions détaillées de la « leçon de confection » ne suppléaient pas toujours le « tour de main » du vieil artificier qui avait vu opérer ses prédécesseurs du Second Empire. La prudence s'imposait d'autant plus que l'expérience continuait à vérifier ces craintes ; on ne comptait plus les accidents de ces chercheurs qui prétaient à appliquer la propulsion par fusée à l'automobile et l'avion, et sautaient avec leur véhicule quand il plaisait à leur poudre de passer du régime propulsif au régime explosif. On conçoit que les aviateurs n'aient pas toujours été très enthousiastes à l'idée d'emporter sur leurs appareils des engins aussi capricieux.

Les promoteurs de la bombe-fusée ne partageaient pas cette inquiétude. Ils affirmaient qu'à condition d'employer le même produit qui don-

nait pleine satisfaction dans les gros canons, les tubes lance-torpilles et les catapultes à poudre, on obtiendrait la même combustion régulière sans danger d'explosion. Ils n'hésitaient même pas à préconiser des poudres spéciales à teneur élevée de nitroglycérine pour ceux qui trouvaient insuffisants la puissance et le rendement des poudres ordinaires ; quel inconvénient y avait-il à ce que les tuyères fussent brûlées en deux secondes au lieu de trois ?

Trois sortes de poudres s'offrent au choix de l'inventeur qui veut se borner à celles qui ont fait leurs preuves dans le canon : la poudre noire, la poudre B, la poudre sans dissolvant.

Que la poudre noire ait pu être employée pendant des siècles jusqu'à une époque assez récente pour tant d'applications pyrotechniques, donne une certaine idée du courage des artilleurs et de ceux qui consentaient à vivre à leurs côtés. Dans le cas particulier de la fusée, le problème était de tasser régulièrement un massif de poudre, de manière à le faire brûler par « couches parallèles », la moindre hétérogénéité du bloc se traduisant par des irrégularités de la vitesse de combustion, des fissures, une augmentation de la surface en réaction, et finalement l'explosion du corps sous une pression qu'il n'était pas établi pour supporter. Le tour « de main », ou de poignet, de l'artificier qui devait assurer ce résultat à petits coups de maillet était évidemment indispensable.

La poudre B (1) présentait sur la poudre noire l'avantage d'une puissance, mesurée par son pouvoir calorifique, très supérieure, et surtout de substituer à un corps pulvérulent tassé une

(1) La poudre noire est un mélange intime de charbon, de soufre et de salpêtre (la poudre noire de guerre contient 75 % de salpêtre, 12,5 % de soufre et 12,5 % de charbon). La poudre B, sans fumée, est obtenue en mélangeant un solvant (alcool-éther) avec du coton-poudre (coton trempé dans l'acide nitrique) soluble dans ce solvant et du coton-poudre insoluble. La poudre SD (sans dissolvant) est un mélange de coton-poudres titrant 11,7 % d'azote avec environ 25 % de nitroglycérine. Cette poudre est stabilisée par de la centralité ou diéthylidiphénolurée qui est sans action sur les nitrocelluloses. (Voir *La Science et la Vie*, n° 254 (août 1938), page 117.)

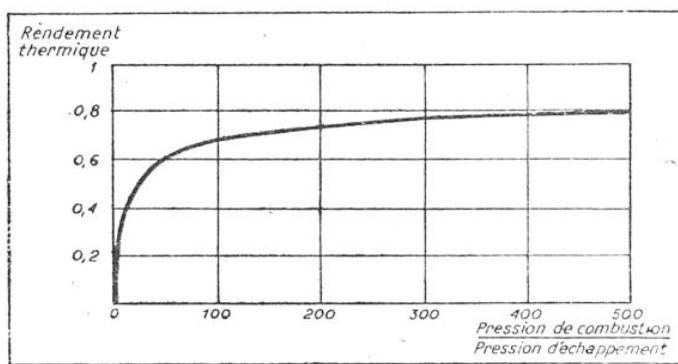


FIG. 3. — LE RENDEMENT THERMIQUE DE LA FUSÉE

Le « rendement thermique » est le rapport de l'énergie cinétique des gaz de la combustion à l'énergie chimique de la poudre. La courbe en donne la valeur en fonction des pressions de combustion et d'échappement, pour une poudre dont le pouvoir calorifique serait de 1 200 cal/kg, en négligeant les pertes de chaleur par conductibilité et les pertes dans la tuyère de détente. Mais ces pertes sont faibles dans le cas de la bombe-fusée où rien n'oblige à limiter les températures ; les chiffres réels sont environ les neuf dixièmes des chiffres du tableau. On observera qu'on obtient des rendements très élevés pour des pressions très inférieures à celles qui sont en usage dans les canons ; pour réduire au minimum le poids mort qui est celui du corps, la pression optimale de fonctionnement sera donc faible, de l'ordre de 100 kg/cm<sup>2</sup> ; un corps de tôle d'acier de 2 mm suffira donc amplement pour une bombe de 20 cm de diamètre. L'abscisse du diagramme est le rapport de la pression de combustion à la pression d'échappement, rapport qui au sol est sensiblement égal à la pression de combustion exprimée en kg/cm<sup>2</sup>, et qui, pour une même pression de combustion, augmente dans l'air rarefié de la haute atmosphère. Les bombes-fusées à grande portée, pour lancements stratosphériques en vol horizontal pourront donc avoir un rendement très élevé, avec des corps en tôle très mince.

poignet, de l'artificier qui devait assurer ce résultat à petits coups de maillet était évidemment indispensable.

La poudre B (1) présentait sur la poudre noire l'avantage d'une puissance, mesurée par son pouvoir calorifique, très supérieure, et surtout de substituer à un corps pulvérulent tassé une

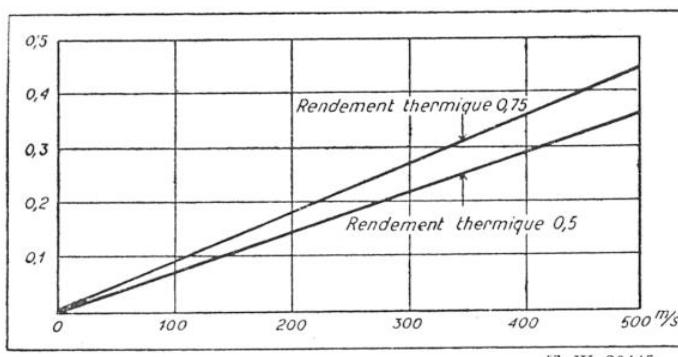


FIG. 4. — LE RENDEMENT DE PROPULSION DE LA FUSÉE

Le « rendement de propulsion » est le rapport, à l'énergie cinétique des gaz de la combustion, du travail utile de propulsion, proportionnel au produit de la force de propulsion par la vitesse de la fusée. Il est donc fonction à la fois de la vitesse de la fusée et du rendement thermique dont dépend la vitesse d'échappement. Cett' vitesse varie, dans l'exemple choisi qui se rapporte à une poudre de 1 200 cal/kg, de 2 240 m/s au rendement thermique de 0,5 à 2 740 m/s au rendement thermique de 0,75. Le diagramme ci-dessus donne, en fonction de la vitesse de la fusée, le rendement propulsif pour ces deux valeurs du rendement thermique. On voit que, aux vitesses actuelles des avions, — 150 à 200 m/s — le rendement propulsif de la fusée reste faible, mais qu'il devient très intéressant aux vitesses finales atteintes par les bombes-fusées. Le rendement indiqué est (comme dans le diagramme suivant du rendement global) le rendement « instantané » qui s'élève progressivement au cours de la montée en vitesse, et non pas le rendement moyen.

« gelée » à peu près naturellement homogène. Mais la gélatinisation du coton-poudre par dissolution dans l'alcool et l'éther et l'élimination du solvant en excès par évaporation ne s'applique qu'à des produits de faible épaisseur; des difficultés se présentent quand le « brin » de poudre atteint la grosseur du bras. Or, c'est bien des produits de cette dimension qui conviennent le mieux à la propulsion par réaction et aux durées de combustion de l'ordre de la seconde; la poudre B n'aurait servi utilement que pour les fusées de tout petit calibre.

Dès que l'on se trouve contraint d'employer des poudres de très grande indice, c'est-à-dire aptes aux combustions lentes (grosses pièces de marine, applications spéciales comme le lancement des torpilles ou la catapulte à poudre), force est de recourir aux poudres dites « sans dissolvant ». Alors que la poudre B est le résultat d'une dissolution du coton-poudre, celles-ci sont obtenues par le malaxage de ce coton-poudre dans la nitroglycérine, avec addition de faibles doses d'autres produits (vaseline...). Le passage sous pression à la filière débrite des « brins » de poudre d' excellente résistance mécanique et dont le diamètre n'est limité que par la puissance de l'outillage. La poudre sans dissolvant est donc le produit le mieux adapté à la propulsion par réaction; elle réunit la puissance, qui tient à la nitroglycérine, à la résistance mécanique et la régularité de combustion.

La technique de la bombe-fusée dispose donc depuis longtemps de matériaux dont l'emploi ne présente plus le moindre risque. Pour être tranquillisé, il ne fallait à l'aviateur que le courage intellectuel de passer de la poudre noire à la nitroglycérine et à la nitrocellulose. Un feu de celluloïd (1) brûlant au culot d'une bombe-fusée aurait suffi à sauver bien d'entre eux, contraints de porter un peu trop près d'un navire leurs bombes ordinaires.

### Les applications de la bombe-fusée

« La propulsion des bombes par fusée, écrivions-nous en 1936, est un des plus puissants moyens dont on dispose pour améliorer la précision, les qualités de perforation et la portée de la bombe. Elle s'applique à toutes les méthodes de lancement, à tous les objectifs... » Les applications de la bombe-fusée sont aussi illimitées que celles du fusil ou du canon que l'on donnerait à un soldat réduit jusque-là au lancement de la grenade à main:

La première supériorité de la bombe-fusée sur la bombe ordi-

(1) On sait que, comme la poudre B, le celluloïd est à base de nitrocellulose (coton-poudre). Mais l'alcool-éther (solvant employé pour la préparation de la poudre B) est ici remplacé par de l'alcool camphré.

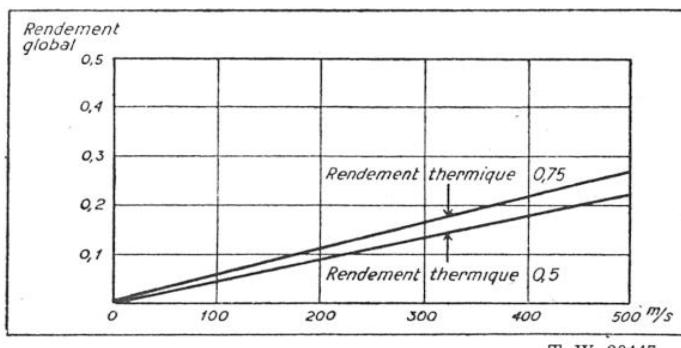


FIG. 5. — LE RENDEMENT GLOBAL DE LA FUSÉE

Le « rendement global » est le rapport du travail utile de propulsion à l'énergie chimique de la poudre dépensée : c'est le produit du rendement thermique et du rendement de propulsion. La distinction entre les deux facteurs du rendement global est identique à celle qu'on fait pour les groupes motopropulseurs d'avions où le rendement du moteur correspond aussi à la transformation d'énergie chimique en énergie mécanique, et le rendement de l'hélice à la transformation de cette énergie mécanique en travail utile de propulsion. Mais la distinction est beaucoup plus importante dans la propulsion par fusée : le rendement de l'hélice ne varie que dans des limites restreintes en fonction de la vitesse de l'avion; le rendement de propulsion de la fusée dépend au contraire, dans des limites très larges, de la vitesse de la fusée. Les courbes précédentes donnent le rendement global en fonction de la vitesse de la fusée pour les deux valeurs 0,5 et 0,75 du rendement thermique. On voit que le rendement global atteint des valeurs très intéressantes et supérieures à celles du canon, pour des vitesses de l'ordre de 500 m/s.

naire porte sur la *précision du lancement*. La bombe-fusée est le type de l'arme aérienne puissante pour l'emploi contre objectif de faibles dimensions, l'arme de faible puissance mais à grand débit restant le canon. Le fortin, la pièce de D.C.A. abritée, le char, le navire sont justiciables de la bombe-fusée qui substitue, à une trajectoire courbe nécessitant des corrections de pointage difficiles et soumise à des perturbations aérologiques importantes, une trajectoire tendue de maniement aussi simple que précis.

La *justesse du tir* contre objectif mobile est un autre avantage de la bombe-fusée, d'importance équivalente au premier, qui tient à la

réduction de durée de trajet, donc à la diminution de l'amplitude des manœuvres de dérobement de l'objectif. Ce n'est pas sans raison que les deux premières applications de la bombe-fusée ont été deux objectifs mobiles, le char et le navire. Les bombes-fusées à faible supplément de vitesse, qui ne dépasseront pas 350 m/s après combustion de la poudre, réduiront déjà de moitié les durées de trajet au cours d'un lancement en piqué; quelle chance d'esquiver les bombes

reste-t-il au croiseur ou au torpilleur à 30 noeuds, qui ne parcourt que 45 m pendant les 3 secondes de chute de la bombe-fusée lancée de 1000 m? Le char et la vedette auraient encore quelque espoir; ce sera contre eux que conviendront les bombes-fusées à grande vitesse, où l'on aura sacrifié à cette performance une fraction plus importante de la puissance explosive. C'est une première discrimination, peut-être déjà réalisée, qui multipliera les types d'une armes aux possibilités si variées.

Reste la *puissance de perforation*. Le lancement en piqué a bien des qualités, mais pas celle-là. Ce n'est donc pas non plus sans raison que la bombe-fusée a été employée dès le début contre deux objectifs protégés par blindage, le char et les croiseurs escorteurs de convois.

Tout en appelant l'attention sur les autres avantages du lancement en piqué, on n'avait pas manqué de signaler son insuffisance complète du point de vue perforation dans le lancement à faible altitude. Les vitesses de piqué aujourd'hui atteintes sont élevées en tant que vitesse d'avion, mais faibles en tant que vitesse de bombes. Une bombe lâchée en piqué à 100 m/s n'a que la vitesse qu'elle prendrait après 500 m de chute libre; à 150 m/s, la hauteur de chute équivalente n'est encore que de

1250 m. Tant que les vitesses d'impact restent éloignées de la vitesse limite de la bombe, tout se passe, en première approximation, comme si la bombe était lancée en vol horizontal d'une hauteur obtenue en majorant l'altitude de lancement en piqué de cette hauteur de chute équivalente à la vitesse de piqué. Par exemple, la bombe lancée de 500 m par un avion en piqué à 100 m/s arrive au sol avec la vitesse qu'elle prendrait si elle était lancée en vol horizontal à 1000 m; lancée à même altitude d'un avion à 150 m/s, tout se passera comme si elle était lancée en vol horizontal à 1750 m. Il faut ajouter que, dans le lancement en semi-piqué indispensable à grande vitesse pour que

l'avion ne soit pas exposé à rencontrer la mer, l'incidence de la bombe à l'impact est beaucoup plus désavantageuse qu'en vol horizontal. Aussi, non seulement les navires de ligne, mais pratiquement tous les croiseurs protégés par des ponts de 70 à 80 mm étaient-ils à l'abri de la perforation par les bombes lancées en piqué ou semi-piqué. Il est heureux, pour l'aviation, que la bombe de perforation n'ait pas été indispensable pour couler un bâtiment, même protégé. Mais

elle était certainement préférable, et les bombes-fusées de 500 kg éclatant dans les compartiments de l'appareil propulsif ou les soutes à munitions d'un grand bâtiment le mettront hors d'état de rentrer au port après une douzaine d'atteintes. Les communiqués américains n'ont-ils pas annoncé qu'au cours de leur attaque du 15 juin contre la flotte italienne, les « forteresses volantes » avaient pu placer plus de vingt bombes sur l'un des cuirassés? Si le résultat fait honneur à la finesse de pointage et au courage des pilotes, il n'est guère brillant pour les services techniques responsables de la bombe.

La conclusion est la même pour le char. Tant que les toits de chars n'ont eu que l'épaisseur strictement nécessaire pour faire ricocher des projectiles de 37 mm, ils ne résistaient pas à la moindre bombe légère. Mais la protection du char lourd, quand l'arme de char ou l'arme antichar atteint le calibre de 88, puis 150 mm, devient, sur les flancs comme sur le toit, une protection de croiseur. La bombe-fusée aura raison des toits de chars, comme des ponts blindés de croiseurs.

La bombe ordinaire, lancée en piqué, est impuissante à percer des cuirasses même minces; lancée en vol horizontal à moyenne ou haute altitude, elle en viendrait aisément à bout, mais

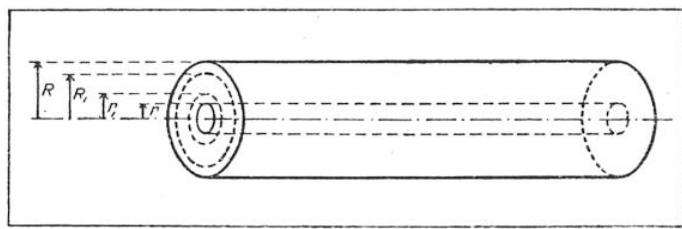


FIG. 6. — PAIN DE POUDRE TUBULAIRE POUR FUSÉE

Les poudres les plus avantageuses sont obtenues par gélatinisation du coton poudre par la nitroglycérine. On obtient par exemple d'excellents résultats avec la formule allemande de poudre marine de 1918 : 25 à 30 % de nitroglycérine, 65 à 70 % de coton poudre, 4 à 5 % de centralite (diéthylphénylurée) jouant le rôle de dissolvant solide. Le pain de poudre unique s'adapte mieux qu'un jagot de brins de poudre aux vitesses de combustion désirables; il relève d'ailleurs la densité de chargement et économise donc le métal du corps de fusée. La forme tubulaire, genre macaroni, a l'avantage de donner une pression de combustion constante, qui utilise donc au mieux, pendant toute la durée de la combustion, la capacité de résistance du corps; la poudre sous forme de cylindres pleins donne au contraire une pression décroissante. La combustion de la poudre se propage en effet dans la masse par « couches parallèles » à partir de la surface enflammée; lorsqu'elle atteint par l'extérieur le cylindre de rayon  $R_1$ , elle atteint, de l'intérieur, celui de rayon  $r_1$ , tel que  $R_1+r_1=R+r$ ; la surface en combustion reste donc constante.

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

POIDS DE LA BOMBE EN KG	VITESSE D'IMPACT EN M/S	ÉPAISSEUR PERFORÉE EN MM
50	320	86
100	332	116
250	346	156
500	358	230

TABLEAU II. — PUISSANCE DE PERFORATION DES BOMBES-FUSÉES A FAIBLE VITESSE

Le tableau précédent donne la vitesse d'impact et l'épaisseur de blindage perforée par des bombes-fusées, lancées en piqué sous grand angle à 2000 m de distance, d'un avion piquant à 150 m/s, et qui reçoivent d'une fusée un supplément de vitesse de 200 m/s supposé imprimé sur une très courte distance après lancement. Les plus petites bombes suffisent à perforer les ponts de croiseurs; les bombes de 250 à 500 kg les ponts de cuirassés. Mais de telles puissances de perforation peuvent être relevées de bien des façons. D'abord en améliorant les formes des bombes; les chiffres précédents se rapportent à des bombes aux formes usuelles, qui conviennent mal aux vitesses atteintes. On peut en outre abaisser l'altitude de lancement, ce qui relève la vitesse à l'impact des petites bombes pour lesquelles les 350 m/s (150+200) dépassent la « vitesse limite » (c'est le cas des trois premières du tableau précédent). On peut différer le fonctionnement de la fusée au milieu ou en fin de trajectoire, ce qui permet d'atteindre des vitesses d'impact de 450 à 500 m/s. On peut enfin, si l'on veut éviter les inconvénients des deux solutions précédentes (vulnérabilité accrue pour la première, précision diminuée pour la deuxième), augmenter la charge de poudre de la fusée, qui ne dépasse pas 8 à 10 % du poids de la bombe pour un supplément de vitesse de 200 m/s. On parviendrait ainsi à perforer toute épaisseur de blindage pratiquement concevable.

a très peu de chances de les atteindre. La bombe-fusée réunit les chances d'atteinte et la puissance de perforation; elle est l'arme idéale du bombardier en piqué contre objectifs protégés.

La portée, bien qu'elle n'ait pas été utilisée jusqu'ici, est une qualité qu'on ne peut pas négliger de cette arme universelle qu'est la bombe-fusée. Aux altitudes aujourd'hui atteintes par les bombardiers, la portée du lancement en vol horizontal devient considérable; c'est un résultat précieux: pour obliger à la dispersion, dans une zone étendue, des tirs de barrage autour de l'objectif attaqué de directions différentes. La bombe-fusée accroît cette portée dans des proportions considérables; son emploi conduit logiquement au lancement « en cabré », sur route ascendante de 20° à 30°, qui permet d'atteindre les portées d'une vingtaine de kilomètres avec des bombes-fusées auxquelles on n'aura demandé qu'un supplément de vitesse modéré et qui auront donc conservé une puissance explosive considérable.

Tous ces avantages de la bombe-fusée en précision, justesse, puissance de perforation et portée auront pour l'aviateur une même conséquence précieuse: ils lui permettront, au bénéfice de sa sécurité, l'augmentation de la distance de combat. « Combattre de loin est naturel à l'homme, écrivait Ardant du Picq; du premier jour, toute son industrie n'a tendu qu'à obtenir ce résultat, et il continue. » Pourquoi l'aviateur serait-il le seul à venir lancer des bombes à 500 m, quand la nouvelle artillerie « légère » de campagne britannique tire à 17 000 m et les grosses pièces de marine à 40 000 m? Les premières réalisations de la bombe-fusée permettent déjà d'attaquer le char à 1 000 m, le navire à 2 000 m; on ne s'arrêtera pas là. Mais telles quelles, elles consacrent déjà la faillite de l'artillerie de « défense rapprochée »; il y a longtemps que l'artillerie de « défense éloignée » l'avait précédée, par son refus d'accepter les gros calibres.

### L'avenir de la bombe-fusée

Le maréchal Marmont, qui fut un artilleur éminent et auquel on ne contestera pas l'intelligence des questions de son métier, écrivait dans son livre *De l'esprit des institutions militaires*:

« Je le répète, les fusées à la Congrèze doivent opérer une révolution dans l'art de la guerre; et elle fera d'abord le succès et la gloire du génie qui, le premier, en aura compris l'importance et développé tous les avantages qu'on peut en attendre. »

On conçoit que ses collègues de l'arme aient eu, sur ce point, quelque hésitation à suivre le maréchal: la révolution qu'il annonçait n'était autre que la suppression de l'artillerie, englobée dans une « infanterie-artillerie » que la légèreté et la puissance de la fusée de guerre autorisaient à substituer aux lourds et encombrants matériels de l'époque.

Il aura fallu un siècle pour que la prophétie du maréchal Marmont ait conquis quelques chances de se vérifier; on ne s'étonnera pas que ce soit par l'entremise de l'avion. Quand la technique aérienne aura tiré de la fusée quelques-unes des réalisations auxquelles celle-ci se prête, nous ne doutons pas qu'elle n'introduise bien des révolutions dans le matériel des armées et des marines et ne renouvelle leurs conceptions sur le tir à 120 km et les ponts blindés de 250 mm. N'a-t-elle d'ailleurs pas commencé à le faire en Amérique, où, au lendemain des rencontres des 14-15 juin, on a jugé bon de transformer en un programme de porte-avions le programme de cuirassés qu'on estime avoir besoin d'une nouvelle étude? Et « l'infanterie-artillerie » de Marmont n'est peut-être pas si lointaine qu'on le pense.

Camille ROUGERON.

Le principal parmi les producteurs mondiaux de pétrole brut est de loin les Etats-Unis qui ont produit, en 1941, 1 398 millions de barils (1). Ensuite viennent dans l'ordre: l'U.R.S.S. avec 242 millions de barils, le Venezuela avec 227 millions, dépassant encore nettement les productions de l'Iran (64 millions de barils), des Indes Néerlandaises (61 millions) et de l'Irak (10 millions).

(1) Une tonne correspond à environ 7 barils.

# L'EAU D'ÉGOUT, SOURCE DE CARBURANT

par Henri DOYEN

*La disparition des grandes épidémies qui décimaient autrefois l'humanité est due bien plus à l'amélioration de l'hygiène générale qu'à la découverte de méthodes de traitement bien adaptées. Ces fléaux faisaient en général leur apparition dans les grandes villes à population dense et où les industries étaient concentrées. Les ruisseaux collecteurs, à ciel ouvert le plus souvent, chargés de l'évacuation des eaux usées, étaient les principaux responsables de la propagation des maladies, car ils constituaient un milieu nourricier à la fois pour les germes et pour les animaux qui répandaient ces germes. Les villes modernes sont dotées pour la plupart de systèmes d'égouts qui évitent les contaminations, et de stations d'épuration qui rendent l'eau d'égout aux fleuves après l'avoir complètement débarrassée des matières qu'elle peut renfermer en suspension. La méthode la plus moderne pour réaliser cette épuration consiste à soumettre les boues à des fermentations rationnellement conduites, les stations d'épuration devenant par cela même de véritables usines productrices non seulement d'engrais, mais aussi de carburant.*

**L**A quantité d'eau consommée dans un pays donné, par habitant et par jour, est un chiffre qui renseigne assez bien sur son degré de civilisation. Les Romains ont laissé dans tous les pays qu'ils ont conquis des traces de magnifiques travaux d'adduction d'eau, qui prouvent à quel point ils avaient le sens du confort et le souci de l'hygiène.

Le problème de l'élimination des eaux usées, qui est lié au précédent, n'est pas moins important. Les eaux usées sont le plus souvent rejetées dans un émissaire (rivière ou fleuve) par un système collecteur plus ou moins perfectionné, après purification.

Dans le système collecteur, il importe d'éviter : — qu'en certains points l'eau puisse stagner et que les matières organiques qu'elle renferme se mettent à fermenter;

— que des prises d'air répandent les gaz de fermentation dans la zone habitée et que, par ces ouvertures, les rats n'envahissent le système d'égouts;

— enfin que le collecteur ne circule à ciel ouvert; ce collecteur devient alors un milieu de culture pour les microbes pathogènes et pour les insectes qui se chargent de les répandre à l'entour.

Le système collecteur qui répond le mieux à ces conditions est celui du tout-à-l'égout. Les eaux usées y circulent dans des canalisations fermées et à une vitesse suffisante pour qu'aucun dépôt de matière organique ne puisse s'y constituer.

En général, le degré d'épuration à réaliser dépend de la dilution, caractérisée par le rapport des débits du collecteur et de l'émissaire. Quand la dilution est très élevée, par exemple 1/500 (ville de population modeste au bord d'un cours d'eau de fort débit), on se contente habituellement d'un traitement sommaire, pourvu qu'il n'y ait pas de sujétions en aval. Si cette dilution est moindre ou s'il existe, à peu de distance, une ville en aval, ou encore s'il faut

satisfaire aux exigences des sociétés de pêche, on devra recourir à une épuration poussée très loin. Il en sera particulièrement ainsi quand le cours d'eau émissaire est à petit débit et à faible pente.

En France, les quantités d'eaux distribuées sont très différentes d'une ville à l'autre, mais on peut prendre comme moyenne 150 litres rejetés chaque jour par habitant dans le réseau d'égouts. La proportion de boues, arrêtées au cours de l'épuration des eaux d'égouts, est variable selon la localité (résidentielle ou industrielle), selon la nature du réseau (unitaire ou séparatif) (1), selon le degré d'épuration que l'on veut obtenir et qui dépend de la situation de la ville, considérée relativement à l'émissaire, et enfin selon le procédé d'épuration adopté.

Sur les 38 000 communes de France, moins de 100 possèdent des stations d'épuration des eaux usées et moins de 300 ont des réseaux d'égouts. Il faut voir là une des raisons pour lesquelles le taux de mortalité est plus élevé en France que dans les autres grands pays d'Europe, et a atteint en 1940 le chiffre de 91 p. 1000.

Non seulement dans toutes les cités c'est une question d'hygiène de réaliser une épuration assez poussée des eaux d'égouts, mais cette opération peut être payante.

## L'eau d'égout, source d'engrais et de carburant

L'eau d'égout contient, sous forme de matières organiques, la plus grande part de l'azote que consomme l'alimentation humaine. Abandonnée au fleuve, une grande part de cet azote

(1) Un réseau séparatif ne reçoit que les eaux usées provenant de l'intérieur des immeubles : eaux des w.-c. et eaux ménagères. Un réseau unitaire récolte les eaux du réseau séparatif, celles de ruissellement et de lavage des rues. Un réseau mixte correspond à la combinaison des deux types suivant les quartiers de la ville.

est perdue ou n'est reprise dans le « cycle » qu'au bout d'un temps très long. Or, il est possible de récupérer cet azote en utilisant l'eau d'égout comme source d'engrais.

La méthode la plus élémentaire est celle des champs d'épandage, qui présente beaucoup d'inconvénients ; la méthode moderne de la « digestion » permet non seulement d'obtenir l'engrais sous la forme d'un terreau facilement transportable, mais encore de produire une quantité notable de gaz d'un pouvoir calorifique comparable à celui du gaz d'éclairage.

Les municipalités trouveraient là un moyen d'améliorer leur équilibre budgétaire, car elles sont, le plus souvent, fortes consommatrices d'essence. Par exemple, en 1937, des villes de 30 000 habitants inscrivaient au chapitre « dépenses » de leur budget, des sommes de 180 000 à 200 000 fr pour l'achat de l'essence utile à leurs services municipaux ; ces véhicules pourraient avantageusement être propulsés par les gaz de boue d'égout.

### Les champs d'épandage

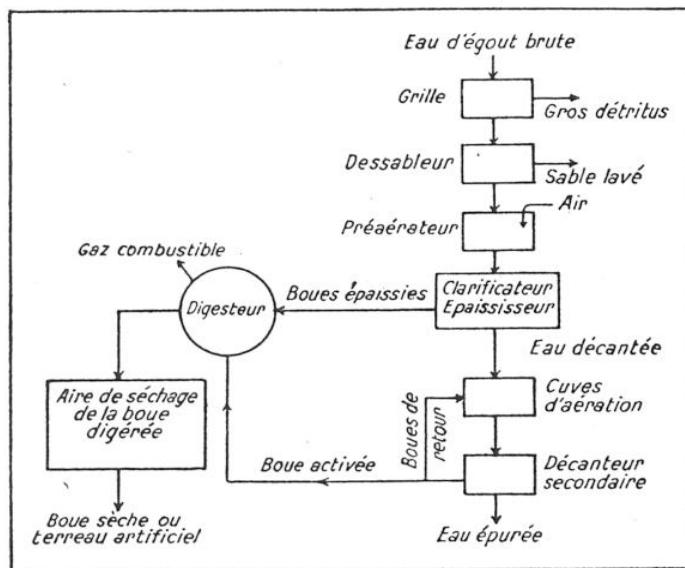
Les champs d'épandage sont des terrains perméables où l'eau d'égout est filtrée à travers une épaisseur de terre de 2 à 3 m. Des canalisations permettent de répandre l'eau de façon intermittente sur certaines portions de l'aire de filtration. L'irrigation se fait par des rigoles profondes et l'eau laisse à découvert les planches où s'effectuent les cultures maraîchères. Les plantes cultivées profitent ainsi de l'engrais sans être souillées. Un système de drains et de collecteurs recueille l'eau filtrée et l'achemine vers le fleuve voisin.

L'épandage a l'inconvénient d'immobiliser une superficie considérable de terrains (4 hectares par 1 000 habitants) qui, se trouvant à proximité d'une ville, sont de grande valeur. Enfin, ces champs répandent aux alentours des odeurs désagréables.

### Le traitement moderne des eaux d'égouts

Ce traitement fait appel, d'une part, à des méthodes de purification assez grossières qui débarrassent l'eau de ses plus grosses impuretés

et du sable qu'elle entraîne (c'est le traitement primaire) et, d'autre part, à des méthodes biologiques, qui, par des fermentations convenablement conduites, permettent de flouler la plus grande partie des boues (c'est la purification de l'eau par la méthode des boues activées). Enfin, les boues séparées de l'eau par décantation sont « digérées » par une fermentation en milieu alcalin qui produit le gaz combustible. La série de ces opérations est résumée par le schéma figure 1.



T W 20094  
FIG. 1. — SCHÉMA DES OPÉRATIONS D'ÉPURATION DES EAUX USÉES AVEC TRAITEMENT PAR BOUES ACTIVÉES

L'épuration commence par les traitements les plus grossiers (dégrillage, dessablage, décantation primaire). Pour séparer les matières organiques qui sont soit en suspension trop fine, soit en pseudo-solution dans l'eau, on provoque leur flocculation par une fermentation spéciale obtenue en enserrant l'eau avec des boues activées provenant d'un traitement antérieur et en favorisant le développement des bactéries par une insufflation massive d'air dans l'eau. Les boues obtenues dans les deux décantateurs sont acheminées vers le digesteur où une nouvelle fermentation bactérienne en transforme une partie en gaz combustible, l'autre partie étant séchée.

rivière, sous la forme d'une eau fraîche, sans odeur et fermentescible, quatorze heures après leur introduction dans le réseau des égouts.

Le traitement primaire comporte la série d'opérations suivantes :

Le dégrillage, opération simplement mécanique, a pour but de retenir toutes les matières grossières non susceptibles d'un traitement : celles-ci représentent environ 1 kg par 125 habitants et par jour.

Le dessablage consiste à éliminer les sables et graviers dont la proportion est particulièrement importante par les temps de forte pluie et dont la présence pourrait gêner le fonctionnement des appareils mécaniques de la station.

A Montauban, le dessablage est composé de deux bassins parallèles, un seul étant en service. Ils sont étudiés de telle sorte que, dans les limites de variation du débit, la vitesse de l'un (0,20 m à 0,35 m par seconde) permet le dépôt des sables, mais non celui des matières organiques. Lorsqu'un des bassins est plein de sable, il est mis hors circuit par un jeu de vannes, et on assure la vidange de l'eau qu'il con-

### Le traitement primaire

L'eau des égouts doit circuler dans le réseau à une vitesse suffisante pour qu'il ne puisse s'y produire de décantation. Le cas échéant, on l'accroîtra par des chasses d'eau ou par des chasses d'air. En outre, dans la station d'épuration, l'eau ne doit rester nulle part stagnante, en dehors des digesteurs de boues.

On admet que les eaux doivent séjourné un maximum de six heures dans les égouts, et de huit heures dans les appareils de traitement autres que les digesteurs. Par conséquent, les eaux doivent être restituées en matière partie à la

tient par un émulseur à air comprimé, placé dans un puisard communiquant avec le bassin en cours de nettoyage.

Les sables ne contiennent pas plus de 4 % de matières organiques et sont imputrescibles. On les met généralement au remblai parce qu'ils ne représentent aucune valeur.

Dès ce moment, les eaux débarrassées de leurs matières lourdes conviennent à l'épandage de terrains perméables. On obtient alors des effluents satisfaisants du point de vue bactériologique, pourvu qu'on dispose de superficies suffisantes : 100 m<sup>2</sup> par habitant. Si on manque de terrains de cette qualité et de cette étendue, on recourt à l'épuration par lits bactériens ou par boues activées.

La préaération ou déshuileage correspond à une oxydation des graisses et des huiles contenues dans les eaux, afin de les y émulsionner et de faciliter ainsi leur évacuation ou éventuellement leur récupération (1).

Cette opération, qui dure généralement une dizaine de minutes, a lieu dans un bassin équipé avec un système pendulaire d'aération permettant une répartition uniforme dans la masse des bulles d'air comprimé. Cet air est fourni par un petit compresseur, entraîné par le moteur servant à la commande du système mécanique oscillant. On obtient ainsi des graisses qu'on traite avec les boues.

La décantation primaire a pour but de retenir 60 % environ des matières en suspension dans les eaux sortant du bassin de préaération. Cette opération, qui rend possible la très faible vitesse du courant d'eau : 0,1 mm seulement par seconde, a généralement lieu dans un décanteur épaississeur Dorr, depuis longtemps connu par ses applications dans de nombreuses industries, lavage des minéraux et du charbon notamment.

Les dimensions de cet appareil sont importantes. On lui donne de 3 à 3,5 m de profondeur et environ 18 m<sup>2</sup> de surface par 1 000 m<sup>3</sup> d'eau à épurer par jour. A Montauban, ville de 30 000 habitants, où on prévoit le traitement de 6 000 m<sup>3</sup> d'eau par jour (4 000 m<sup>3</sup> en 1939), le décanteur Dorr a 12,20 m de diamètre intérieur et 3 m de profondeur, ce qui correspond à un volume effectif de 350 m<sup>3</sup>.

(1) La récupération des matières grasses rejetées aux égouts par les abattoirs, les fendoirs, les fabriques de conserves, les cuisines des hôpitaux, casernes, restaurants, etc., présenterait en période de disette un certain intérêt. Des procédés ont été étudiés, notamment en Allemagne et en Amérique, pour la réaliser.

La station de la ville de Paris, à Achères, actuellement réalisée pour le traitement de 200 000 m<sup>3</sup>/jour, comprend quatre clarificateurs primaires de 32 mètres de diamètre.

Il sort de cet appareil, au bout d'une heure et demie, d'une part, un liquide décanté contenant surtout des matières organiques à l'état colloïdal, ainsi que des substances minérales dissoutes, puis, d'autre part, des boues lesquelles sont évacuées automatiquement.

Pour les villes situées au bord de cours d'eau à grand débit, le traitement primaire des eaux d'égout suffit généralement à assurer leur purification permettant de les déverser sans inconvénient dans le cours d'eau. Dans le cas contraire, l'épuration doit être poussée plus loin, et on emploie alors des méthodes biologiques.

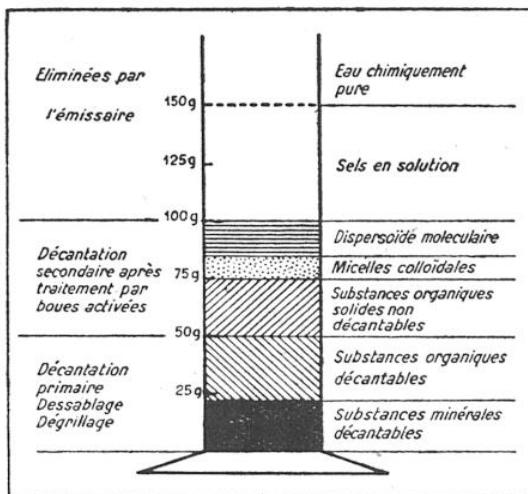


FIG. 2. — QUANTITÉS MOYENNES D'IMPURETÉS CONTENUES DANS UN LITRE D'EAU D'ÉGOUT

Ces impuretés comprennent à la fois des matières minérales et des matières organiques. Elles sont plus ou moins difficiles à éliminer suivant qu'elles se trouvent en suspension, en pseudo-solution ou en solution. Elles sont justiciables, pour leur élimination, les particules solides les plus grosses du traitement primaire (dégrillage, dessablage, décantation primaire) et les autres d'une seconde décantation précédée d'une flocculation au moyen du traitement par boues activées. Les sels qui se trouvent normalement dans l'eau restent en solution et sont rejetés à l'émissaire.

Il y a des lits bactériens et des lits bactériens en vase clos avec insufflation d'air, dits lits bactériens soufflés. Les boues activées sont des boues avec lesquelles on mélange l'eau d'égout; elles proviennent d'une opération antérieure, et elles sont activées par l'aération qui fournit aux bactéries l'oxygène nécessaire à leur développement.

Cette insufflation d'air provoque une flocculation des matières colloïdales qui se transforment en boues, attirant par adsorption les bactéries, et deviennent ainsi des milieux de culture très actifs, d'où le nom de « boues activées », qui disloquent et oxydent les matières organiques contenues dans l'eau et les boues.

Au bout de cinq à six heures d'une aération convenable (ce qui correspond à une insufflation de 8 ou 9 m<sup>3</sup> d'air par mètre cube d'eau traitée et sous un pH voisin de 7,1), l'eau ne contient généralement pas plus de 3 mg par litre de substances organiques. Après une seconde décantation, elle est donc parfaitement limpide et stable, ce qui permet de la rejeter directement à la rivière, car elle contient suffisamment d'oxygène pour assurer la vie des poissons.

### L'épuration biologique des eaux d'égout décantées

L'épuration biologique des eaux, qui permet l'oxydation et la coagulation des matières colloïdales, ainsi que d'une partie des substances dissoutes, s'effectue soit par les lits bactériens, soit par des boues activées. Dans les deux cas, il est fait appel à l'action de microorganismes. Les lits bactériens sont des supports filtrants en matière po-

reuse, par exemple du mâchefer, sur lesquels s'écoule lentement l'eau d'égout décantée; ordinaires, à air libre, vase clos avec insufflation d'air, dits lits bactériens soufflés. Les boues activées sont des boues avec lesquelles on mélange l'eau d'égout; elles proviennent d'une opération antérieure, et elles sont activées par l'aération qui fournit aux bactéries l'oxygène nécessaire à leur développement.

Cette insufflation d'air provoque une flocculation des matières colloïdales qui se transforment en boues, attirant par adsorption les bactéries, et deviennent ainsi des milieux de culture très actifs, d'où le nom de « boues activées », qui disloquent et oxydent les matières organiques contenues dans l'eau et les boues.

Au bout de cinq à six heures d'une aération convenable (ce qui correspond à une insufflation de 8 ou 9 m<sup>3</sup> d'air par mètre cube d'eau traitée et sous un pH voisin de 7,1), l'eau ne contient généralement pas plus de 3 mg par litre de substances organiques. Après une seconde décantation, elle est donc parfaitement limpide et stable, ce qui permet de la rejeter directement à la rivière, car elle contient suffisamment d'oxygène pour assurer la vie des poissons.

L'aération se pratique soit par des tuyauteries plongeantes, soit par des plaques en béton posées au fond des cuves d'aération, soit, ce qui nécessite une consommation moindre de force motrice, en malaxant l'eau dans une cuve longue et peu profonde, au moyen de palettes tournant en sens inverse de celui des bulles de l'air injecté par l'intermédiaire d'un arbre creux, par exemple. La station de la ville de Paris, à Achères, est équipée avec des tuyauteries plongeantes.

Le mélange sortant de l'épuration biologique est envoyé dans des décanteurs secondaires, où s'opère la séparation entre les eaux et les boues qu'elles contiennent.

Tandis que le liquide clair et imprécise est rejeté à la rivière, les boues décantées sont reprises, soit par un éjecteur, soit par une pompe spéciale à diaphragme, pour être refoulées vers les cuves de digestion, à l'exception toutefois d'une fraction dite « boues de retour ». En effet, ces boues, qui ont une teneur en ammoniaque de 8 mg par litre, servent à « l'ensemencement » du liquide sortant du décanteur primaire (1).

### L'utilisation des boues d'égouts

Ces boues contiennent environ 95 % d'eau et leur état colloidal met obstacle à toute filtration ou séchage.

Dans une ville où il y a peu d'industrie, on recueille, en moyenne, dans le cas d'une épuration sommaire, par habitant et par jour, environ 1 litre de boues contenant 50 grammes de résidu sec, lequel comprend 60 à 70 % de substances organiques et 30 à 40 % de substances minérales.

Dans le cas d'une épuration complète, à l'aide de boues activées par exemple, les boues comprennent également les substances en solution ou en pseudo-solution qui ont été arrêtées par l'épuration et adsorbées par les boues. Le volume des boues par habitant et par jour est d'environ 2 litres, à 95 % d'eau, c'est-à-dire que le résidu sec par habitant est de 100 grammes, dans lequel la proportion est de 70 à 75 % minérales.

Par exemple, une ville de 100 000 habitants donne journalièrement 15 000 m<sup>3</sup> d'eaux d'égouts qui, traitées d'une façon sommaire, fourniront 90 à 100 m<sup>3</sup> de boues, mais qui, traitées par boues activées, donneront 180 à 200 m<sup>3</sup> de boues; pour certaines grandes villes industrielles, ces valeurs peuvent être deux et même trois fois plus fortes.

Il s'agit maintenant de se débarrasser de ces boues tout en tirant le meilleur parti possible.

(1) En outre, leur alcalinité (mesurée par leur pH, égal à 7,3) corrige celle de l'eau brute (dont le pH est généralement inférieur à 7).

Aux Etats-Unis et en Angleterre, les villes du littoral envoient leurs boues en pleine mer, par l'intermédiaire de transports. Par exemple, la ville de Londres dispose de quatre navires pour évacuer, en mer, 6 000 m<sup>3</sup> de boues par jour. Cette méthode est d'application onéreuse.

Quand on dispose de grandes superficies de terrains perméables ou de cavités naturelles, on y épand ces boues, puis on les reprend quand elles sont transformées en humus. Non seulement ce procédé revient cher, mais encore il entraîne la pullulation des mouches et des moustiques; en même temps, il produit de mauvaises odeurs dans tout le voisinage.

On a tenté aussi de se servir d'essoreuses dans lesquelles les boues se coagulent par une addition de chaux; mais on ne parvient ainsi qu'à obtenir un magma à 65 % d'humidité. Dans certaines villes américaines et aussi en Allemagne (Francfort, Potsdam, etc.), on soumet ces magmas provenant des essoreuses à une évaporation dans des fours rotatifs ayant jusqu'à 18 m de longueur et de 2,15 m de diamètre, ce qui correspond à une capacité journalière et unitaire de traitement de 1 000 t de boues à 80 % d'eau. En général, le produit sec renferme 5 % d'eau, 2,5 % d'acide phosphorique et 6,5 % d'azote. C'est un excellent engrais.

La meilleure méthode pour se débarrasser de ces boues consiste à les soumettre à une digestion. C'est à elle qu'on devrait désormais recourir dans toutes les cités modernes.

### Principe de la digestion des boues d'égouts

Cette opération correspond à une putréfaction au cours de laquelle des microorganismes divers s'attaquent successivement aux molécules organiques complexes, pour les désagréger en molécules plus simples, dont beaucoup sont gazeuses et d'autres solubles dans l'eau. Au cours de ces réactions, l'eau de constitution est libérée, proportionnellement à la matière organique décomposée. Dans ces conditions, la teneur en eau peut servir de critère à la digestion.

Au cours de cette transformation, il se produit un dégagement gazeux abondant, dont le volume est directement proportionnel au poids de matières organiques sèches transformées ou détruites; la capacité du digesteur doit être étudiée d'après le poids des matières sèches que l'on introduit tous les jours dans l'appareil, c'est-à-dire que, dans le cas d'une ville dotée d'une station d'épuration de compression complète, la capacité de digestion doit être le double de ce qu'elle serait dans le cas d'épuration sommaire.

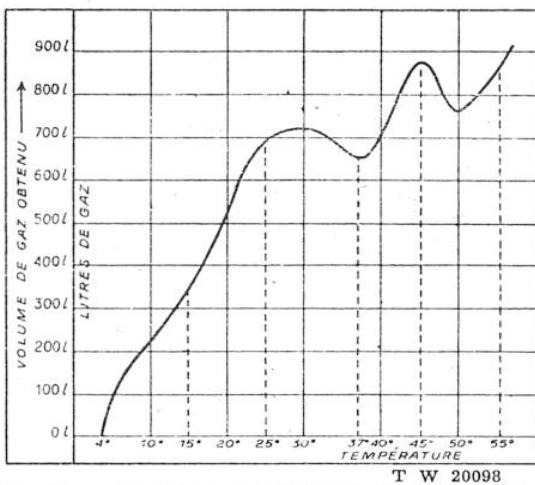


FIG. 3. — VARIATION, EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE, DU VOLUME DE GAZ OBTENU PAR LA DIGESTION D'UNE TONNE DE BOUE

La nature de la fermentation obtenue varie quand la température s'élève, et elle cesse d'être inodore vers 40°. A partir de 30°, on observe une élévation du taux de gaz carbonique aux dépens du taux de méthane. Pratiquement, on règle le chauffage aux environs de 30°.

De même, le dégagement gazeux sera le double pour le même résultat de digestion, c'est-à-dire le même pourcentage de matières organiques détruites.

En moyenne, le débit gazeux pour les boues d'une épuration sommaire (décantation primaire), est de 10 à 15 litres par habitant et par jour, et, dans le cas d'une épuration complète par boues activées, ce débit gazeux est de 20 à 25 litres. Le graphique de la figure 3 montre, exprimé en méthane, comment ce débit varie en fonction de la température.

en les chauffant dans le digesteur, mais il n'y a pas avantage à dépasser la température de 40°. Au surplus, le travail à chaud présente cet inconvénient de cesser d'être inodore, mais il ne faut pas non plus descendre en dessous de 15°.

La durée de séjour des boues dans les digesteurs est variable. Par exemple, jusqu'en 1935, à Stuttgart, la boue séjournait 90 jours dans les digesteurs; depuis lors, on a réduit cette durée à 25-30 jours, grâce à la meilleure disposition des digesteurs et de leur dispositif de malaxage,

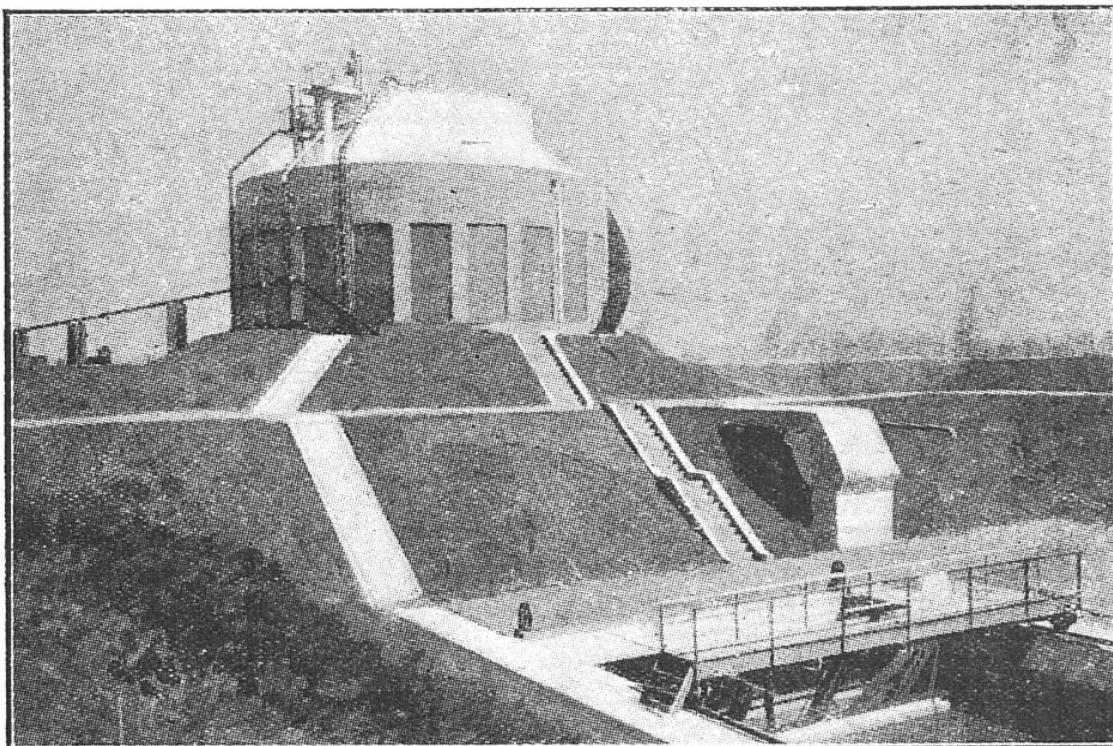


FIG. 4. — LE DIGESTEUR DE LA STATION D'ÉPURATION DE COLOMBES (SEINE)

Ces résultats biologiques dépendent, avant tout, de la nature des microorganismes à l'œuvre, et celle-ci varie avec l'alcalinité, la température, le malaxage et la durée de l'opération.

Si la fermentation est acide (1), on obtient des gaz d'une odeur insupportable et une boue très difficile à manutentionner. Au contraire, pour une fermentation alcaline, la digestion s'accompagne de la formation d'hydrocarbures de la série du méthane.

Quand on met en marche un digesteur, c'est toujours la fermentation acide qui prend naissance, et qui se prolonge pendant un certain temps, appelé « maturation ». Elle ne se produit pas quand on ensemence le digesteur par des boues déjà digérées ou si l'on fait des additions de chaux (pour éléver le pH jusqu'à une valeur maximum de 8; en pratique, on maintient entre 7 et 7,6 la valeur du pH).

D'autre part, on accélère la digestion des boues

et aussi grâce à l'emploi de ferments sélectionnés activant la fermentation.

#### L'aménagement des digesteurs

Une cuve de digestion a fréquemment 3 000 à 4 500 m<sup>3</sup> de capacité (diamètre, 15 à 20 mètres; hauteur, 12 à 15 mètres) (fig. 4).

La capacité à donner aux digesteurs dépend de la putrescibilité des boues et de la quantité des boues que l'on doit y introduire, c'est-à-dire du dispositif d'épuration employé. Pour une épuration sommaire, on peut se contenter de 35 à 40 litres, mais pour une épuration complète, on donne généralement à ces appareils une capacité de 70 à 80 litres par habitant branché sur le réseau, ce qui correspondrait à 240 000 m<sup>3</sup> pour la ville de Paris, si toutes ses boues d'égout étaient soumises à une digestion.

La combinaison du chauffage et du brassage donne des résultats très efficaces dans le processus de la digestion. En effet, elle favorise la fermentation dans toute la masse des boues et

(1) pH inférieur à 7.

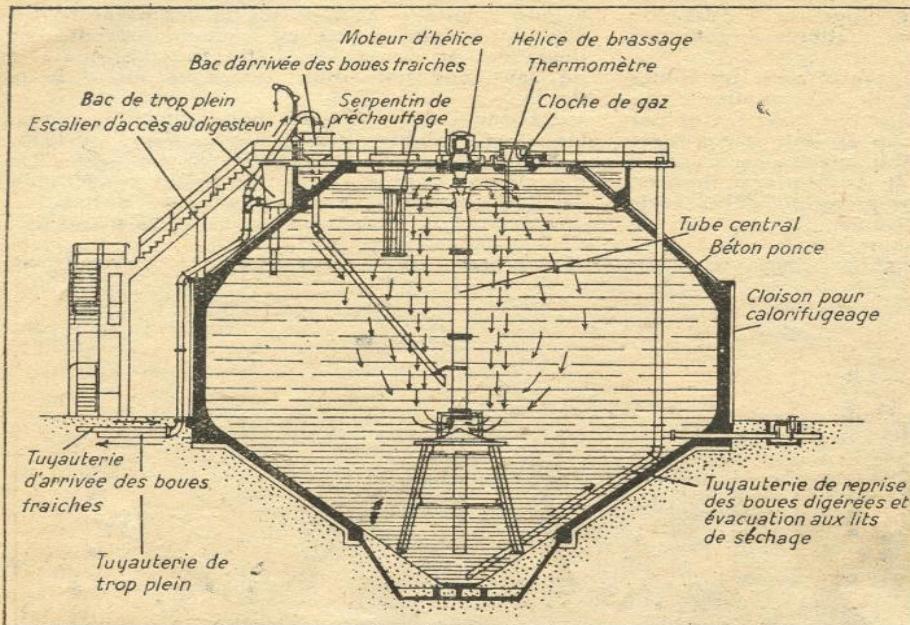


FIG. 5. — COUPE DU DIGESTEUR DE LA STATION D'ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUTS D'ACHÈRES

Ce digesteur est d'un type convenant à une ville de 100 000 habitants. Son volume est de 3 000 m<sup>3</sup>. Les boues y sont brassées par une hélice et maintenues à la température convenable par un dispositif de réchauffage. Le gaz se dégage à la partie supérieure de l'appareil.

stimule les dégagements de gaz. Il a été reconnu, dans une station équipée par des digesteurs de ce système, que la production de gaz pouvait ainsi être augmentée de 12,5 % par rapport à un appareil chauffé, mais non pourvu d'une agitation mécanique; d'autre part, la capacité de digestion était augmentée de près de 35 % (fig. 5).

La température à l'intérieur du digesteur est maintenue à environ 30°, au moyen d'une installation de chauffage, laquelle s'impose nécessairement pour chauffer les boues introduites et combattre la déperdition de chaleur. La couverture en béton armé des digesteurs et les parties cylindriques, hors de terre, sont protégées contre les pertes de chaleur par une couche de 10 cm de béton cellulaire.

Les boues digérées sont envoyées sur des lits de séchage où, par évaporation et drainage, elles perdent la majeure partie de leur eau.

La façon la meilleure de sécher ces boues consiste à utiliser une aire formée par une couche de mâchefer ou de gravier posée sur un sol dressé et recouverte

de sable sur une hauteur de 5 cm. Ces aires, qui comportent des drains pour évacuer l'eau qui a filtré, sont séparées en lits d'une dizaine de mètres de largeur par des murlettes en béton. Les boues sont disposées sur les lits en couches de 20 à 30 cm d'épaisseur. Ainsi séchée, la boue prend l'aspect d'une galette craquelée que l'on peut manier à la pelle. Lorsque les boues doivent être utilisées comme engrangé sur des champs éloignés de la station, on leur fait subir un second séchage, leur teneur en eau ne devant pas dépasser 15 %. A ce moment-là, on les broie et on les blute (fig. 6).

### Le gaz de boues d'égout

La température de digestion étant de 15 à 18°, le gaz obtenu correspond, en moyenne, à la composition suivante :

Méthane	70 à 75 %
Gaz carbonique	23 à 28 %
Azote	2 %
Hydrogène sulfuré	0,1 %
Hydrogène	Traces

Son pouvoir calorifique se monte à 7 000 calories environ par mètre cube. Une température de digestion supérieure à 30° provoque souvent une augmentation de la teneur en gaz carbonique, aux dépens de la richesse en méthane.

Vu la puissance relativement réduite que re-

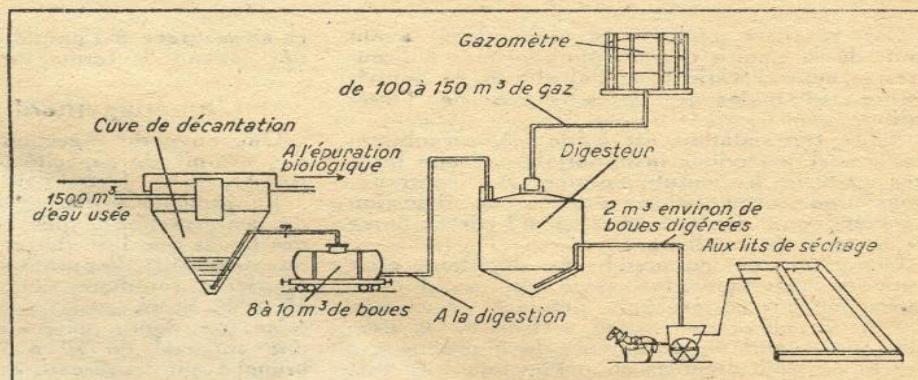


FIG. 6. — SCHÉMA D'ENSEMBLE D'UNE INSTALLATION DE DIGESTION DES BOUES

Les boues venant de la cuve de décantation sont traitées dans le digesteur où leur fermentation produit du gaz combustible que l'on recueille dans un gazomètre. Quand elles sont digérées, on les reprend à la partie inférieure du digesteur, et elles sont séchées. Le terreau qu'elles constituent alors forme un engrangé excellent.

présente la production d'une ville même assez importante, il n'y a pas avantage, en général, à utiliser le gaz de digestion des boues d'égout à la production de la force motrice, laquelle doit incomber aux centrales thermiques et hydrauliques. Ce gaz doit servir à l'état comprimé pour l'alimentation des moteurs de camions.

En 1940, à Paris, on avait envisagé d'employer directement le gaz à 70-75 % de méthane et à 20-23 % de gaz carbonique pour l'alimentation des moteurs, mais on a constaté que le gaz carbonique provoquait un givrage considérable du détendeur et du mélangeur. On évite ce grave inconvénient en éliminant le gaz carbonique par lavage à l'eau sous pression.

Pour cela, le gaz, à sa sortie du digesteur, subit la série de traitements suivants :

À sa sortie du gazomètre, le gaz traverse d'abord un filtre, à oxyde de fer par exemple, lequel retient les particules solides et liquides entraînées mécaniquement par le gaz, puis un réservoir antipulsateur précédant un premier compresseur.

Le gaz comprimé à la pression de 15 à 20 atmosphères (fig. 7) est débarrassé par lavage à l'eau à la fois de son hydrogène sulfure et de son gaz carbonique. À la suite de cette épuration, son pouvoir calorifique passe de 7 000 à 8 500 calories environ. Il est alors comprimé à 350 atmosphères dans les accumulateurs du poste de distribution de gaz carburant.

Cet accroissement de 21 % du pouvoir calorifique du gaz permet tout à la fois d'accroître le rayon d'action du véhicule alimenté avec ce gaz et de réduire la perte de puissance de son moteur (évaluée généralement à 12-20 %) par rapport à la marche à l'essence.

### La production d'une station de digestion pour 100 000 habitants

Elle dépend à la fois du rendement de la décantation et du rendement de la digestion.

Les dimensions du digesteur et son étanchéité plus ou moins bien assurée interviennent pour limiter le second facteur. A moins de disposer de digesteurs très spacieux et très étanches, il est rare que l'on puisse porter à 50 % le taux des matières organiques transformées en gaz. Pratiquement, le taux de digestion sera de 30 %.

Dans ces conditions, la production de gaz pour une ville de 100 000 habitants sera de 1 500 m<sup>3</sup> environ dans le cas de la décanta-

tion simple et de 2 500 m<sup>3</sup> dans le cas de la double décantation.

Sur cette quantité, il faudra prélever 400 m<sup>3</sup> environ pour les opérations de chauffage. L'épuration réduit encore le volume du gaz et finalement on peut fixer approximativement la quantité journalière de gaz épuré à 1 000 m<sup>3</sup> dans le cas de la décantation simple et 1 700 m<sup>3</sup> dans le cas de la double décantation. En tablant sur un taux de correspondance de 0,8 m<sup>3</sup> de gaz pour 1 litre d'essence, la production quotidienne de la station de traitement sera respectivement de 1 000 litres et 2 000 litres par 100 000 habitants dans les deux cas considérés.

### Le gaz de gadoues

Au lieu de se borner à soumettre à la digestion les boues retirées par décantation des eaux d'égout, on peut envisager d'y soumettre les gadoues solides, dont d'ailleurs une partie est rejetée à l'égout pendant le nettoyage des rues des villes, notamment dans le quartier des Halles, à Paris. Toutes ces gadoues accroissent le potentiel de production de gaz carburant par la méthode de digestion.

Les statistiques établissent qu'on produit annuellement par habitant, dans les grandes villes françaises, 500 kg de gadoues dans lesquelles la matière organique, en résidu sec, s'élève à 18,4 % (conjointement à 30 % d'humidité et 40 % de matière minérale), ce qui correspond à 92 kg de composés organiques, tels que des hydrates de carbone, de la cellulose, des matières grasses, etc..., capables de fournir, par digestion, des hydrocarbures forméniques, en moyenne 30 m<sup>3</sup> à 7 000 calories par mètre cube avant élimination du gaz carbonique.

Par conséquent, au total, une ville de 100 000 habitants pourrait disposer journalièrement, par digestion :

Des boues d'égouts.....	2 100 m <sup>3</sup>
Des gadoues.....	3 000 m <sup>3</sup>
Total.....	

5 100 m<sup>3</sup>

Actuellement, ce n'est là qu'une éventualité parce que les égouts ne sont qu'exceptionnellement prévus pour la récolte et le chargement des gadoues. En outre, il faut pouvoir disposer d'une installation perfectionnée de dégrillage et de déchiquetage de ces gadoues.

Henri DOYEN.

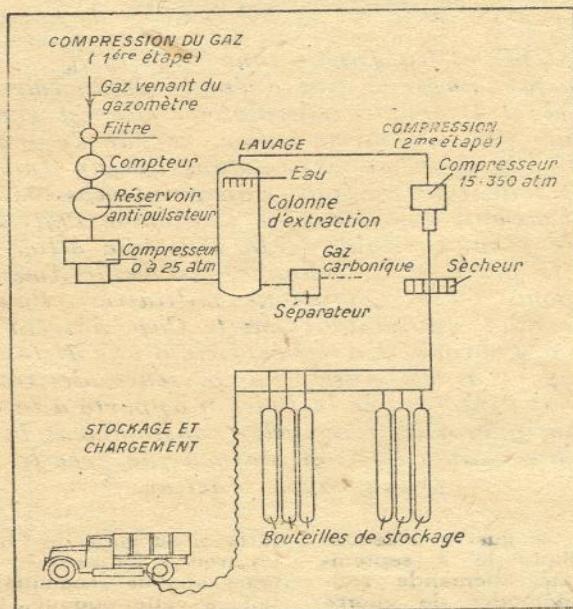


FIG. 7. — SCHÉMA DE L'INSTALLATION DE COMPRESSION ET PURIFICATION DES GAZ DE BOUE D'ÉGOUT DE COLOMBES

Le gaz venant du gazomètre est comprimé en deux étapes, d'abord à 25, puis à 350 atmosphères. Entre ces deux étages de compression, il est lavé par une pluie d'eau qui dissout les gaz solubles qu'il contient, en particulier le gaz carbonique et l'hydrogène sulfure. Le gaz est ensuite séché avant sa mise en bouteilles.

hydrates de carbone, de la cellulose, des matières grasses, etc..., capables de fournir, par digestion, des hydrocarbures forméniques, en moyenne 30 m<sup>3</sup> à 7 000 calories par mètre cube avant élimination du gaz carbonique.

Par conséquent, au total, une ville de 100 000 habitants pourrait disposer journalièrement, par digestion :

Des boues d'égouts.....	2 100 m <sup>3</sup>
Des gadoues.....	3 000 m <sup>3</sup>
Total.....	

5 100 m<sup>3</sup>

# COMMENT EVOLUE LA TACTIQUE SOUS-MARINE ET ANTISOUS-MARINE DANS L'ATLANTIQUE

par Pierre BELLEROCHE

Avec l'entrée des Etats-Unis et du Japon dans le conflit mondial, la bataille de l'Atlantique a pris un aspect imprévu, qui a été le déplacement de la guerre sous-marine dans les eaux de l'Amérique centrale, où elle est restée localisée pendant les six premiers mois de 1942. En même temps, ce fut l'extension de cette guerre dans l'Arctique (convois de Mourmansk) et dans l'océan Indien (convois contournant le Cap). Les pertes de tonnage subies au printemps 1942 accusent une montée significative après la chute qui avait marqué l'automne 1941. Aussi le problème du tonnage est-il devenu le point critique de la stratégie alliée dite du « deuxième front ». A mesure qu'ils perdent du tonnage, les Anglo-Américains en découvrent un besoin croissant pour leurs opérations militaires. Pour alimenter l'armée d'Egypte, les convois de Suez, qui contournent le Cap, doivent parcourir 22 000 km, tandis que, de Tarente à Tobrouk, l'Axe bénéficie d'une distance beaucoup plus faible, 1 100 km (rapport de 1 à 20). Aussi, en présence de routes maritimes aussi longues, on comprend tout l'intérêt que le Reich a apporté à la conduite de la guerre sous-marine dans l'Atlantique, à en renouveler constamment la tactique, à en changer les zones d'action et à combiner l'action sous-marine avec les attaques aériennes à grand rayon d'action.

ORSQU'ELLE entreprit la guerre sous-marine dans l'Atlantique le 3 septembre 1939, l'Amirauté allemande connaissait bien les méthodes de guerre antisous-marine qui seraient appliquées à ses *Unterseeboote*; ces méthodes, empruntées à 1918, se ramenaient à la tactique des convois escortés. Elle supposait, en outre, que des patrouilles aériennes serrées devaient entraîner les allées et venues des sous-marins, et ceux-ci — du moins les types de 540 t et de 715 t — avaient du moins été dotés d'une excellente mitrailleuse antiaérienne de 20 mm.

Cette arme fit ses preuves dès la fin de septembre 1939, lorsque trois avions Blackburn « Skuas », envoiés d'un porte-avions, essayèrent d'attaquer un sous-marin faisant route en

surface, au large de l'Irlande, près de Rockall : les trois « Skuas » furent abattus, et les aviateurs anglais recueillis par le sous-marin. En fait, à cette époque, les occasions de traquer les sous-marins au moyen d'avions furent très rares, les patrouilles aériennes britanniques étant presque inexistantes, même à l'entrée de la

Manche, par pénurie d'hydravions de grand rayon d'action. L'essai de faire patrouiller par un porte-avions les zones d'action sous-marine des « Western approaches » tourna à la catastrophe, et le *Courageous* de 23 000 tonnes fut torpillé par les sous-marins qu'il devait neutraliser, le 17 septembre 1939.

## Les « corvettes » anti-sous-marines

Si, en 1939, l'Amirauté britannique croyait

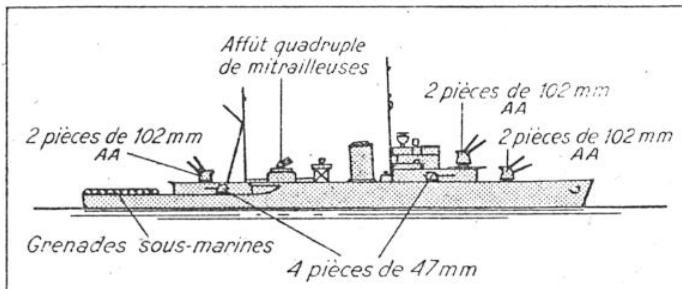


FIG. 1. — SCHÉMA DU « STORK », ESCORTEUR MIXTE ANTISOUS-MARIN ET ANTIÉRIEN (1 190 TONNES)

Cet escorteur mixte, réalisé entre 1935 et 1937, a servi d'avant-projet aux « corvettes ». Sa puissance de 3 300 ch lui permet une vitesse de 18,5 nœuds. Son rayon d'action est de 7 200 km (4 000 milles) à 13-14 nœuds. Les six pièces de 102 mm de son armement sont à la fois antiaériennes et antisous-marines. Sur les corvettes océaniques, les pièces de 102 mm ont été ramenées à une ou deux, tandis que la défense antiaérienne rapprochée est assurée par un pom-pom quadruple et le rayon d'action est accru. Le Stork escortait le convoi de Gibraltar dans lequel fut torpillé le porte-avions auxiliaire Audacity, le 19 décembre 1941. Il coula l'un des sous-marins assaillants, le U. 574, de 740 tonnes, sorti des chantiers Blohm und Voss, à Hambourg, en juin 1941.

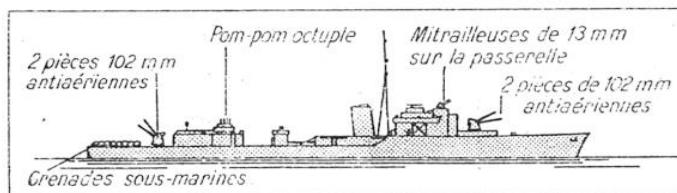


FIG. 2. — ESCORTEUR RAPIDE DU TYPE « AETHERSTONE » (CLASSE « HUNT »)

Ces bâtiments de 890-925 tonnes ont été construits au nombre de cinquante-six unités. Leur longueur est de 83 m, leur puissance de 19 000 ch et leur vitesse de 32 nœuds. Leur rayon d'action est modéré. Leur armement se compose de quatre pièces antiaériennes de 102 mm, d'un pom-pom octuple et de mitrailleuses de 13 mm. Pour la lutte antisous-marin, il est équipé d'un détecteur « Asdic » et de grenades.

peu à l'efficacité de l'aviation pour la lutte anti-sous-marin, c'est qu'elle avait mis toute sa confiance dans une technique nouvelle, soigneusement tenue secrète, de détection des sous-marins en plongée. Cette technique était fondée, non pas sur l'écoute, comme en 1918, mais sur l'emploi des ultrasons, avec émission d'ondes dirigées et enregistrement de l'écho obtenu sur la coque du sous-marin en plongée. Cet appareil, monté sur des navires de surface, devait, par sa précision, permettre le grenadage à coup sûr.

Les premiers de ces appareils, dénommés « Asdic », armaient la plupart des destroyers, mais le nombre de ces destroyers étant insuffisant pour escorter tous les convois, on en avait monté sur des « patrol-vessels » à faible rayon d'action, type *Kingfisher*, pour l'escorte des convois côtiers. Lorsque les *U-Boote* allemands étendirent leur champ d'action de plus en plus au large dans l'Atlantique, le besoin d'un escorteur à grand rayon d'action se fit sentir. Ce fut la « corvette ».

La corvette est un bâtiment de vitesse modérée construit « autour » de l'appareil de détection, avec un rayon d'action permettant les plus longues traversées dans l'Atlantique. Son armement antiaérien était, initialement, réduit au minimum.

#### La crise d'escorteurs de 1940

A partir de l'été 1940, la guerre sous-marine

allemande, bénéficiant de bases qui raccourcissaient de moitié les distances d'opérations, prit une telle ampleur que la tactique des convois escortés se trouva en présence d'une grave crise d'escorteurs. Le nombre de destroyers avait considérablement diminué (en août 1940 une quarantaine avaient déjà été victimes des « *Stukas* », des torpilles et des mines magnétiques) et les corvettes n'étaient pas encore sorties des chantiers navals. On vit alors les convois s'alourdir dangereusement. Alors qu'en 1918, un convoi de l'Ouest Atlantique comptait en moyenne vingt cargos escortés par une demi-douzaine d'escorteurs, le convoi de 1940 totalise pour quatre cargos escortés tout au plus quatre destroyers ou corvettes. Des formations aussi lourdes et mal défendues furent très vulnérables aux sous-marins attaquant en concentration. On sait que ce furent les cinquante destroyers achetés

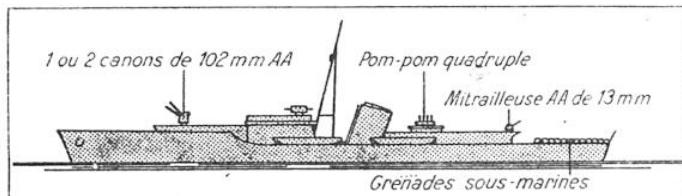


FIG. 3. — PROFIL SCHÉMATIQUE D'UNE « CORVETTE » D'ESCORTE ANTISOUS-MARINE

Les corvettes sont de petits bâtiments d'un tonnage de 700 à 1 100 tonnes. Voici les caractéristiques de la corvette « atlantique » : longueur, 57 m; déplacement, 1 100 t; vitesse, 20 nœuds environ obtenu avec un appareil propulsif de 2 000 à 3 000 ch; rayon d'action considérable. L'armement antiaérien est plus ou moins poussé selon les types; il peut par exemple se composer de un ou deux canons de 102 mm à l'avant, d'un pom-pom quadruple et une mitrailleuse de 13 mm à l'arrière. Pour la lutte antisous-marin, la corvette est équipée d'un détecteur « Asdic » et de grenades.

aux Etats-Unis en septembre 1940 qui firent la « soudure » en attendant la sortie des corvettes.

A partir de l'automne 1940, un autre danger vint menacer les convois jusqu'au large de l'Irlande et du Portugal : les bombes d'avions des *Heinkel* III et des *Focke-Wulf* « *Kurier* ». Il fallut doter les corvettes d'un armement antiaérien accru, et faire appel aux escouteurs anti-

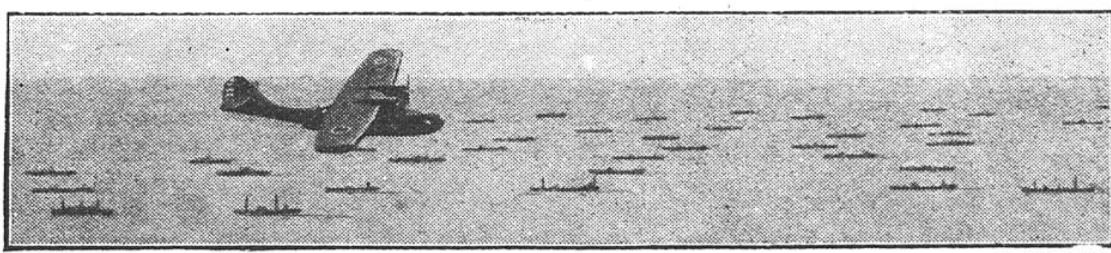


FIG. 4. — UN CONVOI APPROCHANT DES COTES ANGLAISES APRÈS TRAVERSÉE DE L'ATLANTIQUE NORD  
Le convoi est survolé par un hydravion de reconnaissance américain *Consolidated PB-Y* du type des appareils qui, sous le nom de « *Catalina* », remplissent les mêmes fonctions dans le « *Coastal Command* » anglais.

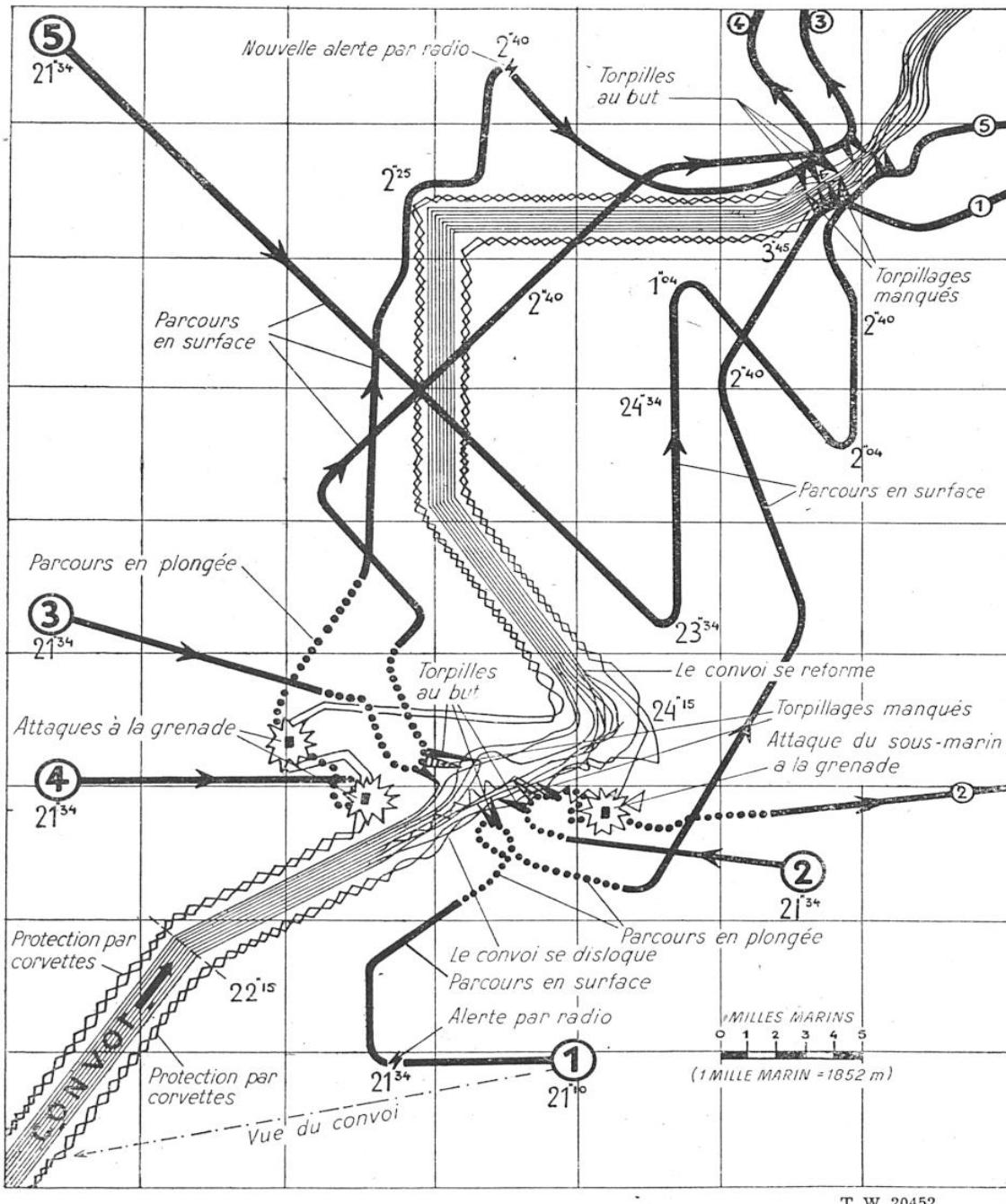


FIG. 5. — L'ATTAQUE NOCTURNE D'UN CONVOI ANGLAIS DEVANT LE PORT DE NEW YORK PAR LES SOUS-MARINS DE L'AXE

Le convoi se compose de trente navires formés en dix lignes de front de trois navires chacune et escortés par deux corvettes de chaque bord. Un convoi aussi lourd ne peut se déplacer qu'à faible vitesse (9 nœuds environ), et les corvettes de 12 nœuds effectuent de courts zigzags pour se maintenir à son niveau. Le convoi lui-même effectue de larges zigzags à une cadence comprise entre une et deux heures. Les sous-marins sont embusqués le long d'une ligne, de manière à former une sorte de nasse qui se refermera sur le convoi. — Le sous-marin (1) aperçoit le premier le convoi, donne l'alerte par radio à 21 h 34 et attaque en plongée. Il obtient deux impacts de torpilles et s'échappe. Il rejoindra le convoi sur les indications du message de 2 h 40 et, avec les quatre torpilles qu'il lancera alors, obtiendra deux impacts. — Le sous-marin (2) se porte à 21 h 34 à la rencontre du convoi. Il plonge et coule deux cargos, mais il est avarié par une charge de fond des corvettes de protection et rejoint sa base. — Le sous-marin (3) (Suite de la légende page ci-contre.)

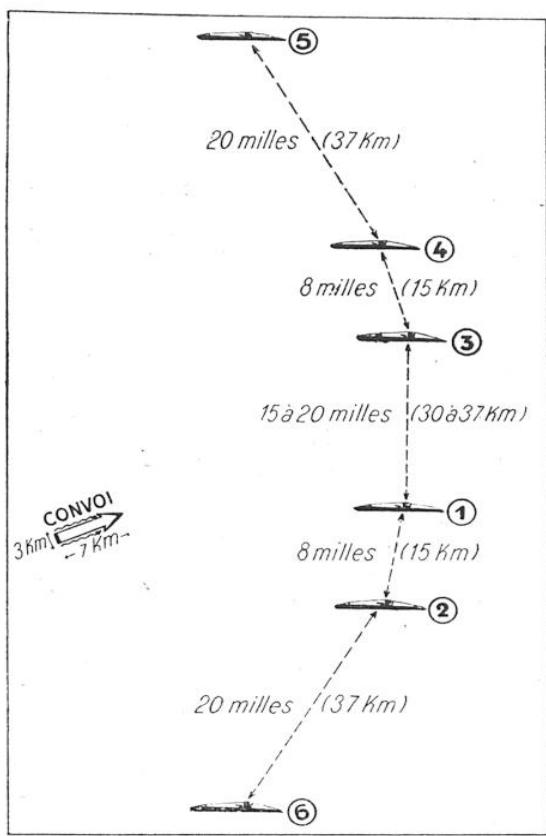


FIG. 6. — UN EXEMPLE DU DISPOSITIF IMAGINÉ PAR L'AMIRAL DÖNITZ POUR L'ATTQUE DES CONVOIS AU MOYEN DE SIX SOUS-MARINS

Ce dispositif a été appliqué à partir du printemps 1941 sur l'Atlantique. Les sous-marins 1-2 et 3-4 constituent deux groupes distants de 15 à 20 milles (30 à 35 km); dans chaque groupe, les deux sous-marins sont à la vue à quelque 8 milles (15 km). Les sous-marins 5 et 6 sont placés aux ailes à la distance de 20 milles (37 km) des deux groupes. L'ensemble est déployé sur une distance voisine de 100 km. Un convoi de 30 à 40 navires représente un rectangle ayant au maximum 7 km de long sur 3 km de large. S'il vient à heurter le dispositif à un point quelconque, les six sous-marins, ou du moins cinq sur les six, ont le temps, étant donnée leur vitesse en surface de 18 nœuds, alors que celle du convoi n'est que de 9 nœuds, de se rabattre sur le convoi. Le mouvement de concentration et d'attaque s'effectue généralement à la faveur de la nuit. C'est la « Rudeltaktik », tactique de la meute à la chasse à courre.

aériens de la classe Hunt, dont la plupart étaient encore en construction, et enfin recourir à l'escorte aérienne, méprisée en 1939.

(Suite de la légende fig. 5.)

profite du désordre du convoi pour couler deux navires qui sont venus se placer devant ses tubes lance-torpilles. Après avoir perdu de vue le convoi, il le retrouve grâce au message de 2 h 40. Au cours de la deuxième phase du combat, il coule deux cargos. — Le sous-marin (4), moins heureux, a été pris à parti, au cours de la première phase, par les corvettes de protection. Il échappe pourtant aux charges de fond et c'est lui qui retrouve le contact et envoie le message de 2 h 40 qui déclenche la deuxième phase du combat. — Enfin, le sous-marin (5), trop éloigné, arrive trop tard pour la première attaque, mais, au cours de la seconde, obtient deux impacts sur deux torpilles. Tandis que, dans la première phase du combat (23 h 15-0 h. 15), les corsaires ont opéré en plongée, l'obscurité est suffisante à 3 h 45 pour qu'ils restent en surface. Au total, les cinq agresseurs ont enregistré quinze impacts sur les trente cargos du convoi. La tactique employée par les sous-marins allemands contre les convois a reçu le nom expressif de « Rudeltaktik » (tactique de la meute). (D'après l'ouvrage du commandant Krohne « Schlacht im Atlantik »).

Une deuxième intervention américaine vint d'ailleurs sauver une situation qui était bien compromise au mois de mars et d'avril 1941 : celle de prendre en charge l'escorte des convois britanniques partis d'Halifax, détournés par Terre-Neuve jusqu'à l'Islande. Le Groenland fut occupé en avril, et l'Islande en juin 1941 par des forces aéronavales américaines, et, sur la route de l'Islande, des patrouilles aériennes vinrent au secours du système de convois escortés. Les pertes mensuelles de tonnage, qui avaient atteint le chiffre record de 1 212 000 tonnes en avril 1941, tombèrent à 231 000 tonnes en novembre de la même année (chiffres de Berlin).

### L'absence totale d'escorteurs de surface dans les eaux américaines au début de 1942

Un mois plus tard, les sous-marins allemands abandonnèrent en partie les convois de l'Atlantique Nord et transférèrent leur action dans les eaux américaines, et plus particulièrement dans les eaux tropicales, de la Floride au Brésil et à l'intérieur même de cette « Méditerranée » qui est constituée par la mer Caraïbe et le golfe du Mexique. Dans ces mers, la navigation interaméricaine n'avait pas encore adopté le système des convois, et l'on s'en rapportait à des patrouilles dérivées des « patrouilles de sécurité » de 1940-1941, qui, si elles avaient eu à ce moment la valeur d'une démonstration politique, étaient d'une efficacité militaire douteuse. En décembre 1941, les *U-Boote* se trouvèrent en présence de la même situation que leurs prédecesseurs de 1916 en Méditerranée européenne. Pendant les cinq premiers mois de 1942, ils purent s'y livrer à une chasse fructueuse aux pétroliers circulant entre le Venezuela et le golfe du Mexique, sans aucune crainte d'être traqués à l'« asdic ». Le seul handicap était la distance considérable pour se rendre sur des « lieux de pêche » aussi éloignés. Il ne fallait guère compter que dix jours de chasse, pour quarante-cinq jours de croisière totale, alors que, dans l'Atlantique Ouest, on pouvait supposer quinze jours de chasse pour vingt-cinq jours de croisière. Les temps morts étaient triples. Néanmoins, du 15 décembre 1941 au 15 mai 1942, le nombre des navires coulés atteignit, d'après Berlin, 280, totalisant 1 870 000 tonnes, tandis que Washington reconnaissait la perte de 150 navires dans ses propres eaux. L'obligation d'organiser en convois la navigation interaméricaine amena une nouvelle crise d'escorteurs, que l'intervention japonaise aux abords de l'Australie et dans l'océan Indien ne fit qu'aggraver.

### L'éparpillement des escorteurs antisous-marins au printemps 1942

C'est au début d'avril 1942 que les sous-marins nippons commencèrent à intervenir dans le golfe du Bengale, et, en juin, ils vont couler des

FIG. 7. — CINQ NAVIRES COULÉS ET ENDOMMAGÉS PAR LES BOMBARDIERS ALLEMANDS DANS L'ATLANTIQUE

Un convoi de trente navires, escorté par un croiseur et six corvettes, se trouvait au milieu de l'Atlantique. Sa position a été signalée par radio par un sous-marin (U) qui par la suite ne prend pas part à l'action. Les deux premières vagues de bombardiers (des Heinkel 111 ou des Focke-Wulf « Kurier ») coulent trois navires dont une corvette. Le convoi se divise alors en deux parties, et celle de droite, aux prises avec une nouvelle vague, perd un bâtiment, tandis que deux autres sont endommagés. Le temps brumeux protège les navires que la quatrième vague ne parvient pas à repérer. Un avion isolé (5) réussit un peu plus tard à envoyer un cargo par le fond. (D'après l'ouvrage du commandant Krohne « Schlacht im Atlantik »).

cargos jusque dans le canal de Mozambique. Les Britanniques sont obligés d'organiser des convois escortés au delà du Cap, jusqu'en mer Rouge ou au golfe Persique, ce qui provoque une nouvelle répartition des escorteurs antisous-marins disponibles, et leur dilution géographique dans des zones qui débordent singulièrement l'Atlantique. A la faveur de cet éparpillement des escorteurs, les sous-marins allemands vont reprendre, au cours de l'été 1942, leurs attaques en concentration type 1941

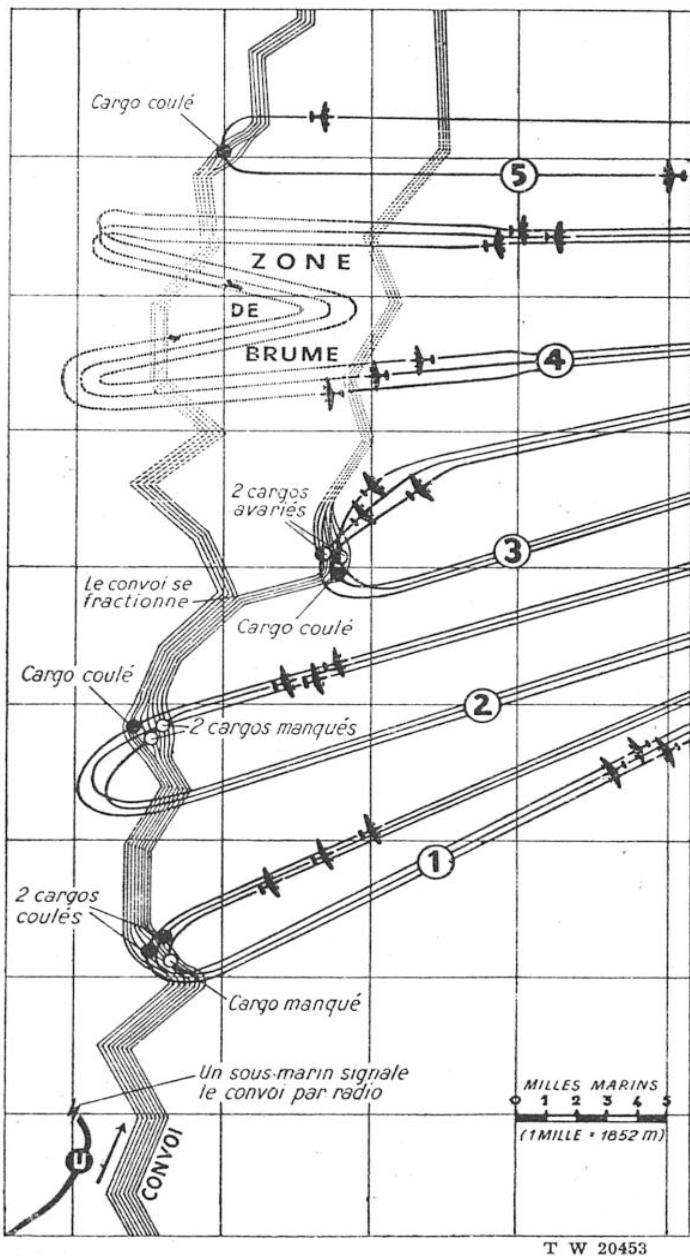
## La tactique constamment variée de l'amiral Dönitz

En trois ans de guerre sous-marine 1939-1942, la tactique allemande a été constamment mouvante, pour essayer de prendre en défaut un système d'escorte qui fait obligatoirement appel à la routine. Ces innovations sont l'œuvre de l'amiral Karl Doenitz, commandant supérieur des *U-Boote* depuis 1939.

Tantôt par unités isolées et échelonnées, tantôt par groupes de six ou même de huit sous-marins agissant en concentration, tantôt à la faveur de la nuit, en plongée avec les claires nuits lunaires, et en surface lorsque la nuit est noire, les sous-marins allemands déconcertent toujours par un nouveau mode d'attaque. La tactique de la concentration dite « *Rudel-Taktik* » (1) a été surtout appliquée à partir du mois de février 1941. La lenteur des convois (9 nœuds) et la lenteur supplémentaire due aux zigzags permettent aux *U-Boote* de 740 t, dont la vitesse en surface dépasse 18 nœuds, de réitérer leurs attaques deux fois par nuit, ainsi que le montrent les croquis ci-joints, et même de les harceler pendant plusieurs journées.

La coopération des sous-marins avec l'aviation

(1) *Rudel-Taktik* veut dire tactique de la « chasse à courre ».



se fait dans les deux sens. D'abord les hydravions ou les avions de reconnaissance renseignent les sous-marins; mais, réciproquement, les sous-marins renseignent à leur tour les bombardiers. La centralisation de tous ces renseignements est effectuée non pas à bord des sous-marins au kiosque exigu et surencombré, mais par l'état-major de l'amiral Dönitz dans son poste de commandement central à terre, d'où il communique constamment par radio ondes courtes avec tous les sous-marins et tous les avions à la mer.

Au début de 1941, on vit même s'établir une coopération sous-marins-avions-croiseurs corsaires, dont le raid du *Scharnhorst* et du *Gneisenau*,

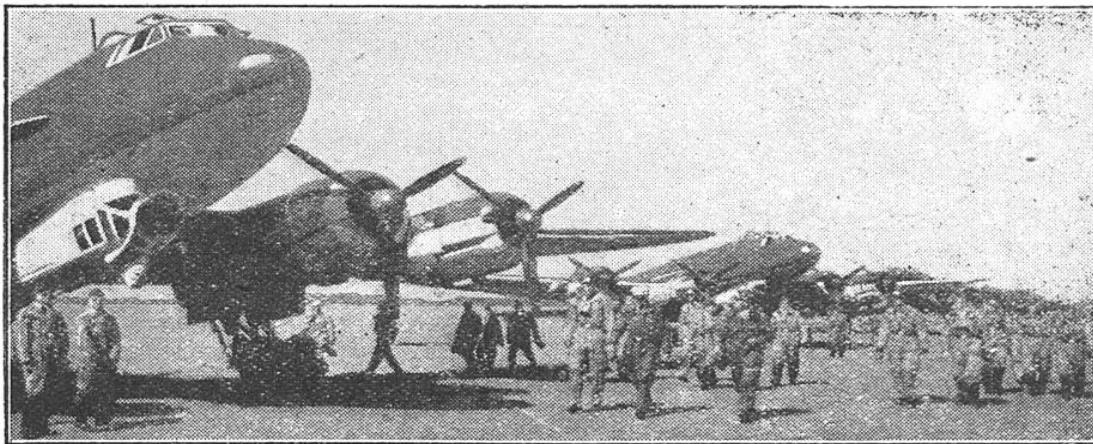


FIG. 8. — L'ESCADRE ALLEMANDE DE L'ATLANTIQUE ÉQUIPÉE DE QUADРИMOTEURS FOCKE-WULF 200 « KURIER » D'EXPLORATION, DE BOMBARDEMENT ET DE TORPILLAGE

Ce sont des appareils pesant normalement 21 tonnes avec un chargement de bombes de 1 500 kg. Ils sont armés de cinq ou six mitrailleuses et d'un canon de 20 mm. Leur rayon d'action est de l'ordre de 3 000 km à 300 km/h.

en mars 1941, fut l'épisode le plus caractéristique. A cette époque, la répartition du butin était approximativement celle-ci : sous-marins, 44 % du tonnage coulé; aviation, 38 %; croiseurs, 18 %. La perte du *Bismarck* (26 mai 1941) mit fin à cette tactique combinée, et l'on se borna à améliorer la coopération avions-sous-marins au cours de l'été 1941 : proportion 55 % à l'aviation en décembre 1941.

A la fin de 1941, l'amiral Dönitz change complètement de tactique. Il envoie la plupart de ses *U-Boote* — notamment ceux de 1 060 tonnes — dans les eaux inter-américaines, où elles opéreront sans aucun secours de l'aviation. Le pourcentage de la Luftwaffe tombe à 3 % en avril 1942 : 19 000 t seulement sur 585 000 t coulées, dont 92 % par les sous-marins. Cette guerre sous-marine « pure », dans une zone où on ne s'y attendait pas, sera très fructueuse. Pendant six mois, 75 % des navires coulés l'ont été sur les côtes américaines (467 navires sur 616 coulés du 24 janvier au 24 juillet 1942, selon Berlin). L'histoire dira à quel point les pertes de tonnage subies dans les eaux américaines ont contribué à faire avorter pour 1942 la fameuse idée du « deuxième front » en Europe. Ce

fut peut-être là le plus grand succès de l'amiral Dönitz.

#### Les nouvelles armes aérosous-marines de 1942 contre les convois

Cependant, à partir du mois de juin 1942, on assiste à une reprise de la tactique de concentration dans l'Atlantique central. Cette tactique a même débuté en mai, dans l'Arctique, contre les convois de Mourmansk. Le 6 juillet 1942, un convoi de 38 navires (soit 217 000 t) est coulé entre le cap nord et le Spitzberg par l'action combinée des *U-Boote* et des avions, déclare Berlin, ce qui serait le plus gros succès remporté en une journée de guerre aérosous-marine.

La Luftwaffe utilise une arme quasi nouvelle pour elle : la torpille sous-marine. Les Heinkel III et les Focke-Wulf « Kurier » de Norvège ont troqué leurs bombes pour des torpilles; le « Kurier » en porte deux, ce qui en fait un torpilleur de rayon d'action considérable. L'entrée en scène de la bombe-fusée essayée le 14 juin 1942 contre un convoi de Méditerranée, vient renforcer l'action aérienne contre les convois. N'annoncent-on pas d'autre part

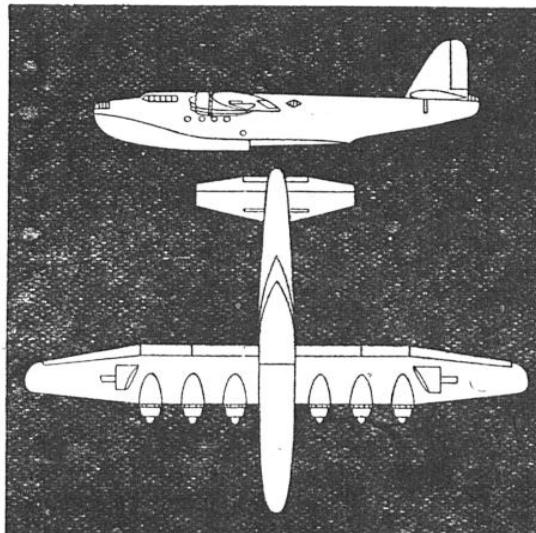


FIG. 9. — L'HYDRAVION HEXAMOTEUR BLOHM UND VOSS BV 222

Cet appareil, d'un poids total de 45 t, a été conçu pour le transport de seize passagers sur l'Atlantique Nord. Il est équipé de six moteurs BMW 132 Dc refroidis par air. Plusieurs de ces hydravions seraient utilisés pour la reconnaissance lointaine. Leur rayon d'action serait de 7 000 km à 275 km/h.

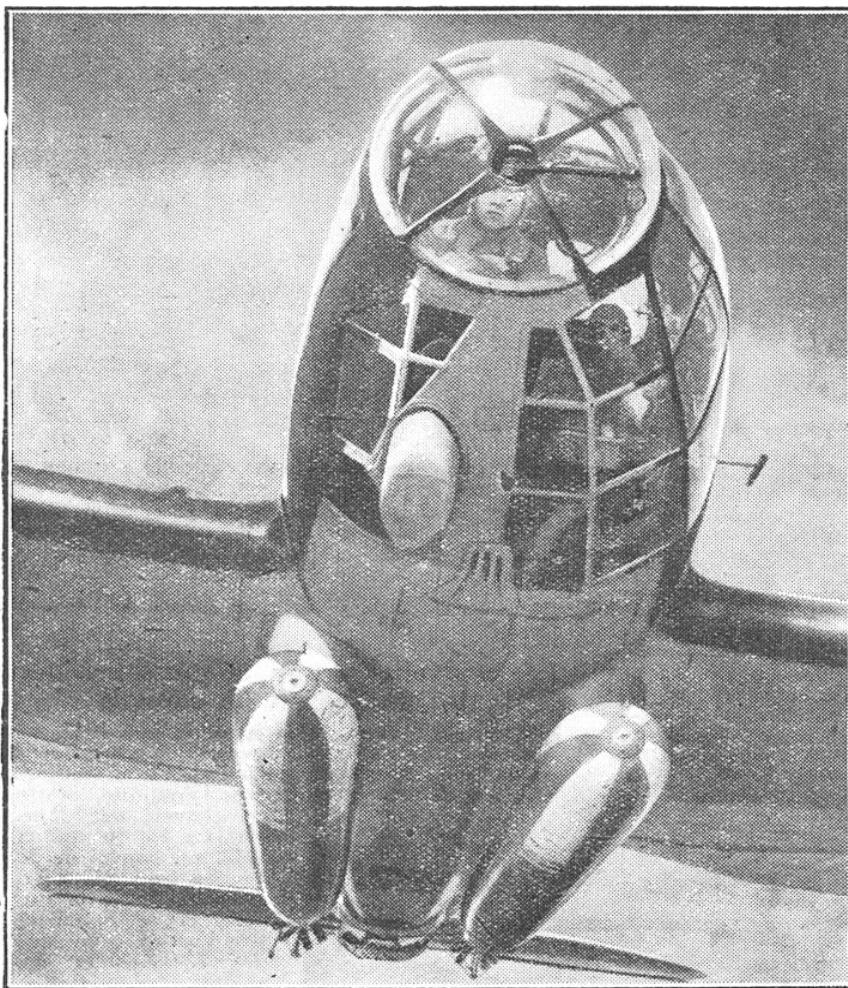


FIG. 10. — LA NOUVELLE VERSION DU BOMBARDIER BIMOTEUR ALLEMAND HEINKEL 111, ÉQUIPÉ EN AVION TORPILLEUR

l'entrée en service du Heinkel 177, « super-Stuka » à grand rayon d'action et du Blohm und Voss 222, hydravion hexamoteur à coque de 30 tonnes?

La tactique sous-marine de 1942-1943 dans l'Atlantique se présente donc comme une concentration d'avions à grand rayon d'action, bombardiers et torpilleurs se superposant à une con-

Sans doute, comme pour les corvettes « Asdic » de 1940, le problème de l'escorte des convois restera une question de nombre. La bataille de l'Atlantique 1942-1943 n'en tend pas moins à se transformer en combats de quadrimoteurs, au-dessus d'un océan infesté de sous-marins.

Pierre BELLEROCHE.

Une grande centrale électrique consommant quotidiennement 2 000 tonnes de houille rejette dans l'atmosphère entre 40 et 50 tonnes d'anhydride sulfureux par jour, si aucune précaution spéciale n'est prise. On peut juger par là du degré de pollution que peut atteindre l'air des grandes villes industrielles. En 1899, la neige tombée dans la région de Liège contenait entre 0,7 et 2 mg de soufre à l'état d'anhydride sulfurique; en 1931, elle en renfermait entre 9 et 26 mg.

centration accrue de sous-marins. L'avion prend la place du croiseur corsaire défaillant depuis le 26 mai 1941.

Aussi, à côté de la corvette « Asdic » de 1940, verrons-nous probablement la corvette de D.C.A. armée de « pom-pom » et même des « corvettes aériennes », c'est-à-dire des avions autonomes basés sur la côte et se relayant autour du convoi.

#### Vers le quadrimoteur d'escorte

L'avion 1942 qui s'est révélé le plus apte à l'escorte anti-sous-marin, comme à l'escorte anti-aérienne en haute mer, est le Consolidated B-24 « Liberator », quadrimoteur de 15 tonnes, et de quinze heures de vol à 320 km/h, d'une vitesse maximum de 480 km/h, et dont la maniabilité est comparable à celle d'un monomoteur. Aussi ce quadrimoteur a-t-il été armé de quatre canons de 20 mm montés fixes dans le fuselage à la manière d'un « destroyer » et ceci à la fois pour le combat aérien à distance et pour l'attaque du sous-marin surpris en surface.

# LE CHAR RÉFRIGÉRÉ TRIOMPHEUR DU DÉSERT DE LYBIE

par André FOURNIER

*Dans une campagne qui se prolonge, le manque de hardiesse et d'imagination amène parfois les belligérants à respecter certaines « règles du jeu » tacites, et en particulier à suspendre pratiquement les opérations pendant la mauvaise saison. Que l'un des adversaires vienne à rompre cette trêve, il peut s'assurer de grands succès. C'est ce que vient de faire en Libye le maréchal Rommel, avec le minimum de souffrances pour ses troupes. Le char réfrigéré est d'une réalisation si simple qu'il « ne fallait qu'y penser ». Ni le refroidissement par ventilation, ni la réfrigération par isolation légère et production de froid artificiel ne présentent de difficultés. Le léger effort que demandait cette nouvelle application de la technique moderne à l'art militaire s'est montré largement payant.*

## La campagne d'été dans le désert de Libye

**S**'IL était bien une tradition respectée, c'est celle qui limitait au mois de mai la date extrême des opérations en Libye. La température y impose des « quartiers d'été » aussi nécessaires que les « quartiers d'hiver » en pays froids. Mais, depuis Turenne, qui connaît un de ses plus grands succès en exécutant contre toutes les règles une campagne d'hiver, on n'hésite plus à payer de quelques souffrances supplémentaires de la troupe le bouleversement des plans de l'adversaire. Les armées russes ont imité Turenne, cet hiver, sans grands résultats stratégiques, et ne sont parvenues qu'à multiplier, au prix de pertes sanglantes, les souffrances du soldat allemand. En transgressant les habitudes de ses prédecesseurs, le maréchal Rommel a remporté des succès stratégiques d'une toute autre importance.

On est d'accord pour attribuer une grande part du succès à l'utilisation par les « Panzerdivisionen » de chars réfrigérés, permettant d'offrir au personnel des conditions de confort acceptables malgré les températures de 45° à 50° C qui sont courantes dès le début de juin dans les déserts africains.

## Le char ventilé

Le char, réchauffé intérieurement par un moteur puissant dans un espace nécessairement étroit pour que le blindage puisse être épais, réchauffé extérieurement par les rayons du soleil sur les plaques, ne semble guère pouvoir être un séjour confortable.

Mais cette difficulté ne tient pas du tout au principe même du char; il suffisait d'apporter un peu d'attention à l'étude de ses conditions d'habitabilité pour éviter cet inconvénient. On rencontrait pareillement, au début de l'automobile, des dispositions mal conçues, où, pris entre le moteur et le pot d'échappement, sans ventilation ni isolation, le conducteur était soumis à un véritable supplice dès que la tempé-

ture extérieure atteignait 25° à 30°. Un plancher en bois, une étanchéité soignée, des ouïes d'aération réglables sur les flancs du capot ont fait disparaître entièrement ce chauffage indésirable.

L'isolation des sources de chaleur n'est guère employée que dans le cas des hautes températures, vapeur ou gaz d'échappement; elle est cependant toujours désirable, dans le cas d'une source de chaleur unique comme le moteur, n'y employait-on que des plaques isolantes minces; elle évite au moins les montées de température à la moindre panne, ou à l'arrêt.

La ventilation du compartiment où se trouve le personnel doit être réalisée automatiquement, soit par l'aspiration du moteur, soit par la ventilation du radiateur. C'est uniquement une question de choix convenable des orifices d'aspiration, complété par quelques déflecteurs bien disposés.

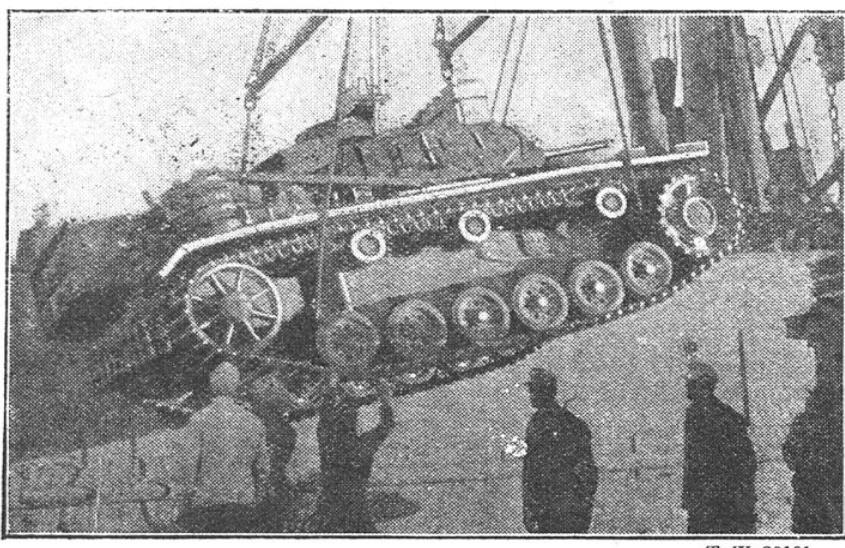
Sur les chars modernes, la moins puissante de ces ventilations, celle qui produit naturellement l'aspiration du moteur, renouvelle l'air intérieur plusieurs fois par minute; le refroidissement du radiateur demande plus d'air encore. Il suffit d'utiliser cet air, au préalable, à la ventilation du personnel, et, tous autres orifices fermés, les occupants du char n'auront à supporter que la température extérieure, que le soleil chauffe les blindages ou le moteur l'intérieur.

## Le char réfrigéré

Cette aération ne peut évidemment donner aux occupants le confort d'une température inférieure à l'ambiance, qui est bien désirable lorsqu'il fait 45° à 50° C à l'ombre.

Le résultat s'obtiendra cette fois par une isolation intérieure complète du compartiment où se tient le personnel, et une très légère ventilation d'air artificiellement refroidi par de la glace ou une petite machine frigorifique.

L'isolation est indispensable sous forme d'une couche recouvrant entièrement les parois. Mais elle peut être très mince; dans un compartiment aussi petit, les pertes par conductibilité à travers l'isolant des parois restent très faibles. C'est



T W 20101

FIG. 1. — LE DÉBARQUEMENT D'UN CHAR ALLEMAND DESTINÉ À L'ARMÉE ROMMEL  
Le char est transporté avec tous les accessoires dont il aura besoin au combat (pièces de rechange, bidons d'essence, etc.). On aperçoit fixées à l'arrière, sur le toit, une chenille et des roues porteuses.

ainsi que dans un char de  $12 \text{ m}^2$  de surface du compartiment isolé, une épaisseur de 2 cm. de liège « expansé », recouvert d'un contre-plaqué, ne laisse passer que 420 calories par heure sous  $20^\circ \text{ C}$  de différence de température avec l'ambiente; c'est l'équivalent de 4 à 5 kg de glace à l'heure.

La ventilation devra évidemment être très ralentie sous peine d'une consommation de froid élevée. Avec trente renouvellements à l'heure dans un compartiment de  $5 \text{ m}^3$ , on ne consomme encore, toujours sous  $20^\circ \text{ C}$  de différence de température avec l'ambiente, que 900 frigories; c'est l'équivalent d'une dizaine de kilogrammes de glace à l'heure.

Ainsi, la réfrigération du compartiment d'équipage d'un char n'exige qu'une isolation et une consommation de froid insignifiante. Le dispositif n'a pas seulement pour effet de réfrigérer le char: c'est aussi une installation de conditionnement d'air. En effet, le poids d'eau par mètre cube d'air qui donne à l'homme l'impression du confort maximum s'abaisse rapidement avec la température de l'atmosphère, et la même quantité qui, dans l'air sec et surchauffé du désert, force l'homme à boire quatre ou cinq litres d'eau par jour sous peine de mort, se rapproche sensiblement de l'optimum d'humidité quand on refroidit l'air d'une vingtaine de degrés (1). Deux centimètres de liège et une machine d'un cheval suffisent pour obtenir ce résultat. Le char réfrigéré n'est pas un tour de

(1) La teneur en eau de l'air saturé d'humidité double sensiblement pour chaque  $10^\circ \text{ C}$  d'élévation de température entre  $-20^\circ \text{ C}$  et  $+40^\circ \text{ C}$ . Un refroidissement de  $20^\circ \text{ C}$  multiplie donc par 4 la teneur relative en humidité et peut même provoquer, si la teneur initiale n'est pas trop faible, la condensation de l'eau. C'était un des procédés employés dès

tion arrêtée de bouleverser les armes et les méthodes anciennes.

En tout cas, dans cette course à la nouveauté, les « Nations Unies » se seront signalées par leur réserve : la détection électromagnétique pour l'Angleterre, et rien jusqu'ici pour les Etats-Unis. Où est l'époque de la guerre de Sécession, où Fédéraux et Confédérés inauguraient, à qui mieux mieux, le réseau de fil de fer, le trou de tireur, le fusil à répétition, le cuirassé, la mine, la torpille portée...? Si les Etats-Unis font le bilan de leurs nouveautés militaires en les rapportant aux millions de dollars qui se dépensent dans leurs laboratoires publics et privés, ils trouveront que le rendement est maigre.

Aucun exemple ne saurait mieux que le char réfrigéré montrer la nécessité de la nouveauté, que ne remplacent pas les réalisations les plus remarquables dans les sentiers déjà ouverts. On ne doute pas que les quadrimoteurs américains à moteurs de 2 000 et 2 500 ch soient des merveilles, et même que leurs appareils plus anciens soient excellents. Mais gagne-t-on tant que cela à passer d'un Curtiss P-36 à un Curtiss P-40 qui fait 100 km/h de plus? L'aviation française obtenait contre les Messerschmitt Me-109, avec le premier, des succès au moins aussi bons que ceux du dernier en Libye. La nouveauté a d'autres prétentions, et les résultats que le maréchal Rommel vient d'obtenir d'un peu de liège et d'un moteur pour gros frigidaire montrent que le résultat n'est pas toujours lié à l'importance des moyens.

André FOURNIER.

l'époque romaine pour se procurer de l'eau dans les régions africaines désertiques, par circulation naturelle d'air chaud et d'air sec dans des galeries souterraines de captation.

# LES A COTÉ DE LA SCIENCE

## INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

### Semelles de bois de longue durée

**L**A pénurie de cuir et de caoutchouc oblige à utiliser de plus en plus le bois pour la confection de semelles de chaussures. Malheureusement ce matériau est trop tendre, dans les conditions ordinaires de son emploi, pour assurer à ces semelles une longue durée. Taillées dans le sens des fibres du bois elles s'usent en effet assez rapidement.

L'expérience des pavés de bois de Paris, qui supportaient sans fatigue l'intense circulation de la capitale du temps de paix, puisque leur remplacement était nécessaire beaucoup plus par la pourriture du bois que par son usure, ayant prouvé la résistance du bois *debout*, c'est-à-dire dont les fibres sont perpendiculaires au plan dans lequel se produit l'usure (verticales pour les pavés de

bois), M. Daucer a eu l'idée d'appliquer cette propriété pour donner aux semelles de bois une durée qu'il affirme quasi indéfinie.

La nouvelle semelle est donc constituée par une plaque de bois de forme ordinaire dans laquelle on a percé des trous où sont introduites des chevilles en bois tournées dans le sens des fibres et qui, par conséquent, présentent les fibres par leur bout. Cette fabrication permettrait d'utiliser comme support un bois de faible densité, où une plus grande légèreté pour les chaussures.

Le dessin ci-contre montre une « Sandale Rouchonne » ainsi montée, mais ce procédé s'applique également à toute chaussure à semelle de bois, galoches, sabots.

### Une loupe éclairante

**P**OUR examiner à la loupe et avec attention soit un docu-

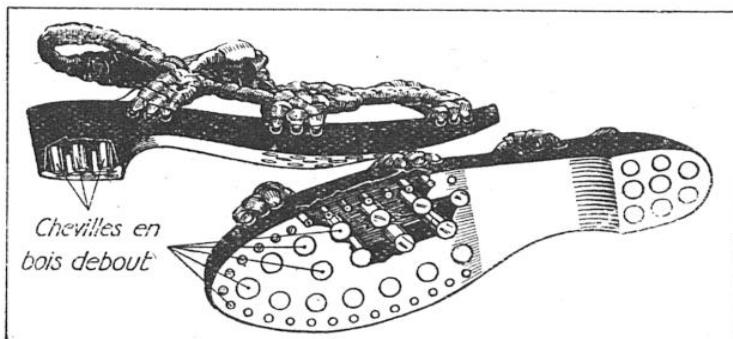


FIG. 1. — SANDALE « ROUCHONNE » MONTÉE SUR SEMELLE DE BOIS MUNIE DE CHEVILLE EN BOIS « DEBOUT »  
Remarquer l'attache spéciale des cordons à travers des trous pratiqués dans la semelle.

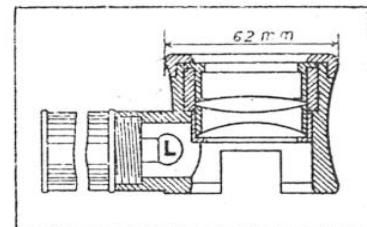


FIG. 2. — SCHÉMA DE LA LOUPE ÉCLAIRANTE

ment, soit une surface quelconque, on sait qu'il est plus aisément d'utiliser une loupe qui puisse être posée sur cette surface. Cela évite une mise au point continue de ce simple appareil d'optique et permet de conserver les mains libres pour dessiner ou prendre des notes.

Malheureusement, cette façon de procéder rend souvent difficile un éclairage convenable du point ainsi étudié. La maison Pariangton vient de remédier à ce défaut en dotant la loupe elle-même d'une source lumineuse produisant sur la surface examinée un éclairage 400 fois plus intense que celui de la lumière du jour. On voit sur le schéma ci-contre comment est constitué l'appareil. Les deux lentilles de la loupe sont immobilisées dans la monture au moyen de supports en caoutchouc, et une lampe électrique L est alimentée par une pile logée dans la poignée de l'instrument. Le grossissement est égal à 5,5.

La loupe étant posée sur la surface, on peut même, grâce à une ouverture latérale, accéder à cette surface avec un outil, ou glisser une règle graduée pour prendre des mesures.

# AVIS IMPORTANT NUMÉROS DISPONIBLES

arrêtée au 31 décembre 1939, franco : 15 francs par reliure de six mois.

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

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

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

9 - 10 - 17 - 20 - 22 - 23 - 24 - 25 - 26 - 29 - 30 - 31 - 32 - 33 - 34 - 35  
36 - 37 - 38 - 39 - 41 - 104 - 107 - 113 - 114 - 129 - 142 - 143 - 167 - 223 - 224 - 225  
226 - 227 - 228 - 229 - 230 - 231 - 232 - 240 - 241 - 242 - 243 - 244 - 245 - 246 - 247 - 248  
249 - 250 - 251 - 252 - 253 - 254 - 255 - 256 - 257 - 258 - 259 - 260 - 261 - 262 - 264 - 277  
278 - 279 - 280 - 281 - 282 - 283 - 284 - 285 - 286 - 287 - 288 - 289 - 290 - 291 - 292 - 297  
298 - 299

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

**Reliures.** — Collection complète jusqu'au tome LVI

## TARIF DES ABONNEMENTS

### FRANCE ET COLONIES

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

### ÉTRANGER

(Suisse, Espagne, Portugal)

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

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

Rédaction et Administrat'ou : actuellement : 3, rue d'Alsace-Lorraine - Toulouse (H<sup>e</sup> G.) Chèques Postaux : Toulouse 184.05

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

## BULLETIN D'ABONNEMENT (301)

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

*Adresse : .....*

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

LE GÉRANT : L. LESTANG.

Impr. Régionale - Toulouse

T W 7145 - 6 août 1942.

# LA RADIO *manque* ! DE SPECIALISTES !

## JEUNES GENS !...



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 T. S. F.

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

Ces carrières réalisent 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 À DOMICILE.

### PLACEMENT

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



Demander nos notices envoyées gratuitement sur demande

**ECOLE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE**  
RUE DU MARECHAL LYAUTÉY-VICHY-(ALLIER)

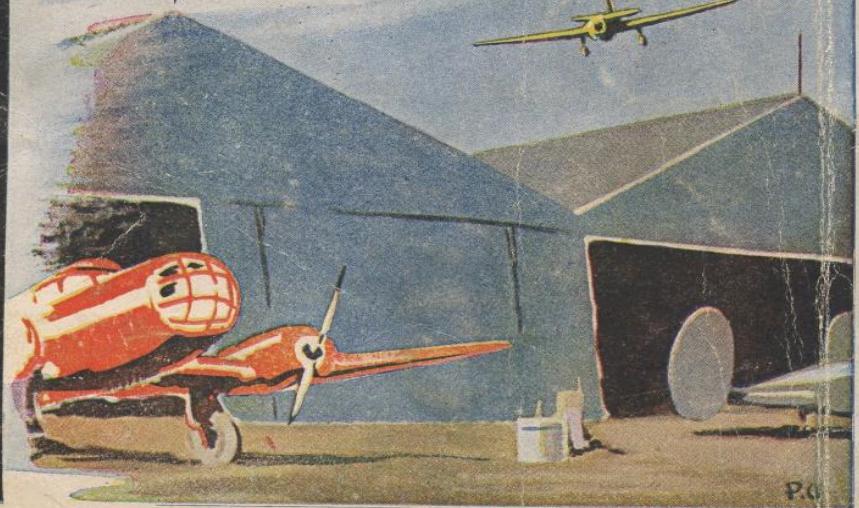
Adresse de repli

# NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



Des millions  
de  
mètres carrés  
de références



IMPR. RÉGIONALE, 59, RUE BAYARD, TOULOUSE

Octobre 1942