

Mai 1940

5 francs

# la Science et la Vie



Voir page 463.

*Vous prenez une charrue  
pour labourer!*



*Prenez le bon billet pour gagner  
à la*

**LOTÉRIE NATIONALE**

*Achetez-le aujourd'hui même!*

**ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL** **ÉCOLE DE NAVIGATION**

152, avenue de Wagram  
 PARIS (17<sup>e</sup>)  
 Téléphone : WAGRAM 27-97

**Cours sur place ou par correspondance**

**INDUSTRIE**

Cours à tous les degrés  
**MÉCANIQUE - ÉLECTRICITÉ  
 RADIOTECHNIQUE**  
 Constructions aéronautiques  
 Section spéciale de  
**CHIMIE INDUSTRIELLE**

**COMMERCE**

**SECRÉTAIRE, COMPTABLE  
 ET DIRECTEUR**  
 Diplômes d'Études juridiques

**SECTION DES SCIENCES**

**Mathématiques et appliquées**

Étude et développement par correspondance des Sciences mathématiques et appliquées depuis les cours d'initiation jusqu'aux cours les plus élevés.

*Arithmétique - Géométrie - Algèbre - Trigonométrie - Mécanique - Cosmographie - Géométrie descriptive - Mathématiques générales - Calcul différentiel - Calcul intégral - Géométrie analytique - Physique - Chimie - Electricité - Résistance des matériaux.*

**MARINE MILITAIRE**

Préparation aux Ecoles des Elèves Ingénieurs Mécaniciens (Brest)  
 Sous-officiers Mécaniciens et Pont Mécaniciens (Moteurs et Machines) (Lorient)  
 Ecole de T. S. F. de Toulon

**MARINE MARCHANDE**

Préparation aux examens :  
 Ecoles de Navigation  
 Brevets d'Elèves Officiers et Lieutenants  
 Officiers mécaniciens  
 Officiers T. S. F.

**AVIATION MILITAIRE**

Ecole de sous-officiers pilotes d'Istres  
 Ecoles des Elèves Officiers  
 Ecole des Officiers Mécaniciens  
 Ecoles civiles d'Aviation

**AVIATION CIVILE**

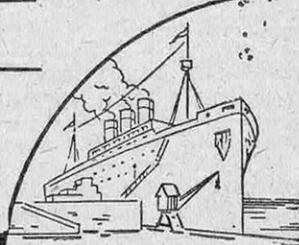
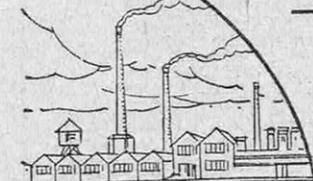
Brevets de Navigateurs aériens  
 Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs Adjointes du Ministère de l'Air

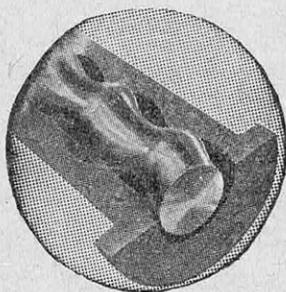
**PROGRAMMES GRATUITS**

(Joindre un timbre pour toute réponse)

**LES COURS SUR PLACE  
 ont lieu pendant la guerre  
 à Nice :**

**56, b. Impératrice-de-Russie**





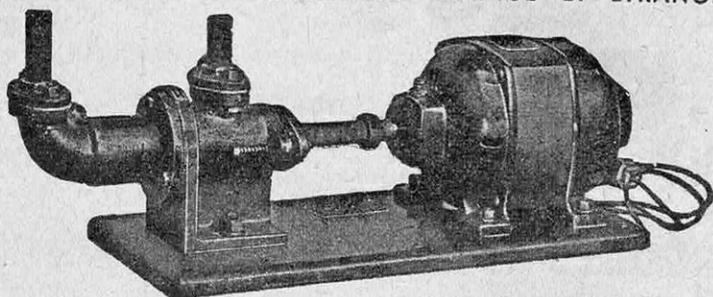
# POMPES EN CAOUTCHOUC

LICENCE R. MO'NEAU, BREVETÉE FRANCE ET ÉTRANGER

## AVANTAGES

**TOUS FLUIDES LIQUIDES OU GAZEUX**  
 EAU - VIN - PURIN  
 MAZOUT - ESSENCE  
 LIQUIDES ÉPAIS ET ABRASIFS  
 LIQUIDES ALIMENTAIRES  
 CRAIGNANT L'ÉMULSION

**SILENCIEUSES**  
 AUTO-AMORÇAGE  
 SIMPLICITÉ - ROBUSTESSE  
 USURE NULLE - ÉCONOMIE  
 - TOUS DÉBITS -  
 - TOUTES PRESSIONS -  
 FACILITÉ D'ENTRETIEN



De nombreuses pompes fonctionnent à bord des croiseurs  
*Dunkerque, Strasbourg, Richelieu*, pour tous liquides.

**POMPES • COMPRESSEURS • MÉCANIQUE**  
 SOCIÉTÉ  
 65, 65 RUE DE LA MAIRIE VANVES (SEINE) TÉL. MICHELET 3718

## LA RADIESTHÉSIE

scientifiquement expliquée  
 par la théorie de la

## RADIO - DÉSINTÉGRATION

Résultats précis et applications pratiques grâce  
 à la méthode et aux appareils sélectifs de

### M. L. TURENNE

Ingénieur E. C. P., ancien professeur de T. S. F.  
 à l'École d'artillerie de Fontainebleau.

9, rue de Chazelles, PARIS (17<sup>e</sup>) Téléphone :  
 Wagram 42-29

Etude de toutes les ondes : leur origine, leur  
 nature, leur influence sur notre organisme.  
 Ondes favorables. Ondes nuisibles. Le moyen  
 de nous en protéger.

Notices Livres, Leçons particulières et  
**COURS PAR CORRESPONDANCE**

Envoi franco de notices explicatives

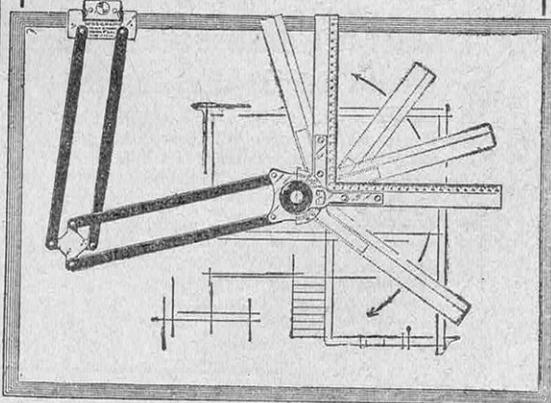
RECHERCHE D'EAU, DE MÉTAUX, etc.  
 Etudes sur plans. — Installations d'eau

POMPES — ÉLECTRICITÉ — CHAUFFAGE

## LE "DESSIGRAPHE"

BREVETÉ S. G. D. G. - MADE IN FRANCE  
 MARQUE ET MODÈLES DÉPOSÉS

(Nouveau modèle perfectionné)



Dessinera rapidement  
 votre pensée technique

SIMPLE pour  
 RAPIDE DESSINATEURS  
 PRÉCIS ARCHITECTES  
 ROBUSTE INGÉNIEURS  
 BON MARCHÉ ETUDIANTS, etc.

Pour planche : 75 x 60, 150 fr. ; 120 x 80, 250 fr.  
 Emballage et port : France, 10 fr. ; Étranger, 25 fr.  
 Catalogne 12 bis Franco - Chèque postal : 2035-52

P. BERVILLE, 18, rue La Fayette — PARIS (IX<sup>e</sup>)

Deux occupations utiles et agréables  
pour vous et vos enfants

# APPRENEZ LE DESSIN

pour le plaisir d'abord  
et peut-être pour le profit



En quelques mois, facilement, chez vous, à peu de frais et par la plus surprenante méthode, vous pouvez devenir bon dessinateur.

Même si vous n'avez jamais tenu un crayon, quelles que soient vos occupations et même si vous habitez dans un bourg perdu en pleine campagne,

vous pouvez recevoir les merveilleuses leçons du cours A. B. C. de Dessin.

Sous la direction d'artistes parisiens notoires, vous ferez des progrès dont vous serez émerveillés. Dès l'instant où vous prendrez votre crayon pour faire le premier devoir du premier cours, commencera un enchantement qui ne finira plus.

## Pour vos enfants

Il existe un cours spécial pour les enfants de huit à quatorze ans. Les leçons sont amusantes, faciles, à la portée de leurs jeunes intelligences.

L'École A. B. C. de Dessin spécialise ses élèves et leur donne, suivant leurs désirs, une instruction technique sur des carrières telles que le Dessin de Publicité, d'Illustration, de Mode, Décoration, etc...

## Renseignez-vous aujourd'hui même.

Venez vous-même à notre siège, 12, rue Lincoln, Paris. Si cela vous est impossible, demandez-nous celles des brochures DESSIN ou LINGUAPHONE qui vous intéresse.

# APPRENEZ L'ANGLAIS

ou n'importe quelle autre  
langue étrangère

Aujourd'hui plus que jamais, il faut posséder au moins une langue étrangère. Profitez de vos loisirs, apprenez chez vous la langue de votre choix, par une méthode amusante et facile : la Méthode Linguaphone.

Pour y croire il faut l'entendre. — Il faut vraiment avoir entendu un Linguaphone pour se rendre compte de son efficacité. De tous côtés, on nous écrit pour nous féliciter de la perfection de la Méthode et des résultats remarquables obtenus.

Tout en restant chez vous. — Vous pouvez apprendre, par la Méthode Linguaphone, n'importe quelle langue. Cela très vite, en quelques mois, et vous êtes sûr de la parler correctement, avec le bon accent.



## LINGUAPHONE enseigne 26 LANGUES :

ANGLAIS, ALLEMAND,  
ITALIEN, ESPAGNOL,  
HOLLANDAIS, RUSSE,  
ARABE, PORTUGAIS,  
etc...

## ESSAI GRATUIT

S'il y avait un Linguaphone dans la pièce à côté, n'iriez-vous pas l'essayer ? Eh bien ! cet essai, vous pouvez le faire chez vous. Pour que vous puissiez vous rendre compte par vous-même de la valeur exceptionnelle de sa méthode, Linguaphone vous fait cette offre unique : essayez gratuitement un cours complet dans la langue de votre choix.

# L'ÉCOLE A. B. C. PAR CORRESPONDANCE

12, rue Lincoln (Champs-Élysées), Paris-8<sup>e</sup>

## ÉCOLE A. B. C. (Section Dessin)

*Veillez m'envoyer gratuitement votre album illustré sur le dessin.*

Album adultes. Album enfants.

*(Rayez la mention qui ne convient pas.)*

NOM : .....

ADRESSE : ..... B-14

## ÉCOLE A. B. C. (Section Linguaphone)

*Veillez m'envoyer gratuitement tous renseignements sur la Méthode Linguaphone.*

LANGUE CHOISIE : .....

NOM : .....

ADRESSE : ..... B-14

# POUR les ÉTUDES de vos ENFANTS

## Pour vos propres études

vous ne pouvez mieux faire que de vous adresser à

# I'ÉCOLE UNIVERSELLE

par correspondance de Paris, la plus importante du monde, dont les cours ne subissent  
**AUCUNE INTERRUPTION**

Ses cours par correspondance sont en effet :

- les plus commodes** dans les circonstances présentes, puisqu'on les suit **chez soi**, sans aucun dérangement, en n'importe qu'elle résidence, jusque dans les localités les plus isolées et même si l'on est astreint à de nombreux déplacements ;
- les plus complets** puisqu'ils embrassent tous les **programmes officiels de l'enseignement du premier et du second degré**, et tous les programmes spéciaux auxquels se rapportent les brochures énumérées ci-dessous ;
- merveilleusement efficaces**, puisqu'ils ont permis aux élèves de l'Ecole Universelle de remporter depuis 33 ans des

## CENTAINES DE MILLIERS DE SUCCÈS

aux **Baccalauréats, Brevets, Licences, concours des Grandes Ecoles, des Grandes Administrations, etc.**

L'Ecole Universelle est la première au monde qui appliqua l'enseignement par correspondance aux études primaires, secondaires, etc. Ce sont ses succès inouïs qui ont déterminé la vogue de cet enseignement. Mais ses méthodes restent toujours inégalées. Votre intérêt vous commande de lui réserver toute votre confiance.

Pour être renseigné sur les avantages que peut vous procurer l'enseignement par correspondance de l'Ecole Universelle, envoyez-lui aujourd'hui même une carte postale ordinaire portant simplement  **votre adresse** et le **numéro de la brochure** qui vous intéresse, parmi celles qui sont énumérées ci-après. Vous la recevrez par retour de courrier, franco de port, **à titre absolument gracieux et sans engagement** de votre part.

Si vous désirez, en outre, des renseignements particuliers sur les études que vous êtes susceptible de faire et sur les situations qui vous sont accessibles, écrivez plus longuement. Ces conseils vous seront fournis de la façon la plus précise et la plus détaillée, toujours à titre absolument gracieux et sans engagement de votre part.

**BROCHURE N° 6.690**, concernant les *classes complètes* de l'**Enseignement primaire et primaire supérieur** jusqu'aux Brevet élémentaire et Brevet supérieur inclusivement — concernant, en outre, la préparation rapide au *Certificat d'études primaires*, au *Brevet élémentaire*, au *Brevet supérieur*, pour les jeunes gens et jeunes filles qui ont déjà suivi les cours complets d'une école — concernant, enfin, la préparation au *Certificat d'aptitude pédagogique*, aux divers *Professorats*, à l'*Inspection primaire*.

(Enseignement donné par des inspecteurs primaires, Professeurs d'E. N. et d'E. P. P. S., Professeurs de Cours complémentaires, etc.)

**BROCHURE N° 6.607**, concernant toutes les *classes complètes* de l'**Enseignement secondaire** officiel depuis la onzième jusqu'aux classes supérieures, y compris première supérieure et mathématiques spéciales — concernant aussi les examens de passage — concernant, enfin, pour les jeunes gens et les jeunes filles qui ont déjà suivi les cours d'un lycée ou d'un collège, la préparation rapide aux divers *baccalauréats* et aux *diplômes de fin d'études secondaires*.

(Enseignement donné par des Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.)

**BROCHURE N° 6.612**, concernant la préparation à *tous les examens* de l'**Enseignement supérieur** : licence en droit, licence ès lettres, licence ès sciences, certificat d'aptitude aux divers professorats, au *Certificat d'études P. C. B.* et à l'*examen d'herboriste*.

(Enseignement donné par des Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.)

**BROCHURE N° 6.615**, concernant la préparation aux concours d'admission dans **toutes les grandes Ecoles spéciales** : Armée et Marine, Elève officier de réserve, Ecoles d'infirmières, Agriculture, Industrie, Travaux Publics, Mines, Commerce, Enseignement, Beaux-Arts, Colonies, Elèves pilotes, Elèves mitrailleurs, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs de Grandes Ecoles, Ingénieurs, Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.)

**BROCHURE N° 6.621**, concernant la préparation à **toutes les carrières administratives** de la Métropole et des Colonies.

(Enseignement donné par des Fonctionnaires supérieurs des Grandes Administrations et par des professeurs de l'Université.)

**BROCHURE N° 6.626**, concernant la préparation à tous les brevets et diplômes de l'**Air**, de la **Radio** et de la **Marine** : Licences d'opérateur, Brevets de navigateur, Certificats de Radio, Pont, Machine.

(Enseignement donné par des officiers de pont, Ingénieurs, Officiers mécaniciens, Commissaires, Professeurs de l'Université, etc.)

**BROCHURE N° 6.632**, concernant la préparation aux carrières d'**Ingénieur**, **Sous-Ingénieur**, **Dessinateur**, **Conducteur**, **Chef de Chantier**, **Contremaître** dans toutes les spécialités de l'**Industrie** et des **Travaux publics** : Electricité, T. S. F., Mécanique, Automobile, Aviation, Mines, Forge, Chauffage central, Chimie, Travaux publics, Architecture, Béton armé, Topographie, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs spécialistes, Professeurs de l'Enseignement technique, etc.)

**BROCHURE N° 6.637**, concernant la préparation à toutes les carrières de l'**Agriculture**, des **Industries agricoles** et du **Génie rural**, dans la Métropole et aux Colonies.

(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs agronomes, Ingénieurs du Génie rural, etc.)

**BROCHURE N° 6.643**, concernant la préparation à toutes les carrières du **Commerce** (Administrateur commercial, Secrétaire commercial, Correspondancier, Sténo-Dactylographe); de la **Comptabilité** (Expert-Comptable, Comptable, Teneur de Livres); de la **Représentation**, de la **Banque** et de la **Bourse**, des **Assurances**, de l'**Industrie hôtelière**, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs d'Ecoles pratiques, Experts-Comptables, Techniciens spécialistes, etc.)

**BROCHURE N° 6.646**, concernant la préparation aux métiers de la **Couture**, de la **Coupe**, de la **Mode** et de la **Chemiserie** : Petite-Main, Seconde-Main, Première-Main, Couturière, Vendeuse, Vendeuse-retoucheuse, Modéliste, Modiste, Coupeuse, Lingère, Brodeuse, Coupeur-Chemisier, Coupe pour hommes, Professorats libres et officiels, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs officiels et par des Spécialistes hautement réputés.)

**BROCHURE N° 6.651**, concernant la préparation aux carrières du **Cinéma** : Carrières artistiques, techniques et administratives.

(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

**BROCHURE N° 6.655**, concernant la préparation aux carrières du **Journalisme** : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, et du **Secrétariat** (Secrétaire particulier, Secrétaire assistante de médecin, Secrétaire technique).

(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

**BROCHURE N° 6.658**, concernant l'étude de l'**Orthographe**, de la **Rédaction**, de la **Rédaction de lettres**, de l'**Eloquence usuelle**, du **Calcul**, du **Calcul mental** et extra-rapide, du **Dessin usuel**, de l'**Ecriture**, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs de l'Enseignement primaire et de l'Enseignement secondaire.)

**BROCHURE N° 6.663**, concernant l'étude des **Langues étrangères** : **Anglais**, **Espagnol**, **Italien**, **Allemand**, **Russe**, **Annamite**, **Portugais**, **Arabe**, **Esperanto**. — Concernant, en outre, les carrières accessibles aux polyglottes et le **Tourisme** (Interprète).

(Enseignement donné par des Professeurs ayant longtemps séjourné dans les pays dont ils enseignent la langue.)

**BROCHURE N° 6.668**, concernant l'enseignement de tous les **Arts du Dessin** : Cours universel de Dessin, Dessin usuel, Illustration, Caricature, Composition décorative, Décoration, Aquarelle, Peinture, Pastel, Fusain, Gravure, Décoration publicitaire — concernant également la préparation à tous les **Métiers d'art** et aux divers **Professorats**, E. P. S., Lycées, Ecoles pratiques.

(Enseignement donné par des Artistes réputés, Lauréats des Salons officiels, Professeurs diplômés, etc.)

**BROCHURE N° 6.671**, concernant l'**enseignement complet de la musique** : Musique théorique (**Solfège**, **Chant**, **Harmonie**, **Contrepoint**, **Fugue**, **Composition**, **Instrumentation**, **Orchestration**, **Transposition**), Musique instrumentale (**Piano**, **Accompagnement au piano**, **Violon**, **Flûte**, **Mandoline**, **Banjo**, **Clarinette**, **Saxophone**, **Accordéon**) — concernant également la préparation à toutes les carrières de la Musique et aux divers **Professorats** officiels ou privés.

(Enseignement donné par les Grands Prix de Rome, Professeurs membres du jury et Lauréats du Conservatoire national de Paris.)

**BROCHURE N° 6.676**, concernant la préparation à toutes les **carrières coloniales** : Administration, Commerce, Industrie, Agriculture.

(Enseignement donné par des Fonctionnaires supérieurs des Grandes Administrations, Techniciens spécialistes des questions coloniales, Ingénieurs d'Agronomie coloniale.)

**BROCHURE N° 6.683**, concernant l'**Art d'écrire** (Rédaction littéraire, Versification) et l'**Art de parler en public** (Eloquence usuelle, Diction).

**BROCHURE N° 6.687**, concernant l'**enseignement** pour les **enfants débiles** ou **retardés**.

**BROCHURE N° 6.691**, concernant les **carrières féminines** dans tous les ordres d'activité.

**BROCHURE N° 6.695**, **Coiffure**, **Manucure**, **Pédicure**, **Massage**, **Soins de beauté**.

Ecrivez aujourd'hui même, comme nous vous y invitons à la page précédente, à MM. les Directeurs de

# L'ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS (16<sup>e</sup>)

# IL EST PLUS FACILE

d'apprendre seul  
avec ou sans disques

# L'ANGLAIS

L'ALLEMAND, L'ESPAGNOL  
L'ITALIEN, le NÉERLANDAIS

avec

# ASSiMiL

"LA MÉTHODE FACILE"

que par n'importe quel moyen

*Your cigarette is finished*



La méthode **ASSiMiL** met réellement les langues à la portée de tous.

Non seulement elle réduit l'effort au minimum, mais encore, par le caractère humoristique et familier de ses textes, elle transforme l'étude en véritable distraction.

Rien de plus clair, de plus vivant, de mieux gradué, et par conséquent de plus facile à apprendre et à retenir.

*Pour vous en convaincre, demandez, sans engagement, les sept premières leçons avec documentation contre 2 fr. 50 en timbres pour chaque langue.*

**ASSiMiL**, service Sc

15 bis, rue de Marignan, Paris-8<sup>e</sup>

51, rue du Midi, Bruxelles

HAVAS



Mes yeux sont enfin protégés du soleil



PHOTO  
DRAEGER



En partant en vacances, n'oubliez pas votre lunette munie des verres ponctuels **STIGMAL** en teintes foncées, qui évitent l'éblouissement par le soleil. Le verre **STIGMAL**, en teintes foncées, est un verre anti-solaire idéal car il n'altère aucunement les couleurs.

verres **STIGMAL**

En vente chez les Opticiens-Spécialistes (prix imposés). La Société des Lunetiers, 6, r. Pastourelle, à Paris, ne vend pas aux Particuliers.



## POMPES DAUBRON

57, avenue de la République, PARIS

### ÉLECTRO-POMPES DOMESTIQUES

pour villas, fermes, arrosage, incendies

#### FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE

Distribution d'eau sous pression  
par les groupes

### DAUBRON

### POMPES INDUSTRIELLES

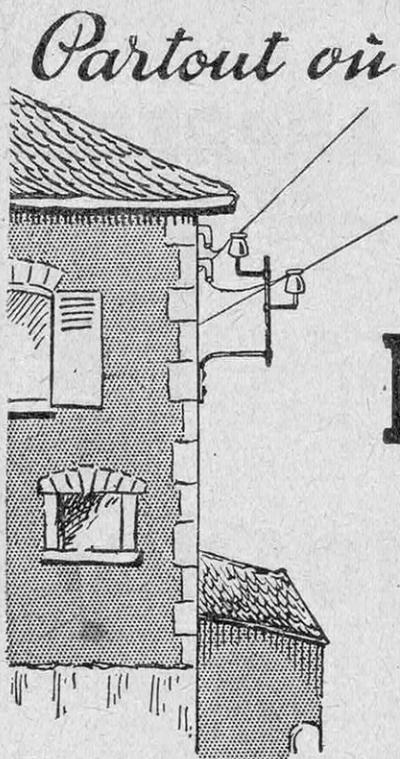
tous débits, toutes pressions, tous usages

## Le JOURNAL de TOTO

L'ami des enfants de cinq à douze ans. Par l'immense succès qu'il a connu dès son premier numéro, a montré combien heureuse était sa formule et réussie sa présentation.

TOUS LES JEUDIS — 60 centimes

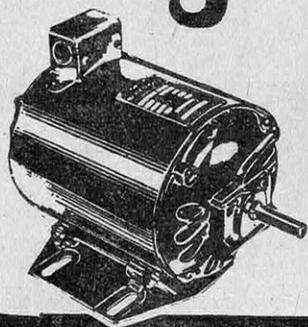
Administration et publicité :  
20, rue d'Enghien, Paris (X<sup>e</sup>)



*Partout où passe  
le courant lumière*

...ET SANS INSTALLER  
LA FORCE!  
*vous pouvez brancher un*

# Ragonot-Delco



ETS RAGONOT  
15, Rue de Milan - PARIS-IX  
Téléphone: Trinité 17-60 et 61

Pub. R.: L. Dupuy

Quelle que soit votre fabrication,  
économisez **TEMPS** et **ARGENT**  
en supprimant vos étiquettes.

LA  
**POLYCHROME  
DUBUIT**



NOMBREUSES RÉFÉRENCES DANS  
TOUTES LES BRANCHES DE L'INDUSTRIE

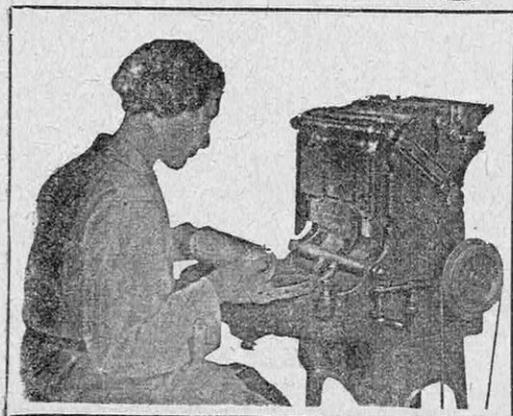
**imprime en une, deux ou trois  
couleurs sur tous objets.**

PRÉSENTATION MODERNE  
**4 fois moins chère que l'étiquette**

(VOIR ARTICLE DANS LE N° 227, PAGE 429)

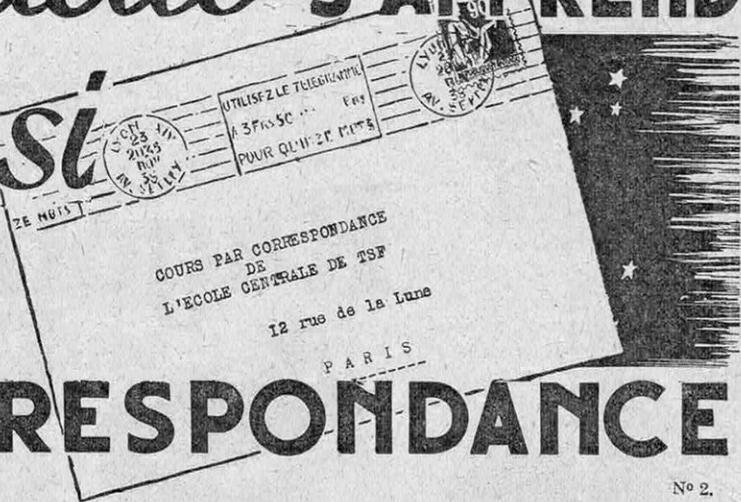
**MACHINES DUBUIT**  
60, rue de Vitruve

**PARIS**  
Roq. : 19-31



PUBL. G. BLOCH

# LA Radio S'APPREND Aussi PAR CORRESPONDANCE



N° 2.

## JEUNES GENS !...

c'est un véritable succès que remportent chaque année aux examens officiels  
LES MÉTHODES ORIGINALES D'ENSEIGNEMENT DE  
**L'ÉCOLE CENTRALE DE T. S. F.**

EN EFFET

70 % des candidats reçus aux examens officiels sont des élèves  
de l'école (résultats contrôlables au Ministère des P. T. T.)

Quelles que soient les situations de la Radio  
**CIVILES OU MILITAIRES**  
auxquelles vous aspirez

AVIATION — INDUSTRIE — MARINE — ADMINISTRATIONS

### AUGMENTEZ VOS CHANCES DE RÉUSSITE

en vous *inscrivant immédiatement* à nos cours par correspondance (donnant  
droit à un stage gratuit de six semaines)

IL N'EXISTE PAS D'AUTRE ÉCOLE POUVANT VOUS DONNER  
LA GARANTIE D'UN PAREIL COEFFICIENT DE RÉUSSITE  
Demandez le « Guide complet des carrières professionnelles et militaires de T.S.F. »



# ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

12 rue de la Lune PARIS 2<sup>e</sup>



Telephone Central 78.87

# LA SCIENCE ET LA VIE

MAGAZINE MENSUEL DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous

RÉDACTION, ADMINISTRATION : 13, rue d'Enghien, Paris-10<sup>e</sup>

Chèques postaux : N<sup>o</sup> 91-07, Paris — Téléphone : Provence 15-21

PUBLICITÉ : Office de Publicité Excelsior, 20, rue d'Enghien, Paris-10<sup>e</sup>

Chèques postaux : N<sup>o</sup> 59-70, Paris — Téléphone : Provence 15-22 à 24

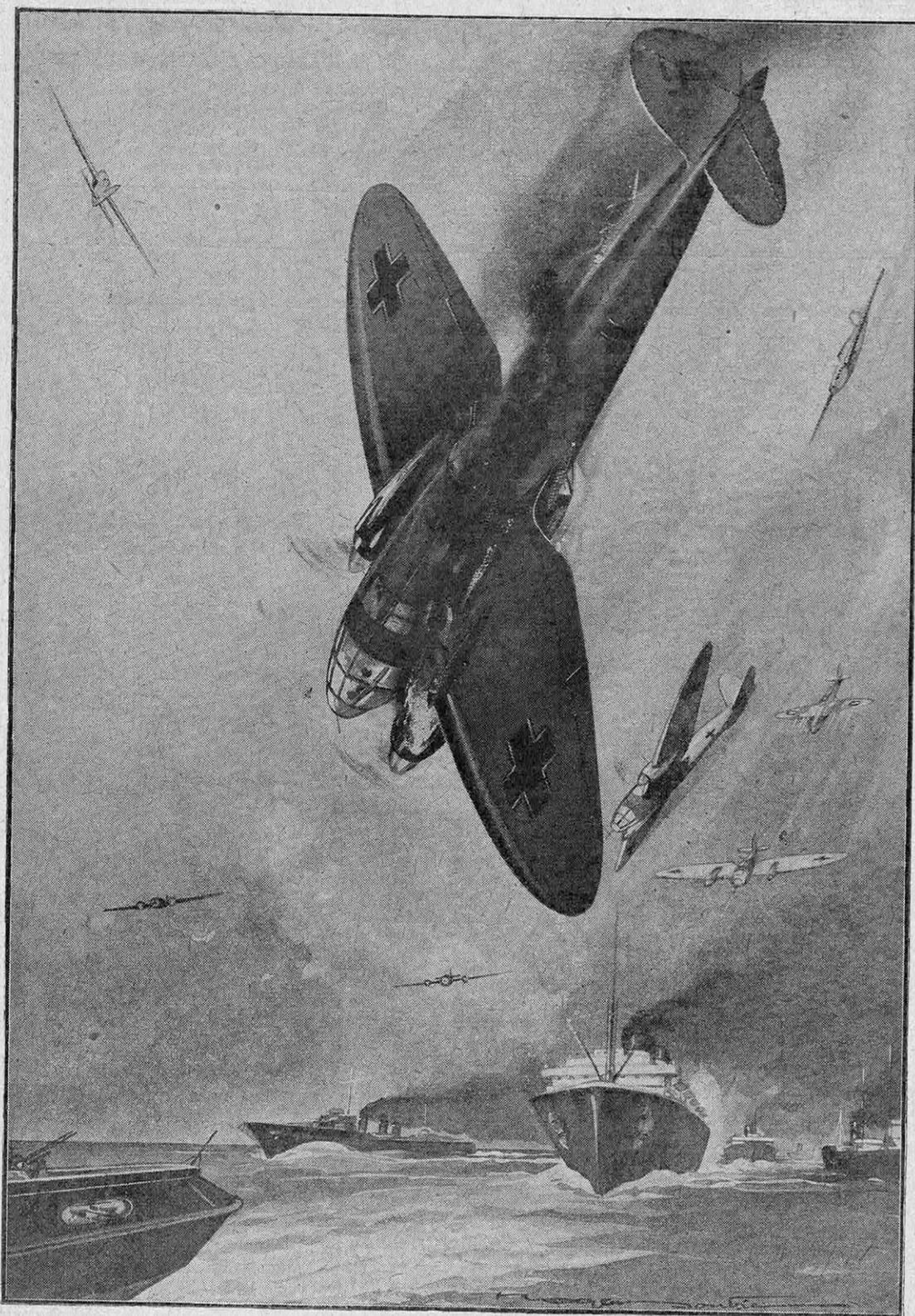
Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays  
Copyright by La Science et la Vie, Mai 1940 - R. C. Seine 116-544

Tome LVII

Mai 1940

Numéro 275

La guerre aero-sous-marine en mer du Nord.. . . . .	Pierre Belleruche.. . . . .	463
<i>Guerre d'avions, guerre de mines, guerre sous-marine, tel a été l'aspect général des opérations dans la mer du Nord au cours des sept premiers mois d'hostilités, pendant lesquels l'Allemagne s'est efforcée en vain de briser le blocus sévère établi par les Alliés. Les attaques aériennes contre les bases navales britanniques ont été immédiatement suivies de ripostes, dont celle sur l'île de Syll s'est révélée particulièrement efficace. De plus en plus, la mer du Nord constitue le champ clos où s'affronteront les forces navales et aériennes des belligérants. Il faut bien connaître ce théâtre de la lutte pour en saisir clairement le déroulement présent et futur.</i>		
La cryptographie et l'art du décrypteur.. . . . .	André Daulnay .. . . .	480
<i>Le service du «chiffre», qui accompagne, en temps de guerre, chaque état-major, fait appel, pour assurer le secret des messages, à toutes les ressources de la science cryptographique, dont voici exposés les principes fondamentaux. Malgré l'emploi des machines à chiffrer les plus perfectionnées, il n'est aucun secret qui puisse mettre en défaut la perspicacité et la patience méthodiques des décrypteurs.</i>		
Comment la photographie aérienne permet de dresser les cartes avec précision et clarté.. . . . .	Armand de Gramont.. . . .	492
<i>Grâce à des appareils d'une extrême ingéniosité, on sait aujourd'hui, à l'aide de photographies prises en avion, dresser les cartes des territoires survolés, à grande et à petite échelle, avec une rapidité et aussi une précision incomparablement plus grandes que par les procédés de la topographie classique.</i>		
Mitrailleuses et canons à bord des avions de combat modernes.. .	Victor Reniger.. . . . .	501
<i>Les vitesses actuellement atteintes par les avions de chasse, de combat ou de bombardement, ne laissent au combattant que quelques secondes pour abattre son adversaire. Aussi la puissance de feu des appareils constitue-t-elle un des facteurs essentiels du succès. Voici les mitrailleuses légères, à cadence rapide, les canons automatiques à projectiles explosifs, dont un seul coup au but suffit à mettre hors de combat l'appareil ennemi.</i>		
Que vaut la flotte des Soviets ? .. . . . .	Henri Meilhac.. . . . .	510
<i>L'U. R. S. S., dans les nouvelles bases qu'elle occupe sur la mer Baltique depuis ses accords avec l'Esthonie et le conflit finlandais, s'est sensiblement rapprochée de l'Occident. Quel rôle pourraient jouer ses forces navales si le conflit actuel venait à s'étendre ?</i>		
L'Allemagne et le pétrole roumain.. . . . .	Charles Berthelot .. . . .	523
<i>Depuis que les Alliés ont coupé les voies maritimes desservant le Reich, le pétrole roumain ne peut lui parvenir que par le Danube et les voies ferrées. Nous voici au moment où, précisément, ses besoins vont s'accroître considérablement. Le pétrole et le fer constituent, sans aucun doute, les points les plus faibles du ravitaillement du Reich qui va tenter, par tous les moyens, de pallier cette carence de sa production nationale.</i>		
Les radioéléments artificiels, nouveaux et subtils outils de recherches physiques et biologiques.. . . . .	L. Houllevigue .. . . .	528
<i>Grâce aux radioéléments créés dans les laboratoires de synthèse atomique, il est possible aujourd'hui d'étudier des phénomènes échappant aux méthodes les plus délicates de l'analyse chimique et de la spectroscopie.</i>		
Le bilan mensuel de la guerre.. . . . .	Général Brossé.. . . . .	534
Il y a cinquante ans, Branly inventait le premier détecteur d'ondes.. .	Jean Labadié.. . . . .	540
<i>Voici l'œuvre du savant français qui, en inventant le cohéreur, premier détecteur efficace de l'onde hertzienne, est à l'origine d'une des plus grandioses réalisations de notre temps.</i>		
Vers la perfection dans la reproduction sonore : haut-parleurs à haute fidélité.. . . . .	André Laugnac .. . . .	543
Les A côté de la science.. . . . .	V. Rubor.. . . . .	546



L'ATTAQUE D'UN CONVOI AU LARGE DES COTES ÉCOSAÏSES

*Des escadrilles de chasseurs « Spitfire », faisant partie de la défense côtière, ont été alertées. Elles dispersent les bombardiers allemands Heinkel 111 K, qui se disposaient à attaquer les bâtiments du convoi à la bombe et à la mitrailleuse.*

# LA GUERRE « AÉRO-SOUS-MARINE » EN MER DU NORD

Par Pierre BELLEROCHÉ

Depuis septembre dernier, et jusqu'au début d'avril, les opérations de guerre en mer du Nord avaient pris une physionomie bien spéciale que l'on pouvait qualifier d'aéro-sous-marine : guerre d'avions et de mines. En effet, la mer du Nord était survolée de bout en bout par les aviations adverses : Heinkel 111 K, d'une part ; Vickers « Wellington » ou Bristol « Blenheim » de l'autre. Les deux adversaires ont, jusqu'au 17 mars 1940, respecté la règle de n'attaquer aucun objectif à terre, mais les objectifs marins n'étaient pas ménagés. Et, de ce fait, les flottes de surface avaient perdu une grande partie de leur liberté d'action en mer du Nord. La flotte allemande n'est jamais sortie ou presque. Aucune opération navale, à la manière de 1914-1915, n'a eu lieu pendant l'hiver 1939-1940. En même temps, le « terrain » — si l'on peut dire — est devenu « truqué » par un usage déjà intensif de mines sous-marines. Il faut dire que l'hydrographie de la mer du Nord, aux eaux peu profondes, est particulièrement favorable. De ce côté, les choses vont plus vite qu'en 1914. La carte marine est déjà couverte de landes hachurées représentant les zones minées. La navigation commerciale doit déjà s'astreindre à des précautions considérables et à des routes bien définies. De plus en plus, il apparaît que c'est dans le « ring » fermé de la mer du Nord que se jouera, au cours des mois prochains, le match décisif où s'affronteront les forces navales et aériennes des Alliés et du Reich. Le duel aérien qui s'est ouvert entre Scapa Flow et Sylt, à la fin de mars 1940, semble en avoir été le prélude. Le 9 avril, en riposte à la pose de mines de la part des Alliés le long des côtes de Norvège — justifiée par l'utilisation systématique des eaux territoriales norvégiennes pour le transport de la contrebande de guerre par les navires allemands — les troupes du Reich envahirent le Danemark et débarquèrent de vive force dans le Sud de la péninsule scandinave. Le fait est encore trop récent pour que soient exposées avec toute la précision désirable les circonstances exactes de cette action et pour que puisse être évoqué ici le développement possible des opérations militaires dans le Nord de l'Europe au cours des prochains mois et leurs répercussions, des points de vue stratégique et économique, sur la conduite générale de la guerre.

**D'**UN coup d'œil sur la carte marine de la mer du Nord, on voit immédiatement la différence de situation stratégique des deux adversaires.

## La Baie allemande

D'un côté, un fond de baie, très bien protégé par la nature : la Baie allemande, front de mer de moins de 200 km, sorte de nasse abritée par le chapelet d'îles sablonneuses de la Frise : Borkum, Norderney, Wangeroog, etc., dont chacune est devenue une base aérienne. Deux autres îles, puissantes bases avancées, Heligoland et Sylt, complètent le système défensif, derrière lequel la flotte allemande a organisé ses repaires : Cuxhaven, Wilhelmshaven, les mouillages de la Jade et de Schillig, les ports de commerce allemands étant eux-mêmes enfoncés dans les estuaires.

## La côte Est d'Angleterre

De l'autre côté, un front de mer extrêmement étendu, près de 1 000 km, des Orcades au Pas de Calais, littoral où circule une intense

navigation, avec des ports industriels à fleur de côte. Au total du point de vue aéronautique, un front de mer vulnérable fait face à un front de mer protégé.

La défense de la côte anglaise si vulnérable est entièrement confiée à la *Royal Air Force*. Les avions de patrouille du *Coastal Command* assurent une surveillance continue de cette zone maritime. Sur les aérodromes côtiers, les nombreuses escadrilles de chasse de la *Fighter Command* se tiennent prêtes à intervenir à la première alerte. Ces escadrilles de chasse sont équipées des plus récents avions de chasse, les *Supermarine Spitfire*, à 8 mitrailleuses.

Enfin, le long de la côte, de nombreux petits bâtiments de guerre, armés de pièces antiaériennes, assurent la patrouille et l'escorte de la navigation commerciale qui se forma en convois en septembre 1939.

## Le raid anglais du 4 septembre 1939

Mais l'aviation et la marine britannique ne s'arrêtèrent pas seulement à des mesures défensives. Dès le 4 septembre, deux forma-

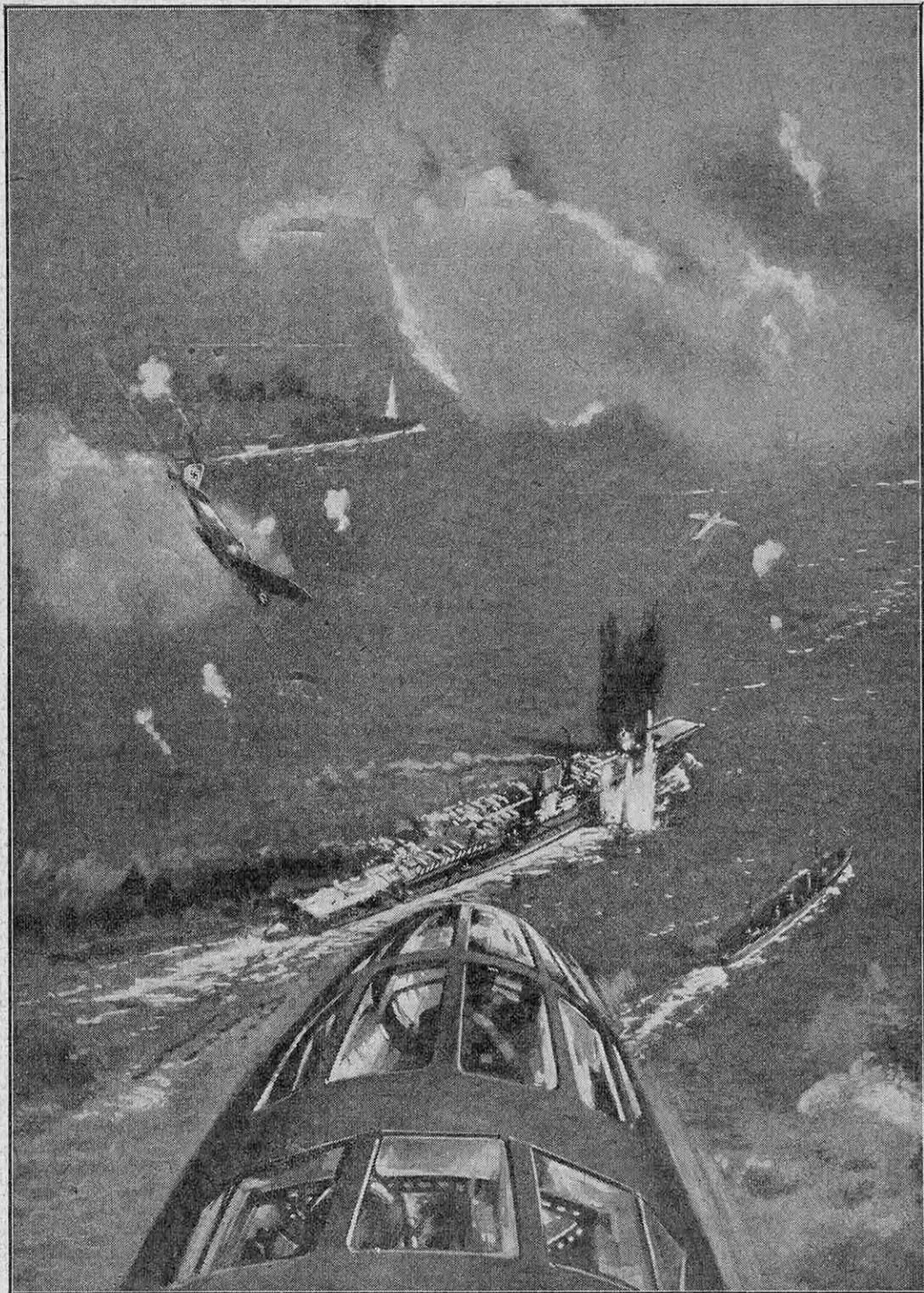


FIG. 1. — L'ATTAQUE EN PIQUÉ DU PORTE-AVIONS BRITANNIQUE « ARK ROYAL » EN MER DU NORD PAR DES BIMOTEURS HEINKEL 111, LE 26 SEPTEMBRE 1939, VUE PAR LES ALLEMANDS. On sait que les communiqués allemands prétendirent longtemps que l'Ark Royal avait été coulé lors de ces attaques. On sait qu'il ne fut pas touché, contrairement à ce que représente l'image ci-dessus, parue dans un journal illustré d'outre-Rhin.

tions de bombardement pénétrèrent en baie allemande pour attaquer les navires de guerre allemands dans leur repaire de Schillig et de Brünsbüttel. Ce fut — on s'en souvient — le magnifique exploit où le flight-lieutenant Doran, attaquant en vol rasant, au milieu des éclatements de la D. C. A., réussit à toucher d'une bombe un croiseur nazi. Mais l'expédition coûta 5 avions sur les 21 qui y participèrent. L'effet moral fut néanmoins considérable : les repaires de la Baie allemande avaient été violés. Le coup avait porté : l'aviation allemande allait chercher à le venger.

**La période des attaques aéronavales allemandes**

La fin du mois de septembre 1939 et le mois d'octobre sont alors caractérisés par des ripostes de l'aviation de bombardement

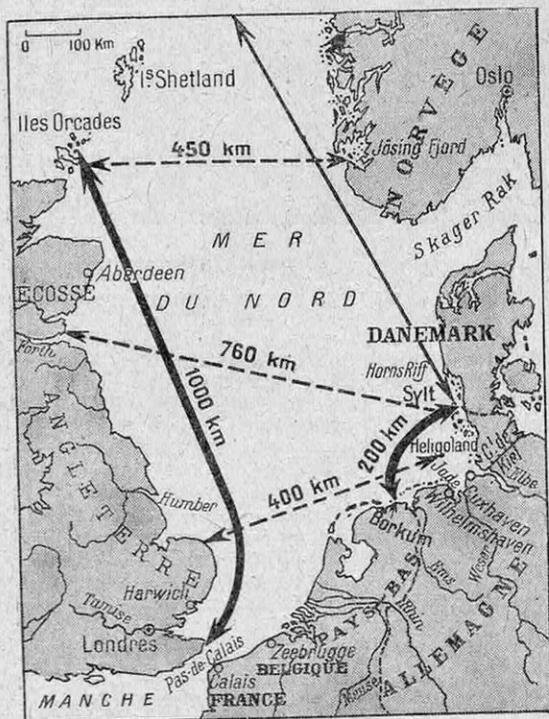


FIG. 2. — LES FRONTS AÉROMARITIMES DE LA MER DU NORD

Le front aérien britannique Orcades-Pas de Calais s'étend sur près de 1 000 km. Le front aérien allemand Horns Riff-Terschelling n'a que 200 km. De Sylt, les raids allemands partent vers la côte écossaise. Des aérodomes de la côte Est de l'Angleterre partent les raids britanniques vers Heligoland, Cuxhaven et même vers le cœur de l'Allemagne. Les patrouilles de sécurité britanniques visitent les bases de départ (Borkum, Norderney et Sylt) des hydravions allemands mouilleurs de mines magnétiques.



FIG. 3. — LES BASES AÉRONAVALES ALLEMANDES DE LA MER DU NORD

allemande sur la flotte britannique. Celle-ci est basée dans les ports de l'Ecosse et appareille fréquemment pour patrouiller la zone comprise entre les Orcades, les Shetland et la côte de Norvège. L'aviation de reconnaissance nazie, de sa plate-forme de Sylt, pousse précisément ses reconnaissances dans cette zone qui longe les eaux, et qui est, pour l'Allemagne, la porte entre-bâillée du blocus maritime.

Le 26 septembre 1939, un détachement de la Home Fleet est repéré par les hydravions Dornier et, quelques heures après, attaqué par les Heinkel. L'attaque eut lieu à haute altitude en ligne de vol horizontal et en piqué. Une très grosse bombe fut lancée en piqué contre le porte-avions *Ark Royal*. Elle tomba à proximité mais ne fit aucun dommage. Les Allemands demeurèrent persuadés de l'avoir coulé. De même, le *Hood* échappa à une attaque.

**Le grand raid aéronaval allemand du 9 octobre**

Le 9 octobre, un autre détachement de la Home Fleet fut repéré entre les Shetland et la côte norvégienne, par les hydravions Dornier, et toute l'escadre de bombardement nazie n° 26 fut alertée. Le 9 octobre 80 Heinkel 111, rassemblés à Sylt, partirent à l'attaque, à plus de 1 000 km de leur base. Beaucoup s'égarèrent dans les nuages et ne réussirent pas à trouver les navires anglais. Deux Heinkel atterrirent au Danemark à court d'essence, et un grand nombre d'autres se perdirent en mer, et ne rentrèrent pas à

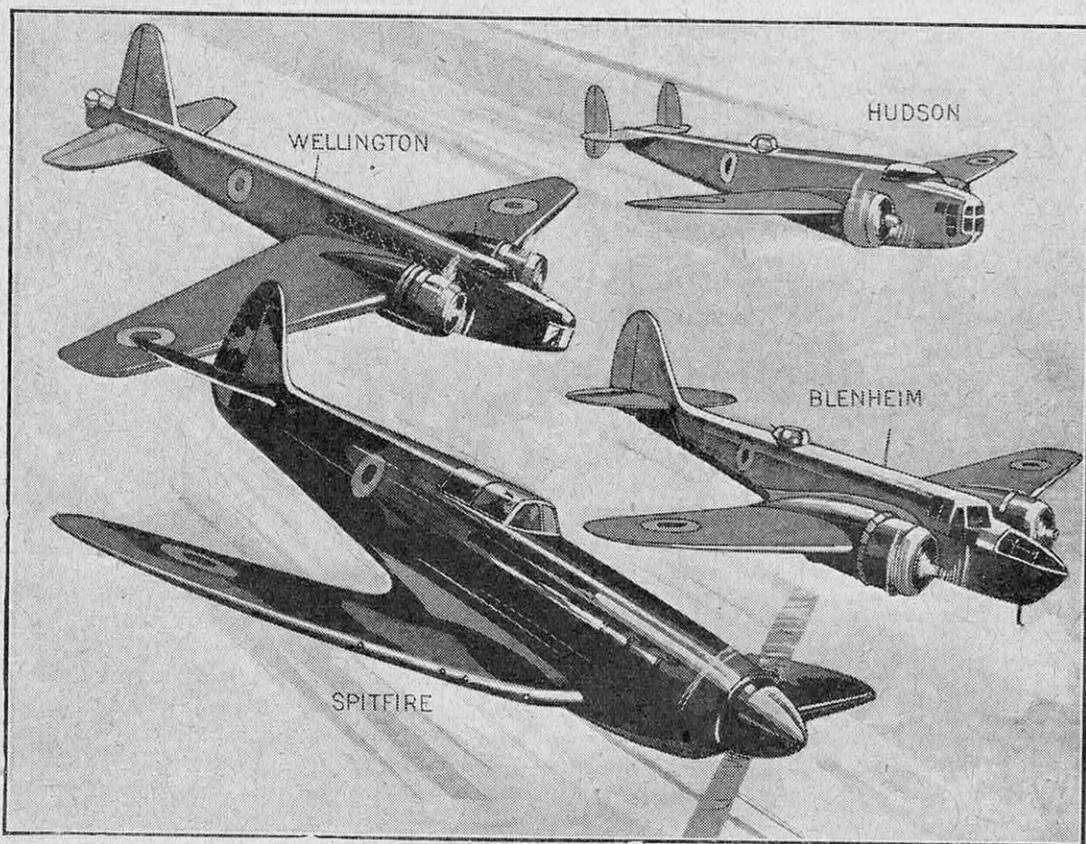


FIG. 4. — QUELQUES-UNS PARMIS LES TYPES D'APPAREILS UTILISÉS POUR LA DÉFENSE DES CÔTES ANGLAISES, L'ATTAQUE DES BASES AÉRONAVALES ALLEMANDES ET LA SURVEILLANCE DE LA MER DU NORD

Le Supermarine « Spitfire », à 8 mitrailleuses d'aile, est l'ennemi mortel du Heinkel 111 K. C'est l'avion de chasse le plus rapide actuellement en service (570 km/h, moteur Rolls-Royce « Merlin » de 1 030 ch). Les « Spitfire » ont abattu près de 50 avions sur la côte d'Angleterre en mer du Nord, en six mois de guerre. Le bimoteur Vickers « Wellington » est le plus employé des bombardiers britanniques en mer du Nord (deux moteurs Bristol « Pegasus » XVIII de 1 000 ch). Il est caractérisé par sa tourelle de queue. Les « Wellington » furent sévèrement attaqués par les Messerschmitt 110 au cours de leurs opérations en baie d'Heligoland, dont l'une, le 18 décembre 1939, donna lieu au plus grand combat aérien de 1939. Le bimoteur Bristol « Blenheim » « long nose » (à nez allongé) est la plus récente version (deux moteurs Bristol « Pegasus ») du bombardier « Blenheim ». Certains sont armés en « fighters » (avions de combat) avec quatre mitrailleuses fixes à la partie inférieure du fuselage. Les « Blenheim » sont actuellement utilisés pour les missions de jour en Baie allemande. Ils se défendent très bien contre les Messerschmitt 110 (combat du 10 janvier 1940, livré par le squadron-leader Doran). Le Lockheed « Hudson », dit de reconnaissance générale, est la version militaire de l'avion de transport Lockheed 14 et est commandé spécialement aux États-Unis. C'est lui qui assure les missions de patrouille en mer du Nord, à la place des hydravions.

leur base. Une vingtaine seulement put intervenir, et la série d'attaques dura cinq heures.

Ces attaques furent toutes menées en vol horizontal à haute altitude. Elles n'eurent absolument aucun succès. La presse allemande consacra de nombreux articles à ce raid du 8 octobre contre la Home Fleet : « Notre armée de l'Air domine la mer du Nord, » proclama-t-elle, mais elle cacha soigneusement le nombre considérable des Heinkel perdus au cours de cette randonnée qui, en pleine mer, ne devait pas être renouvelée.

### Le Firth of Forth et Scapa Flow

L'aviation nazie se tourna alors vers les bases, et, le 16 octobre, elle attaqua le mouillage de Firth of Forth. Dans cette baie d'Écosse, les navires anglais étaient beaucoup plus faciles à trouver qu'au large des Shetland ; 20 à 30 Heinkel y participèrent, mais le résultat fut minime. Une bombe lancée en piqué toucha la plage avant du croiseur *Southampton*, mais éclata en dehors de la coque, très inclinée à cet endroit. L'explosion détruisit la vedette de l'amiral amarrée au tangon. Une autre bombe explosa

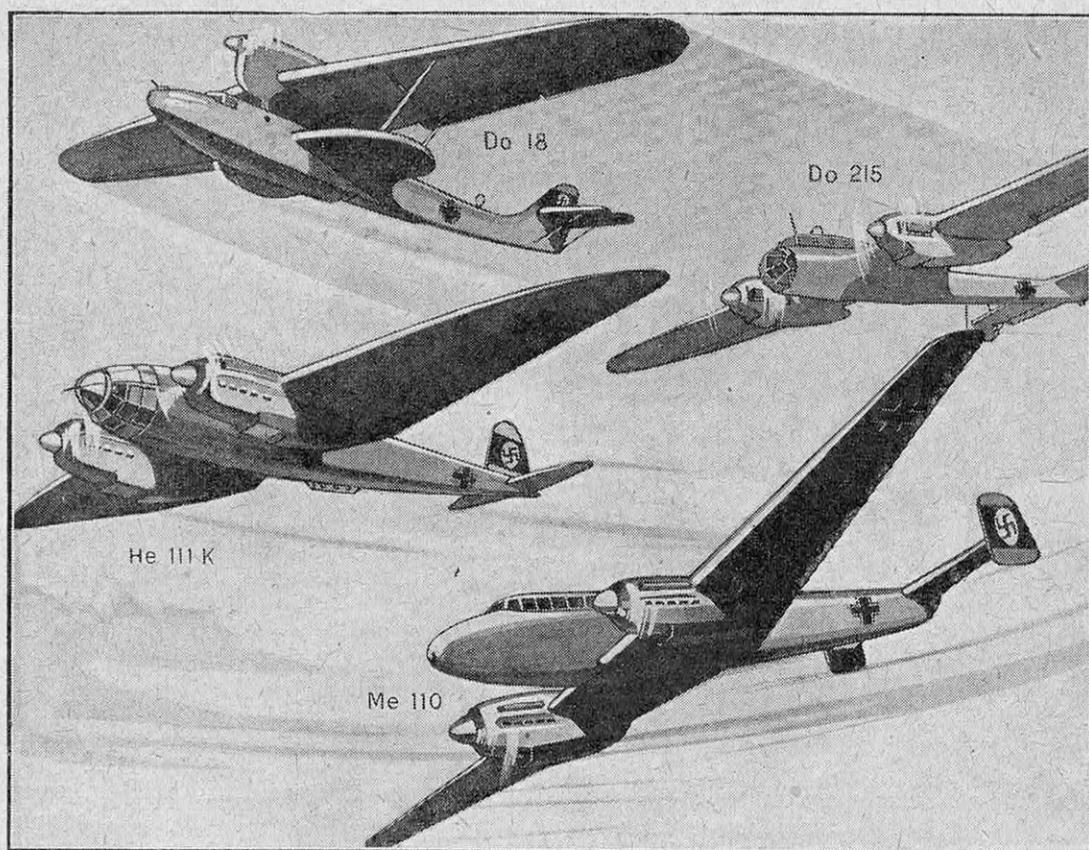


FIG. 5. — QUELQUES TYPES D'AVIONS ET D'HYDRAVIONS ALLEMANDS PRENANT PART AUX OPÉRATIONS EN MER DU NORD

Le **Messerschmitt 110** est le nouvel avion de chasse utilisé par les Allemands en mer du Nord (deux moteurs Daimler-Benz DB 601 de 1 150 ch ; vitesse, 580 km/h ; autonomie, 5 h, à la vitesse de croisière). Il est très bien armé : 2 canons et 2 mitrailleuses tirant vers l'avant et 2 mitrailleuses arrière. Les Messerschmitt 110 constituent une escadre de chasse maritime à Sylt, commandée par le commandant Schumacher. Elle a livré de nombreux combats, en Baie allemande, aux Vickers « Wellington » et Bristol « Blenheim ». Le **Heinkel 111 K** est le bombardier type de l'aviation allemande en mer du Nord. La dernière version de cet appareil (deux moteurs Junkers « Jumo » de 1 200 ch) est utilisée pour les attaques contre les navires marchands et les chalutiers sur la côte Est d'Angleterre. Elle atteindrait une vitesse voisine de 500 km/h. L'hydravion à coque **Dornier Do 18** a été employé en mer du Nord en 1939, lors des reconnaissances vers l'Ecosse et les côtes de Norvège. Plusieurs furent abattus par la chasse britannique et même par les Lockheed « Hudson » de reconnaissance. Les performances du Do 18 sont devenues insuffisantes pour la mer du Nord. Le bimoteur terrestre **Dornier Do 215** (deux moteurs Daimler-Benz DB 601 de 1 150 ch) est un appareil de reconnaissance caractérisé par son nez vitré « prismatique ». Il remplace, en 1940, les hydravions à coque Do 18. Le Do 215 atteint une vitesse de 500 km/h. A ces quatre appareils, il faudrait ajouter le chasseur Messerschmitt 109 et l'hydravion à flotteurs Heinkel 115, utilisé pour la pose des mines magnétiques.

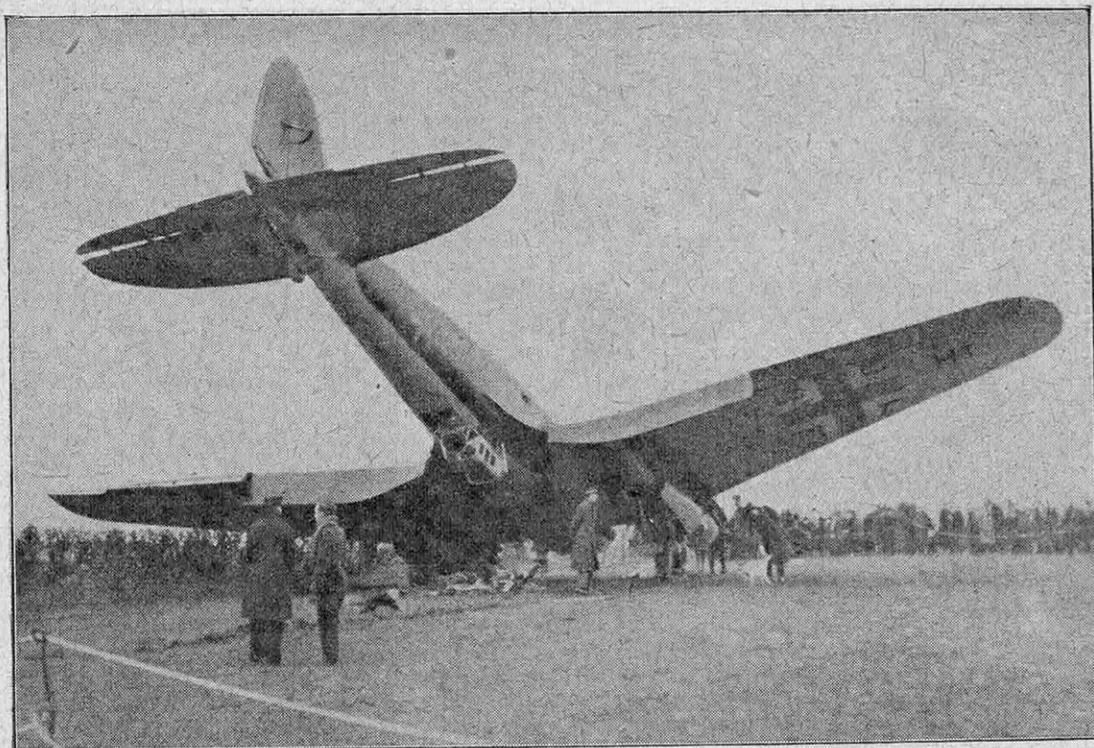
à la surface de l'eau, près de la passerelle du contre-torpilleur *Mohawk*, qui rentrait avec un convoi. Le souffle de l'explosion fit 25 tués ou blessés sur la passerelle de navire. Mais la chasse anglaise s'envola et les « Spitfire », et même un « Gladiator » (1), réussirent à abattre un Dornier et trois Heinkel, soit quatre avions nazis.

Aussi bien en haute mer, le 26 septembre

(1) Rappelons que les chasseurs Gloster *Gladiator* sont des biplans très maniables, capables d'atteindre une vitesse de 400 km/h, et armés de 4 mitrailleuses fixes. Ils montent à 3 000 m en 3 mn 45 s, ce qui les rend précieux pour les missions d'interception et la défense des villes côtières.

et le 8 octobre, qu'au mouillage du Firth of Forth, le 16 octobre, les bombardements n'avaient pas donné les résultats escomptés. Toutefois, l'expérience avait confirmé que l'attaque en piqué était préférable à l'attaque en altitude.

Un autre raid contre la Home Fleet eut lieu le 18 octobre sur Scapa Flow, mais il ne trouva au mouillage que le vieux cuirassé démilitarisé *Iron Duke*, qui fut touché et dut s'échouer. Le sous-marin qui, le 13 octobre, avait réussi à pénétrer dans cette rade, avait eu plus de chance, puisqu'il avait coulé le *Royal Oak*. Enfin, une tentative



(74 356)

FIG. 8. — UN BIMOTEUR HEINKEL 111 K ABATTU LE 27 FÉVRIER PRÈS DU FIRTH OF FORTH PAR LES AVIONS DE CHASSE BRITANNIQUES

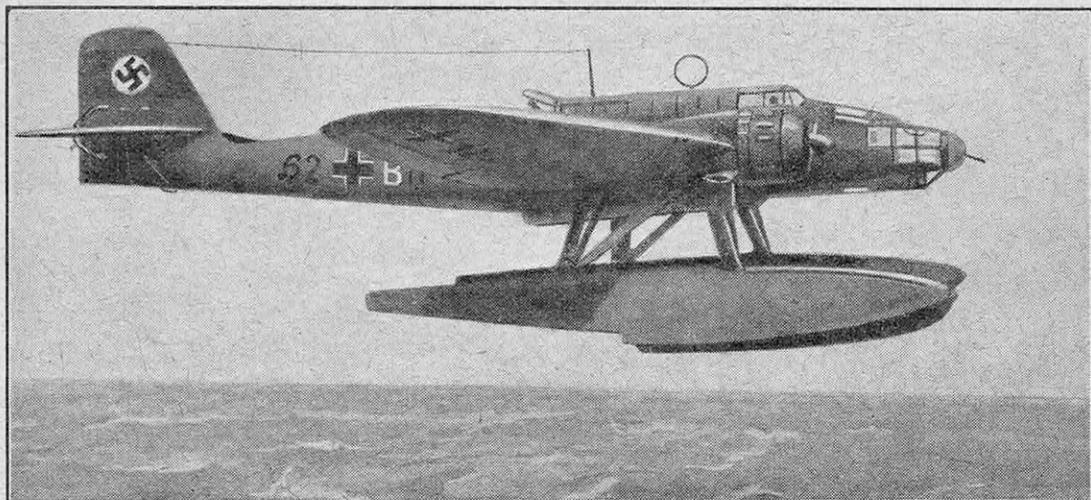
d'attaque d'un convoi escorté par des croiseurs sur la côte Est, au moyen d'hydravions-torpilleurs Heinkel 115, avait eu lieu, le 21 octobre 1940, mais sans aucun succès : sept de ces hydravions sur les douze avaient

été abattus par l'escorte d'avions de chasse du convoi.

Avec la fin d'octobre s'achève la période des attaques aéronavales en mer du Nord et, sur les côtes d'Ecosse. Le bilan était

DATE	OBJECTIFS	NOMBRE D'AVIONS	RÉSULTATS	NOMBRE D'AVIONS ATTAQUANT PERDUS
26 sept. 1939	Home Fleet à la mer	20 à 30 Heinkel 111	Néant (Les Allemands ont prétendu avoir coulé l'Ark Royal)	2 avions abattus par la D. C. A.
9 oct.	Home Fleet à la mer	80 Heinkel 111 partis, guidés par des Dornier ; 25 attaquent (100 bombes lancées)	Néant (Les Allemands ont prétendu avoir avarié le Hood)	3 Dornier atterrissent au Danemark, 1 en Norvège, 10 à 20 Heinkel perdus en mer
16 oct.	Firth of Forth (port et navires)	14 Heinkel 111 attaquent	Croiseur <i>Southampton</i> , contre-torpilleur <i>Mohawk</i> avariés très légèrement	2 Heinkel et 2 Do 215 abattus
17 oct.	Scapa Flow (Orcaes)	14 Heinkel 111 et Dornier 215	Vieux cuirassé <i>Iron Duke</i> avarié	1 Heinkel et 1 Do 215 abattus
21 oct.	Convoi de la côte d'Ecosse	12 hydravions Heinkel 115 attaquent à la torpille	Néant	7 Heinkel abattus

TABLEAU I. — LES PRINCIPALES ATTAQUES AÉRONAVALES ALLEMANDES EN MER DU NORD, EN SEPTEMBRE ET OCTOBRE 1939



(74 357)

FIG. 7. — L'HYDRAVION BIMOTEUR HEINKEL 115 CHARGÉ DU LANCEMENT DES MINES MAGNÉTIQUES DANS LA MER DU NORD

Equipé de deux moteurs B M W 132 de 800 ch, il a une vitesse maximum de 345 km/h. Il pèse, en ordre de vol, 9 t. Son rayon d'action est de 2 100 km. C'est un appareil à usages multiples et qui peut être utilisé, soit comme torpilleur, soit comme mouilleur de mines, soit comme appareil de reconnaissance ou de bombardement.

maigre ; les navires de guerre anglais s'avaient bien défendus. Une nouvelle tentative eut lieu le 13 novembre sur les Shetland, mais sans succès. Ce fut tout. Les Allemands passèrent alors à l'attaque des navires de commerce.

### La guerre de mines

La guerre au commerce maritime aboutissant aux Iles britanniques avait, dès les premiers jours de septembre 1939, constitué l'objectif principal des sous-marins allemands.

Sur la côte Est d'Angleterre, où, nous l'avons dit, circule un trafic intense, il apparut, dès le début, que le nombre d'escorteurs rendait difficiles les torpillages. Aussi les sous-marins ne tardèrent-ils pas à troquer leurs torpilles contre des mines. Les fonds étaient faibles, sur ce littoral, les chenaux bien définis par des bateaux-feux et des bouées. La mine devait avoir là un excellent rendement.

Avant d'exposer le déroulement de la guerre de mines allemandes dans cette zone,

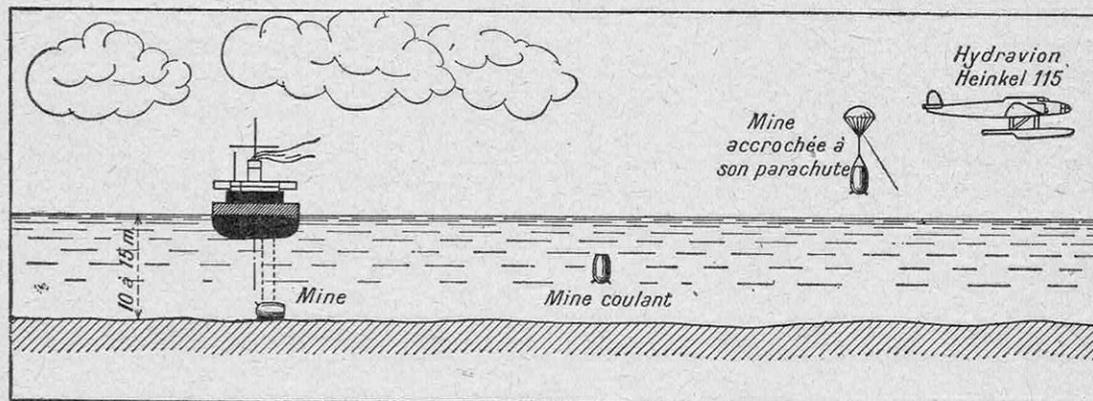


FIG. 8. — LA MINE MAGNÉTIQUE ET SON LANCEMENT PAR HYDRAVION

A plus de 15 m au-dessus de la mer, la mine doit être lâchée suspendue à un parachute, sous peine de détériorer son mécanisme. Elle demeure sur le fond, et ne porte pas d'orin. Elle est donc indragable par les moyens d'avant-guerre. La coque qui passe sur elle doit avoir une masse suffisante pour déclencher le détonateur.

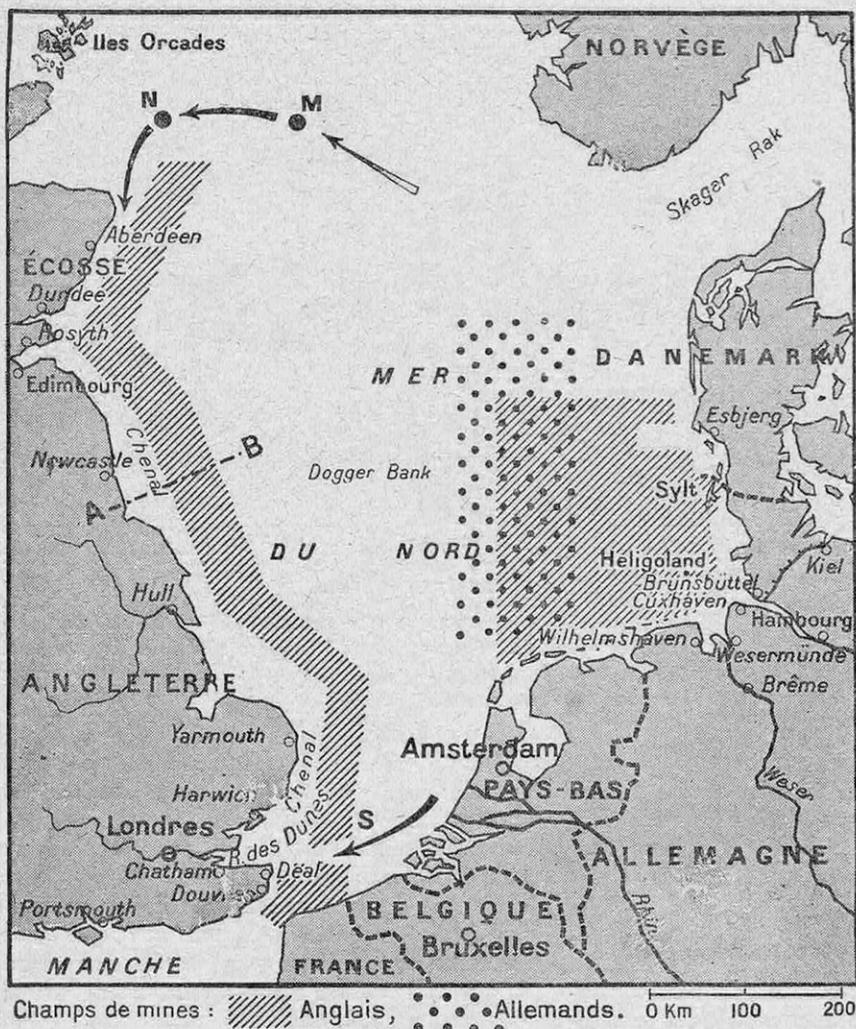


FIG. 9. — LES CHAMPS DE MINES ANGLAIS ET ALLEMANDS EN MER DU NORD  
 Les navires en provenance des Pays Scandinaves doivent se présenter d'abord aux points M et N pour pénétrer dans le chenal de la côte Est d'Angleterre. L'Amirauté britannique a déclaré dangereux de couper directement à travers la barrière. Les navires en provenance de Hollande et de Belgique trouvent en S un chenal d'agué conduisant à l'estuaire de la Tamise ou en rade des Dunes (Downs).

nous allons d'abord, en cette fin d'octobre 1939, jeter un coup d'œil sur la carte de la mer du Nord, pour y indiquer l'aspect des champs de mines déjà mouillés par les deux adversaires.

#### Les zones minées déclarées (septembre 1939)

La stratégie anglaise, en matière de mines, fut d'abord de chercher à boucher la nasse de la Baie allemande. Ils délimitèrent un grand champ de mines à angle droit, allant de Terschelling à Horns-Riff, et englobant toute la baie. Ce champ de mines fut « déclaré » dès le début de septembre 1939,

conformément aux règles du droit international.

De leur côté, les Allemands déclarèrent « zone minée », une bande verticale, orientée nord-sud, et partant de Terschelling. Cette barrière minée est manifestement destinée à protéger l'accès de la Baie allemande contre des incursions de navires de surface provenant de l'ouest. Elle protège une sorte de couloir conduisant des estuaires allemands vers le Skager Rak et les eaux neutres norvégiennes : cette côte de Norvège, porte entrebâillée vers l'Atlantique d'une marine bloquée.

Mais, à partir de novembre, les Allemands ne se contentent plus de ce champ de mines défensifs. Un nouveau type de mine, destiné à l'offensive, entre en action.

#### Les mines magnétiques (novembre 1939)

A partir de novembre 1939, des bateaux sautent mystérieusement le long de la côte anglaise, depuis l'Écosse jusqu'à l'estuaire de la Tamise. Les Allemands n'ont rien déclaré dans cette zone. Des dragages par dragues ordinaires ne donnèrent aucun résultat. Et les navires continuaient à sauter chaque jour, frappés par en dessous. La deuxième quinzaine de novembre fut particulièrement sinistre : de grands paquebots neutres comme le *Simon-Bolívar* et le *Spaardam*, hollandais, le *Terukuni Maru*,

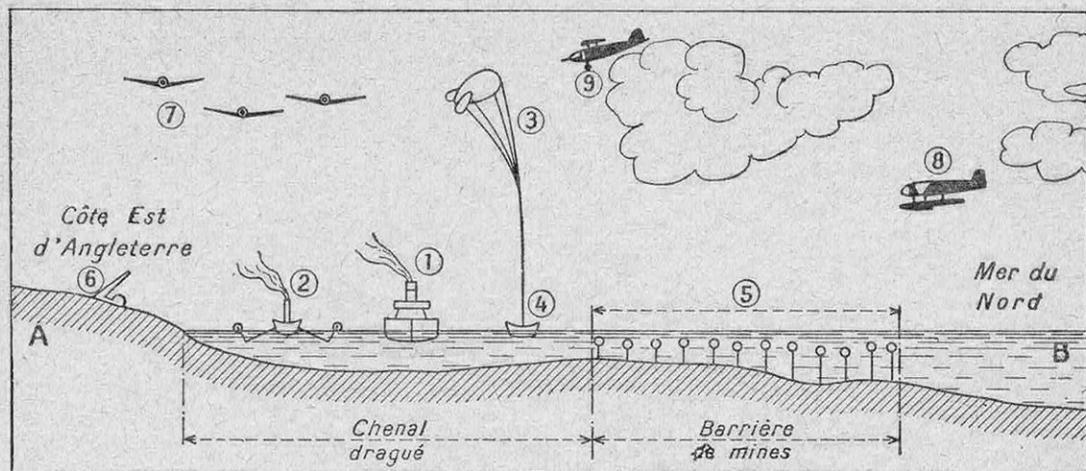


FIG. 10. — COMMENT EST ORGANISÉE LA PROTECTION DE LA CÔTE EST D'ANGLETERRE

Ce schéma correspond à une coupe suivant AB (fig. 9). On y voit : 1, un navire de commerce naviguant dans le chenal maintenu libre de mines par le dragueur 2. Le ballon de protection 3, amarré au chaland 4, interdit à l'hydravion allemand 8 de poser dans le cheval des mines magnétiques ; 5, barrière de mines sous-marines ; 6, batterie de D. C. A. (ports seulement) ; 7, patrouille de chasseurs (Supermarine « Spitfire ») ; 9, avions allemands cherchant à mitrailler un chalutier ou un vapeur isolé.

japonais, périrent ainsi, victimes d'un engin non encore repéré, dans l'estuaire de la Tamise.

On ne tarda pas à s'apercevoir qu'on avait affaire à une arme nouvelle : la mine magnétique, une mine sans orin, et par suite indragable, reposant sur le fond, et influençable sans contact. Ces mines étaient mouillées tantôt par sous-marins, tantôt étaient lancées par des hydravions au moyen d'un petit parachute. Les chenaux d'accès à l'embouchure de la Tamise, rétrécis par les bancs de sable, sont particulièrement visés, et les hydravions nazis ne s'embarraient pas des règles du droit international pour poser des mines dans les chenaux situés en dehors des eaux territoriales anglaises.

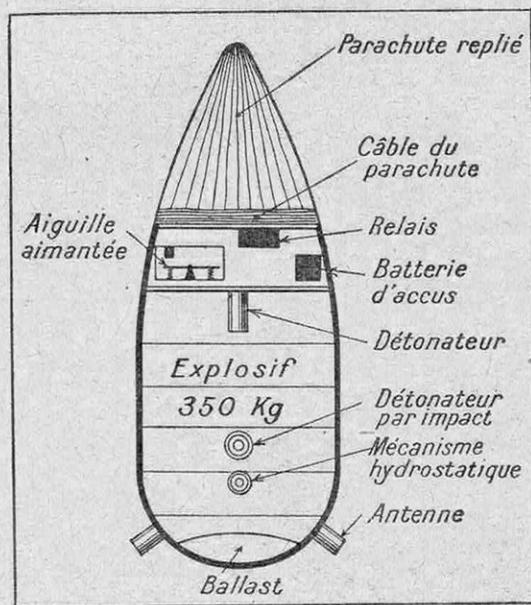


FIG. 11. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE MINE MAGNÉTIQUE DESTINÉE À ÊTRE LANCÉE PAR AVION

Le parachute est destiné à amortir le choc de la mine au contact de la surface de la mer. L'aiguille aimantée ferme un contact électrique lorsqu'une masse métallique ferromagnétique passe dans son voisinage et actionne le détonateur. Un deuxième détonateur est prévu pour le fonctionnement de la mine par choc sur un sol dur (non pas sur l'eau), à la manière d'une bombe. Un mécanisme hydrostatique rend la mine inoffensive tant qu'elle n'a pas séjourné un certain temps dans l'eau. Les antennes sont destinées à empêcher la mine de rouler.

### L'exploit du commandant Ouvry (23 novembre 1939)

Ces mines constituaient une véritable surprise technique, car leur mécanisme était inconnu. Une occasion providentielle et le courage d'un officier de marine anglais, le lieutenant-commander Ouvry, permirent d'en découvrir les secrets. Le 23 novembre 1939, une de ces mines, lancée par un hydravion Heinkel 115, au clair de lune, dans l'estuaire de la Tamise, tomba sur un banc de vase. Le sol était trop mou pour la faire exploser au contact, et la mer ne la recouvrit pas. L'Amirauté britannique, alertée aussitôt, envoya sur place une équipe d'officiers et de sous-officiers spécialistes. Le chef de cette équipe, le com-

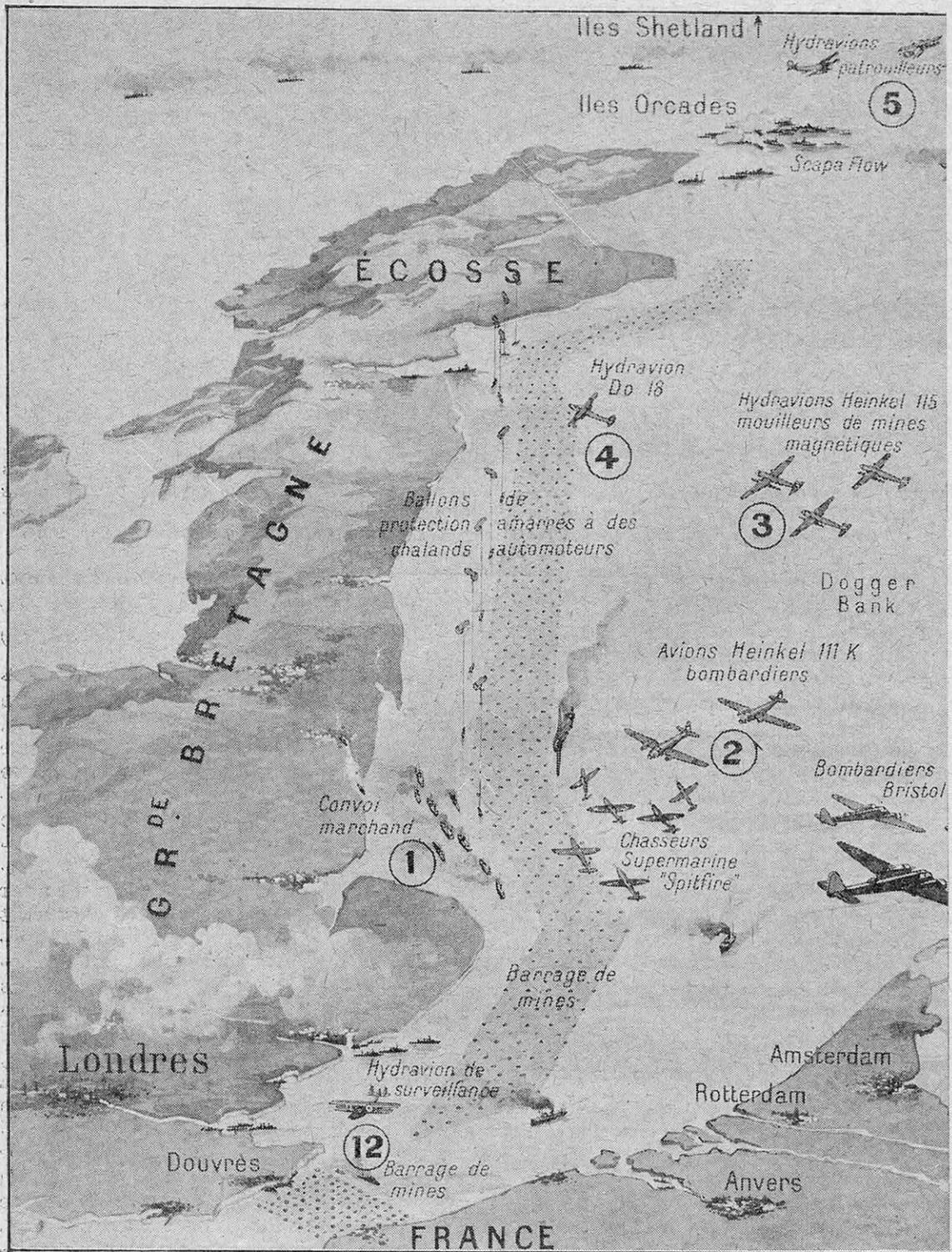


FIG. 12. — UNE JOURNÉE D'OPÉRATIONS SUR LE THÉÂTRE AÉRONAVAL

On voit, en 1, un convoi britannique suivre sa route entre la côte et le barrage de mines sous la protection d'avions de chasse de la Royal Air Force; ceux-ci (2) interceptent des bombardiers allemands qui se disposaient à attaquer soit le convoi, soit les chalutiers sur la côte Est de l'Angleterre. En 3, des hydravions, mouilleurs de mines, s'approchent du chenal dans le but d'y déposer des mines magnétiques. Ils vont se heurter aux ballons de protection amarrés à des chalutiers automoteurs. En 4, un hydravion allemand pousse une reconnaissance sur les côtes d'Écosse. En 5, des patrouilles d'hydravions anglais surveillent la ligne Shetland-Norvège, en liaison avec des détachements de la Home Fleet (6) qui, en permanence, ferment le passage nord de la mer du Nord. En 7, des sous-marins allemands



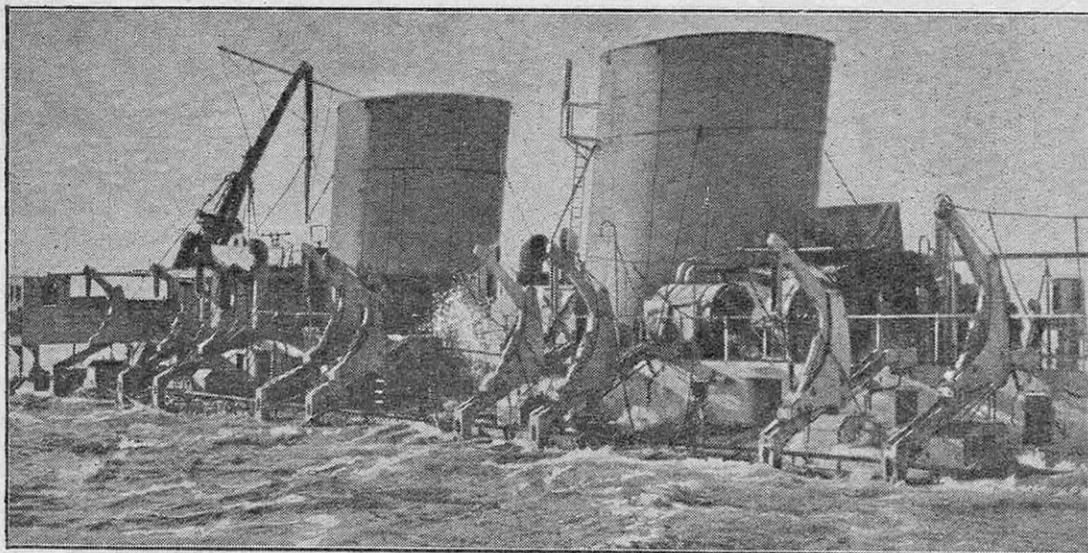
DE LA MER DU NORD TEL QU'IL SE PRÉSENTAIT AU DÉBUT D'AVRIL

tentent de sortir de la Baie allemande en longeant la côte danoise, puis norvégienne, précédés par une patrouille (8) d'hydravions Heinkel. En 9, un cargo allemand, chargé de minerai de fer, en provenance de Narvik (au nord de la Norvège) essaye de rentrer en Allemagne en longeant les eaux territoriales norvégiennes. En 10, des bombardiers britanniques se disposent à bombarder l'île de Sylt tandis qu'une patrouille (11) de Bristol Blenheim pousse une reconnaissance en direction de Borkum et de Heligoland. En 12, le port de Douvres assure le contrôle de la contrebande de guerre pour les navires de commerce obligés de passer par cette porte par suite de la présence du champ de mines allié qui barre le Pas de Calais.

mandant Ouvry, équipé d'outils préalablement démagnétisés, vint seul déshabiller la mine. Au péril de sa vie, car le moindre geste pouvait la faire exploser, Ouvry réussit à la démonter partiellement et à lui retirer son dangereux détonateur. La mine put alors être enlevée et envoyée dans un atelier pour démontage complet.

Les « secrets » de la mine magnétique étaient dès lors entièrement connus des techniciens anglais, et le remède pouvait être trouvé. Il le fut dans le plus grand secret. Et, aujourd'hui, on peut parler de dragages

de « tuer des civils », et, par suite, de prendre l'initiative des bombardements terrestres. En décembre, la R. A. F. entreprit une surveillance nocturne des bases d'hydravions allemandes Borkum, Sylt, Norderney. Ces *security patrols* furent organisées d'une manière systématique à partir du 12 décembre 1939. Ces raids nocturnes sans bombardement, effectués par des *Whilleys*, contribuèrent à gêner les départs des hydravions mouilleurs de mines vers la côte anglaise, dans cette période où la riposte à la mine magnétique n'était pas encore organisée.



(74 359)

FIG. 13. — ASPECT CARACTÉRISTIQUE D'UN PAQUEBOT COULÉ PAR UNE MINE MAGNÉTIQUE  
*Il s'agit ici du paquebot anglais Dunbar Castle, coulé le 9 janvier 1940 dans l'estuaire de la Tamise. Le navire fut frappé par en dessous et coula droit. Le voilier échoué sur des fonds de 12 m environ. L'explosion fut si puissante à la partie avant, que le mât avant, tubulaire et métallique, fut déraciné et projeté sur la passerelle.*

antimagnétiques et de « démagnétisation des navires », mais on comprend qu'il ne soit pas possible, pour le moment, de donner le moindre détail sur ces dispositifs.

### **Les raids contre les hydravions mouilleurs de mines**

Le soir même où le commandant Ouvry démontait, au péril de sa vie, le nouvel et mystérieux engin, les aviateurs anglais réagissaient.

Les hydravions nazis mouilleurs de mines, des Heinkel 115, provenaient principalement de la base de Borkum. Dans la soirée du 28 novembre, une patrouille de douze Bristol *Blenheim* vint mitrailler les hydravions nazis de Borkum, sur leurs plans d'eau et sur leurs slips. Aucune bombe ne fut toutefois lancée sur les hangars, de crainte

Celle-ci put être mise sur pied à la fin de décembre 1939. Ce fut la « grande barrière » de la côte Est d'Angleterre.

En décembre 1939, l'Amirauté britannique décida de créer une barrière protectrice de la côte Est d'Angleterre.

Cette décision fut annoncée par les journaux anglais du 27 décembre 1939.

### **La barrière de la côte Est**

Cette barrière, longue de 500 milles marins (925 km), doit border la côte depuis l'Écosse jusqu'à la Tamise. Un chenal d'une largeur de 8 milles (14 km) est ménagé pour la navigation commerciale entre le littoral et ces rangées de mines protectrices.

La barrière elle-même a une largeur de 30 à 40 milles marins (55 à 75 km). Lorsqu'elle sera complète, elle sera pratique-

ment infranchissable aux sous-marins mouilleurs de mines, grâce à la disposition en quinconce des mines profondes et la mise en place de filets à mines, véritables pièges à sous-marins.

### Barrages de ballons sur chalands

La barrière sous-marine fut complétée, aux points les plus sensibles, par un barrage de ballons de protection montés sur des chalands. Pour mouiller des mines magnétiques, l'hydravion doit descendre à basse altitude, de manière à pouvoir suivre exactement le chenal à miner.

des dragueurs spéciaux contre les mines magnétiques, la sécurité de la navigation est pratiquement assurée.

### Détournement du trafic commercial en mer du Nord

Avec ce système défensif de la barrière de mines, l'accès aux ports anglais de la côte Est n'est possible que par les extrémités de la barrière.

Les navires provenant des Pays Scandinaves et du Danemark devront se présenter par l'extrémité nord, c'est-à-dire aux environs du cap Kinnard-Head. Les navires

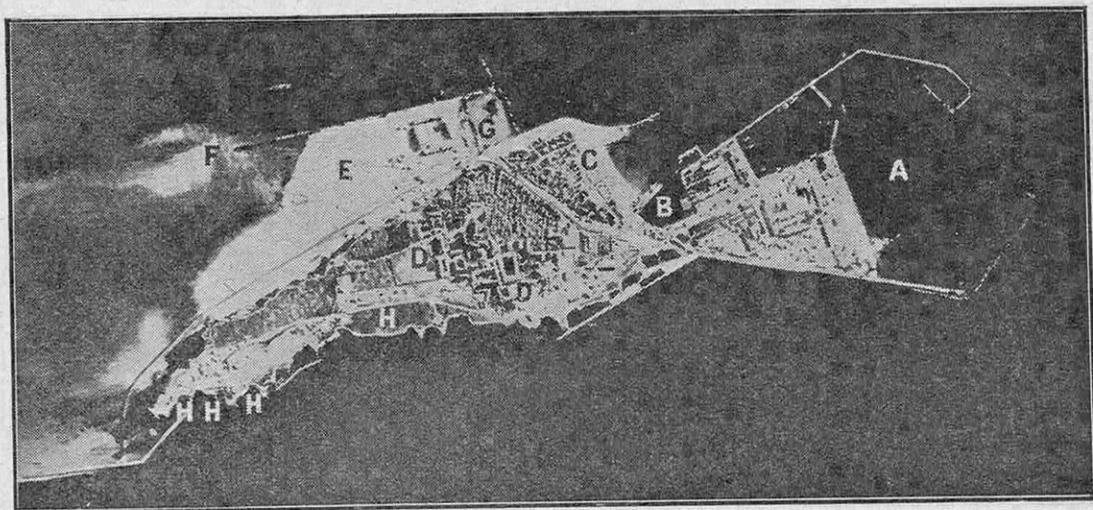


FIG. 14. — L'ILE D'HELIGOLAND, PHOTOGRAPHIÉE PAR LA ROYAL AIR FORCE

A, port extérieur (ensablé) ; B, port de flottille ; C, ville basse ; D, casernements de la ville haute ; E, futur aérodrome ; F, môle en construction ; G, nouveau port ; H, batteries côtières.

L'usage du parachute permet seulement d'amortir le choc sur l'eau qui, trop brutal, détériorerait les mécanismes délicats, mais il n'en reste pas moins nécessaire d'opérer à basse altitude.

Pour empêcher d'opérer à basse altitude, les Anglais ont placé, en bordure de certains chenaux, des chalands automoteurs porte-ballons. Ces ballons sur chalands ont été tout d'abord utilisés pour la défense des chenaux de la Tamise (janvier 1940), mais leur emploi est généralisé tout le long de la barrière de mines.

Enfin, le chenal lui-même est survolé par des patrouilles de *Spitfire*. Au cas où les hydravions nazis se risqueraient de jour à passer à travers les barrages de ballons pour mouiller leurs engins, ils seraient aussitôt pris à partie par les patrouilles d'avions de chasse.

Comme le même chenal est dragué par

provenant de Hollande et de Belgique se présenteront par l'extrémité sud, au voisinage de la Rade des Dunes. Aucun navire de commerce ou de guerre ne peut, sans risques extrêmement graves, traverser directement la barrière de mines de la côte Est d'Angleterre. La navigation commerciale en mer du Nord est donc maintenant strictement réglementée : convois scandinaves aboutissant en Ecosse, convois des Pays-Bas aboutissant aux Dunes, convois naviguant le long de la côte Est d'Angleterre, à l'abri de la barrière de mines et de ballons dans des chenaux dragués contre les mines magnétiques, et survolés par des patrouilles d'aviation de chasse.

### La période des raids aériens

En décembre 1939, on voit l'aviation britannique prendre en mer du Nord une attitude plus agressive. Des mouvements

de navires de guerre vers la côte de Norvège sont signalés : elle intervient.

### Les raids du 3 et du 14 décembre en baie d'Heligoland

Le 3 décembre, douze Wellington partent à l'attaque. Ils reconnaissent Heligoland dans un trou de nuages, puis deux croiseurs et des torpilleurs, qu'ils attaquent malgré un feu intense de la D. C. A. Une vingtaine de Messerschmitt décollent pour contre-attaquer, mais sans succès. Le raid est repris le 14 décembre, contre une nouvelle force navale allemande, dont un croiseur a été avarié par les torpilles du sous-marin britannique *Salmon*. Cette fois, la réaction des Messerschmitt de Heligoland et de Sylt est plus forte, et trois bombardiers britanniques sont abattus. Sans se laisser décourager, les aviateurs britanniques reviennent à la charge le 18 décembre, avec

22 Wellington, en formation serrée. Celle-ci allait se heurter à la nouvelle escadrille des bimoteurs Messerschmitt 110 et donner lieu au plus grand combat aérien à ce jour.

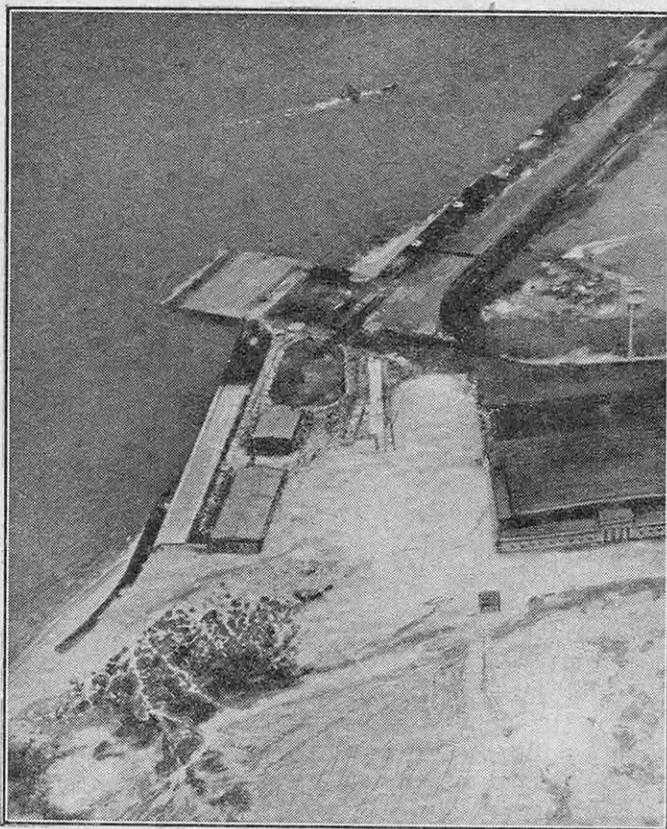
### Le combat aérien du 18 décembre 1939

Le Messerschmitt 110 est un bimoteur de chasse ultra rapide (575 km/h), armé, à l'avant, de deux canons et de quatre mitrailleuses, tirant tous dans l'axe. Ils sont constitués en escadre de vingt-quatre, sous le commandement du capitaine Schuma-

cher. Les vingt-deux Wellington sont conduits par le wing-commander Kellet, le héros du record de la distance 1938. La bataille fut extrêmement dure. Les Messerschmitt, que le feu efficace des tourelles de queue des Wellington empêchait d'attaquer de près, se bornèrent à prendre d'enfilade du feu de leurs canons la formation

serrée britannique. Douze Wellington ne rentrèrent pas; mais, par contre, une douzaine de Messerschmitt, blessés à mort, s'abîmèrent dans les eaux glauques de la mer du Nord.

Véritable « Jutland » aérien que cette bataille du 18 décembre 1939. Les raids anglais reprennent les 2 et 10 janvier 1940. Le 10 janvier, les Bristol Blenheim, conduits par Doran, réussissent une reconnaissance sur Borkum au large de l'embouchure de l'Ems (voir la carte de bases aéronavales allemandes fig. 3), en tenant tête victorieusement aux terribles Me 110.



(74 358)

FIG. 15. — LA BASE DE HORNUM, A L'EXTRÉMITÉ SUD DE L'ILE DE SYLT, PHOTOGRAPHIÉE PAR LA ROYAL AIR FORCE. On aperçoit en haut un hydravion remorqué vers une grue de levage, ainsi qu'un « slip » pour la mise à l'eau des hydravions. Les dimensions imposantes des hangars montrent l'importance de cette base aéronavale. Hornum a été bombardé dans la nuit du 19 mars par les avions de la Royal Air Force.

### Les Heinkel attaquent des chalutiers et des caboteurs sans défense

La grande barrière de la côte Est d'Angleterre n'était pas encore en place lorsque, à la fin du mois de décembre, les Allemands commencèrent à s'attaquer aux chalutiers. Le 17 décembre, de la côte d'Ecosse à la Tamise, neuf chalutiers et deux petits cargos sont mitraillés avec cynisme. Les attaques sont renouvelées le 19. Le mauvais temps les interrompit ensuite.

Elles furent reprises avec une intensité accrue les 29, 30 et 31 janvier 1940. Puis les 3 et 9 février. Dans leur fureur de voir la mine magnétique jugulée, les nazis accentuèrent ces attaques, qui s'échelonnèrent de l'Ecosse au Pas de Calais.

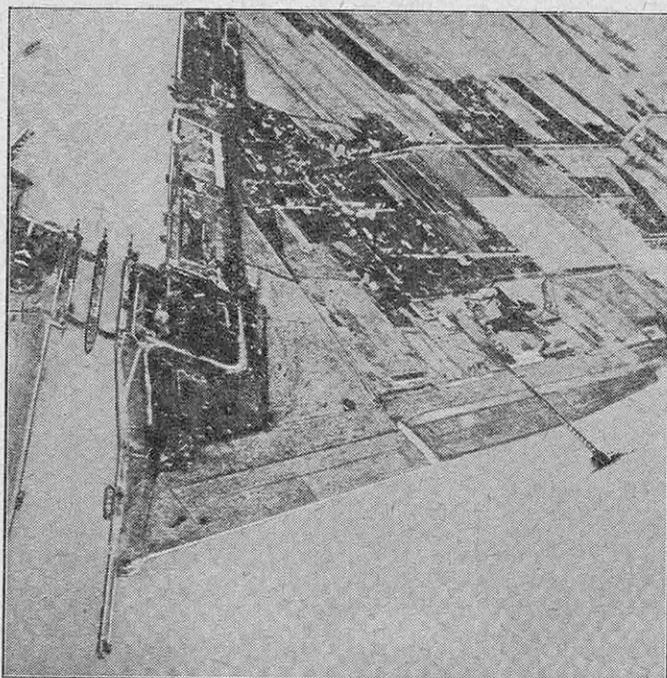
Chaque jour de temps clair, une vingtaine de Heinkel, dispersés sur ces 1 000 km de côte, harcèlent les petits navires isolés, pêchant aux abords de la barrière des champs de mines. Ces attaques ont lieu

presque simultanément de manière à disperser la réaction des Spitfire.

Il fallut se résoudre à doter de mitrailleuses ces rudes harenguiers ou ces simples petits caboteurs, naviguant hors convois. Cette guerre aux pêcheurs donna lieu, le 19 février 1940, au premier succès de l'avion sur le navire de guerre : un escorteur, le *Sphinx*, fut coulé à la bombe par un Heinkel.

Les Spitfire surent répondre à la tactique dispersée des Heinkel, et quelques-uns de ces Heinkel l'apprirent à leurs dépens.

A la date du 22 février, on comptait 128 attaques d'avions allemands contre des navires marchands non armés. Mais on comptait déjà une



(74355)

FIG. 16. — LA BASE DE BRUNSBÜTTTEL, TERMINUS OUEST DU CANAL DE KIEL, PHOTOGRAPHIÉE PAR LES AVIONS DE LA ROYAL AIR FORCE

*On voit, au premier plan, l'Elbe et, à gauche, l'ancien port et les écluses. Plus haut, en bordure du canal, les magasins de la marine. Un navire au mouillage à Brunsbüttel fut bombardé le 4 septembre 1939.*

leurs attaques sur Scapa Flow, pour essayer d'en déloger la *Home Fleet*.

Attaque extrêmement violente sur la rade et sur les installations à terre, mais sans résultat sérieux.

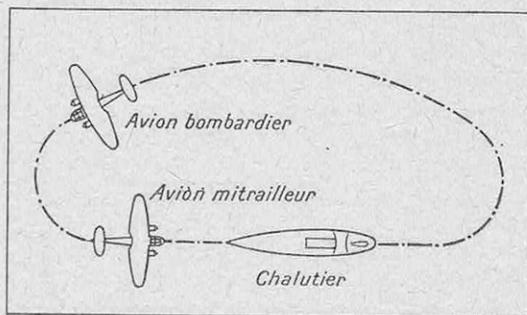


FIG. 17. - LA MÉTHODE GÉNÉRALE D'ATTAQUE DES HEINKEL III K CONTRE LES CHALUTIERS ANGLAIS SUR LA CÔTE EST EN MER DU NORD

*Un premier avion se présente en route inverse du chalutier et le mitraille à moins de 100 m d'altitude. Un deuxième appareil suit et lance des bombes. Les deux avions virent aussitôt et recommencent leurs attaques jusqu'à ce que l'inoffensif chalutier soit coulé... à moins que des « Spitfire » n'interviennent.*

trentaine de Heinkel abattus par les Spitfire.

Mais il ne s'agit là probablement que de diversions. Pendant que l'aviation nazie assaille la côte anglaise, la marine du Reich regarde du côté de la côte de Norvège, cette porte entrebâillée du blocus allié.

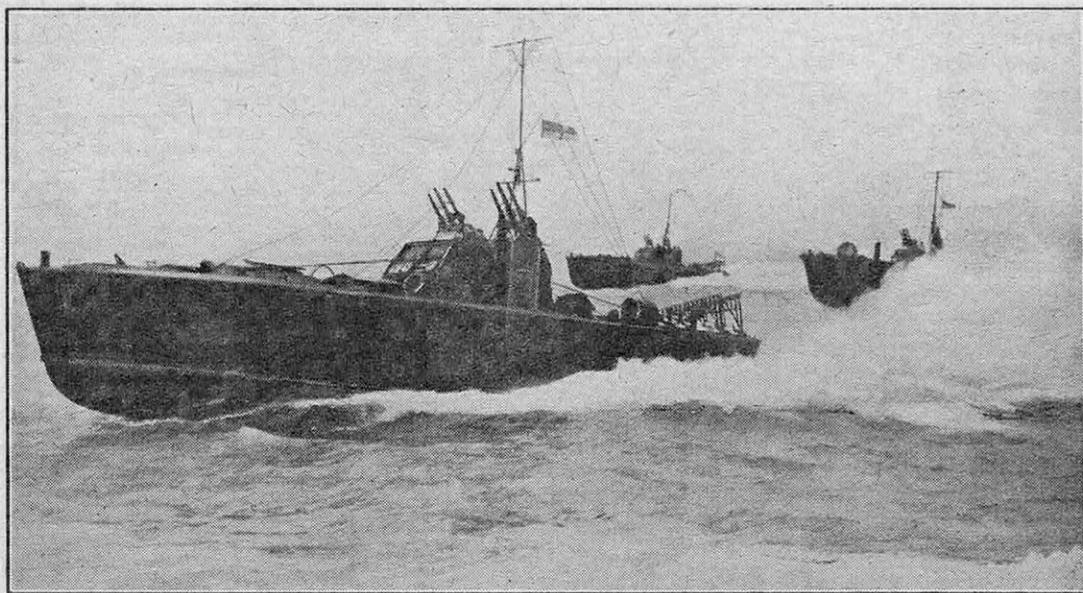
Toute cette zone deviendra le théâtre d'une bataille navale peut-être décisive pour les Alliés.

### Scapa Flow et Sylt

Le 16 mars 1940, les Heinkel ont repris

Etait-ce le prélude à des opérations aéronavales plus hardies dans cette direction ? Sans attendre la réponse à cette question, la *Royal Air Force* ripostait dans la nuit du 19 au 20 mars par un raid massif de 45 avions sur Sylt, la principale plate-forme de départ des actions aériennes nazies en mer du Nord et vers l'Angleterre.

Ainsi se précise l'importance des deux pôles stratégiques adverses : Scapa Flow et Sylt.



(74 354)

FIG. 18. — UNE DES NOUVELLES VEDETTES ANTI-AÉRIENNES BRITANNIQUES UTILISÉES POUR LA PATROUILLE DU CHENAL DE LA CÔTE EST D'ANGLETERRE

### La mer du Nord, gigantesque champ clos aéronaval

En six mois de guerre, la mer du Nord a pris, par l'emploi intensif des mines, un aspect complètement artificiel.

Zones minées enchevêtrées de la Baie allemande.

Grand barrage protecteur de la côte Est d'Angleterre, barrière nécessaire contre l'action des sous-marins allemands, mouilleurs de mines.

Mise au point, le long de cette côte, d'un système défensif où participent non seulement des barrages de mines, mais des ballons de protection et de l'aviation de chasse.

Les Allemands essaient bien d'empoisonner de mines magnétiques ces chenaux de guerre de la côte anglaise, qu'emprunte la navigation commerciale britannique et neutre. Leurs hydravions s'y emploient. Mais, devant les mesures de protection prises, ils en sont réduits à l'attaque des chalutiers de pêche et des petits cargos.

Les Heinkel mitrailleurs s'en prennent aux dragueurs ou, du moins, à tout ce qu'ils supposent des dragueurs, au moindre chalutier susceptible d'en devenir un. La défense par patrouilles d'avions de chasse doit être renforcée, car les seuls véritables ennemis des Heinkel sont les Spitfire.

On peut donc prévoir qu'en 1940, la guérilla « *aéro-sous-marine* » ne fera que s'intensifier. Le système défensif de la côte anglaise ne fera que se développer et devra encore se renforcer au cours de l'année 1940, de manière à fournir à cette côte Est d'Angleterre, *naturellement si vulnérable*, le bouclier qui lui est nécessaire pour y maintenir son trafic vital.

Voilà pour la guerre de mines.

Quant aux opérations aériennes proprement dites, l'évolution de 1939 à 1940 peut se résumer ainsi :

a) *Septembre-octobre*. — Grands raids de l'aviation allemande de bombardement contre la *Home Fleet*, à la mer ou dans ses ports. Les succès ne répondent pas aux

DATES	OBJECTIF	NOMBRE D'AVIONS	RÉSULTATS	NOMBRE D'AVIONS ATTAQUANT PERDUS
16 mars 1940	Scapa Flow	14 avions Heinkel 111	Un croiseur avarié. Quelques maisons bombardées	1 Heinkel abattu
20 mars	Convoi d'Ecosse	10 Heinkel 111	Cargos avariés	1 Heinkel abattu

TABLEAU II. — LES PRINCIPALES ATTAQUES AÉRONAVALES ALLEMANDES DU PREMIER TRIMESTRE 1940

DATE	ZONE	AVIONS ANGLAIS	AVIONS ALLEMANDS	RÉSULTATS DES COMBATS AÉRIENS	RÉSULTATS DU RAID
4 sept. 1939	Raid sur Brunsbüttel et Schillig	9 Blenheim 9 Wellington	Quelques avions de chasse anciens	Aucun combat	Croiseur de bataille <i>Gneisenau</i> avarié
8 oct.	Mer du Nord (côte de Norvège)	3 Hudson	1 hydravion Dornier Do. 18	L'hydravion allemand est abattu	
28 nov.	Borkum	3 Blenheim	Néant	Néant	Hydravions à flot mitraillés
12 déc.	Borkum-Sylt	Whitleys	Néant	Raid de nuit	Patrouille de sécurité
14 déc.	Sylt (Hornum)	2 Blenheim	Néant	Néant	Plan d'eau bombardé
14 déc.	Heligoland	12 Wellington	12 Messerschmitt 109 et 110	3 Wellington abattus 3 Messerschmitt abattus	Reconnaissance effectuée
18 déc. 1939	Heligoland	22 Wellington	24 Messerschmitt 110	12 Wellington abattus (1) 12 Messerschmitt abattus	Reconnaissance effectuée
1 <sup>er</sup> janv. 1940	200 km au large de l'Ecosse	3 Hudson	2 Heinkel 111 K	1 Heinkel abattu	
2 janv.	Baie d'Heligoland	12 Wellington	15 Messerschmitt 110	2 Wellington abattus 1 Messerschmitt abattu	Reconnaissance effectuée
10 janv.	Baie allemande au nord-ouest de Borkum	9 Blenheim	12 Messerschmitt 109 et 110	1 Blenheim abattu	Reconnaissance effectuée
17 févr.	Heligoland	2 Blenheim	Messerschmitt 110		
19 mars	Base de Sylt (Hornum)	45 } Hampden Whitley	Néant	Raid de nuit	Base en partie détruite

(1) La radio allemande a prétendu avoir abattu, ce jour-là, 34 avions anglais.

TABLEAU III. — LES PRINCIPAUX RAIDS BRITANNIQUES ET LES PRINCIPAUX COMBATS AÉRIENS SURVENUS EN MER DU NORD

espérances des aviateurs nazis. La *Home Fleet* reste intacte et l'*Ark Royal* n'a jamais été coulé qu'à la radio du D<sup>r</sup> Gøebbels.

b) *Décembre-janvier*. — Les raids britanniques en Baie allemande s'accroissent. Ceux-ci donnent lieu, le 18 décembre 1939, à une dure bataille aérienne. Mais la ténacité britannique ne se laisse pas arrêter. L'aviation allemande d'Heligoland, de Sylt, de Borkum doit rester sur la défensive, doit combattre au fond de sa nasse, au lieu de foncer vers le nord, vers la porte de sortie de cette mer où les forces aéronavales nazies sont, en définitive, enfermées.

c) *Février*. — Le harcèlement des navires de pêche anglais de la côte Est par l'aviation passe par un maximum.

d) *Mars*. — Le duel aéronaval entre Sylt et Scapa Flow commence, duel dont l'enjeu est la porte de sortie de la mer du Nord.

La porte du Nord ! L'Allemagne, étreinte par le blocus, a les yeux fixés de ce côté. Jusqu'en avril, elle a bien, à la faveur des nuits d'hiver, si longues sous le ciel arctique, essayé d'utiliser l'étroit boyau de la côte norvégienne et de ses eaux neutres ! Cette porte entr'ouverte, les Alliés l'ont fermée le 8 avril par la pose de nouveaux champs de mines le long des côtes. La guerre vient de se porter sur la péninsule scandinave elle-même. L'Allemagne s'ouvrira-t-elle ainsi la porte du Nord ? Derrière cette porte veille la *Home Fleet*, à peine entamée par les torpillages, restée intacte aux attaques aériennes. C'est un verrou solide, que la guerre *aéro-sous-marine* ne peut forcer. Car là, au large, le dernier mot reste à la puissance purement navale, c'est-à-dire, en définitive, au canon.

PIERRE BELLEROCHÉ.

# LA CRYPTOGRAPHIE ET L'ART DU DECRYPTEUR

Par André DAULNAY

Plus qu'en toute autre entreprise, le secret est la condition indispensable de la réussite dans l'art de la guerre. Une manœuvre éventée par l'ennemi, une attaque prévue sont compromises avant même qu'elles aient commencé. En un temps où les ordres confiés au télégraphe ou à la T. S. F. — cette reine de l'indiscrétion — risquent d'être connus de l'adversaire, on comprend que les chefs d'armée aient tenu à s'assurer, pour leurs transmissions, de toutes les garanties du secret. C'est pourquoi, auprès de chaque état-major, ami ou ennemi, un service spécial, appelé le « chiffre », fait appel à toutes les ressources de la cryptographie pour communiquer en toute sécurité, sans crainte de divulgation intempestive. Il est bien évident que l'on ne saurait rien révéler des méthodes cryptographiques employées aux armées. Là, le secret est bien gardé. L'étude ci-dessous expose les méthodes fondamentales du langage chiffré, étudie leur coefficient de sécurité et les procédés de déchiffrement des cryptogrammes. L'art du decrypteur, qui fait un large appel à l'intuition, ne se laisse aujourd'hui mettre en défaut par aucun texte, fût-il rendu inintelligible aux non-initiés par les machines à chiffrer modernes les plus perfectionnées qui aient été réalisées.

LA science des « écritures secrètes est une très vieille chose. Les peuples de l'antiquité asiatique ou égyptienne ont très probablement usé de caractères au sens caché pour le profane, dans la rédaction de certains messages ou certaines inscriptions. Mais c'est en Grèce qu'on a signalé le premier procédé cryptographique. Plutarque, dans la vie de Lysandre, décrit la *scytale*, machine à chiffrer, faite d'un ruban enroulé en spirale sur les faces d'une règle. On écrivait sur la face et on déroulait ensuite le ruban.

Et depuis que Jules César imagina un système de chiffrement qui a gardé son nom, les hommes d'Etat, les chefs de guerre, les gens de police, les diplomates, les conspirateurs, les négociants et, bien entendu, les espions, ont eu leur « chiffre », leur système cryptographique.

## Le « chiffre »

On a convenu d'appeler le *chiffre* l'ensemble des procédés permettant de rendre un texte donné complètement inintelligible pour quiconque ne connaît pas la clef du système.

Pour la clarté de l'exposé, précisons tout d'abord que le *chiffrement* consiste à faire subir à un texte clair un certain nombre de modifications qui le transforment en un texte chiffré, ou *cryptogramme*, incompréhensible pour celui qui n'est pas initié. Le *déchiffrement* est l'opération inverse. L'initié

rétablit, après certaines opérations, le texte clair.

Cependant un *cryptologue*, même s'il n'est pas initié aux conventions établies entre le chiffrer et son correspondant, peut-il découvrir le texte clair caché dans le cryptogramme ? La réponse dépend de sa perspicacité, de ses recherches, de son « flair » et, pour tout dire, de son habileté de decrypteur. Le *dédecryptement* est, en effet, l'art de reconstituer un texte clair original, en partant d'un cryptogramme dont on ignore le procédé de chiffrement.

## Les systèmes de chiffrement sont en nombre indéfini

Autant d'imaginations, autant de moyens variés de rendre un texte inintelligible. Pour chiffrer un mot, on peut *remplacer chaque lettre* par une ou plusieurs lettres, ou un chiffre, ou un groupe de chiffres, ou un signe, ou un symbole ; ou bien remplacer le mot entier par un autre mot ou un signe convenu. Ainsi « Napoléon » peut s'écrire :

N	A	P	O	L	E	O	N
B	D	R	S	T	X	S	B
S	A	B	E	R	A	L	O
7	4	1	3	9	6	3	7
275	618	415	897	740	659	897	275
□	△	∩	⊙	∪	+	⊙	□

On peut aussi, en gardant les lettres du mot, *changer leur place respective*, de manière

à les reclasser dans un ordre différent. On obtient alors :

ANOLONEP ou LAPNEOON  
ou NOLEOPAN etc...

Un simple examen de ces cryptogrammes fait comprendre les deux grandes classifications des procédés de chiffrement :

- 1° Les procédés de substitution : qui évoquent l'idée de remplacement en altérant la nature des éléments du texte clair ;
- 2° Les procédés de transposition : qui évoquent celle de mélange en détruisant l'ordre des éléments du texte clair sans en modifier la nature.

Il consiste à remplacer chaque lettre du langage clair par la lettre qui la suit immédiatement dans l'alphabet.

J'ARRIVE DEMAIN devient  
KBSSJUF EFNBJO

Si le décalage, au lieu d'un rang, est de plusieurs rangs, la même expression devient, pour quatre lettres, par exemple :

NEVVMAI HIQEMR

### Le système Gronsfeld

Au XVII<sup>e</sup> siècle, le Belge Gronsfeld a imaginé une complication du procédé de

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	X	Y	Z	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	x	y	z

FIG 1 — RÉGLETTE DE SAINT-CYR

Utilisée pour chiffrer les systèmes alphabétiques. Elle peut comporter des alphabets ordonnés ou incohérents.

### Les procédés de substitution

La substitution est le procédé qui se prête à des systèmes variés à l'infini. Tous les graphismes, toutes conventions peuvent être utilisées. Depuis le simple démarcage d'une lettre par une autre, jusqu'à l'emploi des codes les plus compliqués, en passant par les notes de musique, les dentelures de timbre-poste, les fautes d'orthographe, les nomenclatures commerciales, la dissimulation d'un texte peut s'opérer par une multitude de moyens qui n'a d'autres limites que celles de l'imagination humaine. Ainsi on a vu des espions correspondre entre eux par le truchement d'une mélodie dont chaque note représentait une lettre de l'alphabet, ou bien par un échange de cartes et d'enveloppes sur lesquelles les dentelures du timbre, découpées avec précision, signifiaient des mots ou des phrases. Quoi de plus innocent en apparence qu'un télégramme de ce genre : « Je vous envoie ce soir dix exemplaires de l'échantillon n° 2 800 à Nancy. » Or ce texte peut vouloir dire : le 10 de ce mois, 2 800 hommes sont partis pour Nancy. Il suffit de s'entendre auparavant.

Laissons ce dédale, où la fantaisie risquerait de nous égarer et bornons-nous à quelques systèmes d'un mécanisme plus rigoureux et qui ont l'avantage de ne recourir qu'à un minimum de complications.

### Le système de Jules César

C'est le procédé de substitution le plus simple.

Jules César, en décalant chaque lettre du clair d'un nombre de rangs variables. Il introduisait ainsi, dans le chiffrement, la notion de *clef additive*.

Supposons la clef 2463. Pour chaque groupe de 4 lettres du texte, le décalage alphabétique sera successivement de 2 rangs, 4 rangs, 6 rangs, 3 rangs.

Clair : J'ARRIVE DEMAIN

Clef : 2 4 6 3 2 4 6 3 2 4 6 3 2

Cryptogramme : L EYUKAK G G Q G L P

### Les systèmes alphabétiques

Ces deux systèmes de chiffrement, pour rudimentaires qu'ils soient, font comprendre que la substitution des éléments du clair peut se faire lettre à lettre, selon une convention de chiffrement moins simple.

On doit alors déterminer un *alphabet de chiffrement*. Pour y parvenir les méthodes sont variées.

La plus pratique pour permettre un chiffrement un peu sérieux, sans recourir à un document dont la perte est toujours à craindre, c'est de bâtir un alphabet sur un mot facile à retenir.

Construisons un alphabet de chiffrement sur les mots : GÉNÉRAL FOCH.

Il faut d'abord écrire à la suite, dans leur ordre, mais sans répétition, les lettres du mot :

GENERALFOCH

En dessous de chaque lettre, on écrit les

lettres de l'alphabet non utilisées dans leur ordre normal :

GENERALFOCH  
BD I JKMPQST  
U VWXYZ

Pour constituer l'alphabet qui sert au chiffrement, il suffit de relever les lettres verticalement dans chaque colonne et de les écrire à la suite. On obtient alors l'alphabet suivant :

Clair : a b e d e f g h i j k l m n o  
Crypto : G B U E D V N I W R J X A K Y

Clair : p q r s t u v w x y z  
Crypto : L M Z F P O Q C S H T

Avec cet alphabet, le mot « Normandie » s'écrit : KYZAGKEWD.

Il est facile de concevoir le nombre de combinaisons qui s'offrent ainsi aux usagers du chiffre. Puisque chaque lettre de l'alphabet peut occuper, vis-à-vis de chacune des autres, 26 positions différentes, le jeu des permutations des 26 lettres atteint un total astronomique, soit :

403 291 461 126 605 635 584 000 000

alphabets différents possibles.

On verra plus loin la sécurité qu'apporte au secret du chiffre un résultat aussi effarant.

### La méthode du carré

Et, cependant, ce n'est que le commencement des complications. On a inventé mieux. Au lieu de chiffrer par une seule lettre, pourquoi ne pas transcrire dans le cryptogramme chaque élément du clair par un double signe ?

Réduisons l'alphabet à 25 lettres en supprimant le W et dressons un carré de 5 cases par côté. Dans chaque case, logeons l'alphabet, et en regard de chaque ligne ainsi qu'au-dessous de chaque colonne, inscrivons un chiffre.

	1	2	3	4	5
6	A	B	C	D	E
7	F	G	H	I	J
8	K	L	M	N	O
9	P	Q	R	S	T
0	U	V	X	Y	Z

Il suffit de convenir l'ordre selon lequel on traduira chaque lettre, comme une simple coordonnée. Ainsi

dans la convention *ligne-colonne*, Paris sera chiffré 91-61-93-74-94, tandis que dans la convention *colonne-ligne* on aura 19-16-39-47-49.

Si l'on veut bien remarquer que ce nouveau procédé ouvre à son tour des possibilités indéfinies de combinaisons, on comprendra que la science du chiffre est pleine de ressources. Mais il y a mieux encore.

### Procédés à double substitution

Lorsqu'on substitue une lettre à une autre ou à un signe déterminé, on conserve au texte chiffré l'*inter relation* des lettres du clair. Dans une substitution simple du mot « Napoléon », on trouvera toujours 2 signes semblables au début et à la fin du mot chiffré et à l'intérieur, 2 autres signes identiques aux 4<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> places : correspondance des lettres N et O.

L'idée d'éviter de telles répétitions a conduit les chercheurs à construire d'autres systèmes où une *lettre du clair serait traduite par plusieurs signes différents*.

C'est à Blaise de Vigenere (1525-1587) que revient la gloire d'avoir inventé un procédé de double substitution qui résista jusqu'en 1863 aux efforts des décrypteurs.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A
C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B
D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C
E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D
F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E
G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F
H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G
I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H
J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I
K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y

FIG. 2. — CARRÉ DE VIGENERE

Pour chiffrer, la ligne supérieure correspond à la clef ; la colonne de gauche correspond au texte clair. La rencontre des deux lignes donne la traduction chiffrée. Par exemple, la lettre I dans la clef R s'écrit Z.

### Carré de Vigenere

Un carré de 26 cases. Dans chaque ligne, et, par suite dans chaque colonne, un alphabet disposé normalement mais décalé d'une lettre par rapport à l'autre.

Pour chiffrer on convient d'une clef — mot ou phrase.

Les lettres de la clef sont prises successivement sur le côté supérieur du carré tandis que celles du clair sont prises sur la colonne de gauche. L'intersection de la colonne et de la ligne donne la lettre du cryptogramme.

Avec la clef MARNE, le mot PAMPELUNE s'écrira : BADCIXUER.

Ce procédé, relativement simple, fut longtemps considéré comme indéchiffrable, surtout lorsqu'on employait des clefs très longues ou des phrases-clefs. Il a encore été perfectionné par l'utilisation d'un système destiné à dérouter l'indiscret qui serait parvenu à découvrir la clef.

### L'autoclave

Dans les systèmes dits « autoclaves », il y a toujours une clef, courte généralement, mais elle ne sert plus que de point de départ. Aussitôt qu'elle a permis de chiffrer les premières lettres du texte à l'aide du carré de Vigenere, c'est le texte clair ou le cryptogramme lui-même qui devient ensuite la clef de chiffrement.

Si l'on veut chiffrer : « chemin de fer », avec la clef LYON, on obtient d'abord :

clef : LYON  
Clair : c h e m i n d e f e r

Crypto-Vigenere : N F S Z

On poursuit alors le chiffrement en utilisant comme clef nouvelle le *texte clair*.

Clef : LYONCHEMINDE  
Clair : c h e m i n d e f e r

Crypto-Vigenere : N F S Z K U H Q N R U

Ou bien, si les correspondants ont décidé de se servir du cryptogramme en guise de clef :

Clef : LYONNFSZVS  
Clair : c h e m i n d e f e r

Crypto-Vigenere : N F S Z V S V D A W N

### Les codes

On n'en finirait pas de décrire tous les procédés de substitution qui n'ont d'autres bornes que ceux de l'invention humaine. Nous nous sommes limités à signaler les systèmes classiques dont la plupart des autres dérivent.

Il faut cependant mentionner, sous la mention collective de codes, tous les réper-

toires et dictionnaires qui substituent un mot à un autre ou à un nombre.

Les codes sont des listes plus ou moins copieuses de radicaux, de mots, voire de phrases entières, qui ont respectivement leur expression chiffrée.

Exemple d'une page de code :

4140	Don.	4180	Dur.
4141	Donateur.	4181	Durcir.
4142	Donation.	4182	Durer.
4143	Donc.	4183	Dureté.
4144	Donjon.	4184	Durillon.
4145	Donner.	4185	Duvert.
4146	Donneur.	4186	Dynamique.
4147	Dont.	4187	Dynamo.

Si l'ordonnance de la nomenclature de code n'est pas normale, il faut deux listes, l'une pour chiffrer, l'autre pour déchiffrer, afin d'éviter les recherches.

CHIFFREMENT	DÉCHIFFREMENT		
2814	A.	3618	Table.
7291	Ab.	3619	Entrer.
6598	Abaisser.	3620	Dispositif.
4227	Abandon.	3621	Arbre.
1745	Abattre.	3622	Vous.
3917	Abeès.	3623	Grandir.
8501	Abscisse.	3624	Lac.
	etc.		etc.

De nombreux codes existent pour les besoins du commerce en vue de transmettre, par voie télégraphique, de longs messages en un nombre minime de mots codiques.

Il est bien évident que ces codes commerciaux ne garantissent le secret de la correspondance que si on les « truque » par une convention supplémentaire.

Ainsi un code à groupes de 4 chiffres est camouflé par l'adjonction d'un cinquième chiffre nul placé, selon une méthode connue des seuls correspondants ou par une clef additive.

### Procédés de transposition

Jusqu'ici, il n'a été question que de remplacer les lettres ou les mots d'une phrase par une graphie différente. Les systèmes de transposition, au contraire, respectent les lettres du texte initial, mais ils en font une telle *salade* que, sauf le destinataire averti, nul ne saurait rétablir les lettres dans leur ordre premier.

Il est à noter que les procédés de transposition sont moins nombreux que ceux par substitution. Ils se groupent en deux grandes familles : les tableaux et les grilles.

### Le tableau de transposition

Il comporte toujours une clef numérique. Si l'on convient d'un ou de plusieurs mots-

clefs, il faut, auparavant, les traduire en chiffres, en attribuant à chaque lettre un rang déterminé.

Pour transformer la *clef littérale* : TURENNE en clef numérique, on numérote, de gauche à droite, chaque lettre successivement, en tenant compte de l'ordre normal de l'alphabet.

T U R E N N E  
6 7 5 1 3 4 2

Ensuite, sous la clef, le texte est écrit lettre par lettre, de manière à constituer un tableau. Soit à chiffrer : « Je vous attends demain soir. »

Clef : 6 7 5 1 3 4 2

Texte : J E V O U S A  
T T E N D S D  
E M A I N S O  
I R

Pour constituer le cryptogramme, il suffit de relever verticalement, dans l'ordre des colonnes 1, 2, 3, etc., les lettres du tableau.

On obtient, en groupant les lettres par cinq :

ON I A D - O U D N S - S S V E A - S T E I E - T M R

Celui qui reçoit ce grimoire, pour en saisir le sens, construira un tableau comportant autant de colonnes que la clef compte de lettres et autant de cases qu'il y a de lettres dans le cryptogramme.

Cette opération terminée, il suffit alors de

transcrire verticalement le crypto dans l'ordre des colonnes pour voir apparaître le clair.

Avec quelques variantes dans l'ordre de numérotage de la clef et dans le relèvement

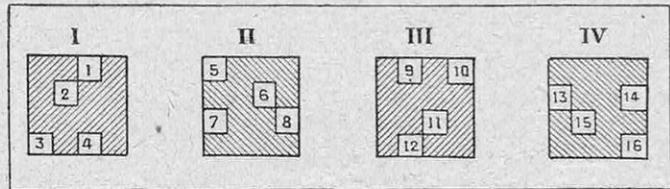


FIG. 4. — GRILLE TOURNANTE

Pour chiffrer avec une grille tournante, on place la grille sur une feuille de papier en repérant sur la feuille les quatre angles de la grille. On écrit les lettres du message dans les « fenêtres ». Puis on fait subir à la grille une rotation de un quart de tour dans le sens des aiguilles d'une montre. La suite du message s'inscrit de la même manière pour les quatre positions de la grille, dans l'ordre 1, 2, 3, 4, 5, etc. Le déchiffrement s'opère de manière identique.

des colonnes (de bas en haut, — en diagonale — de deux en deux) tous les dérivés de la transposition en tableau se réclament du même principe : détruire l'ordonnance du texte clair.

### Les grilles

Tout le monde connaît les grilles, ces feuilles de papier ajourées qu'on pose sur un texte et qui laissent apparaître des lettres, des mots, dont la suite constitue le texte secret.

L'expéditeur du message avait écrit son message dans les « fenêtres » de la grille ; il avait retiré la grille et rempli les espaces, entre les lettres déjà écrites, par des lettres nulles ou des mots quelconques. Ce remplissage a l'inconvénient d'alourdir considérablement le cryptogramme.

Il y a un moyen d'éviter les nulles : employer une grille tournante.

Tout polygone régulier, en pivotant sur son centre de symétrie, peut fournir le dessin d'une grille tournante. On prend bien soin que la rotation de la grille n'amène pas une fenêtre sur une place déjà couverte dans une position différente de la grille.

La figure 4 représente un exemple de grille carrée.

Bien qu'à première vue, le procédé semble assez pauvre en combinaisons, le nombre de grilles possibles avec un carré donné croît très vite. La grille ci-dessus comporte 64 arrangements différents. Mais si, au lieu de 4 cases, elle en compte 8, les arrangements divers qu'on peut alors imaginer dé-

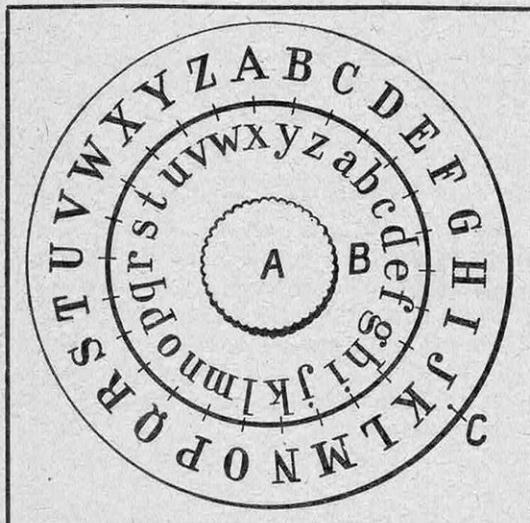


FIG. 3. — CADRAN A CHIFFRER

A, bouton de manœuvre du cadran intérieur B, qui porte les lettres du clair. C, lettres du cryptogramme. Cet appareil est utilisé pour les systèmes alphabétiques et pour le « Vigenere ».

passent largement le milliard.

### Les machines à chiffrer

Il peut paraître surprenant que tant de moyens de camoufler une correspondance que l'on désire entourée de mystère n'aient pas paru suffisants à certains chercheurs possédés du génie de la mécanique. Ils ont inventé des machines qui effectuent le travail du chiffreur avec une ri-

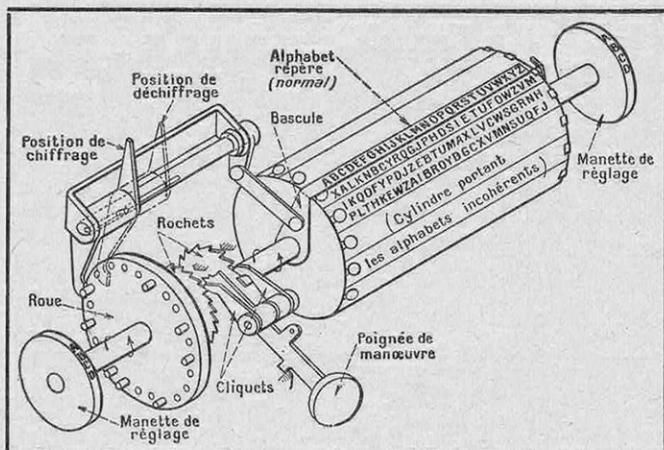


FIG. 5. — PRINCIPE DU DÉCALAGE INTERMITTENT DES ALPHABETS DANS UNE MACHINE A CHIFFRER

La roue à gauche porte des ergots mobiles. Poussés à droite, ces ergots n'ont aucune influence sur le mécanisme qui fonctionne chaque fois que le chiffreur appuie sur la poignée de manœuvre pour chiffrer une lettre. Au contraire, poussés à gauche, les ergots atteignent un levier qui décale les alphabets du cylindre. La clef consiste dans le choix des ergots.

gueur mathématique. Elles diminuent, sinon éliminent entièrement, le risque des erreurs.

Il serait fastidieux de dénombrer toutes les machines à systèmes divers qui, peu à peu, ont été mises en service pour les besoins du commerce ou des autorités militaires et diplomatiques qui ont intérêt à entourer de discrétion leurs correspondances (fig. 5).

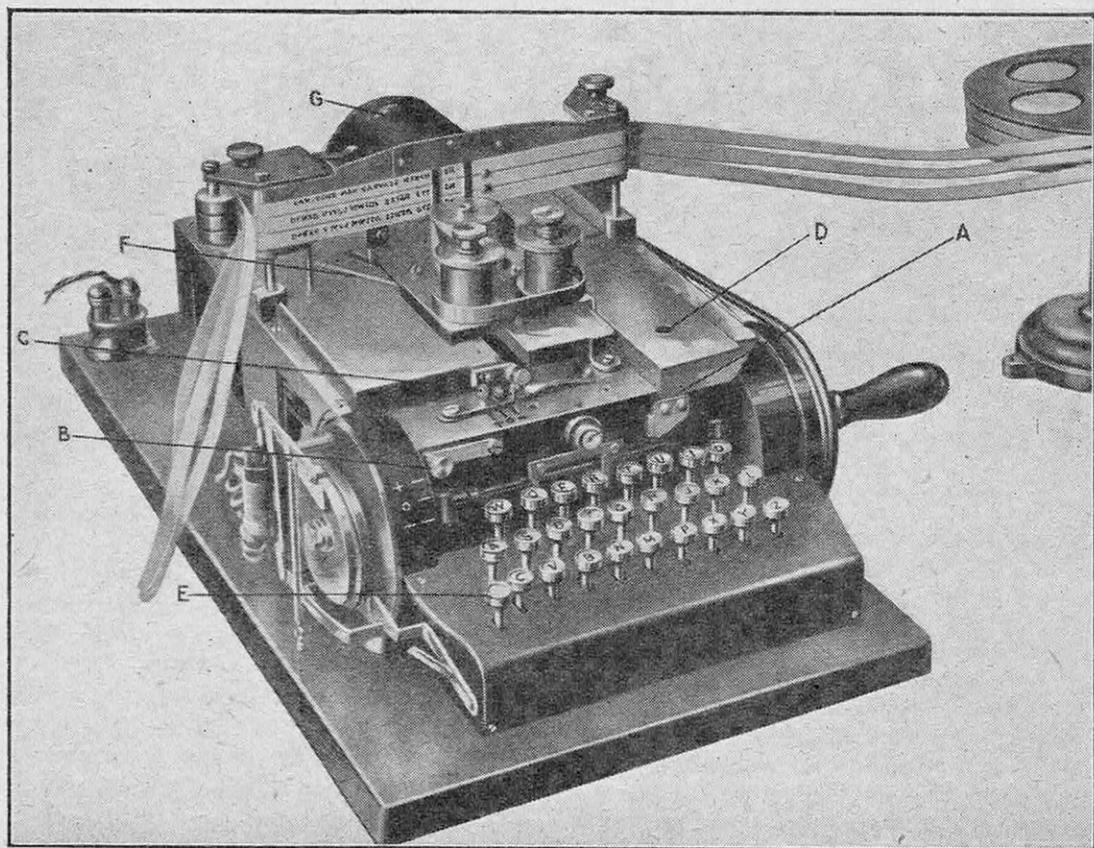


FIG. 6. — MACHINE A CHIFFRER DE L'« AKTIEBOLAGET-CRYPTOGRAPH »

Le mécanisme utilise le système Vigenere. Mais avec un décalage intermittent des alphabets qui constitue une clef-période. C'est un « Vigenere incohérent », dont l'ordonnance n'est pas régulière. La machine imprime à la fois trois bandes : une claire et deux cryptogrammes.

(86 000)

Quelques types de machines sont vraiment ingénieux (1). L'étude de leur technique montre que la base du système est une substitution genre Vigenere, dont la *clef*, au lieu de comporter quelques lettres, est constituée par une série de valeurs diverses dont la période est fonction du nombre de combinaisons qui entrent en jeu. Certaines machines, avec des éléments combinatoires inchangés, peuvent chiffrer plus de 10 millions de lettres sans que l'alphabet utilisé pour une lettre

male ne pourra capter que des images incohérentes. La « clef » est donc un dispositif mécanique transformable au gré des conventions entre correspondants, qui provoque des perturbations déterminées dans la rotation du cylindre. Mais, comme il n'y a là aucune modification substantielle dans les éléments du « clair », le cryptographe Belin est une machine à « transposition », la seule peut-être qui mérite vraiment ce nom et qui assure une sécurité suffisante (fig. 7).

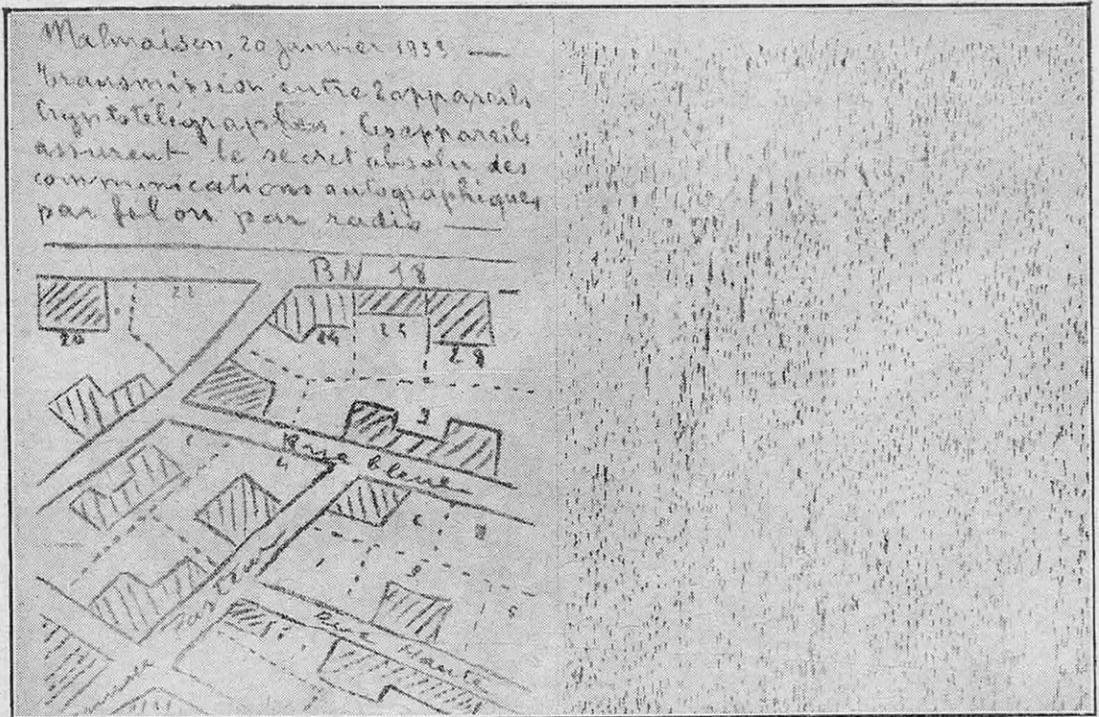


FIG. 7. — TRANSMISSION PAR BELINO CRYPTOGRAPHIQUE

A gauche, l'image à transmettre ; à droite, la même image reçue par un béliographe ordinaire. Seul, l'appareil cryptographique, accordé à l'émetteur, peut lire l'image envoyée.

soit identique à celui qui permettra de chiffrer la lettre suivante (fig. 6).

Mais la plus heureuse application mécanique de la cryptographie est une adaptation du béliographe à la pratique du chiffre. On sait que l'appareil de Belin transmet à distance tout dessin, image, photo, plan, autographe, confiés à la machine.

Si l'on introduit dans la marche du cylindre enregistreur des interruptions ou des ralentissements, le cylindre enregistreur ne pourra reproduire le dessin initial que s'il est rigoureusement synchronisé avec le poste émetteur. Tout autre cylindre à marche nor-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 206, page 98, et n° 69 page 223.

### Le surchiffrement

Pour compliquer encore la tâche des décrypteurs indiscrets qui tenteraient de déchiffrer un message tombé entre leurs mains, on combine deux méthodes.

On chiffre alors le texte à transmettre en substitution, et le cryptogramme ainsi obtenu est traité comme un texte clair et subit une nouvelle substitution ou, mieux, une transposition.

La superposition successive de deux ou trois procédés constitue le surchiffrement, dont l'emploi est nécessaire lorsqu'on n'est pas assuré de garder le secret d'une seule méthode.

### Le problème essentiel de la cryptographie

Car il ne suffit pas de transposer ou de substituer. L'important est de *sauvegarder* le *secret* de la correspondance. Qu'on s'y prenne de quelque manière que ce soit, c'est toujours des phrases claires qui sont la matière du chiffrement.

Or ces phrases claires ne sont jamais que la combinaison (en français) de 6 voyelles et de 20 consonnes. Et les arrangements sont limités par la syllabe, élément initial du langage, qui ne permet pas de juxtaposer les consonnes sans la présence indispensable de la voyelle.

Tout l'art et l'ingéniosité du chiffreur se heurtent à cette loi de l'écriture et de la parole, qui restreint considérablement sa base de départ et ensuite toutes les difficultés rencontrées dans l'élaboration des procédés de chiffrement assurant véritablement le secret.

Les *codes* affranchissent en partie le chiffreur de cette servitude, puisqu'ils permettent de traiter la correspondance à chiffrer en partant non plus des lettres, mais des mots, et même des phrases courantes, qu'on peut remplacer par un simple signe.

Mais alors qu'il est facile pour deux correspondants de retenir de mémoire une méthode et une clef, un code exige un dictionnaire, un volume assez copieux, qu'il faut transporter avec soi, et qui peut être perdu ou volé ou même copié. Il perd alors toute valeur, et son remplacement s'impose d'urgence. Mais la confection d'un code nouveau demande souvent un temps appréciable ; il faut en outre pouvoir le faire parvenir rapidement aux correspondants intéressés, ce qui n'est pas toujours facile.

Aussi, dans la bataille, les codes sont-ils proscrits. Il ne peut être question, pour garder le secret au milieu des incertitudes du combat, que de procédés commodément utilisables : substitutions ou transpositions.

Mais ces procédés offrent-ils toute sécurité ?

### L'art du décrypteur

Les études entreprises depuis de longues années par des spécialistes ont permis à la cryptographie d'avoir droit de cité dans l'aréopage scientifique. Elle est devenue une science et un art. Et ce n'est pas une mince joie pour celui qui s'y livre, de parvenir, après des heures et parfois des mois de recherches, à l'heureuse découverte d'un

secret inclus dans quelques lettres inintelligibles.

Il ne faut pas qu'on s'illusionne. Tous les procédés dont il a été question plus haut ont provoqué des études où l'esprit de finesse, allié aux rigides déductions de la mathématique, a permis aux chercheurs persévérants de percer un mystère réputé impénétrable.

Le décrypteur est un être bien dangereux pour les amateurs d'écritures secrètes. Il s'est entraîné, lui aussi, aux méthodes de chiffrement. Mais il s'est surtout acharné à découvrir la loi du système, à en repérer les imperfections, à trouver la fissure où il appliquera, comme un coin, la fine pointe d'une analyse rigoureuse et fera apparaître au grand jour ce qu'on voulait celer.

Tous les procédés classiques mis en œuvre pour dissimuler sa pensée sont, aujourd'hui, à la merci des décrypteurs professionnels qui ne désespèrent pas de pénétrer le secret des machines les plus compliquées.

Sans doute, l'art du décrypteur est difficile. Ne redoutons pas cependant de nous initier à ses déductions.

### La loi des fréquences

Lorsqu'on se trouve devant un cryptogramme dont on ignore l'origine et le procédé auquel il appartient, la première observation à faire est de dénombrer les fréquences des signes — monogrammes, bigrammes, trigrammes.

En effet, dans les *systèmes par transposition*, les lettres du clair ont *conservé leur valeur alphabétique*. Un texte normal, bien que transposé, comporte toujours un nombre plus grand de voyelles que de consonnes rares ou exceptionnelles.

Chaque langue utilise certaines lettres plus abondamment que d'autres. En français, la lettre E est de beaucoup la plus fréquente, la lettre S est moitié moins utilisée, puis A, R, I, N, T, U, L, O... etc. On a pu ainsi établir un ordre de fréquences pour toutes les langues :

Anglais : E T A I N R O S H D

Allemand : E N I S R T A H D U

Italien : I E A O N T R L S C

Lorsqu'on examine un cryptogramme, on établit la liste des lettres les plus fréquentes. Si l'on obtient un ordre de fréquences décroissantes qui reproduit assez exactement E S A R I N T U L O, on peut être certain qu'il s'agit d'une *transposition*.

Au contraire, si la *liste des fréquences* donne,

par exemple, en série décroissante, les lettres XLBIEZNCGT, il faut chercher parmi les *substitutions* le procédé qui a été employé.

### Décryptement des systèmes alphabétiques

Supposons que, dans l'exemple précédent, la série des fréquences corresponde approximativement aux fréquences d'ESARINTULO, c'est-à-dire que la lettre X représente environ 14 % des lettres du cryptogramme (fréquence de E), il y a de fortes probabilités pour que X du crypto représente E du clair.

De même les lettres LBZN traduisent vraisemblablement l'une des lettres S A N T. Pour éviter de trop longs tâtonnements qui, sans doute, peuvent, en certains cas favorables, permettre de découvrir quelques syllabes probables, et, de proche en proche, d'identifier plusieurs lettres de l'alphabet de substitution, il est plus logique de poursuivre strictement l'examen de crypto pour déterminer la *fréquence des bigrammes*.

Les plus répandues des combinaisons de deux lettres sont, en français, les bigrammes ES = 30 pour mille, LE = 24 pour mille, EN = 24 pour mille. Quant aux trigrammes, bien plus irréguliers dans leur répétition au cours d'un message, ENT revient environ 12 fois sur mille.

En utilisant la loi des fréquences, le décrypteur ne doit pas perdre de vue certains principes qui président à la formation des mots. On a rappelé plus haut les *caractéristiques du syllabage* : sur 100 lettres, il y a ordinairement 40 à 50 voyelles. Les lettres doublées sont presque toujours des consonnes (les plus fréquentes étant SS, puis LL, TT, MM, etc...).

La voyelle E est à peu près la seule qui redouble avec une certaine fréquence. Les consonnes doublées sont toujours précédées d'une voyelle et suivies, soit d'une voyelle, soit de R ou L. Cependant si deux mots sont juxtaposés, on peut rencontrer des consonnes doublées qui ne sont pas précédées de voyelle. Exemple : *ils sont très ...*

Enfin, en français, il n'y a jamais de séquences de 5 lettres, sans 1 ou 2 voyelles incluses dans la séquence.

Appliquons ces données à un fragment de crypto où les fréquences individuelles : XLBZNEICGT ont été repérées.

On suppose X = e ; L = s.

... AXYTC    ZIXZH    LMTJR  
e                    e                    s

NXHXG	BIEY	XXHXL
e e		ee es
GXNNI	XLXNH	XLRGB
e	ese	es
ZLBZZ	TZMXL...	
s	es	

La séquence

XX	H	XLGNN	IXLXNHXL
ee		es	ese es

semble particulièrement intéressante à étudier. Elle débute, dans l'hypothèse adoptée, par EE, qui doivent normalement être une finale de mot féminin. La lettre suivante H est incertaine ; elle n'est pas dans la liste des plus grandes fréquences remarquées dans l'ensemble du crypto, mais dans les 55 lettres retenues ici ; elle apparaît 4 fois. Quelques lettres plus loin, N redoublée doit être une consonne et I une voyelle, différentes de A ou L ou R. Mais I est ailleurs également redoublée, c'est une consonne : L ou R.

En considérant la correspondance des fréquences « ESARINTULO » avec celles relevées dans le crypto, I devrait représenter R ; de même N serait la traduction de T.

Exploitant cette possibilité, on obtient, en remplaçant les lettres du crypto par leur valeur présumée :

EE - ES - ETTRESET ES

La suggestion du mot lettres est trop tentante pour ne pas la vérifier dans le reste du crypto en prenant G = L. Il est à peu près évident aussi que ET — ES doit vouloir dire *et des*.

Qu'on reporte, en guise d'essai, ces conclusions dans le reste du télégramme. On a :  
-e---sre-ds----tedel-rr---eedeslett  
resetdes-l--s-----es.

Aidé par la liste des fréquences, le déchiffrement se poursuit. Le groupe *re-ds* appelle *rends* et *del-rr---ee* est mis évidemment pour *de l'arrivée*.

Dans ce cas l'hypothèse gagne en certitude. Chaque lettre nouvelle qui semble exacte est aussitôt vérifiée dans le reste du crypto. Très vite, de proche en proche, le sens clair devient évident ; le cryptogramme est déchiffré : « *Je vous rends compte de l'arrivée des lettres et des plans annoncés...* »

### Décryptement des substitutions multiples

Telle est, à grands traits, la méthode à laquelle il faut, en principe, recourir dans toutes les substitutions. Le plus souvent, la recherche est plus compliquée, car les substi-

tutions à représentations multiples ont tenté de briser la loi de fréquence en assignant plusieurs traductions pour les lettres très fréquentes ou même à chacune des lettres de l'alphabet.

Le décryptement en sera plus délicat ; mais il est loin d'être impossible. Comme toujours, il faut relever les fréquences, comparer les séquences où apparaissent quelques termes identiques et se souvenir de la loi du syllabage. 1 voyelle au moins pour 4 consonnes.

Ce sont surtout les répétitions qui fournissent la base des hypothèses. On découvre assez vite, surtout si on dispose d'un texte long, les termes qui représentent la même lettre. Il faut surtout s'attacher à déterminer l'e du clair, qui est à la base du décryptement.

Avec beaucoup de méthode, de réflexion et d'essais infructueux, on y parvient comme pour les substitutions simples.

### Décryptement du Vigenere

Quand on est en présence d'un texte chiffré en Vigenere, aucune fréquence nettement différenciée n'apparaît. Même les lettres rares ont une fréquence moyenne ou peu s'en faut. Mais le relevé des bigrammes ou des trigrammes met en relief des répétitions dont il s'agit de découvrir la périodicité.

En effet, lorsque les polygrammes du clair se sont trouvés *semblablement disposés vis-à-vis de la clef*, ils ont donné dans le crypto des polygrammes identiques.

On note donc le rang de chaque lettre du crypto ; on calcule les intervalles qui séparent le début des mêmes polygrammes ; on cherche les *facteurs premiers* de chacun des nombres. Il y a de fortes présomptions que celui ou ceux qui sont communs à tous les intervalles, donnent *la longueur de la clef*.

Supposons le cryptogramme :

C S V U I    S G C C J    P X G S V  
 T H P R F    B E I M C    I F X S V  
 U V X O W    A Z B T W    S V U V H  
 V D I L I    T .

On y remarque plusieurs polygrammes.

- S V U = intervalle 12 et 24  
facteurs premiers :  $2 \times 2 \times 2 \times 3$
- S V = intervalle 42  
facteurs premiers :  $2 \times 3 \times 7$
- U V = intervalle 12  
facteurs premiers :  $2 \times 2 \times 3$

Une clef de 6 ( $2 \times 3$ ) lettres est plausible.

Tentons l'essai en disposant le crypto sur 6 colonnes.

C S V U I S  
 G C C J P X  
 G S V U V X  
 O W A Z B T  
 W S V U V H  
 T H P R F B  
 E I M C I F  
 X S V V D I  
 L I T

Examinons maintenant les fréquences dans chaque colonne. Dans la première : 2 G. Toute cette colonne a été chiffrée avec la même lettre de la clef : la loi des fréquences peut donc jouer et « esarintulo » reprend sa valeur.

Cherchons, en nous reportant au carré de Vigenere représenté sur la figure 2, dans quel alphabet-clef l'E du clair est traduit par G.

C'est l'alphabet : C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V X Y Z A B.

Traduisons la colonne entière avec cette clef. On obtient une série de lettres possibles, encore que 4 lettres soient plutôt rares : Q. V. G. Z.

L'ensemble est acceptable. Tentons la même expérience avec la seconde colonne, en supposant : clair - E = crypto - S, dans alphabet - O.

Clef : C O  
 A E  
 E O  
 E E  
 Q I  
 R E  
 V T  
 G U  
 Z E  
 N U

Toutes les lettres de cette seconde colonne sont possibles. Beaucoup plus que celles de la première. Au surplus, le bigramme Q I est à rejeter, parce que, toujours, la lettre Q est suivie de U. De même V T, Z E et A E manquent de vraisemblance. Il faut donc chercher un autre alphabet pour la première colonne, qu'on rejette plutôt que la seconde, plus probable.

Faisons l'essai d'un autre alphabet, qui provoque des bigrammes normaux avec la seconde colonne, où les voyelles nombreuses appellent des consonnes dans la première. Or l'alphabet D donne, avec des bigrammes possibles, l'arrangement Q T, qui est évidemment faux. Les alphabets E F G..., amènent aussi des lettres exceptionnelles : K. J. W. Z, etc... Si nous poursuivons les

tâtonnements, on arrive à l'alphabet L, qui permet les bigrammes :

Clef :	L	O
	R	E
	V	O
	V	E
	D	I
	L	E
	I	T
	M	E
	A	U

Nous sommes ainsi arrivés à une série de bigrammes plausibles. Il s'agit de décrypter la troisième colonne. Par des essais successifs, échafaudés sur la considération des lettres les plus fréquentes et le voisinage des bigrammes retenus précédemment, on restreint peu à peu le champ des hypothèses

A première vue, V, répété quatre fois, doit être une des lettres «esarintulo». Sa position ne permet pas de prendre V = E, ce qui amènerait : *rez. vec, lee, mee*. Pas davantage V = S, ou V = A, ou V = R, ne sont à retenir.

Si l'on prend = VN, l'alphabet I donne, à la sixième ligne, ITH, qui mériterait d'être écarté. Cependant, il peut s'agir d'une fin de mot et du commencement d'un autre. Et ce qui autorise à ne pas rejeter de prime abord l'alphabet I, c'est qu'il donne, à la première et deuxième ligne, deux arrangements qui peuvent suggérer un mot probable. REN... pourrait signifier RENDEZ VOUS.

Vérifions l'hypothèse. Les lettres U. I. S. donnent D. E. Z. respectivement dans les alphabets R. E. T., qui sont précisément la fin d'un mot : *Loiret*, qu'on peut très bien admettre. En fait, le décryptement ne présente plus de difficultés.

Clef :	LOIRET
Clair :	RENDEZ
	VOUS LE
	VENDRE
	DISIXA
	LENDRO
	ITHABI
	TUELEM
	MENEZ P
	AUL.

### Décryptement des «autoclaves»

La complication des procédés issus du Vigenere est le plus souvent illusoire. Ainsi, les *autoclaves*, soit par le clair, soit par le crypto, ne résistent pas à une analyse rigoureuse.

Si l'on a chiffré avec le crypto, la clef est connue dans sa plus grande partie, puisque c'est le crypto lui-même. On procédera donc par tâtonnement, en promenant, en guise de clef, les premières lettres du crypto sur le texte chiffré et en recherchant les lettres

correspondantes dans le carré de Vigenere, jusqu'à ce qu'on découvre un mot clair. Le décryptement s'opérera alors de proche en proche.

Si l'on a chiffré avec le clair, il suffira de se souvenir que les lettres «esarintulo» représentent à peu près les trois quarts du total des lettres.

Il se produira donc très fréquemment qu'une des lettres d'«esarintulo» servant de clef, aura chiffré une autre lettre

«esarintulo» du clair.

Or, la rencontre sera très possible de deux lettres, E et S, par exemple, se chiffrant l'une par l'autre. Elles donneront toujours la même lettre dans le crypto : W.

On relèvera donc, selon la méthode habituelle, les intervalles entre deux mêmes lettres du crypto. L'intervalle le plus fréquent sera la longueur de la clef initiale dont quelques tâtonnements dévoileront l'inconnu.

### Décryptement des transpositions par tableau

Lorsqu'il y a seulement mélange des lettres claires pour confectionner un crypto, la loi des fréquences est toujours vérifiée, mais ne sert plus directement au décrypteur.

Celui-ci opère par la recherche du mot probable qu'il découvrira selon les ressources de son imagination, en transcrivant, sur trois ou quatre bandes de papier, tout le texte du crypto.

Rapprochant deux de ces bandes, il les fera glisser l'une à côté de l'autre, jusqu'à trouver, sur un fragment de bande, des bigrammes

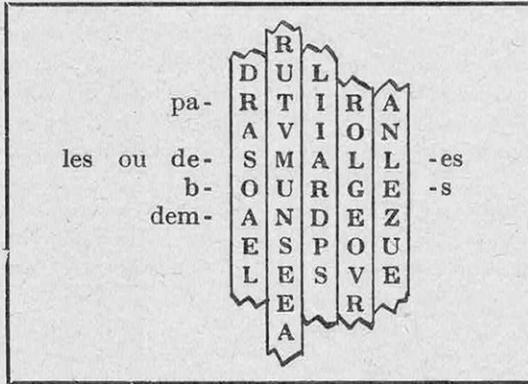


FIG. 8. — FRAGMENTS D'UN CRYPTO ÉCRIT SUR PLUSIEURS BANDES IDENTIQUES ET DONT LE GLISSEMENT, L'UNE A CÔTÉ DE L'AUTRE, FAIT APPARAÎTRE DES MOTS PROBABLES

vraisemblables. Il cherchera, à l'aide d'une troisième bande, à constituer des polygrammes générateurs du mot probable (fig. 8).

Ainsi sera reconstitué un coin du tableau de chiffrement. La découverte de la longueur de la clef n'est plus qu'affaire de réflexion attentive.

Cette idée du *mot probable* est l'une des plus fécondes en découvertes cryptographiques. Elle est le fruit de l'intuition, bien plus que de l'analyse. Cependant, dans la plus grande partie des cryptos à déchiffrer, on a toujours quelques indications qui circonscrivent les recherches.

Même sans indice préalable, il y a toujours un moyen de forcer l'identification d'une « transposition », surtout si l'on dispose de plusieurs textes de même longueur.

Transcrivant *horizontalement*, les uns sous les autres, des textes de longueur égale, on considère *verticalement* les alliances possibles d'une colonne avec une autre. En somme, on s'efforce d'*anagrammer* plusieurs textes à la fois, afin de découvrir un mot qui puisse jouer le rôle de mot probable et faciliter, de proche en proche, l'apparition du clair.

Voici quatre cryptos, qu'il s'agit de lire sans rien connaître ni du sujet traité, ni de la clef employée.

Colonnes : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

- 1<sup>er</sup> texte : N A N V Z I E T E C O D U S
- 2<sup>e</sup> texte : R E I J T A N P E R R E A S
- 3<sup>e</sup> texte : E R N P N G E R R I E V U T
- 4<sup>e</sup> texte : A R U C R E B T H E N M E E

Examinons d'abord dans chaque crypto les lettres rares.

Le premier contient la lettre Z et V. Le second contient un J, le troisième, un G; le dernier, B M H. La lettre Z est souvent la finale d'un verbe à la deuxième personne du pluriel. Remarque à noter, d'autant plus que le crypto comporte un V, qui pourrait entrer dans le pronom de la deuxième personne : *vous*.

Dans le deuxième crypto, J fait songer à J E.

Dans le troisième, il y a un G qui s'allie parfois à la voyelle U et aux consonnes L N R.

Enfin, dans le quatrième, H pourrait bien être précédé d'un C ou d'un T; la rencontre de B et de M dans le même texte est souvent l'annonce d'un bigramme assez fréquent : M B.

Sur ces particularités, nous allons tenter quelques rapprochements de colonnes, donnant les bigrammes C H et M B.

Colonnes :	4	9	12	7
	V	E	D	E
	J	E	E	N
	P	R	V	E
	C	H	M	B

Les deux premiers cryptos, dans cette hypothèse, semblent réclamer, à droite, respectivement une consonne, tandis que les deux derniers demandent une voyelle. Les colonnes 1 et 10 seules répondent à ces conditions. 1 donne :

Colonnes :	4 - 9 - 1	12 - 7
	V - E - N	D - E
	J - E - R	E - N
	P - R - E	V - E
	C - H - A	M - B

qui est très satisfaisant, plus que satisfaisant même, puisque le rapprochement des groupes de colonnes 4 9 1 et 12 7 suggère le mot « chambre », dans le quatrième texte.

Pas de difficultés pour la colonne 5, où apparaît le mot « Vendez » (première ligne).

Il faut maintenant identifier laquelle des colonnes 6 10 13 et 14, qui comportent un E à la quatrième ligne, donnera une suite acceptable aux mots formés aux lignes précédentes. La suite se décèle sans peine.

V E N D E Z C A U T I O N S  
J E R E N T R E A P A R I S  
P R E V E N I R U R G E N T  
C H A M B R E R E T E N U E

### Une science de logique intuitive

Cet aperçu des recherches cryptographiques ne saurait donner qu'une faible idée des travaux ardu mais passionnants auxquels se livrent les decrypteurs. On conviendra cependant que le mystère des écritures cachées n'est pas aussi impénétrable qu'on se plaît à l'imaginer. Il faut surtout faire justice du préjugé qui veut que le secret du langage chiffré soit en proportion des combinaisons possibles d'un système cryptographique.

Le véritable labyrinthe où s'égare le decrypteur est fait d'une superposition ingénieuse de procédés.

Les machines à chiffrer ont, pour la plupart, rendu très difficile l'accès au texte clair. Est-ce à dire qu'elles l'ont rendu absolument inaccessible ? Ce serait une prétention bien présomptueuse. Le fil d'Ariane est de tous les temps.

En l'occurrence, Ariane, c'est une qualité intellectuelle faite de logique rigoureuse, de patience persévérante, d'imagination ordonnée et d'intuition spontanée, sorte d'étincelle jaillie de l'esprit, qui éclaire brusquement les arcanes obscures où se voile la vérité.

ANDRÉ DAULNAY.

# COMMENT LA PHOTOGRAPHIE AERIENNE PERMET DE DRESSER LES CARTES AVEC PRECISION ET RAPIDITÉ

Par Armand de GRAMONT

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'INSTITUT D'OPTIQUE

*La photographie donne d'un objet ou d'un paysage une image nécessairement déformée suivant les lois de la perspective. Utiliser une ou plusieurs photographies pour obtenir, par des procédés graphiques, optiques ou autres, la représentation exacte des éléments photographiés à une échelle déterminée, c'est opérer une « restitution ». Grâce à des appareils d'une extrême ingéniosité, cette opération peut être effectuée aujourd'hui par des organes mécaniques, de sorte que l'application de ces méthodes de restitution à la photographie aérienne permet de dresser les cartes, à grande et à petite échelle, d'une manière aussi précise et incomparablement plus rapide et plus économique que par les procédés classiques du levé de plans au théodolite.*

DÈS le XVIII<sup>e</sup> siècle, on savait, au moyen d'un dispositif optique, projeter sur un écran des images dont on pouvait suivre et dessiner les contours. Ce principe, dit de la « chambre claire », utilisé bien avant la découverte de Niepce et Daguerre, donnait déjà lieu à des procédés de restitution relevant d'une ou deux prises de vues. On possédait, sans le savoir, l'élément essentiel de la photogrammétrie, c'est-à-dire la restitution du relief terrestre grâce à la perspective photographique.

En 1839, Arago et Gay-Lussac préluèrent à cette recherche ; ils démontraient efficace l'emploi de la chambre noire pour reconstituer un paysage. Encore fallut-il attendre 1851 pour que le colonel Laussedat découvrit une issue rationnelle de la méthode à l'aide d'une chambre photographique spéciale. Mais, faute d'applications bien définies, l'essor de l'invention marque un nouveau temps d'arrêt.

Ce sont deux Autrichiens qui, à la fin du XIX<sup>e</sup> et au début du XX<sup>e</sup> siècle, ont, par des réalisations ingénieuses, montré tout ce que l'on pouvait tirer de l'idée de Laussedat : Scheimpflug préconise d'abord l'emploi de la vision stéréoscopique pour la reconstitution du relief terrestre et propose de nombreuses solutions pratiques ; bientôt Von Orel réalise un appareil de restitution, qui, pour la première fois, résout le problème par des moyens uniquement mécaniques.

Avec la guerre de 1914, la conception de Laussedat connut un renouveau de faveur.

Il fallait sans cesse élaborer des cartes exactes d'après les données de photographies aériennes. Aussi nos techniciens se sont-ils attachés à résoudre ces problèmes ardues avec une ingéniosité qui a remis en bonne place la photogrammétrie française, grâce à une série de remarquables appareils que nous aurons à signaler.

## Levés planimétriques

La photogrammétrie concerne parfois des levés exclusivement planimétriques : ne pourrait-on pas, dès lors, obtenir avec une seule photographie la représentation suffisante d'une région déterminée ?

Théoriquement, pour obtenir un plan correct, la plaque photographique devrait être horizontale au moment de la prise de vue. On aura, dans ce cas, une représentation fidèle à condition de négliger tout ce qui émerge du sol : tel clocher n'occupant pas le centre de la plaque donnera une image inclinée qui masquera une partie de son implantation.

Mais, en fait, quels que soient les artifices employés, l'axe optique de l'objectif n'est jamais absolument vertical et il nous faut procéder à l'opération du redressement, c'est-à-dire, à partir du cliché fourni par l'avion, reconstituer l'effet obtenu si cet axe optique avait effectivement été vertical.

Considérons l'objectif  $O$  d'un appareil photographique dont l'axe est incliné par rapport à la verticale  $V V'$  (fig. 1). Nous cherchons une représentation du sol sur un plan moyen  $P$  dans lequel les points figurés

en  $A$  et  $B$  devraient être représentés par les pieds des perpendiculaires  $A'$  et  $B'$ . Sur la photographie prise du point  $O$ , le point  $B$  paraîtra en  $B''$ , le point  $A$  en  $A''$ , l'un plus éloigné, l'autre plus rapproché du pied de la verticale  $V'$ . Le redressement consiste à remettre les points tels que  $A''$ ,  $B''$  en  $A'$  et  $B'$ . On y parvient approximativement en substituant au cliché pris en vue inclinée un cliché « redressé », c'est-à-dire tel qu'il aurait été si l'axe de l'appareil photographique s'était trouvé normal au sol à la verticale du centre de la zone survolée.

M. Roussilhe s'est attaché, dès le début de la guerre de 1914, à ce problème et il en a fourni une heureuse solution.

La figure 2 représente l'ensemble de son appareil. Sur un banc d'optique  $B$  est placée une lanterne  $L$  éclairant le cliché placé dans la chambre photographique. Ce cliché peut tourner dans son plan. Le châssis porte-écran tourne autour de l'axe horizontal  $A A'$ , tandis que l'écran lui-même peut se déplacer de bas en haut et également tourner dans son plan.

Ces divers mécanismes permettent de donner au cliché et à l'écran tous les mouvements relatifs nécessaires au redressement.

Après avoir déterminé sur l'écran la position d'au moins 3 points de repère dont les coordonnées au sol sont connues, on réalise la coïncidence de ces repères avec les projections de leurs images photographiques.

L'opération est plus aisée si on connaît, à priori, avec quelques précisions, l'orientation de la chambre photographique par rapport à la verticale. Il est donc commode d'enregistrer simultanément sur la plaque les indications d'un niveau gyroscopique ou encore la trace d'un rayon solaire qui donne, pendant un laps de temps déterminé, une direction que l'on peut considérer comme constante.

Ainsi redressée, une photographie prise en avion donne, d'une région déterminée, une image suffisante dans bien des cas : c'est ainsi qu'ont été réalisés les plans directeurs de la zone de feu au cours de la guerre de 1914.

## La restitution stéréoscopique

Nous savons, par expérience, que la sensation du relief est due à la vision binoculaire. L'étude d'une question si complexe sortirait du cadre de cet article (1). Rappelons seulement que le relief est d'autant plus perceptible que l'angle de convergence des rayons visuels est plus accusé. Pour un objet éloigné, nous devons, par un artifice optique, augmenter l'écart des points de vue.

Pour la même raison, une photographie ne peut, à elle seule, déterminer le relief d'un objet. Puisque la vision binoculaire est nécessaire pour percevoir la troisième dimension de

l'espace, il nous faut, pour obtenir une mesure exacte du relief, utiliser deux clichés pris de deux points de vue différents.

Lorsque nous voulons donner, au moyen de deux photographies, dans un stéréoscope, la sensation du relief d'objets rapprochés, nous prenons simultanément deux vues suivant l'écart même de nos yeux. Pour que l'effet stéréoscopique permette de déterminer le relief

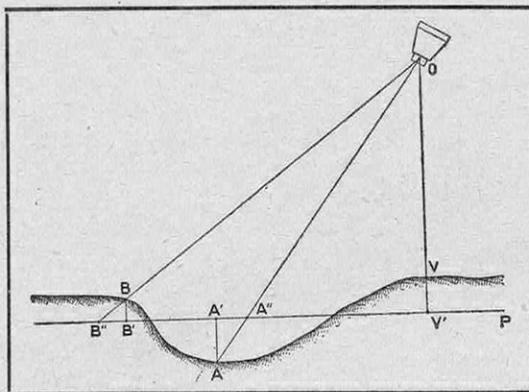


FIG. 1. — LES DÉFORMATIONS DUES AUX PRISES DE VUES INCLINÉES

*Le point B se projette en  $B''$  au lieu de  $B'$  ; le point A se projette en  $A''$  au lieu de  $A'$ .*

d'un objet lointain, il faut écarter les deux points de vue en conséquence.

Quand nous survolons une région à grande altitude, nous n'en percevons pas directement le relief ; mais deux photographies prises successivement à 3 000 m de hauteur, par exemple, nous fournissent deux clichés permettant de juger stéréoscopiquement de son relief, à condition que les deux points de vue soient distants d'un millier de mètres.

Observons ces deux clichés au moyen de dispositifs optiques convenables et en substituant notre écart pupillaire à celui de 1 000 m des deux originaux.

Si les orientations initiales des clichés sont respectées, nous aurons la sensation d'examiner un plan du sol en relief sur lequel nous pourrions déplacer un index que nous ferons coïncider successivement avec autant de points qu'il sera nécessaire. Le processus utilisé est exactement le même que celui qui est employé en télémétrie stéréoscopique (2).

(1) Voir *Problèmes de la vision*, Flammarion, 1939.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 264, page 4.

Les indications de cet index seront enregistrées par l'appareil de restitution et nous obtiendrons ainsi, non seulement la planimétrie, mais encore les lignes de niveau de la région étudiée.

Dans l'espace réel, l'écart des deux points de vue est déterminé par la distance que parcourt l'avion entre les deux prises de vues. Cette distance d'ailleurs, au cours d'un levé de plan, sera maintenue aussi uniforme que possible : à cet effet, un système chronométrique commande les prises de vues successives, en tenant compte de la vitesse propre de l'avion, de la vitesse du vent et de l'altitude de vol.

Les deux appareils servant aux projections des clichés devraient théoriquement être les appareils mêmes qui ont servi lors de la prise de vues, de façon que toutes les caractéristiques en soient respectées : les focales notamment doivent être les mêmes, la distorsion ne doit pas varier.

En fait, les objectifs employés de part et d'autre sont, autant que possible, identiques comme facture : mais la cartographie doit parer à cet autre inconvénient que l'objectif et la chambre subissent des variations aux basses températures des grandes altitudes.

La restitution des clichés ne s'impose plus : il suffit de rendre aux deux chambres photographiques leurs orientations initiales. La distance qui les sépare dans l'appareil de restitution se règle à l'échelle de la réduction cartographique par rapport à la distance des prises de vue dans l'espace.

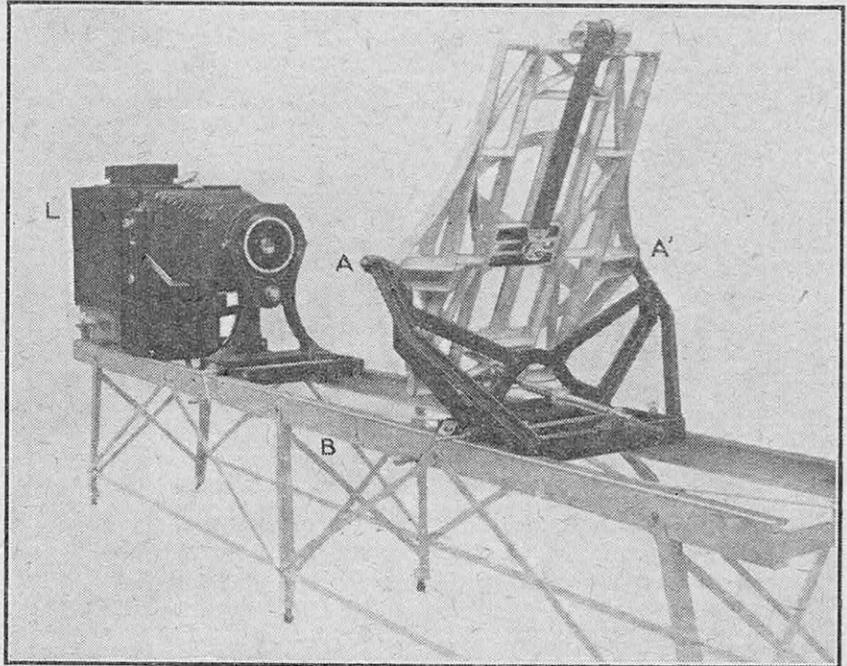
Dans ces conditions, pour orienter convenablement les chambres, on démontre qu'il faut faire coïncider, dans le champ commun aux deux appareils, cinq points visibles sans ambiguïté sur les deux clichés.

Ce principe, inauguré dans le stéréauto-

graphe de von Orel, donna naissance à toute une série d'appareils réalisés par Zeiss en Allemagne, par Wild en Suisse, et que M. Santoni a poussé, en Italie, à un haut degré de perfection.

C'est M. Poivilliers qui, dès 1919, a construit le premier appareil de restitution qui ait donné en France des résultats pratiques (fig. 3).

L'appareil comporte deux chambres photographiques orientables *P*, aussi semblables



(57 401)

FIG. 2. — APPAREIL DE REDRESSEMENT DE M. H. ROUSSILHE

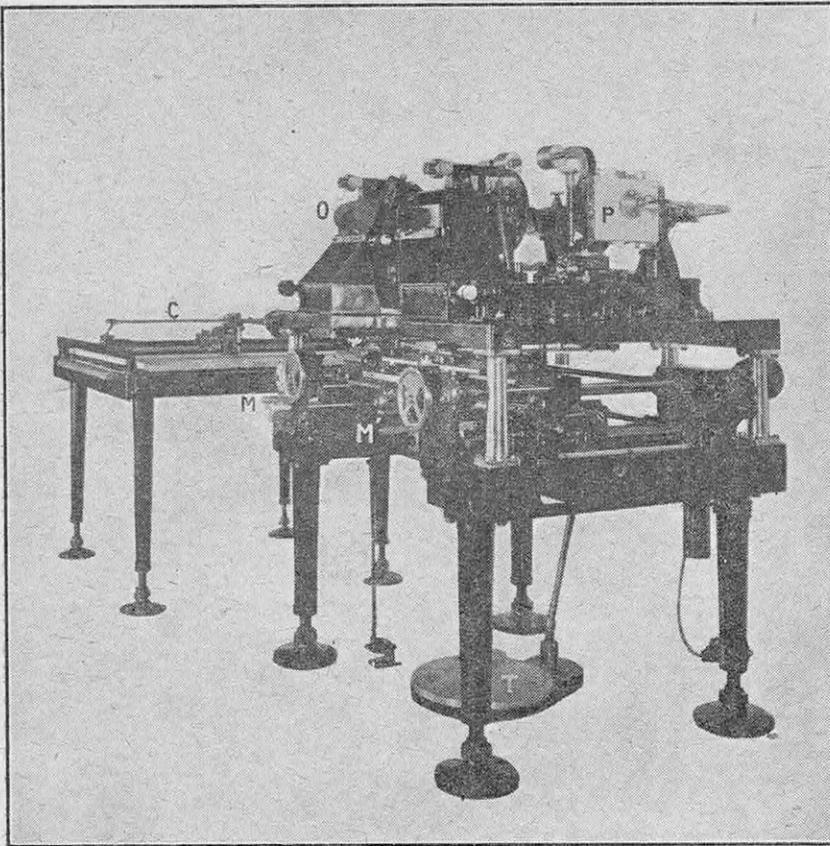
*La lanterne L projette le cliché sur l'écran mobile autour de l'axe A A' et qui peut recevoir, en outre, des orientations variées. Ainsi se trouvent éliminées les erreurs introduites lors des prises de vues obliques. B, banc optique.*

que possible à celles qui ont servi à la prise de vues. Les clichés développés sont placés dans ces chambres et éclairés par une lampe électrique.

Un double système optique, qui aboutit aux oculaires *O*, permet d'examiner simultanément ces deux clichés.

L'opérateur perçoit, au centre du champ, un repère qui se déplace en profondeur au moyen d'un système approprié. Le contact stéréoscopique s'établit comme dans un télé-mètre monostatique ; la manœuvre s'opère au moyen d'un tambour *T*, manœuvré au pied.

Les manivelles *M* et *M'* déplacent les deux clichés dans le champ des oculaires suivant deux directions rectangulaires et permettent ainsi leur entière exploration.



(57 402)

FIG. 3. — APPAREIL DE RESTITUTION DE M. POIVILLIERS

*C'est un appareil de restitution stéréoscopique permettant l'observation simultanée de deux clichés. La carte du terrain relevé est dessinée sur la table C. O, oculaire; P, chambre photographique; M et M', manivelles pour l'exploration des clichés; T, tambour manœuvré au pied.*

Les mouvements des manivelles  $M$  et  $M'$  et du tambour  $T$  sont transmis au coordinatographe  $C$ , qui permet de déterminer sur le plan l'emplacement et la cote du point considéré.

### Restitution par scintillement

On peut mettre en œuvre une méthode un peu différente assez improprement qualifiée de restitution par scintillement, à cause, sans doute, de son emploi initial dans l'astronomie de position.

Si nous fixons un point déterminé, tous les objets qui se trouvent plus éloignés ou plus rapprochés que le point visé, donnent lieu à des images doubles. Bien des personnes ignorent l'existence de cette duplication : si nous n'en sommes pas incommodés, cela tient à ce que les images qui se forment sur la rétine en dehors de la fovéa, donnent lieu à une définition moins exacte.

Nous avons rappelé cette particularité de la vision binoculaire, car elle n'est pas sans

analogie avec ce que nous observons dans la méthode du scintillement.

Supposons deux chambres photographiques  $C$ ,  $C'$  (fig. 4) dirigées vers le sol et considérons un point  $P$  commun aux deux clichés. Servons-nous ensuite des deux chambres photographiques comme d'appareils de projection qui formeront sur un écran horizontal les deux images provenant des deux clichés.

Quand l'écran occupera la position  $E$ , les deux représentations du point  $P$  seront confondues; au contraire, pour des positions telles que  $E'$  ou  $E''$ , nous aurons, du point  $P$ , des images doubles.

Pour fixer l'emplacement exact de ce point, nous dé-

placerons en hauteur un écran horizontal jusqu'au moment où les images provenant

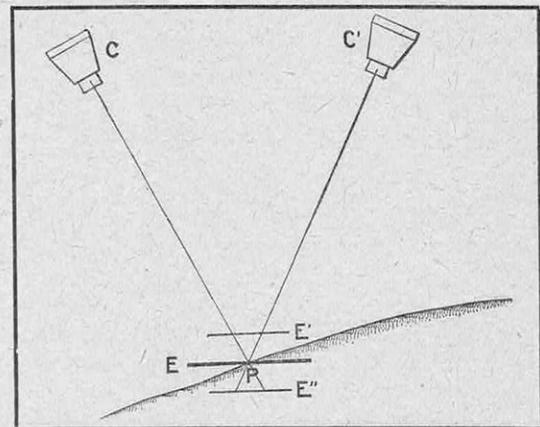


FIG. 4. — PRINCIPE DE LA RESTITUTION PAR SCINTILLEMENT

*Le point  $P$  apparaît avec netteté sur l'écran  $E$ , car les images données par les chambres  $C$  et  $C'$  sont confondues. En  $E'$  et  $E''$ , il apparaît des images doubles.*

des deux clichés seront confondues.

Le point *P* sera déterminé d'une façon précise, et, de plus, la position de l'écran donnera l'altitude du point *P* au-dessus d'un plan origine.

La restitution s'opère, bien entendu, à échelle réduite, celle-ci étant déterminée par la distance des points *O*, *O'*.

Il s'agit donc de déterminer avec précision l'instant où coïncident les deux images du même point provenant des deux clichés.

On peut, sans doute, en projetant simultanément ces deux images, déplacer l'écran jusqu'à ce qu'elles paraissent confondues ; mais le contour de chacune d'elles n'est pas toujours assez net pour permettre une localisation exacte.

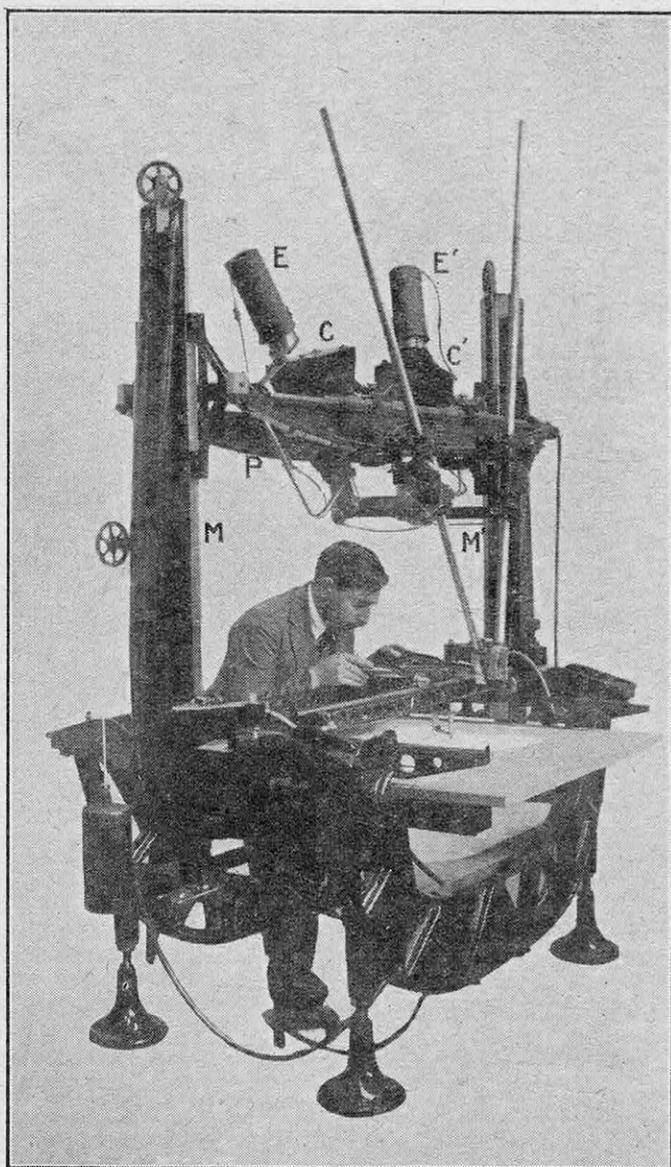
La méthode du scintillement s'est, au contraire, révélée très précise, en particulier dans les mesures astronomiques. Voici en quoi elle consiste : projetons alternativement sur l'écran l'image de chacun des deux clichés à la cadence d'une demi-seconde environ et fixons le point que nous voulons identifier ; tant que les deux images fournies par les deux clichés ne seront pas superposées, le déplacement provenant du passage de l'une à l'autre image donne une sensation de « scintillement », qui disparaît précisément au moment de la coïncidence. C'est ainsi qu'un déplacement relatif de  $1/50^e$  de mm est aisément perceptible à l'œil nu.

Cette méthode, préconisée par Gasser, a été utilisée en Italie par M. Nistri et a permis la création par M. R. Ferber, en 1927, d'un appareil remarquablement simple, qu'il a depuis lors constamment perfectionné.

Il matérialise en quelque sorte, à l'échelle de la carte, l'ensemble formé par les deux appareils photographiques et par le territoire qu'il s'agit de reproduire.

Les chambres photographiques *C*, *C'* (fig. 5) sont complétées par des systèmes éclairants *E*, *E'*. Elles sont portées par le double pont *P* mobile le long des montants *M*, *M'*.

Les deux chambres projettent tour à tour,



(57 403)

FIG. 5. — APPAREIL DE RESTITUTION FERBER POUR TRACÉ GRAPHIQUE

Chaque chambre telle que *C* est portée par un pont mobile *P* et éclairée par *E*. Les deux chambres sont illuminées à tour de rôle, ce qui permet à l'opérateur de tracer directement les courbes de niveau successives en faisant varier la hauteur de la table.

sur un écran horizontal, les images de chacun des deux clichés ; à cet effet, les lampes placées en *E* et *E'* s'allument et s'éteignent alternativement.

L'opérateur, qui détermine les ordonnées des divers points, annihile leurs déplacements apparents par un mouvement vertical de l'écran mobile au moyen d'une transmission commandée au pied.

Chaque pointé est transmis à la carte dis-

posée immédiatement en dessous de cet écran.

Devant chacun des objectifs des deux chambres, est disposé un système optique qui a pour but de donner sur l'écran des images nettes des clichés, alors que la chambre photographique est réglée pour opérer à longue distance et que ce réglage ne doit pas être modifié.

En suivant les points d'intersection des rayons relatifs à un même accident du sol, on reconstitue matériellement un plan en

avant : sachant que la position de l'écran est invariable tant que l'on suit une courbe de niveau déterminée, nous pouvons, en un point d'une telle courbe, découper dans un cache une fenêtre rectangulaire qui soit tangente à la ligne de niveau. Si la fenêtre est suffisamment petite, on peut admettre que, dans toute son étendue, l'altitude est invariable et, par suite, que la représentation est correcte. Sous cette fenêtre, un papier sensible pourra être directement



(57 404)

FIG. 6. — PLAN PHOTOGRAPHIQUE RESTITUÉ PAR LA MÉTHODE DU SCINTILLEMENT

relief du territoire survolé. En fait, ce n'est pas le but qu'on se propose habituellement, mais on trace, par simple déplacement vertical du plan de la figure, les lignes de niveaux avec leurs cotes respectives.

Nous devons maintenant, à partir des images données par ces deux clichés, dessiner, dans le voisinage immédiat des points repérés, les divers accidents du terrain. Or, on dispose précisément de l'image photographique exacte des environs qui entourent chacun des points identifiés par le scintillement.

Ne serait-il pas possible d'utiliser directement cette image en lui faisant impressionner un papier sensible ? M. Ferber y est parvenu par l'ingénieux dispositif sui-

impressionné : la photographie ainsi obtenue constituera un véritable plan topographique.

On fera donc défiler sous les chambres photographiques le papier sensible dans une direction aussi perpendiculaire que possible à la direction générale des lignes de niveau d'une zone déterminée. L'opérateur devra, pendant ce temps, orienter la fenêtre rectangulaire de façon à la maintenir tangente aux lignes de niveau, tout en maintenant, par le moyen du scintillement, le papier sensible à l'altitude correspondante.

La fenêtre sera automatiquement réglée pour que sa largeur effective, mesurée dans le sens de son déplacement, ne varie que dans d'étroites limites. Son mouvement de translation étant uniforme, le papier sen-

sible sera impressionné en tous ses points, de façon presque égale.

C'est avec un tel dispositif qu'a été obtenu le plan reproduit sur la figure 6 et qui est, en fait, une photographie. Les lignes horizontales équidistantes correspondent aux bandes successives découpées par la fente orientable dans ses courses parallèles.

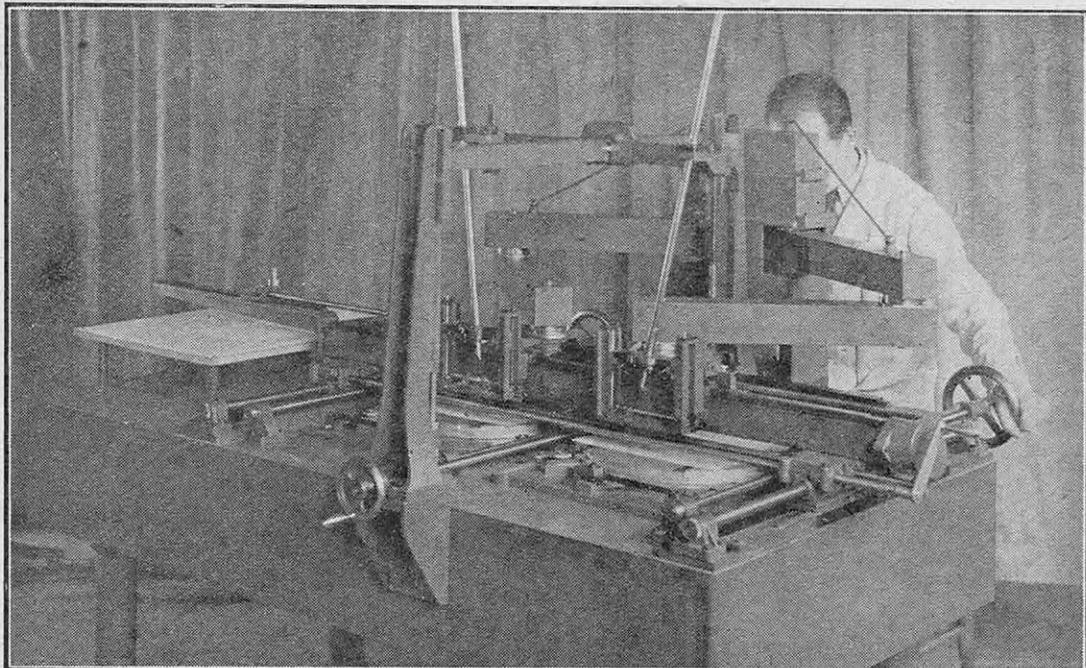
Enfin, une troisième méthode consiste à utiliser deux clichés redressés et à déterminer l'altimétrie par la méthode stéréoscopique. Citons, parmi les solutions intéres-

divers éléments optiques, afin que l'échelle des quatre épreuves soit la même.

### Exécution d'un relevé photogrammétrique

Entre les deux prises de vue l'avion parcourt une distance qui constitue la base du couple stéréoscopique; cette distance est généralement comprise entre un et deux tiers de l'altitude à laquelle il évolue.

Le pilote vole aussi horizontalement que possible et suivant une direction rectiligne.



(54 405)

FIG. 7. — APPAREIL DE RESTITUTION STÉRÉOSCOPIQUE DE M. MARCEL CHRÉTIEN

santes de ce problème, celle qu'a réalisée M. Marcel Chrétien dans l'appareil reproduit sur la figure 7, qui lui a permis d'exécuter d'excellents relevés.

Depuis que la photogrammétrie est entrée dans la pratique courante, on s'attache à augmenter la rapidité des opérations.

On a donc cherché à photographier l'aire la plus grande possible.

Il est venu à l'esprit de grouper plusieurs chambres opérant simultanément, d'où l'appareil reproduit sur la figure 8, qui montre quatre appareils de 20 cm de focale conjugués de telle façon qu'ils enregistrent d'un même coup quatre zones jointives donnant, au total, une épreuve de 36 cm de côté.

Dans de tels appareils, bien entendu, il doit y avoir identité complète entre les

Un mouvement d'horlogerie déclenche les prises de vue d'une série de couples photographiques  $C_1, C_2...$  (fig. 9) à des intervalles de temps calculés de telle façon que les clichés restitués se recouvrent partiellement en  $R, R'...$

Les parties communes aux couples successif serviront au repérage des clichés et à la fixation de l'échelle. Pour chacun de ces couples, la distance relative et l'orientation des chambres photographiques devront être correctement reproduites dans l'appareil de restitution.

Ces diverses opérations, qui doivent être faites avec grand soin, sont sans doute assez longues, mais elles permettent néanmoins d'établir une carte suffisamment exacte dans un délai très inférieur à celui que nécessiterait le relevé du sol par la topographie ter-

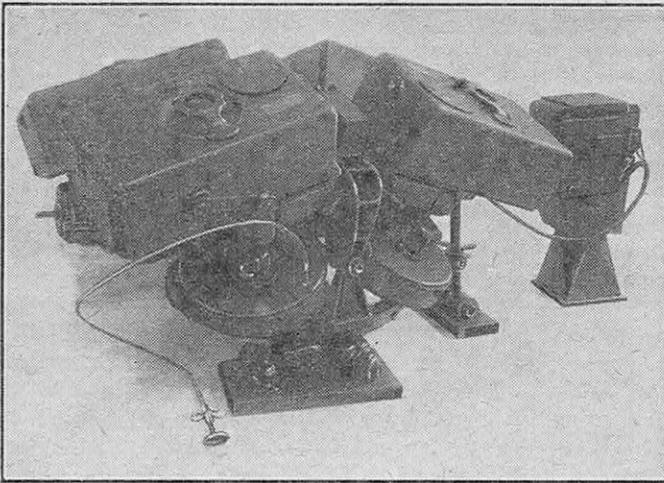


FIG. 8. — APPAREIL DE PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE A QUATRE CORPS (57 400)

*Cet appareil de 20 cm de foyer permet de photographier au sol un carré dont le côté mesure presque le double de l'altitude de l'avion.*

reste : le gain de temps est d'autant plus sensible que l'échelle de la carte demandée est plus petite. L'échelle de la nouvelle carte de la France est de 1/25 000 ; le temps nécessaire à son établissement sera sans doute dix fois moins long que par les procédés classiques de la topographie terrestre.

Si la cartographie s'est trouvée, au cours des dernières années, constituer l'application principale de la photogrammétrie, elle n'en est pourtant pas la seule. On s'adresse à une restitution photographique chaque fois que l'on peut prendre deux clichés de points de vue différents et que l'on veut reconstituer dans l'espace les éléments d'un volume déterminé. C'est ainsi que deux épreuves obtenues par rayons X permettent de localiser dans le corps humain une lésion ou un corps étranger. C'est grâce à des photographies aériennes prises avant la guerre de 1914 que M. Deneux a pu reconstituer, dans ses moindres détails, l'architecture de la cathédrale de Reims.

En fait, chaque fois que la stéréoscopie nous donne une sensation de relief, la photogrammétrie nous permet de déterminer les trois coordonnées des divers points considérés.

### Précision des relevés photogrammétriques

La méthode stéréoscopique et celle du scintillement ont chacune

leurs avantages, qui, d'ailleurs, correspondent sensiblement à ceux qui ont été notés à propos des deux méthodes de la téléométrie monostatique.

La restitution stéréoscopique demande un certain entraînement de la part de l'opérateur, mais permet, par contre, de déterminer l'altitude d'un point dans une zone qui ne présente pas d'accidents très nets, une plaine ondulée, par exemple.

Par contre, la méthode du scintillement peut s'appliquer même en vision monoculaire. Elle a permis d'obtenir des appareils de restitution remarquablement simples.

Les précisions devraient être, dans les deux cas, du même ordre ; elles dépendent, pour une part, de l'adresse de l'opérateur.

D'ailleurs, la photogrammétrie doit son exactitude, tant aux qualités de l'appareil de restitution, qu'à celles de l'objectif, de la chambre et de la plaque sensible. Les plus récents progrès de la photographie contribuent donc à perfectionner la cartographie aérienne. On leur doit une meilleure définition de l'objectif sur toute l'étendue de la plaque, une manœuvre plus sûre de l'obturateur ainsi qu'une finesse accrue de l'émulsion.

Un surcroît de précision exige également une lutte corrélative contre les déformations infinitésimales des matériaux. C'est ainsi que l'émulsion recouvrant la plaque photo-

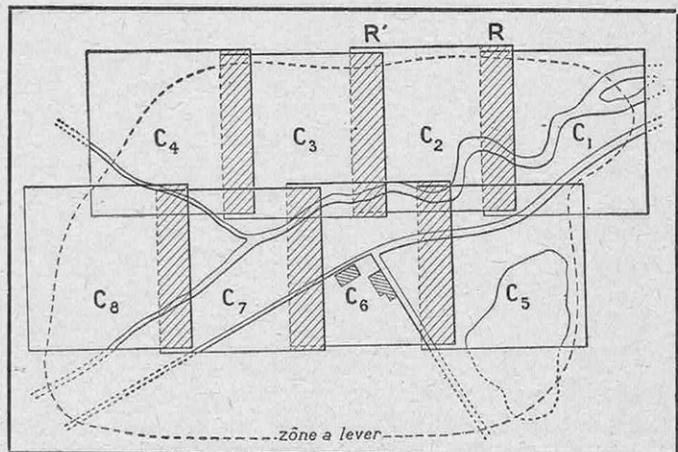


FIG. 9. — PRINCIPE DE L'EXÉCUTION D'UN RELEVÉ TOPOGRAPHIQUE PAR LA PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE

*Les couples de clichés successifs doivent se recouvrir partiellement en R, R', etc.*

graphique peut nuire à la planéité du verre qui la supporte, suivant qu'elle se dilate ou rétrécit. En France, on recourt depuis peu à l'artifice de recouvrir les deux faces du verre avec des émulsions aussi identiques que possible quant à leurs actions mécaniques, celle de la face postérieure devant, bien entendu, conserver sa transparence. La plaque ainsi traitée se trouve comprimée ou distendue dans son plan, mais cesse de se courber comme un bilame.

Par contre, les effets des très basses températures, où fonctionnent parfois les chambres photographiques, n'ont pas été suffisamment combattus. Sans doute pourrait-on réchauffer ces appareils, mais voilà qui exigerait une protection antérieure de l'objectif, lequel doit baigner dans un milieu sensiblement isotherme.

Toutefois, les précisions actuellement ob-

tenues sont déjà remarquables, et, en fait, satisfaisantes dans la majorité des cas. Des photographies prises à 6 000 m d'altitude permettent de situer un point avec une erreur inférieure à 1 m, et ceci non seulement dans le plan horizontal, mais aussi dans le sens vertical par rapport à une origine déterminée.

Depuis moins d'un siècle qu'elle fut créée en France, la photogrammétrie semble donc être parvenue au point de perfection qui la désigne comme l'instrument par excellence de la cartographie future. Sans doute doit-elle ce privilège à l'apport imprévisible de l'aviation ; mais c'est, en somme, l'œuvre de Laussedat que les circonstances ont amplifiée, livrée aux recherches mondiales, dont nos techniciens ont assuré une assez large part pour les mettre, une fois de plus, à l'honneur.

ARMAND DE GRAMONT.

La génétique, ou science de l'hérédité, explique la transmission des caractères héréditaires et leurs combinaisons dans les produits des croisements par les lois de Mendel (1), qui ont trouvé, auprès des sélectionneurs d'espèces animales (2) et végétales (3), un vaste champ d'applications pratiques. D'après la théorie chromosomique aujourd'hui en honneur, les facteurs déterminant ces caractères héréditaires ont leur siège dans certains éléments appelés gènes, invisibles (sauf exception) même au microscope et répartis sur les chromosomes, eux-mêmes contenus dans les noyaux des cellules reproductrices. Les modifications apportées expérimentalement, par l'action, par exemple, de la température, de certains composés chimiques ou de radiations appropriées, tant dans la distribution des gènes sur les chromosomes que dans la composition des gènes eux-mêmes, ont permis de réaliser au laboratoire ce que les biologistes nomment des « mutations ». Il s'agit de l'apparition de variétés ou d'espèces nouvelles ayant des caractères distincts de ceux de leurs ascendants et qui se conservent chez les descendants. Dans une communication à la Société Française des électriciens, M. J. P. Lamarque, professeur à la Faculté de Médecine de Montpellier a exposé les résultats obtenus au laboratoire par l'action des rayons X et des rayons  $\gamma$  du radium. On sait que la mouche du vinaigre, ou « drosophile », constitue le matériel de choix pour ces recherches, notamment en Amérique (travaux de Morgan (3) d'une part, parce qu'elle possède, dans ses glandes salivaires, des cellules à chromosomes géants permettant l'observation directe des gènes, et, d'autre part, parce que sa vie est très brève, de sorte que plusieurs centaines de générations successives de cette espèce ont pu être étudiées jusqu'à ce jour. M. Lamarque a montré que le mécanisme intime de l'action des radiations sur les gènes est encore mal connu. Selon certains, l'énergie absorbée provoquerait la formation de substances agissant chimiquement : c'est la théorie du « poison ». Pour d'autres, dans chaque cellule existerait un point sensible que le projectile, provoquant la mutation, devrait atteindre : c'est la théorie de la « cible ». Toutes ces recherches concernant le mécanisme d'action des radiations sur la matière vivante doivent fournir de précieuses indications pratiques permettant de fonder sur des bases rationnelles le traitement clinique de certaines maladies et, en particulier, du cancer (4).

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 221, page 359. (2) Voir *La Science et la Vie*, n° 245, page 373. (3) Voir *La Science et la Vie*, n° 260, page 108. (4) Voir *La Science et la Vie*, n° 263, page 398.

# MITRAILLEUSES ET CANONS A BORD DES AVIONS DE COMBAT MODERNES

Par Victor RENIGER

*Dans un combat aérien, les avions modernes, surtout les avions de chasse, du fait de leur vitesse élevée, ne se trouvent à distance convenable et en position de tir efficace que pendant un temps très court, de l'ordre de quelques secondes au maximum. Pour accroître, dans ces conditions, la probabilité d'atteindre l'adversaire, il a été nécessaire de doter les appareils de combat d'armes automatiques à grand débit, tirant des projectiles à effet destructif considérable. C'est ainsi que les obus à fusée extra-sensible que lancent les canons d'avions actuels sont capables d'assurer la mise hors de combat de l'adversaire après un seul impact, même si la partie touchée n'est ni le moteur, ni l'hélice, ni le pilote. Cet accroissement de l'efficacité du projectile entraîne, par compensation, non seulement une diminution appréciable de la cadence de tir, mais aussi des sujétions nouvelles quant à la disposition de l'armement, compte tenu de son poids et de l'effet de recul de l'arme qui augmente avec la vitesse initiale et le poids du projectile. A bord d'un multiplace de combat moderne, l'armement en mitrailleuses légères vient compléter et renforcer les armes automatiques de plus gros calibre, en battant tous les angles morts par où l'ennemi pourrait conduire ses attaques avec chance de succès.*

**A**LORS qu'il y a une dizaine d'années, les avions n'étaient armés que de mitrailleuses de petit calibre, de 7,5 à 11 mm, tirant des balles pleines, les avions modernes sont de plus en plus équipés d'armes automatiques lourdes, de 13 mm à 25 mm, voire 37 mm, tirant des projectiles explosifs à fusées percutantes extra-sensibles.

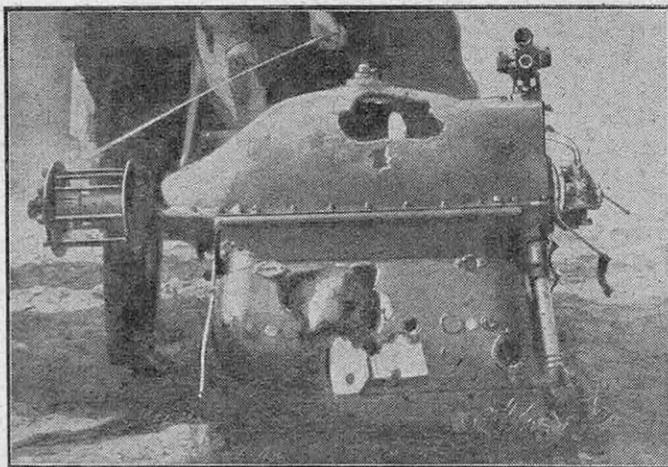
Les balles pleines de petit calibre, tirées sur un appareil ennemi, ne sont, en effet, efficaces que lorsqu'elles touchent le personnel ou une partie vitale de l'avion, telle que le moteur, l'hélice, etc. Les trous qu'elles peuvent faire dans le revêtement des ailes et de la carlingue sont pratiquement sans danger. Or le contour apparent des parties vitales d'un avion ne couvre qu'une fraction très réduite, de l'ordre de 2,5 %, du contour apparent total, de sorte que la probabilité de mise hors de

combat est faible; de plus, la vitesse des projectiles de petit calibre diminue assez rapidement le long de la trajectoire, et leur force vive (qui n'est déjà pas grande à cause de la faible masse de ces projectiles), devient rapidement insuffisante pour détériorer les parties vitales un peu résistantes. C'est pourquoi la distance maximum de tir efficace à balle pleine entre avions n'est que de l'ordre de 200 m.

Les projectiles explosifs, surtout ceux dont le calibre est égal et supérieur à 20 mm, sont, au contraire, efficaces même lorsqu'ils touchent seulement le revêtement de l'avion.

La figure 1 montre l'effet d'un projectile explosif de 20 mm Madsen sur un moteur d'avion.

La figure 2 montre l'effet d'un projectile explosif Oerlikon, de 20 mm, sur une aile métallique. Le trou d'entrée (au fond) n'a que 70 mm de diamètre; mais, à la sortie, sous l'effet



(71 607)

FIG. 1. — EFFET D'UN OBUS EXPLOSIF MADSEN DE 20 MM SUR UN MOTEUR D'AVION (D'APRÈS « ARMAT »)

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 274, page 401.

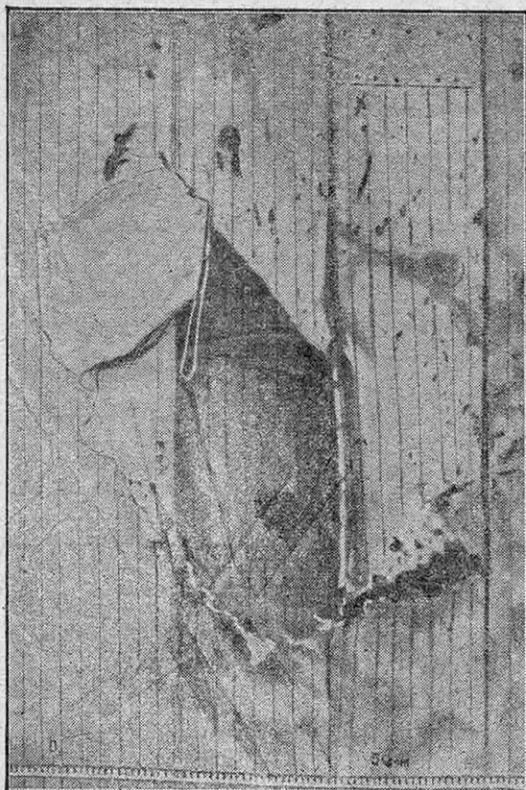


FIG. 2. — EFFET D'UN PROJECTILE EXPLOSIF DE 20 MM OERLIKON SUR UNE AILE MÉTALLIQUE  
 Au second plan l'orifice d'entrée du projectile, et au premier plan l'orifice de sortie. Le projectile Oerlikon, de 20 mm, pèse 130 g, dont 10 g d'explosif.

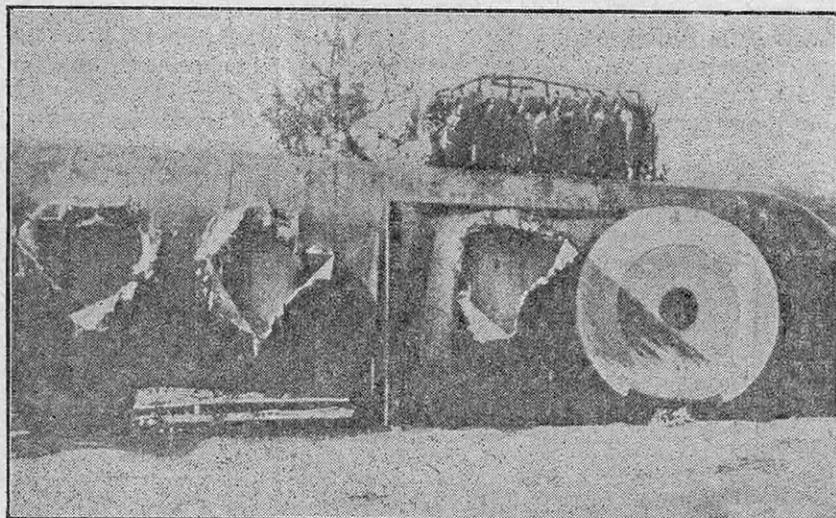


FIG. 3. — QUELQUES ESSAIS MONTRANT L'EFFET D'UN PROJECTILE MADSEN DE 20 MM (A GAUCHE) ET D'UN PROJECTILE DE 25 MM (A DROITE), SUR UNE AILE D'AVION ENTOILÉE (D'APRÈS « ARMAT »)  
 On voit ici aussi, au second plan, l'orifice d'entrée de l'obus. Le passage à travers la toile suffit à déclencher la fusée extra-sensible et à provoquer l'éclatement de l'obus. Le projectile explosif de 20 mm pèse 112 g, dont 9 g d'explosif.

combiné du souffle et de la gerbe d'éclats, la tôle a été arrachée sur  $260^{\text{mm}} \times 600^{\text{mm}}$  et a été criblée, de plus, par de nombreux éclats tout autour de l'orifice de sortie.

La figure 3 montre l'effet d'un projectile Madsen de 20 mm, sur une aile entoilée. Le trou, à la sortie, mesure environ  $450^{\text{mm}} \times 500^{\text{mm}}$ .

Une ouverture de cette importance est de nature à altérer sensiblement les qualités de vol d'un avion de

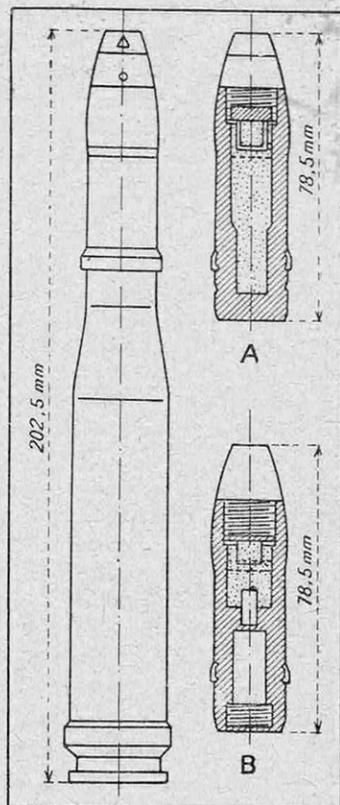


FIG. 4. — CARTOUCHE A PROJECTILE EXPLOSIF ET COUPE DU PROJECTILE DE 20 MM DE LA MANUFACTURE D'ARMES DE SOLEURE (SUISSE)

Le poids du projectile est de 132 g et il est conçu de telle manière qu'après éclatement aucun des éclats ne dépasse 5 g. La coupe A correspond au projectile normal et la coupe B au projectile traceur. Pour ce dernier, la charge explosive est sensiblement plus faible, de manière à loger la composition traceuse dont la durée de combustion est d'environ 4,5 à 5 secondes.

chasse; le vent qui s'y engouffrera, surtout aux vitesses actuelles des avions, arrachera les parties de revêtement voisines et l'avion sera obligé d'in-

terrompre sa mission. Plusieurs impacts de ce genre, sur un gros bombardier, produiront un résultat analogue.

Comme c'est la surface totale de l'avion qui constitue la cible efficace pour les projectiles explosifs, la probabilité d'atteinte est beaucoup plus grande que dans le cas des balles pleines, et la distance maximum de tir efficace entre avions peut être ainsi portée à 800 m.

La figure 4 représente une cartouche complète à projectile explosif de 20 mm Soleure et son projectile en coupe.

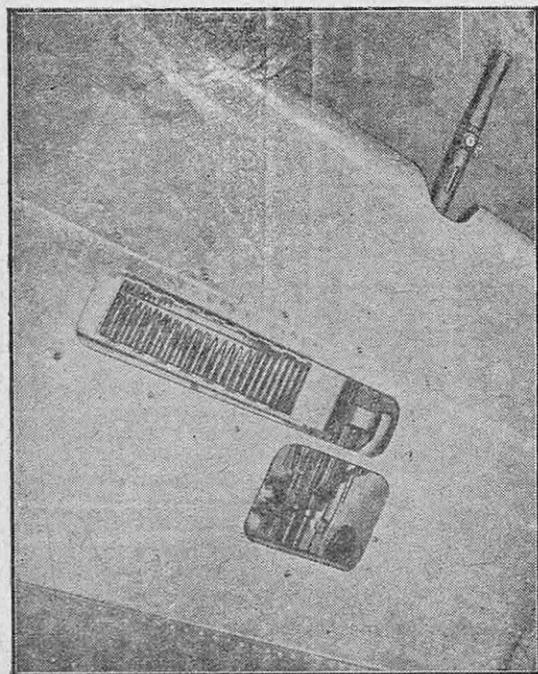
Les mitrailleuses de petits calibres, tirant les balles pleines, rachètent, dans une certaine mesure, leur infériorité par rapport aux mitrailleuses lourdes ou canons automatiques par plusieurs avantages.

D'abord leur cadence de tir est nettement plus élevée : 800 à 1 200 coups/mn, contre 280 à 500 coups/mn pour le canon de 20 mm ; 180 coups/mn environ



(74 353)

FIG. 6. — UNE MITRAILLEUSE LEWIS SUR TOURELLE A BORD D'UN AVION D'ENTRAÎNEMENT DE LA FLEET AIR ARM (AVIATION NAVALE ANGLAISE)



(71 608)

FIG. 5. — MITRAILLEUSE D'AILE MADSEN DE 7,9 MM (1 000 A 1 200 COUPS PAR MINUTE) L'ouverture des panneaux permet de vérifier le mécanisme et de remplacer les munitions (« Armat »).

pour le 25 mm ; 120-140 coups/mn pour le 37 mm. D'autre part, leur faible poids, de l'ordre de 9 à 12 kg, contre 52 kg pour le canon Madsen de 23 mm, par exemple, permet d'en emporter plusieurs à la place d'une seule mitrailleuse lourde, ce qui accroît d'autant la cadence globale du tir et autorise, en outre, la concentration du feu de plusieurs de ces armes à grand débit sur un même but.

Les munitions des mitrailleuses légères sont également beaucoup plus légères : 28 g pour la cartouche de 7,5 mm contre 250 à 300 g pour la cartouche de 20 mm et 600 à 700 g pour la cartouche de 25 mm, de sorte qu'on peut en emporter une provision beaucoup plus grande.

Enfin, la faible réaction au départ du coup permet de monter ces mitrailleuses dans des tourelles ayant un champ de tir très étendu, alors que les mitrailleuses lourdes, au recul puissant, sont généralement fixes et leur pointage est effectué avec l'avion lui-même utilisé comme affût.

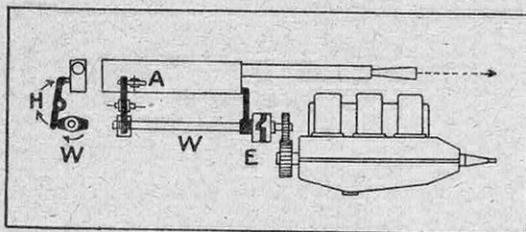


FIG. 7. — SCHEMA DE MONTAGE D'UNE MITRAILLEUSE COMMANDÉE PAR LE MOTEUR ET TIRANT A TRAVERS L'HÉLICE

Le moteur entraîne l'arbre W qui, par l'intermédiaire du levier H, actionne la détente de l'arme A. Sur l'arbre W est calée une came dans une position telle que la balle soit tirée dans l'intervalle entre deux pales d'hélice. Ce mécanisme ne fonctionne que lorsque la mitrailleuse est armée, ce qui provoque la mise en prise de l'embrayage E.

### La charge des balles explosives

La charge explosive représente entre 8 et 10 % du poids total des projectiles, soit 10 g environ pour un projectile de 20 mm pesant 120 g, 15 à 25 g pour un projectile de 25 mm de 250 g environ.

Elle est constituée par des explosifs nitrés, choisis parmi les plus puissants, tassés direc-

tement dans le corps du projectile ou introduits sous forme de pains comprimés. La compression se fait à un taux suffisant pour éviter l'avalement (1) de l'explosif au départ du coup ; ce taux est compris entre 1 000 et 2 000 kg/cm<sup>2</sup>.

On emploie couramment le tétryl, l'hexogène et la pentrite ou les mélanges de ces explosifs avec la tolite — l'explosif usuel pour le chargement des projectiles d'artillerie (2).

Le tableau I montre les caractéristiques principales de ces divers explosifs et

	Tétryl	Hexogène	Pentrite	Tolite
Chaleur d'explosion (cal/kg)	1 090	1 390	1 403	950
Vitesse de détonation (m/s)	7 200	8 380	8 400	6 700
Cavité formée dans un bloc de plomb par l'explosion d'une charge de 10 g (cm <sup>3</sup> )	340	450	470	260

TABLEAU I. — LES CARACTÉRISTIQUES DES PRINCIPAUX EXPLOSIFS UTILISÉS POUR LES PROJECTILES DES CANONS AUTOMATIQUES D'AVIONS

fait ressortir leur supériorité sur la tolite.

Pour faciliter le réglage du tir, les projectiles explosifs sont munis (comme les balles pleines) de traceurs de culot, à raison

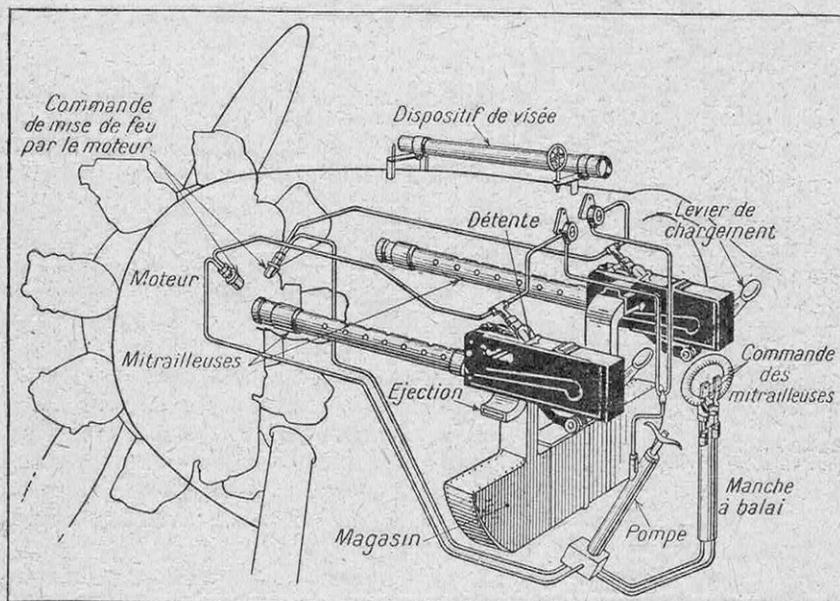


FIG. 8. — AUTRE DISPOSITIF POUR LE TIR A TRAVERS L'HÉLICE AVEC COMMANDE HYDRAULIQUE

Le pilote commande le fonctionnement des mitrailleuses Vickers, disposées sous le capot, grâce à deux petits leviers placés sur la manche à balai même. La détente est assurée en temps voulu par une came entraînée par le moteur (d'après Flight).

(1) L'avalement de l'explosif au départ du coup est son tassement sous l'effet de l'inertie. La pression maximum apparaît dans la couche inférieure et, pour éviter le tassement, il faut que la compression préalable, lors du chargement, soit supérieure à cette pression.

(2) La tolite ou trinitrotoluène — C, H<sub>5</sub> (NO<sub>2</sub>)<sub>3</sub> — est un explosif nitré fabriqué à partir du toluène (extrait des huiles légères des goudrons de houille ou de certains pétroles), de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique.

Le tétryl ou tétrani-trométhylaniline — C<sub>6</sub>H<sub>2</sub>(NO<sub>2</sub>)<sub>4</sub>(NCH<sub>3</sub>NO<sub>2</sub>) — est un explosif nitré fabriqué à partir de la méthylaniline, de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique. La méthylaniline s'obtient en partant du sulfate

de un pour 3 ou 4 projectiles, permettant de rendre visible la trajectoire; on peut ainsi la diriger sur le but comme on dirige un jet d'eau.

De plus, dans le but d'éviter le danger de chute sur les troupes amies des projectiles qui ont manqué leur but, on provoque leur destruction en l'air, soit en fin de combustion du traceur, soit par la fusée même. Celle-ci comporte à cet effet un mécanisme de destruction dont le fonctionnement se fait, soit par un retard pyrotechnique allumé au départ du coup, soit mécaniquement sous l'effet du ralentissement de la giration du projectile qui se produit régulièrement le long de sa trajectoire.

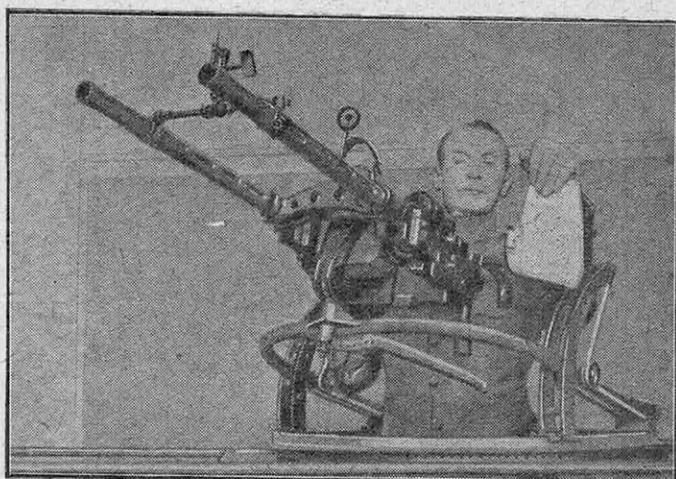
### Le montage des mitrailleuses et des canons sur les avions

Les mitrailleuses de petits calibres, tirant des balles pleines, sont montées dans des tourelles (fig. 6), ou à poste fixe, soit dans les ailes (fig. 5), soit dans la carlingue. Dans les avions monomoteurs, les mitrailleuses de carlingue, montées à poste fixe, tirent à travers l'hélice et sont commandées par le moteur afin de synchroniser la cadence du tir et la vitesse de rotation de l'hélice, et

d'aniline (donc de la houille) et de l'alcool méthylique.

L'hexogène ou triméthylène trinitramine —  $C_3H_5N_3O_9$  — est un explosif nitré fabriqué à partir de l'aldéhyde formique (obtenu avec de la houille), de l'ammoniaque (pouvant être fabriqué avec de l'azote et de l'air et de l'acide nitrique).

Le pentrite ou tétranitrate pentaérytrite —  $C_5H_7N_5O_{14}$  — est un explosif nitré fabriqué à partir de l'aldéhyde formique (obtenu avec de l'alcool éthylique) et de l'acide nitrique.

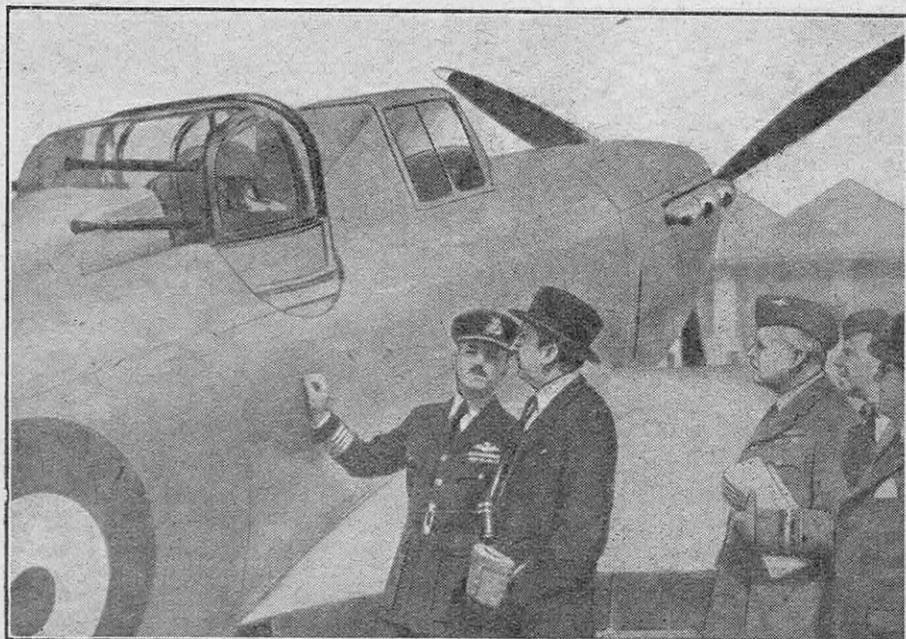


(71 610)

FIG. 9. — DEUX MITRAILLEUSES MADSEN DE 7,9 MM JUMELÉES DANS UNE TOURELLE. CADENCE DE TIR GLOBALE : 2 400 COUPS PAR MINUTE (D'APRÈS « ARMAT »),

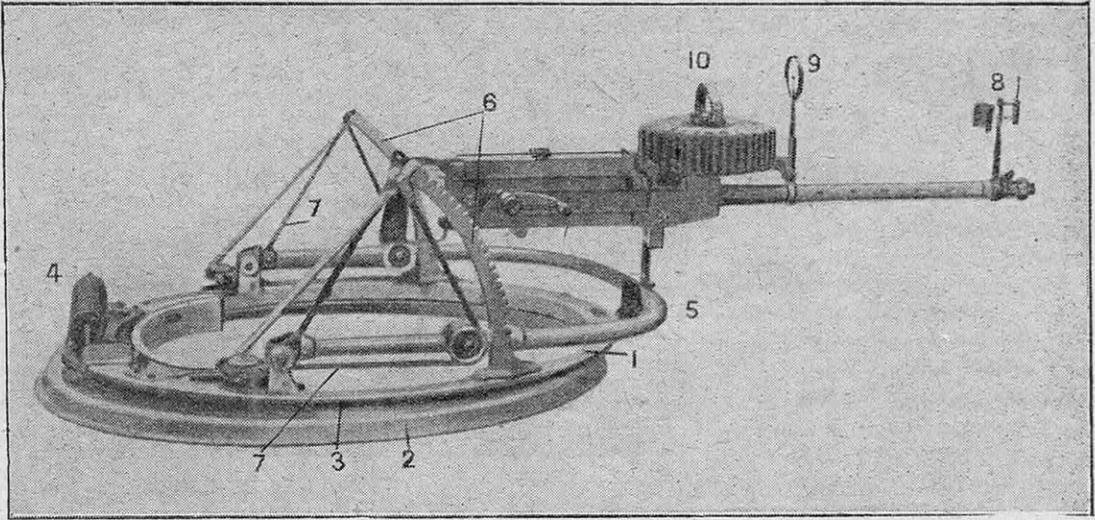
d'éviter la rencontre de la balle avec les pales.

Le montage est représenté schématiquement, figure 7. La détente  $A$  est commandée par le levier  $H$  dont le pivotement est assuré par une came solidaire de l'arbre  $W$ , entraîné par le moteur. L'embrayage de cet arbre avec le moteur ne se fait que lorsque la partie mobile de l'arme se trouve dans sa position avant, correspondant à la position armée. Afin de parer au danger de long feu, les parties exposées des pales sont blindées. Le pointage se fait avec l'avion.



(71 611)

FIG. 10. — LA TOURELLE QUADRUPLE DU NOUVEL AVION DE COMBAT BRITANNIQUE BOUTON AND PAUL « DEFIANT »



(71 609)

FIG. 11. — MITRAILLEUSE VICKERS DE 7,9 MM MONTÉE SUR TOURELLE

1, anneau ; 2, chemin de roulement ; 3, roulement à rouleaux ; 4, ressort compensateur pour le tir latéral ; 5, support de l'arme ; 6, secteurs de hausse ; 7, câble de caoutchouc ; 8, girouette de visée ; 9, grille circulaire de visée ; 10, chargeur circulaire.

La figure 11 montre une mitrailleuse Vickers de 7,9 mm montée dans une tourelle du même constructeur. L'anneau tournant 1 est monté sur roulement à rouleaux 3. Le chemin de roulement 2 est fixé sur la carlingue. Les deux secteurs de hausse 6 permettent le pivotement de l'arc 5, supportant en son milieu l'arme dont le pointage en hauteur et en direction se fait à la main. Le poids de l'arme est équilibré par les câbles en caoutchouc 7 (dans d'autres constructions par des ressorts). La poussée latérale du vent, lors du tir oblique, est équilibrée par le ressort 4, combiné avec l'excentrement des anneaux 1 et 2. Les cartouches sont logées dans un magasin cylin-

drique placé horizontalement au-dessus de la culasse et contenant une centaine de cartouches en quatre rangées superposées en spirale. Le pointage se fait à l'aide d'une grille circulaire et d'une girouette (voir plus loin).

La figure 9 montre deux mitrailleuses

jumelées Madsen de 7,9 mm dans une tourelle; elles ont une cadence globale de tir de 2 400 coups/minute.

Les tourelles offrent l'avantage d'un champ de tir très étendu, ce qui facilite l'emploi de l'arme. La conception moderne des avions multiplaces de combat et de bombardement tend précisément à éviter, dans la mesure du possible, les espaces morts, c'est-à-dire ceux qui ne sont pas balayés par

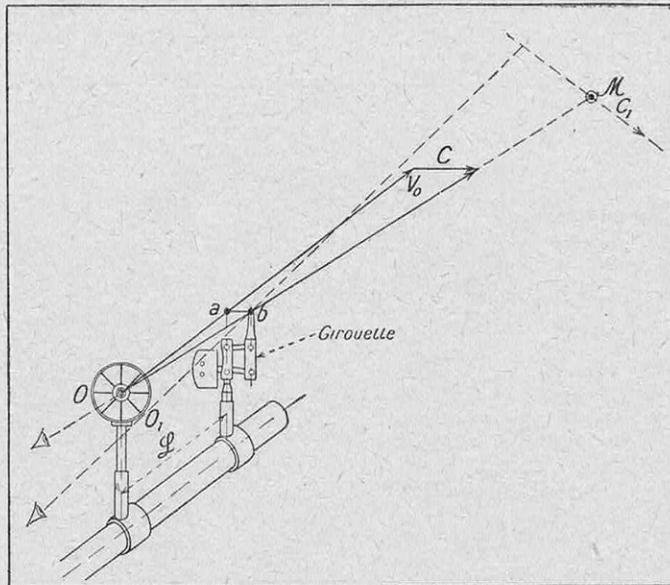


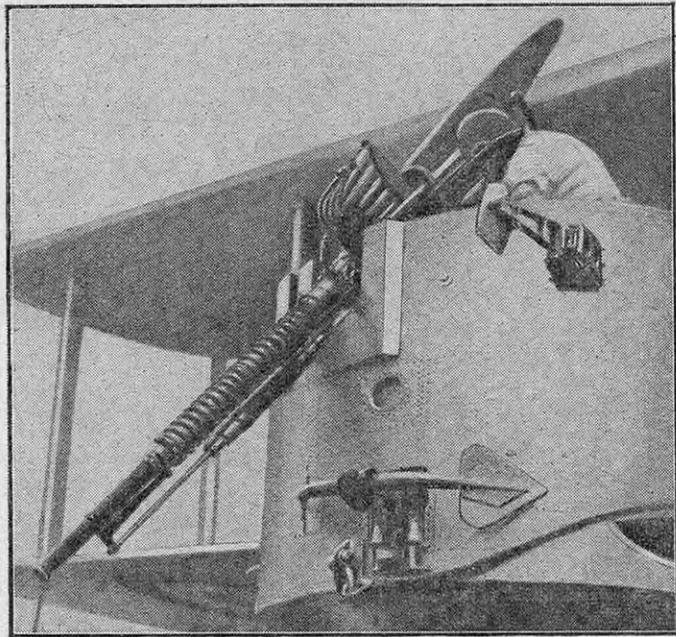
FIG. 12. — SCHÉMA DU DISPOSITIF POUR LE POINTAGE DES ARMES AUTOMATIQUES SUR TOURELLE A BORD DES AVIONS

La girouette s'oriente constamment dans le vent relatif, lors de la rotation de l'arme, le déplacement du point b permettant ainsi automatiquement de tenir compte de la vitesse propre du tireur. La grille circulaire corrige le pointage en tenant compte, dans une certaine mesure, de la vitesse du but (voir le texte).

le feu des armes automatiques. Ces zones offrent, en effet, autant de refuges à l'ennemi, qui peut ainsi se placer dans une position particulièrement avantageuse pour attaquer.

La figure 15 montre les angles balayés par les armes automatiques d'un bombardier allemand Heinkel 111 K, armé de trois mitrailleuses montées sur des tourelles.

Les mitrailleuses lourdes ou canons automatiques sont montés soit dans les ailes en dehors de la surface balayée par l'hélice, soit dans la carlingue, généralement à poste fixe. Dans les avions monomoteurs, le tir à travers l'hélice étant trop dangereux dans le cas des projectiles explosifs, le tube-canon traverse l'arbre creux de l'hélice, l'arme étant supportée par le moteur.



(71 613)

FIG. 14. — CANON DE 37 MM INSTALLÉ SUR UN HYDRAVION DE GROS TONNAGE (TYPE BLACKBURN PERTH)

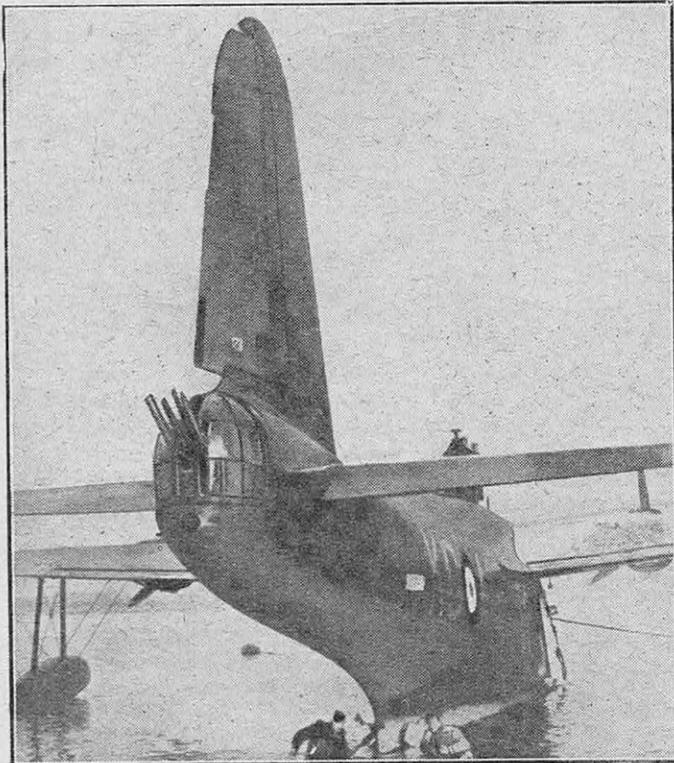
*Ce canon n'est pas destiné à lutter contre d'autres appareils volants mais bien à l'attaque des sous-marins.*

### Le tir avion contre avion

Lors du tir entre avions, il y a lieu de tenir compte à la fois de la vitesse de l'avion tireur et de celle du but. La figure 12 illustre schématiquement la méthode de pointage à grille circulaire et à girouette Vickers.

En admettant, pour commencer, le but  $M$  immobile, on comprend aisément que, pour le toucher en tirant d'un avion dont la vitesse est égale à  $C$ , il faut orienter l'axe du tube non pas sur le but, mais suivant une direction légèrement déviée, telle que  $Oa$ , de façon que la vitesse du projectile, résultant de la composition de la vitesse initiale  $V_0$  et de la vitesse de l'avion  $C$ , soit dirigée sur le but, c'est-à-dire suivant  $OM$ . Pour y arriver, il suffit de décaler la pointe de mire  $b$  dans le sens de la vitesse  $C$ , d'une certaine quantité  $ab$  (1).

(1) Si  $L$  est la longueur de l'arme,  $ab$  est égal à  $\frac{LC}{V_0}$ .



(71 612)

FIG. 13. — LA TOURELLE ARRIÈRE QUADRUPLE DE L'HYDRAVION BRITANNIQUE SHORT « SUNDERLAND » DE RECONNAISSANCE CÔTIÈRE

*Ce gros quadrimoteur est armé, au total, de sept mitrailleuses, deux tirant latéralement, une à l'avant, sur tourelle, et quatre à l'arrière, également sur tourelle commandée mécaniquement.*

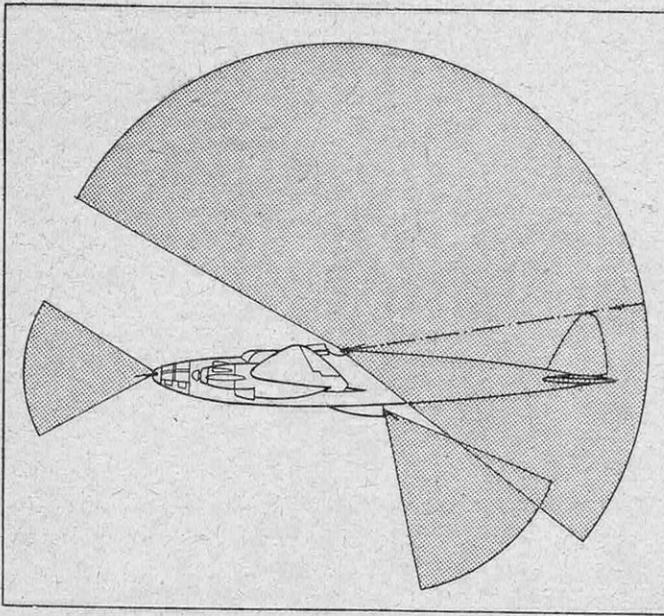


FIG. 15. — LES SECTEURS DE FEU D'UN BOMBARDIER ALLEMAND HEINKEL III K

Cet appareil est armé de trois mitrailleuses, l'une à l'avant du poste vitré, l'autre sur la tourelle supérieure, l'autre sur la tourelle inférieure.

On donne à  $ab$ , en pratique, une valeur constante calculée pour la vitesse moyenne de l'avion tireur.

Dans la girouette Vickers, l'orientation de  $ab$  dans le vent se fait automatiquement, grâce à un petit empennage.

Lorsque le but se déplace lui-même, suivant  $C_1$ , on pointe non pas par le centre de la grille, mais en alignant la pointe de mire de la girouette avec l'extrémité extérieure du rayon de la grille suivant lequel le but paraît s'éloigner du centre, dans l'exemple choisi suivant  $O, b$ .

En orientant le tube de façon que la ligne de mire  $O, b$  passe par  $M$ , on voit que le tir se fera en avant du but. Pendant que celui-ci se déplace, la ligne de mire pivote autour de  $b$ , puisque  $O_1$  a été choisi à l'extrémité du rayon suivant lequel le but paraît se déplacer. Ainsi l'avion pénètre à un moment donné dans la gerbe des balles. Il va de soi que la valeur absolue du rayon  $OO_1$  doit être choisie de façon à faire dévier le tube d'une quantité suffisante pour que, compte tenu de la durée de trajet des projectiles et de la vitesse du but, la gerbe passe à l'ouverture du feu en avant du but. Pour les tirs entre 50 et 200 m, avec une vitesse du but de 50 m/s, ce rayon est de l'ordre de 15 mm, avec une longueur  $L$  de la ligne de mire égale à 50 cm.

## La puissance des mitrailleuses et canons modernes pour avions

Les mitrailleuses et canons modernes développent, au moment du tir, une puissance spécifique considérable. Si on la compare à celle des meilleurs moteurs thermiques, on est surpris par l'importance des chiffres obtenus; connaissant la cadence de tir, le poids du projectile et la vitesse initiale, il est facile de calculer l'énergie cinétique contenue dans les projectiles tirés par seconde, énergie qui n'est autre chose que la puissance utile fournie par la mitrailleuse, tout à fait comparable, au point de vue énergétique, à la puissance fournie par un moteur. C'est ainsi que

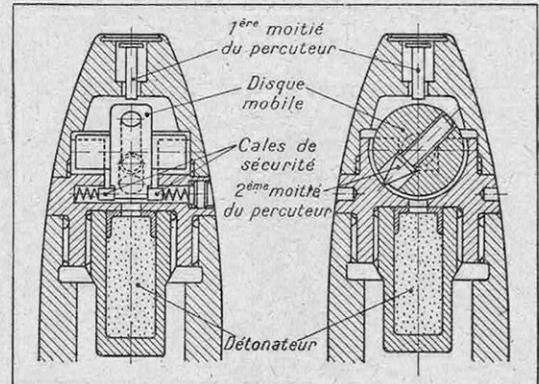


FIG. 16. — DEUX COUPES AXIALES DE LA PARTIE ANTÉRIEURE D'UN PROJECTILE EXPLOSIF POUR CANON D'AVION

Il est de la plus grande importance, dans le cas des canons automatiques sous tourelles orientables, que le projectile ne puisse éclater s'il vient à toucher, par accident, une partie de l'avion qui porte l'arme (ailes ou empennage de queue, par exemple). Le projectile ci-dessus (Oerlikon de 20 mm) comporte un mécanisme spécial qui n'autorise le fonctionnement de la fusée que lorsque le projectile a parcouru une vingtaine de mètres au sortir de la bouche du canon. A cet effet, le percuteur se compose de deux parties normalement séparées, la partie arrière étant logée dans un disque susceptible de tourner autour de son axe; ce mouvement est empêché au repos par deux cales maintenues par des ressorts et qui s'écartent après le départ du coup sous l'effet de la force centrifuge. A ce moment, le disque est libéré et, sous l'effet de cette même force centrifuge, il tourne pour réaliser l'alignement des deux moitiés du percuteur. Pendant ce mouvement, l'obus a eu le temps de parcourir une vingtaine de mètres.

	Calibre	Longueur		Poids	Cadence	Vitesse initiale
		arme	tube			
		mm	mm			
Vickers K .....	7,9	—	508	8,8	950/1 200	730
Browning FN .....	7,9	955	606	9	1 300	—
Madsen .....	6,5 à 8	1 100	500	9	1 100	825
Madsen .....	11,35	1 280	750	10,5	900	825
Vickers .....	12,7	1 143	762	23,6	700	792
Browning FN .....	13,2	1 415	914	24	1 000	900
Hispano .....	20	—	—	48	600	835
Madsen .....	20	1 824	1 200	55	300	730
Oerlikon FF .....	20	1 400	760	—	550	600
Oerlikon FFL .....	20	1 820	1 200	—	500	750
Oerlikon FFS .....	20	2 100	1 400	—	470	900
Madsen .....	23	2 000	1 200	55	400	730
Armament Corporation	37	—	1 850	200	90	823

TABLEAU DONNANT LES CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES ARMES D'AVION, MITRAILLEUSES ET CANONS ACTUELLEMENT EXISTANTES  
*A partir du calibre 20 mm, toutes ces armes tirent des obus explosifs à fusée extra-sensible.*

la mitrailleuse Madsen de 7,9 mm, pesant 9 kg et tirant 1 100 projectiles de 12,8 g chacun à la minute, à 750 m/s de vitesse

Or les moteurs les plus poussés, ceux d'aviation, ne développent encore que 2 ch par kg.

V. RENIGER.

initiale à la bouche, développe, lorsqu'elle tire à sa cadence maximum, une puissance de 90 ch, soit 10 ch par unité de poids de l'arme.

Le canon automatique de 23 mm du même constructeur, pesant au total 52 kg et capable de tirer 400 projectiles explosifs de 340 g chacun, à la vitesse initiale de 675 m/s, développe dans ces conditions une puissance de 675 ch, soit 13,5 ch/kg.

Les mitrailleuses les plus anciennes, telles que Maxim 08/18 de 7,9 mm ont encore une puissance de 3,3 ch/kg.

La météorologie joue en temps de paix un rôle capital dans l'exploitation des lignes de transports aériens ; il en est de même en temps de guerre pour la conduite des opérations militaires aériennes. S'il apparaît pratiquement impossible de faire appel par mauvais temps à l'aviation de chasse, qui ne peut espérer trouver ses adversaires au milieu d'une formation nuageuse même peu dense, par contre, dans le cas de l'aviation de bombardement ou de reconnaissance lointaine, de mauvaises conditions atmosphériques, au moins locales, peuvent non seulement ne pas présenter d'inconvénients graves, mais même, dans certains cas, offrir de réels avantages. Dans la *Rivista Aeronautica* italienne, le lieutenant pilote Publio Magini a analysé la situation respective de deux territoires ennemis dont l'un se trouve momentanément couvert de nuages alors que le beau temps règne sur l'autre. Le pays où les conditions météorologiques sont les plus mauvaises se trouve, du point de vue défensif, favorisé par l'existence d'un rideau naturel de nuages qui dissimule ses installations de toute nature, et défavorisé du fait que les escadres ennemies peuvent parvenir par surprise au-dessus de ses objectifs ; du point de vue offensif, au contraire, il est avantagé par la possibilité d'identifier facilement les objectifs de son aviation sur le territoire ennemi, et désavantagé du fait que la surprise y est irréalisable. Il est donc possible, dans une certaine mesure, de parler de « supériorité météorologique » d'un pays, supériorité d'ailleurs essentiellement passagère et fugitive que le haut commandement doit pouvoir mettre à profit dès qu'elle est réalisée. Pour cela, diverses conditions sont indispensables : d'abord que les appareils et les terrains militaires aient reçu les équipements indispensables et que les pilotes soient entraînés à la pratique du vol sans visibilité. L'autre condition est de pouvoir faire des prévisions portant non seulement sur son propre territoire, mais sur le territoire ennemi. La position des puissances occidentales est favorisée du fait que la grande majorité des perturbations se dirige d'ouest en est et qu'il est plus facile de suivre leur évolution que de prévoir leur formation.

# QUE VAUT LA FLOTTE DES SOVIETS ?

Par Henri MEILHAC

*Pour soutenir les ambitions soviétiques qui, peu à peu, se sont révélées au cours des derniers mois, la flotte de l'U. R. S. S. serait-elle à la hauteur de sa tâche ? Bien que les dirigeants soviétiques aient toujours été très discrets à son sujet, que l'éloignement de l'U. R. S. S. et les difficultés de la langue russe ne permettent de recueillir que des renseignements très fragmentaires et, au surplus, de valeur très inégale, il est possible de porter un jugement sur la valeur militaire de la marine russe et le rôle qu'elle pourrait jouer si le conflit actuel venait à s'étendre. En face de ses rivales éventuelles, elle apparaît très peu puissante, avec seulement trois cuirassés âgés de quelque vingt-neuf ans et malgré la présence de nombreux torpilleurs, contre-torpilleurs et croiseurs modernes, malgré le développement des vedettes lance-torpilles et surtout des sous-marins. A la faible valeur des cadres soviétiques, il faut encore ajouter les difficultés résultant de la situation géographique de l'U. R. S. S., obligée de répartir ses forces navales entre la Baltique, l'océan Arctique, la mer Noire et l'océan Pacifique. De gigantesques travaux ont été entrepris pour établir des liaisons par fleuves et canaux entre les trois premiers ; mais leur intérêt militaire demeure très faible et les escadres soviétiques restent condamnées à opérer chacune comme si elle était seule, sans pouvoir se prêter, lors d'une action de grande envergure, le mutuel appui qu'exigerait une saine stratégie navale.*

**A**VANT de présenter la marine soviétique, il n'est pas sans intérêt de rappeler, sommairement, ce qu'a été la marine de guerre russe, du temps des tzars. Dans la mesure où le gouvernement soviétique a manifesté son intention d'armer une flotte importante, on doit constater, en effet, qu'il continue une tradition déjà ancienne, car, maintes fois, les tzars ont eu d'ambitieuses visées maritimes et se sont lancés dans la réalisation d'importants programmes de constructions navales.

## La marine russe jusqu'en 1918

Pierre le Grand, qui acheva l'unité russe à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, a été le véritable créateur de la marine russe. « Tout potentat qui n'a que l'armée de terre, a-t-il écrit, n'a qu'un bras, tandis que celui qui a aussi une marine a les deux... » Les chroniqueurs contemporains sont là pour nous rappeler la passion qu'il avait pour la mer et, lorsqu'il vint en France et en Hollande, il ne manqua pas d'aller lui-même visiter les escadres et les chantiers de ces deux pays. On a pu déterminer que, sous son règne, 25 chantiers de construction lancèrent en Russie un millier de bâtiments, sans compter ceux qui furent achetés à l'étranger. Les escadres de Pierre le Grand s'illustrèrent dans de nombreux combats et, à sa mort (1725), 28 000 marins armaient 48 bâtiments de ligne et 787 petits bâtiments et galères.

A diverses reprises, au XIX<sup>e</sup> siècle, les

équipages russes devaient également se distinguer : on sait la part qu'ils prirent dans la défense de Sébastopol (1854-1855) et, à une époque où la torpille-automobile venait de naître, ce fut le futur amiral Makarof, une des grandes figures de la guerre russo-japonaise, qui, le premier, coula un bâtiment ennemi au moyen de cet engin (torpillage de la frégate turque *Intibakh*, en 1878).

Plus récemment, la Russie s'est alignée en bon rang dans ces courses aux armements navals qui se déclenchent périodiquement entre grandes puissances. En 1904, à la veille de la guerre russo-japonaise, la marine russe occupait le troisième rang dans la hiérarchie navale et ses équipages comptaient 3 200 officiers et 58 000 hommes. De 1892 à 1902, elle avait fait construire 500 000 t de bâtiments divers dont 87 % dans ses propres chantiers : 21 cuirassés, 18 croiseurs, 54 contre-torpilleurs, 71 torpilleurs, sans compter nombre de bâtiments secondaires, canonnières et avisos.

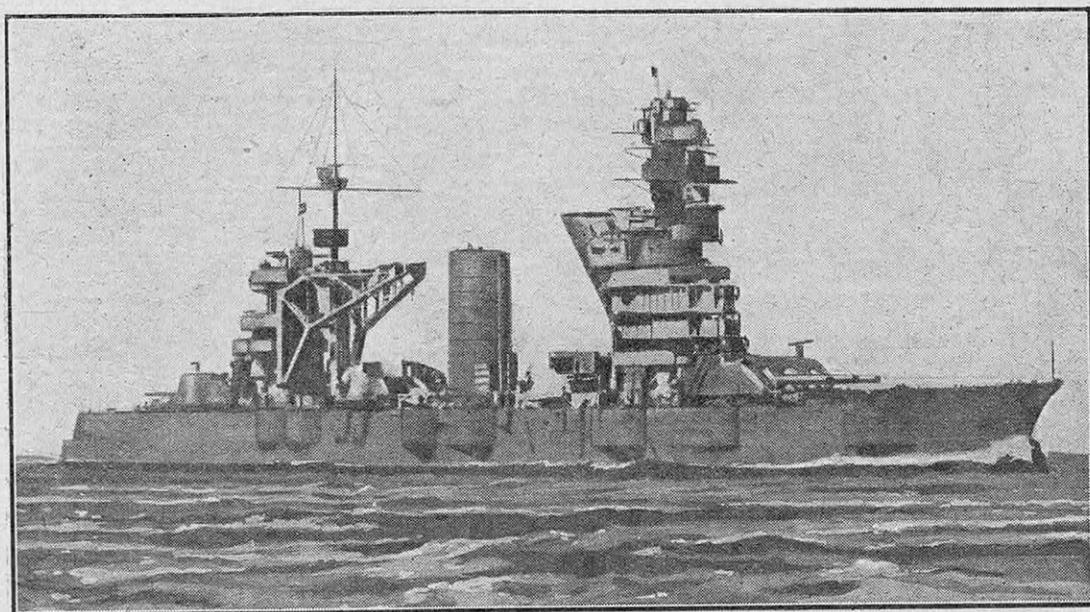
Port-Arthur et Tsoushima furent, en 1905, les tombeaux des escadres russes dont les équipages, souvent héroïques, ne furent pas, malgré tout leur courage, à la hauteur de la valeur professionnelle et militaire des marins de l'amiral Togo.

Après quelques années d'éclipse, la Russie manifesta de nouveau des ambitions navales. Lorsque éclata la guerre de 1914, elle faisait construire 12 dreadnoughts, 10 croiseurs légers de 4 500 à 6 800 t, 53 grands tor-

pilleurs de 1 200/1 400 t et 24 sous-marins. Beaucoup de ces bâtiments procédaient de conceptions intéressantes. Les torpilleurs, par exemple, avec leur déplacement très supérieur à celui de leurs contemporains étrangers, avaient des caractéristiques comparables à celles de beaucoup de bâtiments mis en service dans les autres marines, depuis 1918. Si la marine russe, en service, se classait, alors, loin derrière la marine

### La marine russe au lendemain de la guerre de 1914-1918

Ces précisions n'ont pas seulement un intérêt rétrospectif. Elles sont la démonstration que la Russie a été capable de mettre en service des escadres et des flottilles importantes et, surtout, d'en construire la plus grande partie dans ses propres chantiers.



(72 091)

FIG. 1. — LE CUIRASSÉ « OKTIABRSKAYA-REVOLUTIA »

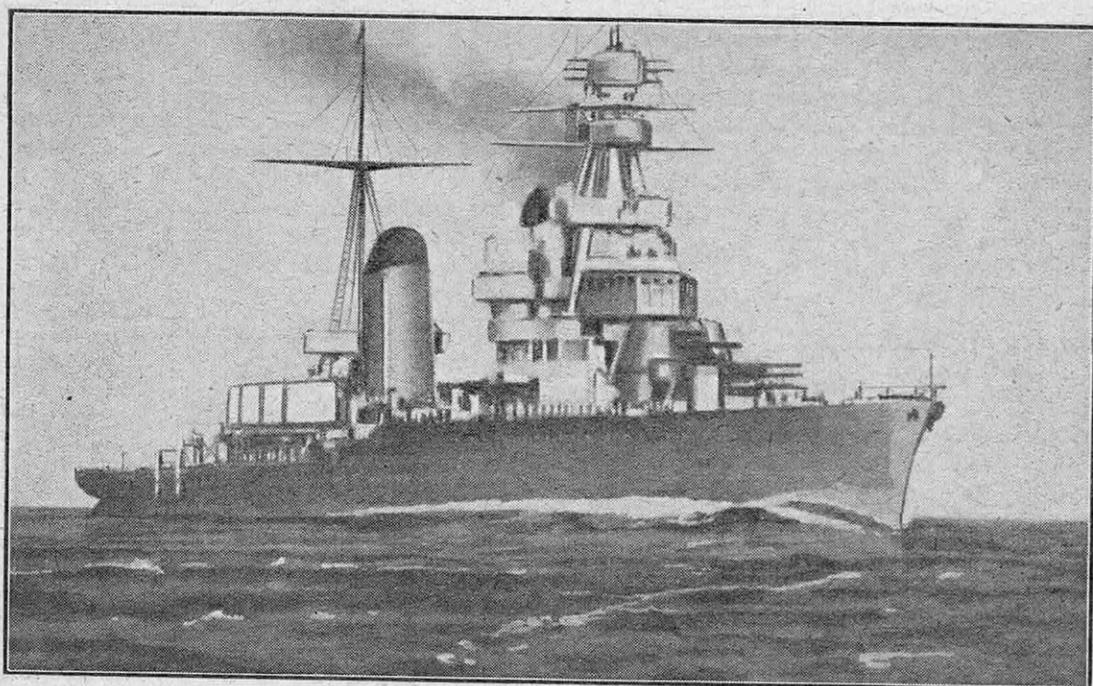
*C'est un des trois bâtiments de ligne de l'U. R. S. S. actuellement en service. Refondu en 1933, il a reçu de nouvelles chaudières et des passerelles et des grues supplémentaires qui ont sensiblement modifié sa silhouette. Celle-ci ne le cède en rien en laideur à celle des bâtiments japonais, dont les mâts, tours et passerelles, sont les plus compliqués qui puissent exister.*

française, elle-même au quatrième rang, elle n'en avait pas moins plus de bâtiments sur cale qu'il n'y en avait dans notre marine.

Malgré son isolement des Alliés, malgré les difficultés de ravitaillement et de fabrication, dues à la guerre, la réalisation du programme dit de 1912 ne fut arrêtée qu'en mars 1917, lorsque la révolution naissante désorganisa, d'un seul coup, arsenaux et usines, et détruisit, sans pitié, les états-majors. Mais, jusqu'à cette date, on avait beaucoup travaillé, et non seulement un grand nombre de bâtiments avaient pu être achevés : 7 dreadnoughts, une trentaine de torpilleurs, de nombreux sous-marins, mais on en avait encore commandé dès la fin de 1914 et, au début de 1917, il n'y avait pas moins de 70 sous-marins sur cale en Russie.

Quand, au lendemain de la précédente « Grande Guerre », le gouvernement soviétique se préoccupa de faire renaître une marine, la situation était loin d'être brillante. La guerre civile, le désordre régnant, l'insuffisance ou l'incurie des états-majors et des équipages n'avaient à peu près rien laissé subsister des unités dont s'était enorgueillie la marine impériale. De nombreuses coques encombraient bien les arsenaux, mais abandonnées, délabrées, usées prématurément. Quelques rares bâtiments demeuraient armés. Le premier effort comporta la remise en état, éventuellement la refonte et la modernisation, de toutes les unités dont la mise à la ferraille ne s'imposait pas et, jusqu'en 1930, la marine soviétique ne compta que des unités de cette origine.

C'est avec la mise en œuvre du premier plan quinquennal que commença le véri-



(72 688)

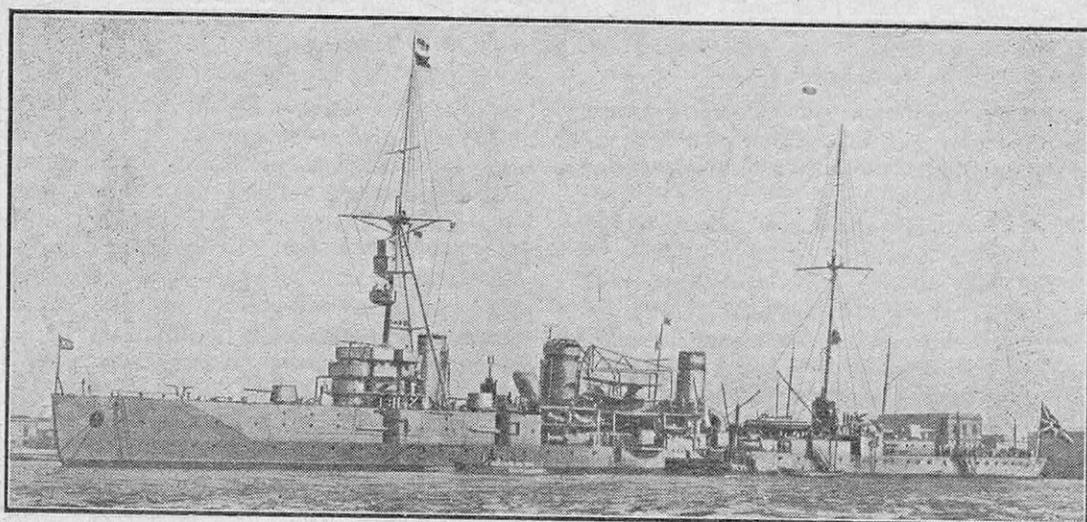
FIG. 2. — UN DES NOUVEAUX CROISEURS DE LA MARINE SOVIÉTIQUE, LE « KIROV »  
*Ces croiseurs, qui peuvent atteindre une vitesse de 33 nœuds, sont des bâtiments de ligne très élégante en tout point comparable aux plus modernes unités de même type des autres grandes marines.*

table effort de reconstitution de la marine soviétique, qui s'est poursuivi très régulièrement depuis et qui fut entrepris à peu près exclusivement avec des moyens russes, puisque, depuis 1918, il n'a été commandé à l'étranger que trois bâtiments : deux patrouilleurs de 900 t, livrés en 1934, et un contre-

torpilleur de 2 900 t, achevé en 1939, tous trois lancés par des chantiers italiens.

### **Le Commissariat du Peuple à la flotte : nouvelles visées maritimes de l'U.R.S.S.**

L'effort de reconstruction s'est précipité depuis deux ans. Un décret du 30 décembre



(72 687)

FIG. 3. — LE CROISEUR « CHERVONAYA-UKRAINA » DE 6 700 T

*Deux unités de ce type appartiennent à la flotte de la mer Noire : la série comportait 6 bâtiments dont la construction, entreprise en 1913, a été abandonnée pour 4 d'entre eux après la révolution. Les deux autres n'ont été achevés qu'après être restés dix ans sur cale et appartiennent à un type nettement périmé.*

1937 a réorganisé la marine et lui a donné une large autonomie, en la détachant du Commissariat de la Défense nationale, qui, jusqu'à ce jour, en avait eu la charge au même titre que de l'armée et de l'aviation.

Un Commissariat du Peuple de la flotte a été créé, auquel incombe non seulement le soin de construire et d'administrer la marine soviétique, mais qui a également sous sa dépendance l'aviation maritime, détachée de l'Air, et la défense des côtes.

Cette mesure, soumise le 15 janvier 1938, à l'approbation du Conseil suprême, a suscité, de la part du président du soviet des Commissaires du Peuple, Molotov, la déclaration suivante : « Notre grand pays des soviets doit posséder une flotte océanique en rapport avec nos intérêts et notre grande mission... Dès que nous aurons achevé la construction de certaines usines que nous nous efforcerons de bâtir le plus vite possible, nous commencerons à renforcer nos escadres avec beaucoup plus de rapidité et, cette fois-ci, par de puissantes unités... »

« Océaniques »... « puissantes unités... » : on peut voir, dans les termes de cette déclaration, une indication très nette des nouvelles visées maritimes de l'U. R. S. S.

A priori, cependant, la situation géographique de l'U. R. S. S. ne paraît pas favorable à leur réalisation. La Russie est, en

effet, obligée de distribuer ses forces entre des « théâtres d'opérations » très éloignés les uns des autres, et l'articulation des forces navales soviétiques comprend six groupements principaux, encore que d'importance inégale, et qui correspondent respectivement

aux six zones géographiques suivantes :

L'océan glacial Arctique et la mer Blanche ;

La mer Baltique avec, en annexe, la flottille du Dniepr ;

La mer Noire ;

La mer Caspienne ;

L'océan Pacifique ;

Le fleuve Amour (en Extrême-Orient).

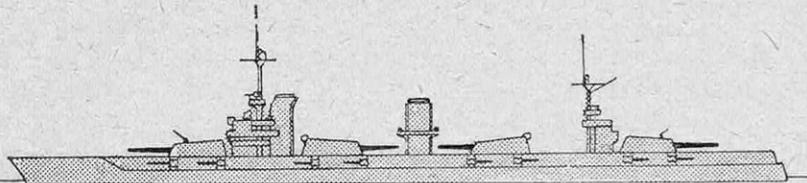
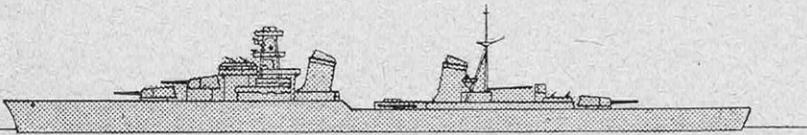
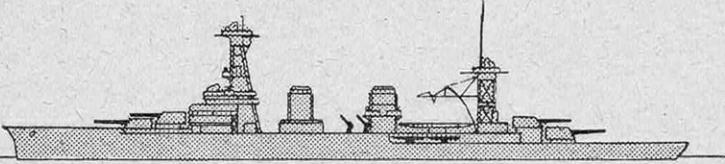
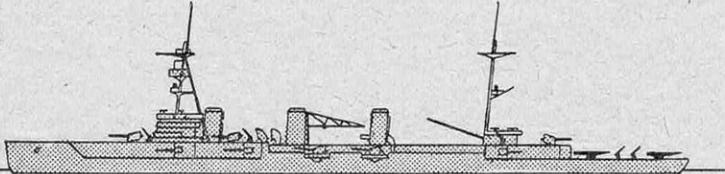
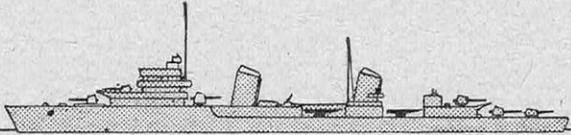
Pour apprécier l'importance de la marine soviétique, il est indispensable d'avoir cette circonstance présente à l'esprit. On conçoit, en effet, que, dans le cas d'opérations intéressantes l'Extrême-Orient, on ne puisse faire état immédiatement des forces existant à plusieurs milliers de kilomètres de là, en Baltique ou en mer Noire, et

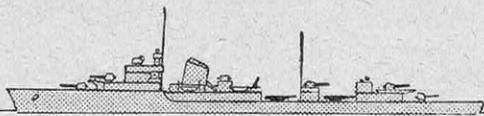
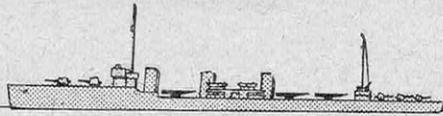
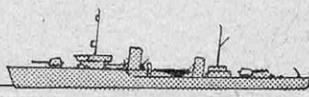
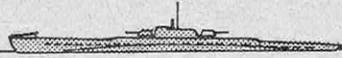
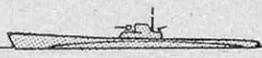
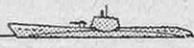
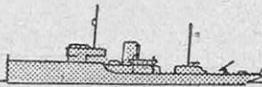
vice versa. Il ne suffit donc pas de totaliser les unités qui appartiennent à une même classe de bâtiments ; il faut, tout d'abord, ne considérer que les bâtiments en service dans les zones intéressantes.

On trouvera, pages 514 et 515, la répartition entre les différents théâtres d'opérations des unités des principales catégories de bâtiments soviétiques dont nous allons maintenant indiquer les caractéristiques essentielles.



FIG. 4. — CARTE DES BASES NAVALES DE L'U. R. S. S. OCCIDENTALE, SUR LA MER BLANCHE, L'OCÉAN ARCTIQUE, LA MER BALTIQUE ET LA MER NOIRE, AINSI QUE DES CANAUX QUI PERMETTENT AUX BÂTIMENTS DE FAIBLE TONNAGE DE PASSER D'UNE MER A L'AUTRE

	Baltique	Mer Blanche	Mer Noire	Extr.-Orient
<p><b>BATIMENTS DE LIGNE :</b> (<i>Marat, Oktiabrskaya-Revolutia, Pariskaya-Kommuna</i>) 3 en service, 1 ou 2 de 35 000 t en construction.</p>  <p><i>Marat</i> : Déplacement, 23 000 t ; puissance, 42 000 ch ; vitesse, 18/19 nœuds ; longueur, 181 m ; armement, XII 305 mm, XVI 120 mm, X 75 mm AA, I 47 mm, VIII mitrailleuses, IV tubes lance-torpilles 457 mm, I avion .....</p>	2		1	
<p><b>CROISEURS TYPE « KIROV »</b> (<i>Kirov, Maxim-Gorki, Kubishev ou Vorochilov, Orjonikidze, ...</i>) 2 ou 3 en service, 4 en construction.</p>  <p><i>Kirov</i> : Déplacement, 7 800 t ; puissance, 100 000 ch ; vitesse, 33 nœuds ; longueur, 178 m ; armement : IX 180 mm, VI 100 mm AA, IV 37 mm AA, IV mitrailleuses, VI tubes lance-torpilles 533 mm, I catapulte, 2 avions .....</p>	2		1	
<p><b>CROISEURS TYPE « KRASNI - KAVKAZ »</b> : 1 en service.</p>  <p><i>Krasni-Kavkaz</i> : Déplacement, 8 030 t ; puissance, 55 000 ch ; vitesse, 25/26 nœuds ; longueur, 159 m ; armement : IV 180 mm, VIII 100 mm AA, IV 37 mm AA, IV mitrailleuses, VIII tubes lance-torpilles 533 mm, 100 mines, 1 catapulte, 1 avion .....</p>			1	
<p><b>CROISEURS TYPE « PROFINTERN »</b> : (<i>Profintern, Chervonaya-Ukraina</i>) : 2 en serv.</p>  <p><i>Profintern</i> : Déplacement, 6 700 t ; puissance, 55 000 ch ; vitesse, 26/27 nœuds ; longueur : 159 m ; armement : XV 130 mm, IV 100 mm AA, IV mitrailleuses, IX tubes lance-torpilles 533 mm, 100 mines, 1 avions .....</p>			2	
<p><b>CONTRE-TORPILLEURS TYPE « LENINGRAD / TASHKENT »</b> (<i>Leningrad, Minsk, Moskva, Kharkov, Kiev, Perekop, Stalinsk, Volochevka, Tashkent</i>) : 8 ou 9 en service.</p>  <p><i>Leningrad</i> : Déplacement, 2 900 t ; puissance, 90 000 ch ; vitesse 36/39 nœuds ; longueur, 135 m ; armement : V ou VI 130 mm, IV 37 mm AA, VIII tubes lance-torpilles 533 mm, mines .....</p>	3 ou 4	1	3 ou 4	1

	Baltique	Mer Blanche	Mer Noire	Extr.-Orient
<p>CONTRE-TORPILLEURS RÉCENTS TYPE « SMETLIVI » (<i>Smetlivi, Stremitelni, Gordi, Gromki, Grosni, Grosvoi, Gnievni, Gremiastchi, Grosiastchi</i>) : 12 à 15 en service, 20 ou 22 en construction.</p>  <p><i>Smetlivi</i> : Déplacement, 1 500/1 800 t ; puissance, plus de 50 000 ch ; vitesse, 35 nœuds ; longueur, 115 m ; armement : IV 130 mm, IV 37 mm, VI tubes lance-torpilles 533 mm.</p>	10	2 ou 3	2 ou 3	1 ou 2
<p>TORPILLEURS ANCIENS TYPE « KARL-MARX » : 17 en service.</p>  <p><i>Karl-Marx</i> : Déplacement, 1 280 à 1 400 t ; puissance, 32 700 ch ; vitesse, 25 à 27 nœuds ; longueur, 105 m ; armement : V 100 mm, I 75 mm AA, II mitrailleuses, VI ou IX tubes lance-torpilles 457 mm, 60 mines .....</p>	6 ou 7	3	5	2 ou 3
<p>TORPILLEURS ESCORTEURS TYPE « SHTORM » : une trentaine en service ou en construction.</p>  <p><i>Shtorm</i> : Déplacement, 700 t ; puissance, 13 500 ch ; vitesse, 25 nœuds ; longueur, 72 m ; armement : II 100 mm, IV 40 mm AA, II mitrailleuses, III tubes lance-torpilles 457 mm, 50 mines.....</p>	7 ou 8	4 à 8	7 à 8	7 à 8
<p>GRANDS SOUS-MARINS : 40 environ en service, plusieurs en construction.</p>  <p>Déplacement, 900 à 1 200 t ; vitesse, 20/15 nœuds ; longueur, 75 à 80 m ; armement : I ou II 100 mm, VI ou VIII tubes lance-torpilles.....</p>	10	6 à 10	20	Plusieurs
<p>SOUS-MARINS DE MOYEN TONNAGE : 60 à 80 en service, plusieurs en construction.</p>  <p>Déplacement, 500 à 600 t ; vitesse, 19/14 nœuds ; longueur, 60 m ; armement : I petit canon, IV ou VI tubes lance-torpilles, mines sur quelques-uns.....</p>	20	10 à 12	12 à 15	20
<p>SOUS-MARINS DE PETIT TONNAGE : 60 en service, plusieurs en construction.</p>  <p>Déplacement, 190 t ; vitesse, 13 nœuds ; longueur, 38 à 40 m ; armement : I mitrailleuse, II tubes lance-torpilles .....</p>	25	5 ou 6	10 à 12	20?
<p>AVISOS DRAGUEURS RÉCENTS : 30 en service, plusieurs en construction.</p>  <p><i>Feugas</i> : Déplacement, 400 t ; puissance, 1 500 ch ; vitesse, 15 nœuds ; armement : I 100 mm, II petits canons AA.....</p>	10 à 12	5 ou 6	Plusieurs	10 à 12

CARACTÉRISTIQUES DES PRINCIPALES UNITÉS DE LA MARINE SOVIÉTIQUE

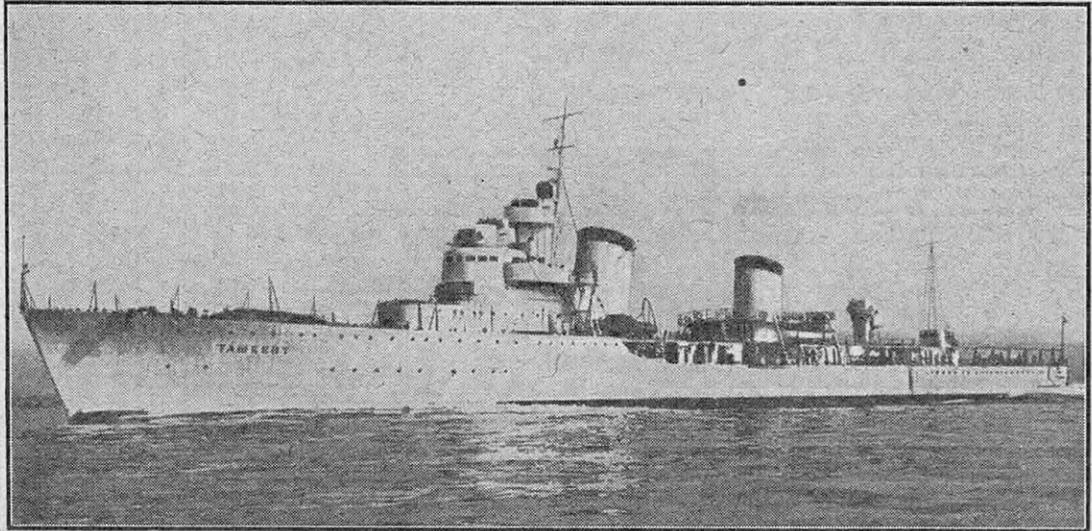
Il existe encore comme unités récentes : en Baltique, un croiseur mouilleur de mines et une soixantaine de vedettes rapides ; en mer Noire : un transport d'avions et une trentaine de vedettes ; en Extrême-Orient : une quarantaine de vedettes.

### Les bâtiments de ligne et les croiseurs comportent peu d'unités modernes

L'U. R. S. S. ne possède en service que 3 bâtiments de ligne anciens. Leur conception remonte à 1909. Armés de canons de 305 mm, plus ou moins complètement refondus, ils ne présentent qu'une valeur militaire très réduite.

Depuis juillet 1938, un bâtiment de ligne est sur cale, à Leningrad ; un autre est probablement en construction à Nicolaïev

Sur le papier, la Russie possède 5 et peut-être 6 croiseurs légers relativement modernes, puisque entrés en service respectivement en 1927, 1928, 1931, 1938 et 1939. En fait, les trois premiers proviennent du programme de 1912 et sont demeurés abandonnés près de dix ans sur cale. Deux d'entre eux ont été achevés conformément aux plans d'origine ; le troisième, le *Krasni-Kavkaz*, a pu être redessiné complètement et est maintenant très différent de ses « sisterships ».



(72 686)

FIG. 5. — LE CONTRE-TORPILLEUR « TASHKENT »

*Ce contre-torpilleur a atteint, aux essais, une vitesse record, bien qu'encore inférieure à la vitesse atteinte par notre contre-torpilleur le Terrible. Il semble d'ailleurs que ses essais de vitesse aient été entrepris avant que le navire reçoive son armement. Officiellement, il atteindrait 39 nœuds en service, avec une puissance de 95 000 ch.*

(mer Noire). En 1937, des pourparlers avaient été engagés aux Etats-Unis pour la commande de navires de ligne ou, tout au moins, de blindages et de tourelles. Ces pourparlers ont échoué. Il résulte des déclarations faites par différents officiels russes que la construction de ces bâtiments sera exclusivement réalisée avec de l'outillage soviétique. Dans les pays les mieux outillés, on compte au minimum quatre ans pour construire et armer un bâtiment de ligne : il est donc permis de penser que ce n'est pas avant 1943, et peut-être 1944, que le *Tretiï International* sera terminé. Ce bâtiment, de 35 000 t, sera armé de 9 pièces de 406 mm, en 3 tourelles triples, de 20 de 150 mm et 100 mm et de nombreux canons automatiques antiaériens. Il embarquera plusieurs avions et sa vitesse maximum sera de l'ordre de 29 ou 30 nœuds (150 000 ch).

Les autres croiseurs sont les premiers achevés d'une série de 6 (ou 7) unités. Ils correspondent à peu près aux *La Galissonnière* français (1), mais avec des pièces de 180 mm (calibre particulier à la marine russe) au lieu de canons de 152 mm. Une mission italienne a suivi les travaux d'achèvement du prototype, le *Kirov*, et la conception de ces bâtiments procéderait de celle des *Montecucoli* italiens, avec lesquels ils présentent, incontestablement, une certaine similitude de silhouette et de caractéristiques générales.

(1) Rappelons les caractéristiques principales de *La Galissonnière* (dont les « sisterships » sont le *Jean-de-Vienne*, la *Gloire*, la *Marseillaise*, le *Montcalm*, le *Georges-Leygues* et le *De Grasse*) : tonnage, 7 600 t ; puissance, 88 000 ch ; vitesse, 32,5 nœuds, armement, 9 pièces de 152 mm, 8 de 90 mm anti-aériens, 8 mitrailleuses, 4 tubes lance-torpilles de 550 mm, 1 catapulte, 3 avions.

### L'U. R. S. S. commence à disposer de nombreux contre-torpilleurs modernes

L'effort soviétique a surtout porté jusqu'à présent sur les bâtiments de flottille : contre-torpilleurs, torpilleurs escorteurs et sous-marins.

Les contre-torpilleurs appartiennent à deux types : la série des *Leningrad* (plans russes) et le *Tashkent*, seul de son genre, et qui a été construit en Italie. Les uns et les autres ont des caractéristiques militaires

Les plus récents destroyers soviétiques appartiennent au type *Smeltivi*, dont les premières unités sont entrées en service au début de 1939. Une douzaine de ces bâtiments sont déjà en service et 20 ou 24 sont en construction. Là encore, ces bâtiments ressemblent beaucoup aux unités italiennes de même catégorie et, d'après certains renseignements, leurs plans auraient été établis par les chantiers Odero-Terni de Gênes. Cette série (1 800 t, 35/36 nœuds, 4 pièces de 130 mm, 8 tubes lance-torpilles) est don-

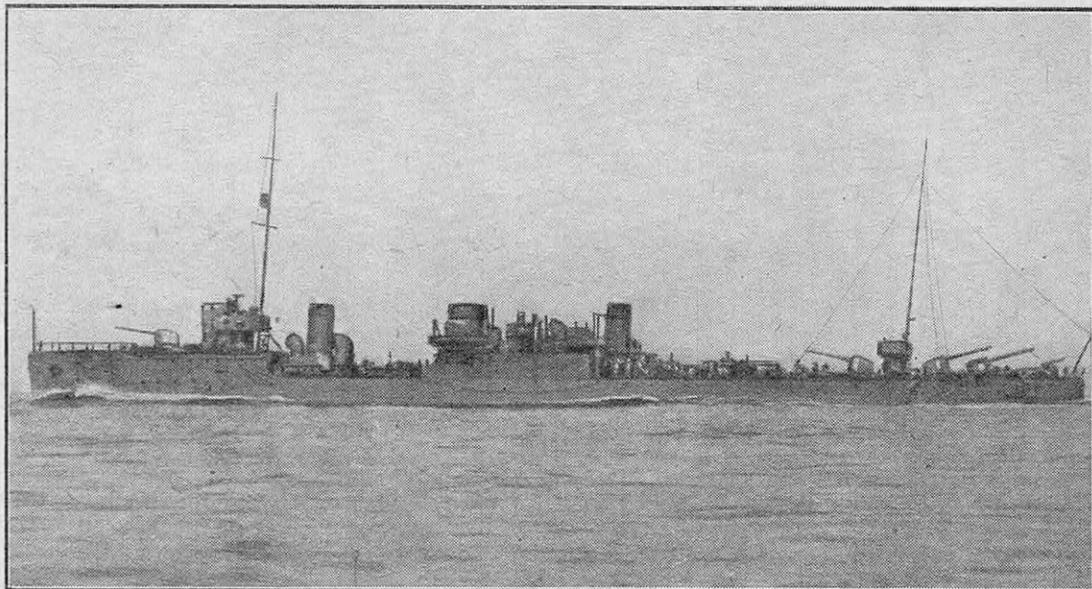


FIG. 6. — LE TORPILLEUR D'ESCADRE « LENIN »

(72 689)

*Il existe également, dans la marine soviétique, deux autres bâtiments de guerre portant ce nom : une canonnière de la flottille de la mer Caspienne et un monitor du fleuve Amour. Ce n'est pas là un cas isolé : il existe également plusieurs Kirov, deux Frunze, deux Ozherzkinski, etc... Evidemment, des bâtiments portant le même nom n'appartiennent pas aux mêmes escadres. Il n'en subsiste pas moins, de ce fait, une possibilité d'erreur dans l'identification des bâtiments de la flotte soviétique.*

assez voisines de celles de la plupart des contre-torpilleurs français : ils ont 5 ou 6 pièces de 130 mm comme armement principal, 8 tubes lance-torpilles et une vitesse maximum de l'ordre de 36 ou 38 nœuds. Le *Tashkent*, cependant, a atteint aux essais, lège, 44,20 nœuds avec 116 000 ch. On a publié qu'il avait, ainsi, établi un record du monde de vitesse pour les bâtiments de guerre ; mais, malgré que ce soit un très beau résultat, le record établi par le contre-torpilleur français, *Le Terrible*, n'a pas encore été battu et demeure avec 45,20 nœuds. Les *Leningrad* sont caractérisés extérieurement par une plage avant très courte et ne seraient pas, pour cette raison, d'excellents bâtiments de mer.

née comme très réussie et aurait des qualités de tenue à la mer très supérieures à celles des *Leningrad*.

La marine soviétique dispose encore d'une vingtaine de torpilleurs de 1 200 à 1 400 t, survivants du programme de 1912, mais qui ne sont plus capables, aujourd'hui, que d'une vitesse de 25 à 27 nœuds, très inférieure à celle des destroyers modernes (35/38 nœuds). Ils sont cependant relativement bien armés avec leur 4 ou 5 pièces de 100 mm et leurs 9 tubes lance-torpilles.

A côté des grands destroyers, l'U.R.S.S dispose d'une vingtaine de torpilleurs-escorteurs du type *Shtorm*. Ce sont des bâtiments de 700 t, 13 000 ch et 25 à 29 nœuds. Le prototype de cette série est entré en

service en 1932. On peut, jusqu'à un certain point, les comparer aux petits torpilleurs de 600 t, construits récemment en France, en Italie et au Japon : ils se rapprocheraient davantage des japonais (28 nœuds) plutôt que des français ou des italiens, qui peuvent soutenir 34 nœuds.

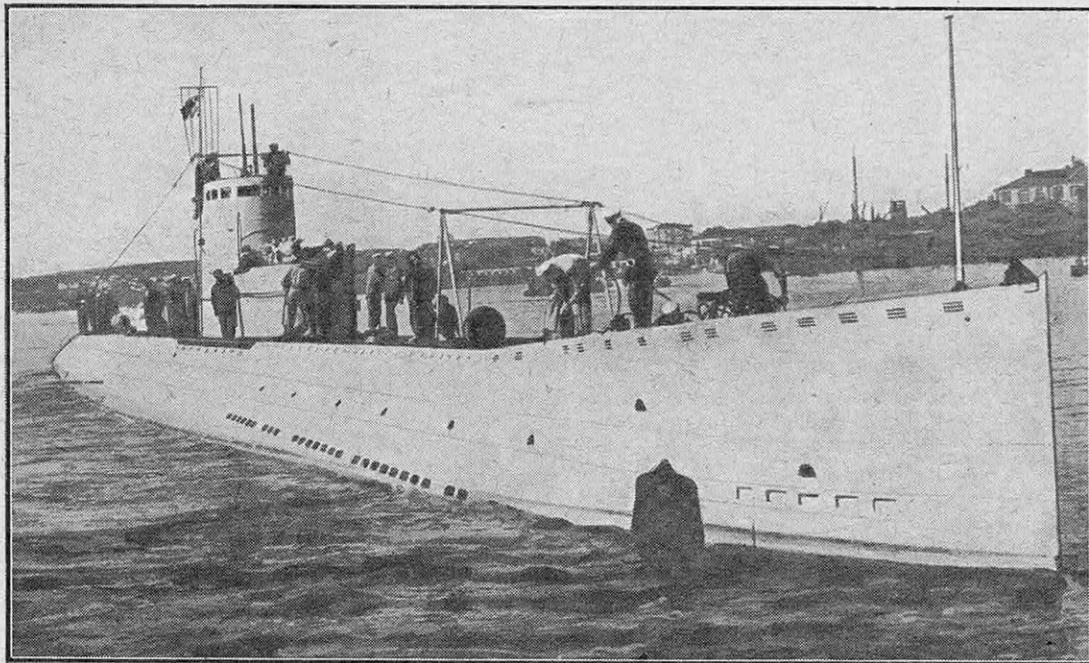
### L'U. R. S. S. possède la flotte sous-marine la plus nombreuse

L'effort de constructions neuves, entrepris par l'U. R. S. S. pour les sous-marins,

déplacement, en trois catégories principales :

Les *sous-marins* « océaniques » de plus de 900 t, dont il existe une quarantaine d'unités. Les plus récents (types P et N) ont des caractéristiques (1 100 à 1 250 t), intermédiaires entre celles des *Requin* (980 t) et les *Redoutable* (1 385 t) français : on leur attribue, cependant, une vitesse plus élevée (20 nœuds).

Plus anciens sont les *Dekabrist* et les *Karbonari*, dont les plans auraient été établis par les chantiers italiens de l'Adria-



(72 690)

FIG. 7. — LE SOUS-MARIN DE 1 300 T « DEKABRIST »

C'est un bâtiment comparable par son déplacement, sa vitesse et son armement, aux bâtiments français de la classe *Requin*. Il appartient à une série comportant une trentaine d'unités en service.

a été bien plus considérable encore que pour les torpilleurs. Il existe, au minimum, 150 sous-marins russes en construction ou en service (1) et, si la plus grande partie des flottilles soviétiques n'était pas composée d'unités de 190 à 600 t, la flotte sous-marine soviétique serait très probablement la plus importante du monde, non seulement par le nombre de ses unités, mais aussi par leur déplacement global.

En dehors d'une quinzaine de sous-marins anciens, provenant des constructions entreprises avant ou pendant la guerre de 1914-1918 et qui ne sont plus utilisés que pour des services d'école et d'entraînement à la navigation sous-marine, les submersibles russes récents peuvent être répartis, d'après leur

(1) Certains renseignements prétendent : 180 à 200.

tique ; ils déplacent de 896 à 1 000 t, suivant les séries, et ont une vitesse de 14 ou 15 nœuds en surface. Selon d'autres renseignements, les premiers *Dekabrist* sont des unités dont la construction a été amorcée en 1916 ; étant donné qu'il s'agit de bâtiments demeurés longtemps sur cale, et qui ont été achevés en 1927, il n'est pas impossible qu'il en ait été ainsi et qu'ils soient, par conséquent, d'une conception plus ancienne qu'on peut le penser a priori.

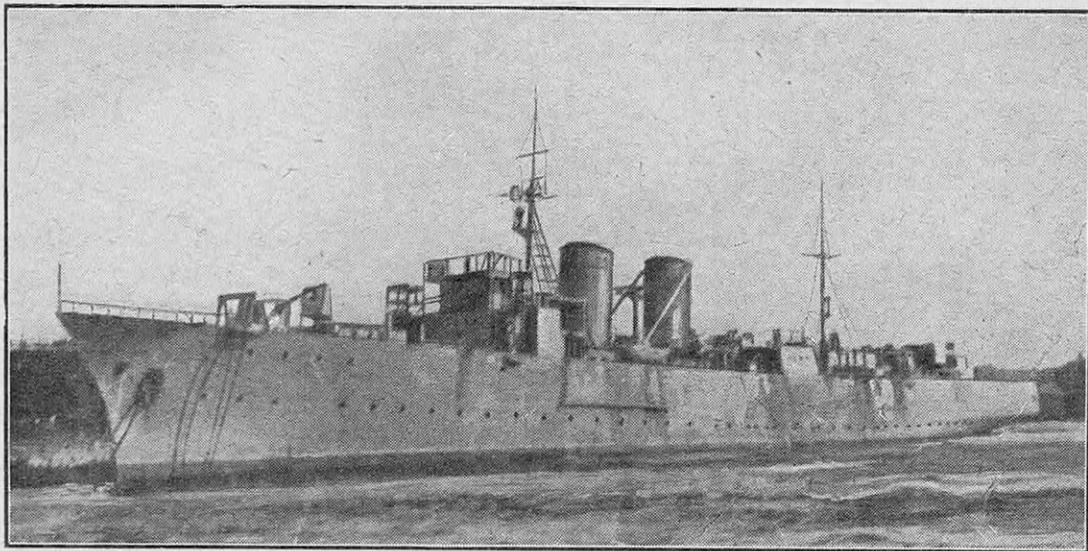
Les *sous-marins* de « moyen » tonnage : 500 ou 600 t. Ces bâtiments de tonnage modéré correspondent aux sous-marins de deuxième classe de la marine française : ils se divisent en deux et peut-être trois séries, dont l'une, dite des « Linj » (pour « Lineiniya Eodki ») : navires sous-marins

« de ligne ») est caractérisée par une vitesse plus élevée (19 nœuds) que celle de la seconde série, dite des « Sch-Ch » (15 nœuds). Il peut exister une soixantaine de ces sous-marins, dont certains seraient aménagés en mouilleurs de mines.

Les sous-marins de « petit » tonnage. Ces bâtiments, de 190 t, constituent la série M (M pour « Maliya lodki » : petits navires) : il en existerait 60 ou 80. Les M russes sont, actuellement, les plus petits sous-marins qui soient au monde, à l'exception du *Saukko*

d'autres puissances, étant donné les théâtres d'opérations resserrés dans lesquels la marine soviétique se manifesterait, et l'importance de ses voies fluviales.

Beaucoup de ces vedettes porte-torpilles appartiennent aux types italiens M. A. S. (Motoscafi Anti Sommergeibili) : la maison Fiat a certainement fourni, à diverses reprises, de nombreux moteurs à essence et Diesel légers de 750 ch pour ces petites unités. D'autres appartiennent au type C. M. B. (Coastal Motor Boats), construit



(72685)

FIG. 8. — LE CROISIER-MOUILLEUR DE MINES « MARTI »

*Ce bâtiment de 3 500 t est l'ancien yacht impérial datant de 1895 et transformé en mouilleur de mines à Leningrad en 1935. Il est armé de quatre pièces de 130 mm, de quatre mitrailleuses antiaériennes et emporte 300 mines. Sa vitesse maximum serait de 25 nœuds.*

finlandais (100/125 t) et peuvent se comparer, dans une certaine mesure, aux 250 t de la marine allemande. Extérieurement, ils sont remarquables par un kiosque très volumineux proportionnellement à leur longueur. Ils ont, évidemment, été spécialement étudiés pour des opérations dans ces mers « étroites » que sont la Baltique et la mer Noire.

### L'état-major naval soviétique a favorisé la construction des vedettes rapides

L'U. R. S. S. arme un très grand nombre de vedettes porte-torpilles (30 à 42 nœuds) et de vedettes de surveillance côtière (15 à 20 nœuds). Il existe, en Russie, 150 à 180 de ces embarcations, qui connaissent, depuis quelques années, un renouveau de faveur dans presque toutes les grandes marines, et qui peuvent, en effet, présenter un plus grand intérêt pour l'U. R. S. S. que pour

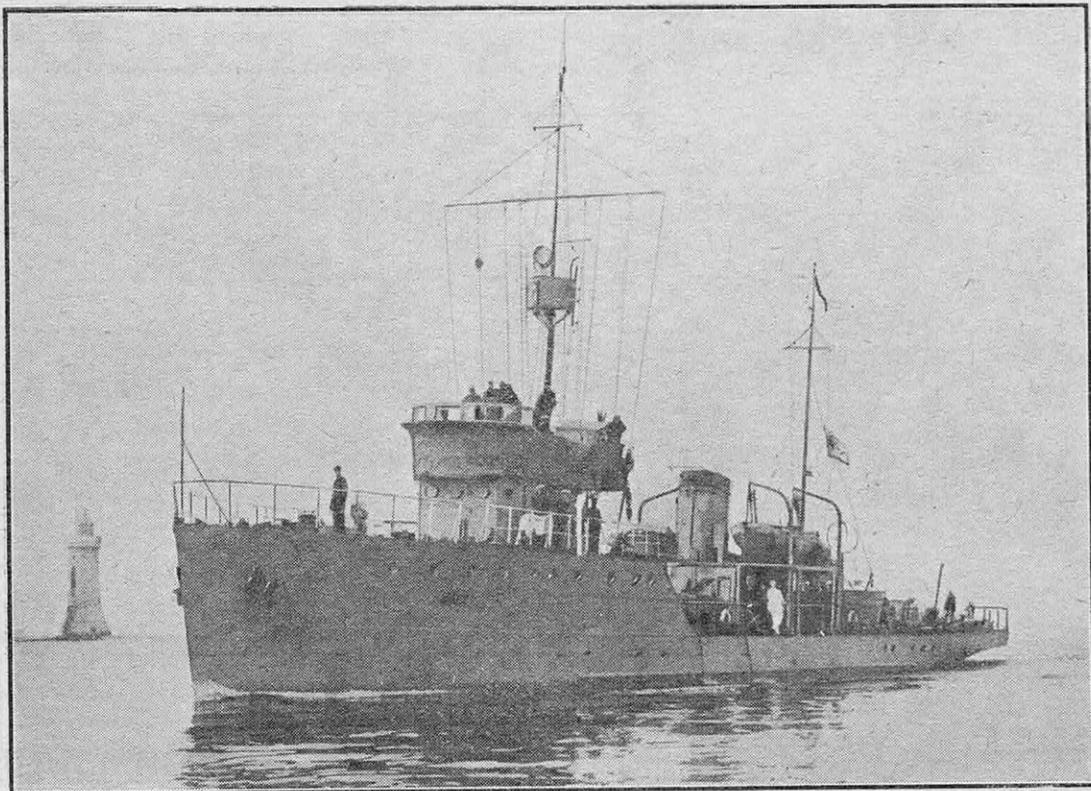
en grand nombre, depuis 1917-1918, par le célèbre constructeur anglais Thornycroft. Une vingtaine de ces petites unités (déplacement : 20/22 t) ont été lancées récemment : 10 ou 12 à Leningrad, autant à Nicolaïev, sur la mer Noire.

Il existe encore en service quelques-uns des « chasseurs de sous-marins » provenant des commandes passées aux Etats-Unis en 1916-1917. Ce sont des bâtiments mesurant entre 18 et 25 m de long, propulsés par des moteurs à essence de 500 ou 600 ch et dont la vitesse était, à l'origine, de 20 nœuds environ. En raison de leur âge, leur vitesse militaire ne peut être que très réduite ; mais d'autres ont été construits depuis. La plupart sont des bâtiments de 50 t et 25 nœuds, à moteurs Diesel, armés de 5 mitrailleuses et d'un petit canon contre avions.

Enfin, sur les grands fleuves où la marine soviétique entretient également des moni-

tors et des canonnières à fond plat (le Dniepr en Europe, l'Amour en Extrême-Orient), l'U. R. S. S. dispose, en dehors des vedettes, de flottilles d'hydroglisseurs à hélice aérienne, armés de mitrailleuses. Ce sont les seuls bâtiments de ce type en service dans une marine de guerre. Ce mode de construction et de propulsion a, certaine-

(10 000 à 12 000 ch et 15,5 nœuds). Ils présentent cette particularité d'être dotés de deux catapultes et d'embarquer trois avions (dont un grand hydravion). Des brise-glaces de cette puissance sont nécessaires non seulement dans l'océan Arctique et la mer Blanche, mais aussi, pendant les mois d'hiver, en Baltique. Dans la mesure du possible,



(72 692)

FIG. 9. — UN DES RÉCENTS AVISOS-DRAGUEURS : LE « FEUGAS »

*Ce type de bâtiment peut également être utilisé comme mouilleur de mines.*

ment, été préféré dans certains cas, parce qu'il permet de naviguer en très basses eaux et de procéder facilement à des opérations de police à très grande allure.

### L'importante flotte de brise-glaces de la marine de guerre soviétique

Une catégorie de bâtiments particulière aux marines nordiques, dont la flotte soviétique arme un grand nombre, est celle des brise-glaces : 6 bâtiments de 11 000 t à propulsion Diesel électrique (1) construits en 3 ans

(1) Dans ce mode de propulsion, des moteurs Diesel entraînent directement des génératrices électriques, et les hélices sont mues par des moteurs électriques alimentés par ces génératrices. Les principaux avantages de cette disposition sont la souplesse de conduite et la diminution d'encombrement résultant de la suppression des arbres reliant les moteurs aux hélices.

l'U. R. S. S. s'efforce, en effet, de maintenir libres ses communications avec l'Extrême-Orient par la route du Nord. Malgré les nombreuses difficultés rencontrées, de petites unités de la marine de guerre, envoyées à Vladivostok pour renforcer l'escadre du Pacifique, ont pu être acheminées par cette voie.

### L'U. R. S. S. ne possède pas de véritables porte-avions

Il n'existe pas encore en Russie de véritables porte-avions, mais seulement, en mer Noire, un transport d'aviation, le *Stalin*, bâtiment de 9 000 t et 30 nœuds (?) qui emporterait 22 avions. D'après certains renseignements, deux autres bâtiments du même type, mais un peu plus puissants, sont sur cale : le *Vorochilov* à Leningrad,

et un autre à Nicolaïev, tous deux de 12 000 t et 30 nœuds ; mais leur construction ne doit pas être très avancée, car ils n'ont pu être mis sur cale avant 1938.

### L'aviation maritime soviétique

Depuis la création du Commissariat de la Marine de guerre, les « brigades » aériennes, détachées à la marine, lui sont entièrement subordonnées et relèvent des commandants en chef de la flotte dans les zones desquels elles se trouvent. On évalue à un peu plus de 400 appareils le chiffre des avions constituant ces formations ; mais, en cas de nécessité, des forces de coopération beaucoup plus importantes pourraient être mises à la disposition de la flotte.

L'U.R.S.S. a longtemps équipé ses escadrilles navales avec des matériels italiens (Savoia 55, bombardement, et S 62 bis, reconnaissance) et allemands (Dornier-Wahl). Elle a réalisé ensuite un certain nombre de matériels spécifiquement russes ; mais elle semble donner, maintenant, la préférence aux matériels américains. Des prototypes, achetés en 1938 et 1939, seront reproduits sur licence en Russie. Les avions choisis sont des Seversky de chasse, des Seversky et des Hall à plusieurs fins (bombardement et reconnaissance), enfin des Consolidated PBV, hydravions d'exploration de 17 t, 2 000 ch et 6 000 km de rayon d'action à 230/240 km/h, du modèle des grands hydravions qui équipent la fameuse « Aircraft Scouting Force » de l'aviation navale améri-

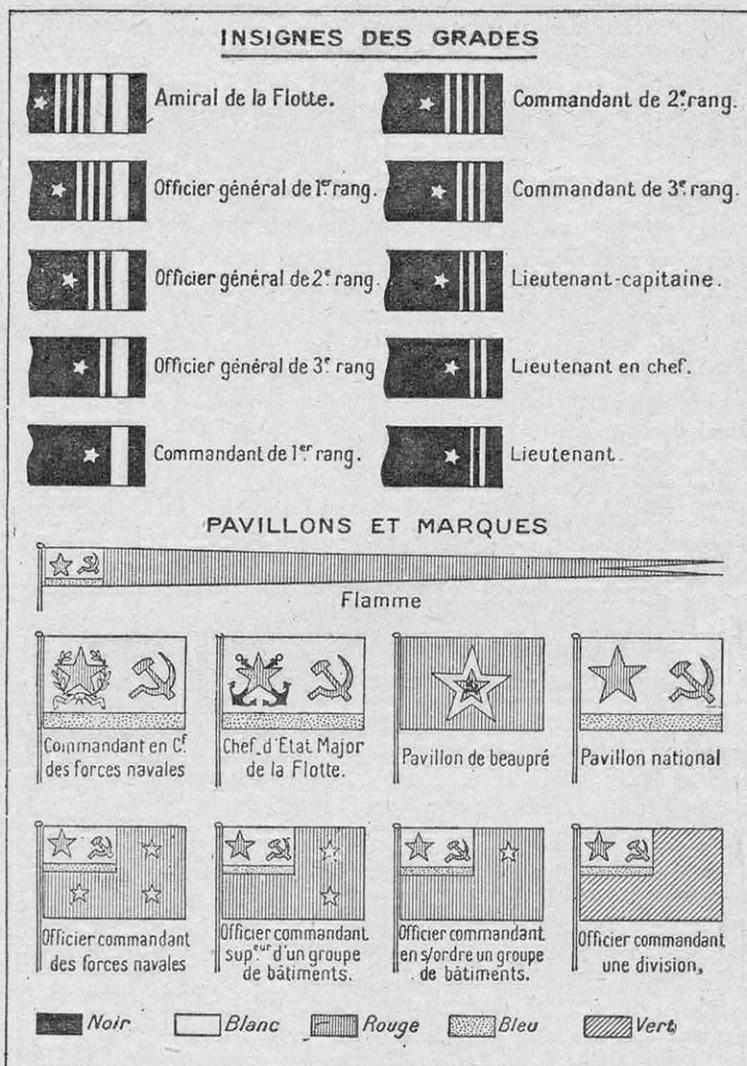


FIG. 10. — TABLEAU DES GRADES, DES PAVILLONS ET DES MARQUES DE LA MARINE SOVIÉTIQUE

Les uniformes de drap noir sont garnis d'étoiles et de galons d'or de largeur et de nombre variables avec le grade : amiral de la flotte, officier général de 1<sup>er</sup> rang (amiral), officier général de 2<sup>e</sup> rang (vice-amiral), officier général de 3<sup>e</sup> rang (contre-amiral), commandant de 1<sup>er</sup> rang (capitaine de vaisseau), commandant de 2<sup>e</sup> rang (capitaine de frégate), commandant de 3<sup>e</sup> rang (capitaine de corvette), lieutenant-capitaine (lieutenant de vaisseau), lieutenant en chef (enseigne de vaisseau de 1<sup>re</sup> classe), lieutenant (enseigne de vaisseau de 2<sup>e</sup> classe). Les commissaires politiques portent des étoiles rouges et des galons d'or sur fond de drap rouge. Les ingénieurs mécaniciens portent des étoiles d'or et des galons d'or sur fond de drap bleu foncé. Les commissaires de l'intendance portent des étoiles d'argent et des galons d'argent sur fond de drap noir. Les médecins portent des étoiles d'argent et des galons d'argent sur fond de drap vert. Les officiers de la défense côtière portent des étoiles d'argent et des galons d'argent sur fond de drap loutre. Les officiers de l'aviation navale portent des étoiles d'or et des galons d'or sur fond de drap bleu clair. Rappelons que la flamme est portée par tous les navires de guerre et que les marques sont portées en tête de mât.

caine : 5 escadres aériennes, groupant plus de 200 appareils, qui ont remplacé dans la Flotte de Reconnaissance les quelque 50 torpilleurs d'escadre que cette force navale comprenait jusqu'en 1938.

### La marine russe et la défense des côtes

La marine soviétique a également la charge de défendre les côtes. De tout temps, même lorsqu'elle se lançait dans d'importants programmes de constructions neuves, la Russie a prévu des défenses côtières, proportionnellement beaucoup plus importantes que celles des autres grandes puissances, et qui comprennent un grand nombre de batteries, dont beaucoup du calibre 254 mm et 305 mm. Les officiers et les équipages de la défense des côtes portent l'uniforme de la marine, mais leur recrutement est distinct et ils constituent, en fait, un personnel indépendant.

#### Le personnel de la marine de guerre soviétique

On évalue le total des équipages de la flotte soviétique à 40 000 hommes au moins (1). Comme dans l'armée, le corps des officiers a été « épuré », récemment encore en 1937 et 1938, au moment de la réorganisation de la marine russe. La plupart des officiers généraux alors en fonction, et qui, pour avoir commencé leur carrière avant la Révolution et être passés par les écoles de la marine, étaient réputés avoir une certaine expérience militaire, ont ainsi disparu. Leurs remplaçants — ainsi d'ailleurs que la presque totalité des cadres « officiers » — passent, en général, pour jeunes et assez inexpérimentés.

Les officiers sont formés dans trois écoles navales : à Leningrad, à Sébastopol et à Vladivostock. Il existe également une école pour les ingénieurs-mécaniciens, une pour l'artillerie de côte et une pour les transmissions. Une des particularités du corps des officiers de marine soviétique est l'existence d'un cadre spécial d'officiers « politiques » : les « commissaires », qu'il ne faut pas confondre avec les officiers de ce nom dans les autres marines, qui, eux, sont des « intendants ».

A la tête de chaque commandement maritime, à la mer ou à terre, fonctionne un Soviet « militaire » comprenant le commandant, chef de l'unité, et deux commissaires, dont le commissaire, chef du département po-

litique de la formation. Le commandant de l'unité (escadre, flottille, etc...) s'occupe uniquement des questions tactiques, de l'entraînement militaire des équipages et de l'entretien du matériel. Aux commissaires incombent les questions de discipline : ils règlent les avancements et s'occupent de toutes les questions relatives au logement et à la nourriture du personnel.

Dans les unités tactiques : navires, compagnies, escadrilles, etc., le Soviet militaire, mentionné ci-dessus, est remplacé par un duumvirat, composé du commandant de l'unité et du commissaire politique chef de cette dernière. A bord des grands bâtiments, le commissaire en chef a sous ses ordres un commissaire de rang subalterne par « compagnie » de chauffeurs, mécaniciens, canonnières, etc... Ces commissaires sont assimilés au grade de l'officier de marine proprement dit, chargé de la dite unité ; mais ils ne sont subordonnés qu'aux commissaires politiques de rang supérieur et non aux officiers de marine. Dans chaque compagnie, ou à bord des petits bâtiments, il existe, en outre, des aides-commissaires, assimilés aux officiers mariniens (sous-officiers).

On ne saurait s'étonner qu'une telle organisation du commandement soit une source de frictions à peu près constante.

Il est assez difficile de formuler une opinion sur la marine soviétique : on a souvent répété qu'il ne suffit pas qu'une marine comporte des unités modernes pour qu'elle soit redoutable ; la valeur du personnel, sa technicité comptent au moins pour autant, si ce n'est même davantage. Or que valent les équipages soviétiques ? Jamais encore, depuis la révolution, on n'a pu les juger à l'œuvre, au moins du point de vue maritime. Il ne semble pas, en tout cas, dans une « arme » où la valeur de l'encadrement, officiers et cadres de maistrance, joue un rôle d'une telle importance, que la flotte russe puisse être mise à égalité, à cet égard, avec les autres grandes marines.

Les récents événements, par contre, ont certainement accru sensiblement le potentiel de la marine soviétique : les traités conclus avec l'Esthonie, et avec la Lettonie, lui assurent, en effet, la libre disposition de bases navales et de chantiers que la marine impériale russe avait toujours considérés comme de première importance. Et pouvoir disposer, de nouveau, des anciens établissements maritimes russes en Finlande a été, on s'en souvient, une des principales raisons de l'intervention militaire des Soviets en Finlande.

HENRI MEILHAC.

(1) A titre de comparaison, indiquons que l'effectif du temps de paix est pour la marine française de 75 000 hommes et pour la marine britannique de 130 000 hommes.

# L'ALLEMAGNE ET LE PETROLE ROUMAIN

Par Ch. BERTHELOT

L'extraction roumaine de pétrole s'est élevée à 6,6 millions de tonnes en 1938. Normalement, la Roumanie livre annuellement au Reich entre 1,5 et 1,8 millions de tonnes de produits pétroliers, spécialement de l'essence (plus de 1 million de tonnes) et du fuel oil (pour brûler dans des chaudières). La plus grande partie de cette fourniture a toujours été transportée par mer. Depuis que les Alliés ont coupé les voies maritimes desservant le Reich, le pétrole roumain parvient en Allemagne par le Danube et par les voies ferrées. En raison du manque de wagons-citernes et de bateaux-citernes, puis des troubles profonds dans le fonctionnement de son réseau ferroviaire, l'Allemagne n'a pas reçu probablement plus de 500 000 t de pétrole pour les six premiers mois de la guerre, soit à peine les deux tiers des importations en temps de paix. Toutes ces difficultés se sont accrues, au cours du mois de janvier 1940, en raison du blocus par la glace qui a obligé l'Allemagne à suspendre ses transports de pétrole par le Danube. On estime qu'en janvier et en février 1940, elle n'a pas importé par mois plus de 30 000 t de pétrole roumain. Il existe de nombreuses preuves qu'au printemps, l'Allemagne souffrira de son insuffisance de ravitaillement en pétrole et que les difficultés correspondantes augmenteront, de mois en mois, si l'Allemagne entreprend de grands efforts dans le domaine militaire et aérien. Les réserves de guerre se montent probablement à 3 ou 4 millions de tonnes pour l'essence, mais leur durée n'excéderait vraisemblablement pas trois ou quatre mois d'opérations, à en juger d'après l'expérience de la campagne de Pologne. Les approvisionnements en pétrole de l'Allemagne vont jouer un rôle important dans l'évolution de la guerre si, comme l'annonce le maréchal Goering, le Reich lance une grande offensive aérienne au printemps. On sait que l'Allemagne a poussé deux pointes d'avant-garde : l'une en Galicie, face à la Roumanie ; l'autre dans le sud de la Scandinavie. Ceci pourrait signifier que le Reich envisage de partir prochainement à la conquête du pétrole et du fer, ces matières premières essentielles dont il n'est approvisionné que pour moins d'un semestre (1). Tout ce que l'Allemagne peut espérer, aujourd'hui que le Danube est la seule voie de transport qui lui soit encore permise, c'est que ses importations annuelles de pétrole roumain se montent à 1,5 million de tonnes. Aux dires d'experts, cela semble impossible.

**D**ANS quelle mesure, la Roumanie peut-elle suppléer à l'insuffisance de ravitaillement du Reich en pétrole ?

Pour s'en rendre compte, il convient d'examiner les statistiques relatives aux importations allemandes de pétrole en 1938, quant à leurs tonnages et à leur origine, telles qu'elles sont données par la *Revue Pétrolifère* du 11 novembre 1939, citées en nombres arrondis (tableau I).

	Millions de tonnes
Essence .....	1,4
Pétrole brut.....	1,3
Huile de graissage.....	0,4
Fuel oil.....	0,4

TABLEAU I : IMPORTATIONS ALLEMANDES DE PRODUITS PÉTROLIFÈRES EN 1938

En regard de ces importations, il convient d'inscrire les exportations de l'U. R. S. S. et celles de la Roumanie, en 1938, considérées dans leur ensemble (tableau II).

	U.R.S.S.	Roumanie	Totaux
	(millions de tonnes)		
Essence .....	0,5	1,6	2,1
Pétrole brut.....	»	0,4	0,4
Gas oil.....	0,4	0,8	1,2
Huile de graissage.	0,2	0,04	0,3
Fuel oil.....	2,5	0,9	3,4

TABLEAU II : EXPORTATIONS, EN 1938, DE PRODUITS PÉTROLIFÈRES, PAR L'U. R. S. S. ET LA ROUMANIE

Mises bout à bout, ces exportations russes et roumaines n'équilibrent pas les importations allemandes. Par rapport à ces dernières, comme le montre le rapprochement des tableaux I et II, il s'établit un déficit de 0,9 million de tonnes pour le pétrole brut et de 0,1 million pour l'huile de graissage. Il

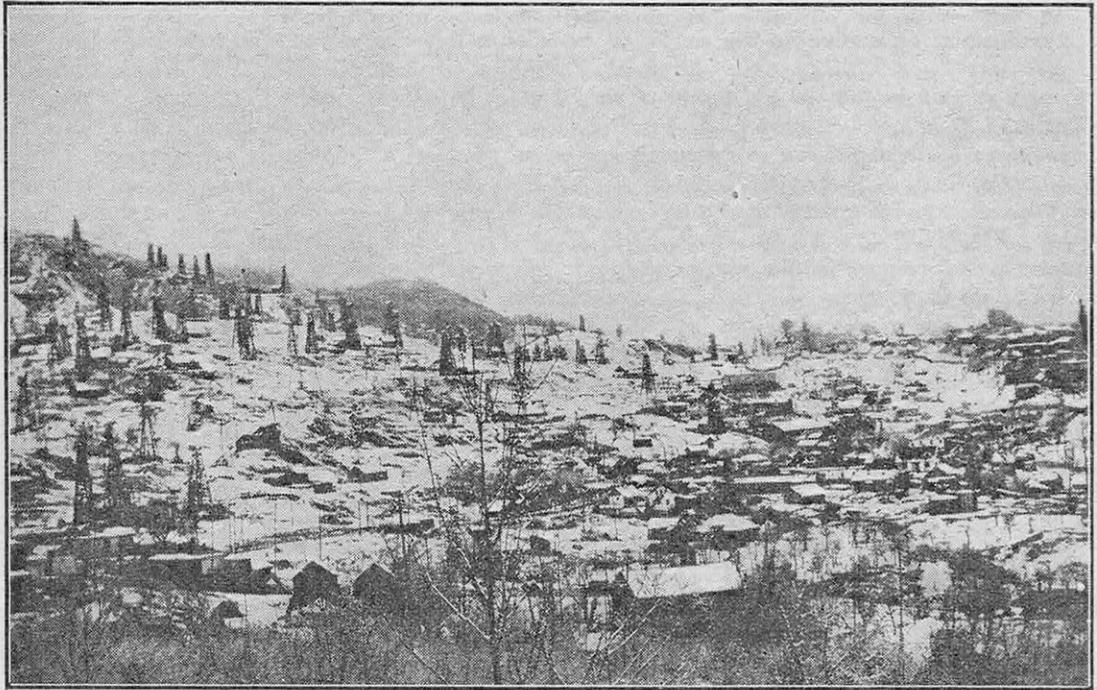
(1) On doit très expressément tenir compte que les pays scandinaves fournissaient annuellement, à l'Allemagne, de 10 à 11 millions de minerais de fer, ce qui représente environ 6 millions de tonnes de fer, soit près du quart de la production en acier du Reich.

y a excédent de 0,7 million de tonnes pour l'essence et de 3 millions pour le fuel oil. Actuellement, *a fortiori*, ces déficits s'amplifient tandis que les excédents deviennent, eux-mêmes, des déficits en raison des besoins créés par les hostilités et de la mobilisation à laquelle nos amis roumains ont dû procéder, consécutivement à l'entrée de troupes allemandes en Galicie.

La situation de la Russie, au point de vue

Avec M. Dichter, il est donc permis de dire que la guerre du pétrole est désormais perdue par l'Allemagne (1).

Toutefois, il convient de se demander si la mainmise des Allemands sur les champs pétrolifères de la Roumanie ne leur permettrait pas, en raison d'une exploitation éventuellement (2) plus adroite et plus active, d'en tirer davantage d'hydrocarbures. En même temps, on recherchera si le Reich



(75 814)

FIG. 1. — CHAMP PÉTROLIFÈRE ROUMAIN DE LA RÉGION DE PLOIESTI

des carburants est beaucoup moins favorable qu'on le croit généralement (1).

En effet, en 1938, la production russe de pétrole brut s'est élevée à 28,8 millions de tonnes, mais 10 % seulement du pétrole brut peut fournir du carburant. Aussi l'U. R. S. S. a dû acheter aux Etats-Unis 146 112 t d'essence, soit environ l'équivalent de 5,1 % de la production totale russe des carburants.

La production russe en carburants est à peine suffisante pour le temps de paix. Si l'U. R. S. S. était en guerre à la fois à l'Ouest et au Sud, elle serait obligée d'importer des quantités considérables de carburants et celles-ci ne pourraient être fournies que par les Etats-Unis. La catastrophe militaire serait alors toute proche.

(1) Nul n'ignore l'intensité de la contrebande dans le Pacifique, laquelle porte, en particulier, sur de l'essence aviation américaine, débarquée à Vladivostok, d'où elle est acheminée vers le Reich et l'U. R. S. S.

pourrait transporter sur son territoire toute la production de pétrole roumain.

### Les gisements pétrolifères en Roumanie

En Roumanie, le pétrole se rencontre sur la courbure extérieure des Carpathes. Les

(1) Suivant la haute autorité de M. le général Serrigny, il faut au Reich en guerre environ 12 millions de tonnes de pétrole par an au minimum. Or, au début de la guerre, le Reich disposait de réserves évaluées à 2 millions de tonnes. Si l'on tient compte de l'essence fournie par la Roumanie et la Russie, puis de l'essence obtenue par synthèse (environ 2 millions de tonnes par an), l'Allemagne ne dispose d'essence que pour sept à huit mois de guerre active.

Quant à la Russie, elle conserve pour ses besoins toute sa production de pétrole. Qu'on s'imagine, au surplus, toutes les difficultés qu'elle a rencontrées pour expédier de l'essence du Caucase en Finlande, suivant l'interminable trajet mer Caspienne, la Volga, le canal vers Moscou et Leningrad !

(2) Nous disons « éventuellement », posant ainsi une hypothèse. Nous verrons que celle-ci n'est point de tout fondée parce que les Roumains sont des maîtres dans la technique du pétrole.

terrains considérés comme probablement pétrolifères couvrent une superficie d'environ 150 000 hectares. Néanmoins, en 1936, les concessions accordées s'étendaient seulement sur 54 500 hectares dont 4 200 se trouvaient en état d'exploitation avec des chantiers productifs, en exploration ou temporairement abandonnés.

Sur quatre districts : Prahova, Dombovitz, Bacau et Buzau, situés au nord-est de Bucarest, les deux premiers concourent respectivement pour environ 63 et 34 % à la production roumaine de pétrole. Celle-ci a atteint son

point culminant en 1936 avec 8 millions de tonnes, puis elle est tombée à 6,6 millions en 1938. Ce fut la conséquence d'une législation fiscale trop lourde qui a provoqué un déficit financier d'exploitation et a obligé à réduire les recherches. De fait, de 1936 à 1938, la longueur des sondages a été abaissée de 229 000 à 103 200 m, ce qui représente déjà un effort financier im-

portant puisque le prix de revient d'un mètre de forage dépasse 1 000 fr en moyenne.

L'industrie roumaine du pétrole est remarquablement développée. Ses investissements sont évalués à près de 2 milliards de francs. Ses raffineries les plus modernes permettent de traiter environ 9 millions de tonnes de pétrole brut par an; la capacité annuelle totale de l'industrie roumaine du raffinage se monte à quelque 11 millions de tonnes.

### Exportation des produits pétrolifères roumains en Europe

La Roumanie est, en Europe, le plus fort exportateur de pétrole et, dans le monde, elle occupe, à ce titre, le sixième rang. Nous avons vu plus haut, au tableau II, puis, un

peu après, que la Russie joue un rôle de moins en moins important en tant que pays exportateur de produits pétrolifères.

En 1938, les exportations roumaines de pétrole se sont élevées à 4,5 millions de tonnes, dont 540 000 t à destination de l'Angleterre, 290 000 t de la France, 556 000 t de l'Italie (1), 200 000 t de la Grèce, 283 000 t de l'Égypte, puis, enfin, des pays du bassin danubien. On remarquera la quantité importante de pétrole, plus d'un demi-million de tonnes, que l'Italie reçoit de la Roumanie. C'est là une des nombreuses raisons pour

lesquelles l'Italie s'est attachée au maintien du *statu quo* dans les pays balkaniques. Elle vient de demander, d'ailleurs (1<sup>er</sup> février 1940), que ses importations de pétrole roumain soient élevées à 1 million de tonnes.

Pour les six premiers mois de l'année 1939, suivant la *Revue pétrolifère*, les 2,3 millions de tonnes de pétrole exportées par la Roumanie sont parties par les

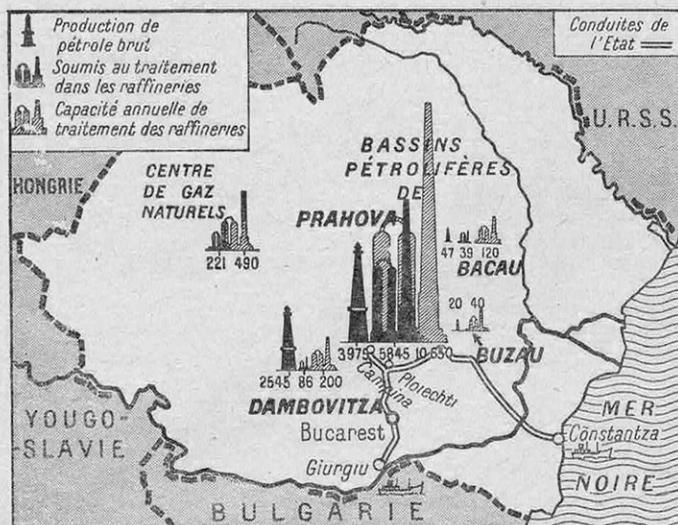


FIG. 2. — CARTE DES RÉGIONS PÉTROLIFÈRES DE LA ROUMANIE INDIQUANT, POUR 1938, EN MILLIONS DE TONNES, L'EXTRACTION DE PÉTROLE OU DE GAZ NATUREL, LES QUANTITÉS RAFFINÉES EN VUE DE LA PRODUCTION D'ESSENCE ET LA CAPACITÉ TOTALE DE PRODUCTION DES USINES DE RAFFINAGE (D'APRÈS MIHAIL PIZANTY)

voies qu'indique le tableau III.

Ce tableau montre que la plus grande partie du pétrole, les trois quarts environ, est expédiée par voie maritime (Constanza), comme permet de le prévoir le schéma de la figure 2. Le transport par voie ferrée ne

Lieux d'expédition	Tonnages	%
	(millions de tonnes)	
Constanza.....	1,57	70,7
Giurgu.....	0,55	25,0
Autres ports danubiens.	0,01	0,7
Transports terrestres....	0,08	3,6

TABLEAU III : EXPORTATIONS ROUMAINES DE PÉTROLE AU COURS DES SIX PREMIERS MOIS DE L'ANNÉE 1939

(1) Retenons bien l'importance des exportations roumaines de pétrole à l'Italie : 556 000 t, car ceci montre que l'Italie ne peut pas se désintéresser du destin de la Roumanie, pays d'ascendance latine.

joue qu'un rôle secondaire : 3,6 %. La part, des ports danubiens, Giurgu et les autres, s'élève à 25,6 %. Elle correspond aux exportations vers les pays du bassin danubien : Bulgarie, Yougoslavie, Hongrie, Tchécoslovaquie et Allemagne.

Certes, les voies maritimes et fluviales permettent souvent des transports plus économiques que la voie ferrée, mais, au

1° La navigation sur le Danube est interrompue pendant une partie de l'hiver, à cause de la gelée. Nous avons vu que celle-ci fut particulièrement sévère durant le mois de janvier 1940 ;

2° L'augmentation des expéditions fluviales nécessite la libre disposition de péniches spécialement aménagées. Il faut évidemment un certain temps pour les cons-

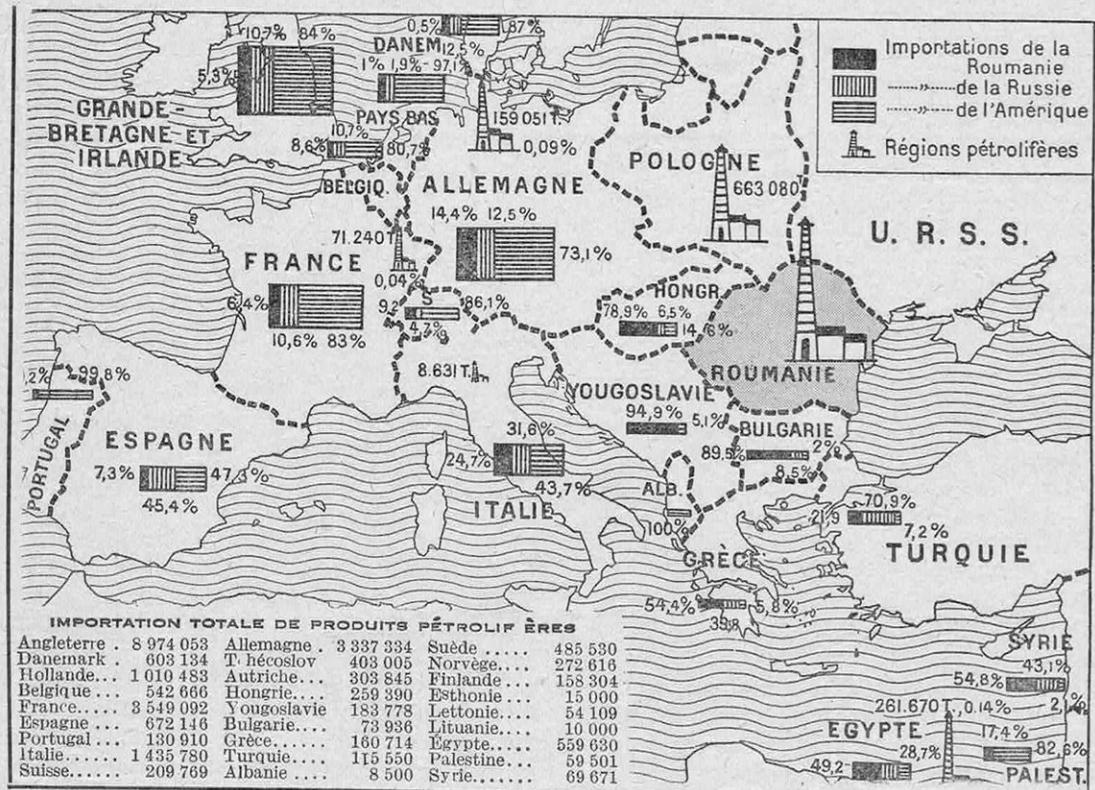


FIG. 3. — CARTE INDIQUANT LES EXPORTATIONS ROUMANES DE PRODUITS PÉTROLIFÈRES DANS LES PRINCIPAUX PAYS D'EUROPE EN 1938 (D'APRÈS MIHAIL PIZANTY)

Pour chaque pays est indiqué le total, en tonnes, des importations de produits pétrolifères (cartouche), ainsi que le pourcentage des importations en provenance de Roumanie, de Russie et d'Amérique.

cas présent, la part restreinte des expéditions de pétrole roumain par la voie terrestre provient principalement d'une insuffisance de locomotives et de wagons-citernes. De ces derniers, la Roumanie ne dispose que 7 950, représentant une capacité de 108 472 t, ce qui est tout à fait insuffisant pour satisfaire aux exigences de l'Allemagne.

Il faut encore retenir que, jusqu'à 1938, le Reich recevait par mer principalement (les deux tiers environ de ses achats), *via* Constanza, les pétroles roumains. Dans quelle mesure les transports par le Danube peuvent-ils être amplifiés ? M. Dichter répond à cette question par les deux faits que voici :

truire, les outiller et en former les équipages. Pour le moment, la flotte pétrolière du Danube ne groupe même pas 300 unités dont le tonnage global est de l'ordre de 220 000 t. Sur cet ensemble, environ 45 % naviguent sous le pavillon allemand, respectivement 15, 13 et 11 % sous les pavillons yougoslave, roumain et anglais.

Les experts les plus qualifiés, notamment M. Dichter, estiment que la quantité maximum de pétrole que l'Allemagne peut recevoir annuellement, par la voie du Danube, n'atteint même pas un million de tonnes. Cette quantité ne doit pas pouvoir excéder 500 000 t pour les expéditions par wagons-citernes. Cependant, malgré ce « pla-

fond» de 1 500 000 t, le Reich vient d'exiger (1<sup>er</sup> février 1940) que ses réceptions se montent à deux millions de tonnes (1).

Par conséquent, il paraît douteux, à cause des difficultés de transport du pétrole tant par voie fluviale que par voie terrestre, que la mainmise du Reich sur les richesses pétrolières de la Roumanie puisse, avant très longtemps, soulager, de façon appréciable, l'Allemagne de son insuffisance reconnue de ravitaillement en carburants et en combustibles liquides.

### Comment les centres pétrolifères sont reliés aux centres d'exportation du pétrole roumain

Les deux principaux centres d'exportation du pétrole sont, comme l'ont montré la figure 2 et le tableau III, Constanza, sur la mer Noire, et Giurgiu, sur le Danube. Vraisemblablement, l'activité du port de Constanza s'amointrira, durant la guerre, au profit de celui de Giurgiu, d'où partiront principalement les pétroles réservés au Reich. Dans ce renversement de courant, il faut compter avec le débit des pipe-lines raccordant les champs pétrolifères avec Constanza et Giurgiu. Des déboires pourront naître, à en juger d'après les diamètres notablement différents de ces canalisations. Celles-ci sont au nombre de quatre, savoir :

1<sup>o</sup> La grande conduite de lampant a, comme point de départ, la région de Baicoi, avec embranchement à Campina; vient ensuite le tracé Ploesti-Buzau, d'un diamètre de 229 mm, d'où elle continue avec un diamètre de 254 mm, passant par Faurei, Fetesti, Cernavoda, Pallas ayant comme station terminus le port maritime de Constanza. Sa longueur totale est de 320 km;

2<sup>o</sup> La conduite d'un diamètre de 127 mm partant de Baicoi, possédant un embranchement avec Campina, passant par Ploesti, et suivant la ligne de ceinture de la capitale et aboutissant au port danubien de Giurgiu. Sa longueur totale est de 180 km, et sert pour les produits blancs (raffinés);

3<sup>o</sup> Une autre conduite du même diamètre, et suivant exactement le même tracé, sert au transport des produits noirs (lourds) sur la distance Baicoi-Giurgiu;

4<sup>o</sup> La conduite destinée à l'approvisionnement de la capitale part également de Baicoi,

(1) Actuellement, les trains pétroliers roumains se dirigeant sur l'Allemagne, en transitant par la Galicie russe, suivent, tant en Roumanie qu'en Pologne, une ligne à voie unique, donc à très faible débit. Par surcroît, sur le parcours polonais, la voie est si en mauvais état et le ravitaillement en charbon si insuffisant, que le trafic journalier est limité à trois trains de vingt-cinq wagons chacun.

ayant un diamètre de 125 mm et une longueur de 80 km.

La longueur totale des conduites est de 760 km.

### L'avenir de l'industrie pétrolifère roumaine

L'extraction pétrolière en Roumanie a atteint son maximum, en 1934, avec 8,47 millions de tonnes, puis elle a décliné jusqu'à 6,6 millions en 1938. Il faut voir là une conséquence de la crise mondiale qui a particulièrement affecté l'industrie pétrolière. C'est ainsi qu'exprimés en cents par gallon américain (3,78 litres), les prix à l'exportation au départ de New York sont passés de 23 cents en 1928 à 7,5 cents en 1938.

Le déclin de l'extraction pétrolière n'est donc que la conséquence d'un mauvais coup du sort contre lequel les Roumains ont réagi en perfectionnant leurs raffineries et en les complétant par des appareils pour la préparation d'essence d'aviation à fort indice d'octane. Si hautement estimable que soit la technique allemande, elle ne dépassera pas, dans ce domaine-là notamment, celle des ingénieurs roumains.

En outre, le rythme ascendant de la production roumaine, qui a caractérisé la période 1930-1935 — l'extraction s'est alors élevée de 5,7 à 8,4 millions de tonnes — a été brutalement rompu par une fiscalité défectueuse.

Cette situation fâcheuse a été comprise par les cabinets qui se sont succédé depuis le mois de novembre 1937. Tôt ou tard, le ministre de l'Economie prendra toutes dispositions pour stimuler la reprise de l'industrie pétrolière roumaine. D'autres mesures intéressant les transports d'hydrocarbures par voie ferrée et par pipe-lines favoriseront aussi le redressement de cette industrie essentielle. Ce jour-là, elle portera, sans doute, son extraction à 9 millions de tonnes comme le lui permettent ses aménagements modernes des sondes, du matériel de sondage et de ses raffineries. Cette politique n'aurait rien d'aventuré, d'ailleurs, les réserves roumaines de pétrole étant évaluées à quelque 180 millions de tonnes.

Très loin de favoriser la production, une mainmise de l'Allemagne sur les champs pétrolifères de la Roumanie ne ferait que provoquer son déclin rapide. Il serait facile, d'ailleurs, de détruire les sondes, les raffineries, les pipe-lines, le matériel portuaire, les chalands pétroliers et priver ainsi pour longtemps l'Allemagne de tout pétrole roumain.

CH. BERTHELOT.

# LES RADIOELEMENTS ARTIFICIELS, NOUVEAUX ET SUBTILS OUTILS DE RECHERCHES PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES

Par Louis HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

*Par les différentes techniques mises au point dans les laboratoires de physique nucléaire, et qui sont fondées sur l'emploi des générateurs électrostatiques et surtout des cyclotrons, on sait, aujourd'hui, créer artificiellement, et en quantité appréciable, des éléments radioactifs jusqu'ici inconnus. Ces éléments nouveaux sont doués des mêmes propriétés physiques et chimiques (radioactivité mise à part) que les éléments stables ordinaires qui leur correspondent (isotopes). Comme eux, ils peuvent former des combinaisons chimiques et, sous cette forme, jouer le rôle d'indicateurs ultrasensibles, permettant de suivre pas à pas, au cours d'une transformation physique, d'une réaction chimique, ou à travers les organes vivants d'un animal ou d'un végétal, le sort de l'élément considéré. Cette méthode originale d'expérimentation in vivo est d'une précision extraordinaire et paraît appelée à rendre les plus grands services dans les recherches biologiques comme en chimie organique, grâce aux possibilités d'investigation pratiquement illimitées qu'elle semble devoir mettre à la disposition des chercheurs.*

LE progrès de la science est lié à la précision des mesures ; parmi les moyens variés employés pour accroître cette précision, un des plus ingénieux consiste dans l'emploi de certains agents, nommés indicateurs, ou révélateurs, dont la présence, facile à constater, est liée à l'existence de tel ou tel phénomène. Tout le monde connaît l'utilisation, faite par les chimistes, de la teinture de tournesol ou d'autres indicateurs colorés pour apprécier l'état de neutralité, ou le pH (1), d'une solution saline. De même, en introduisant de la fluorescéine dans l'eau d'une source ou d'un cours d'eau, on peut identifier le flux liquide, souvent masqué par un parcours souterrain ; bien plus, une mesure de la teneur en révélateur peut apprendre si le flux liquide s'est divisé, ou s'il a été dilué par d'autres eaux.

Dès la découverte des phénomènes radioactifs, on avait constaté l'extraordinaire sensibilité des méthodes de détection utilisées ; c'est grâce à cette sensibilité qu'on

(1) La notion de pH, d'acquisition relativement récente, permet de caractériser par un chiffre le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une solution, en évaluant la concentration en ions hydrogène libres de cette solution. Pour l'eau pure, chimiquement neutre, le pH est égal à 7. Toutes les solutions dont le pH est inférieur à 7 sont acides, toutes celles dont le pH est supérieur à 7 sont alcalines (basiques). Par définition, ces chiffres représentent le logarithme (de base 10) de l'inverse de la concentration en ions hydrogène. Les lettres pH sont une abréviation de « potentiel hydrogène », cette grandeur étant donnée expérimentalement par des mesures de potentiel. (Voir *la Science et la Vie*, n° 248, page 95).

a pu mettre en évidence des transformations où interviennent des quantités de matières insaisissables à la balance : on peut constater l'existence d'un produit radioactif dont la masse totale n'atteint pas un millionième de millionième de milligramme ; et même, rien ne s'oppose, théoriquement, à ce qu'on révèle la présence d'un unique atome, voire d'un électron.

Il était donc tout indiqué de recourir aux techniques radioactives pour déceler des phénomènes échappant à la balance ou aux méthodes les plus délicates de l'analyse chimique et de la spectroscopie. Mais cet emploi s'est trouvé élargi et facilité par deux propriétés nouvelles de la matière.

La première est l'existence des isotopes, c'est-à-dire d'éléments possédant le même nombre atomique (désigné généralement par Z), mais avec des poids atomiques (représentés par A) différents. On sait que ces corps ne diffèrent que par la structure de leurs noyaux ; en revanche, leurs atmosphères électroniques sont identiques ; or, les propriétés optiques et les réactions chimiques des éléments ne dépendent que de cette atmosphère. On pourra donc prendre comme indicateur d'un élément chimique un quelconque de ses isotopes, qui l'accompagnera à travers toutes ses transformations physiques et chimiques, et cette facilité sera précieuse si l'isotope cherché est radioactif. Ainsi, le radium D et le thorium B, qui ont pour poids atomique 210 et 212, mais dont le

nombre atomique 81 est le même que celui du plomb, pourront, en raison de leurs radioactivités, servir d'indicateurs pour ce dernier métal ; le radium E et le thorium C serviront d'indicateurs pour le bismuth.

Le domaine de ces applications s'est trouvé considérablement élargi par la découverte, qui date de 1934, de la radioactivité artificielle. Grâce à elle, un grand nombre d'éléments, les plus rares comme les plus communs, ont acquis leur « double » radioactif ; au lieu de se limiter au plomb, au bismuth, au thorium, au thallium, la liste des isotopes actifs comprend aujourd'hui quelque 80 éléments.

Mais tous les corps ne sont pas aptes à servir d'indicateurs. Une première restriction à leur emploi provient de leur période radioactive, car il est évident que les corps à évolution rapide se détruisent avant qu'aucune mesure ait pu être effectuée ; ainsi, on connaît 7 isotopes actifs du zinc, dont les périodes varient entre quelques minutes et plusieurs mois ; s'ils étaient tous également aisés à préparer, il est évident que les derniers devraient être préférés et que l'emploi des premiers, s'il est admissible, serait compliqué par leur désintégration progressive.

En réalité, tous les isotopes ne s'obtiennent pas avec une égale facilité, ni avec une égale abondance ; c'est ainsi que, pour l'isotope à longue vie du zinc, il faut avoir recours au cyclotron, appareil coûteux et réservé à un petit nombre de laboratoires, tandis que pour d'autres, comme le radiobrome ou le radioarsenic, on pourra se contenter de recourir au bombardement par les neutrons lents, obtenus eux-mêmes en faisant réagir l'émanation du radium sur le glucinium (ou béryllium) ou aux protons et deutérons accélérés dans le générateur électrique Van de Graaf.

Finalement, on trouvera, dans le tableau ci-après, la liste des radioéléments artificiels qui ont été utilisés jusqu'à présent comme indicateurs ; cette liste est empruntée à un travail récent de J. Rosenblum et J.-F. Flagg, chimistes à l'Université américaine Princeton ; y ont été jointes les équations de formations, telles qu'elles sont établies par M. Jean Thibaud dans son ouvrage : *Vie et Transmutation des atomes*. Je rappellerai que, dans le système de notation universellement adopté, le symbole de chaque élément est accompagné par deux chiffres, celui d'en haut indiquant le poids atomique A, tandis que le chiffre inférieur marque le nombre atomique Z ; les agents de bombardement sont, ou bien les neutrons n, ou les

deutérons D<sup>2</sup>, ou encore les hélions (corpuscules alpha) He<sup>4</sup> :

Radio-élément	Période	Agent de bombardement	Equation de transmutation
Carbone...	21 mn	D <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>10</sub> <sup>10</sup> + D <sub>1</sub> <sup>2</sup> = C <sub>11</sub> <sup>11</sup> + n <sub>0</sub> <sup>1</sup>
Sodium ...	14 h 8	D <sub>1</sub> <sup>2</sup>	Na <sub>11</sub> <sup>22</sup> + D <sub>1</sub> <sup>2</sup> = Na <sub>11</sub> <sup>24</sup> + H <sub>1</sub> <sup>1</sup>
Phosphore.	15 j	n <sub>0</sub> <sup>1</sup>	S <sub>16</sub> <sup>32</sup> + n <sub>0</sub> <sup>1</sup> = P <sub>15</sub> <sup>32</sup> + H <sub>1</sub> <sup>1</sup>
Phosphore.	15 j	n <sub>0</sub> <sup>1</sup>	Cl <sub>17</sub> <sup>35</sup> + n <sub>0</sub> <sup>1</sup> = P <sub>15</sub> <sup>32</sup> + He <sub>2</sub> <sup>4</sup>
Soufre ....	80 j	n <sub>0</sub> <sup>1</sup>	Cl <sub>17</sub> <sup>35</sup> + n <sub>0</sub> <sup>1</sup> = S <sub>16</sub> <sup>36</sup> + H <sub>1</sub> <sup>1</sup>
Chlore ....	35 mn	n <sub>0</sub> <sup>1</sup>	Cl <sub>17</sub> <sup>37</sup> + n <sub>0</sub> <sup>1</sup> = Cl <sub>17</sub> <sup>38</sup>
Potassium.	12 h 2	n <sub>0</sub> <sup>1</sup>	K <sub>19</sub> <sup>41</sup> + n <sub>0</sub> <sup>1</sup> = K <sub>19</sub> <sup>42</sup>
Manganèse	2 h 5	n <sub>0</sub> <sup>1</sup>	Mn <sub>25</sub> <sup>55</sup> + n <sub>0</sub> <sup>1</sup> = Mn <sub>25</sub> <sup>56</sup>
Arsenic ...	27 h	n <sub>0</sub> <sup>1</sup>	As <sub>33</sub> <sup>75</sup> + n <sub>0</sub> <sup>1</sup> = As <sub>33</sub> <sup>76</sup>
Brôme ...	4 h 5	n <sub>0</sub> <sup>1</sup>	Br <sub>35</sub> <sup>79</sup> + n <sub>0</sub> <sup>1</sup> = Br <sub>35</sub> <sup>80</sup>
Brôme....	36 h	n <sub>0</sub> <sup>1</sup>	Br <sub>35</sub> <sup>81</sup> + n <sub>0</sub> <sup>1</sup> = Br <sub>35</sub> <sup>82</sup>
Iode .....	25 mn	n <sub>0</sub> <sup>1</sup>	I <sub>53</sub> <sup>127</sup> + n <sub>0</sub> <sup>1</sup> = I <sub>53</sub> <sup>128</sup>
Or .....	2 j 5	n <sub>0</sub> <sup>1</sup>	Au <sub>79</sub> <sup>197</sup> + n <sub>0</sub> <sup>1</sup> = Au <sub>79</sub> <sup>198</sup>

Ainsi, par exemple, lorsqu'on désire étudier le comportement du manganèse dans tel ou tel processus physicochimique, on pourra incorporer au manganèse normal une certaine fraction de radiomanganèse, obtenue en bombardant l'élément en question (ou plutôt un de ses sels) par des neutrons ; la mesure de la radioactivité, et sa localisation dans les diverses phases du système, fourniront les renseignements voulus, pourvu que le phénomène étudié n'ait qu'une durée de quelques heures, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que la période radioactive.

Sur ces principes s'est édifiée une technique, dont Paneth et von Hevesy ont été les promoteurs ; technique extrêmement variée comme les phénomènes étudiés, à laquelle près de cent mémoires ont été consacrés. Nous nous contenterons d'en donner quelques exemples simples et topiques, choisis dans divers domaines de la physique et de la biologie, mais en laissant de côté l'application aux réactions chimiques, trop complexe pour être exposée ici.

### Les indicateurs radioactifs en physique

Prenons un phénomène simple : la solubilité d'un sel dans l'eau ; lorsqu'on dit que tel sel est insoluble, on exprime une vérité approchée ; en réalité, on devrait dire que cette solubilité est trop faible pour être mesurée par les moyens dont la physique dispose ; mais elle peut être manifestée par l'emploi des indicateurs radioactifs.

Prenons, par exemple, le chromate de plomb ; si, au plomb, on incorpore une certaine quantité de son isotope, le radium D, on pourra constater que l'eau mise en contact avec le chromate est devenue radioactive et, par la mesure de cette activité, on saura déterminer la teneur en sel dissous ; on en déduit le coefficient de solubilité,  $1,2 \times 10^{-5}$  g par litre, à la température de 25 degrés.

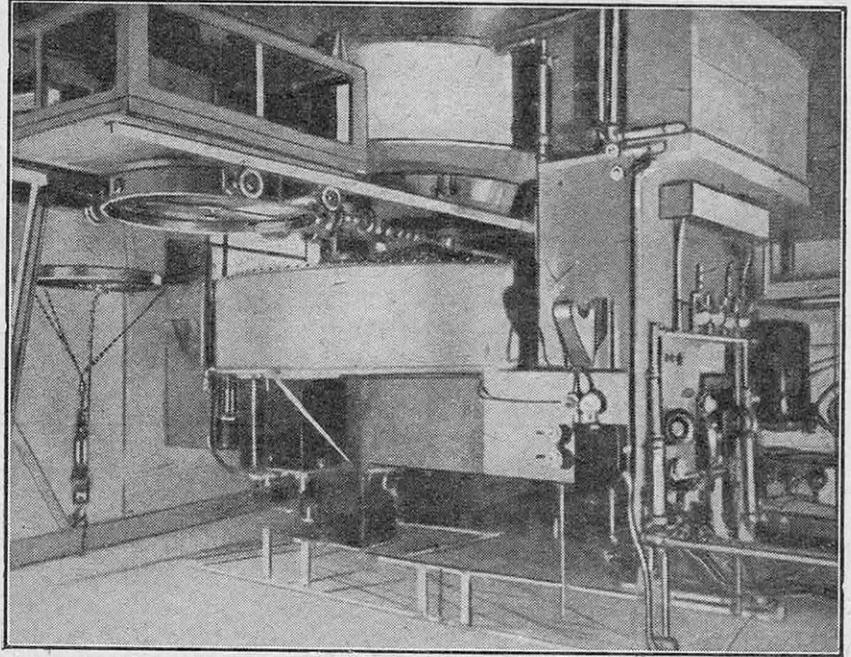
Dès 1925, Hevesy avait employé une technique analogue pour étudier la diffusion du plomb liquide dans sa propre substance : dans un tube vertical, et maintenu à 340 degrés par un thermostat, on place, au fond, du plomb activé par du thorium D et, au-dessus, du plomb inactif. Au bout de quelques jours, la masse refroidie et solidifiée est découpée en tranches dont on mesure l'activité ; on constate ainsi que les atomes de plomb actif ont diffusé à l'intérieur du métal, et on en déduit la mesure du coefficient de diffusion.

Plus intéressante encore est l'application de cette méthode faite par Sagrubsy à l'étude de l'autodiffusion de l'or solide, en superposant des feuilles d'or ordinaire à une feuille du même métal préalablement activée par les neutrons ; en dissolvant ensuite ces feuilles dans l'eau régale et en mesurant leurs activités, on en peut déduire le coefficient de diffusion D à différentes températures :

Température	D en cm/jour
800°	$1,3 \times 10^{-7}$
850°	$5,0 \times 10^{-7}$
1 000°	$1,5 \times 10^{-4}$

Ces résultats mettent en évidence l'existence de l'autodiffusion dans un corps

nettement solide (l'or fond à 1 063 degrés), et même cristallisé ; ils nous montrent combien sommaires et imparfaites sont nos définitions de l'état solide, puisque nous voyons les atomes d'un cristal d'or cheminer à travers le métal, où nous les imaginions immobiles ; remarquons encore que cette



(72 258)

FIG. 1. — LE CYCLOTRON DE LA FONDATION DE RECHERCHES BIOCHIMIQUES DU FRANKLIN INSTITUTE A PHILADELPHIE (ÉTATS-UNIS)

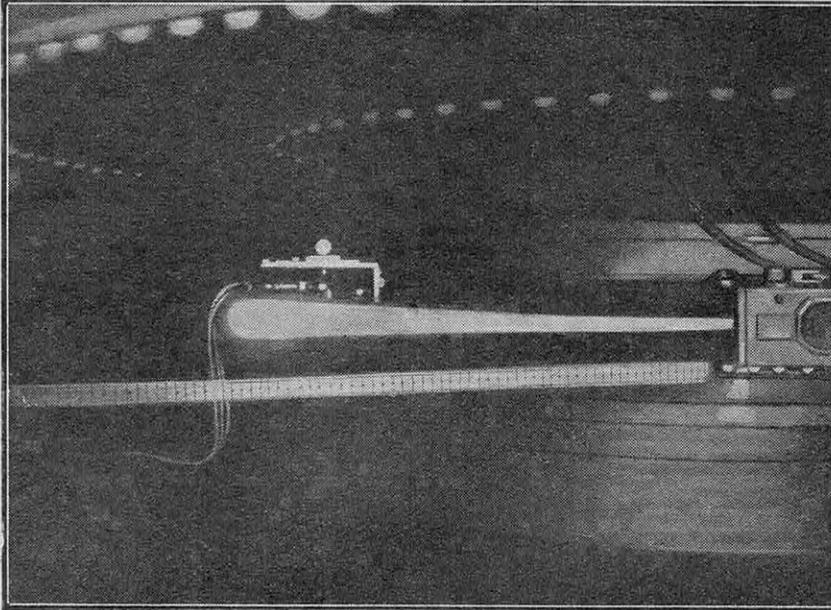
*Cet appareil est utilisé couramment pour la production d'éléments radioactifs artificiels destinés tant à des traitements médicaux qu'à des recherches de laboratoires. Ces dernières portent principalement sur le métabolisme des végétaux et des animaux, pour différentes substances.*

diffusion est devenue mille fois plus rapide à 1 000 degrés qu'à 800, ce qui montre bien que le changement d'état que nous fixons à 1 063 degrés s'accuse auparavant par des signes prémonitoires et par un relâchement progressif, avant rupture, des liens intermoléculaires.

Entre autres applications, j'indiquerai encore qu'un radioélément peut servir d'indicateur pour un autre corps radioactif ; c'est ainsi que, dans l'étude chimique de l'actinium, on a trouvé grand avantage à utiliser son isotope, le mésothorium II ; il est facile, en effet, de doser ce dernier élément, malgré la décroissance assez rapide de son activité, par le rayonnement *gamma* qu'il émet, tandis que l'actinium n'émet pas de rayonnement ionisant appréciable, et ne peut être dosé que par l'étude de ses dérivés, dont la production est lente.

### Applications botaniques

Quelques intéressantes que soient ces applications, l'attention se porte avant tout sur les recherches biologiques ; dans ce domaine, l'emploi des indicateurs radioactifs a ouvert des voies nouvelles à la recherche et aussi éveillé de grands espoirs, en promettant de renouveler les méthodes thérapeutiques.



(72 259)

FIG. 2. — LE CYCLOTRON DU FRANKLIN INSTITUTE DE PHILADELPHIE EN FONCTIONNEMENT

*On distingue ici la paroi extérieure de la chambre d'accélération des ions servant au bombardement de l'élément soumis à la transmutation. Cette chambre est placée entre les pôles d'un puissant électroaimant. On voit la trace lumineuse laissée dans l'air par le faisceau de deutons (noyaux d'hydrogène lourd) accélérés dans le cyclotron. Leur énergie peut être estimée ici à 11 millions d'électrons-volts.*

Le problème le plus simple, en apparence, est celui que soulève la croissance des végétaux et le métabolisme des divers éléments qui entrent dans leur constitution. L'architecture d'un être vivant n'est pas comparable à celle d'un édifice, où chaque pierre reste à la place où on l'a mise ; elle est dynamique et non statique, c'est-à-dire que les éléments y sont en perpétuelle migration.

C'est ce qui a été établi, en ce qui concerne spécialement le phosphore, par Hevesy, Linderstrom et Olsen, dans une série d'expériences poursuivies sur le maïs et le tournesol. On peut en donner une idée simplifiée sous la forme suivante : un jeune plant de maïs est élevé dans un sol artificiel, fait de sable imbibé par des produits chimiques en solution ; parmi ceux-ci figure du phosphate de

soude, unique source de phosphore où pui- sera la plante. Mais ce phosphore lui-même peut être activé, c'est-à-dire contenir une certaine fraction de radiophosphore. Supposons donc qu'on utilise d'abord du phosphate inactif ; les premières feuilles qui pousseront ne présenteront, de toute évidence, aucune activité. Introduisons alors dans ce sol artificiel du phosphate activé et, après la pousse d'une seconde série de feuilles, brûlons la plante en séparant ses différentes parties, et analysons les cendres, tant pour la teneur en phosphore total  $P_t$ , que pour leur teneur en phosphore actif  $P_a$ , déterminée par l'électromètre. L'expérience donne les résultats suivants :

	Rapport $\frac{P_a}{P_t}$
Tige . . . . .	0,791
1 <sup>res</sup> feuilles .	0,709
2 <sup>mes</sup> feuilles .	0,698

Ainsi les premières feuilles, aussi bien que les secondes, contiennent du radiophosphore, et elles en contiennent sensiblement la même proportion ; le phosphore actif est donc venu

s'y incorporer ultérieurement, en prenant la place du phosphore inactif qui y existait déjà ; autrement dit, il existe, à l'intérieur de la plante et à chaque stade de sa croissance, un équilibre dynamique qui résulte d'une incessante évolution.

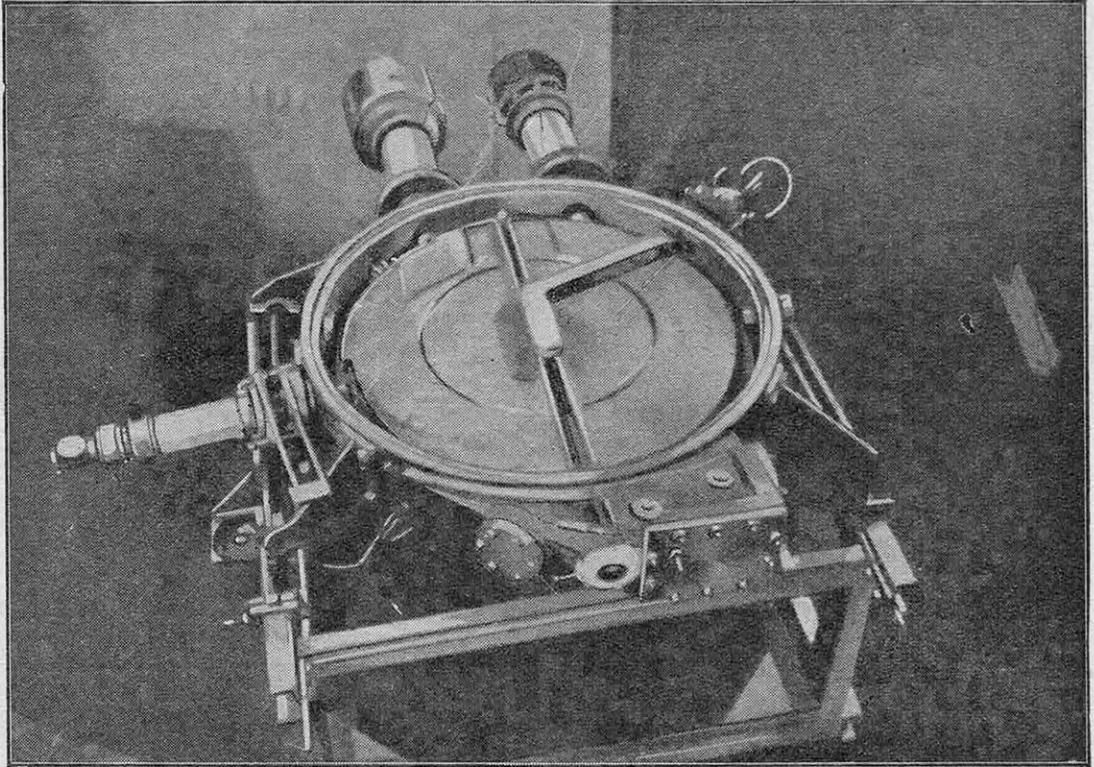
### Le métabolisme du phosphore dans les animaux

Le phosphore joue un rôle tout aussi important dans l'évolution de la vie animale ; on le savait depuis longtemps, mais il était impossible d'établir par quel processus il se localisait dans certains organes, comme les os, le système nerveux. L'emploi du radiophosphore comme indicateur a fourni sur ce point de précieuses indications.

Notons d'abord les expériences d'Artom

et de ses collaborateurs, qui datent de 1937 ; elles ont porté sur la formation, dans l'organisme vivant, des *phospholipides* ; les physiologistes désignent sous ce nom des matières grasses phosphorées, de composition chimique complexe, qui entrent dans la constitution du tissu nerveux, et c'est ce qui donne à leur étude un intérêt spécial. Or Artom a pu constater, en injectant aux

d'abord ce qu'on savait déjà, à savoir qu'une partie du phosphore est fixée momentanément dans les tissus, tandis que le reste passe plus ou moins rapidement dans les urines et autres excréta ; au bout d'un mois, 60 % du phosphore radioactif a été éliminé ; sur le restant, momentanément assimilé, plus de la moitié se retrouve dans le tissu osseux, et 40 % dans les muscles et dans la



(72 260)

**FIG. 3.** — LA CHAMBRE D'ACCÉLÉRATION ET LES DIFFÉRENTS JEUX D'ÉLECTRODES DU CYCLOTRON DU CAVENDISH LABORATORY A CAMBRIDGE (ÉTATS-UNIS)

*L'ensemble a été retiré de la position qu'il occupe normalement entre les deux pôles de l'électroaimant. On aperçoit, au centre, le support de la source d'ions servant au bombardement, et les deux électrodes semi-circulaires reliées aux deux pôles d'un générateur à haute fréquence ; au premier plan la chambre où s'effectue la transmutation par le choc des particules électrisées sur une composition appropriée.*

animaux du phosphate radioactif, que le produit s'était surtout concentré dans le foie, les intestins, les reins et aussi, bien qu'en moindre proportion, dans le système nerveux.

D'autres observations, conduites par Hevesy, Chievitz, Hahn, ont porté sur les rats et les lapins, qui sont, avec les cobayes, les victimes désignées de nos curiosités scientifiques. On donnait à ces animaux une nourriture contenant du phosphate de soude radioactif, ou on injectait directement ce produit dans le sang ; les mesures d'activité faites après l'autopsie confirment

graisse ; si on tient compte du poids des divers organes, on constate que la densité, c'est-à-dire la teneur en phosphore par unité de poids, est plus élevée dans certains organes, comme le cerveau, la rate, les reins et le foie ; il y a donc accumulation de cet élément, et le phosphore doit jouer un rôle important, qui reste à découvrir.

Il en est de même du soufre, de l'iode, du fer, etc. ; des expériences récentes nous apportent, sur l'absorption et la localisation de ces éléments, des renseignements qui seront, un jour ou l'autre, utilisés pour déterminer les facteurs de cet état d'équi-

libre mobile qu'on nomme la santé, et des ruptures d'équilibre qui sont les maladies ; des mesures ont déjà été faites dans le domaine des applications, en particulier par Bale et Haven.

Mais revenons encore sur le métabolisme du phosphore ; les expériences poursuivies sur les animaux de différents âges montrent que ce métabolisme est toujours actif dans le tissu osseux, et spécialement pendant la jeunesse ; sa présence dans ce tissu paraît liée à ce qu'on nomme *le rôle hémopoïétique de la moelle* ; car on sait, aujourd'hui, que c'est surtout dans la moelle des os que se forment à la fois les globules rouges et le plupart des globules blancs.

L'importance de ces relations est encore accrue par les suggestions de Scott et Cook : en introduisant dans le tissu osseux du phosphore radioactif, on a le moyen de soumettre ces régions internes de l'organisme aux radiations produites par la désintégration de cet élément, alors qu'il serait impossible de les atteindre par une autre voie.

Quelle sera l'action de ces rayonnements produits dans des organes sélectionnés ? Personne ne le sait encore, mais il se pourrait qu'elle offrît à la thérapeutique des moyens nouveaux ; alors, les agents radioactifs dépasseraient leur rôle purement scientifique d'indicateurs. Les espoirs, qui sont ainsi apportés à l'humanité souffrante, sont, il est vrai, à échéance très lointaine ; il faudra de longues expériences avant qu'on soit en état d'utiliser un moyen d'action qui pourrait être plus nuisible qu'utile. Mais ces expériences ne sauraient être conduites que par des biologistes, qui, eux-mêmes, sont incapables d'effectuer la synthèse des radioéléments. Il faut donc souhaiter que, par une efficace répartition des tâches, ces agents radioactifs soient bientôt mis à la disposition de ceux, physiologistes et thérapeutes, qui peuvent les utiliser pour les recherches. C'est le but qu'il faut atteindre, d'abord, si on veut que cette grande découverte rende les services qu'on en peut attendre.

L. HOULLEVIGUE.

La « bataille de la récolte », en Allemagne, va porter surtout, en 1940, sur les corps gras, plus encore que sur les céréales. C'est ce qui résulte des directives que le maréchal Goering vient de faire publier dans sa revue *Das Vierjahreplan* (Le plan de quatre ans). C'est, en effet, la pénurie de corps gras qui se fait le plus sentir dans l'alimentation allemande, et un grand effort a été entrepris bien avant la guerre dans ce domaine. La pêche à la baleine à elle seule fournissait jusqu'à 84 000 t d'huile pour la fabrication de la margarine. Il était à prévoir cependant que cette source d'approvisionnement se tarirait, l'Allemagne ne pouvant conserver, en cas de conflit, la maîtrise de la mer, et c'est pourquoi les cultures de plantes oléagineuses, pavot, colza ou navette, ont été considérablement étendues. D'après *le Temps*, les surfaces plantées en colza et en navette sont passées de 5 000 à 90 000 ha entre 1933 et 1939. Le dictateur de l'économie allemande espère voir doubler ce dernier chiffre en 1940, tandis que la culture du pavot doit être portée à 10 000 ha. Il convient également de rappeler le rôle que joue le soja (1) dans l'économie allemande des corps gras. Des accords de troc ont été passés avant guerre entre l'Allemagne et la Mandchourie, ainsi qu'avec le Japon, prévoyant un échange d'armes de guerre et d'explosifs ou de machines et de produits métallurgiques divers contre d'importants tonnages de fèves oléagineuses. En outre, des agents allemands se sont efforcés, depuis quatre ans, de propager la culture du soja dans les Balkans. C'est ainsi qu'en Bulgarie et en Roumanie, comme d'ailleurs en Ukraine russe, on en est aux essais de grande culture. En Yougoslavie, où les exportations de haricots atteignent 30 000 t, le soja réussit également fort bien. Ajoutons que l'Allemagne possède dans la région de Hambourg, Brême, et surtout dans le Sud, d'importantes huileries spécialisées dans le traitement des fèves oléagineuses. Importateur de fèves, le Reich était même, jusqu'à ces dernières années, exportateur d'huile (11 000 t en 1934 contre seulement 220 t en 1935). Le problème des corps gras est intervenu dans la défaite de l'Allemagne en 1918 ; c'est pourquoi elle s'efforce, soit de cultiver, soit de faire cultiver à son profit le soja par ses voisins du sud-est.

(1) Voir *Le soja et les industries du soja*, Gautier-Villars éditeur.

# LE BILAN MENSUEL DE LA GUERRE

(3 Mars - 3 Avril 1940)

Par le général BROSSÉ

*Voici, comme chaque mois, le bilan synthétique des opérations entreprises par les belligérants au cours du mois précédent. Il couvre, cette fois, la période qui va du 3 mars au 3 avril, période de calme apparent, marquée en particulier par la conclusion du traité de Moscou entre l'U. R. S. S. et la Finlande, et où se préparaient, dans les états-majors, les opérations de grande envergure déclenchées au début d'avril. Cette vue d'ensemble aidera à mieux situer, dans leur cadre général, les actions terrestres, navales et aériennes que rapportent les communiqués quotidiens.*

## La situation sur le front occidental

LES prévisions basées sur l'intérêt, pour les Allemands, d'attaquer le plus tôt possible, une fois l'hiver fini, ne se sont pas réalisées. Le fatidique mois de mars, qu'Hitler a choisi tant de fois pour accomplir, par surprise, ses coups de force, s'est achevé sans qu'aucun changement se soit produit sur le front occidental. Le dispositif d'attaque allemand est toujours en place, face aux frontières de la Hollande, de la Belgique, du Luxembourg et de la France, entre Moselle et Rhin. Les armées allemandes sont prêtes, si elles en reçoivent l'ordre, à prendre l'offensive en vingt-quatre ou quarante-huit heures. Mais aucun indice ne permet de supposer que le mouvement en avant de cette masse, toujours menaçante, soit sur le point de commencer.

## La guerre aéronavale

Si les opérations terrestres dans l'Ouest de l'Europe ont conservé leur forme stagnante, par contre, la lutte maritime et aéronavale n'a cessé de se poursuivre avec une extrême violence, surtout dans la mer du Nord. Actuellement, les résultats obtenus paraissent les suivants.

La marine franco-britannique a pris nettement la supériorité sur les sous-marins allemands ; une forte proportion de ceux-ci a été coulée depuis plusieurs semaines ; les pertes des bâtiments alliés, par torpillage, sont devenues très faibles. Les Allemands s'acharnent de préférence contre les navires neutres, pour empêcher toutes les puissances maritimes de ravitailler l'Angleterre ; mais les résultats obtenus contre les convois escortés par les patrouilleurs britanniques ou français sont minimes. On ne peut affirmer, toutefois, que cette situation, si favorable pour les Alliés, se poursuivra

longtemps. Les capacités des chantiers de constructions navales allemands sont très grandes et une vigilance constante s'impose pour les flottes anglo-françaises.

L'effet, tout d'abord considérable, produit par les mines magnétiques allemandes, a été constamment en s'atténuant, pour devenir, depuis quelque temps, presque nul. Une fois de plus, les Alliés ont trouvé rapidement, grâce aux ressources de leurs techniciens, des procédés leur permettant de mettre les bâtiments à l'abri des destructions causées par les engins allemands de récente invention.

L'aviation britannique a, d'ailleurs, soutenu, pendant tout le mois de mars, une lutte extrêmement dure pour empêcher les hydravions ennemis d'opérer leur travail de lancement de mines. Tous les jours, avec une magnifique ténacité, les reconnaissances britanniques ont survolé les bases aéronavales des côtes de la mer du Nord. L'île de Sylt a été bombardée par un grand nombre d'appareils britanniques qui paraissent avoir obtenu de sensibles résultats. Au cours du mois qui vient de s'écouler, les raids allemands, sur les côtes de l'Angleterre, ont été peu nombreux et n'ont causé aucune perte à la marine de nos Alliés.

## La manœuvre hitlérienne

Actuellement, Hitler cherche à répéter la manœuvre diplomatique-stratégique qui lui a déjà réussi tant de fois. Ayant échoué dans tous ses efforts pour dissocier l'entente entre la France et l'Angleterre, et se voyant dans la nécessité d'abattre ces deux puissances, étroitement unies, il cherche à les isoler en agissant sur les neutres. Sa collusion avec l'U. R. S. S. assure la sécurité de ses opérations du côté de l'Est ; mais son flanc sud, dans les Balkans, pourrait être

menacé, si les Balkaniques, avec l'aide des Alliés, prenaient parti contre l'Allemagne. Sur son flanc nord, on sait où en sont les opérations entreprises en Scandinavie. Un autre grave inconvénient pour le Reich, d'une entrée dans la guerre de ces nations, serait que son ravitaillement en fer suédois, en pétrole et en blé roumains, et en produits alimentaires hongrois, yougoslaves et bulgares, pourrait se trouver coupé.

Pour influencer les nations scandinaves, le Führer compte sur les armées rouges, virtuellement maîtresses de la Finlande. En vue de maintenir le calme dans les Balkans, il s'est adressé récemment à sa partenaire de l'axe, l'Italie, qu'il avait fortement négligée depuis son accord avec Moscou, en lui demandant d'assurer, d'accord avec le gouvernement soviétique, le *statu quo* dans les Balkans. Cette démarche ne paraît pas, jusqu'ici, avoir reçu l'approbation de ces deux puissances.

### La fin de la résistance finlandaise

La première quinzaine de mars a vu faiblir, puis tomber, la magnifique résistance opposée par la petite armée finlandaise aux masses soviétiques. On se rappelle qu'à la fin de février, l'armée du maréchal Mannerheim avait effectué, dans l'isthme de Carélie, un second repli, pour aller occuper une position organisée dans un terrain tourmenté et difficile, au Nord-Est de Viborg. Bien que ce mouvement rétrograde se soit effectué avec beaucoup d'ordre, les faibles forces finlandaises étaient arrivées, semble-t-il, à un degré d'épuisement qui ne leur permettait plus d'offrir aux attaques constamment renouvelées des nombreuses divisions russes, une résistance efficace.

Le commandement rouge a cherché à déborder par l'ouest la nouvelle ligne de défense finlandaise en lançant, sur la glace du golfe de Viborg, et même plus à l'ouest, sur le golfe de Finlande, également gelé, des forces considérables. Celles-ci, après s'être emparées, non sans peine, des chalets d'îles situées à l'intérieur du golfe de Viborg, ont réussi à prendre pied sur la côte nord-ouest. En même temps, Viborg, attaqué avec violence, était encerclé d'abord par l'ouest et par le sud, puis par l'est et par le nord. La situation n'eût pas été sans doute très inquiétante pour les défenseurs, si le maréchal Mannerheim eût disposé des réserves voulues pour faire face à cette menace sur le flanc droit de ses troupes, déployées dans l'isthme de Carélie. En effet,

les bataillons russes, péniblement accrochés sur une étroite bande du littoral, ne pouvaient être ravitaillés que difficilement sur la glace défoncée par les bombes d'aviation et l'artillerie de côte finlandaises. Mais il semble que l'usure des troupes finnoises était arrivée à un point tel qu'une réaction vigoureuse ne pouvait plus leur être demandée.

Viborg opposa pendant plusieurs jours une résistance des plus énergiques ; toutes les attaques russes dans l'isthme de Carélie à l'ouest, comme à l'est du lac Vuoksi, furent repoussées. Au nord du lac Ladoga, la situation, jusqu'à la fin, demeura favorable aux troupes finnoises. Le communiqué finlandais du 2 mars annonçait encore un beau succès, remporté dans la région de Uoma. La 34<sup>e</sup> brigade de chars de Moscou fut complètement investie et subit le même sort que la 18<sup>e</sup> division, détruite, quelques semaines auparavant, dans la même région. Enfin, au sud de Petsamo, le mouvement en avant des Russes avait été complètement enrayé.

Ainsi, la résistance finlandaise ne paraissait compromise en aucun point, quand, le 7 mars, on apprit que le gouvernement d'Helsinki avait accepté d'engager des négociations, à Stockholm, avec des représentants des Soviets.

La bataille a continué avec la même violence pendant toute la durée des négociations, sans que les Russes puissent enregistrer un succès marqué. Cependant, le 12 mars, les représentants du gouvernement finlandais signaient, à Moscou, le traité qui mettait fin à la résistance.

Cette issue rapide d'une lutte qui s'était poursuivie pendant trois mois, avec des succès magnifiques, s'explique par la fatigue et les pertes éprouvées par l'armée finlandaise. On évalue celles-ci à 15 000 tués, 15 000 grands blessés non récupérables et 30 000 blessés plus légers. C'est donc le cinquième de leurs effectifs qu'avaient perdu les défenseurs. Le manque de disponibilités empêchait de combler les vides ; une partie des cadres était tombée et ne pouvait être remplacée ; les relèves étaient impossibles, faute d'unités en réserve ; les divisions qui, depuis deux mois, avaient subi des assauts presque continus et qui, tout spécialement, depuis le 11 février, avaient été exposées à d'intenses bombardements et avaient dû effectuer des contre-attaques extrêmement dures et coûteuses, étaient à bout de forces physiques et nerveuses.

Cependant, quelque critique que fût

devenu l'état des valeureux défenseurs, on ne peut s'empêcher de se demander quelle était, en face d'eux, la situation des forces rouges. Pourquoi les dirigeants soviétiques ont-ils fait tant d'efforts pour hâter la conclusion d'un traité ? Comment ont-ils accepté de négocier avec le gouvernement régulièrement d'Helsinki, alors qu'ils avaient, à maintes reprises, déclaré ne pas le connaître ? Pourquoi ces attaques de plus en plus violentes au cours même des négociations ?

A toutes ces questions, on ne peut répondre, avant que l'histoire ait permis de connaître les détails de cette phase dramatique. Mais il est permis de penser que l'immense et fragile machine soviétique avait été soumise à un effort atteignant ou dépassant peut-être les limites de sa résistance. La mauvaise organisation du réseau ferré russe a été dénoncée par tous les spécialistes qui ont étudié la question ; et il n'est nullement impossible que les transports intensifs nécessités par les envois de troupes vers la Finlande, par les ravitaillements de trente à quarante divisions en pleine bataille, enfin, par le remplacement du très nombreux matériel, chars et aviation, détruit au cours de la lutte, aient causé à ce médiocre organisme une véritable congestion à laquelle Moscou a désiré remédier sans aucun délai.

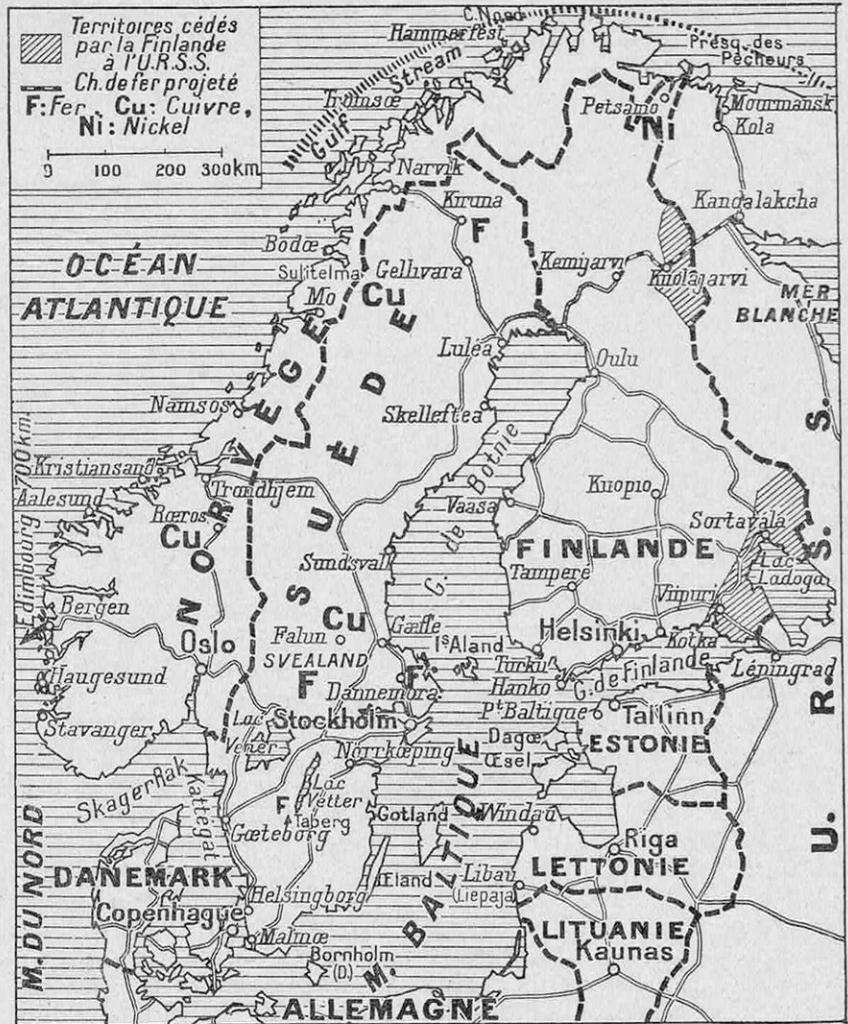


FIG. 1. — LA PÉNINSULE SCANDINAVE ET LA MER BALTIQUE

Sur cette carte ont été portés les principaux gisements de fer, de cuivre et de nickel. Le transport du minerai de fer en provenance du nord de la Suède, s'effectue soit par le port norvégien de Narvick, soit par le port suédois de Luléa. Pendant l'hiver cette dernière voie est rendue impraticable par les glaces qui encombrant le golfe de Botnie. En Finlande, les seuls ports accessibles durant l'hiver sont ceux de Turko et de Hanko. A l'extrême nord, les ports demeurent libres de glace jusqu'à Mourmansk par suite de l'influence d'une branche du Gulf Stream qui contourne la péninsule scandinave. On voit que la cession du territoire finlandais dans la région de Kuolajarvi et la construction du chemin de fer projetée jusqu'à Kemijarvi sont une menace directe pour la Suède.

### Les nouvelles frontières russo-finlandaises

Dans le tracé des nouvelles frontières que les dirigeants soviétiques ont imposé à la Finlande, l'U. R. S. S. s'est attribué des territoires qui lui donnent des avantages stratégiques très importants au détriment de ce pays. Dans l'isthme de Carélie, la nouvelle frontière part du golfe de Finlande, à 60 km au sud-ouest de Viborg, se dirige

vers le nord-est en passant à 25 ou 30 km de ce port, coupe le fleuve Vuoksi, à 13 km au sud du grand lac Saimaa, et suit ensuite, à faible distance, le rebord sud du grand plateau des lacs, laissant à l'U. R. S. S. une bande côtière de plus de 20 km au nord-ouest du lac Ladoga. Plus loin, elle continue vers le nord-est et rejoint l'ancienne frontière, à 30 km au nord d'Agla-jaervi, localité dont il a été souvent question dans les communiqués des mois précédents.

Le développement de cette façade, du golfe de Finlande à la Carélie orientale, mesure environ 320 km. Telle est la longueur que devra avoir une position fortifiée si la Finlande veut, à l'avenir encore, se couvrir par une barrière d'organisations permanentes face au territoire russe, à la condition que ses vainqueurs le lui permettent. Mais, tandis que la ligne Mannerheim, trois fois plus courte, avait ses deux flancs appuyés au golfe de Finlande à l'ouest et au lac Ladoga à l'est, la nouvelle position aurait son flanc nord-est complètement en l'air. Ainsi, les dirigeants soviétiques ont assuré à leurs armées, au delà de l'isthme de Carélie et du lac Ladoga, un large débouché qui leur permettrait, lors d'une agression ultérieure, d'engager immédiatement des forces considérables et imposerait aux Finlandais un déploiement d'effectifs dont l'importance absorberait, sans doute, dès les premiers jours d'une guerre, la presque totalité des ressources en hommes de ce petit peuple.

Le lac Ladoga est devenu entièrement russe. A hauteur du cercle polaire, les soviets se sont adjugé, en territoire finnois, une zone d'environ 150 km de largeur, du nord au sud, et 60 de profondeur, qui assure un débouché à leurs armées, à l'est de Salla et de Kusamo, sur les deux routes les plus directes menant de la Carélie orientale vers le golfe de Botnie. Une voie ferrée, venant de Kandalakcha, sur la mer Blanche, va rejoindre, à Kemijaervi, la ligne actuelle qui passe par Rovaniemi et atteint le golfe de Botnie à Kemi. Sur la côte de l'océan Glacial, l'U. R. S. S. est maintenant maîtresse de toute la presqu'île des Pêcheurs, ainsi que de la presqu'île Sredny, qui flanquent l'entrée du fjord de Petsamo. Elle pourra donc tenir sous ses canons les accès maritimes du petit port finnois. Enfin, la mainmise soviétique sur Hankoe et sur toutes les îles du golfe de Finlande, conjuguée avec l'occupation antérieure de bases aéronavales sur la côte nord-ouest de l'Es-

tonie, place tout le golfe de Finlande sous la domination de Moscou.

Ainsi, le traité russo-finlandais, qui apporte à l'U. R. S. S. un accroissement territorial absolument négligeable, par rapport à l'immense superficie des contrées qu'elle occupe déjà, lui donne, en revanche, des avantages stratégiques tels qu'elle sera, à l'avenir, en mesure de briser facilement la résistance que pourrait tenter de lui opposer la Finlande diminuée. Il en résulte que la Suède et la Norvège sont maintenant appelées à vivre sous la menace constante des armées rouges.

### Enseignements résultant des combats de Finlande

Tous les engagements qui se sont déroulés dans l'immense forêt couverte de neige, qui s'étend entre le lac Ladoga et la frontière est de la Laponie, présentent un caractère si particulier, par suite de la nature du terrain et du climat, et des conditions dans lesquelles les Russes ont lancé leurs divisions en avant, qu'aucun enseignement ne semble pouvoir en résulter au point de vue des opérations susceptibles d'avoir lieu sur le Rhin. Les seuls faits méritant de retenir notre attention, sont ceux qui concernent les attaques russes contre la ligne Mannerheim, ainsi que l'attitude prise par les défenseurs :

1° Tous les assauts livrés par les Russes contre la position fortifiée finlandaise, au cours des mois de décembre et janvier, ont complètement échoué. Ces insuccès répétés ne font donc que confirmer une notion de bon sens communément répandue, d'après laquelle les chars, à eux seuls, sont impuissants contre les ouvrages permanents. En effet, les véhicules blindés ne possèdent qu'un armement relativement faible et incapable d'obtenir de sérieux effets contre des blindages de béton ou d'acier. Leur faible approvisionnement en munitions ne leur permet pas de détruire les obstacles antichars qu'ils sont appelés à rencontrer sur leur chemin. Il est nécessaire que l'artillerie fraie la voie aux chars en ouvrant des brèches dans les lignes d'obstacles passifs antichars et en opérant des destructions plus ou moins complètes sur les abris et les casemates ;

2° La ligne Mannerheim paraît avoir été effectivement constituée par une ligne sans profondeur de blockhaus et de fortins. Deux ou trois lignes, constituées de la même façon, se trouvaient échelonnées à plusieurs kilomètres en arrière. Dans ces conditions, quand l'assaillant se fut emparé d'une

partie de ce long cordon fortifié, les Finlandais se sont trouvés dans l'impossibilité d'arrêter son avancée à l'aide de feux croisés partant d'emplacements bien protégés. Ils ont alors exécuté des contre-attaques pour reprendre possession des ouvrages perdus. De telles contre-attaques sont toujours extrêmement coûteuses et les pertes subies ont dû avoir des conséquences graves sur la capacité

combative ultérieure des unités de défense. D'autre part, quand ces ripostes ont été momentanément couronnées de succès, les troupes réinstallées sur des ouvrages en partie démolis, se sont trouvées dans des conditions très difficiles pour y effectuer une nouvelle résistance. Les faits ont montré qu'elles ont dû se retirer peu de temps après, incapables de tenir sous les bombardements et de résister à la pression exercée par les unités de chars et l'infanterie soviétiques. Il faut en conclure

qu'une position fortifiée doit présenter de la profondeur et être constituée, comme l'est maintenant la ligne Maginot, et comme l'est aussi la position Siegfried, d'un quinconce d'ouvrages judicieusement répartis derrière la première ligne. Dans ces conditions, si une partie de celle-ci vient à tomber, l'ennemi se trouve seulement avoir formé une poche dans laquelle il se trouve exposé aux feux croisés des armées placées dans les ouvrages situés plus en arrière ;

3° Si les Finlandais ont effectué des contre-attaques tactiques, par contre, ils se sont trouvés dans l'impossibilité, par suite de l'insuffisance de leurs réserves, de

tenter des contre-offensives de grande envergure contre l'adversaire ayant percé une partie de la ligne. La défense d'une position fortifiée, sur le front occidental, se présenterait dans des conditions toutes différentes. L'assaillant débouchant par une brèche ouverte dans la ligne Maginot, ou la position Siegfried, devrait s'attendre à se voir assailli sur le front et sur les flancs

par des réserves adverses, placées à l'avance sur des positions de départ favorables ;

4° Les communiqués ont parlé, sans donner aucun détail, de l'emploi, fait par les Russes, d'obus fumigènes. Il serait intéressant de connaître exactement les résultats obtenus par ce procédé. En effet, dans l'attaque d'une position fortifiée, les fumigènes paraissent pouvoir, s'ils sont judicieusement employés, rendre d'importants services à l'assaillant, car les défenseurs des casemates et des coupoles, se

trouvant aveuglés par la fumée, seront amenés, si des précautions efficaces n'ont pas été prises à l'avance, à tirer, pour interdire les abords de leurs ouvrages. Mais, à la longue, ces tirs dans le brouillard peuvent amener une dépense de munitions qui oblige les défenseurs à cesser le feu.

#### Avantages et inconvénients d'une intervention des Alliés en Finlande

Dans une déclaration faite à la Chambre des Communes, peu de temps après la signature du traité de Moscou, M. Neville Chamberlain a fait connaître les raisons pour lesquelles l'intervention alliée, décidée

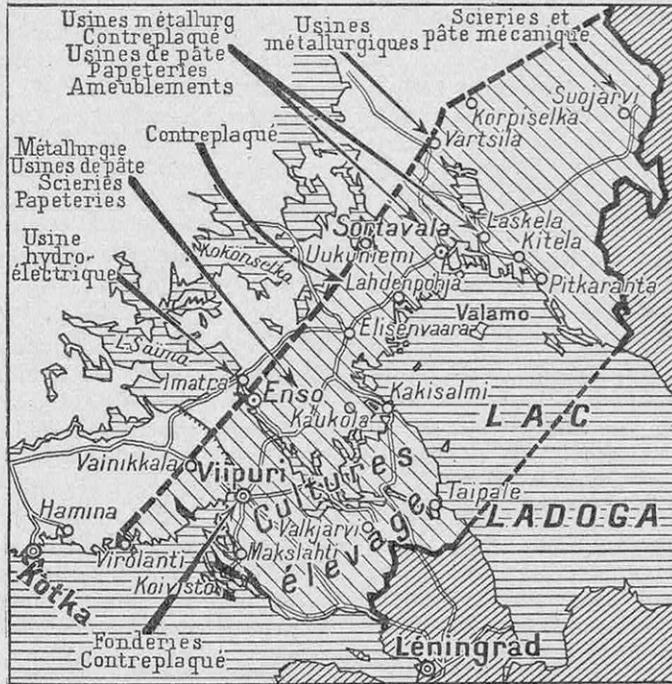


FIG. 2. — LA CARTE DE LA PARTIE DE L'ISTHME DE CARÉLIE QUE LA FINLANDE A DU CÉDER A L'U. R. S. S.

On voit sur cette carte que les territoires cédés aux Russes dans l'isthme de Carélie présentaient, du point de vue économique et industriel, une grande importance. Au total, plus de 400 établissements, qui fournissaient des moyens d'existence à 20 000 ouvriers, sont passés en des mains russes. Ces pertes représentent 10 0/0 de la capacité totale de l'industrie finlandaise.

par le Conseil suprême du 5 février, n'a pu se produire. Il est intéressant d'étudier si les difficultés matérielles et techniques que rencontrait un tel projet, étaient ou non insurmontables et de peser les avantages et les inconvénients qu'eût présentés sa mise en œuvre.

Dans un article, paru vers le milieu du mois de mars, le *Times* a souligné que : « le débarquement à Petsamo semblait aventureux, les Russes en tenant le fjord et le port n'ayant qu'une jetée de bois comme débarcadère ». Ces raisons ne paraissent pas absolument convaincantes. Si une escadre alliée avait, de bonne heure, bloqué Mourmansk, les Russes n'auraient pu ravitailler ni renforcer leur détachement de Petsamo, qui, pendant quelques semaines, est resté très faible. On peut penser que, dans ces conditions, les Finlandais auraient été en mesure de diriger, de ce côté, des forces suffisantes pour jeter à la mer les troupes soviétiques isolées. Quant aux moyens matériels de débarquement, il eût sans doute été possible de les améliorer beaucoup, et en temps voulu, si on s'y fût pris assez tôt. Il ne semble donc pas certain que l'établissement d'une base franco-britannique à Petsamo eût été vraiment impossible. Assurément, les risques inhérents à la navigation des navires transportant des troupes à travers la mer du Nord étaient sérieux. Mais les déclarations du Premier anglais nous montrent que ces dangers n'ont pas été considérés comme de nature à faire rejeter l'idée d'envoyer un corps expéditionnaire au secours de la Finlande.

Petsamo est relié à Rovaniemi et au golfe de Botnie par une seule route de plus de 500 km de longueur. Le déblayage de la neige et l'entretien de la chaussée, en vue d'un trafic intensif par camions, eussent exigé, assurément, des travaux considérables et une main-d'œuvre importante, pour laquelle il eût fallu encore construire des baraquements, absolument indispensables sous un climat extrêmement rigoureux. Cependant, l'organisation d'une ligne de transports automobiles ne présentait pas de difficultés rédhibitoires.

Un autre procédé, pour parvenir en Finlande, consistait à débarquer dans le port norvégien de Narvick et à emprunter, sur un parcours de 400 km, la ligne suédoise

de Narvick à Boden et à Tornio. Cette voie ferrée était déjà encombrée par un trafic fort lourd. Pour gagner l'isthme de Carélie, il fallait ensuite que les troupes franco-britanniques fussent transportées, pendant près d'un millier de kilomètres, sur le réseau ferré finlandais, peu adapté à un trafic intensif.

Ces conditions eussent naturellement retardé les transports, sans pourtant rendre les mouvements impossibles. Un avantage de première importance, acquis par les Alliés, eût été l'interruption complète du ravitaillement de l'Allemagne en minerai de fer suédois, les troupes franco-britanniques étant en mesure d'occuper les mines elles-mêmes.

En résumé, toutes ces circonstances matérielles rendaient l'opération laborieuse, mais toutes pouvaient être surmontées. On sait, enfin, que la Norvège et la Suède se sont opposées au transit des forces régulières franco-britanniques à travers leur pays. Il n'est pas douteux que cette attitude a été dictée par la crainte de voir les Allemands intervenir, comme ils ont menacé de le faire. Mais il semble qu'une action énergique et prompte, entamée aussitôt après que l'unanimité des nations eût fait connaître, à Genève, le devoir commun de secourir la Finlande, eût pu rassurer les deux nations scandinaves et les engager, comme c'était leur intérêt véritable, à secourir elles-mêmes la Finlande menacée, avec tous leurs moyens. Il eût été possible de leur prouver que la menace allemande n'était, encore une fois, qu'une manœuvre d'intimidation, car un débarquement est une opération toujours difficile et exige une longue préparation, les plages de débarquement étant peu nombreuses et forcément connues du défenseur. D'autre part, grâce à l'emploi judicieux des canons à tir rapide et des armes automatiques, les opérations délicates de la mise à terre des troupes doivent être, en général, assez facilement contrecarrées.

Ainsi, si une intervention des Alliés en Finlande offrait de grandes difficultés et présentait des risques incontestables, par contre, les avantages à escompter étaient importants, mais à la condition que la décision fût prise de bonne heure et mise à exécution avec la plus grande résolution.

GÉNÉRAL BROSSÉ,  
du cadre de réserve.

---

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

# IL Y A CINQUANTE ANS, BRANLY INVENTAIT LE PREMIER DÉTECTEUR D'ONDES

par Jean LABADIÉ

**E**DOUARD BRANLY est mort le 24 mars 1940, à l'âge de quatre-vingt-seize ans.

Quand il naquit, le 23 octobre 1844, l'électroaimant, nouveau-né, venait tout juste de trouver son utilisation télégraphique par l'invention de l'Américain Morse. Or, avant de mourir, Branly a pu téléphoner, sans fil, de Paris à New York et assister aux premières transmissions de télévision.

L'expérience qui fit sa gloire, communiquée à l'Académie des Sciences le 24 novembre 1890, situe incontestablement le tournant décisif qui orienta la signalisation électrique du *câble conducteur vers l'onde hertzienne*. Placée à mi-chemin du siècle de l'électromagnétisme, la découverte du « cohéreur » — *premier détecteur pratique des ondes hertziennes* — marque une date capitale, au sens littéral : la tête de ligne d'un progrès, l'un des plus merveilleux de l'époque.

Mais si, du point de vue pratique strict, Edouard Branly joua, pour la télégraphie sans fil, le même rôle que Morse dans la télégraphie sur câble, ce parallèle entre le savant français et l'« artiste peintre » Morse, physicien amateur, ne saurait suffire. L'invention de Branly est l'aboutissement d'une recherche méthodique, au point qu'elle a ouvert tout un chapitre nouveau de la science physique : celui de la « radio-conduction » des « contacts imparfaits », qui compte, aujourd'hui, cinquante ans de développements, par une multitude de chercheurs.

## La recherche « méthodique » de Branly

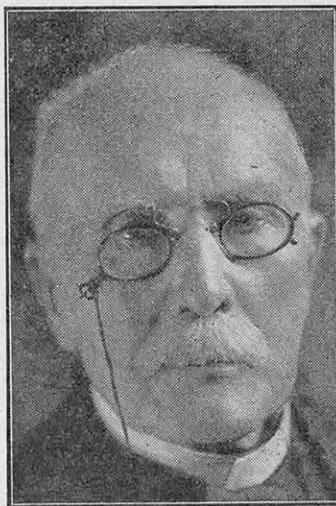
Avec un tel recul, il est difficile aux jeunes générations de se représenter l'état d'esprit des premiers physiciens qui se trouvaient en

présence de ce que nous appelons aujourd'hui l'« effet photoélectrique », c'est-à-dire la décharge des corps électrisés sous l'influence de la lumière. Aujourd'hui, le phénomène qui a donné naissance aux « quanta de lumière » et à la « mécanique ondulatoire », s'est clarifié par d'admirables théories. Mais, en 1889, le fait apparaissait dans tout le mystère de l'expérience crue. On n'avait observé, jusque là, que la déperdition des charges électriques *negatives*.

Déjà familiarisé avec l'optique physique (ses études sur le rayonnement solaire datent de 1869) Branly démontre que la déperdition de charges *positives* se réalise également par l'action de la lumière. Passant à l'étude méthodique des différentes radiations du spectre, dans les effets de ce genre, Branly met en évidence l'activité supérieure des radiations très réfrangibles (violette et ultraviolettes) sur toutes sortes de métaux électrisés, en sélectionnant, toujours, l'effet « positif » et l'effet « négatif ».

La même déperdition en présence des corps incandescents (flames, plaques chauffées, filaments rougis), étudiée par Branly, lui permet de démontrer que l'effet de

décharge se produit, encore, à *distance*. Il n'était pas question d'« ionisation » du milieu interposé, à cette époque ; car ce sont, précisément, ces expériences — et bien d'autres, effectuées dans tous les laboratoires du monde — qui ont conduit à la théorie de l'ionisation. Edison avait « constaté » ce qu'on nomme aujourd'hui l'émission électronique des corps incandescents. Mais, entre la constatation empirique d'Edison et la lampe triode, se place toute une gamme de recher-



(75 811)

FIG. 1. — ÉDOUARD BRANLY  
(1844-1940)

ches. De cette gamme, Branly a fourni les premières notes. C'est là, œuvre méthodique du physicien en son laboratoire — sans laquelle aucune théorie, si brillante qu'elle soit, n'aurait eu l'occasion de naître.

Mais voici où la méthode strictement expérimentale conduit le chercheur de génie.

Cette décharge sans contact matériel des corps électrisés (la même qui, étudiée d'un autre point de vue, conduira Millikan à la découverte des rayons cosmiques) passionne Edouard Branly. L'étude de la déperdition électrique dans les modalités que nous venons de rappeler, a donné au physicien la pleine

possession de sa technique des mesures électrostatiques. (N'oublions pas que Branly, ancien élève de l'École Normale supérieure, agrégé des sciences physiques, a pris comme sujet de sa thèse de doctorat, le *potentiel électrique*.) Il va donc essayer de déceler d'autres causes physiques, s'il en existe, de cette chute mystérieuse du potentiel des corps métalliques électrisés.

### Les « radioconducteurs »

Une plaque de verre recouverte de platine porphyrisé (pulvérisé à l'extrême), placée dans un circuit électrique, accuse une grande résistance au courant. Mais, sous l'action, encore énigmatique à ce jour (1887) d'une étincelle jaillissant à une certaine distance de la plaque, celle-ci donne passage au courant.

Branly recommence avec du cuivre, également porphyrisé, comprimé sur une plaque d'ébonite : le phénomène se reproduit, plus

intense. Tout se passe aux yeux du physicien comme si les « grains » métalliques, isolés les uns des autres (à l'échelle microscopique) mais électriquement chargés par influence mutuelle à partir des « bornes » du circuit, se déchargeaient et, de ce fait, livraient le passage au courant par la « chaîne » de leurs décharges individuelles. Leurs positions respectives demeurant constantes, ainsi qu'il fut démontré (1).

Cette fois, le phénomène est intérieur au système étudié. Aucune théorie, et pour cause, ne l'explique. Branly crée, comme il est indispensable à tout expérimentateur

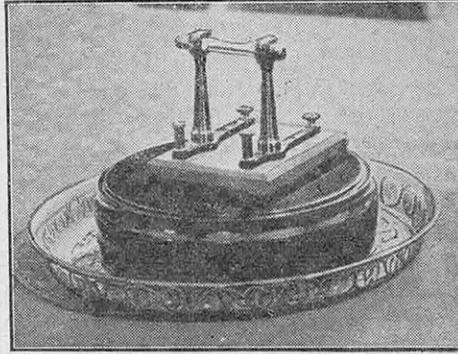
méthodique, son « hypothèse de travail », suivant le mot de Claude Bernard. Il juge que l'induction à distance de l'étincelle électrique « rend conducteur » l'isolant interposé entre les grains métalliques. Ce n'est pas l'« explication » que la science retiendra. Mais qu'importe ! Cette « théorie » pousse Branly à « rouler » la plaque isolante métallisée à la manière d'une cigarette — qu'on excuse l'analogie — et cela donne un tube de verre d'environ 1 cm<sup>2</sup> de section, rempli de limaille métallique que deux pistons compriment par les ouvertures extrêmes.

Le « cohéreur », premier détecteur efficace de l'onde hertzienne, se trouve ainsi constitué.

Son acte de naissance se trouve consigné aux comptes rendus de l'Académie des Sciences, le 24 novembre 1890 :

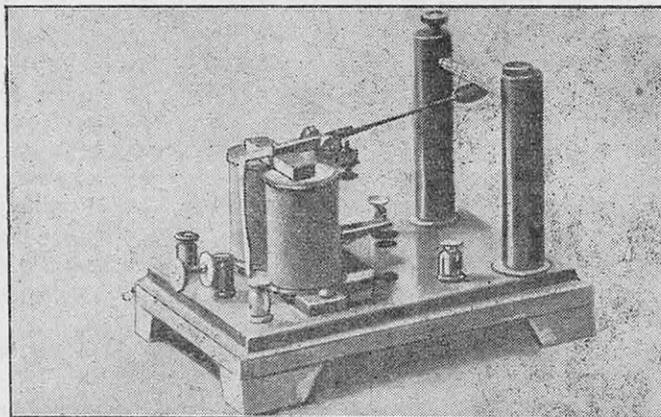
« Si l'on forme un circuit comprenant un

(1) L'explication de la radioconduction par orientation mécanique des grains de limaille est de Lodge, qui la retira après la démonstration contraire de Branly.



(75 812)

FIG. 3. — LE COHÉREUR DE BRANLY CONSERVÉ AU MUSÉE DES ARTS ET MÉTIERS A PARIS



(75 813)

FIG. 4. — TYPE DE COHÉREUR A LIMAILLE DU LABORATOIRE DE LA SORBONNE

On voit l'électroaimant et le marteau, dont le rôle consiste à rendre à la limaille ses propriétés isolantes après qu'elle a été rendue conductrice par les ondes électromagnétiques.

élément Daniell, un galvanomètre à long fil et le tube à limaille, il ne passe le plus souvent qu'un courant insignifiant, mais il y a une brusque diminution de la résistance accusée par une forte déviation du galvanomètre, quand on vient à produire, dans le voisinage du circuit, une ou plusieurs décharges électriques. Je fais usage, à cet effet, soit d'une petite machine de Wimshurst, avec ou sans condensateur, soit d'une bobine de Rhumkorff. L'action s'observe aisément... En faisant usage d'un pont de Wheatstone, j'ai pu constater cette action à plus de 20 mètres (en ligne directe) alors que l'appareil à étincelles fonctionnait dans une salle séparée du tube par trois grandes pièces... »

L'essentiel est dit. Dans cette expérience, Branly reconstitue celle que Hertz avait publiée en 1888. L'« excitateur-émetteur » de Hertz est figuré par la machine de Wimshurst, mais le « résonateur-récepteur », simple anneau brisé chez le physicien de Bonn, se trouve remplacé ici par un montage constituant un circuit local, autonome, capable de mettre en jeu n'importe quelle « mécanique » préparée d'avance au « poste de réception » : un télégraphe Morse, par exemple.

Dès la communication du 24 novembre, Branly constate le retour à la résistance (donc à la coupure du circuit) par l'effet d'un léger choc infligé au tube à limaille. Il suffit, en conséquence, de brancher sur le circuit un électroaimant à marteau frappeur, agissant avec retard sur le signal, pour que le circuit local soit capable d'enregistrer successivement autant de signaux qu'on le désire, et rythmés de la façon qui plaira.

*Le principe de la télégraphie sans fil est inventé.*

### L'effet amplificateur des « antennes »

Branly laissera à Marconi le soin de le mettre en pratique. Non, toutefois, sans avoir découvert cet autre « principe » indispensable : l'effet d'amplification par l'adjonction de deux tiges métalliques aux bornes de la machine émettrice d'étincelles (communication à l'Académie du 13 janvier 1891 ; *Bulletin des Electriciens*, mai 1891 ; *La Lumière électrique*, mai 1891).

Quant à l'amplification par une antenne de réception, Branly la met encore en évidence. Il enferme son « poste récepteur » dans une cage de Faraday — car il a reconnu l'effet d'opacité des écrans métalliques sur l'onde hertzienne. Puis, reliant l'une des bornes de son tube à limaille avec un fil sortant de la cage, sur une longueur variable,

il montre que si la longueur extérieure du fil grandit, l'effet récepteur s'accroît. Si le fil est raccourci, l'effet diminue. (*La Lumière électrique*, juin 1891). Marconi, à la suite de Popoff, n'aura qu'à agrandir ces « antennes » et à les mettre à la terre...

Le fait que Branly néglige de rédiger une note à l'Académie sur cette dernière expérience, cependant essentielle pour la future T. S. F. mais que le physicien juge suffisamment « publiée » par un article de journal, montre assez à quel point le savant est absorbé par la recherche pure. Ce qui l'intéresse reste, avant tout, l'étude physique des « radioconducteurs » — étude qu'il varie de toutes les manières, jusqu'à créer le plus simple d'entre eux : deux tiges de cuivre préalablement oxydées ou sulfurées à leurs extrémités qui, rapprochées, forment, encore, un radioconducteur.

Lorsqu'on aura l'idée d'« essayer » cela avec un sulfure naturel, la galène, ce sera le premier « radio conducteur » populaire.

Si Branly avait publié sans retard sa première expérience de la décharge de sa plaque de verre platinée, par action à distance de l'étincelle, il réalisait la même expérience que Hertz, sous une modalité différente, ce qui n'aurait enlevé, du reste, aucun mérite au grand physicien-théoricien allemand qui s'attachait surtout à « réaliser », au laboratoire, l'oscillation « électromagnétique », telle que Maxwell l'avait décrite dans ses équations de propagation.

Mais si l'on veut une preuve de ce qu'aucune « théorie » préconçue ne pouvait conduire à la « télémechanique sans fil », la voici. Hertz, pensant avoir seulement prouvé l'identité de « l'onde lumineuse » et de l'« onde électromagnétique », ainsi que le voulait Maxwell, ne croyait pas que celle-ci pût dépasser quelque cent mètres de portée. Il l'a dit *expressément* à William Crookes. Et, déjà démissionnaire à ce point de vue (de l'« intensité » de son rayonnement) en tant que porteuse éventuelle de messages « intercontinentaux », l'onde « hertzienne » ne pouvait espérer, *a fortiori*, que, seule, la « couche ionisée » d'Heaviside lui permettait de faire le tour du monde.

A quoi bon, dans ces conditions, vouloir faire un parallèle entre Hertz et Branly ? La beauté de la théorie limitait l'extension de son objet, aujourd'hui industriellement réalisé.

Qu'Edouard Branly soit à l'origine de cette réalisation grandiose, ce serait une injustice flagrante d'en douter un instant.

JEAN LABADIÉ.

# VERS LA PERFECTION DANS LA REPRODUCTION SONORE : HAUT-PARLEURS A HAUTE FIDELITE

Par André LAUGNAC

**L**es haut-parleurs électrodynamiques, qui équipent nos radiorécepteurs ont pour fonction la transformation d'une énergie électrique en énergie acoustique ; cette transformation doit être « fidèle » et avoir un bon rendement.

Les qualités de fidélité d'un bon haut-parleur d'intérieur, destiné à reproduire

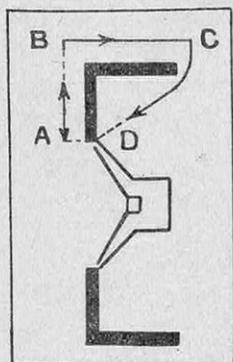


FIG. 1. — DISPOSITION HABITUELLE D'UN HAUT-PARLEUR ÉLECTRODYNAMIQUE A L'INTÉRIEUR DE L'ÉBÉNISTERIE D'UN RÉCEPTEUR RADIOPHONIQUE

La longueur ABCD définit la limite inférieure de reproduction correcte des notes graves.

de la musique, peuvent se résumer ainsi :

1° Absence de distorsions à tous les « niveaux sonores » ;

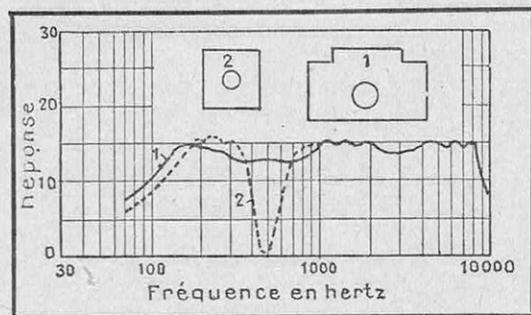


FIG. 2. — COURBES COMPARATIVES DE RÉPONSE D'UN MÊME HAUT-PARLEUR ÉQUIPÉ AVEC UN « BAFFLE » DE FORME IRRÉGULIÈRE (COURBE 1) ET D'UN « BAFFLE » CARRÉ DE 92 CM DE COTÉ (COURBE 2)

La crevasse profonde de la courbe 2 au voisinage de 500 hertz résulte de l'interférence des sons émis par les deux faces de la membrane (la longueur d'onde du son est 0,68 m ; elle est sensiblement égale au plus court chemin qui existe entre les deux côtés de la membrane).

(D'après Applied Acoustics)

2° Courbe de « réponse » uniforme à toutes les fréquences ;

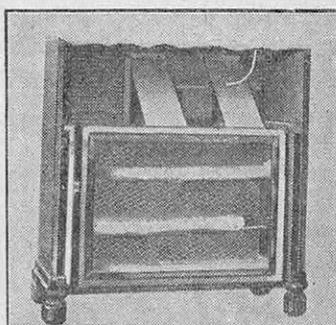
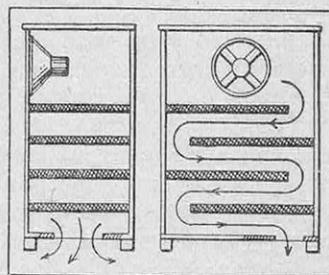
3° Absence d'effet directif.

Ces qualités de fidélité ne dépendent pas uniquement du haut-parleur proprement dit, mais des propriétés du système électro-acoustique constitué par le haut-parleur et le système sonore auquel il est associé : baffle, ébénisterie du récepteur, etc., et aussi, quoique dans une proportion moindre, des phénomènes de réverbération de la salle où il est situé. Nous allons examiner rapidement quelles sont les origines des défauts habituellement rencontrés dans les haut-parleurs et par quels moyens on parvient à les corriger.

## Distorsion de « non-linéarité »

De même qu'un circuit électrique, présentant une caractéristique de transmission non linéaire (1), déforme chaque signal sinusoïdal en lui superposant des harmoniques et

(1) On appelle transformation *linéaire* une transformation où il y a, à tout instant, proportionnalité rigoureuse entre la cause et l'effet. Ainsi une fréquence sinusoïdale reste sinusoïdale et aucun harmonique n'est introduit dans un signal au cours de cette transformation.



(75 816)

FIG. 3 ET 4. — REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE ET RÉALISATION PRATIQUE D'UN LABYRINTHE ACOUSTIQUE

Ce dispositif permet l'utilisation du son émis par la face arrière de la membrane du haut-parleur pour le renforcement des notes graves.

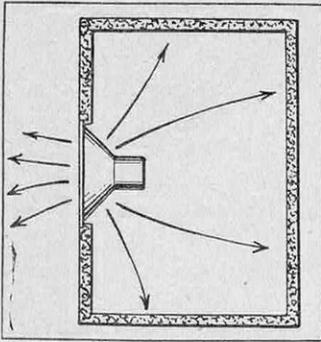


FIG. 5. — « BAFFLE INFINI »  
CONSTITUÉ PAR UNE CAISSE  
FERMÉE ET GARNIE INTÉ-  
RIEUREMENT DE MATÉRIAUX  
ABSORBANTS

de distorsions « non linéaires » qui se traduisent par une déformation des timbres des sons transmis et l'apparition d'une sorte de halo sonore, constitué, en somme, par des fausses notes. Ces sortes de distorsions sont fréquentes aux grandes amplitudes de la membrane et résultent en particulier de l'irrégularité du flux magnétique dans l'entrefer où se déplace la bobine mobile et, d'autre part, de la non-proportionnalité entre les déplacements du système mobile (membrane et bobine) par rapport aux forces auxquelles il est soumis. Ce défaut est fréquemment constaté lorsque le haut-parleur doit reproduire simultanément des notes de fréquences élevées et des notes graves de grandes amplitudes. Lorsque la bobine mobile atteint les limites extrêmes de son déplacement en avant ou en arrière, le flux qu'elle traverse est, dans beaucoup de haut-parleurs, plus faible que dans la position moyenne, de telle sorte que les sons

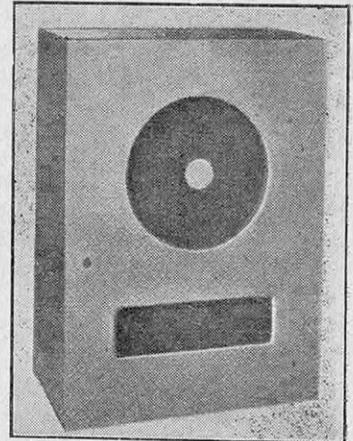
donne des phénomènes de battement entre signaux de diverses fréquences, faisant ainsi apparaître par addition et soustraction des fréquences nouvelles, de même les haut-parleurs peuvent introduire un taux plus ou moins élevé

de fréquences élevées et de faible amplitude, transmis simultanément, se trouveront ainsi modulés, en intensité, par les sons graves de plus grande amplitude. Le son qui en résultera sera très désagréable.

Pour qu'un haut-parleur soit exempt de tels défauts, il est indispensable que sa conception et sa construction soient soignées et qu'il ne soit pas surchargé. L'examen de la fidélité linéaire de chaque prototype devra donc comporter la mesure de la distorsion pour la reproduction simultanée de deux fréquences très différentes et non d'une seule note simple.

### Les irrégularités de la courbe de réponse

Pour rayonner une quantité notable d'énergie, la membrane des haut-parleurs doit être placée dans un écran tel que les ondes sonores rayonnées par chacune des deux faces, avec leur différence de phase de 180°, ne puissent s'annuler. La distance qui sépare ainsi les deux faces de la membrane, doit être notablement plus



(75 817)  
FIG. 8. — LE HAUT-PARLEUR  
BASS-REFLEX JENSEN

grande que la longueur d'onde du son le plus grave à reproduire avec le niveau normal; s'il n'en est pas ainsi, il est nécessaire que l'écran présente un contour irrégulier afin d'éviter la possibilité de production d'interférences entre la face avant et la face arrière à certaines fréquences critiques. Ces interférences se traduisent par une réduction des sons rayonnés, c'est-à-dire par des irrégularités de la courbe de réponse en fréquence. L'écran idéal, exempt de tels défauts, sera évidemment l'écran ou *baffle* infini.

L'« ébénisterie » habituelle de nos récepteurs tient lieu d'écran; ses dimensions et sa forme définissent donc l'allure de la courbe de réponse pour les notes graves rayonnées par le haut-parleur;

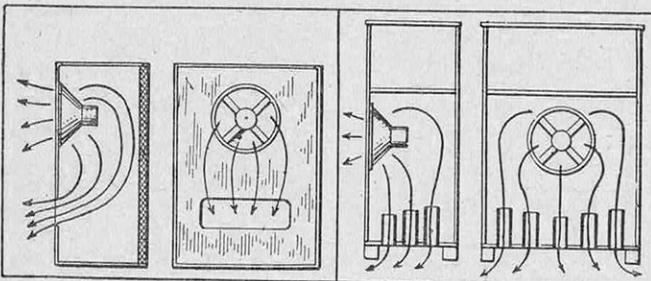
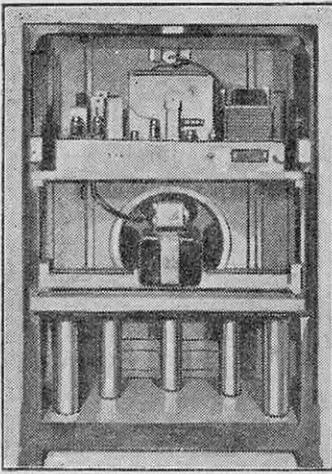


FIG. 6 ET 7. — REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DE DEUX  
HAUT-PARLEURS MODERNES PERMETTANT UNE EXCEL-  
LENTE REPRODUCTION DE TOUTES LES FRÉQUENCES  
ACOUSTIQUES

A gauche : Bass-Reflex Jensen ; à droite : R. C. A. Magic  
Voice. Ce sont les intermédiaires entre le labyrinthe acoustique  
et le « baffle infini ».



(75 818)

FIG. 9. — LE HAUT-PARLEUR  
R. C. A. MAGIC-VOICE

elles comportent parfois certains défauts que chaque constructeur doit s'efforcer d'éliminer : la résonance de la masse d'air contenue dans l'ébénisterie, en particulier lorsqu'elle est très profonde, qui donne parfois à la parole un son de tonneau,

et, d'autre part, la résonance des parois mêmes. On se débarrasse de la résonance de la masse d'air en cloisonnant les ébénisteries existantes à l'aide de croisillons en matière absorbante : carton mou, par exemple, qui divise le volume d'air ; on évite la résonance des parois en y collant un feutre épais.

Diverses solutions ont été préconisées pour étendre vers les régions extrêmes des notes graves la courbe de réponse des haut-parleurs avec des écrans plus satisfaisants que les ébénisteries ordinaires. Le dispositif le plus ancien, préconisé à cet effet, fut le « labyrinthe acoustique ». Il consiste en un long tube, habituellement replié sur lui-même, afin d'être moins encombrant ; les

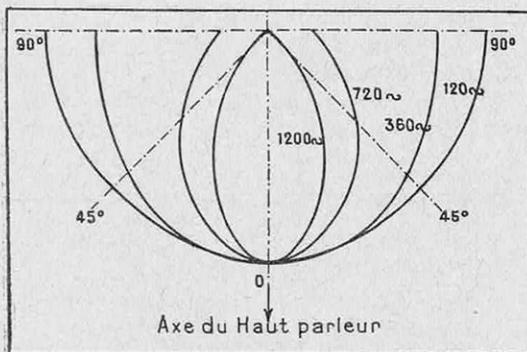
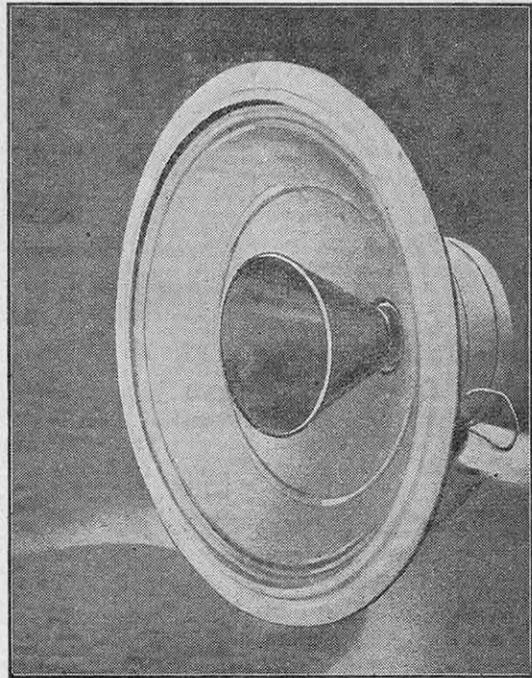


FIG. 10. — DIAGRAMME POLAIRE DE LA RÉPARTITION DE L'INTENSITÉ SONORE PRODUITE PAR UNE MEMBRANE DE HAUT-PARLEUR DE 20 CM DE DIAMÈTRE VIBRANT DANS UN ÉCRAN INDÉFINI EN FONCTION DE LA FRÉQUENCE

*Les sons aigus sont concentrés dans un cône central assez étroit.*

parois internes sont garnies d'une matière (feutre) qui absorbe les fréquences élevées. Sa longueur est telle qu'il constitue un « quart d'onde » pour la période propre de résonance du haut-parleur proprement dit. On démontre, en effet, que la vibration en « quart d'onde » apporte à la membrane mobile un amortissement suffisant pour supprimer les effets fâcheux de cette résonance parasite. Avec un haut-parleur ayant une fréquence de résonance à 50 pér/s, la longueur



(75 819)

FIG. 11. — HAUT-PARLEUR MUNI D'UN CONE DE DISPERSION POUR ÉVITER LE RAYONNEMENT DIRECTIF AUX FRÉQUENCES ÉLEVÉES

du labyrinthe sera de 1,70 m. D'autre part, pour la fréquence double de la fréquence de résonance de la membrane, les sons émis par sa face arrière seront redéphasés de 180°, c'est-à-dire remis en concordance de phase avec ceux rayonnés par la face avant qu'ils viendront renforcer. Ainsi donc, associé à un labyrinthe acoustique, un haut-parleur sera capable de reproduire avec régularité toute la partie inférieure du spectre de fréquence acoustique que nécessite une bonne exécution musicale.

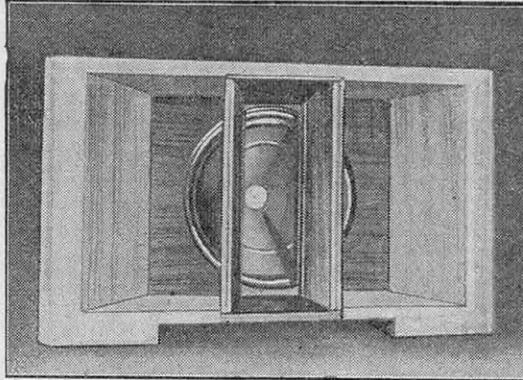
Différentes autres solutions ont été préconisées pour obtenir cette régularité de reproduction des notes graves par suppression des interférences entre les deux sources sonores distinctes que constituent les deux faces de la membrane en vibration. La solution la

plus simple consiste à supprimer la totalité des sons rayonnés par la face arrière de notre haut-parleur, en fermant complètement l'« ébénisterie » après l'avoir judicieusement garnie intérieurement de matériaux très absorbants. Cette caisse insonore constituera un excellent baffle infini, si le volume d'air emprisonné à l'intérieur est suffisamment grand pour ne pas gêner les grandes amplitudes de déplacement de la membrane et si aucune résonance parasite ne peut s'y produire. D'autres solutions ont été utilisées avec succès pour améliorer la reproduction des notes graves; elles constituent des intermédiaires entre les « labyrinthes acoustiques » et les baffles infinis (caisses insonores), dont nous venons d'examiner le fonctionnement. Dans ces dispositifs, la face arrière de la mem-

brane est enfermée dans une « caisse » garnie partiellement de matériaux absorbants et comportant une ou plusieurs ouvertures sur une des parois, ouvertures dont les positions et les dimensions ont été, en principe, déterminées afin de rayonner en avant l'énergie de la face arrière de la membrane, après l'avoir correctement remise en « concordance de phase ». Signalons enfin que dans d'autres dispositifs, on fait appel à des tuyaux de dimensions et de positions rudicieusement choisies, qui permettent le jayonnement en concordance de phase des sons émis par les deux faces de la membrane mobile.

### L'effet directif des haut-parleurs

Les haut-parleurs d'intérieur possèdent un effet directif d'autant plus accentué que la fréquence est plus élevée; c'est qu'en effet tout haut-parleur de récepteur de radio peut être assimilé à une membrane plane circulaire vibrante, placée dans un écran indéfini; les ondes émises ne possèdent, en effet, de symétrie sphérique que lorsque les dimensions de la membrane sont petites par rapport à la longueur d'onde rayonnée. Les notes de fréquence élevée seront rayonnées uniquement suivant l'axe du haut-parleur, tandis que les notes graves seront réparties uniformément dans l'espace. La concentration en faisceaux des notes aiguës peut être évitée à l'aide de systèmes dispersifs placés devant



(75 820)

FIG. 12. — HAUT-PARLEUR PHILIPS MUNI DE CLOISONS DE DISPERSION PERMETTANT UNE RÉPARTITION UNIFORME DU SON A TOUTES LES FRÉQUENCES

le haut-parleur et dont les formes et les dimensions seront déterminées expérimentalement.

La plupart des perfectionnements acoustiques apportés aux haut-parleurs d'intérieur pour en améliorer les courbes de réponse et supprimer les effets directifs sont fondés sur des phénomènes de diffraction des ondes sonores, de réflexion et d'absorption en général très complexes, variant en fonction des fréquences considérées. Par suite de la complexité des lois acoustiques, il ne faut user des artifices que nous venons de signaler qu'avec méthode, sous peine de ne pas obtenir toutes les améliorations souhaitées.

A. LAUGNAC.

## LES A COTÉ DE LA SCIENCE

*A quoi correspondent, en unités électriques de puissance et de travail, les efforts musculaires du corps humain*

UN ingénieux dispositif, qui a fonctionné pendant les six mois de l'Exposition Nationale Suisse de Zurich en 1939, permettait aux visiteurs de se rendre compte de la transformation de leur travail musculaire en énergie électrique et même d'évaluer en kW et en kWh leur puissance et le travail fourni.

La production d'énergie électrique par la force des bras, des jambes et par le poids du corps s'obtenait respectivement à l'aide d'une manivelle, d'une bicyclette et d'une roue à échelons. Cette énergie était à son tour transformée en lumière, en chaleur et en travail mécanique. Un commutateur permettait de faire débiter les trois génératrices de courant sur l'appareil de consommation approprié. Toutefois, étant donné la faiblesse relative de la puissance musculaire humaine vis-à-vis des pertes dues aux transformations mécaniques et électriques d'une si petite installation, on dut avoir recours à une transmission indirecte

à l'aide d'une source d'énergie auxiliaire pour compenser ces pertes et obtenir un rendement apparent de 100 %.

L'énergie transformée en chaleur était mesurée directement par un compteur qui commandait un automate distribuant une pièce de 1 franc (suisse) lorsqu'un kilowatt-heure d'énergie thermique était produit. (En six mois, 42 kWh furent ainsi fournis.)

Quant au travail mécanique, il était représenté par un poids de 3 670 kg pouvant être élevé d'un mètre, ce qui correspond à un travail de 1/100 kWh (1), soit 10 Wh.

Ce dispositif a permis de tracer en unités connues, comme le watt et le watt-heure, la caractéristique du travail musculaire humain. Ainsi, on trouve que la puissance humaine, en régime permanent, est d'environ 83 watts, soit 1/9 cheval. La puissance maximum atteint de cinq à dix fois la puissance en régime permanent. Enfin, le travail journalier maximum d'un être humain est de l'ordre de 0,6 à 0,7 kWh. Enfin, on a pu constater que le maximum de travail est obtenu aux puissances moyennes et non aux moments des puissances de pointe.

N'est-ce pas cette règle qu'appliquent inconsciemment les ouvriers qui ont depuis longtemps reconnu qu'un effort limité, mais soutenu, produisait un meilleur rendement que des efforts violents mais forcément espacés ?

(1) 1 kWh vaut, en effet, 367 000 kg-mètres.

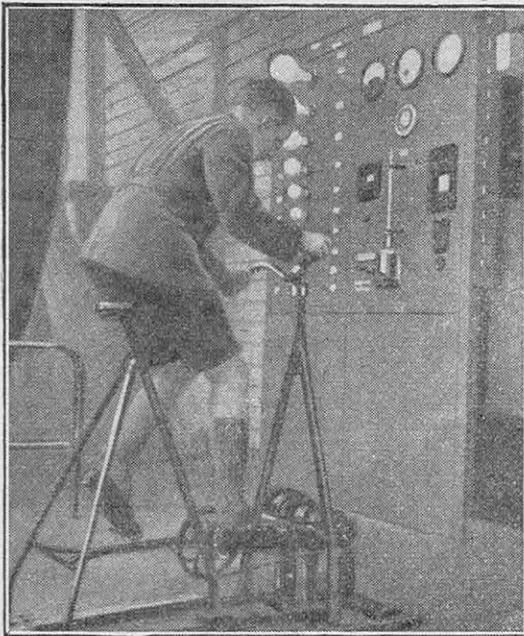


FIG. 1. — LA FORCE MUSCULAIRE DU CYCLISTE EST UTILISÉE POUR PRODUIRE DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

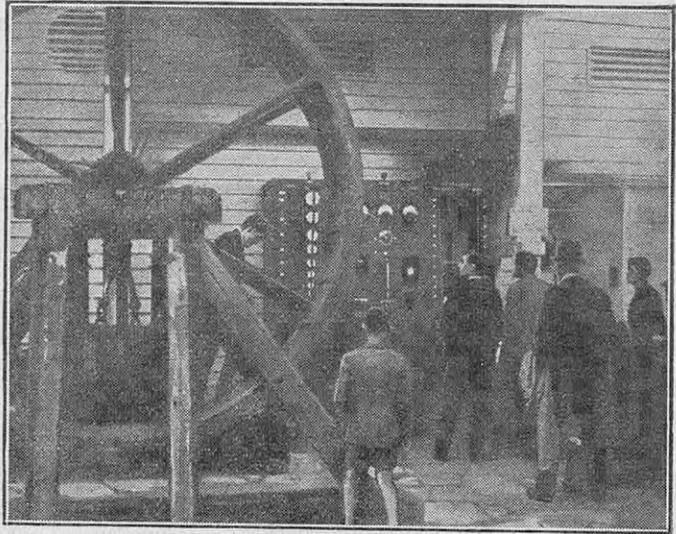


FIG. 2. — LA ROUE MUE PAR LE POIDS DE L'HOMME QUI GRAVIT LES ÉCHELONS

## Eau « dure » et eau « douce »

LORSQU'UNE eau contenant en solution des sels calcaires (chaux, magnésie) est mise en présence d'un savon, les acides gras de celui-ci sont décomposés par les sels en formant des composés insolubles qui empêchent la mousse de se produire. Ainsi on peut évaluer le degré hydrotimétrique d'une eau (quantité de sels terreux qu'elle contient) en l'agitant avec une solution alcoolique de savon. Plus il faudra de cette solution pour obtenir une mousse persistante et plus la teneur de l'eau en calcaire est élevée. Une eau est dite « douce » lorsqu'elle renferme peu de sels calcaires. En France, le degré hydrotimétrique des eaux varie de 25 à 60, ce qui est, en général, excessif.

Une eau chargée de sels calcaires provoque, en effet, dans les bouillottes, chaudières, etc., un dépôt de « tartre », mauvais conducteur de la chaleur, qui est la cause d'un mauvais rendement de ces appareils et parfois d'accidents (1). L'emploi d'une eau adoucie évite ces inconvénients, de même que les frais de détartrage des chaudières.

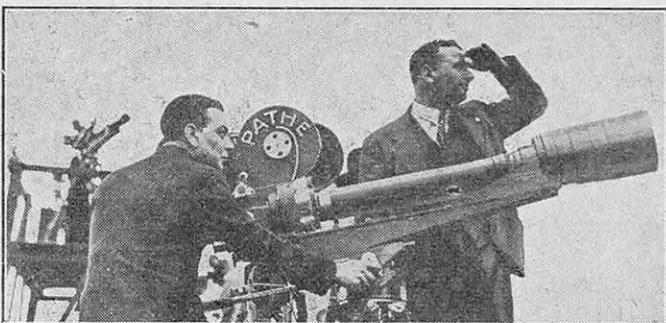
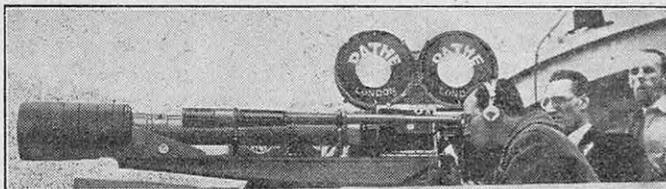
En dehors de ces qualités « industrielles » de l'eau douce, signalons aussi la facilité avec laquelle elle permet de cuire les légumes, sa neutralité vis-à-vis de l'organisme alors que l'eau dure ordinaire est néfaste, et les économies qu'elle permet de réaliser dans un ménage : économie de gaz, de savon, voire de café, conservation du linge, dont les fibres ne sont pas altérées par les sels calcaires, etc.

Heureusement, nous sommes aujourd'hui armés pour préparer économiquement une eau débarrassée de sels calcaires. Les adoucisseurs d'eau, dont il existe de nombreux modèles, donnent à cet égard entière satisfaction, aussi bien pour la qualité obtenue que pour le rendement.

(1) La paroi d'une chaudière recouverte intérieurement de « tartre » peut être portée au rouge, puisqu'elle est isolée de l'eau par ce « tartre ». Qu'une fissure se produise dans ce dépôt, l'eau vient en contact avec la paroi, et l'ébullition tumultueuse qui en résulte peut faire éclater la chaudière.

## Remarquable appareil télécinématographique

On sait que, pour accroître l'importance des objets éloignés sur les vues photographiques, on doit augmenter la distance focale des objectifs. Si par exemple sur un cliché figure, au premier plan, un arbre et, dans le fond, un monument, un objectif de 5 cm de distance focale donne au premier plan une importance exagérée. On pourra, avec un objectif de 10,5 cm et en éloignant l'appareil de l'arbre, conserver à ce-



(76010 et 76009)  
FIG. 3. — DEUX VUE DE L'APPAREIL TÉLÉPHOTOGRAPHIQUE ET TÉLÉCINÉMATOGRAPHIQUE

lui-ci la même dimension sur le cliché et accroître celle du monument.

Le record dans ce domaine semble être détenu par l'objectif unique au monde établi en Angleterre (Pathe Pictures Ltd) qui ne mesure pas moins de 1,45 m de distance focale (ouverture f/7,7). L'exiguïté du champ exige que la visée soit faite avec une lunette auxiliaire. Pour obtenir la stabilité indispensable, il a fallu prévoir un support pesant 70 kg. V. RUBOR.

N. D. L. R. — Dans l'étude sur le navire de ligne, parue dans le n° 274 (avril 1940) de *La Science et la Vie*, une inversion de clichés dans la figure de la page 282 attribuée au « Littorio » le schéma du « North Carolina » et inversement. La lecture de la légende a certainement permis à nos lecteurs de rectifier eux-mêmes cette erreur.

— Les photographies qui illustrent l'article du professeur Houleuvigie, pages 447 et 449 du n° 274 (Avril 1940) sur les « métallurgies de paix et de guerre » nous ont été aimablement communiquées par l'Office technique pour l'utilisation de l'acier (O. T. U. A.), dont elles sont la propriété. Ce sont des photos Lacheroy ; reproduction interdite.

## TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

## FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affran-	{ 1 an..... 55 fr.	Envois recommandés ....	{ 1 an..... 65 fr.
chis.....	{ 6 mois... 28 fr.		{ 6 mois... 33 fr.

## BELGIQUE

Envois simplement affran-	{ 1 an... 75 f. (français)	Envois recommandés ....	{ 1 an... 96 f. (français)
chis.....	{ 6 mois. 40 f. —		{ 6 mois. 50 f. —

## ÉTRANGER

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

Envois simplement affran-	{ 1 an... 100 fr.	Envois recommandés ....	{ 1 an... 120 fr.
chis.....	{ 6 mois.. 52 fr.		{ 6 mois.. 65 fr.

Pour les autres pays :

Envois simplement affran-	{ 1 an..... 90 fr.	Envois recommandés ....	{ 1 an... 110 fr.
chis.....	{ 6 mois... 46 fr.		{ 6 mois.. 56 fr.

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 1 franc en timbres-poste.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X<sup>e</sup>  
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

## DEVENEZ RADIO-TECHNICIEN ou SOUS-INGÉNIEUR DIPLOMÉ...

En suivant les Cours par correspondance de  
**L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE  
SUPÉRIEURE DE T. S. F.**  
51, boulevard Magenta, PARIS-X<sup>e</sup>

Les Cours donnés par des  
Ingénieurs spécialistes peu-  
vent être suivis par tout le  
monde sans difficulté.

Construction, Montage, Dépannage  
et alignement de tout poste

Cours complet : **350** francs  
**DIPLOME FIN D'ÉTUDES**

LA SEULE ÉCOLE OU L'ON FAIT DE LA PRATIQUE. — Demandez la première leçon gratuite

Vient de paraître :

NOUVELLE

# ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE DE MÉCANIQUE

Magnifique publication illustrée en DEUX VOLUMES RELIÉS format 21 x 29, renfermant 6 modèles démontables de mécanique.

35 francs par mois

Publiée sous la direction de H. DESARCES, Ingénieur des Arts et Manufactures, avec la collaboration de nombreux Ingénieurs et Professeurs de Mécanique.

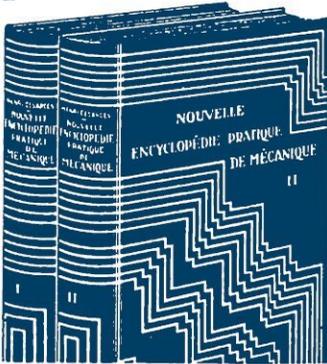
## AGGROITRE SES CONNAISSANCES TECHNIQUES, C'EST TRIPLER SA VALEUR PROFESSIONNELLE

Toute personne sachant lire peut s'instruire seule, sans professeur, au moyen des volumes de l'ENCYCLOPÉDIE de MÉCANIQUE parce que les cours exposés dans cet ouvrage par des Ingénieurs spécialisés chacun dans la branche étudiée, sont écrits dans une langue claire illustrée, lorsqu'il est nécessaire, d'exemples et de problèmes suivis de leurs corrigés.

C'est un Enseignement Moderne et substantiel de tout ce qui concerne la Mécanique ; c'est une source inépuisable de leçons, de conseils, de renseignements qui profiteront à tous ceux qui consulteront cet ouvrage.

Les Constructeurs, les Ingénieurs, les Directeurs d'Usine, les Garagistes trouveront dans cette Encyclopédie des réponses utiles à tous les cas pour lesquels une solution rapide est cherchée : Théorique, Technique, Pratique.

L'ouvrage se compose de deux gros volumes reliés solidement, du grand format 21 x 29 de 600 pages chacun environ, imprimés sur 2 colonnes abondamment illustrées de dessins, bleus, schémas et de nombreux hors-texte en couleurs ; impression sur papier vélin alla en caractères neufs d'une visibilité parfaite et dans chaque volume sont encartés 3 modèles démontables en couleurs, de Machines mécaniques : La chaudière à vapeur,



La turbine à vapeur, La locomotive « Pacific », L'automobile « Panhard », L'avion, Le moteur d'avion.

Cette ingénieuse combinaison de Planches démontables permet à chacun : Professionnels, Techniciens ou Profanes, de se rendre compte, d'une manière parfaite, du fonctionnement de chaque machine et de la place qu'occupe chaque pièce dans le corps de la machine. La démonstration vivante vient ainsi au secours de la théorie et la mémoire retient toujours mieux ce que L'ŒIL A ENREGISTRÉ.

L'extrait de la Table des Matières ci-dessous permet de juger l'étendue et la richesse de documentation de cette Encyclopédie qui sera pour chacun un Guide judicieux et éclairé.

**CONNAISSANCES GÉNÉRALES.** — 1<sup>re</sup> Mesures des grandeurs : Longueur, Surface, Volume, Mesures de poids : celui des poids : liquides, solides. Éléments de géométrie plane et de l'espace : Polygones, Triangles, Parallèles, Triangle et Trapèze. Circonférences, Aires, Courbes, etc... Géométrie descriptive. Point, droite, plan, étude, problèmes : Perspective cavalière, conique. Dessins et croquis industriels : tracés graphiques, projection, représentation des objets.

2<sup>o</sup> Éléments d'algèbre : Calcul algébrique, puissance d'un nombre. Calcul des expressions algébriques. Additions et soustractions, multiplications et divisions. Problèmes. Équations 1<sup>er</sup> et 2<sup>o</sup> degré avec problèmes et corrigés. Progression. Logarithme. Variations des fonctions, etc... Éléments de trigonométrie. Instruments à calculer. Règles et machines.

3<sup>o</sup> La Mécanique et les Phénomènes Physiques : La matière, le mouvement. Forces, gravité, mouvement composé, vibrations, pendule. Travail, énergie, puissance, résistance, problèmes. — Résistance des matériaux : extension, compression, flexion, tension, voilement : applications à la construction des machines. — Hydraulique et statique des gaz : Eau, air, gaz, chaleur, dilatation, fusion, liquéfaction, énergie. Principe de Carnot.

**LES MACHINES.** — Matières employées dans la construction des machines : Fer, fonte, acier. Haut fourneau. Préd'lage. Usine. Bois. Cuir. Caoutchouc. Alliages. Éléments de machines. Assemblage, vis, filetage, écrous, boulons, goupilles, clavettes, rivets, etc. Arbres de transmission, résistance, calculs de flexion, tension. Tourillons porteurs et intermédiaires. Accouplements, paliers,

courroies, câbles, chaînes, poulies de transmission. Engrenages : friction, transformation du mouvement : pistons, coulisseaux-bielles, manivelles, volants. Tuyauterie, assemblages, joints, obturateurs à levée, à glissement. Lubrifiants et appareils graisseurs.

**Les Moteurs modernes.** — 1<sup>re</sup> Partie. — Moteurs à vent : L'énergie hydraulique. Roues et Turbines hydrauliques. Pompe. Presses. Accumulateurs hydrauliques.

2<sup>o</sup> Partie. — Moteurs thermiques : Chaudières : dimensions et systèmes, alimentation. Surchauffeurs. Foyer. Cheminée. Garnitures et appareils de sûreté. Contrôle. Réglementation. Machines à piston : distribution, régulation. Turbines à vapeur à action et à réaction. Différents types de Turbines. Condensation de la vapeur. Éjecteurs, réfrigérants, etc.

Moteurs à gaz, à air, à explosion : Description des moteurs. Essai des moteurs. Manomètres, compteurs. Calcul et mesure de la puissance des moteurs.

**L'ATELIER.** — Fonderie. Forgeage. Outillage. Boulonnerie. Claudronnerie. Tuyauterie. Ajustage. Tracage. Machines-outils : pratique du travail : type divers. Emboutissage. Soudure électrique.

**L'USINE.** — Appareils de levage simples, composés. Ascenseurs. Monte-charge. Escaliers mécaniques. Manutention mécanique. Compresseurs. Installations frigorifiques.

**GRANDES APPLICATIONS DE LA MÉCANIQUE.** — Locomotives. Wagons. L'automobile : description de tous ses organes, leur fonctionnement, etc... Ballons libres, dirigeables. Aéroplanes, hélicoptères, moteurs d'avions, etc...

### BULLETIN DE COMMANDE

Veuillez m'expédier en compte ferme la NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE DE MÉCANIQUE en 2 volumes reliés (21 x 29) au prix de 465 francs payables aux conditions ci-après :

- a) 35 francs par mois jusqu'à parfait paiement ;
  - b) En 3 paiements mensuels de 147 fr. 25 (5 % d'escompte déduit) ;
  - c) En un seul paiement de 418 francs (10 % d'escompte d'un fr. à la livraison).
- Chaque commande est majorée de 15 francs pour frais de port et d'emballage et chaque quittance de 2 francs pour frais d'encaissement.

Nom et prénoms .....

Profession .....

Domicile .....

Ville ..... Dip. ....

Le ..... 1944 (Indiquer le paiement adopté)

Signature :

## BON pour une NOTICE ILLUSTRÉE

Veuillez m'adresser le prospectus spécimen de la NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE DE MÉCANIQUE.

Nom .....

Adresse .....

Copier ou détacher ce BON ou ce BULLETIN et l'envoyer à la

**LIBRAIRIE ARISTIDE QUILLET** S. A. au capital de 20.000.000 de fr. **278, Bd St-Germain, Paris-7<sup>o</sup>**

(Service S. V.)

Publ. C. BLOCH



# VOUS AUSSI POUVEZ GAGNER DAVANTAGE

comme **EXPERT** en **T.S.F**

Vous avez la possibilité d'assurer rapidement votre indépendance économique, comme tous ceux qui suivent notre fameuse méthode d'enseignement.

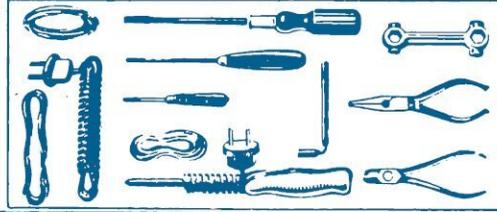
Vous pouvez même gagner beaucoup d'argent dès le début de vos études.

Etudiez chez vous cette méthode facile et attrayante.

**Aucune connaissance spéciale n'est demandée.**

**Pour la pratique vous recevrez**

**GRATUITEMENT...**



...ce récepteur ultra-moderne superhétérodyne, 6 lampes, œil magique, etc. ainsi que l'outillage complet.

**Bénéficiez de ces avantages uniques et de cette offre sans précédent.**

La France offre en ce moment un vaste champ d'action pour les Radio-techniciens dans la T. S. F., cinémas, télévision, amplification, etc... Sans abandonner vos occupations ni votre domicile et en consacrant seulement une heure de vos loisirs par jour, vous pouvez vous créer une situation enviable et très rémunératrice!...



**Envoyez-nous immédiatement ce coupon :**

**ECOLE MODERNE DE T. S. F.  
3, Rue Laffitte, Cl. 15, Paris-9<sup>e</sup>**

Veillez m'envoyer **gratuitement** votre livre, avec les indications :  
" Comment gagner de l'argent dans la T. S. F. ".

Nom..... Prénoms.....

Rue ..... N°.....

Ville ..... Département.....