

# la Science et la Vie



Voir page 565

# Gazogènes BRANDT

A BOIS ET A CHARBON DE BOIS

ÉQUIPEMENT DE TOUS VÉHICULES

**Suppression de toute perte de puissance du moteur**  
PAR DISPOSITIF SPÉCIAL DE SURALIMENTATION



**ÉTABLISSEMENTS EDGAR BRANDT**

DÉPARTEMENT " MOTEURS ET GAZOGÈNES "

Tél. : Défense 22-10 — **73, rue des Minimes, COURBEVOIE** — R. C. Seine 224.098 B

## TRAITEMENT INDUSTRIEL DES RÉSIDUS URBAINS

RÉGIE INTÉRESSÉE DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE

134, boulevard Haussmann, PARIS (8<sup>e</sup>)

Téléphone : CARnot 56-20

USINES :

◆ SAINT-OUEN, ISSY-LES-MOULINEAUX,  
IVRY, ROMAINVILLE, reliées par fer et par eau

## ENGRAIS DE GADOUE DE LA VILLE DE PARIS

Poudre de gadoue, Gadoue triée et broyée, Gadoue des Halles

COMPOSITION APPROXIMATIVE :

4 à 6 ‰ azote ;  
4 ‰ acide phosphorique ;  
2 à 3 ‰ potasse ;  
30 à 40 ‰ chaux.

## MACHEFER PRODUIT PAR INCINÉRATION A HAUTE TEMPÉRATURE

**TOUT-VENANT** pour remblais ; assainissement des chemins et terrains humides, fonds de routes, etc., etc.

◆ **CALIBRÉ FIN** (remplaçant le gros sable) ;  
**MOYEN** (remplaçant le caillou) pour la confection des bétons de chaussée.

**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 Écoles des Élèves Ingénieurs Mécaniciens (Brest)  
Sous-officiers (Mécaniciens et Pont)  
Mécaniciens (Moteurs et Machines) (Lorient)  
École de T. S. F. de Toulon

**MARINE MARCHANDE**

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

**AVIATION MILITAIRE**

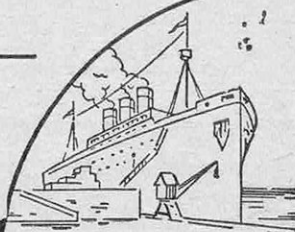
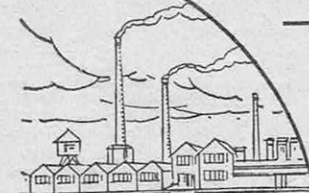
École des sous-officiers pilotes d'Istres  
Ecoles des Élèves Officiers  
Ecole des Officiers Mécaniciens  
Ecole de Rochefort  
(Mécaniciens et Radios)

**AVIATION CIVILE**

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

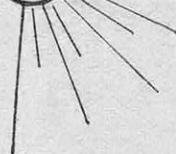
**PROGRAMMES GRATUITS**  
(Joindre un timbre pour toute réponse)

**LES COURS SUR PLACE**  
ont lieu pendant la guerre  
à Nice :  
**21, boulevard Frank-Pilatte**



HAVAS

Mes yeux sont enfin protégés du soleil



**HORIZON**  
LA LUNETTE  
A CHAMP DE  
VISION  
COMPLET  
Breveté  
S.G.D.G.

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.



Depuis

**25 ans**

... les clichés de "LA SCIENCE ET LA VIE" sont exécutés dans les ateliers de Photogravure des Etablissements...

**LAUREYS F<sup>res</sup>**

17 RUE D'ENGHEN - PARIS-10<sup>e</sup>

TÉLÉPH.:  
PRO. 99.37

PHOTOGRAVURE  
OFFSET - TYPONS  
CLICHERIE  
GALVANOPLASTIE

**DIMANCHE ILLUSTRÉ**

L'ILLUSTRÉ DE LA FAMILLE

Publication hebdomadaire pour les adolescents qui s'y instruisent en s'amusant ; publication pour les adultes qui y trouvent d'utiles enseignements et de précieux renseignements ; publication alerte, attrayante et digne enfin de la famille qu'elle passionne à tous les âges de la vie.

**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.

Administration et publicité : 20, rue d'Enghien Paris (10<sup>e</sup>).

EVITEZ LES ÉPIDÉMIES

◀ **FILTRE** ▶

DANS TOUTES BONNES MAISONS  
155, faubourg Poissonnière, Paris

**MALLIÉ**

**DÉVEZ 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

# EMBELLISSEZ VOTRE VIE par le **DESSIN**



*Fraicheur, jeunesse, mouvement, etc, voilà les qualités de ce gracieux croquis, fait en quelques secondes par l'une de nos élèves.*

*une demi-heure, vous en saurez plus long sur le dessin qu'en bien des années. Et vous, vous direz, en voyant les dessins de nos élèves : Moi aussi, je veux en faire autant ! Si vous ne pouvez pas venir vous renseigner vous-même, demandez-nous notre Album Illustré, au moyen du coupon ci-contre, à remplir et à nous retourner. Ce bel album vous sera adressé par retour, gratuitement et sans engagement de votre part. Il constituera pour vous, par son texte et par ses illustrations, une véritable leçon de dessin gratuite.*

**DES CONDITIONS DE  
FAVEUR SONT FAITES  
AUX MOBILISÉS**

**C'**EST si facile et si amusant d'apprendre le dessin par la méthode A. B. C. Dès l'instant où vous prendrez un crayon pour faire votre premier devoir, l'enchantement commencera pour vous et ne finira jamais plus. Vous ne connaîtrez plus l'ennui, vous verrez tout avec des yeux neufs, vous comprendrez la beauté de la nature, vous vaudrez 100 0/0 de plus.

**Où que vous soyez, même si vous n'avez jamais tenu un crayon, vous pouvez devenir en quelques mois bon dessinateur et vous exprimer, par le dessin, aussi facilement que par la parole ou par l'écriture.**

Le dessin n'est pas un don des fées, c'est un art simple et qui s'apprend vite. De bons principes, un maître expérimenté pour vous guider, un peu de pratique, il n'en faut pas plus. Voilà le miracle qu'a fait l'Ecole A. B. C. en vingt ans : elle a formé plus de quarante mille dessinateurs enthousiastes qui connaissent la joie de créer. Tout le monde devrait savoir dessiner, car le dessin est utile dans toutes les professions. Pour votre plaisir, pour augmenter votre valeur personnelle ou comme débouché lucratif, vous pouvez, dès maintenant, suivre les cours A. B. C. par correspondance de l'Ecole de Dessin.

**\* Pensez aussi à l'avenir de vos enfants. Faites enseigner le dessin à vos garçons et à vos filles, leur avenir en dépend. L'A. B. C. a un Cours spécial pour les enfants de huit à quatorze ans.**

## **On jure une méthode par ses résultats**

*Connaisant l'importance capitale du dessin, vous n'avez pas le droit de laisser échapper l'occasion de vous renseigner à fond une fois pour toutes. Si vous êtes à Paris, venez à notre siège. 12, rue Lincoln (Champs-Élysées), Métro : George-V ; en*

**ÉCOLE A.B.C.  
DE DESSIN**

12, RUE LINCOLN, PARIS (8<sup>e</sup>)

**Veillez m'envoyer gratuitement et sans engagement pour moi, votre Album illustré sur le dessin (spécifier ADULTES ou ENFANTS).**

NOM : .....

PROFESSION : .....

AGE : .....

ADRESSE : .....

B. 15

# 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 **vo**tre 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° 7.000**, 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° 7.005**, 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° 7.009**, 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° 7.013**, 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° 7.015**, 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° 7.020**, 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° 7.027**, 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° 7.032**, 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 de Grandes Ecoles, Ingénieurs agronomes, Ingénieur du Génie rural, etc.)

**BROCHURE N° 7.038**, 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° 7.040**, concernant la préparation aux métiers de la **Couture**, de la **Mode**, 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° 7.049**, concernant la préparation aux carrières du **Cinéma** : Carrières artistiques, techniques et administratives.

(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

**BROCHURE N° 7.052**, 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° 7.057**, 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° 7.064**, 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 longuement séjourné dans les pays dont ils enseignent la langue.)

**BROCHURE N° 7.069**, 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° 7.073**, 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*, *Clarinete*, *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° 7.079**, 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° 7.082**, concernant l'**Art d'écrire** (Rédaction littéraire, Versification) et l'**Art de parler en public** (*Eloquence usuelle*, *Diction*).

**BROCHURE N° 7.085**, concernant l'**enseignement** pour les **enfants débiles** ou **retardés**.

**BROCHURE N° 7.091**, concernant les **carrières féminines** dans tous les ordres d'activité.

**BROCHURE N° 7.094**, **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  
ET MOINS COUTEUX

d'apprendre seul

**L'ANGLAIS**

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

AVEC

**ASSiMiL**

"LA MÉTHODE FACILE"

(avec ou sans disques)

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.

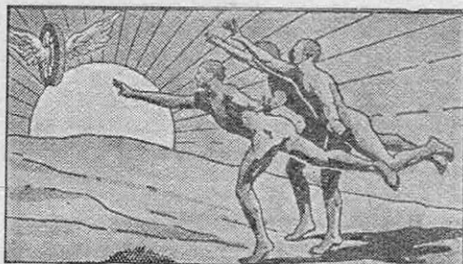
*Pour vous en convaincre, demandez, sans engagement, les sept premières leçons, avec documentation, contre 2 fr. 50 en timbres pour chaque langue.*

**ASSiMiL, service Sc**

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

51, rue du Midi, Bruxelles

**DEVENEZ**



**CELUI OU CELLE A QUI  
TOUT RÉUSSIT**

Il ne tient qu'à vous de modifier votre existence du tout au tout avec la méthode de

**L'INSTITUT  
PSYCHOLOGIQUE  
DE RÉÉDUCATION**

Par des moyens simples, ingénieux, nous garantissons

**LE SUCCÈS**

Vous réussirez en acquérant les facultés qui vous le feront obtenir. Que vos entreprises soient sentimentales, intellectuelles, industrielles, il vous faut posséder

**LE POUVOIR PERSONNEL**

Vous l'obtiendrez en développant votre magnétisme, qui révélera les forces insoupçonnées qui sont en vous. Nous en avons donné le moyen à tant d'autres qui nous doivent d'être sortis de la médiocrité. Vous les considérez comme des privilégiés dont vous enviez la situation et l'existence heureuse. Nous avons déjà des élèves. Chaque jour nous en amène. Tout près de vous, peut-être, vit celui qui vous enlèvera la situation convoitée, l'amour espéré, le bonheur attendu. Ne demeurez pas dans l'indécision. Votre avenir dépend du geste que vous allez faire pour nous demander le luxueux ouvrage n° 207 de 80 pages que nous vous adresserons

**GRATUITEMENT**

Cet ouvrage, d'une certaine valeur, est accompagné d'une importante et luxueuse documentation. Il vous apportera la clé du succès et le moyen de vaincre, de dominer.

Vous y trouverez également tous les renseignements sur notre

**COURS DE PUISSANCE SECRÈTE**

sur la révélation du

**POUVOIR PERSONNEL**

Culture de la mémoire, guérison de la timidité, développement de la volonté et de l'esprit, sur la maîtrise de soi-même et les secrets du charme.

Écrivez immédiatement à

**L'INSTITUT PSYCHOLOGIQUE D'ENSEIGNEMENT  
ET DE RÉÉDUCATION (Service H), 3, r. de la République, Lyon (Rhône).** Notre envoi, soigneusement enveloppé, ne porte pas de marques extérieures. Cette demande ne vous engage en rien et vous ne serez nullement importuné par la suite, quelle que soit votre décision. Joindre 3 frs en timbres-poste pour frais d'écritures et d'envoi.



## INVENTEURS

Pour faire breveter et exploiter vos inventions pendant la guerre, lisez la brochure qui vous sera adressée gratis par l'auteur M. Boettcher, ingénieur-conseil, pour brevets d'invention, 23, rue La Boétie, Paris.

## Radiesthésie scientifique ou Radio-Désintégration

Méthode L. TURENNE

Ing. E.C.P., ancien professeur de T.S.F.

Appareils sélectifs p<sup>r</sup> l'étude de toutes ondes;  
Protection contre les ondes nocives;  
Recherches d'eau, de métaux, etc.

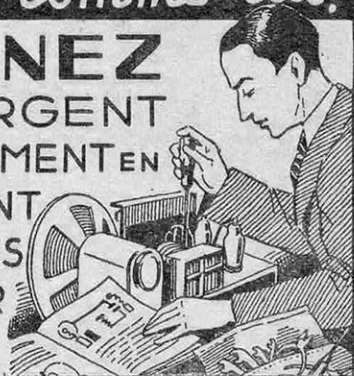
**LIVRES, COURS ET LEÇONS**

Envoi franco de notices explicatives

19, r. de Chazelles, Paris-17<sup>e</sup>. T. Wag.42-29

Faites comme lui!

**GAGNEZ**  
DE L'ARGENT  
RAPIDEMENT EN  
UTILISANT  
vos HEURES  
DE LOISIR



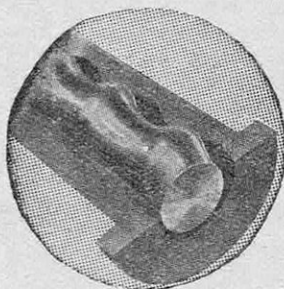
Devenez **Radiotechnicien Diplômé** en suivant notre merveilleux enseignement par correspondance. Sans aucune connaissance spéciale, vous apprendrez la **technique** et la **pratique** de la T. S. F., de l'Électricité et de la Télévision.

Pour vos expériences, un superhétérodyne et une trousse d'outillage vous sont offerts gratuitement.

A l'heure où les spécialistes sont de plus en plus nécessaires dans l'Industrie et dans l'Armée, assurez-vous un **emploi rémunérateur** ou une **situation militaire agréable et recherchée**.

Retournez de suite ce bon à l'**Institut de T. S. F. appliquée**, 23, avenue de Messine, Paris-8<sup>e</sup>, et vous recevrez notre superbe album « La T. S. F. », source de satisfaction, de succès, de profits ».

NOM .....  
RUE .....  
VILLE ..... DÉP. .... S



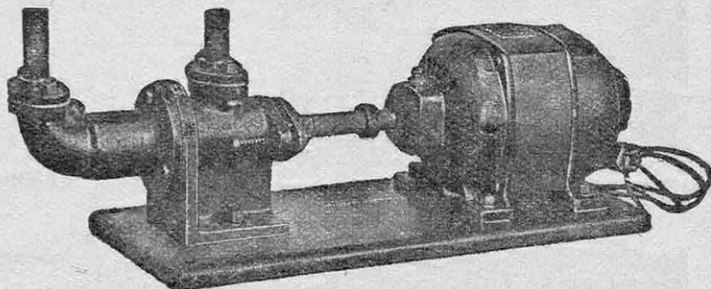
# POMPES EN CAOUTCHOUC

# P. C. M.

LICENCE R. MOINEAU, 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

SOCIÉTÉ  
**POMPES • COMPRESSEURS • MECANIQUE**  
65, 65 RUE DE LA MAIRIE VANVES (SEINE) TÉL. MICHEL ET 3718

# LA RADIO

*s'apprend aussi...*

Cours par Correspondance  
Ecole Centrale de T.S.F.  
12, rue de la Lune,  
PARIS.2<sup>o</sup>.

... **par CORRESPONDANCE**



UN ÉLÈVE, par correspondance (Section d'Opérateurs-Radios), s'entraînant chez lui à la lecture au son par la méthode sur disques de l'École.



EXERCICE PRATIQUE de montage d'un poste avec la méthode de l'École.

Permettant à tous de se créer à temps perdu, malgré toute occupation, une situation meilleure et mieux payée.

**JEUNES GENS!...**  
**JEUNES FILLES!...**

**VOTRE AVENIR**  
**est dans la radio**

**MÉTIER DE DEMAIN**      **MÉTIER JEUNE**  
Préparez-en dès maintenant les carrières

**SITUATIONS CIVILES**  
VARIÉES, ATTRAYANTES, RÉMUNÉRATRICES

**SERVICE MILITAIRE**  
AVANTAGES NOMBREUX

DEMANDEZ LE GUIDE COMPLET DES SITUATIONS  
CIVILES ET MILITAIRES DE LA RADIO



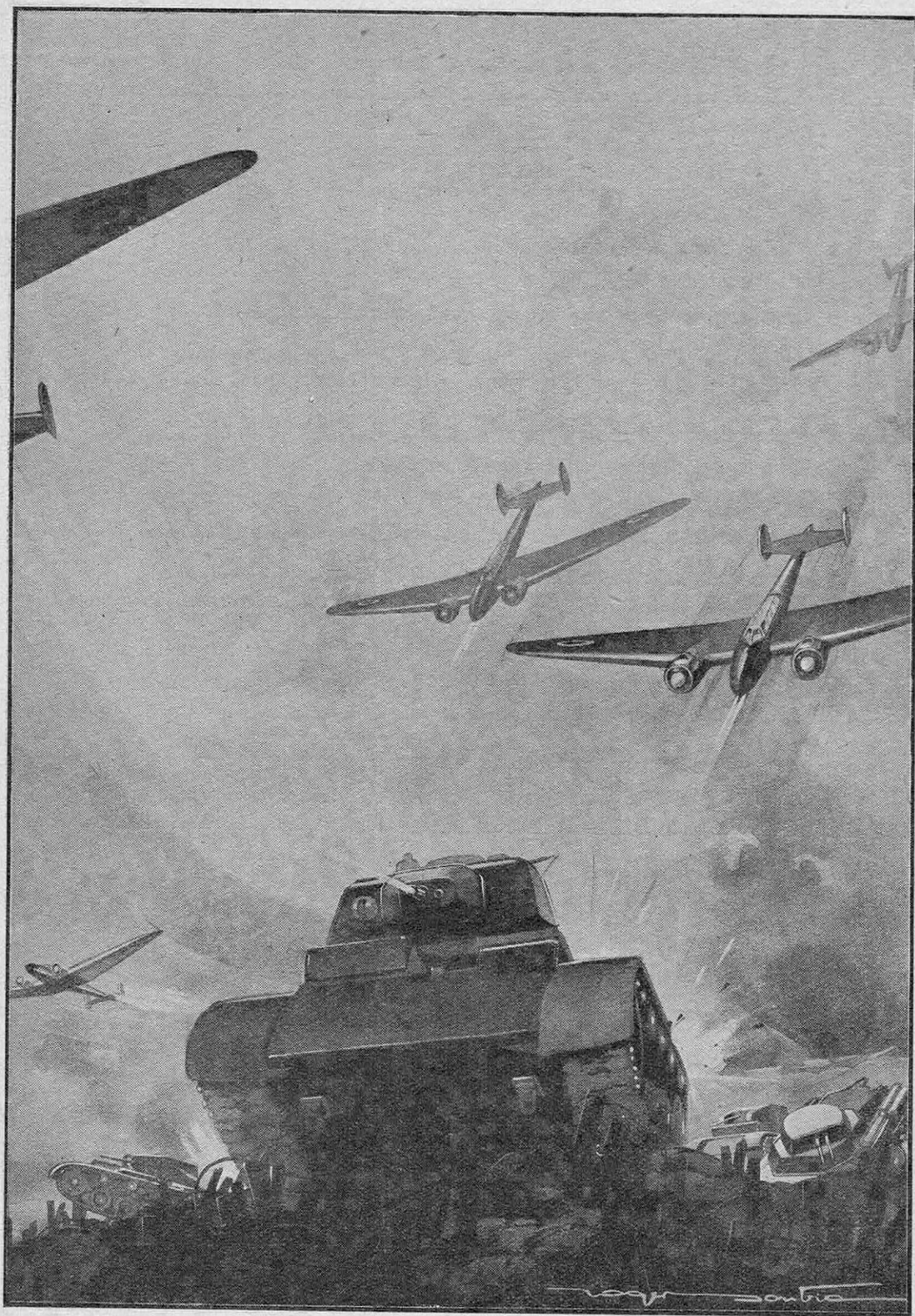
**ECOLE CENTRALE DE T-S-F**

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



Telephone Central 78-87





## ATTAQUE DE CHARS PAR L'AVIATION

*Piquant sur leur objectif, qu'ils arrosent du feu de leurs mitrailleuses et de leurs canons, les avions d'assaut se succèdent, se dérobent au cours d'une ressource et renouvellent leur attaque sur un autre char.*

# L'AVION D'ASSAUT CONTRE LES DIVISIONS BLINDÉES

Par Camille ROUGERON

*Le problème de la défense contre les attaques massives de chars employés en « divisions blindées » est un des plus graves parmi ceux qui se posent aujourd'hui. Les événements de Pologne, où les « Panzerdivisionen » ont joué le rôle principal dans les opérations à terre, les événements de Finlande, où les divisions blindées soviétiques ont fini, après des pertes énormes, par enlever la ligne Mannerheim, en illustrent l'importance. Dans ce domaine, l'aviation est susceptible, non seulement d'apporter sa coopération aux autres armes en renseignant le commandement sur la force et les mouvements des formations adverses et en réglant sur elles le tir de l'artillerie, mais aussi d'intervenir directement dans la bataille, en participant de la manière la plus active à la destruction des engins blindés, par le feu de ses mitrailleuses et de ses canons automatiques. Techniquement, en effet, la perforation des cuirasses de char par les armes de l'avion est favorisée du fait que les blindages sont plus faibles sur le toit que sur les parois latérales des chars, et que la vitesse initiale des projectiles se trouve accrue de la vitesse propre de l'avion. La soudaineté de leurs attaques doit permettre aux avions d'assaut d'échapper à la chasse ennemie tandis que la rapidité de leurs évolutions en vol rasant nuit considérablement à l'efficacité du feu de la D. C. A. qui les prendrait à partie. En outre, alors que la concentration en temps utile des armes antichars terrestres, lors d'une offensive déclenchée brusquement sur un front étroit, apparaît fort difficile à réaliser, l'aviation, grâce à sa vitesse, paraît capable d'intervenir dans le délai minimum avec toutes ses forces, ce qui lui confère sur toutes les autres armes liées à la terre une supériorité écrasante.*

## Les enseignements des dernières guerres

**L**E problème de l'arrêt des divisions blindées par l'aviation fait, depuis quelques mois, l'objet de discussions qui débordent des revues spécialisées dans la presse de grande information. C'est, évidemment, le succès foudroyant des divisions blindées allemandes en Pologne qui leur donne cette actualité. L'insuffisance de l'armement antichar de l'infanterie s'y est fait cruellement sentir. Il est naturel qu'on se tourne vers cette arme universelle qu'est devenue l'avion pour lui demander son aide. L'avion, qui peut aussi bien accompagner l'infanterie à l'assaut que faire de l'interdiction lointaine sur les communications, attaquer le navire de commerce que le défendre en coulant le sous-marin, est-il en mesure de donner au problème de la protection contre les chars la solution urgente qu'il réclame ?

L'emploi de l'avion contre le char a déjà été évoqué ici même (1) à une époque où cette question présentait beaucoup moins d'actualité, dans un article consacré à l'avia-

tion d'assaut. Cette suggestion, il faut le reconnaître, si elle fut favorablement accueillie par le fantassin non « mécanisé », n'eut pas plus de succès auprès des aviateurs que des spécialistes en chars. Ce dernier accueillait l'annonce de ce nouvel adversaire avec le scepticisme narquois du marin auquel on expose la douzaine de façons différentes par lesquelles l'avion pourra bien venir à bout des marines de guerre comme des marines de commerce. L'avion dans la bataille terrestre, au milieu des chars, de l'artillerie et des mitrailleuses ? L'aviateur pouvait se préparer certainement à quelques « coups durs ».

Depuis, l'aviation a montré, en Espagne, en Pologne, en Finlande, qu'elle pouvait intervenir dans le combat au sol avec des pertes qui sont loin d'atteindre celles de l'infanterie. Si l'aviation « n'occupe pas », son concours n'est pas inutile pour permettre au fantassin qui la suit « d'occuper ».

On doit reconnaître cependant que la série des guerres où, depuis trois ans, chars et avions auraient pu s'affronter, n'ont pas permis de trancher par l'expérience cette importante question.

L'exemple de Guadalajara, en Espagne,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 135.

ne peut sérieusement appuyer la thèse de la supériorité de l'avion. La division italienne qui fut surprise le 12 mars 1937, par l'aviation soviétique au service des gouvernements, était une division motorisée, qui s'étendait sur 20 km de la grand'route de Guadalajara à Saragosse, accompagnée de chars en petit nombre, et par une division mécanique qui eût pu se déplacer en formation dispersée à travers champs. La division motorisée n'a même pas la ressource de la troupe à pied ou à cheval, qui peut immédiatement abandonner la route pour s'abriter dans les environs. Elle n'a pas

sont toujours introduites sous cette forme dans l'art militaire, et que ce n'est pas autrement qu'est apparue la valeur défensive exacte de la fortification permanente et la valeur offensive de la baïonnette contre les réseaux de fil de fer. Mais on ne pouvait pas en conclure grand'chose quant à la valeur respective de l'avion et du char. Tout ce qu'on pouvait alléguer à l'appui de la thèse qui soutient la supériorité de l'avion, c'est que les quelques chars à protection légère, qui accompagnaient la colonne, ne gênèrent en rien l'action des avions, et qu'ils subirent le sort commun.

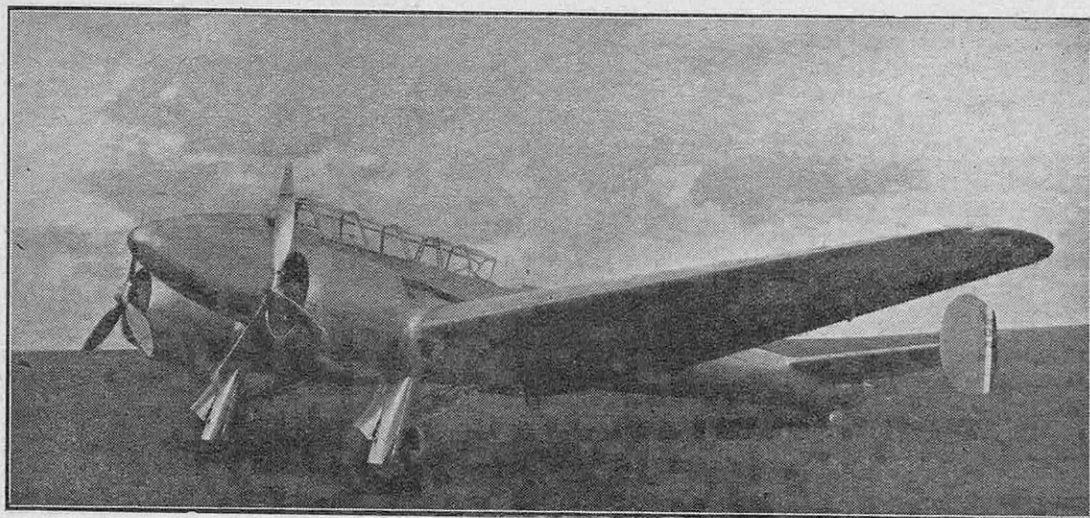


FIG. 1. — LE BIMOTEUR FRANÇAIS POTEZ 63

(83 178)

*Le Potez 63 est le plus ancien des avions de l'armée de l'air française à utilisations multiples, qui puisse être employé en mission d'assaut. Il est équipé de deux moteurs Hispano 14 Hb de 670 ch ou de deux moteurs Gnome et Rhône 14 M de 710 ch. Il est armé de 2 canons de 20 mm sous fuselage et de bombes en fuselage. Sa vitesse est de 460 km/h.*

davantage la résistance de la division mécanique que les blindages les plus légers protègent encore un peu contre la mitrailleuse ou les éclats de bombes. Aussi, à la première attaque des 115 avions gouvernementaux qui l'arrosèrent de balles et de bombes, la colonne s'immobilisa aussitôt; les déplacements tentés échouèrent; la panique se déclencha. Les quelques troupes gouvernementales qui arrivèrent le soir sur le champ de bataille ramassèrent sans combat camions, batteries, munitions.

Ceux qui ont découvert, à cette occasion, l'aviation d'assaut et les projectiles de rupture pour canons de 20 mm ont été sévères pour des troupes et un commandement qui se sont fort bien comportés par la suite. Ils oubliaient que les vérités qui nous paraissent aujourd'hui les plus évidentes se

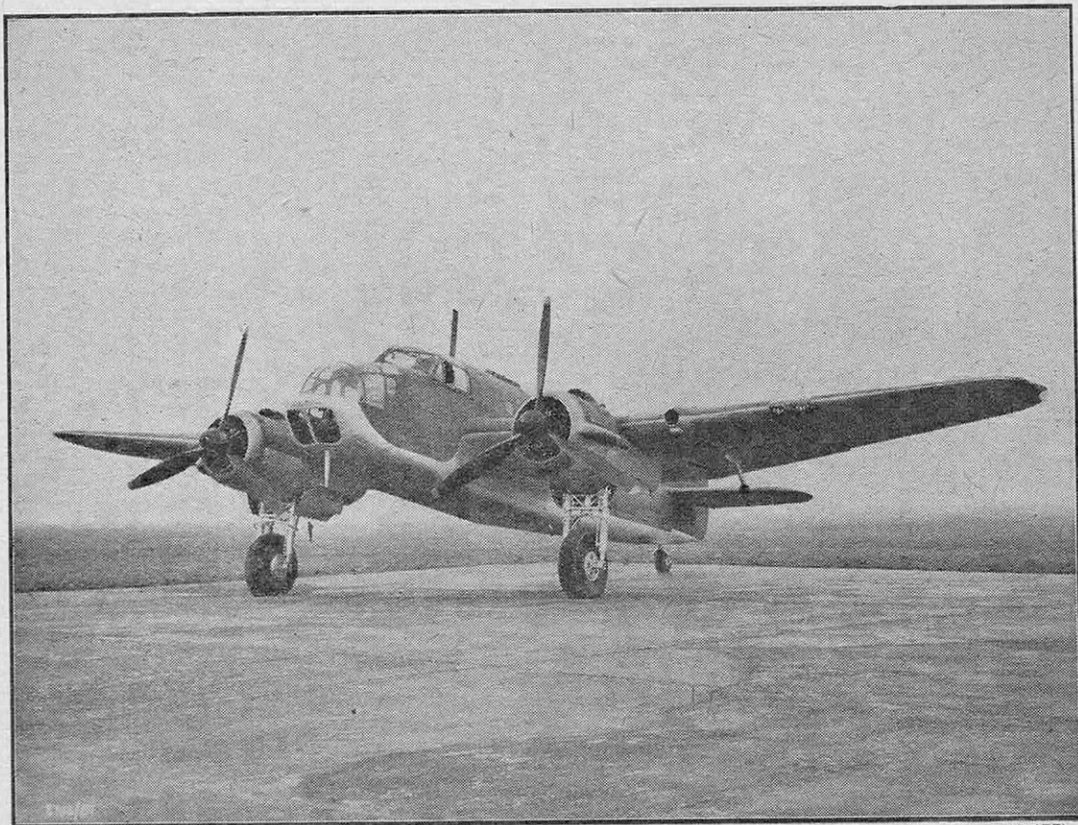
Les opérations allemandes contre la Pologne auraient pu permettre à l'expérience de se prononcer. La Pologne disposait d'une aviation de chasse dont le matériel valait largement celui de pays qui avaient consacré à leur armement aérien des budgets beaucoup plus imposants. Mais les opérations se déroulèrent sans que les avions polonais aient eu l'occasion de s'attaquer aux Panzerdivisionen.

Tout d'abord, la presque totalité de l'aviation polonaise fut mise hors de combat sur ses terrains du temps de paix, soit que les appareils fussent détruits au sol, soit que le bouleversement des terrains par les bombes eût interdit leur envol.

D'autre part, le commandement allemand avait parfaitement organisé la protection de ses divisions blindées contre les attaques

éventuelles d'aviation. Les chars étaient précédés de formations nombreuses d'aviation de chasse et d'aviation d'assaut, qui n'eurent aucune difficulté à détruire les armes antichars et l'artillerie de campagne qui tentèrent de s'opposer à leur progression, et qui auraient fortement gêné l'inter-

finlandaises. Il restait aux divisions blindées russes la ressource de se réunir dans une clairière, et d'attendre la mort par le froid ou la faim, derrière leurs blindages, condamnés à l'immobilité, comme tant d'autres envahisseurs qui subirent le même sort derrière le cercle de leurs chariots ou de leurs



(83 177)

FIG. 2. — LE BRISTOL « BEAUFORT », AVION D'ASSAUT BRITANNIQUE

*Le Bristol « Beaufort » dérive du Bristol « Blenheim », qui a été, voici quelques années, le premier bombardier léger rapide de toutes les aviations militaires. Cet appareil, dont les performances sont tenues secrètes, sera un avion à missions multiples, en particulier un excellent avion d'assaut puissamment armé en mitrailleuses et bombes légères.*

vention des avions polonais contre les chars.

L'aviation et les divisions blindées n'eurent donc pas l'occasion de se mesurer.

La guerre entre l'U. R. S. S. et la Finlande ne permet davantage de conclure en faveur d'une arme plutôt que de l'autre.

Dans les secteurs boisés du front, l'intervention des chars n'a pas connu le moindre succès, comme on pouvait s'y attendre. Lancés sur des routes étroites au milieu de colonnes de plusieurs kilomètres, qui avançaient sans se soucier de la garde de leurs flancs, les chars devaient participer à l'immobilisation générale lorsque la colonne se trouvait arrêtée et coupée par les contre-attaques

chameaux. Mais, dans des cas semblables, rien ne remplace la fortification de campagne. L'acier au nickel-chrome ne vaut pas mieux que les planches d'un chariot ou les cadavres des chameaux.

Sur la ligne Mannerheim, les attaques de chars furent longtemps repoussées par les armes antichars ou l'artillerie de campagne des troupes finlandaises, sous abris enterrés ou bétonnés. Un jour, après avoir consenti la préparation d'artillerie nécessaire, la dépense de fumigènes suffisante pour épuiser les munitions ou user les pièces qui avaient échappé à l'artillerie, les chars soviétiques finirent par passer. L'aviation d'assaut fin-

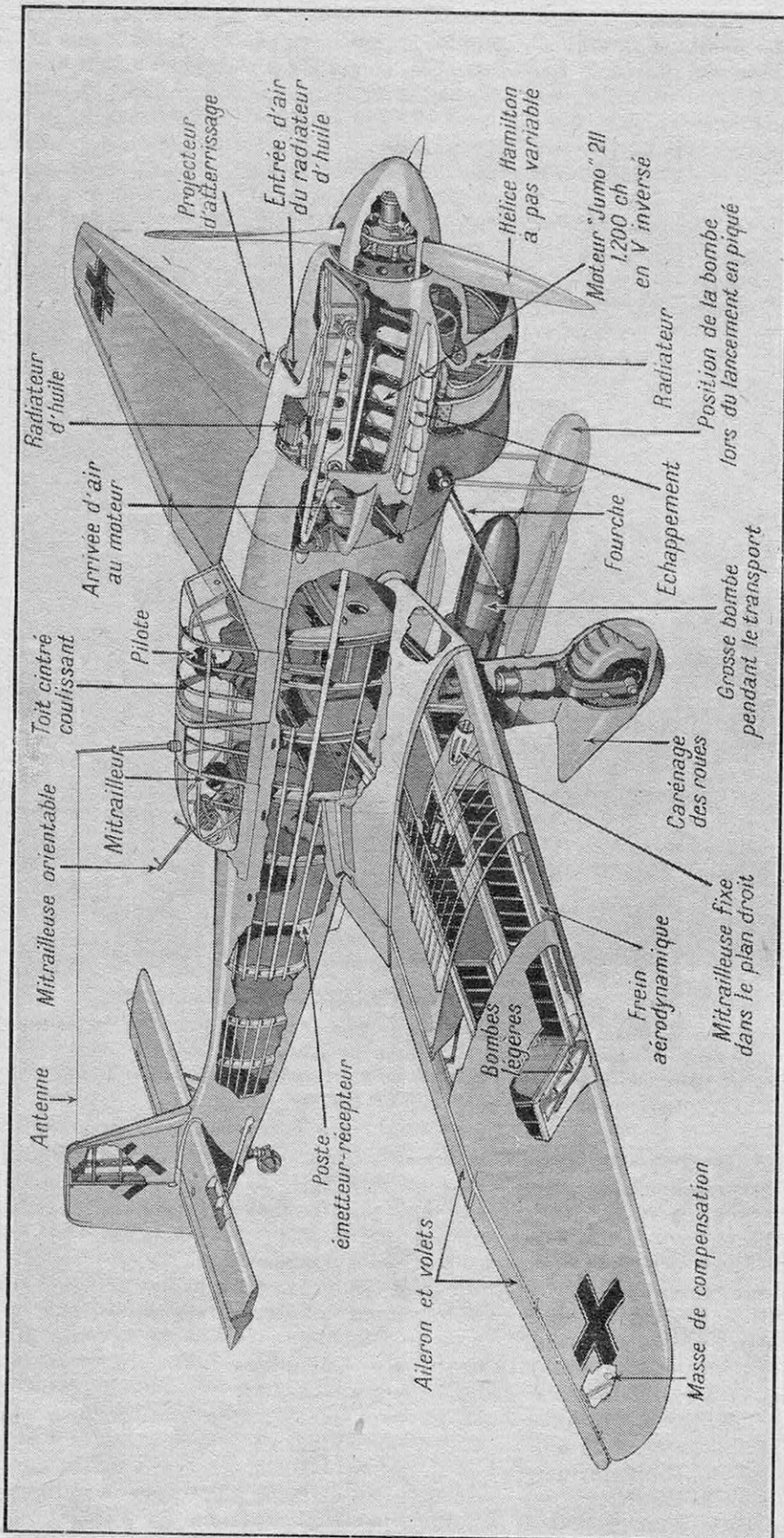


FIG. 3. — L'AVION ALLEMAND JUNKERS 87, CONÇU SPÉCIALEMENT POUR LE BOMBARDEMENT EN PIQUÉ ET QUI JOUA UN RÔLE IMPORTANT DANS LA CAMPAGNE DE POLOGNE

Cet appareil, l'un des plus employés au cours des opérations de l'aviation d'assaut allemande en Pologne, est un monomoteur. Il est mû par un moteur Junkers « Jumo 211 » en V inversé. Sa vitesse maximum au niveau du sol ne dépasse pas 384 km/h, mais il peut atteindre une vitesse de piqué de 690 km/h. L'armement comporte une mitrailleuse d'aile, une mitrailleuse arrière en fuselage, et 500 kg de bombes. Il est spécialement équipé pour le vol en piqué. A cet effet, la voilure est l'« aile double » Junkers, dont les parties extrêmes servent d'ailerons et les parties centrales de volets d'atterrissage ou de frein aérodynamique ; sous la partie avant de l'aile se trouve également un frein aérodynamique braquable utilisé pour limiter la vitesse, lors des piqués sous grand angle. On notera également le dispositif placé sous fuselage qui a pour but d'écartier les bombes du champ de l'hélice au cours de leur largage en piqué sous grand angle.



landaise ne risquait guère de s'y opposer, pour la simple raison que l'aviation finlandaise ne comportait pas d'avions d'assaut. La Finlande avait assurément quelques bonnes raisons de n'avoir pas une aviation aussi nombreuse ni aussi moderne que certains autres pays ; elle a fait le plus magnifique usage possible de ce qu'elle possédait au début des hostilités et de ce qu'elle parvint à se procurer ensuite. Mais une aviation d'assaut ne se crée pas en trois mois, comme ont pu s'en apercevoir bien d'autres pays, où l'on croyait devoir manifester, de 1930 à 1935, un certain mépris pour cette branche nouvelle de l'art militaire.

Au fond, c'est la même raison qui, au cours de ces trois guerres, aura empêché de savoir qui doit l'emporter, des divisions mécaniques ou des formations d'avions d'assaut : il aurait fallu que les unes et les autres puissent se rencontrer. Or, il s'est trouvé, et il doit y avoir à cela une raison générale, que c'était le même parti qui était le seul à disposer, dans les trois cas, de l'une et de l'autre de ces deux armes.

En Espagne, où le char ne fut d'ailleurs jamais employé à la dose massive indispensable à son succès, l'aviation gouvernementale renonça, aussitôt après Guadalajara, à intervenir dans la lutte au sol autrement que par l'action indirecte de sa chasse contre les avions d'assaut de l'adversaire ; les chars gouvernementaux furent encore plus rares que les chars nationalistes.

En Pologne, l'aviation d'assaut fut délaissée au profit d'une aviation de chasse et de bombardement, d'ailleurs fort honorable, étant donné les capacités financières du pays ; on préféra aux divisions blindées des formations de cavalerie dont l'armée polonaise était particulièrement fière, mais leurs charges contre les Panzerdivisionen ne confirmèrent pas l'espoir mis en elles.

En Finlande, malgré une armée et un commandement dont l'éloge n'est plus à faire, il faut bien reconnaître que ni l'aviation d'assaut, ni les chars n'absorbèrent une grande part des dépenses militaires.

Après des leçons aussi claires, il est permis d'espérer qu'au cours des opérations à venir, ce ne soit pas l'absence complète de ce genre de matériel chez l'un des deux adversaires qui empêche d'élucider le problème que nous étudions.

### La doctrine

Il est rare que les règlements soient assez nets dans leurs prescriptions pour que l'on ne

puisse pas en extraire quelque article qui justifie à peu près toute thèse nouvelle. Ce sont là les rudiments du métier de l'écrivain militaire.

C'est ainsi que l'étude précitée s'appuyait sur le règlement de l'infanterie alors en vigueur, lequel datait du 1<sup>er</sup> mars 1928, c'est-à-dire d'une époque où, malgré quelques années d'une énergique campagne, menée dans la presse militaire italienne par le général Mecozzi, alors commandant, les premières formations spécialisées d'aviation d'assaut n'avaient pas encore vu le jour :

« L'intervention de l'avion dans la lutte au sol, disait alors le règlement (1), est efficace sur les objectifs découverts, soit dans la poursuite, soit pour enrayer l'irruption de l'ennemi à travers une brèche du front que les feux des troupes engagées ne sont plus en mesure d'interdire. »

Cette mission incombe « à l'aviation de combat (chasse et bombardement) et, éventuellement, à l'aviation de renseignement ».

Il n'était pas difficile de montrer qu'au cours de ces opérations, l'un des adversaires les plus probables de l'avion devait être le char de combat, qu'il fût employé en contre-attaques pour arrêter la « poursuite », après rupture d'un front, ou qu'il fût lancé au travers d'une brèche comme instrument principal d'exploitation d'un premier succès.

Le Règlement de l'Infanterie vient d'être refondu pour plusieurs raisons, dont la dernière, dit le rapport au ministre, est « le perfectionnement des moyens et des méthodes de combat des autres armes, notamment des engins blindés et de l'aviation » qui en « rendent aujourd'hui nécessaire une révision attentive ».

Dans le chapitre qu'il consacre à l'emploi de l'aviation travaillant en liaison avec les forces terrestres, le nouveau règlement définit comme suit les objectifs de l'aviation d'assaut :

« Les attaques d'objectifs au sol... visent à désorganiser les réserves, à ralentir leur progression et à les arrêter aux points de passage obligés ; elles sont particulièrement efficaces contre les colonnes motorisées. Elles peuvent prendre à partie les attaques massives d'engins blindés (2). »

L'attaque des chars par l'aviation d'assaut est donc aujourd'hui réglementaire. C'est même le seul objectif que le règlement

(1) Règlement de l'Infanterie du 1<sup>er</sup> mars 1928. II<sup>e</sup> partie. Combat (Art. 101 et 96).

(2) Règlement de l'Infanterie de 1939 (art. 221).

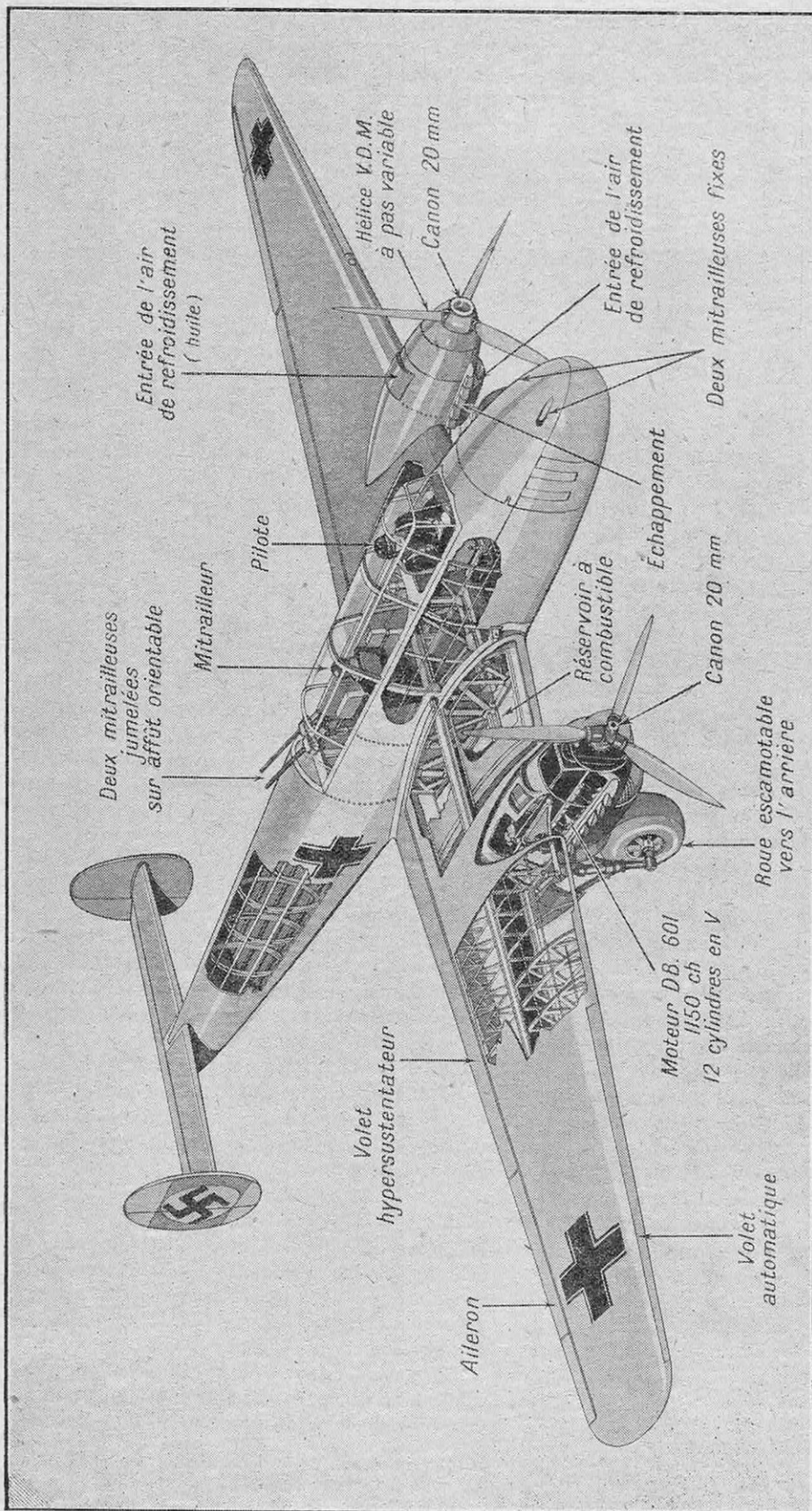


FIG. 4. — L'AVION DE COMBAT ALLEMAND MESSERSCHMITT ME 110

Le Messerschmitt Me 110 est le plus puissant des avions actuellement employés par l'Allemagne dans les missions d'assaut. Il est équipé de moteurs Daimler-Benz D. B. 601 de 1150 ch, dont l'alimentation en carburant se fait par injection directe dans les cylindres au moyen de pompes type Bœtsch, montées à l'intérieur du V que forment les cylindres. L'armement de cet appareil est variable suivant les modèles. Les canons, en particulier, doivent être disposés, soit comme ci-dessus, dans l'axe des hélices, soit à la partie inférieure du fuselage. A la partie supérieure du fuselage sont installées deux mitrailleuses fixes tandis qu'à l'arrière le mitrailleur commande deux autres mitrailleuses jumelées sur affût orientable.

attribue à l'avion, parmi les éléments engagés dans le combat ; les autres ne sont que des réserves en cours de stationnement ou de transport. En attendant l'époque où le règlement voudra bien examiner le cas de quelques autres particulièrement intéressants, depuis l'arme antichars jusqu'aux batteries d'artillerie en action, les défenseurs

pèchent les doctrines les plus judicieuses sur le plan tactique ou stratégique.

Les armes terrestres tirant sur une ligne de chars qui s'avancent, les attaquent, en effet, de face, et la protection du char a été établie en conséquence. La cuirasse avant est plus épaisse que celle des flancs, et souvent très inclinée pour augmenter l'inci-

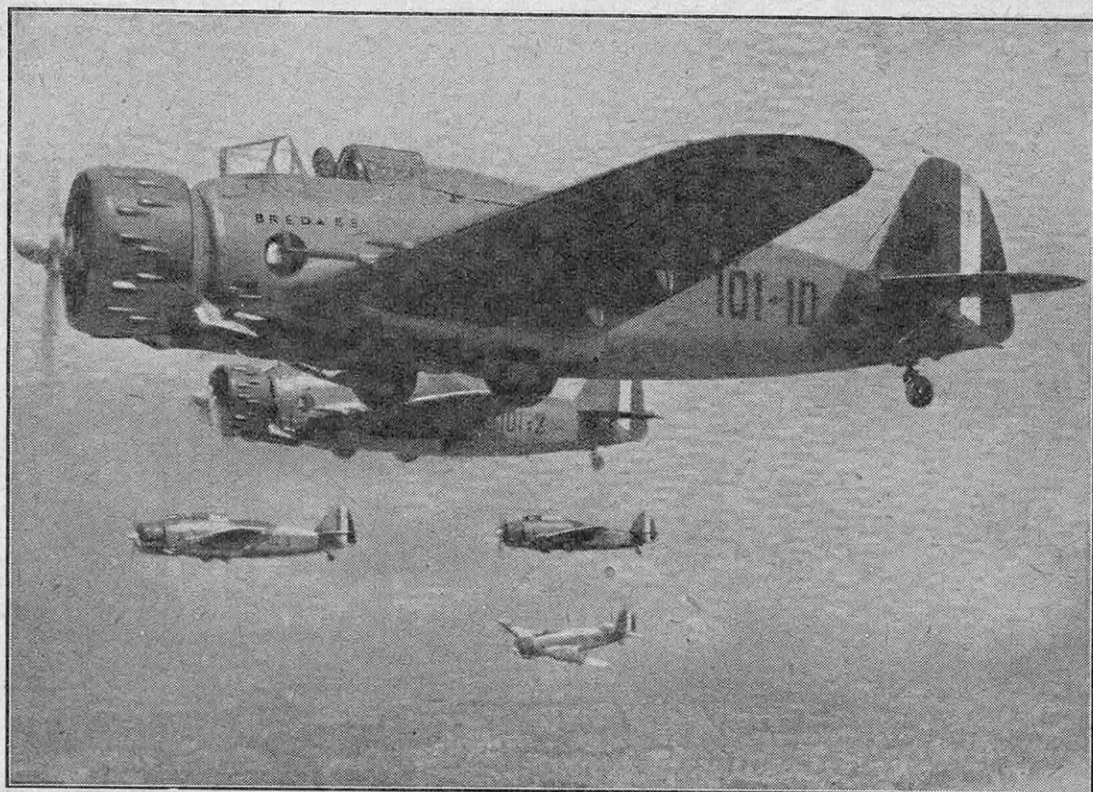


FIG. 5. — UNE ESCADRILLE D'AVIONS D'ASSAUT ITALIENS

(83 179)

*Cette escadrille est composée de Breda 65, qui est le matériel d'assaut le plus employé dans l'aviation italienne. Il peut, en outre, être utilisé comme avion de chasse monoplace ou biplace, bombardier léger ou avion de reconnaissance à grande distance. Son moteur est un Fiat ou Piaggio de 1 000 ch ; sa vitesse, relativement modérée, ne dépasse pas 430 km/h. Son armement comprend 4 mitrailleuses d'ailes et 1 mitrailleuse arrière ; 4 grosses bombes, 12 bombes moyennes ou 160 bombes légères.*

des missions nouvelles de l'avion se doivent de marquer ce premier avantage : leurs contradicteurs sont en opposition avec le règlement.

Si cette nouvelle mission est volontiers acceptée par l'infanterie, comme tous les concours qu'on pourra lui apporter dans la lutte contre les chars, certains continuent, en effet, à douter de la capacité de l'avion à la remplir.

### Le problème technique

C'est le point sur lequel l'accord est le plus aisé. Il convient cependant d'y insister, car c'est souvent par l'aspect technique que

dence des coups. La cuirasse de toit est d'épaisseur réduite.

Lorsqu'on parle en marine de tourelles protégées en 150 mm, on oublie généralement de préciser que telle est bien la protection de la plaque d'embrasure, mais que les flancs de la tourelle ou le cuirassement fixe sont recouverts en 80 mm. Il en est de même des chars, et lorsqu'on parle d'un char blindé en 15 ou 16 mm, donc à l'épreuve de la mitrailleuse d'infanterie, on oublie de préciser que le toit est souvent en tôle trois fois moins épaisse.

Voici trois exemples, pris en dehors des belligérants actuels.

Le char américain T1E4, du poids de 8 t, a un blindage de 16 mm d'épaisseur sur toutes les parois verticales, 6,35 mm sur le toit du char, 6 mm sur le plancher et le toit de la tourelle.

Le char italien Fiat 3 000 B, du poids de 5,6 t, a un blindage d'une épaisseur de 16 mm sur les côtés, à l'avant et à l'arrière, et de 6 mm à la partie supérieure.

vice, dans la plupart des armées, qui ne résisteraient pas à la simple mitrailleuse d'avion de 7,5 à 8 mm tirant des balles perforantes.

Il faut tenir compte, en outre, de la vitesse propre de l'avion, qu'il ajoute à celle de son projectile et qui ne peut plus être négligée au moment où apparaissent des avions à 650 km/h en vol horizontal et 750 à 800 km/h en piqué. Avec un pareil sup-

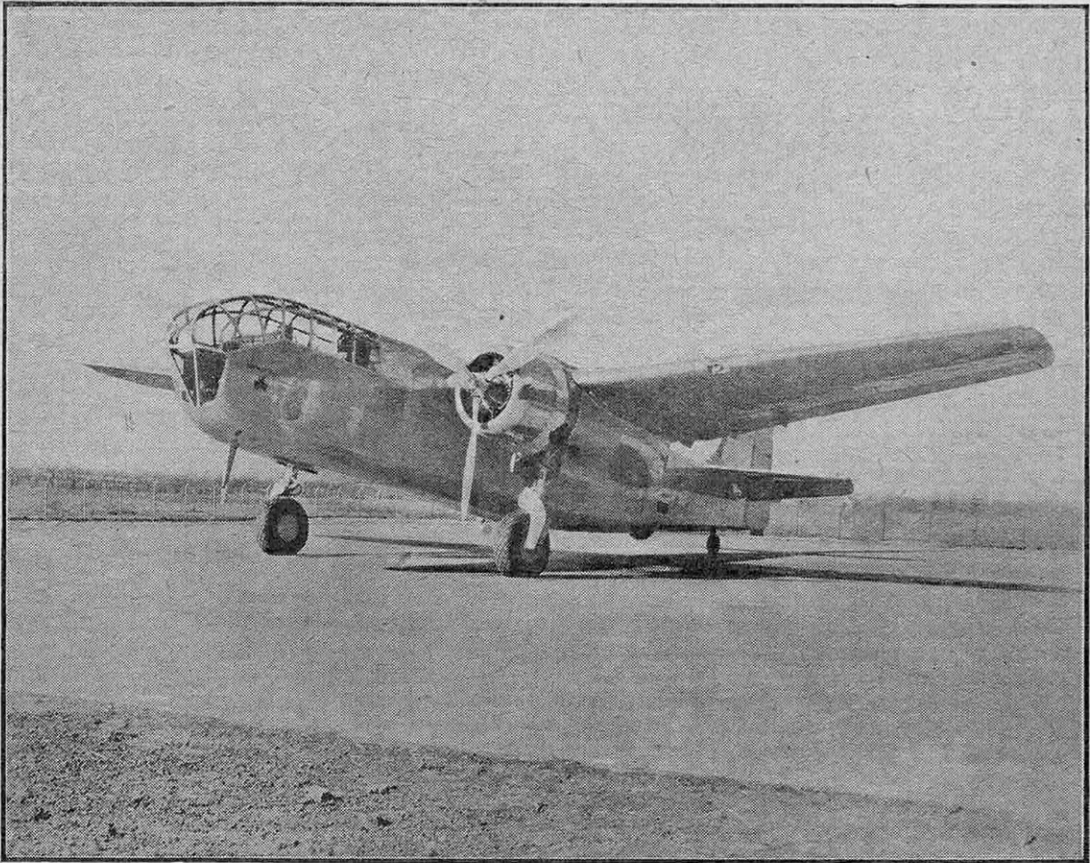


FIG. 6. — LE STEARMAN X-100, AVION D'ASSAUT AMÉRICAIN

(83 175)

Construit par la « Stearman Aircraft Division » de Boeing, le Stearman X 100 est un des plus récents avions d'assaut américain ; il est mû par deux moteurs Pratt et Whitney R 2 180 de 1 400 ch. Son poids en charge est d'environ 9 000 kg. Son envergure est de 20 m ; sa longueur, de 16 m. L'équipage comporte 4 hommes. On notera l'aménagement du fuselage pour obtenir la plus grande visibilité, qualité précieuse de l'avion d'assaut.

Le char Fiat-Ansaldo 1933, du poids de 3,3 t, a un blindage de 12 mm d'épaisseur à l'avant, 8 mm sur les côtés, 5 mm sur le toit.

L'avion d'assaut a le choix de la direction d'attaque. En vol rasant, il pourra venir de côté ou de l'arrière ; en piqué, il pourra attaquer le toit sous incidence voisine de la normale. Attaquant le char à son point faible, il peut se contenter d'une arme de puissance très inférieure à l'arme terrestre, et l'on ne se doute guère du nombre de chars en ser-

plément de vitesse de 150 à 200 m/s, les mitrailleuses de 12,7 mm de certains avions italiens, les canons de 20 mm des avions français et allemands, les canons de 37 mm qui commencent à apparaître en Amérique, peuvent aisément perforer 25, 40 ou 60 mm de blindage. Combien de chars en service ont leurs toits ou leurs flancs protégés par de pareilles épaisseurs ? Combien même, parmi les écrivains allemands qui réclament des chars « blindés à 100 mm », ont pensé

qu'il leur faudrait consentir une cuirasse de toit de plus de 60 mm pour être à l'épreuve des plus récents avions ?

**Le problème tactique**

C'est ici que les objections graves commencent.

On veut bien accorder quelques avantages à l'avion. A l'inverse des armes fixes, il est en mesure de suivre les chars en renouvelant ses attaques, quelles que soient la rapidité et la profondeur de leur progression. Aucun accident de terrain ne peut les masquer à ses vues ni à ses feux ; on pourrait même ajouter aux accidents de terrain, ce couvert beaucoup plus efficace, car il est réglable à volonté, que sont les « engagements des fumigènes » et qui joua un rôle essentiel dans la chute de la ligne Mannerheim. Mais, dit-on, l'avion d'assaut jouira-t-il, dans son attaque, d'une liberté d'action suffisante ? Il va s'y heurter aussitôt à la chasse et à la D. C. A. ennemies qui, comme cela s'est produit en Pologne, couvriront toute offensive importante. Dès son arrivée dans la bataille, il sera happé par la lutte aérienne, et l'efficacité de son intervention au sol s'en trouvera réduite d'autant. Peut-être, lorsque les divisions blindées, ayant rompu, dans toute sa profondeur, le dispositif de la défense, progresseront en terrain libre et n'auront plus, en raison de leur avance même, qu'une couverture de chasse et de D. C. A. clairsemée, les escadres d'assaut, maîtresses de l'air, pourront-elles obte-

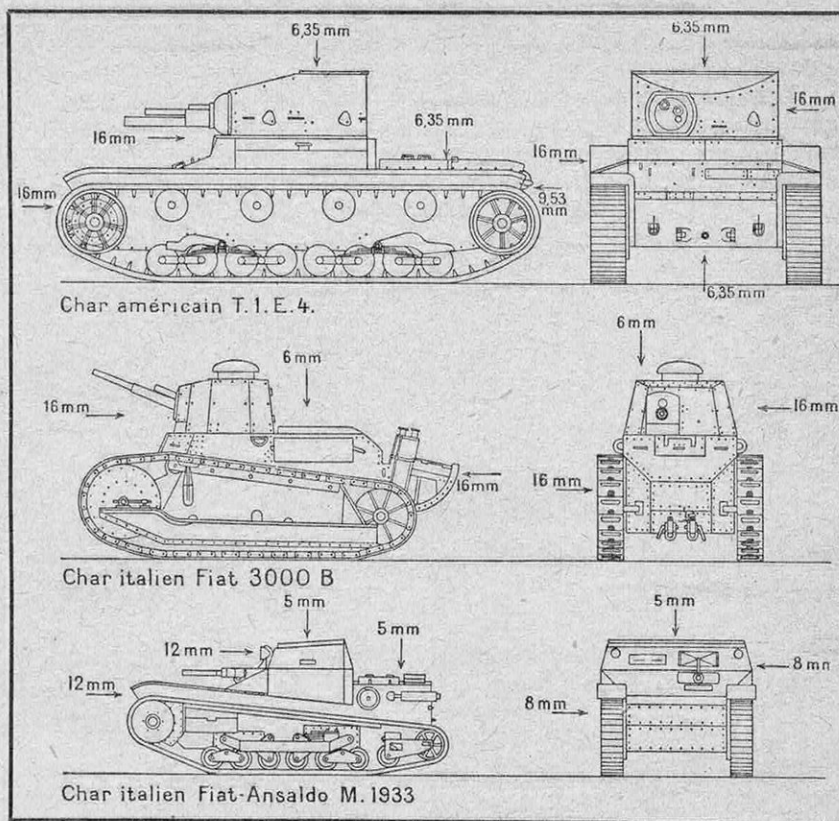


FIG. 7. — TROIS EXEMPLES DE LA MANIÈRE DONT SONT DISPOSÉS LES BLINDAGES SUR DES CHARS EN SERVICE

Le CHAR AMÉRICAIN T 1 E 4, du poids de 8 t, a 4,60 m de long, 2,20 m de large, 2 m de haut. La protection du toit est de 6,35 mm ; celle de l'arrière, 9,53 mm ; celle de face et des flancs, 16 mm. Un moteur de 150 ch lui imprime une vitesse de 37 km/h. Il porte un équipage de 4 hommes et est armé d'un canon de 37 et d'une mitrailleuse en tourelle. Le CHAR ITALIEN FIAT 3 000 B, du poids de 5,6 t, a 4,20 m de long, 1,67 m de large, 2,20 m de haut. La protection du toit est de 6 mm ; celle des autres parties, avant, arrière et flancs, 16 mm. Un moteur de 63 ch lui imprime une vitesse de 22 km/h. Il porte un équipage de 2 hommes et est armé d'un canon de 37 mm ou d'une mitrailleuse. Le CHAR ITALIEN FIAT-ANSALDO M. 1933 est un des chars qui constituent l'équipement principal de l'armée italienne, et qui fut employé notamment en Espagne. Il pèse 3,3 t, a 3,03 m de long, 1,40 m de large, 1,20 m de haut. La protection du toit est de 5 mm ; celle des flancs, de 8 mm ; celle de l'avant, de 12 mm. Un moteur de 40 ch lui imprime une vitesse de 42 km/h. Il porte un équipage de 2 hommes et est armé d'une mitrailleuse.

nir des résultats efficaces. Mais n'y comptons guère auparavant.

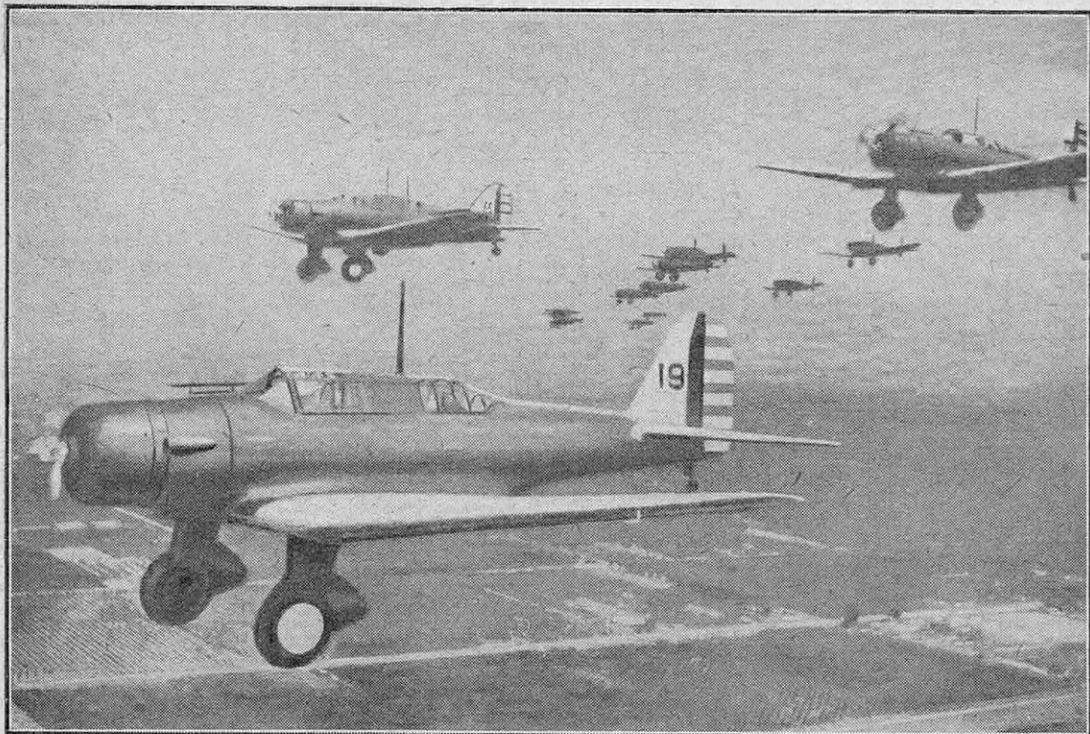
Or, lors d'une attaque en piqué, les seules armes de D. C. A. dangereuses pour l'avion sont celles qui sont placées dans la direction où il pique ; il n'a, par suite, rien à craindre des armes fixes maintenues en arrière des vagues de chars et destinées à appuyer leur progression, des armes des « bases de feux » selon l'expression réglementaire. Il lui suffit de prononcer ses attaques contre la première ligne dans un plan vertical parallèle à cette ligne, pour atteindre les

chars sans riposte efficace possible de la part des armes fixes restées en arrière.

Mais, sur la possibilité de l'intervention de l'aviation d'assaut malgré la D. C. A., l'expérience s'est prononcée, à la fois en Espagne, en Pologne et en Finlande. Et, en Espagne, l'attaque au sol par les formations d'assaut était précisément faite dans des plans verticaux où les avions, faisant la

les chars que contre les avions qui prendront les chars à partie.

Mais, en présence de l'aviation d'assaut et de chasse qui accompagnera certainement les chars, les avions de la défense pourront-ils se consacrer à la mission qu'on leur confie ? Ne vont-ils pas être « happés » par la lutte aérienne ? C'est assurément une tentation qu'il leur faudra combattre, mais l'on



(83 173)

FIG. 8. — UNE ESCADRILLE D'AVIONS AMÉRICAINS NORTHROP A-17

*L'avion Northrop A-17 est un avion spécialement établi pour le bombardement en piqué. C'est un biplace, avec un moteur de 750 ch Pratt et Whitney « Twin Wasp junior » faisant 335 km/h. Son armement comporte 5 mitrailleuses et un chargement de bombes de 500 kg. Plus de 110 de ces appareils sont en service dans l'aviation américaine.*

chaîne sur un cercle, n'avaient à craindre que le feu du seul objectif qu'ils attaquaient.

Dans ces trois cas, l'avion d'assaut s'est même révélé en mesure d'agir en situation offensive, donc dans des conditions beaucoup plus dangereuses puisqu'il doit survoler des armes de D. C. A. qu'on a eu tout le temps d'installer, de camoufler et de protéger, alors qu'en situation défensive, dans l'arrêt d'une progression de chars, il a l'avantage énorme de combattre en terrain ami, où il n'a à faire face à aucune D. C. A. de ce genre. Si l'objection de la D. C. A. peut porter dans le cas d'une aviation intervenant dans la lutte au sol, c'est beaucoup plus contre les avions qui accompagneront

a quelques exemples des résultats qu'on peut obtenir ainsi.

En Espagne, l'aviation d'assaut nationaliste a trouvé en face d'elle, jusqu'aux derniers jours, une chasse gouvernementale nombreuse, mordante, et qui lui fit subir des pertes importantes ; l'aviation gouvernementale avait, en effet, renoncé à disperser ses efforts dans les branches variées de la coopération, du bombardement et de l'assaut, et les avait concentrés sur la chasse. L'aviation d'assaut nationaliste n'en remporta pas moins des succès considérables.

L'objection est encore celle qui se pose dans le cas de toute attaque par le bombardement d'un objectif protégé par la chasse,

et spécialement, ces temps-ci, dans l'attaque des convois de navires britanniques, en mer du Nord, par les avions allemands. Ceux-ci sortent brusquement d'un nuage, se précipitent sur un ou plusieurs bateaux du convoi, qu'ils arrosent de balles et de bombes, et rentrent aussitôt dans les nuages sans se laisser entraîner dans une lutte contre les

bombardiers allemands sur les côtes Est de la Grande-Bretagne, c'est ici le sol ami, garni d'armes de D. C. A. abritées et camouflées, d'où ils déboucheront brusquement pour se précipiter sur un char et où ils se réfugieront aussitôt après.

Il est curieux que l'objection des difficultés à remplir leur mission sous le feu

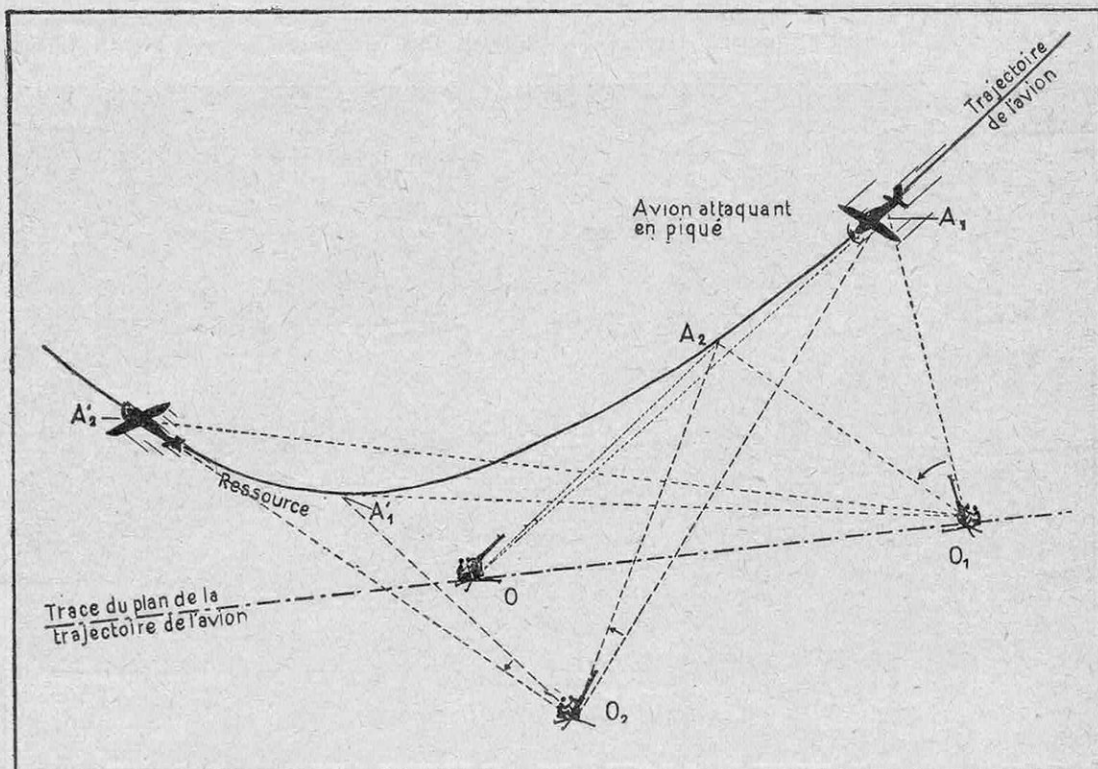


FIG. 9. — LES DIFFICULTÉS DU TIR CONTRE AVION EN PIQUÉ

La condition essentielle de l'efficacité d'un tir contre avion rapproché est la faiblesse de la « vitesse latérale » (composante de la vitesse de l'avion suivant une direction perpendiculaire à la direction tireur-but). Lorsque l'avion attaque dans un plan vertical, les seules armes efficaces sont celles qui sont au voisinage de la trace de ce plan sur le sol. C'est ainsi que les mitrailleuses de l'objectif sur lequel tire l'avion au cours de son piqué sont très bien placées pour lui répondre ; pendant la durée de trajet des balles, l'avion se sera déplacé de  $A_1$  en  $A_2$  sensiblement en direction de la trajectoire ; il ne sera donc pas nécessaire de connaître exactement sa distance et sa vitesse. Au contraire, pour la mitrailleuse placée en  $O_1$ , il sera indispensable d'évaluer avec exactitude la correction angulaire importante représentée par l'angle  $A_1 O_1 A_2$  ; mais la mitrailleuse  $O$  pourra tirer aisément sur l'avion lorsqu'il sera dans la position  $A'_1$ . Si la mitrailleuse est nettement en dehors du plan de la route de l'avion, par exemple en  $O_2$ , la correction latérale est constamment élevée, et le tir n'est pas dangereux.

chasseurs de l'escorte. On a beau annoncer régulièrement qu'on a « mis en fuite » les bombardiers ; ils ne se laissent pas impressionner par le jugement porté sur leur conduite et persistent dans leur tactique prudente.

L'avantage de l'emploi de l'aviation d'assaut en situation défensive est exactement le même, qu'il s'agisse de la chasse ou de la D. C. A. Le nuage qui sert de couvert aux

soit réservée aux armes antichars aériennes et qu'on n'en fasse pas état dans le cas des armes antichars terrestres. Croit-on que ceux des canons antichars qui subsisteront après une préparation d'artillerie et qui auront à subir le triple ouragan de feu du barrage roulant, des chars et de l'aviation d'assaut auront, eux aussi, la « liberté d'action » désirable ? Leurs servants sont assurément protégés contre la tentation de transporter

leur tir sur les batteries ou les avions qui les prennent pour cibles ; il n'y a que l'avion qui soit encore assez bien organisé pour abandonner le char qu'il a mission de combattre et s'en prendre à la mitrailleuse de D. C. A. ou à l'avion de chasse qui lui tirent dessus. Mais si les ceillères ont quelquefois leur utilité pour la conduite d'animaux que pourraient troubler des incidents qu'ils n'ont pas à connaître, nous croyons qu'une certaine liberté dans le choix de

obstacles (1) et feux terrestres, dont l'action sera complétée au besoin par celle des chars lancés en contre-attaque.

On serait presque tenté de se laisser convaincre du bien-fondé de telles exigences si l'on n'ajoutait pas ce dernier argument qui est au moins de trop. Comment ! la contre-attaque de chars serait plus rapide que la contre-attaque d'avions ? Combien de divisions blindées, stationnées à quelques kilomètres des premières lignes, seront néces-

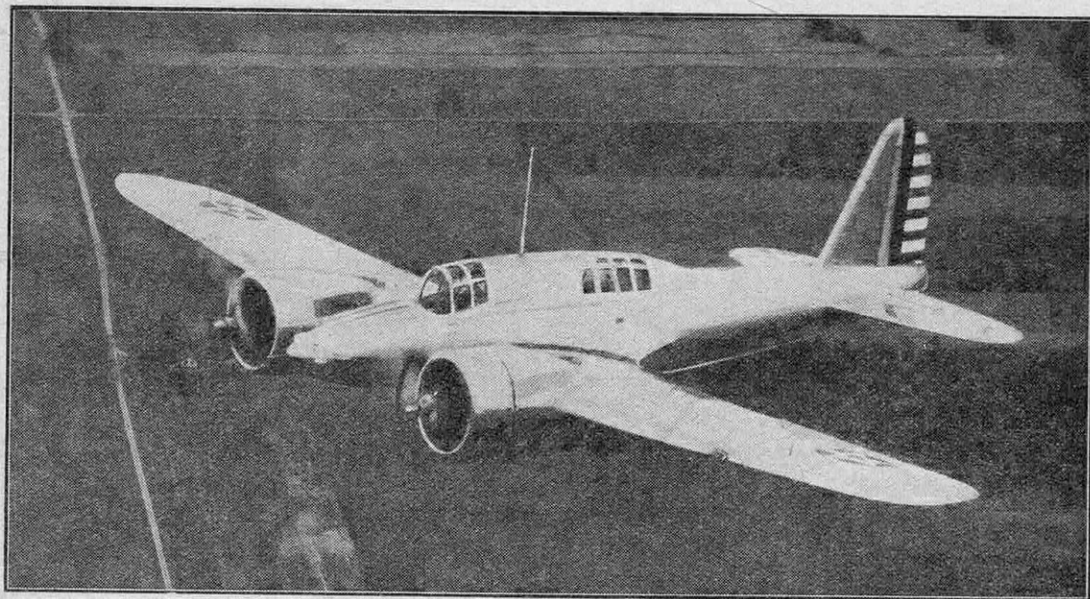


FIG. 10 — LE CURTISS A-18, AVION D'ASSAUT AMÉRICAIN

(83 176)

*Cet appareil est l'avion d'attaque bimoteur de l'U. S. Army Air Corps. Il est mû par deux moteurs Wright de 1 000 ch. Sa vitesse maximum ne dépasse pas 405 km/h ; son armement comporte 4 mitrailleuses avant, dans le nez du fuselage, 1 mitrailleuse arrière et 275 kg de bombes, en bombes de 10 kg et bombes de 50 kg.*

l'objectif n'est pas de trop dans un combat qui devient chaque jour plus complexe.

### Le problème stratégique

Quelles que soient les qualités intrinsèques de l'avion dans sa lutte contre le char, il faut, dit-on, que l'avion puisse arriver à temps dans la zone d'irruption. Or, l'engagement des chars sera préparé de façon à obtenir la surprise. Si la réaction n'est pas immédiate, la vitesse des assaillants leur permettra de pénétrer profondément dans le dispositif adverse et d'en désorganiser la défense. L'aviation n'a pas la possibilité d'établir des croisières permanentes sur le front ; les escadres alertées n'atteindront les lignes qu'après un certain délai.

Aussi est-il prudent de compter en premier lieu, pour arrêter les divisions blindées, sur les moyens préalablement mis en place,

saires à l'exécution d'un tel programme ? Au surplus, si nous voulons bien admettre que la rapidité d'entrée en action des escadres aériennes n'est pas encore ce qu'elle devrait être, nous ne croyons pas que beaucoup d'armées en guerre maintiennent pendant des mois la moitié de leurs divisions blindées moteurs réchauffés, avec une fraction des équipages à bord, prêts à partir au premier signal, comme cela se fait depuis longtemps pour un certain nombre d'escadrilles de chasse.

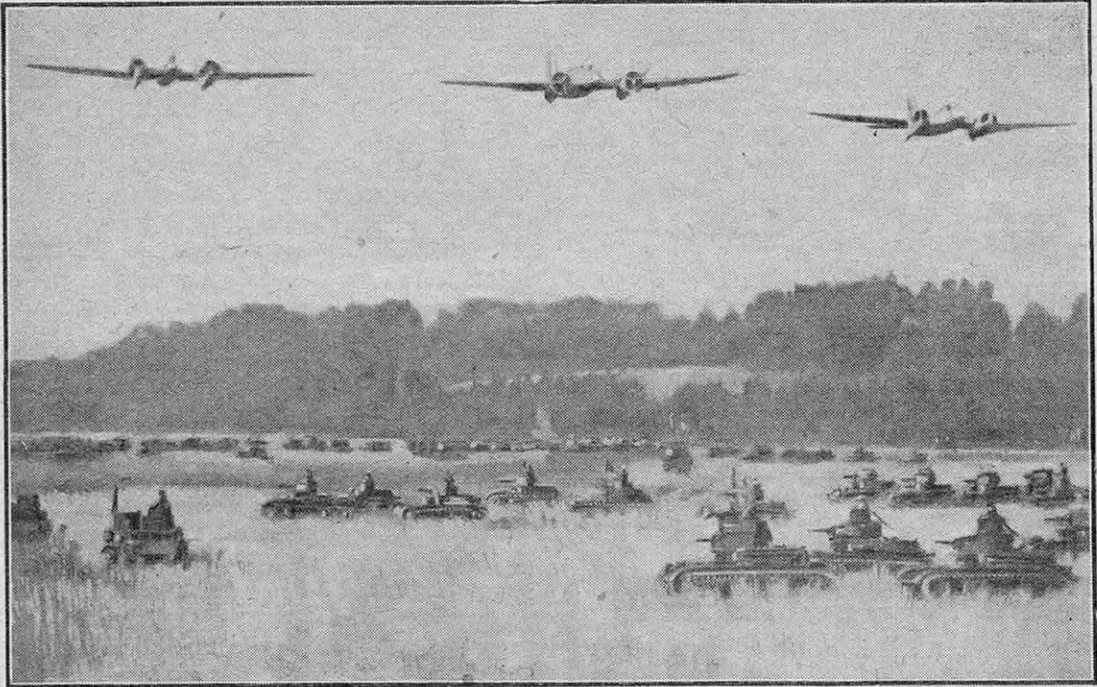
Non seulement le char n'est pas un instrument de contre-attaque plus rapide que l'avion, mais ce dernier est la seule arme qui puisse être portée assez rapidement et en masses suffisantes au-devant de l'adversaire. En situation défensive, quelques mitrailleuses peuvent arrêter un régiment ; quelques

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 274, page 333.



canons antichars peuvent détruire une division blindée, à condition, bien entendu, que les mitrailleuses et les canons antichars n'aient pas été détruits ou neutralisés par la préparation ou l'accompagnement d'artillerie, les vagues ou les tirs fumigènes, les attaques de l'aviation d'assaut. Mais la forme la plus vraisemblable de l'attaque de chars sera la tentative de submersion d'un secteur étroit sous les milliers d'engins d'une demi-douzaine de divisions blindées. Que fera

semble des forces disponibles sur un front comme celui de l'Est. Au contraire, les seules armes antichars fixes et les seuls chars qui pourront intervenir dans ce même délai représenteront peut-être le dixième des éléments en ligne, dont les neuf autres dixièmes resteront sans emploi dans des secteurs calmes, et ne pourront intervenir qu'après quelques jours, si l'état des communications et les attaques de l'aviation d'assaut leur en laissent le loisir.



(83 174)

FIG. 11. — SIMULACRE D'ATTAQUE DE CHARS PAR LES CURTISS A-18

*Au cours de récentes manœuvres américaines, des groupements mécanisés, comprenant plusieurs centaines de chars, étaient attaqués par des escadrilles d'avions d'assaut Curtiss A-18.*

contre cette masse le régiment de chars qui stationnera assez près du secteur choisi pour qu'il puisse intervenir dans l'heure qui suit ? Lancé en contre-attaque, il se trouve exactement à égalité avec les chars de l'attaque quand aux conditions de la lutte, sans la supériorité d'une arme camouflée et enterrée, tirant sur l'adversaire qui s'avance à découvert. C'est alors le nombre qui décide. Comment ne pas voir que le nombre joue de toute évidence en faveur de l'attaque ?

Ce qui fait, du point de vue stratégique, la valeur de l'avion comme arme antichars, c'est que, dans le quart d'heure qui suivra l'apparition du premier char, l'aviation, en état d'alerte renforcée, pourra intervenir, et que le reste la complètera dans la demi-heure. Et la conclusion s'entend de l'en-

Que reste-t-il du reproche de lenteur qu'on adresse à l'intervention de l'avion ? De en pas être en position de combat à la première minute, comme l'arme antichar et l'artillerie de campagne, et de laisser ainsi submerger les premières lignes avant de pouvoir repousser l'attaque ? Mais c'est la situation que nous avons connue de 1915 à 1918, où, régulièrement, toute attaque, qu'elle fût précédée de la longue préparation d'artillerie des débuts, ou des préparations beaucoup plus brèves de la fin, parvenait à emporter les lignes sur plusieurs kilomètres de profondeur. Et, cependant, ce n'était pas faute de « moyens préalablement mis en place, obstacles et feux terrestres ». C'est une éventualité à laquelle il faut se résigner, en essayant simplement de limiter les dégâts

par un échelonnement en profondeur du dispositif de défense.

La certitude qu'apporte l'intervention aérienne contre le char au pays qui aura su consentir l'effort de production et de préparation qu'elle impose, c'est de ne pas voir, pendant des jours et des semaines, comme en Pologne, des divisions blindées se promener à des centaines de kilomètres à l'arrière d'un front, pendant que l'aviation d'assaut lancée contre les communications aura immobilisé les troupes en ligne ou en réserve.

On ne paiera jamais trop cher une certitude de ce genre, surtout lorsque l'engin qui la donne est susceptible d'applications autrement étendues que le canon antichar, la mine, ou le champ de rails fichés en terre.

### Le char et l'avion

Faut-il donc renoncer aux obstacles et aux armes spécialisées à « mise en place préalable », et faire porter son effort de défense contre le char sur la seule aviation d'assaut ? Nous n'irons pas jusque là, et ne voyons aucun inconvénient à ce que l'armée batte des champs de rails à la sonnette, creuse des fossés de cinq mètres de profondeur et même de dix, sème des mines sur des centaines de kilomètres carrés, et garnisse un front de plusieurs lignes de canons antichars astucieusement camouflés. Souhaitons que tout cela résiste mieux que les réseaux de fils de fer et les mitrailleuses de 1915 à 1918. Tout ce qu'en espèrent ceux qui croient à la capacité d'arrêt de l'avion, c'est ce que la destruction de cet ensemble demande le quart d'heure qu'il lui faudra pour intervenir.

N'écoutons point les conseils de ceux qui préfèrent le voir « coopérer à la destruction des chars en décelant leur approche, en renseignant sur leur nombre, leur dispositif et leur progression, en ajustant sur eux les feux de l'artillerie » et qui concluent que « c'est là, pour l'aviation, la première et la plus sûre façon de lutter contre les divisions blindées ». L'avion s'est acquis des titres à l'action indépendante qu'il n'est plus au pouvoir d'aucun défenseur de la « coopération » de faire oublier.

On ne reprochera certes pas aux marines française, anglaise et allemande, d'avoir abandonné un peu trop vite les matériels anciens pour l'avion. Il y a tout de même quelques années qu'elles ont renoncé à

demander à l'avion qui vient de découvrir un sous-marin d'appeler à l'aide le patrouilleur le plus voisin et de se borner à lui régler son tir ; l'avion a conquis le droit d'attaquer lui-même son objectif à la bombe. Il y a moins longtemps qu'on l'a autorisé à poser les mines que le sous-marin ne peut plus porter à destination sans avoir une chance sur deux d'y rester.

L'armée serait-elle plus en retard encore que la marine ? Ce que l'avion peut faire sur l'eau, il peut le faire à terre. On veut qu'il se borne à signaler à sa batterie le nombre et l'emplacement des chars qu'il aperçoit et à en régler le tir ? Prenons garde qu'au même instant la batterie ne se trouve aux prises avec quelques avions moins enclins à se servir des liaisons radiotéléphoniques et qui ne lui laissent pas la « liberté d'action » qui conviendrait à l'exploitation des renseignements transmis. La « coopération » n'est pas inutile. Mais nous marchons à grands pas vers l'époque où la seule coopération qu'on trouvera de quelque utilité, c'est celle que des compagnies de travailleurs apporteront à l'avion en préparant le terrain pour son action.

Nous n'avons rien à changer à une conclusion vieille de trois ans, si ce n'est à l'accentuer dans le sens qu'imposent les événements qui se sont déroulés depuis. L'engin blindé lent, à protection épaisse, qu'est le char, et l'engin blindé rapide, à protection légère, que sera l'avion, se partageront de plus en plus le rôle principal dans les combats sur terre. Ces successeurs de la cavalerie lourde et de la cavalerie légère auront encore recours à l'aide de quelques modestes auxiliaires, moins puissants et moins rapides, comme les « hommes d'armes » se faisaient accompagner de quelques serviteurs pour les remettre en selle, leur signaler l'arrivée d'un nouvel adversaire, ou couper les jarrets des chevaux. L'artillerie jouera son rôle modeste dans cet ensemble et mettra bien hors de combat de temps à autre quelque imprudent ou quelque malchanceux. Mais il ne viendra pas plus à l'idée de lui donner le rôle principal dans la lutte antichars, en lui subordonnant des avions d'observation ou des chars de liaison, qu'on ne songeait à confier, il y a quelques siècles, la direction d'une opération de guerre aux rouliers dont on louait les services pour traîner les bouches à feu.

CAMILLE ROUGERON.

# OÙ EN EST LA LUTTE ENTRE LE CANON ET LA CUIRASSE ?

Par Paul CHAVILLE

*Le projectile d'artillerie, comme la bombe d'avion, s'est spécialisé en se perfectionnant pour remplir, de la manière la plus efficace, les missions d'ordres divers qui lui sont demandées. Le projectile « à tuer » (1), employé contre les troupes à découvert, diffère essentiellement de cette machine « à perforer » et « à défoncer » qu'est l'obus de gros calibre tiré contre un navire cuirassé ou une fortification bétonnée, ou l'obus antichar, qui frappe le blindage d'un engin mécanique. La lutte entre le projectile et la cuirasse est, peut-on dire, éternelle. Jamais elle ne fut plus à l'ordre du jour, étant donné le rôle capital que jouent, dans la guerre moderne, les unités blindées et les centres de résistance bétonnés du champ de bataille.*

**L'**ACTION optimum d'un projectile destiné à perforer et à défoncer les obstacles qui lui sont opposés, dépend de trois facteurs principaux : la vitesse, la masse, la puissance d'explosion.

## La vitesse au départ

Les anciens artilleurs distinguaient avec soin le « tir de plein fouet » et le « tir courbe », le premier étant exécuté avec des angles de tir inférieurs à 45°, le second avec des angles de tir supérieurs. Dans le premier cas, l'effet possible de la vitesse initiale attirait toujours l'attention parce que l'augmentation de vitesse initiale pouvait permettre d'atteindre des buts de plus en plus éloignés. Au contraire, dans le second cas, le tir à grande distance n'était pas recherché. Sous une forme légèrement humoristique, on peut dire qu'on se contentait alors de savoir que le projectile finissait par retomber... sous l'action de la pesanteur ; et l'augmentation de vitesse initiale ne paraissait pas très intéressante, pour le motif suivant :

Supposons tout d'abord que nous opérons dans le vide ; on sait qu'un corps pesant, lancé sous un angle positif quelconque au-dessus de l'horizon, repasse à travers le plan horizontal de départ avec la vitesse qui lui a été initialement communiquée. Mais lorsqu'on opère dans l'air, la résistance des couches atmosphériques freine le mouvement, notamment sur la partie descendante de la trajectoire du projectile ; celui-ci tend vers une vitesse limite, variable suivant la forme adoptée.

Plus que la vitesse initiale, l'influence de la différence d'altitude entre le canon et le

but paraissait à considérer, dans le cas du tir courbe. En effet, si le but se trouve très élevé, et voisin du sommet de la parabole de tir, un blindage très léger suffit à le protéger. Par contre, un projectile, tiré vers la terre par un canon armant un « Zeppelin », doit produire — dans une certaine mesure — des effets de défoncement d'autant plus considérables que l'aérostat navigue à une hauteur plus grande.

Cependant, dès avant la guerre de 1914, la question du « tir courbe à grande vitesse initiale » avait été étudiée en France ; et l'apparition des « Berthas » ne fut nullement une surprise pour les spécialistes, quoi qu'aient pu penser les Allemands à ce sujet. Mais on ne voyait dans cette réalisation que la possibilité de produire un effet « moral », plutôt qu'un effet « réel » ; et, de fait, jusqu'à ce jour, les projectiles tirés par les « Berthas » n'ont jamais pu être catalogués comme des « instruments » propres à « perforer » ou à « défoncer ». Sans étudier en détail les motifs qui s'y opposent, nous rappellerons seulement qu'il n'est pas très aisé de projeter avec 1 200 m/s de vitesse initiale un projectile très lourd, renfermant un poids d'explosif important, ceci avec une précision suffisante à l'arrivée (après le voyage dans la stratosphère), pour ne pas tomber à côté de l'obstacle qu'il s'agit de détruire.

## L'effet de masse et l'effet de détonation

La guerre de 1914-1918 a, par contre, montré toute l'importance qu'il fallait accorder à l'« effet de masse » du projectile de perforation ou de rupture. Dès le début, des forteresses bétonnées (conçues suivant des formules déjà anciennes, il est vrai)

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 271, page 37.

furent attaquées avec succès par des obusiers lourds de 420 (voir fig. 1). Pendant la guerre et après la guerre, des études nombreuses furent faites en vue de déterminer l'épaisseur minimum de béton susceptible de résister aux effets d'un projectile de calibre donné. Une approximation généralement admise fut la suivante : lorsqu'on connaît l'épaisseur susceptible d'arrêter un projectile d'un certain calibre, il faut prévoir une épaisseur double pour arrêter le projectile de calibre double. Pour donner des chiffres plus précis, nous extrayons d'une revue étrangère assez récente le tableau ci-contre (1).

La dernière colonne de ce tableau tient compte, théoriquement, des divers effets produits à l'arrivée par le projectile de rupture, effets que l'on classe très souvent comme suit.

(1) Même si l'on ajoute que le béton armé est supposé avoir une résistance de 250 à 300 kg/cm<sup>2</sup>, il ne faut pas considérer que les chiffres donnés dans ce tableau sont jugés indiscutables en France. A l'étranger, pour les établir, on a négligé (volontairement ou non) un certain nombre de facteurs qui peuvent agir, soit dans un sens favorable à la perforation ; soit, plus rarement, dans un sens défavorable.



(81 425)

FIG. 1. — EFFET D'UN PROJECTILE ALLEMAND DE 420 MM FRAPPANT LA COUPOLE BÉTONNÉE D'UN FORT BELGE AU COURS DE LA GUERRE DE 1914

Calibre du projectile (en cm)	Poids du projectile (en kg)	Épaisseur du mur protecteur en béton armé (en m)
7,7	6	0,65
10,0	18	0,85
15,0	51	1,20
21,0	120	1,65
30,5	300	2,25
42,0	800	3,10
52,0	1 200	3,55

TABLEAU I : LES ÉPAISSEURS DE BÉTON ARMÉ NÉCESSAIRES POUR PROTÉGER CONTRE LES PROJECTILES EXPLOSIFS DE DIVERS CALIBRES

Tout d'abord, au moment du choc, le projectile produit dans le béton un entonnoir et des fissures verticales avec rejet de fragments en arrière, dans une direction légèrement oblique par rapport à la normale : c'est ce qu'on nomme les effets primaires. Puis viennent les effets secondaires, accompagnant la traversée du projectile, et consistant en ébranlements et mouvements vibratoires, pouvant amener le détachement vers le bas d'une croûte superficielle. Si le projectile traverse largement la plaque, une dislocation intérieure se produit enfin, sous forme d'un cône de 90° d'ouverture : ceci sans que l'effet d'explosion de la charge intérieure ait à intervenir. Aussi, lorsque, sous l'action d'une fusée suffisamment retardée, celle-ci explose dans un abri, les effets sont particulièrement meurtriers pour les occupants (1). Mais si la plaque est plus épaisse, ce n'est que par son explosion que le projectile peut obtenir le défoncement final : c'est là, en quelque sorte, un « pis aller », car la capacité d'explosif de l'obus de rupture reste toujours faible, lorsqu'on la compare à celle des bombes d'aviation à fortes charges. Aussi peut-on dire que, lorsqu'un projectile de perforation arrive à remplir la mission qui lui est confiée, les deux tiers de sa pénétration sont obtenus grâce à son poids (et à sa résistance mécanique) ; le dernier tiers seulement résulte de sa puissance explosive.

Revenons donc maintenant à la question de perforation *pure*, telle qu'on peut l'étudier en tirant des projectiles pleins. Depuis plus de cinquante ans, les « formules de perforation » admises n'ont guère changé.

(1) Tous les combattants de la dernière guerre se rappellent les impressions désagréables produites par les « obus fouineurs », dont l'éclatement équivalait à une sorte de « camouflet ». En creusant, on retrouvait dans la terre la « poche » d'explosion.

En Allemagne, on emploie encore la formule de « Krupp » ; en France, on utilise, soit celle de « Moisson », soit celle de « Jacob de Marre ». Toutes présentent, bien entendu, un caractère très voisin (1).

Les figures 3 et 4 donnent deux exemples particuliers d'application de la formule au cas du tir avec la mitrailleuse de 13,2 mm d'Hotchkiss. La première montre (pour une plaque ayant la résistance à la rupture de  $52 \text{ kg/mm}^2$ ), comment croît l'épaisseur perforée au fur et à mesure qu'on augmente la vitesse initiale. La seconde montre comment, à vitesse constante :  $v = 800 \text{ m/s}$ , on peut résister avec des épaisseurs de plaque de plus en plus faibles, à condition de pouvoir augmenter corrélativement la résistance de l'acier constituant la plaque.

Comme on ne peut pas toujours chercher à se protéger avec de l'acier à blindage, il est intéressant d'indiquer quelques chiffres comparatifs... et seulement approchés, bien entendu : 30 millimètres de bon acier dur « équivalent » à peu près à 45 mm d'acier doux ; à 225 mm de béton armé ; et à 2,25 m de terre suffisamment compacte. Tous ces chiffres ne

(1) Elles se ramènent très sensiblement à la forme suivante :  $1/2 m v^2 = K a e^2$ .

La signification des différents termes est celle-ci :  $v$  est la vitesse minimum nécessaire, à l'arrivée, pour qu'un projectile de calibre  $a$  et de masse  $m$  puisse traverser une plaque d'épaisseur  $e$ .  $K$  est une constante qui dépend à la fois du projectile et de la plaque ; lorsque celle-ci est en acier, on peut souvent admettre que  $K$  est proportionnel à la résistance à la rupture de l'acier constituant la plaque.

concernent que le cas du tir avec une incidence, à l'arrivée, suffisamment voisine de la normale ; si l'attaque est oblique, les effets peuvent être beaucoup moindres ; nous reviendrons plus loin sur ce point, en parlant des « plaques composées ».

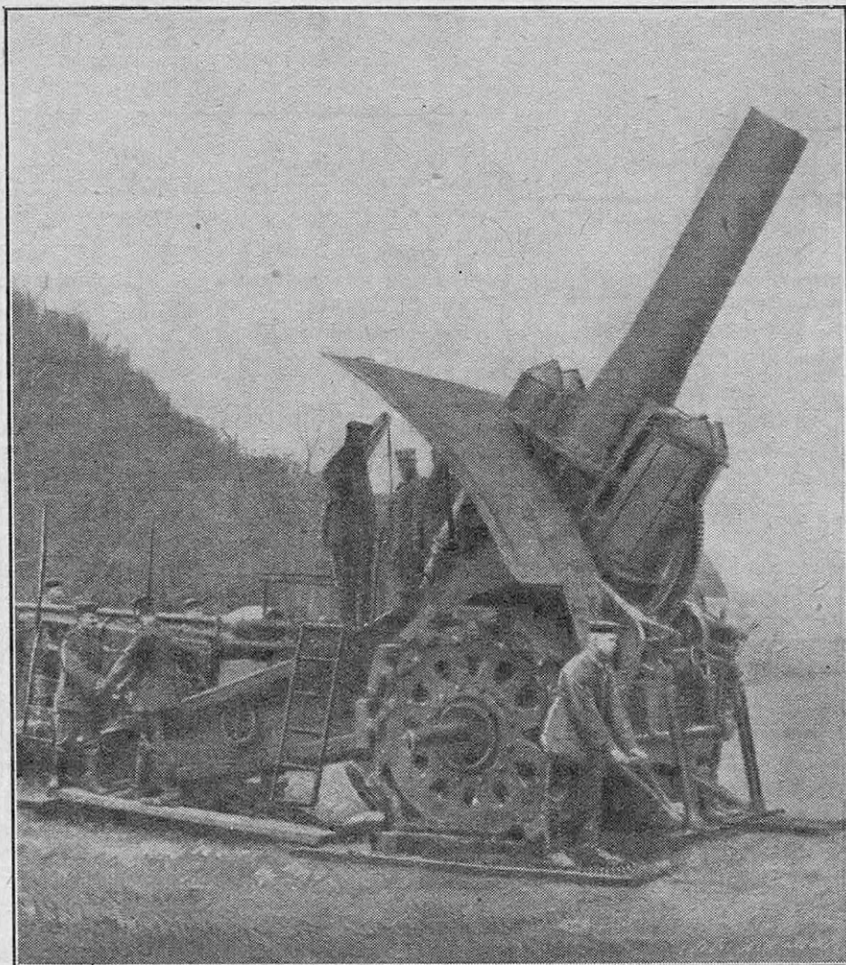


FIG. 2. — LE PLUS PUISSANT CANON DE LA GUERRE 1914-1918, L'OBUSIER ALLEMAND DE 420 MM

*Malgré son poids de 40 tonnes, cette pièce était assez facilement transportable sur route et même en rase campagne, grâce à la ceinture de patins qui entourait ses roues. Elle lançait, à la vitesse de 330 m par seconde, un projectile de 800 kg. Sa portée était limitée à 9 300 m.*

### L'accroissement de vitesse à l'arrivée

Considérons encore la question de « vitesse du projectile », non plus sous l'aspect de la vitesse qu'il peut prendre au départ, mais surtout sous l'aspect de la vitesse qu'il peut avoir réellement à l'arrivée. Pour augmenter celle-ci, différents moyens ont été tentés avec plus ou moins de succès. C'est, tout d'abord, l'application des principes de la fusée « Chilowski », qui devait raréfier l'air,

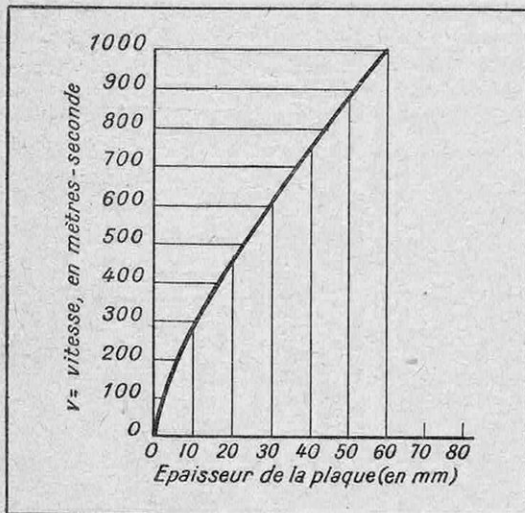


FIG. 3. — COMMENT CROIT L'ÉPAISSEUR PERFORÉE D'UNE PLAQUE DE BLINDAGE AVEC LA VITESSE INITIALE D'UNE BALLE

Il s'agit ici de la balle de mitrailleuse Hotchkiss de 13,2 mm. L'acier dont est fait la plaque a une résistance de 52 kg par mm<sup>2</sup>.

en avant du projectile, et diminuer ainsi la résistance des couches atmosphériques rencontrées. C'est, ensuite, le procédé de l'« obus-gigogne », dont la première réalisation suffisamment étudiée remonte à 1870, et est due à un M. Bazin (fig. 5 et 6). Pendant la dernière guerre, l'idée fut à nouveau reprise, surtout lorsque le parcours des obus de la « Bertha », dans la stratosphère, attira l'attention. Mais les détracteurs acharnés de l'obus-gigogne n'ont cessé, depuis lors, de prétendre que la partie « canon » du projectile constituait un poids mort inutile, et que la seconde détonation, en fin de course, ne pouvait qu'accentuer la dispersion, sans favoriser à coup sûr la perforation. Il est de fait qu'en ce qui concerne les balles, des essais faits par les Allemands, lors de la dernière guerre d'Espagne, ne semblent pas avoir donné, contre les chars, tout ce qu'on en espérait. D'après certains renseignements, la balle extérieure, du calibre normal, renfermait à l'intérieur une seconde balle, d'un diamètre plus faible, en acier particulièrement dur. A l'arrière de cette seconde balle se trouvait une charge de poudre dont la déflagration était produite au moment même de l'impact contre la cuirasse du char. Or cette seconde balle ne perforait plus si l'attaque s'éloignait de la normale. Ce résultat n'est pas personnellement pour nous surprendre, car, vers 1932, nous avons également essayé des « balles doubles », d'une conception

très analogue ; les résultats avaient été également décevants.

Peut-on attendre mieux des « obus-fusées », dont la vitesse est accélérée, en fin de course, par réaction de gaz ?

Ce n'est pas impossible ; la fusée constitue un mode de propulsion délicat à régler, mais dont la puissance est indéniable. On peut, dès maintenant, envisager, par ce procédé, un gain d'une centaine de mètres par seconde à l'arrivée ; si l'on y parvient aisément, l'on fera certainement mieux encore par la suite (1).

### L'accroissement de la résistance du projectile

L'« homme de la rue », qui n'a pas spécialement étudié la perforation, est généralement stupéfié chaque fois qu'on lui montre, côte à côte, une plaque de blindage perforée, et le projectile qui l'a traversée largement : « Le projectile est entier, s'écrie-t-il, c'est à peine si l'on pourrait penser qu'il a rencontré un obstacle pareil ! » Eh oui ! le projectile est généralement entier, sans déformation notable ; parfois il n'éclate ou se fend que plusieurs jours après le tir. Et c'est précisément *parce* que le projectile

(1) La « fusée stratosphérique » est légèrement différente. Elle répond, avant tout, à la recherche du tir à très grande portée. Ce que nous avons dit, plus haut, sur la puissance de destruction de l'obus de la « Bertha » lui est entièrement applicable.

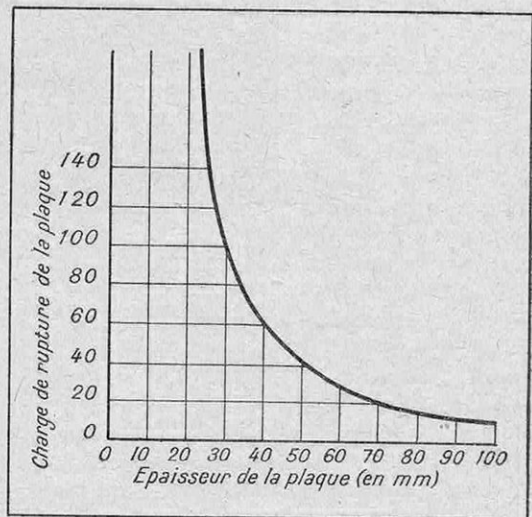


FIG. 4. — COMMENT VARIE LA PERFORATION PAR UNE BALLE DE 13,2 MM TIRÉE A 800 M PAR SECONDE, AVEC LA RÉSISTANCE DE L'ACIER DE LA PLAQUE

Les variables sont ici la résistance de la plaque et son épaisseur ; celle-ci est d'autant plus faible que l'acier est plus résistant.

a traversé largement la plaque qu'il est resté aussi intact ; le contraire serait surprenant... Aussi surprenant que de constater qu'un projectile a pu attaquer une plaque, *ne pas* la perforer, et rebondir en arrière *sans* déformation !

A titre d'exemple, nous croyons utile de donner quelques aspects d'une balle perforante de 13,2 « Hotchkiss » (fig. 8), après tir contre des matériaux divers, dont l'épaisseur avait été prise suffisamment élevée pour que toute perforation fût impossible. On voit nettement les différentes déformations ainsi obtenues, suivant la nature de la résistance subie par le projectile. Il est

intéressant de noter : d'abord que, quelles que soient les circonstances, l'arrière du noyau d'acier ne *peut* jamais subir de déformation ; ensuite, que toutes les balles ramassées sitôt le tir sont brûlantes, au point qu'on ne peut les garder dans sa main. Or il n'en est jamais ainsi lorsqu'un projectile de perforation traverse largement la plaque qui lui est opposée : le projectile, après le tir, est alors *froid* ; et l'on constate qu'il y a également peu de chaleur dégagée dans la plaque, en dehors des régions fondues par frottement.

Quelle doit être, maintenant, la nature de l'acier du projectile, pour obtenir le pouvoir perforant maximum ? On est immédiatement tenté de répondre qu'il convient de prendre l'acier le plus dur possible ; c'est bien ce que l'on fait d'ailleurs, en général.

Cependant, il ne faut pas oublier que l'augmentation de dureté marche souvent de pair avec un accroissement de fragilité :

or, s'il importe assez peu que le projectile se brise une fois qu'il est passé, il est, par contre, essentiel qu'il ne se casse ni au moment du choc, ni pendant la traversée.

Aussi voit-on réapparaître périodiquement, dans l'histoire de l'artillerie, la question du projectile « mou », tout au moins à l'avant. Au siècle dernier, on sait que les « coiffes Makaroff », qui recouvraient la partie avant des obus de perforation avec une couche d'acier doux, eurent leur heure de célébrité... pour attaquer les plaques de blindage telles qu'elles étaient conçues à l'époque. Y avait-il une sorte de « lubrification » due à l'acier doux ; un gui-

dage, avec réalisation d'un amortissement des mouvements vibratoires susceptibles d'amener la rupture ? (1) etc. De nombreuses explications furent données, plus ou moins satisfaisantes. Puis, un beau jour, un industriel français imagina de faire des coiffes en acier spécial très dur, traité thermiquement avec soin, de manière à réaliser une fragilité minimum ; depuis lors, la coiffe « douce »

resta abandonnée. La coiffe dure (voir fig. 9) a encore devant elle un bel avenir. On est tenté, maintenant, de comparer le projectile à un « outil » ; or, on usine de plus en plus avec des outils armés à leur extrémité de carbure de tungstène, de

stellite, etc. De plus, des utilisations récentes de glucinium et de métaux analogues, laissent espérer qu'on pourra encore accroître la dureté de l'acier du projectile

(1) Sur la figure 7, on voit que la balle Hotchkiss comporte une « coiffe » en plomb, en avant du noyau d'acier dur. Cette coiffe a pour rôle essentiel d'équilibrer la balle.

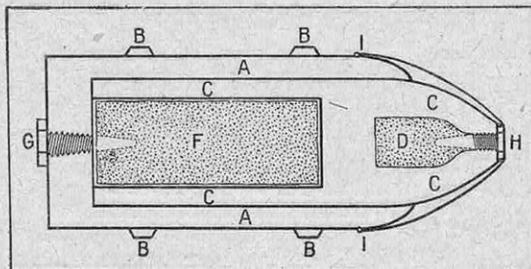


FIG. 5. — L'OBUS-CANON BAZIN DANS LA PREMIÈRE PARTIE DE SA TRAJECTOIRE

Les parois de l'obus constituent elles-mêmes un canon ; le projectile proprement dit est en C et les saillies B servent à guider l'ensemble pendant son trajet dans l'âme de la pièce. La charge F assure la séparation des deux parties grâce à la fusée G. La charge D est la charge proprement dite du projectile dont l'explosion est commandée par la fusée H. Le fonctionnement de cette fusée est déterminé par la rupture des fils.

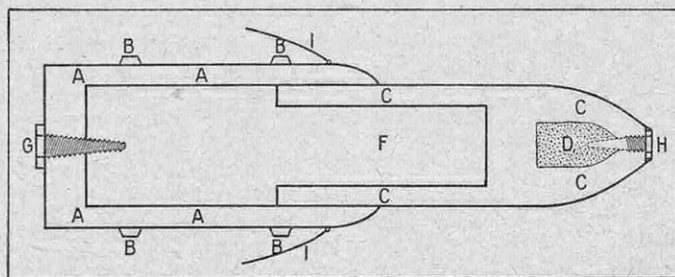


FIG. 6. — L'OBUS-CANON BAZIN DANS LA SECONDE PARTIE DE SA TRAJECTOIRE

La partie C se sépare du corps A en rompant les fils I. La fusée H est enflammée pour provoquer l'explosion de la charge D en temps voulu.

et son module d'élasticité par des additions convenables.

### L'accroissement de la résistance de la plaque. Résistance d'un ensemble

Quoi qu'il en soit, la cuirasse se défendra toujours. Tout d'abord, elle « sait »

qu'un projectile qui ne l'attaque pas normalement, perd beaucoup de son efficacité. Son premier mode de défense consistera donc à favoriser, par tous les moyens, la déviation du projectile. Un second consistera à chercher à transformer une attaque localisée — origine de la perforation — en une déformation d'ensemble, où toutes ses parties contribueront plus ou moins à « repousser l'agresseur ». Dès lors, elle cessera d'être monobloc et homogène, pour être « compo-

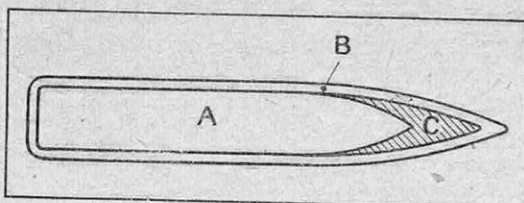


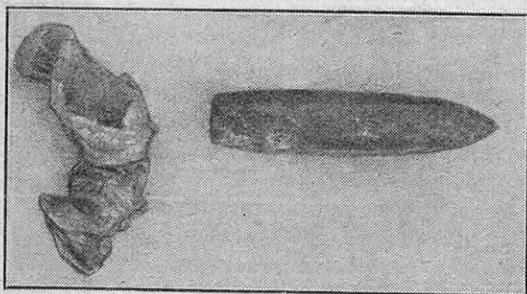
FIG. 7. — COUPE DE LA BALLE PERFORANTE DE 13,2 MM HOTCHKISS

A, noyau en acier très dur ; B, enveloppe en laiton ; C, coiffe en plomb.

sée » de plusieurs couches successives de matériaux souvent assez différents. Il existe déjà, en France et à l'étranger, plusieurs systèmes de plaques composés, dont les détails de fabrication sont, encore actuellement, tenus plus ou moins

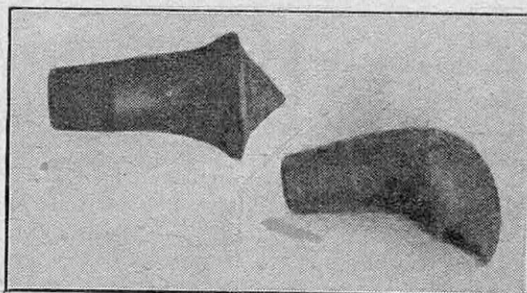
secrets. A résistance égale, une plaque composée est généralement plus épaisse qu'une plaque monobloc : ce qui n'empêche pas que son poids peut être beaucoup moindre (1). L'étude des forts et ouvrages divers amène d'ailleurs à ne pas considérer unique-

(1) Il est évident qu'on ne réalise pas une plaque « composée » de 30 cm (par exemple), en mettant côte à côte deux plaques de 15 cm identiques : la résistance de l'ensemble des deux plaques serait de 20 à 25 % inférieure à celle de la plaque monobloc de 30 cm. Mais, d'une part, il est plus aisé de faire,



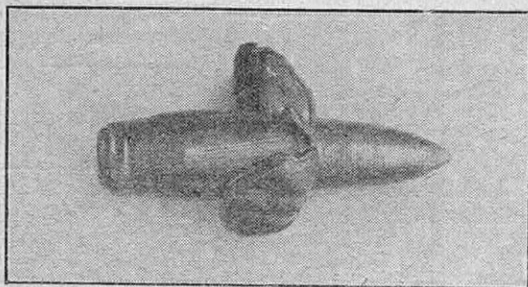
#### TIR DANS DU SABLE

Vers 750/800 m/s, la balle perd son enveloppe extérieure, qui se déchiquète et reste en arrière. Le noyau en acier est resté intact ; on le retrouve généralement retourné par rapport à la direction du tir. Le plomb a disparu.



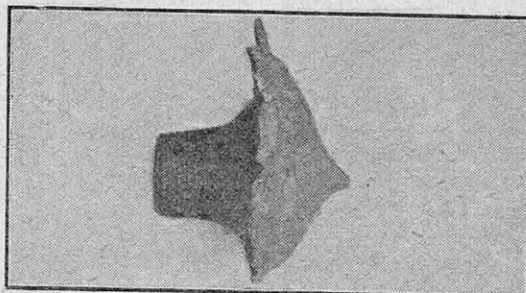
#### TIR DANS DES PILES DE TOLES, EN ACIER DOUX

La balle rebondit en arrière, en abandonnant son enveloppe. Le noyau a pris la forme de la photo de gauche, pour une vitesse de 500 m/s ; et la forme de la photo de droite, pour une vitesse de 800 m/s.



#### TIR DANS DU DURALUMIN

La balle rebondit en arrière, sans que l'enveloppe soit détachée ; elle est seulement ouverte en tulipe. Le plomb qui recouvre la pointe de la balle a disparu.



#### TIR CONTRE UN BLINDAGE ÉPAIS

La balle rebondit en arrière ; elle s'est dépouillée de son enveloppe, sauf à l'avant, où une partie s'est fondue, et est restée adhérente au noyau d'acier.

FIG. 8. — EXPÉRIENCES DE PÉNÉTRATION DANS DIFFÉRENTS MATÉRIAUX ET ASPECTS DE LA BALLE APRÈS LE TIR



ment la résistance propre d'un blindage ou d'une couche bétonnée; en fait, il s'agit souvent de défendre le mieux possible un ensemble, en lui donnant la forme d'un « solide d'égale résistance », tout

au moins suivant les directions où les coups peuvent venir le frapper. Les problèmes théoriques de cette nature ne sont pas aisés à résoudre : en effet, tout calcul qui s'appuie sur des considérations statiques est des plus sujet à caution. Le projectile agit avant tout par choc, et non par action continue; il ne faut pas oublier cette considération capitale si on ne veut s'exposer à des erreurs graves.

Il serait inopportun de donner des détails plus précis sur ces ensembles d'égale résistance, qui risqueraient de toucher à la défense de la ligne Maginot. Par contre, nous croyons possible d'insister quelque peu sur la question du « tir en mer », et sur l'action possible du projectile de perforation contre les navires cuirassés.

à coup sûr, deux très bons blindages de 15, qu'un aussi bon blindage de 30. D'autre part, on ne met pas les deux plaques de 15 jointives; et c'est dans le système de remplissage que réside la plus grande part du succès.

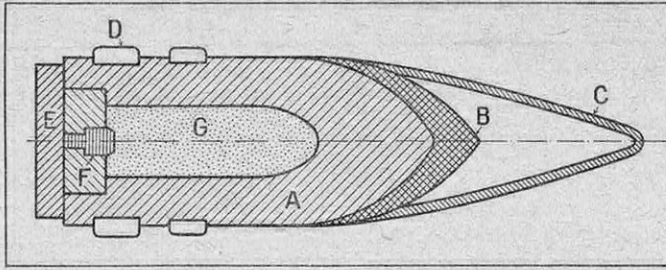


FIG. 9. — SCHÉMA D'UN OBUS DE RUPTURE

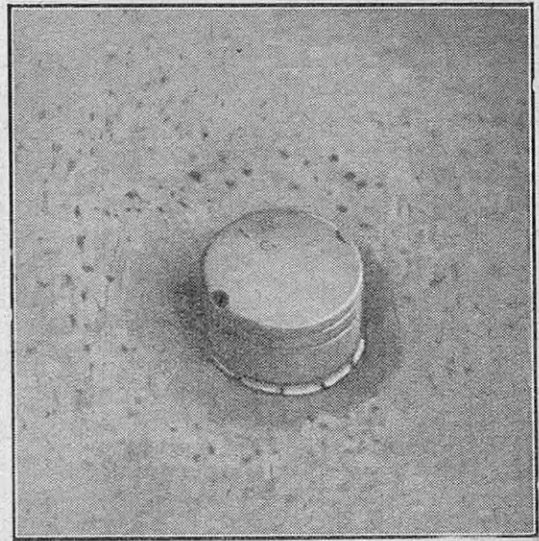
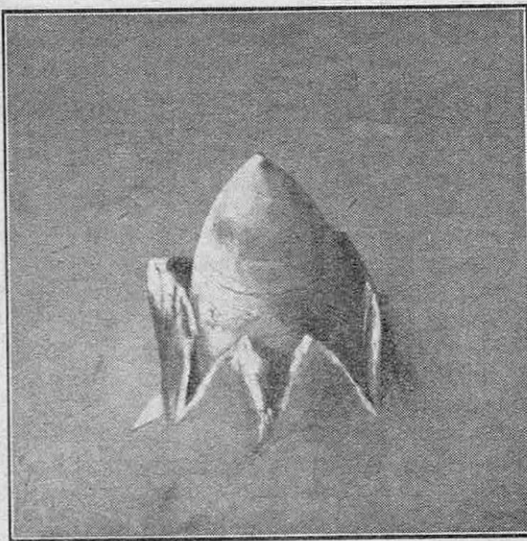
A, corps de l'obus; B, coiffe; C, fausse ogive; D, ceintures; E, bouchon de culot; F, fusée de culot; G, charge d'explosif.

**Le tir en mer**

Qu'est-ce que le tir en mer? Une définition ancienne aurait pu être la suivante : « C'est un tir tendu, à grande vitesse initiale, commencé à vue directe, dès que la distance

le permet, et dont le but principal est de percer la cuirasse latérale de l'adversaire. » Actuellement, une telle définition serait nettement critiquable. Laissons de côté le fait que le tir n'est plus obligatoirement à vue directe; ne parlons pas de l'importance que présentent les dégâts réalisés dans des organes tels que les tourelles de télépointage, etc. Montrons seulement pourquoi, d'une part, le projectile ne peut plus être considéré comme ne devant pas être lancé en tir courbe; d'autre part, pourquoi la cuirasse, conçue comme autrefois, n'est plus le seul mode de protection d'un navire.

Tout d'abord, *sur terre*, le but à démolir est généralement fixe; la préparation du tir, le tir lui-même, peuvent être menés (en quelque sorte) à « loisir » et : « le temps ne fait rien à l'affaire ». Il n'en est plus de même *sur mer*, où l'objectif, et le tireur lui-même, sont essentiellement mobiles. Par suite, si les données d'un tir sont rigoureu-



(81 426)

FIG. 10. — DEUX ASPECTS D'UN OBUS AYANT PERFORÉ UNE PLAQUE DE BLINDAGE DANS LAQUELLE IL EST DEMEURÉ PLANTÉ

sement exactes à un instant considéré, elles risquent de devenir insuffisamment précises, dans un court délai de temps, en cas d'évolutions imprévues. Il y a donc lieu de rechercher la durée minimum de trajet pour l'obus : d'où l'utilisation rationnelle sur mer du tir tendu, à grande vitesse initiale (1).

Mais, en tir tendu, le projectile ne peut guère frapper le navire que latéralement... où se trouvent les plus fortes défenses, alors que l'attaque par les ponts pénétrerait beaucoup plus aisément dans les œuvres vives : or, pour celle-ci, le tir courbe est indispensable (2). Et ce tir courbe semble de plus se présenter, dans l'avenir, dans des conditions très favorables. En effet, les navires de ligne, en 1914, avaient 27 m de largeur environ ; cette largeur a été portée à 32 m après guerre ; et les nouveaux 35 000 t allemands *Bismark* et *Tirpitz* auront maintenant 36 m de largeur ; on voit ainsi combien la cible horizontale devient importante par rapport à la cible verticale.

Passons à la défense d'ensemble du navire ; si la largeur a été accrue, ce fut, en grande partie, précisément, pour la perfectionner. La figure 11 montre la coupe d'un navire cuirassé britannique, type *Royal Oak*, après modernisation, et la coupe (également schématique !) d'un autre navire du tout dernier modèle ; la comparaison est particulièrement suggestive.

On remarque que le cloisonnement longitudinal est devenu très développé ; il est, avant tout, conçu de façon à réaliser une défense particulièrement efficace contre les torpilles et les mines. Cependant, la défense contre les projectiles n'a pas été négligée pour cela ; elle rentre dans un « tout », qui forme un ensemble plus homogène et mieux étudié qu'autrefois.

(1) Ce moyen peut être combiné avec un autre, qui vient le compléter. Il consiste à livrer bataille en fonçant sur l'ennemi. Cette solution audacieuse, où la science du « manœuvrier » doit s'allier étroitement à la science du « canonnier », a été brillamment appliquée par les navires anglais lors de la récente bataille de Montevideo contre l'*Admiral Graf Spee*.

(2) Ou l'attaque par bombe aérienne, bien entendu ; mais, dans la présente étude, nous ne considérons que le projectile.

## Les limites de la vitesse

Bien que nous n'ayions pas caché, à plusieurs reprises, que nous croyions que, dans le tir à démolir, la masse importait plus que la vitesse, il n'est pas impossible que nous n'ayions pas convaincu tous les lecteurs, et que certains d'entre eux pensent encore qu'avec une vitesse suffisamment élevée, on parviendrait à perforer ou à défoncer n'importe quelle épaisseur.

Pourtant les expériences actuelles ne justifient pas un tel optimisme. A partir d'une certaine vitesse, un projectile tiré dans un milieu liquide, peut éclater. Tirée dans une masse de bois, avec une vitesse accrue, une balle de fusil peut pénétrer moins avant : pour expliquer ce phénomène, on invoque

parfois la déformation croissante au moment de l'impact. Nous croyons qu'il y a lieu de considérer aussi une autre cause, au moins aussi importante, résultant de ce qu'une masse rigide finie ne peut, en aucun

cas, déplacer une masse indéfinie, celle-ci fût-elle très aisément déformable. Aussi, après un certain parcours, le projectile se trouve-t-il obligé (s'il n'a pas été « stoppé » définitivement), de revenir en arrière, afin de « satisfaire » (pourrait-on dire) à ce qu'on appelle en mécanique le théorème de la quantité de mouvement. Peu importe qu'on augmente indéfiniment la vitesse : si le projectile continue à demeurer parfaitement rigide, il reviendra de plus en plus violemment en arrière... et ce sera tout. Nous avons pu constater ce mouvement de retour en tirant à 800 m/s des balles de 13,2 mm Hotchkiss dans du sable et dans du plomb (voir fig. 12).

Et, en extrapolant d'une manière futuriste quelque peu hardie, il n'est pas impossible de se poser le problème suivant :

Supposons qu'un jour les habitants d'une autre planète, particulièrement habiles en réalisations balistiques, émettent l'idée... originale... de nous envoyer un projectile susceptible de traverser la Terre de part en part ; quelles seront, d'après leurs calculs, les caractéristiques du projectile à adopter ?

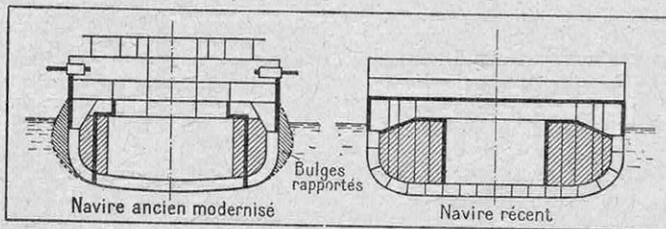


FIG. 11. — COUPES DE DEUX CUIRASSÉS, L'UN MODERNISÉ, L'AUTRE MODERNE MONTRANT LA DISPOSITION DU CUIRASSEMENT

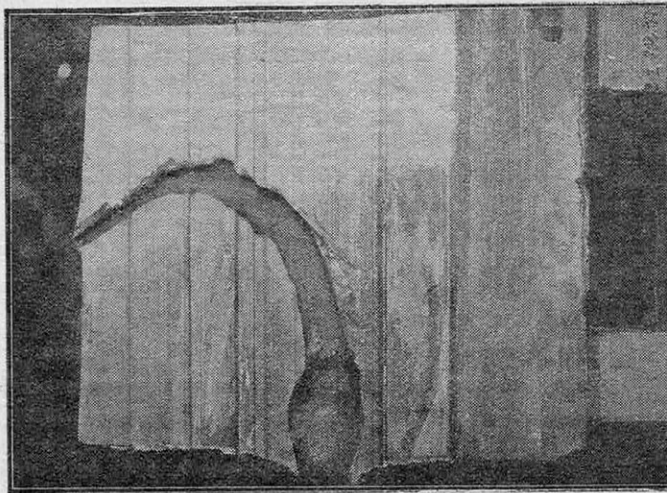
Les parties ombrées représentent les cloisonnements longitudinaux qui constituent une défense efficace contre torpilles et mines.

Il y a gros à parier que leur choix s'arrêtera sur un projectile d'un calibre respectable de 120 millions de millimètres environ, c'est-à-dire de 120 km de diamètre. La vitesse leur importera assez peu ; peut-être mettront-ils un dispositif de fusée à réaction à l'arrière, pour avoir, à coup sûr, 350 à 400 m/s à l'arrivée. Et, une fois qu'ils auront trouvé le moyen de lancer le projectile dans la zone d'attraction terrestre, il ne leur restera plus qu'à mettre leur projet à exécution, en frappant la Terre : « plein centre ».

Mais si, par hasard, leur choix s'arrêtait sur un projectile de calibre plus faible — par exemple d'une cinquantaine de km seulement — il y a tout lieu de croire que leur expérience aboutirait à un échec ; le projectile pénétrerait de quelques milliers de km et resterait dans la Terre après avoir fait un crochet. S'ils insistaient, en portant la vitesse à 1 500 ou 2 000 m/s à l'arrivée, ils verraient alors le deuxième projectile ressortir latéralement, repartir en arrière...

et naviguer finalement dans la stratosphère, pour suivre l'un des sorts qu'examinaient stoïquement les habitants de l'obus, dans le roman de Jules Verne : *Autour de la Lune*.

Ainsi, pour le projectile : *machine à perforer et à défoncer*, les qualités primordiales à rechercher semblent être les suivantes : tout d'abord la *masse* ; puis la *vitesse*, avec une *résistance* suffisante du projectile (pour ladite vitesse), lorsque celui-ci attaque le milieu opposé. Enfin, vient la *charge explosive*, provoquant la dislocation. Telle est notre conclusion actuelle. Mais que nous réserve l'ave-



(81 428)

FIG. 12. — TRAJECTOIRE D'UNE BALLE PERFORANTE TIRÉE AVEC UNE VITESSE DE 800 M PAR SECONDE DANS UN BLOC DE PLOMB

*Le bloc de plomb a été scié après l'expérience pour mettre en évidence la trajectoire. On voit que celle-ci est courbe, la balle étant ressortie sur une des faces latérales du bloc de plomb.*

nir ? Un tel classement risquera fort d'être bouleversé, si l'on acquiert des moyens de plus en plus puissants pour provoquer la désagrégation de la matière, par libération brusque d'énergie atomique. Ce jour-là, le projectile n'aura plus besoin du choc, pour détruire ; il agira par simple contact, si même il ne parvient pas à provoquer l'explosion à distance !

PAUL CHAVILLE.

Les essais au banc d'un nouveau moteur d'avion de 3 000 ch se poursuivent en Amérique chez le constructeur américain Reston Tucker. Ce prototype aurait été commandé par une firme européenne dont le nom n'a pas été publié. Il s'agit d'un moteur de 24 cylindres en H. La consommation ne dépasserait pas 190 g de combustible par cheval-heure. Ce moteur serait destiné à actionner deux hélices, l'une devant, l'autre derrière le groupe moteur, par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse avec renvoi à angle droit. Malgré ses dimensions, ce moteur ne possède cependant pas le record de la puissance dans le domaine de l'aviation. On annonce en effet, des États-Unis, que Curtiss-Wright construit actuellement, à titre expérimental, un moteur de 4 000 ch à refroidissement par liquide qui ne compterait pas moins de six rangées de 7 cylindres, soit, au total, 42 cylindres. On sait que ce sont les difficultés de réalisation de moteurs à grande puissance qui limitent actuellement les performances des avions. Les États-Unis semblent ainsi devoir s'assurer dans ce domaine une avance appréciable sur leurs concurrents européens.

# PEUT-ON FAIRE MARCHER LES AUTOMOBILES SANS ESSENCE : AVEC QUOI ET COMMENT ?

Par Henri LATOUR

## Carburants nationaux du temps de paix et du temps de guerre

**L**e développement de la circulation des véhicules automobiles de toute sorte depuis plusieurs années — et par suite l'augmentation de la consommation nationale de combustibles liquides — a obligé chaque pays à élaborer, compte tenu de ses ressources naturelles, une politique générale des carburants (1).

La politique des combustibles utilisés pour la locomotion variera essentiellement d'un pays à l'autre, suivant les ressources minérales ou agricoles de chacun de ces pays. Il est évident, par exemple, que, pour les Etats-Unis d'Amérique, la politique des combustibles liquides est simple : les U. S. A. trouvent sur leur sol tous les produits pétroliers qu'ils sont susceptibles d'utiliser pour la locomotion — et il leur en reste même pour l'exportation.

Il en est de même pour certains pays européens tels que la Roumanie et l'U. R. S. S. Pour les autres, qui ne possèdent que peu ou point de gisements de pétrole naturel, la question se pose différemment ; un pays essentiellement agricole pourra considérer comme combustible national un produit dérivé des plantes tel que l'alcool.

L'Allemagne, qui produit et distille une grande quantité de charbon, a, avec le

benzol, un combustible national, dont elle fait d'ailleurs en temps de paix un large emploi (1).

Mais, quoi qu'il en soit, et étant donné la supériorité que possèdent, du point de vue technique, les produits dérivés du pétrole, ce sont toujours eux qu'on trouve, en temps de paix, à la base de la consommation.

Depuis la guerre, le problème se présente d'une façon assez différente.

Toute importation — au moins par mer, et on sait que le pétrole voyage presque exclusivement par les voies maritimes — toute importation fait courir des risques non négligeables aux transporteurs. Pour certaines nations même, ces transports sont devenus pratiquement impossibles : tel est le cas pour celles qui ne possèdent pas la liberté des mers. Toutes vont donc chercher à tirer de leurs ressources intérieures un combustible convenant aux véhicules routiers à traction mécanique. Mais le problème se complique immédiatement du fait que les combustibles nationaux du temps de paix disparaissent pour la plupart subitement en temps de guerre, parce que certains de leurs constituants trouvent d'autres utilisations plus urgentes et plus immédiates.

L'alcool, le benzol sont entièrement absorbés par les fabrications de poudres et d'explosifs. La production de charbon devient, dans certains pays, déficitaire. Beaucoup de travailleurs du sous-sol, mobilisés aux armées ou aux usines, ont disparu de la mine. Le choix des combustibles possibles se révèle comme extrêmement limité. Cela est si vrai que pour certaines nations, le problème est pratiquement insoluble, et le seul expédient possible consiste à réduire au minimum, sinon même à supprimer la consommation. En Allemagne, par exemple, ce n'est un secret pour personne

(1) Le terme carburant est évidemment ici mal approprié parce que trop restrictif. Un carburant n'est, en effet, étymologiquement, qu'un produit destiné à apporter des carbures d'hydrogène au mélange combustible admis dans le moteur. Le mot « carburant » convient pour désigner un liquide ou un gaz qui alimente un moteur à carburation préalable ; il ne convient déjà plus pour un moteur à injection, où il n'y a pas, en réalité, mélange du combustible et de l'air ; dans le moteur Diesel, en effet, le combustible s'enflamme dès qu'il entre en contact avec l'air, et le mélange ne se produit qu'au moment précis de la combustion. Comme le moteur Diesel est de plus en plus employé pour la locomotion routière, on devrait donc parler plutôt de combustibles. Il ne convient cependant pas d'oublier, surtout en France, l'électricité, de sorte que le terme le plus général et le plus court serait celui de « sources d'énergie ».

(1) Le carburant national allemand, appelé *Aral*, était composé de 60 % d'essence naturelle ou synthétique, 30 % de benzol et 10 % d'alcool éthylique. Le carburant national italien (« Robur ») comprenait 48 % d'essence, 22 % d'alcool méthylique et 30 % d'alcool éthylique.

qu'à l'heure actuelle la circulation des automobiles privées est pratiquement annulée.

Néanmoins, il subsiste des besoins de guerre avec lesquels on ne peut transiger, et qui doivent être satisfaits les premiers : l'aviation, les chars de combat, les véhicules routiers exigent des combustibles liquides de nature et de qualité d'ailleurs différentes. Il faut les trouver. Aussi, toutes les ressources de chaque pays sont d'abord appliquées à la satisfaction des nécessités militaires ; s'il reste quelque chose, on l'utilisera pour les civils.

### La situation en France

Notre pays peut être considéré comme largement privilégié en ce qui concerne l'approvisionnement en combustible liquide. C'est, à l'heure actuelle, en Europe, celui où l'essence est le plus abondante et coûte le moins cher. Ce fait paraît, au prime abord, quelque peu paradoxal. Veut-on des chiffres ? A l'heure actuelle, le litre d'essence coûte 4 francs, taxe comprise, dans la région parisienne. En Belgique, l'essence est vendue 4 f 70 le litre ; mais il s'agit de francs belges.

Le prix, traduit en francs français, correspond à 8 f, soit exactement le double. Et cependant la Belgique est un pays neutre. En Italie, au début du mois de décembre, l'essence a été portée à 11 f le litre (1).

On a, chez nous, restreint la consommation de l'essence pour la population civile, et il est possible que, la guerre entrant dans une période plus active, ces restrictions s'accroissent encore. Si l'essence se raréfie ou même disparaît pour la population ci-

(1) Il n'est alloué que 15 litres par mois et par véhicule de tourisme.

vile, comment et par quoi la remplacer ?

C'est ce que nous proposons précisément d'examiner dans ce qui suit.

Auparavant, une remarque d'ordre général : l'essence naturelle venant à se raréfier ou à disparaître, deux solutions s'offrent à l'esprit pour parer à cette situation nouvelle : on peut chercher, soit à fabriquer de l'essence, soit à la remplacer par autre chose.

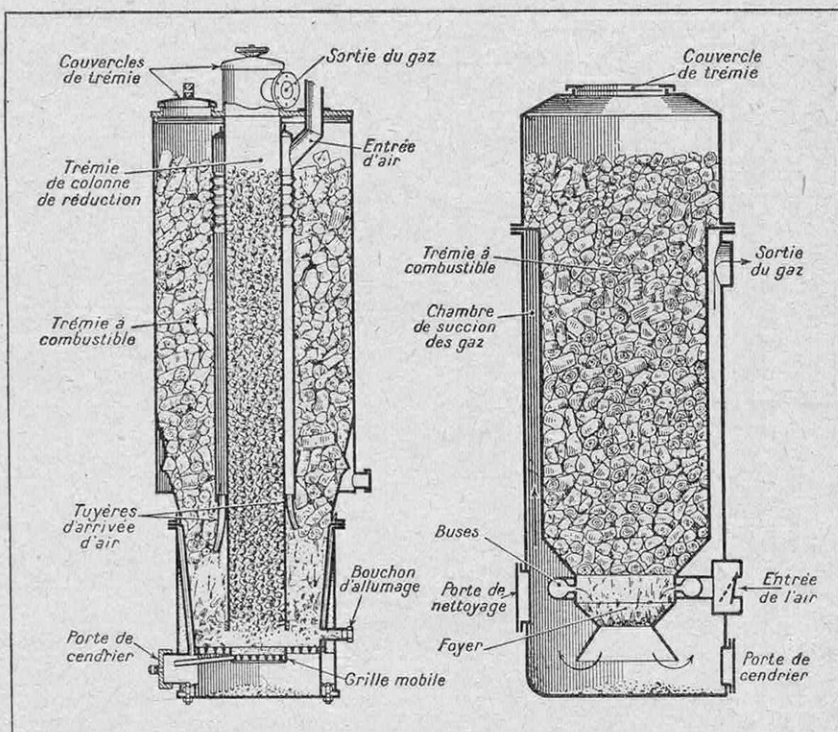


FIG. 1 ET 2. — DEUX TYPES DE GAZOGÈNES A BOIS : GAZOGÈNE BRANDT (A GAUCHE), GAZOGÈNE BERLIET (A DROITE)

Dans le gazogène Brandt, l'air arrive par un espace annulaire autour de la colonne de réduction. Les gaz, à la sortie du foyer, traversent en montant la colonne de réduction, dans laquelle se trouve du charbon : les dernières traces de gaz carbonique et de goudron se transforment ou restent dans la colonne de réduction. Dans le gazogène Berliet, l'air arrive tout autour de la zone de combustion, et les gaz du combustible remontent dans une chambre à double paroi autour de la trémie centrale contenant le combustible.

On sait, à l'heure actuelle, fabriquer de l'essence en partant très généralement du charbon et de l'hydrogène comme matières premières. En Allemagne, en Angleterre, en France, des usines d'hydrogénation, produisant de l'essence de synthèse, sont en fonctionnement (1). Leur prix de revient, malaisé à chiffrer avec précision, est très élevé, et leur extension exigerait des immobili-

(1) En 1937, la capacité des usines allemandes d'essence de synthèse était de 825 000 t par an (matières premières : lignite, goudron et houille) ; celles des usines anglaises de 150 000 t par an (matières premières : houille et goudron).

sations de capitaux considérables (1).

Il est des cas où, malgré le rendement très faible de la fabrication de l'essence artificielle, on sera obligé d'y recourir ; c'est, par exemple, pour l'essence d'aviation, qui doit posséder des qualités très particulières du point de vue résistance à la détonation, et que les procédés d'hydrogénation permettent précisément d'obtenir.

Mais, pour le cas général de l'essence dite de tourisme, c'est-à-dire celle qui convient

naire? La liste en sera bien vite établie.

A côté de l'essence, on trouve le benzol et ses dérivés, produits de la distillation de la houille, les alcools éthylique et méthylique (1), et c'est à peu près tout.

Pour les moteurs à injection qui utilisent le gas oil, autre produit dérivé du pétrole, tous les combustibles liquides semblent pouvoir convenir, au moins au prime abord : huile végétale, huile animale, huile de houille.

Les huiles d'origine végétale manquent

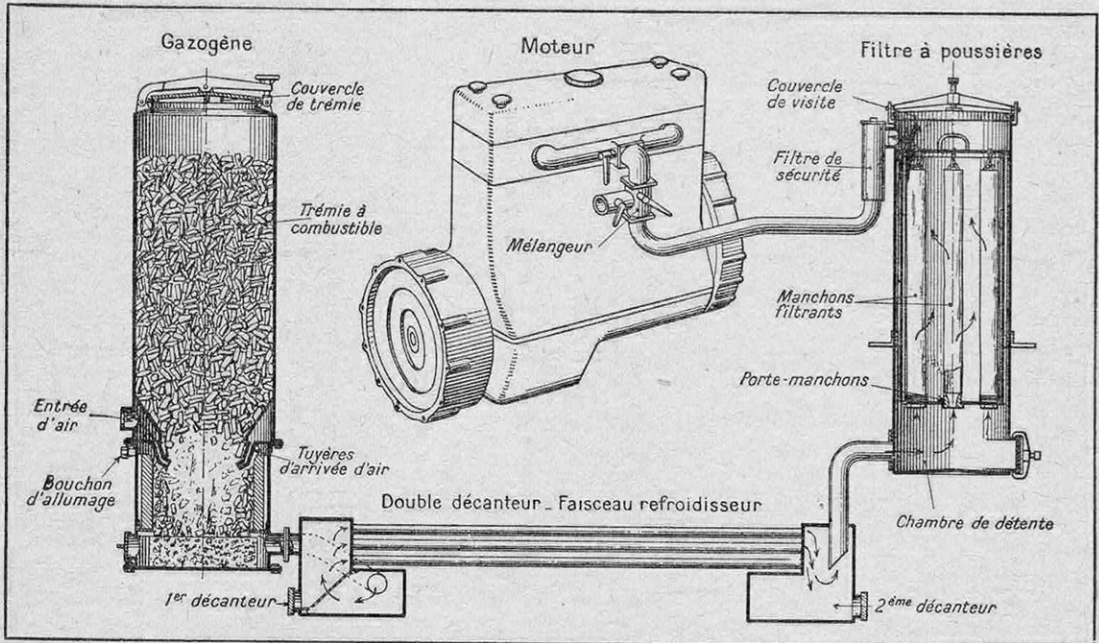


FIG. 3. — GAZOGÈNE BRANDT A CHARBON DE BOIS ET APPAREILS ÉPURATEURS

*Ce gazogène est du type à tuyères, qui sont disposées tout autour du foyer, amenant ainsi l'air au sein de la chambre de combustion. Les gaz se rendent, par un faisceau refroidisseur, d'un premier décanteur à un deuxième décanteur où ils abandonnent la majeure partie de leurs impuretés. Ils traversent ensuite un filtre à poussières où des manchons filtrants leur enlèvent leurs dernières particules solides. Ils arrivent enfin au mélangeur monté sur le moteur.*

aux moteurs d'automobiles, les procédés de fabrication d'essence artificielle n'apparaissent pas comme la meilleure solution, tout au moins pour notre pays. C'est donc vers le remplacement de l'essence que l'on va se tourner. Est-il possible de trouver des combustibles ayant des propriétés analogues à celles de l'essence, c'est-à-dire liquides et volatils, à la température ordi-

(1) On estimait, en 1937, que, compte tenu du combustible nécessaire pour la fabrication de l'hydrogène et de la production de l'énergie thermique et électrique absorbée par tous les services, il fallait entre 4 et 5 t de houille pour obtenir une tonne d'essence synthétique. Les installations sont, en outre, considérables et coûteuses. L'essence de synthèse doit encore coûter quatre fois plus que l'essence ordinaire à l'importation, c'est-à-dire sans les multiples taxes qui grèvent son prix de vente.

à peu près complètement sur notre marché et la production suffit à peine pour les besoins de l'alimentation et de certaines industries comme celle des savons. Il n'y faut donc pas songer.

Les huiles d'origine animale sont rares.

Quant aux huiles de houille, elles con-

(1) L'alcool méthylique ou méthanol est obtenu à partir de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène. Il a un pouvoir calorifique peu élevé, mais résiste remarquablement bien à la détonation : son indice d'octane est 135. (On sait que la résistance à la détonation est chiffrée par l'indice d'octane, échelle arbitraire dont le 0 correspond à l'heptane et le 100 à l'isooctane ; les mélanges en différentes proportions de ces deux carbures fournissent les degrés intermédiaires.) Les deux producteurs français Courrière-Kuhlmann et Béthune ne semblent pas en avoir jamais produit plus de 15 t par jour.

viennent malheureusement assez mal pour l'alimentation des Diesel, parce que s'enflammant très difficilement. Il faudrait modifier les moteurs pour leur permettre de marcher aux huiles de houille.

La solution apparaît donc comme très difficile. Nous allons voir cependant qu'il ne faut pas désespérer.

Mettons-nous à la place de quelqu'un qui a à effectuer des transports et qui dispose

à modifier le moins possible ses véhicules pour pouvoir, un jour ou l'autre, revenir à l'alimentation en produits pétroliers.

Quels sont les combustibles qui restent à sa disposition?

Nous avons vu plus haut qu'il ne devait pas compter sur les combustibles *liquides*, au moins en temps de guerre. Il devra donc orienter ses recherches vers les combustibles *solides* ou les combustibles *gazeux*.

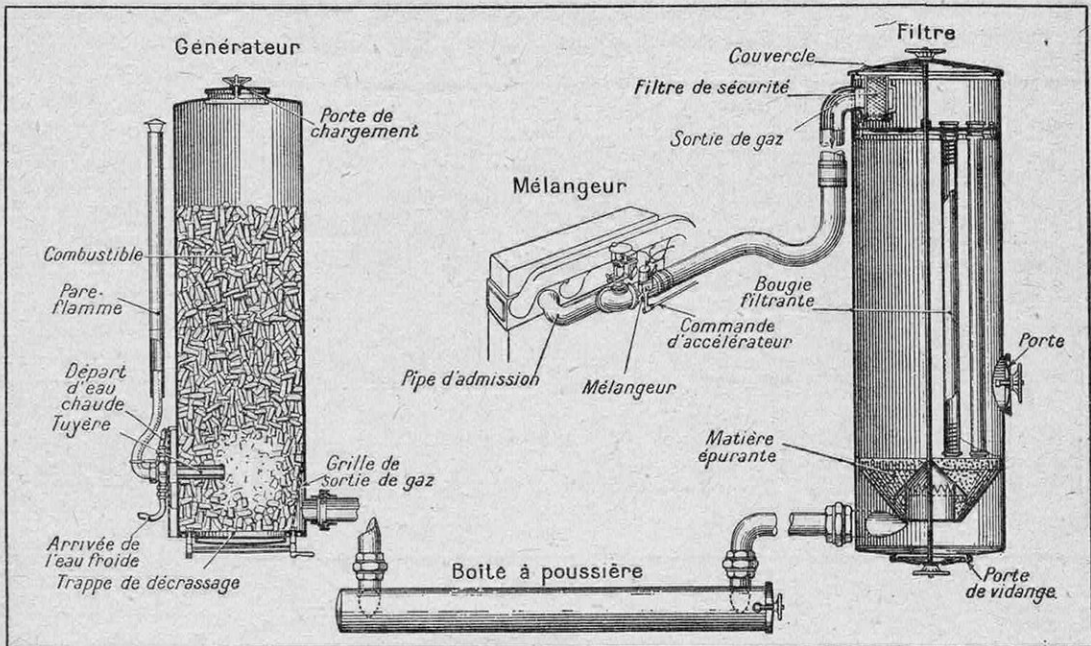


FIG. 4. — GAZOGÈNE GOHIN-POULENC A CHARBON DE BOIS, COMPRIMÉS, ANTHRACITE, ETC.

L'air arrive dans le foyer par la tuyère refroidie par circulation d'eau. L'eau de refroidissement de la tuyère provient, en général, du radiateur du camion. Les gaz traversent d'abord une boîte à poussières, où ils se séparent de leurs plus grosses impuretés et arrivent ensuite dans un filtre, où ils traversent d'abord une matière épurante pulvérulente et finissent de se nettoyer dans les filtres recouverts d'une toile qui arrête la matière pulvérulente entraînée. Celle-ci retombe au bas du filtre sous l'action des trépidations de la voiture.

ou non de véhicules automobiles. Dans le premier cas, ce quelqu'un va se demander comment il pourra alimenter ses voitures ou ses camions en les modifiant le moins possible pour qu'il lui soit possible de revenir à l'alimentation normale sans trop de frais, le jour où la pénurie de combustible liquide cessera. S'il ne possède pas de véhicule automobile, vers quel mode de locomotion devra-t-il s'orienter pour se créer les moyens de transport dont il a besoin ? Nous allons examiner ces deux cas.

### Les « carburants » de remplacement convenant aux moteurs existants

Nous avons posé, en principe, que le propriétaire de voiture ou de camions cherche

Nous aurons l'occasion de revenir plus loin sur la question des combustibles solides que l'on peut utiliser directement dans les moteurs (charbon pulvérisé), et nous verrons qu'on ne peut songer à leur emploi sur des moteurs existants. Il faut donc transformer ces combustibles solides en produits plus immédiatement utilisables pour alimenter les moteurs : c'est ce à quoi nous arriverons au moyen des gazogènes.

On pourra chercher aussi des gaz, naturels ou non, sous-produits, relativement peu utilisés jusqu'ici, de diverses fabrications et qui pourraient servir à alimenter les moteurs. Parmi ces gaz se placent, en première ligne, certains sous-produits du raffinage du pétrole et, accessoirement, de l'hydro-

génération de la houille, à savoir le butane et le propane.

Il y a aussi le gaz d'éclairage, ou gaz de ville, produit de la distillation de la houille et des goudrons de houille qu'on fabrique en quantité considérable dans notre pays. L'élément constitutif le plus important du gaz d'éclairage est le méthane.

Nous voilà donc en présence d'un certain nombre de combustibles possibles pour les moteurs à carburation préalable. Quant aux moteurs Diesel, il n'existe pratiquement pas de combustibles avec lesquels on puisse les

Nous ne ferons donc pas de distinction, du point de vue utilisation, entre le butane et le propane.

Disons tout de suite que ces combustibles sont les seuls (parmi les combustibles usuels) qui peuvent immédiatement être utilisés dans un moteur en n'exigeant presque aucune modification de ses organes.

Il suffit de prévoir un détendeur sur la canalisation d'amenée du gaz et de remplacer le carburateur par un mélangeur. On peut concevoir ce dernier d'une façon élémentaire comme constitué par une simple prise d'air sur laquelle vient se brancher une amenée de gaz, cette amenée de gaz étant réglable par un robinet ou un papillon dont l'ouverture se trouve commandée par celle du papillon ou du boisseau qui est placé sur l'orifice d'aspiration du moteur, et que le conducteur manœuvre avec sa pédale d'accélérateur.

Le butane-propane présente même sur l'essence des avantages certains. Grâce à sa très grande volatilité, la mise en route du moteur par les

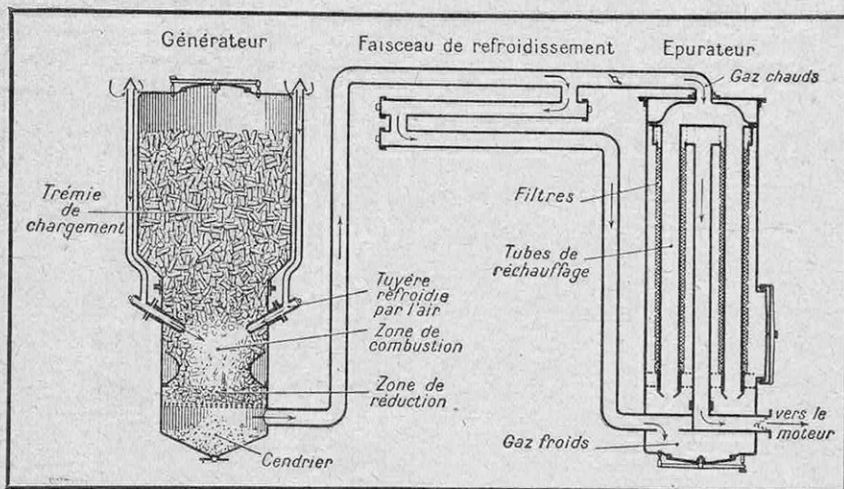


FIG. 5. — GAZOGÈNE A CHARBON DE BOIS SABATIER-DECAUVILLE

Ce gazogène est un appareil à tuyères par lesquelles l'air arrive au foyer. Ces tuyères sont refroidies par l'air même qui les traverse. Les gaz se rendent du gazogène à l'épurateur, en traversant les faisceaux de refroidissement. Dans l'épurateur ils déposent leurs poussières et finissent de s'épurer en traversant les filtres disposés concentriquement.

alimenter, autres que les gas oils, et, si l'on veut se servir de gazogènes, par exemple, on devra les transformer assez profondément.

### Le butane et le propane

Tout le monde connaît maintenant le butane, ou tout au moins les applications qu'il a reçues, depuis quelques années, pour la cuisine dans les localités qui ne possèdent pas le gaz d'éclairage. Le butane est un gaz lourd qui se liquéfie très aisément sous faible pression, et qui est livré sous la forme liquide dans des bouteilles en acier contenant une dizaine de litres de liquide.

Le propane, plus léger que le butane, se liquéfie lui aussi très aisément.

On le mélange d'ailleurs parfois au butane, et les bouteilles bleues qui sont livrées aux ménagères de campagne, sous le nom de gaz butane ou un nom du même ordre, contiennent souvent une forte proportion de propane.

grands froids est immédiate. La mise en régime de température est presque instantanée et, en tout cas, beaucoup plus rapide qu'avec l'essence. La résistance à la détonation est très élevée.

La puissance du moteur alimenté au butane-propane est au moins égale, sinon supérieure, à ce qu'elle est avec l'essence. A côté de tant d'avantages, il est normal que nous trouvions quelques inconvénients. Les deux plus importants sont, d'une part, le prix élevé du butane ou du propane et, d'autre part, leur rareté relative, comme nous le verrons plus loin.

Un autre inconvénient (d'ailleurs mineur) du butane, c'est le poids relativement élevé des récipients où il est emmagasiné. Ces récipients, qui pèsent une trentaine de kilos, représentent un poids mort à peu près égal au poids utile du gaz. Leur capacité, relativement faible, oblige à en transporter



un certain nombre sur un véhicule ayant un appétit moyen, mais, répétons-le, ces derniers inconvénients sont d'ordre mineur, et des premiers, seule, la difficulté d'approvisionnement est à considérer.

Quelques industriels (d'ailleurs rares) se sont préoccupés d'étudier spécialement l'utilisation du butane-propane : leur production est limitée du fait de la rareté de ce produit.

ou gas oil dans un moteur à carburateur apparaît comme relativement simple. Ces liquides, n'émettant pas de vapeur à la température ordinaire, deviennent volatils aux températures plus élevées.

Si donc on chauffe le carburateur à une température telle que le combustible émette des vapeurs comme l'essence en émet à la température ambiante, le problème sera

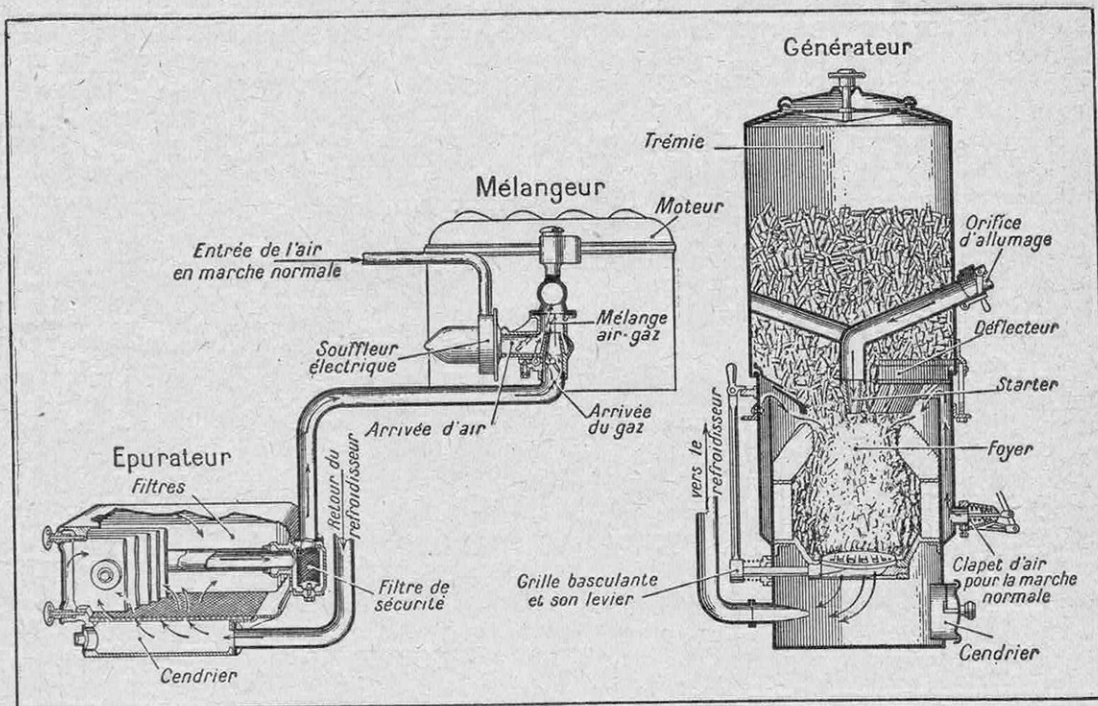


FIG. 6. — GAZOGÈNE A CHARBON DE BOIS PANHARD

L'air arrive dans le gazogène par deux orifices différents, suivant le régime de marche de l'appareil. Pour la mise en route et les reprises, l'air pénètre par la tuyère centrale, en haut de la zone de combustion, entretenant ainsi un foyer à combustion vive à l'extrémité de la tuyère. Pour la marche normale, l'air pénètre dans l'appareil par un espace annulaire et arrive dans la zone de combustion tout autour du foyer : on obtient ainsi une grande souplesse de marche de l'appareil. A gauche, on aperçoit les différents appareils épurateurs constitués par un filtre à deux étages. Les cendres se déposent dans la partie inférieure ; au milieu, le mélangeur accolé au moteur où se fait le mélange en proportions correctes du gaz et de l'air.

### Pétrole et gas oil pour moteurs à carburation préalable

Le gas oil et son frère cadet, le pétrole lampant, sont probablement moins rares que l'essence à l'heure actuelle. On peut se demander s'il est possible de les utiliser dans un moteur à carburation préalable construit pour marcher à l'essence. Le problème n'est pas nouveau. Il s'est posé quand le prix de l'essence augmentait, et il existait dès avant la guerre (l'autre guerre) des moteurs marchant au pétrole lampant : entendons des moteurs d'automobiles.

Le procédé qui permet d'utiliser pétrole

résolu, puisque ces vapeurs viendront se mélanger à l'air, le carbureront, et le moteur fonctionnera.

L'expérience prouve, en effet, que si l'on réchauffe suffisamment le carburateur et la tuyauterie d'admission d'un moteur à essence, on pourra fort bien le faire marcher avec du pétrole ou même du gas oil. L'essai est facile et on est sûr de le réussir.

Malheureusement, si la réussite est immédiate, elle ne dure pas indéfiniment. On constate, en effet, très rapidement deux inconvénients graves et pratiquement irréductibles.

Le premier réside dans ce fait que l'indice

d'octane du pétrole ou du gas oil est beaucoup moins élevé que celui de l'essence.

Il faudra donc diminuer très fortement le taux de la compression du moteur pour qu'il puisse marcher sans accident mécanique, d'où perte de puissance considérable et qui modifie assez sensiblement les conditions d'exploitation du véhicule.

D'autre part, le combustible lourd ne brûlant qu'imparfaitement dans la chambre d'explosion du cylindre se dépose à l'état

liquide sur les parois, filtre entre le cylindre et les segments de pistons, et vient se mélanger à l'huile de graissage qu'il dilue très rapidement. Si bien qu'au lieu de consommer de l'huile de graissage, les moteurs alimentés au pétrole obligent leur propriétaire à enlever périodiquement l'excédent de liquide dans le carter. Ils semblent produire de l'huile au lieu d'en consommer et il est aisé de comprendre qu'après quelque temps, ce

n'est plus de l'huile qui se trouve dans le carter du moteur, mais un mélange contenant un peu d'huile, et beaucoup de pétrole, mélange tout à fait inapte à assurer les conditions de graissage, ainsi que le prouvent très rapidement les accidents mécaniques graves (fusion de coussinet de tête de bielle, grippage de piston, etc.).

Tous les essais faits pour l'utilisation de pétrole ou de gas oil dans les moteurs à essence se sont, à notre connaissance, terminés de cette façon.

Sans doute, pourrait-on passer sur les inconvénients de la perte de puissance, de la complication entraînée par l'obligation de mettre en route et de laisser chauffer le moteur avec de l'essence, à condition de

changer très fréquemment l'huile de graissage. Mais, dans ces conditions, la dépense de lubrifiant devient considérable et, si l'on songe qu'à l'heure actuelle, un litre d'huile coûte environ 15 f, tandis que l'essence ne coûte que 4 f, on conçoit que l'économie ainsi réalisée sera illusoire.

### Le gazogène

Arrivons-en maintenant à la solution qui apparaît comme la plus immédiatement

praticable, bien qu'elle entraîne des modifications assez importantes dans le mécanisme des véhicules : nous voulons parler de l'utilisation des combustibles solides préalablement transformés en combustibles gazeux.

Lorsqu'on fait brûler, en présence d'une quantité insuffisante d'oxygène, un combustible solide tel que bois, charbon de bois, charbon de terre, les produits de la combustion sont constitués par de l'oxyde de carbone (et

une petite quantité d'hydrogène si, comme c'est toujours le cas, le combustible est humide). L'oxyde de carbone est un gaz éminemment combustible, et c'est lui qui va constituer l'élément actif du gaz de gazogène.

Malheureusement, il est loin d'être pur quand il sort de l'appareil. Le gazogène est, en effet, alimenté avec de l'air atmosphérique qui est constitué, comme chacun sait, d'environ un cinquième d'oxygène pour quatre cinquièmes d'azote. Or, bien entendu, l'azote passe dans le gazogène sans modification et continue à rester inerte dans le moteur. L'oxyde de carbone reste donc très fortement dilué, et les cylindres sont encom-

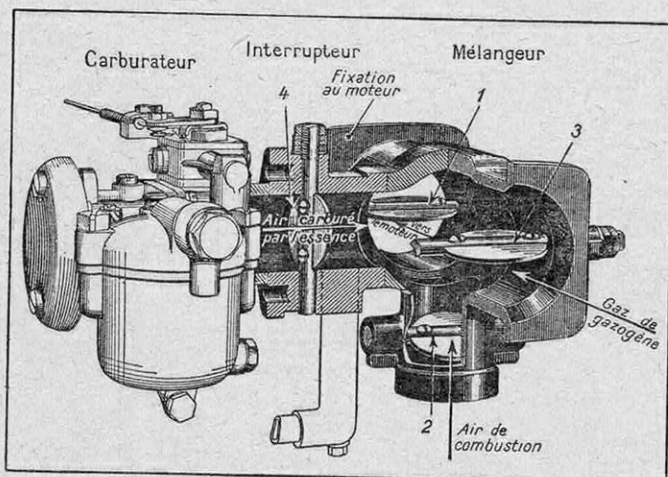


FIG. 7. — MÉLANGEUR SOLEX POUR MARCHÉ AU GAZOGÈNE

L'appareil se monte sur le moteur à la place du carburateur ordinaire. Il comporte, d'une part, un petit carburateur à essence et, d'autre part, un corps multitubulaire pourvu d'un certain nombre de papillons d'obturation ou de réglage. L'air arrive par la partie inférieure, le gaz combustible provenant du gazogène par le tube antérieur, et le mélange va ainsi directement dans le moteur. Pour permettre la mise en route à l'essence et le passage facile de l'essence au gazogène, les papillons de réglage sont connectés deux à deux. Le papillon 4 est connecté avec le papillon 3 d'arrivée de gaz et l'ensemble est manœuvré par une tirette placée à portée du conducteur. Ce dernier peut ainsi passer facilement de la marche à l'essence à la marche au gaz de gazogène.

brés par une masse de gaz inutiles dont on se passerait fort bien.

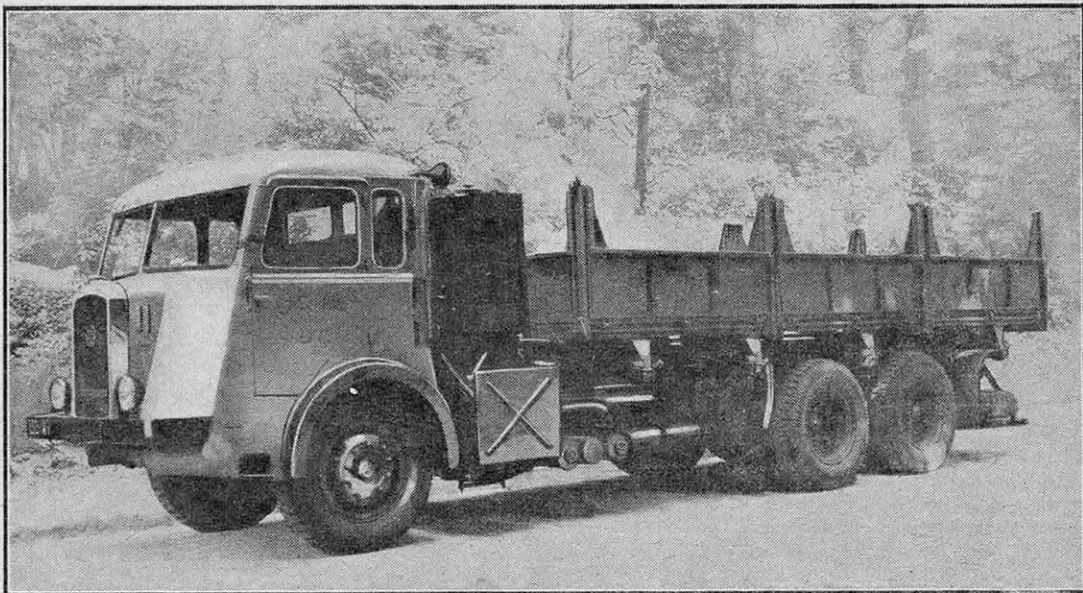
Il résulte de cet état de choses que le travail fourni par le moteur lors de la combustion du contenu de ses cylindres, travail qui est proportionnel à l'énergie calorifique du combustible, est largement inférieur à celui qui est produit par la combustion du mélange d'air et d'essence.

Cette diminution de puissance est le principal inconvénient que l'on rencontre dans le fonctionnement des moteurs à essence quand on les alimente au gaz de gazogène.

des appareils dépoussiéreurs et refroidisseurs, sont, en effet, relativement chauds quand ils arrivent au mélangeur.

D'autre part, un gazogène ne fonctionne que si l'aspiration provoquée par le moteur est suffisante pour entretenir une vitesse convenable de l'air dans l'intérieur de l'appareil.

Toute la tuyauterie, qui réunit le gazogène au moteur, se trouve donc à une pression très nettement inférieure à la pression atmosphérique. Cette résistance au passage de l'air est augmentée du fait que les gaz



(84 464)

FIG. 8. — CAMION LATIL SUSCEPTIBLE DE TRANSPORTER UNE CHARGE TOTALE DE 12 T ET ÉQUIPÉ D'UN GAZOGÈNE FONCTIONNANT AU CHARBON.

Elle est considérable et atteint et dépasse même 50 % si l'on ne fait aucune modification au moteur. Autrement dit, si l'on se contente de substituer un mélangeur au carburateur et un gazogène avec ses appareils d'épuration au réservoir d'essence, la puissance disponible sur le volant du moteur est inférieure à la moitié de celle que l'on pouvait utiliser avec l'alimentation en essence.

La perte de puissance n'est pas uniquement due à la dilution des gaz utiles dans l'azote. Elle provient également du fait que le gaz de gazogène est fortement dilaté quand il arrive aux cylindres du moteur et que, par suite, la masse contenue dans l'unité de volume se trouve fortement réduite. Les causes de cette dilatation sont doubles. Il y a d'abord dilatation par la chaleur. Les gaz de gazogène, malgré leur passage dans

doivent traverser non seulement le foyer de combustion du gazogène, mais encore tous les appareils épurateurs qui sont constitués par une succession de filtres de plus en plus fins.

Ces filtres, comme nous le verrons, sont là pour débarrasser le gaz des cendres et des goudrons qu'il renferme toujours et qu'il faut à tout prix empêcher de pénétrer dans les cylindres du moteur.

Nous allons examiner, dans un instant, en quoi consiste l'installation complète d'un gazogène sur un véhicule. Auparavant, voyons le côté utilisation et examinons par quels moyens on a cherché à réduire la chute de puissance qui, si elle se produisait dans la proportion que nous avons indiquée, rendrait le véhicule pratiquement inutilisable ou tout au moins ferait que son exploitation ne serait plus économique.

### La perte de puissance et les moyens de la combattre

On ne peut songer à éliminer l'azote provenant de l'atmosphère. Les seuls moyens dont on dispose pour améliorer la puissance du moteur sont, d'une part, de rendre la combustion plus efficace, c'est-à-dire de mieux utiliser l'énergie calorifique du gaz et, d'autre part, d'augmenter la masse admise dans le cylindre.

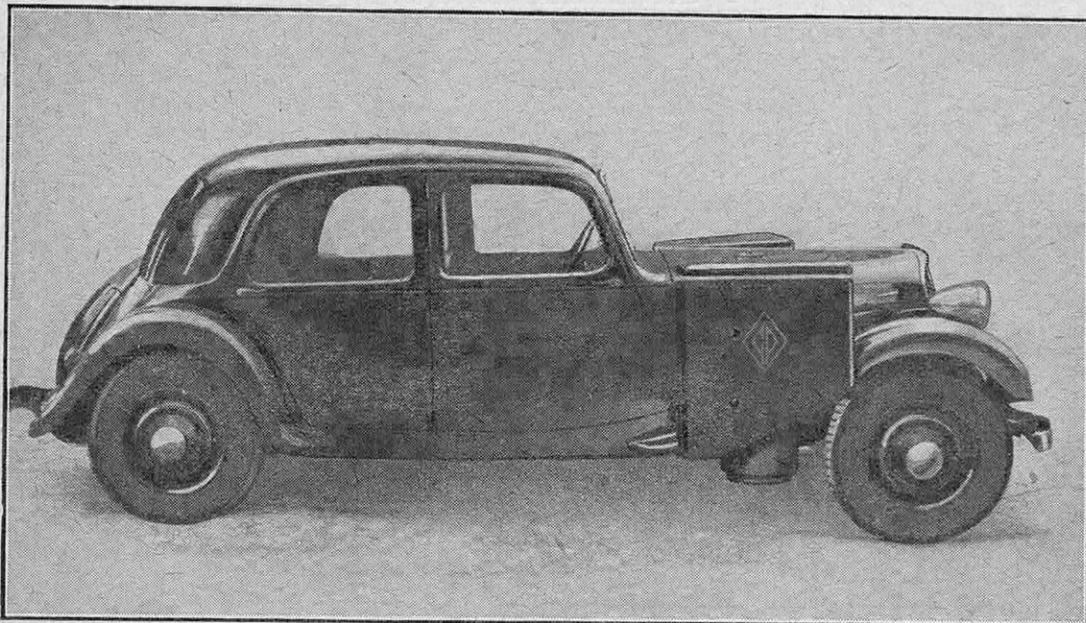
Comme le mélange d'air et de gaz de gazogène est très résistant aux phénomènes

trouve réduite, après amélioration du moteur, à 30 % environ.

Pour augmenter la densité du gaz admis dans le moteur, on peut agir soit sur sa température, soit sur sa pression ou sur les deux à la fois.

On cherchera naturellement à refroidir le plus possible le gaz à la sortie du gazogène, en lui faisant parcourir des canalisations assez longues et bien balayées par l'air. Le bénéfice, non négligeable, ne sera d'ailleurs pas très important.

On a songé aussi à augmenter la pression



(84 463)

FIG. 9. — VOITURE DE TOURISME ÉQUIPÉE D'UN GAZOGÈNE GOHIN-POULENC SUR LES AILES

de détonation, il est possible d'augmenter fortement le taux de compression du moteur à essence, et on arrive ainsi, en augmentant son rendement et sa puissance spécifique, à parer, au moins partiellement, à l'inconvénient que nous avons signalé plus haut.

Sur les voitures de tourisme, le taux de compression des moteurs est actuellement voisin de 6 — et parfois de 7 — lorsqu'on utilise des culasses en alliage léger.

Sur les moteurs de camions, plus rustiques, le taux de compression est de l'ordre de 5,5, parfois 6. Avec le gazogène, on peut porter le taux de compression à 9 et même davantage. Le rendement, qui augmente avec le taux de compression (mais pas proportionnellement), se trouve suffisamment amélioré pour que la perte de puissance, qui était au départ de l'ordre de 50 %, se

du gaz en le comprimant avant d'entrer dans le moteur : le procédé est connu depuis longtemps, pour les voitures de course en particulier et pour les moteurs d'aviation ; il consiste à utiliser un *compresseur*.

En comprimant le gaz à 1,2 ou 1,3 atmosphère avant son entrée au cylindre, on peut rétablir la puissance du moteur au chiffre préalablement obtenu dans le fonctionnement à l'essence.

Cependant le compresseur absorbe de l'énergie ; il y a un bilan à faire entre l'énergie absorbée par le compresseur et l'énergie supplémentaire qu'il permet au moteur de développer.

Avec un bon compresseur, convenablement monté, ce bilan est d'ailleurs toujours bénéficiaire. Malheureusement, il ne s'obtient que grâce à des installations mécaniques assez compliquées et forcément coûteuses.

Le problème est plus difficile pour le moteur à gaz de gazogène que pour le moteur à essence, parce que ces gaz ne sont pas toujours parfaitement propres. Ils contiennent souvent un peu de cendre et de goudron, impuretés dont le compresseur s'accommode, en général, fort mal (1).

Cependant, à l'heure actuelle, le problème du compresseur pour gazogène a reçu d'intéressantes solutions.

D'après ce qui précède, on voit qu'on ne peut, sans transformation mécanique, utiliser tel quel un moteur à essence pour le faire marcher au gazogène.

Le minimum qu'on doit faire, c'est d'augmenter le taux de compression. On y arrive aisément, surtout avec des moteurs à culasses rapportées, qui sont de règle à l'heure actuelle, en rabotant la partie inférieure de la culasse pour lui enlever quelques millimètres d'épaisseur.

Si, plus tard, on veut revenir à la marche à l'essence, on devra, soit changer la culasse, soit, plus simplement, rapporter une cale convenablement dressée et d'épaisseur correcte entre la culasse et le cylindre.

### Constitution et installation du gazogène

Voyons maintenant rapidement comment est faite l'installation complète du gazogène sur un véhicule et comment il fonctionne.

Le principe du gazogène, nous l'avons dit, consiste à brûler du bois ou du charbon en présence d'une quantité limitée d'air. Un gazogène ne diffère pas beaucoup, dans son

(1) Rappelons qu'il existe deux grandes catégories de compresseurs : les compresseurs volumétriques, qui sont des pompes à capacité variable, et les compresseurs centrifuges. Les premiers tournent à vitesse relativement lente du même ordre que la vitesse de rotation du vilebrequin lui-même. Les autres, qui utilisent l'inertie de l'air, doivent tourner à une vitesse très élevée, de l'ordre de 20 à 30 000 t/mn, ce qui nécessite des transmissions de mouvement quelque peu délicates.

principe, d'un poêle à combustion lente. Nous y trouvons un foyer alimenté par gravité avec un combustible déposé dans un compartiment qui surmonte le foyer et qui est relié à lui au moyen d'une trémie. L'air qui doit servir pour la combustion arrive dans le foyer, soit en dessous de la zone incandescente (combustion directe), soit en dessus (combustion renversée). Ce dernier mode est le plus usité.

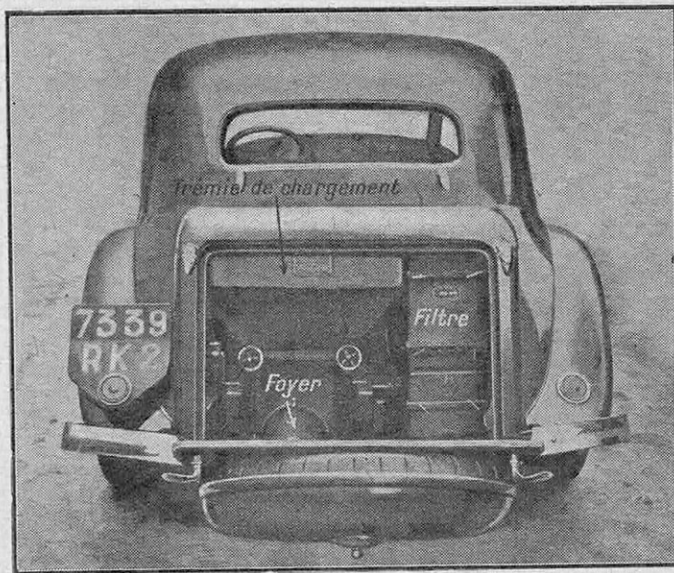
On peut également amener l'air de combustion dans le sein même de la zone incandescente au moyen d'une tuyère. Dans ce cas, le gazogène est dit à tuyère.

Le gazogène à tuyère revendique une plus grande souplesse de combustion, un allumage plus facile et plus rapide. Mais la tuyère se trouvant plongée dans une zone incandescente et dans un milieu fortement oxydant, puisque c'est elle qui amène l'air, serait rapidement détruite si l'on n'abaissait sa température, soit par circu-

lation de l'air qui va servir à la combustion, ou bien en prévoyant une circulation d'eau dans une double paroi.

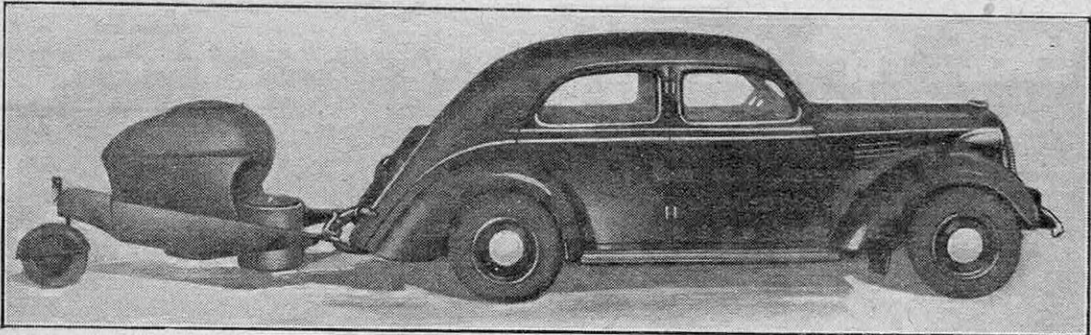
Sortant du gazogène, les gaz, qui sont chargés de cendre, de poussière et de goudron, se dirigent vers un épurateur : cet épurateur est généralement constitué par une canalisation de large section où sont disposées des tôles en chicanes. La vitesse des gaz s'y trouve réduite en raison de la forte section ; les poussières peuvent se déposer par simple gravité. Les goudrons adhèrent plus ou moins aux tôles et les gaz subsistent ainsi une première purification.

Ils se rendent ensuite dans un premier filtre épurateur, constitué, en général, par une colonne verticale remplie d'éléments solides de petite dimension, constitués fréquemment par de simples anneaux métalliques (anneaux Raschid). Une deuxième épuration se produit dans cette colonne.



(84 456)

FIG. 10. — VOITURE DE TOURISME (CITROËN 7 CH), ÉQUIPÉE D'UN GAZOGÈNE DANS LA MALLE ARRIÈRE



(84 459)

FIG. 11. — UNE VOITURE DE TOURISME AMÉRICAINE ÉQUIPÉE AVEC UNE REMORQUE « MONO-ROUE » TRANSPORTANT SON GAZOGÈNE

Enfin, les gaz traversent ensuite un véritable filtre en matière textile sur la surface de laquelle ils déposent leurs dernières impuretés.

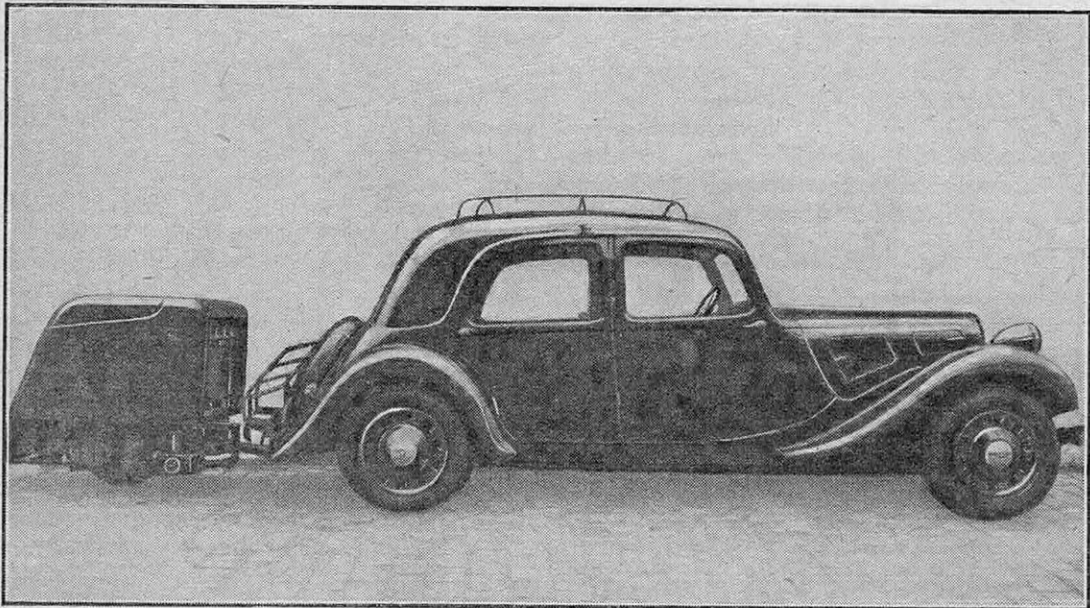
En sortant du dernier filtre, le gaz chemine dans une tuyauterie qui arrive au mélangeur.

Le mélangeur remplace le carburateur. Tout comme le mélangeur dont nous avons parlé à propos de l'emploi du butane, l'appareil pour le gaz de gazogène comporte, en principe, une tuyauterie d'arrivée d'air qui puise l'air directement dans l'atmosphère du capot et qui débouche, d'autre part, dans la culotte d'aspiration ; sur cette tuyauterie est branché un deuxième tuyau qui amène le gaz du gazogène. Un organe d'obturation

du gaz est connecté au papillon d'admission du mélange de façon à provoquer la formation du mélange combustible en proportion convenable.

En réalité, les mélangeurs sont un peu plus compliqués que nous venons de le dire, mais leur principe est sensiblement le même. On y trouve cependant certains organes rendus nécessaires par le problème de l'allumage du gazogène.

Pour allumer le gazogène, il faut obligatoirement, en même temps qu'on présente devant le foyer une torche en ignition, créer un appel d'air. Deux moyens existent pour cela : utiliser un ventilateur à commande électrique ou à main, ou bien se servir du moteur même de la voiture pour provo-



(84 460)

FIG. 12. — LA REMORQUE GOHIN-POULENC POUR VOITURE DE TOURISME

*Cette remorque, la première qui ait été fabriquée par l'industrie française, permet d'adapter instantanément un gazogène à une voiture de tourisme sans modifier en rien l'aménagement de la carrosserie de celle-ci.*

quer le mouvement de la colonne gazeuse.

Dans le premier cas, le ventilateur peut, soit souffler sur le foyer, soit aspirer dans le gazogène. Parfois les deux dispositions sont employées simultanément, ce qui permet d'activer l'allumage.

Si l'on veut provoquer la mise en marche du gazogène au moyen de l'aspiration du moteur lui-même, il faut, de toute évidence, que le moteur puisse marcher avec un autre carburant que le gaz de gazogène. Dans ce cas, on prévoit toujours sur la tuyauterie d'aspiration un petit carburateur à essence de faible section.

On voit que l'aménagement d'un véhicule pour la marche au gazogène nécessite d'abord des transformations du moteur et ensuite une installation importante pour le gazogène et ses appareils annexes.

C'est l'une des raisons pour laquelle on n'effectue, en général, ces transformations que sur des véhicules dits de poids lourds.

### Les gazogènes sur remorques

Ces installations modifient profondément, on le voit, l'architecture générale des véhicules et, surtout s'il s'agit d'une voiture de tourisme, on peut hésiter à les entreprendre si l'on n'a en vue que l'utilisation éventuelle et provisoire du gazogène. C'est précisément pour satisfaire ce besoin qu'on a créé, en divers pays, les gazogènes sur remorques.

Si l'on veut marcher à l'essence, il suffit de remiser la remorque, et la voiture se trouve libérée. L'inconvénient est que l'encombrement sur la route est un peu plus grand et que les facultés de manœuvre du véhicule avec sa remorque sont un peu inférieures à celles du véhicule isolé.

### Les gaz comprimés

Nous n'avons parlé encore, comme gaz utilisables sur les moteurs à explosion, que de ce que nous appellerions volontiers des

semi-gaz, c'est-à-dire des gaz facilement liquéfiables, comme le butane et le propane.

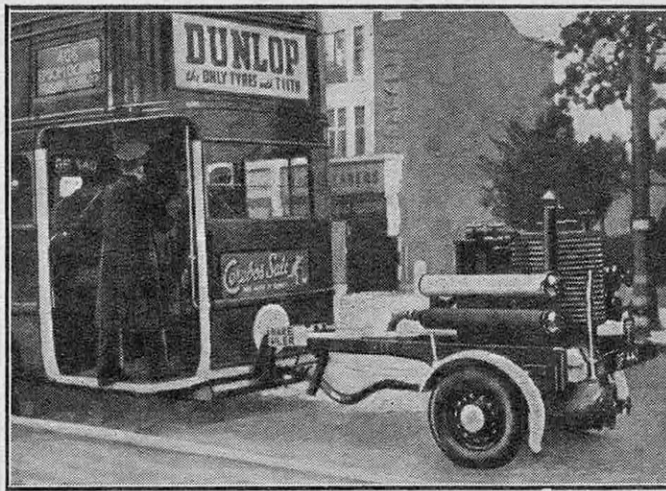
Mais nous ne pouvons négliger ceux que les physiciens appelaient gaz permanents, c'est-à-dire gaz difficilement liquéfiables et qui doivent être pratiquement emmagasinés sous forme de gaz comprimé à haute pression.

Voyons d'abord autour de nous de quels gaz nous pouvons disposer. Nous avons indiqué plus haut le méthane ou, plus généralement, le gaz d'éclairage qui en contient une forte proportion.

Bornons-nous, pour le moment, au gaz d'éclairage.

L'utilisation du gaz d'éclairage n'est certes pas nouvelle sur les véhicules auto-

mobiles : sans remonter jusqu'à Lebon, l'inventeur du gaz d'éclairage, qui envisageait, comme application principale, l'alimentation des moteurs à explosion, rappelons que pendant la dernière guerre, alors que la pénurie d'essence se faisait péniblement sentir au cours de



(84 465)

FIG. 13. — AUTOBUS DE LONDRES ÉQUIPÉ D'UNE REMORQUE PORTANT UN GAZOGÈNE FONCTIONNANT AU CHARBON

l'année 1917, en France et en Angleterre, on équipa, principalement chez nos voisins d'outre-Manche, des véhicules avec des sacs où on emmagasinait du gaz d'éclairage sous la pression atmosphérique. Ces sacs étaient fabriqués en tissu caoutchouté imperméable, et on les plaçait sur la toiture des véhicules. Ils étaient naturellement de très grande dimension, puisqu'un mètre cube de gaz n'équivaut guère, au point de vue locomotion, qu'à un demi-litre d'essence, et, malgré cela, le rayon d'action du véhicule était assez réduit. Ce n'était là qu'une solution de fortune, car ces sacs très encombrants étaient aussi très fragiles et offraient au vent une prise très grande.

Le gaz est cependant un très bon combustible, facile à employer, mais malheureusement difficile à emmagasiner. Du point de vue utilisation, disons tout de suite qu'un moteur à essence, alimenté au gaz, voit sa puissance baisser d'environ 30 % ; on peut

arriver presque à la rétablir en augmentant son taux de compression.

Le problème de l'emmagasinage est le principal problème que pose l'utilisation des gaz comprimés. On sait depuis longtemps loger les gaz comprimés à 150 ou 200 atmosphères dans des bouteilles en acier. Ces bouteilles sont malheureusement très lourdes.

C'est pourquoi on utilise des bouteilles en alliage léger frettées par un fil d'acier (corde à piano). On arrive ainsi au poids de 1 kg par kg de gaz emmagasiné.

Le gaz enfermé dans des bouteilles a une pression de 150 à 200 atmosphères. Dans le mélangeur, il arrive à une pression à peine supérieure à la pression atmosphérique. Il y a donc une perte d'énergie certaine, puisqu'on détend le gaz sans produire de travail utile.

Un inventeur eut l'idée d'utiliser, au moins partiellement, la pression du gaz pour l'introduire, non plus dans la tuyauterie d'aspiration du moteur, mais bien dans le cylindre lui-même pendant le temps de la compression, un peu à la façon dont on introduit le combustible dans un moteur Diesel à injection. Le procédé dérive de celui adopté pour l'hydrogène par l'Allemand Erren, dont nous dirons quelques mots plus loin.

Mais nous allons là un peu au delà des possibilités qui s'offrent au transporteur qui veut faire modifier légèrement son matériel : il faut, en effet, dans ce cas, une transformation profonde.

### La transformation des moteurs Diesel

Nous venons d'examiner à peu près toutes les possibilités qui s'offrent aux transporteurs qui veulent modifier un matériel. Il nous reste à traiter la question des moteurs Diesel : nous le ferons très rapidement, et pour cause.

Le moteur Diesel est aisément transformable pour la marche au gazogène ou la marche au gaz comprimé. Mais, si cette transformation est aisée, elle est importante : il faut, en effet, pourvoir le moteur d'un système d'allumage électrique par bougies, d'un mélangeur, etc. Bref, il faut le transformer d'abord en moteur à explosion. On réduira ensuite son taux de compression, qui est généralement de l'ordre de 14 ou de 16, pour le ramener à 9 ou 10.

On aura ainsi une très bonne adaptation pour la marche au gazogène puisqu'on sera sûr que les pièces mécaniques sont très largement calculées pour cette adaptation nouvelle. Mais cette adaptation n'est guère économique.

### Les matériels nouveaux adaptés aux circonstances nouvelles

Supposons maintenant que notre transporteur ne possède aucun matériel et cherche dans ce qui existe, ou ce qui est susceptible d'être produit d'ici peu, les types de véhicules qui conviendraient le mieux aux circonstances actuelles.

Il trouvera d'abord tout le matériel que nous avons passé en revue dans le paragraphe précédent, mais non pas sous la forme de véhicules à essence transformés pour être alimentés par d'autres carburants, mais bien sous la forme de véhicules spécialement et directement conçus pour les carburants de guerre. Ne revenons donc point sur les véhicules à gazogènes ou les véhicules pour gaz comprimés qui ont retenu assez longuement notre attention jusqu'ici. Disons simplement, en ce qui concerne les véhicules à gazogènes, que les constructeurs ont généralement prévu pour les moteurs une cylindrée plus importante d'environ 30 % que celle des moteurs à essence convenant aux mêmes services.

A côté du matériel animé par des moteurs à combustion interne, on va trouver des véhicules électriques. Dans un avenir qui n'est peut-être pas tellement éloigné quoique encore incertain, on trouvera, sans doute, des moteurs utilisant des sources d'énergie différentes, dont nous allons dire quelques mots.

### Les moteurs électriques

Les véhicules électriques sont les plus immédiatement utilisables, car ils existent déjà, en nombre insuffisant, sans doute, pour satisfaire aux besoins, mais il n'est que de les construire pour les avoir.

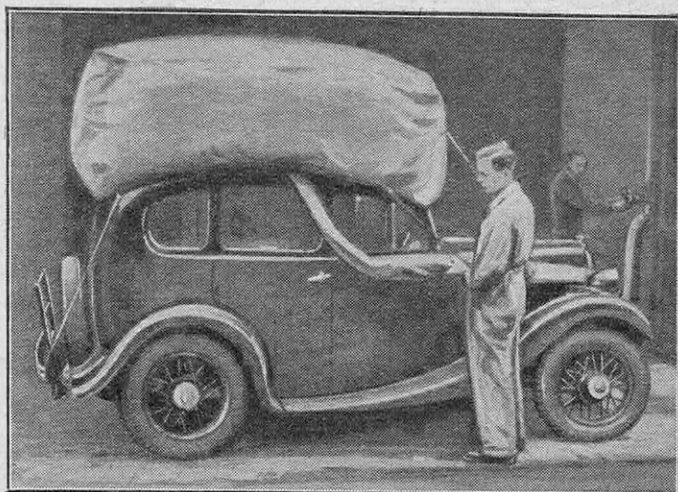
Les véhicules électriques doivent être séparés en deux catégories : les véhicules à accumulateurs, qui emportent avec eux leur provision d'énergie, et les véhicules à trolley, qui reçoivent leur énergie de l'extérieur. Un véhicule à accumulateurs a une contexture très simple : il comporte, en plus du train roulant ordinaire, un simple moteur électrique avec son « contrôleur » qui lui permet de s'accoupler à la batterie d'accumulateurs emmagasinée quelque part sur le châssis.

On trouve actuellement sur le marché deux types de batteries d'accumulateurs : les batteries au plomb à électrolyte acide et les batteries au nickel à électrolyte alcalin. Nous n'avons pas à faire ici un examen approfondi de l'un et de l'autre systèmes.



Contentons-nous de dire que si les batteries au plomb sont meilleur marché à l'achat, leur durée est moindre que celle des batteries au nickel. Tout compte fait, le bilan d'exploitation avec les unes ou les autres est à peu près le même.

Le plomb et le nickel sont-ils les seuls métaux susceptibles de fournir les éléments des batteries de traction ? Non, bien certainement. Parmi les innombrables essais d'accumulateurs qui ont été tentés, nous devons une mention particulière aux accumulateurs à l'argent, dans lesquels l'élément positif est constitué par de l'argent métallique et l'élément négatif par du zinc, avec un électrolyte alcalin. Il semble, d'après certains chiffres qui nous ont été communiqués; qu'on puisse arriver, avec elles, à une légèreté beaucoup plus grande qu'avec les batteries actuellement exploitées.



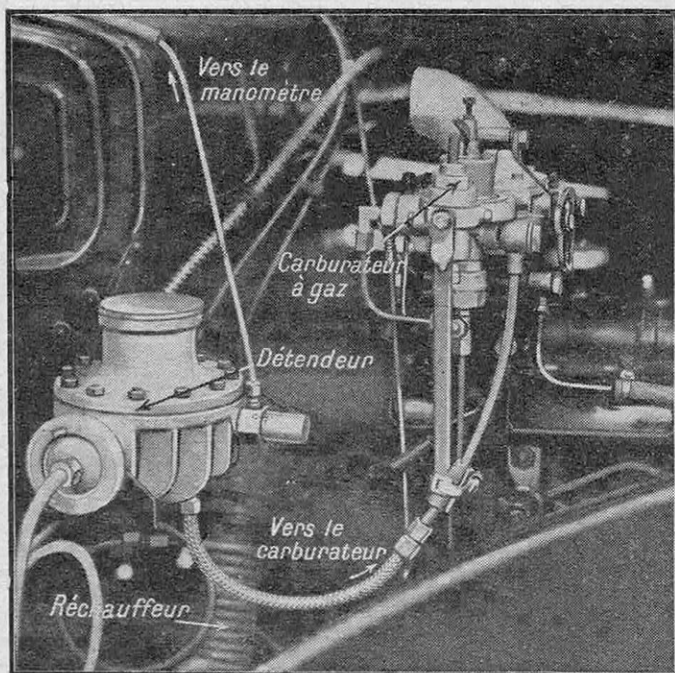
(84 466)  
FIG. 15. — SUR LE TOIT DE CETTE VOITURE DE TOURISME ANGLAISE A ÉTÉ INSTALLÉ UN RÉCIPIENT EN TOILE GONFLÉ AU GAZ D'ÉCLAIRAGE

*Cette solution était surtout en honneur pendant la dernière guerre, alors qu'on ne disposait pas de bouteilles en alliages légers.*

L'utilisation des véhicules électriques est loin d'être aussi générale que celle des véhicules à moteurs thermiques. Sous un poids élevé, en effet, les batteries d'accumulateurs ne peuvent emmagasiner qu'une quantité d'énergie restreinte.

Un véhicule électrique sera donc un véhicule à vitesse réduite et à faible rayon d'action; il paraît particulièrement indiqué pour les transports à faible distance coupés d'arrêts fréquents, tels ceux qui sont exigés par les livraisons de grands magasins, les transports de quai à usine, de chantier à chantier — bref, dans tous les cas où l'itinéraire est court et permet aux véhicules de regagner chaque soir leur point d'attache.

Si, au lieu d'emporter à son bord son réservoir d'énergie électrique, le véhicule reçoit cette énergie de l'extérieur, son poids se trouve largement réduit et sa capacité de transport augmentée: c'est ce qui arrive pour les véhicules à trolley, où l'énergie électrique, prise à une centrale ou à une sous-station transformatrice, est transportée au moyen d'une ligne aérienne sur l'itinéraire que doit parcourir le véhicule. Son équipement de perches lui permet de se tenir cons-



(85 857)  
FIG. 14. — UN MOTEUR A EXPLOSIONS ÉQUIPÉ POUR L'ALIMENTATION AU PROPANE

*L'hydrocarbure gazeux, emmagasiné à l'état liquide, se rend au détendeur, puis, après réchauffage dans un serpentin entourant l'échappement du moteur, au carburateur, où il se mélange à la quantité d'air nécessaire à la combustion dans les cylindres. Sans aucune autre modification au moteur, deux bouteilles de propane assurent à un camion de 1 400 kg une autonomie de 400 km.*

tamment en relation avec la ligne nourricière. Les véhicules à trolley sont naturellement astreints à ne se déplacer que sur des itinéraires préalablement équipés. Leur exploitation est économique, mais les frais de premier établissement sont relativement importants. Ils ont une utilisation tout indiquée pour des transports en commun dans les villes ou les banlieues et certaines exploitations sur des itinéraires toujours les mêmes. Ils sont particulièrement répandus en Italie.

### Le moteur thermique de demain sera-t-il le moteur à charbon ?

Le charbon est actuellement le combustible le meilleur marché et on sait assurer convenablement sa pulvérisation. Les premiers brevets de l'Allemand Diesel avaient précisément pour objet de permettre l'utilisation du charbon pulvérisé dans les moteurs à combustion interne. Bien que ce problème ait préoccupé les chercheurs depuis bien longtemps, ce n'est qu'assez récemment qu'on est arrivé à une solution satisfaisante. Il ne s'agit cependant pas encore de moteurs d'automobiles.

Deux problèmes se posent, en effet, pour l'utilisation du charbon pulvérisé : un problème d'alimentation et un problème de durée des moteurs.

Il n'est pas très aisé de doser et de faire

pénétrer régulièrement dans un cylindre de moteur une quantité parfaitement mesurée de charbon pulvérisé : les poudres se prêtent beaucoup moins que les liquides et les gaz à un dosage correct et à un écoulement régulier.

On a pensé à trois modes principaux

d'alimentation des moteurs avec le charbon pulvérisé. Introduction du charbon par entraînement au moyen d'air comprimé, introduction sous pression, ou enfin par gravité (le charbon colloïdal, en suspension dans une huile combustible, mérite une mention spéciale). Les deux premiers systèmes ont été successivement abandonnés : le premier parce que trop dangereux ainsi que l'ont prouvé des explosions terribles ; le second parce que la pression fournie par la vis d'Archimède, qui entraînait le charbon, était loin de convenir à une alimentation régulière et correcte.

C'est donc à une introduction par gravité, aidée par des procédés mécaniques, qu'on s'est arrêté : des réalisations ont été faites en Allemagne, toujours avec l'emploi du cycle Diesel. Citons, par exemple, le moteur Mac Callum, où le poussier est introduit par un tiroir circulaire ; le moteur Pawlikowski, où on se sert d'une soupape, et enfin le dispositif Hanomag, qui est une licence du brevet Pawlikowski et qui a été construit par la firme allemande de ce nom.

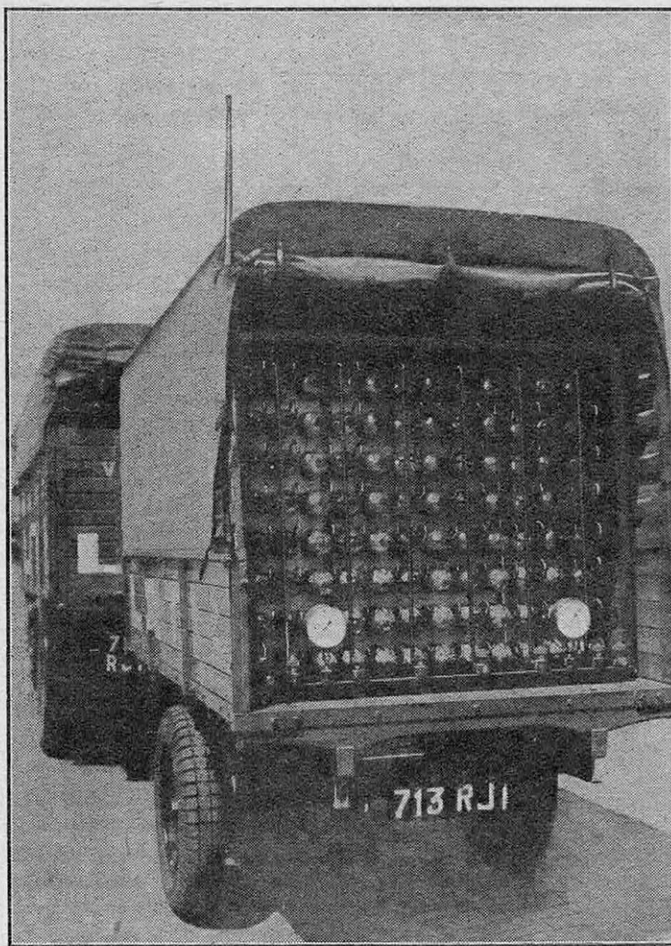


FIG. 16. — INSTALLATION SUR REMORQUE DE BOUTEILLES EN ALLIAGE LÉGER RENFERMANT DU GAZ COMPRIMÉ

*On peut équiper des remorques pour transporter le gaz comprimé en tubes. Ces remorques, attelées derrière le véhicule, peuvent éventuellement servir de stations mobiles de ravitaillement.*

(84 462)

La deuxième difficulté, avons-nous dit, consécutive à l'emploi du charbon pulvérisé, c'est la protection du moteur contre l'usure. Le poussier de charbon lui-même et les cendres inévitables, produits de ces combustions, viennent fâcheusement se mélanger au lubrifiant, colmatent cylindres et pistons, et provoquent une usure très importante et rapide de ces organes. Pour donner une idée de l'importance des produits solides auxquels on a affaire, disons que, pour une consommation horaire de 50 kg de charbon pulvérisé à 6 % de cendre, ce n'est pas moins de 3 kg de dépôts cendreuseux qui s'introduisent dans le moteur.

Après bien des essais de nettoyage par l'huile ou de balayage par l'eau, on est arrivé à une solution à peu près satisfaisante en employant un jet d'air comprimé pour nettoyer les surfaces souillées de cendre.

Les moteurs construits, et qui ont fonctionné, ne sont, à l'heure actuelle, que des moteurs fixes, et ce n'est certainement pas dans un avenir immédiat qu'on pourra les adapter à l'automobile.

C'est ici le lieu de signaler les essais effectués récemment, avec du « combustible colloïdal », c'est-à-dire une suspension de charbon très finement pulvérisé dans un mélange d'huiles lourdes de différentes qualités. Depuis déjà longtemps, ce genre de combustible avait été proposé en Angleterre pour les chaudières marines, mais des raisons techniques en avaient limité l'application. Tout récemment, dans le courant de l'année dernière, la section des recherches de l'Armour Institute of technology a entrepris une série d'essais avec du combustible colloïdal constitué par du charbon en suspension dans du diesel-oil et dans des mélanges

d'essence et d'huile de graissage. Cette suspension était stabilisée pour empêcher le charbon de se déposer.

Il semblerait, d'ores et déjà, que ces essais ont été favorables et que des voitures, de modèles récents, ont fonctionné pratiquement sans changement, avec ce nouveau combustible.

Cependant, même en Amérique, on prend jusqu'ici la précaution de déclarer que ce combustible colloïdal n'en est encore qu'au stade de l'expérimentation.

### Hydrogène, acétylène, etc.

Nous avons dit un mot du cycle Erren à propos de l'emploi des gaz comprimés; ce cycle permet d'utiliser un gaz combustible entre tous, l'hydrogène, dans un moteur à injection. Un kilogramme d'hydrogène dégage 28 500 ou 33 900 calories lors de sa combustion, suivant qu'il forme de la vapeur d'eau ou de l'eau condensée. Un kilogramme de carbone n'en dégage

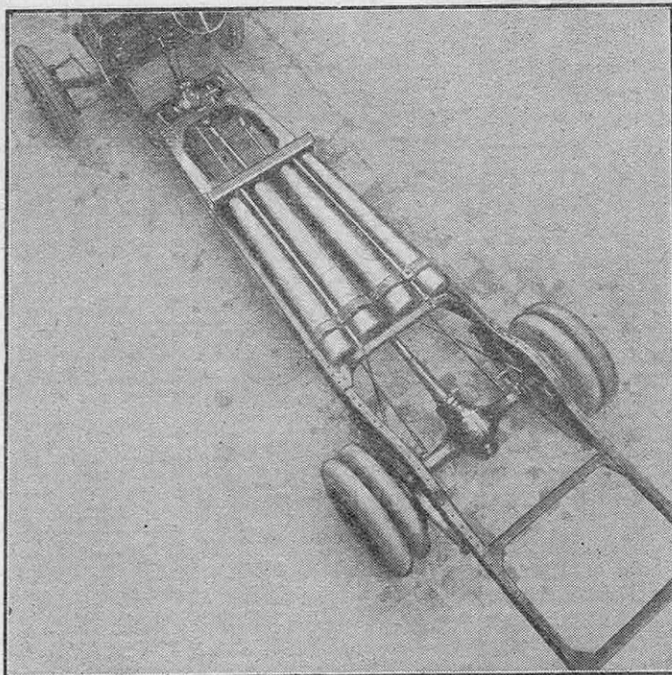


FIG. 21. — EXEMPLE D'INSTALLATION DE BOUTEILLES DE GAZ DE VILLE COMPRIMÉ SUR UN CHASSIS PANHARD DE 6 T

que 8 100, lorsqu'il brûle complètement à l'état de gaz carbonique. Le produit de la combustion de l'hydrogène avec l'oxygène est de l'eau, et on a dit que les moteurs uniques qui équipaient les sous-marins allemands de faible tonnage étaient des moteurs à hydrogène, aucun dégagement gazeux ne pouvant être décelé à la surface lorsque la proportion d'oxygène mélangée à l'hydrogène était rigoureusement dosée. La réaction de l'hydrogène avec l'oxygène est extrêmement détonante et paraissait devoir être inadmissible dans un cylindre de moteur. M. Erren, qui a mis au point le moteur à hydrogène dans sa forme actuelle, a conçu un nouveau cycle thermique qui s'apparente aux cycles Diesel. Il comporte l'admission unique d'air

pendant la course d'aspiration, le combustible gazeux étant injecté sous pression pendant la dernière partie de la course de compression. Le mélange est allumé électriquement.

Ce cycle convient aussi au gaz de houille, au gaz à l'eau, à l'ammoniaque, l'injection sous pression permettant de récupérer une partie de l'énergie cinétique contenue dans le gaz stocké, d'où une amélioration du rendement. On peut aussi se servir d'acétylène, mais des précautions sont indispensables dans ce cas, car on est pas toujours absolument maître de l'allumage.

Ce fait a été attribué à une amélioration de la combustion et on a même envisagé d'installer sur les autobus une installation mobile d'électrolyse à haute pression destinée à préparer la petite quantité de gaz nécessaire pour injecter dans les cylindres. On obtiendrait ainsi une augmentation appréciable de la puissance et en même temps une diminution notable de la consommation du carburant liquide.

L'injection d'hydrogène en même temps que l'hydrocarbure permettrait de brûler, en outre, des combustibles lourds ne convenant pas normalement aux moteurs à explosion.

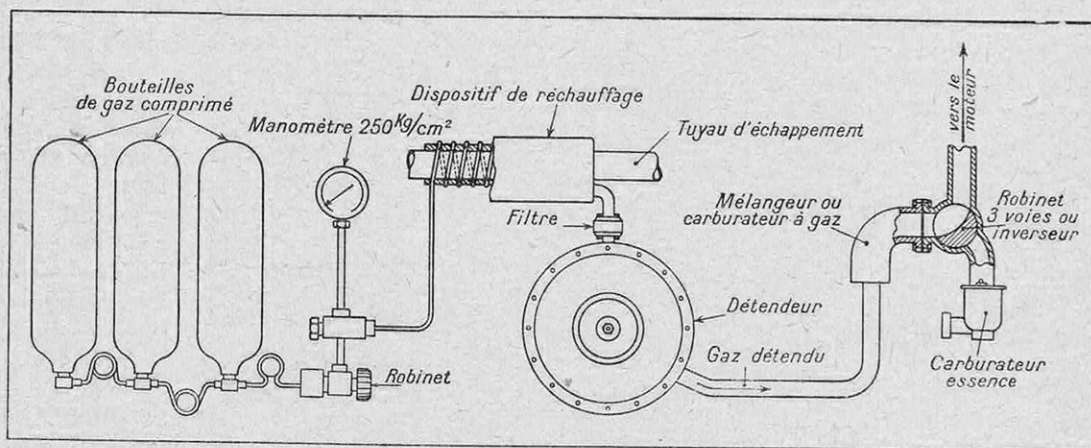


FIG. 18. — SCHEMA D'UNE INSTALLATION POUR LA MARCHÉ AU GAZ COMPRIMÉ

Le gaz emmagasiné sous haute pression ( $250 \text{ kg/cm}^2$ ) dans des bouteilles arrimées sur le véhicule, traverse d'abord un serpentín où il se réchauffe, puis arrive dans un détendeur qui règle, d'une façon très précise, la pression à laquelle il sera délivré au moteur. Il arrive enfin dans un mélangeur accolé au moteur et qui remplace le carburateur pendant la marche au gaz. Ce mélangeur peut d'ailleurs comporter un carburateur à essence.

L'adaptation au cycle Erren ne modifie pas l'architecture générale des moteurs. La distribution et le dosage du gaz se font par un arbre de distribution rotatif, commandé par le vilebrequin et monté sur un côté du bloc cylindre.

L'introduction du mélange gazeux s'effectue par une lumière pratiquée dans la paroi de chaque cylindre. Un moteur ainsi équipé est apte à recevoir indifféremment un combustible liquide ou gazeux, le passage de l'un à l'autre pouvant s'effectuer sans qu'il soit nécessaire d'arrêter le moteur.

Il est intéressant de remarquer que si, en fin d'admission, dans un moteur ordinaire, après l'aspiration d'une charge normale de gaz carburé, on injecte dans le cylindre une petite quantité d'hydrogène, le fonctionnement est amélioré, et la consommation d'essence fortement réduite.

### Quelles sont nos ressources en combustibles de remplacement ?

Ainsi, pour nous résumer, si un transporteur embarrassé, possédant du matériel automobile à essence ou à gaz oil, veut se passer du combustible qu'il a employé jusque là, il peut le faire transformer, soit pour utiliser les combustibles solides dans des gazogènes, soit pour faire appel à des gaz combustibles tels que le propane ou le gaz d'éclairage emmagasiné dans des tubes sous très forte pression. S'il préfère se procurer un matériel nouveau, il pourra trouver chez les constructeurs des véhicules à gazogène ou, pour certaines applications, d'ailleurs nombreuses, des véhicules électriques.

Les autres solutions, qui pourraient être envisagées, ne sont pas encore entrées dans la pratique courante. Ce pourrait cependant être les solutions de l'avenir et, à ce

titre, il n'est pas sans intérêt d'examiner, d'une manière tout à fait générale, les ressources qui pourraient être mises en œuvre pour remplacer les combustibles classiques.

### Combustibles solides

Au premier rang des combustibles solides, il faut placer le bois. C'est le plus séduisant, au moins de prime abord. On sait que la France en est largement pourvue. La production totale serait de l'ordre de 7 à 8 millions de tonnes, dont la plus grande partie est d'ailleurs absorbée par les usages normaux (1).

Un constructeur qui voulait, depuis plusieurs années, lancer un gazogène à bois, avait trouvé une formule publicitaire séduisante : « En cas de panne de combustible, disait-il à ses clients éventuels, vous vous arrêtez au bord de la route, vous ramassez le bois mort de la haie ou vous coupez quelques branches aux arbustes qui se trouvent

à proximité, et vous voilà pourvus pour une nouvelle étape ».

Malheureusement, la réalité est moins séduisante. Les gazogènes à bois ne fonctionnent convenablement que s'ils sont alimentés avec du bois sec, d'essence non résineuse. Les débris de menuiserie et de carrosserie constituent le meilleur aliment de ces appareils. Remarquons d'ailleurs que le bois, considéré comme sec, contient encore une forte proportion d'eau (de l'ordre de 30 % de son poids). Il en résulte que le gaz de gazogène à bois a une composition assez différente de celui du gazogène au charbon. Il contient, en particulier, une proportion importante de goudrons qui rendent son épuration plus difficile. Le bois est néanmoins utilisé dans de bonnes

(1) Signalons qu'il serait possible d'utiliser le bois comme source d'alcool (voir *La Science et la Vie*, n° 261, page 228), mais cette technique ne paraît pas susceptible d'une extension rapide de l'heure actuelle.

conditions par certains types de gazogènes.

Une quantité considérable de déchets de toutes sortes se perdent normalement. Le colonel Rouyer, se fondant sur des chiffres officiels, a montré que si l'on utilisait simplement des bois que les propriétaires ne peuvent arriver à vendre, on pourrait approvisionner 140 000 camions, soit environ 28 % des véhicules lourds en circulation avant la guerre. Il apparaît possible, ainsi qu'il l'a proposé, mais sous la réserve que la main-d'œuvre puisse être rassemblée en quantité suffisante, d'organiser, dans chaque

département où la surface boisée est relativement importante, des coopératives de ramassage de bois haché et même de distillation, pour la fabrication du charbon de bois.

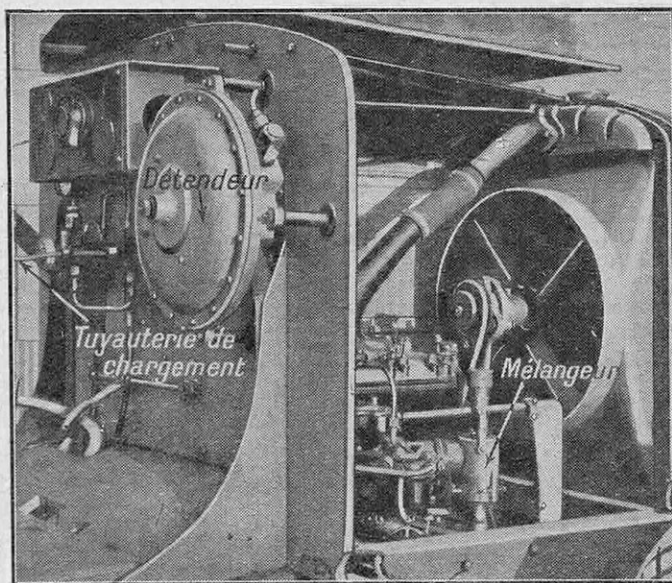
Il faut, en moyenne, 3 kg de bois pour remplacer un litre d'essence, ce qui représente un volume de 8,5 litres. Le bois apparaît donc un carburant très encombrant,

qui oblige à des rechargements fréquents et réduit notablement le rayon d'action du camion. Il est, par contre, très économique à condition qu'on dispose de déchets de bois suffisamment secs.

Le combustible de choix pour le gazogène de locomotion, c'est le charbon de bois, soit sous forme naturelle, soit sous la forme d'agglomérés. Encore faut-il que le charbon de bois soit carbonisé à température convenable et soit suffisamment dur et non poussiéreux. Les morceaux doivent être aussi égaux que possible.

L'inconvénient du charbon de bois, c'est de n'avoir qu'une faible densité et d'occuper un trop grand volume pour un faible poids.

Pour remplacer un litre d'essence, il faut compter 1,300 kg de charbon de bois, ce qui représente un volume de 6 litres. Son approvisionnement sur un véhicule pèse donc moins que le bois, mais est presque aussi



(84 457)

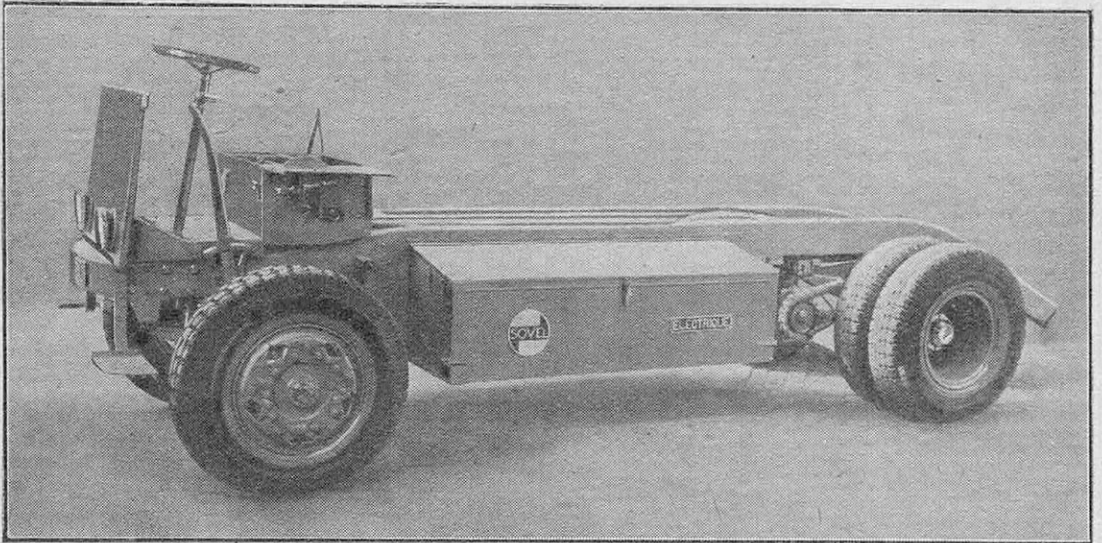
FIG. 18. — UN MOTEUR A EXPLOSIONS ÉQUIPÉ POUR L'ALIMENTATION AU GAZ DE VILLE

encombrant. Il est, comme pour le bois, nécessaire de le protéger contre l'humidité. Pour que l'emploi du charbon de bois se développe, il est indispensable que le ravitaillement soit assuré et que le consommateur puisse se procurer du charbon de bois de propriétés sensiblement constantes : pouvoir calorifique, densité, teneur en cendres, etc.... Pour sa production, il exige des professionnels et, là encore, le problème de la main-d'œuvre apparaît au premier plan.

Pour faciliter sa manutention et éviter aux usagers du gazogène de se salir, on le

En 1938, la production française de charbon de bois a atteint 200 000 t. Il devrait être possible de l'acroître pour absorber une partie importante de nos ressources jusqu'à présent inutilisées, compte tenu des rémanents de toutes sortes, des déchets de scieries, des traverses de chemins de fer, des bois de mines hors d'usage, et des sarments de vigne. Les traverses de chemins de fer peuvent fournir annuellement 100 000 t de charbon de bois et les sarments de vigne peuvent produire 100 000 t également (1).

Il ne faut pas perdre de vue cependant



(84 468)

FIG. 19. — CHASSIS DE LA BENNE-TASSEUSE ÉLECTRIQUE A ACCUMULATEURS DE PARIS

*Les batteries d'accumulateurs qui équipent les véhicules industriels ont une capacité de 330 à 460 ampères-heure (80 volts) et permettent un parcours moyen de 40 à 50 km par jour.*

livre dans des sacs en papier combustible, que l'on peut introduire tels quels, sans les ouvrir, dans la trémie du gazogène.

L'aggloméré de charbon de bois (en particulier la carbonite-Etat) s'obtient en malaxant du charbon de bois broyé avec un liant constitué par du goudron; le mélange est ensuite moulé et recuit. Une usine est prévue à Sisteron, d'où il doit sortir environ 10 t de carbonite par jour.

Un kilogramme de carbonite équivaut sensiblement à 1 litre d'essence; son pouvoir calorifique est donc élevé et, comme sa densité est grande, le rayon d'action des véhicules se trouve donc sensiblement accru par rapport au charbon de bois. Cependant, la fabrication de la carbonite absorbe de grandes quantités de goudron (30 % pour la carbonite-Etat) et la construction des fours exige beaucoup de soins, d'où un prix de revient élevé.

que le bois est à la base de la fabrication du papier et qu'il y aurait un intérêt non moins grand à faire appel à nos ressources nationales pour limiter nos importations (2).

En dehors du bois et du charbon de bois, les camions à gazogène peuvent utiliser d'autres combustibles nationaux dérivant de la houille, et connus sous le nom de carbolux, anthralux, etc...; ce sont des semi-cokes, combustibles excellents provenant de la carbonisation de la houille à basse température.

(1) Il faut signaler encore la solution du professeur Dupont, intermédiaire entre le bois cru et le charbon de bois. Il s'agit du bois torréfié à température suffisamment basse pour que l'eau d'hydratation et une partie de l'eau de constitution soient éliminées, sans que les gaz à pouvoir calorifique élevé se soient dégagés. Le bois torréfié, peu sensible à l'humidité, convient parfaitement au gazogène.

(2) Nous importons environ 65 0/0 des bois pour papeteries, 67 0/0 des pâtes à papier et 9 0/0 du papier dont nous avons besoin.

Ces combustibles sont fabriqués surtout dans les régions minières, de sorte qu'il apparaît qu'il serait du plus grand intérêt que soient mises au point des solutions régionales au problème des combustibles solides. Selon les ressources locales, on ferait appel au bois, au charbon de bois et aux agglomérés dans les régions forestières ; à l'antracite ou au semi-coke dans les régions minières.

### Les combustibles gazeux

Comme nous l'avons dit plus haut, les gaz susceptibles d'être utilisés pour la traction automobile proviennent, pour la plus grande part, de la distillation de la houille, à haute température, cette fois : gaz de fours à coke, gaz de ville. Le gaz de ville a un pouvoir calorifique de 4 500 calories par m<sup>3</sup> ; il peut être produit en 750 points du territoire, y compris les cokeries. Ils fournissent, en particulier, une solution régionale des plus intéressantes, surtout pour la région parisienne, étant donné la densité du réseau de distribution de gaz dit d'éclairage. Il faut tenir compte cependant du fait que les postes de compression exigent des immobilisations de capitaux assez considérables. Dans la région houillère du Pas-de-Calais, il en existe plus de 140 en marche, alimentant 200 véhicules à gaz. On peut évaluer actuellement à 500 le nombre total des véhicules équipés en France pour la traction au gaz.

Les gaz liquéfiés, tels que le butane et le propane, sont produits dans les raffineries de pétrole comme sous-produits des opérations de cracking ainsi que dans les usines d'hydrogénation, comme sous-produits de la fabrication de l'essence synthétique. En France, ces dernières, très peu nombreuses, ne doivent pas en produire plus d'une cinquantaine de tonnes pas mois. Quant aux raffineries, il ne semble pas qu'elles soient organisées pour traiter une grande quantité de butane, et leur production est pratiquement limitée à la consommation ménagère normale de la France. Il en est de même, et plus encore, pour le propane. Pour ce gaz, on regrette de constater qu'il s'en perd des quantités considérables dans les raffineries où on le brûle plus ou moins pour s'en débarrasser (1).

Il serait souhaitable, du point de vue économique, de voir les raffineries outillées pour recueillir et emmagasiner le propane : mais on a déjà demandé beaucoup d'installations

(1) Il convient de signaler que bien que le propane puisse être produit dans les raffineries françaises, à vrai dire, en traitant des huiles de provenance étrangère, il ne figure pas sur la liste des forces motrices d'origine nationale telle que l'a dressée le ministère des Travaux Publics et des Transports. Cette liste comprend : bois, charbon de bois ou agglomérés,

nouvelles aux raffineurs, en particulier, pour la préparation des essences d'aviation, et il est douteux qu'ils aient la possibilité matérielle de s'outiller pour la production intensive du propane.

Signalons qu'en Allemagne, butane et propane, sous-produits de synthèse des usines de produits chimiques, sont vendus sous le nom de Flussigas. Ils alimentaient, avant la guerre, plusieurs milliers de camions.

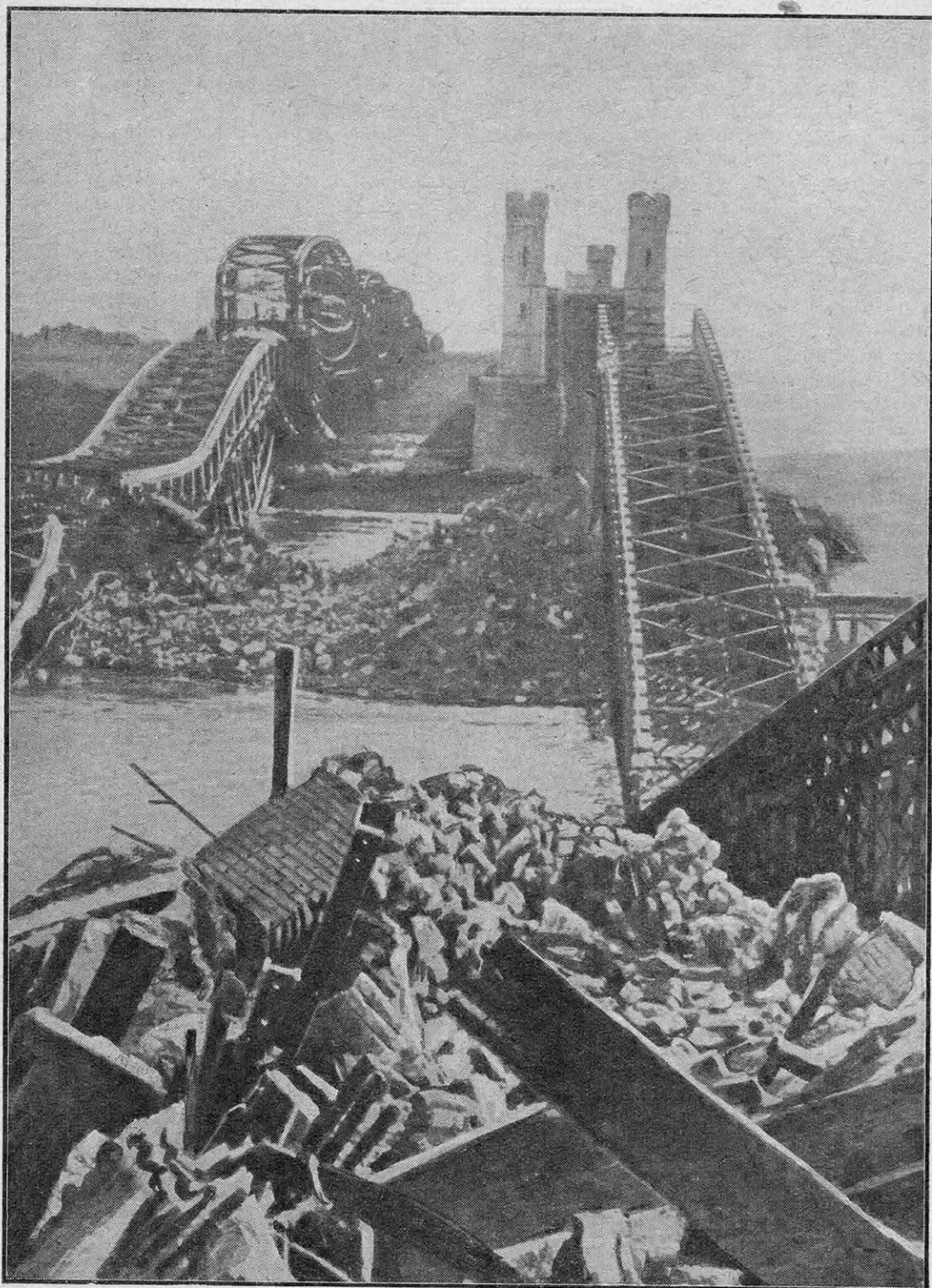
D'autres gaz pourraient être utilisés pour la traction automobile, tels sont, par exemple les gaz naturels qui se dégagent, dans certains pays, en quantités abondantes (Etats-Unis, Italie, Roumanie) ou encore les gaz provenant de la fermentation des gadoues. On sait qu'une telle installation pour la production de gaz combustible est prévue à Achères. En 1939, elle devait donner 160 000 m<sup>3</sup> par jour de gaz à 10 000 calories.

On a également signalé un procédé récent permettant d'utiliser dans les moteurs un mélange d'hydrogène et d'ammoniac. Or, on sait que l'ammoniac peut être préparé par voie de synthèse à partir de l'azote de l'air et de l'hydrogène de l'eau, à condition de disposer d'énergie électrique à bon marché. Tel est précisément le cas de la France, de sorte que l'ammoniac pourrait constituer un véritable carburant national.

Tel serait également le cas de l'hydrogène avec cet avantage supplémentaire que, grâce au réseau de distribution de l'énergie électrique, il serait possible de le fabriquer par électrolyse à peu près partout. On a pu réaliser, d'ores et déjà, des électrolyseurs sous pression, qui simplifieraient grandement l'appareillage nécessaire.

Il serait certainement très avantageux, pour notre pays, de pouvoir mettre ainsi en valeur les excédents d'énergie hydraulique disponibles pendant les « heures creuses ». Il est évident cependant qu'une telle organisation, sur une très vaste échelle, ne peut pas être improvisée en quelques semaines ni même en quelques mois. L'intérêt général commande, aujourd'hui, qu'il soit paré au plus pressé et que, dans ce but, l'effort se porte sur les solutions qui ont déjà fait leurs preuves et qu'il n'est sans doute pas impossible de coordonner pour que soient satisfaits, aux moindres frais, les besoins de l'économie nationale. HENRI LATOUR.

mérés, déchets végétaux, électricité, gaz de houille, méthane, houille et agglomérés de houille, coke, semi-coke d'origine nationale. On ne comprend pas pourquoi, sur cette liste, ne figurent pas, au même titre que le gaz de houille, les gaz liquéfiés (propane en particulier) provenant des fabrications synthétiques françaises à partir de la houille.



(83 880)

LE PONT DE DIRSCHAU, QUE LES TROUPES POLONAISES ONT DÉTRUIT IL Y A QUELQUES MOIS, LORS DE L'AVANCE DES TROUPES ALLEMANDES

*La ville de Dirschau se trouve dans le territoire du couloir polonais, sur la ligne de chemin de fer de Dantzig à Marienburg (Prusse Orientale). Le pont ci-dessus fut détruit pour interdire aux troupes allemandes le passage de la Vistule.*



# COMMENT LE GENIE FAIT SAUTER LES PONTS

par Marcel MONTAMAT

*Les ouvrages d'art, en particulier ceux concernant les communications et franchissant de grandes rivières, ont une importance capitale dans la guerre moderne, en raison de l'accroissement du nombre et du poids des engins mécaniques et des véhicules hippomobiles et automobiles de toutes sortes utilisés au combat ou nécessaires au ravitaillement des armées. Quand les ponts sont détruits, les cours d'eau opposent à l'avance ennemie un des plus importants obstacles qui puissent être, tandis qu'au contraire ils permettent à la défense de s'organiser efficacement avec le minimum de moyens. La simple destruction d'un pont peut suffire à arrêter la progression de l'ennemi pendant de longues heures et par cela même changer parfois le sort d'une bataille. Mais, détruire un pont, c'est aussi rendre difficile le retour offensif de ses propres armées, car, à son tour, l'ennemi s'organise derrière l'obstacle. Aussi la décision de faire sauter un pont est-elle toujours un acte important du commandement. Elle n'est prise qu'en cas de nécessité absolue, c'est-à-dire presque toujours sous la pression des troupes adverses. Sa réalisation doit être alors certaine et immédiate. Pour qu'il en puisse être ainsi, la préparation de la destruction des ouvrages d'art est réalisée longtemps à l'avance, voire même dès le temps de paix pour les principaux. L'emplacement et la quantité des charges d'explosif à mettre en œuvre dépendent de leur nature, du type du pont et du résultat cherché, lui-même fonction du temps dont on dispose et de l'importance militaire de l'ouvrage. Le calcul des charges et des dispositifs de mise de feu obéit à des règles précises, résultant d'une longue expérience. La destruction des ponts doit donc être exécutée entièrement — préparation et mise de feu — par des troupes spécialisées du génie.*

UN pont est un ouvrage d'art franchissant une rivière ou une vallée, avec ou sans appuis intermédiaires.

Quelle que soit la nature de sa construction (bois, maçonnerie, béton armé, métal) et quel que soit son type (poutres droites, arcs, pont suspendu, etc.), il transmet toujours des charges importantes aux parties du terrain qui le supportent.

Les appuis sur les deux rives, appelés culées, et tous ceux intermédiaires dans la vallée, appelés piles, comportent donc des fondations importantes pour répartir ces charges sur le sol, avec des pressions admissibles (fig. 1).

Ces fondations consistent généralement en massifs de maçonnerie ou de béton, descendus jusqu'au sol rocheux ou reposant sur des

pieux en béton armé, battus ou forés à grande profondeur.

Leur exécution a souvent nécessité des travaux spéciaux fort coûteux.

C'est dire que les culées et les piles constituent toujours une partie essentielle de l'ouvrage, et il ne suffira pas de détruire le pont proprement dit, c'est-à-dire les poutres ou arcs franchissant la vallée et le tablier supportant la route ou les rails de la voie ferrée, mais aussi, et chaque fois que possible, les culées et piles, et même leurs fondations profondes ; sinon l'ennemi prendra appui sur elles pour lancer un nouvel ouvrage et le bénéfice de la destruction sera diminué d'autant.

Le pont proprement dit sera lui-même détruit assez complètement pour que les

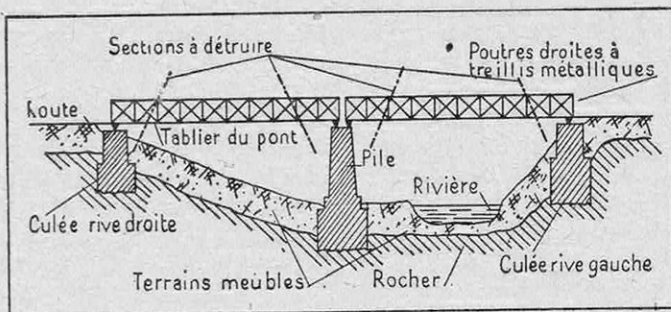


FIG. 1. — SCHEMA D'UN PONT MÉTALLIQUE A DEUX TRAVÉES

éléments restants ne puissent être utilisés par l'ennemi pour la reconstruction d'un nouvel ouvrage et les emplacements des sections de rupture seront choisis judicieusement à cet effet.

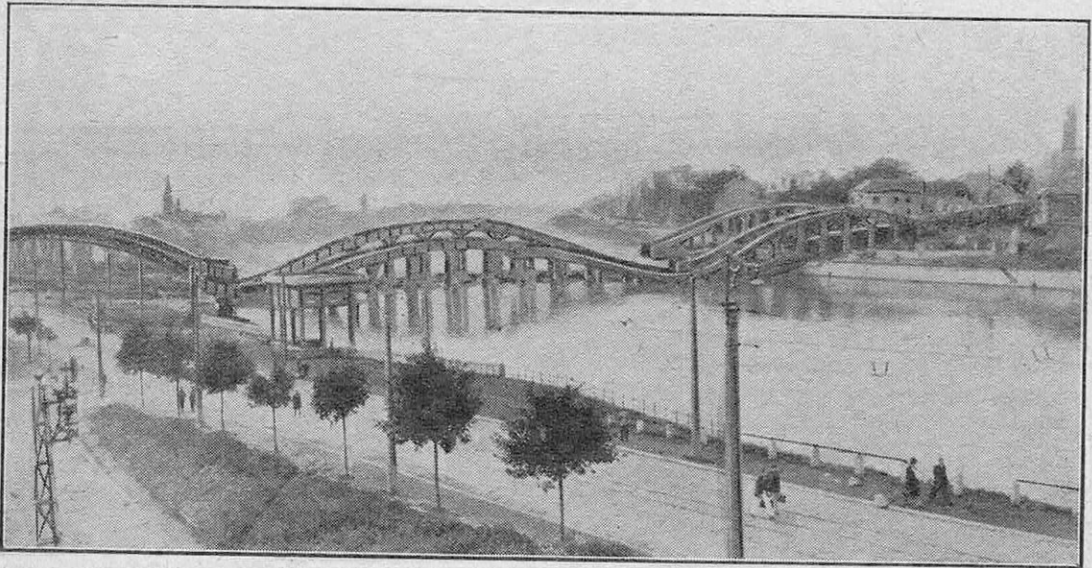
Pour les ouvrages de moyenne importance, et *a fortiori* pour les très grands ouvrages, les projets de destructions nécessitent d'importantes études préalables afin de concilier les nécessités de temps d'exécution et de moyens en matériel, en hommes et en explosifs, avec le désir de pousser les destructions à leur maximum.

### Les explosifs et leur emploi

Les explosifs sont des corps solides capables de se transformer en gaz, sous certaines actions (chocs, contact avec une flamme ou une étincelle, etc.), en occupant alors un volume de beaucoup supérieur à leur volume primitif.

L'opération s'accompagne d'un grand dégagement d'énergie et s'appelle « explosion » ou « détonation ».

Il convient donc d'enfermer les explosifs à l'intérieur de la masse à détruire, dans une



(72 677)

FIG. 2. — LES DEUX PONTS JUMELÉS DU VAL-BENOÎT, A LIÈGE

*On se rappelle que ces ponts, minés par les troupes belges en prévision d'une offensive allemande, ont été frappés par la foudre peu avant le début des hostilités. Le dispositif de mise de feu a été ainsi accidentellement déclenché et les travées centrales, d'ailleurs rompues en plusieurs points, se sont affaissées dans le fleuve.*

Pour beaucoup de ponts, les projets de destruction ont été arrêtés et leur réalisation préparée dès le temps de paix ; on dit alors qu'ils possèdent des « dispositifs de mine permanents ».

Pour d'autres ouvrages, ponts plus petits ou anciens, aucun dispositif n'est prévu à l'avance et il faut les choisir et les préparer pendant des périodes d'activité militaire.

Quelle que soit l'époque à laquelle ont été préparés les dispositifs de mine, dès que la situation le nécessite, il faut les charger en explosifs, les amorcer et réaliser la mise de feu à distance.

Avant de donner des précisions sur les détails d'exécution de ces différentes opérations, nous rappellerons les règles générales d'emploi des explosifs et de leurs accessoires.

cavité juste assez grande pour emmagasiner la quantité nécessaire à la réalisation de la destruction cherchée. Cette cavité constitue la « chambre aux poudres ».

Pour que l'explosif donne son effet maximum, il faut que les gaz de l'explosion n'aient aucune possibilité de s'échapper autrement qu'en brisant la masse de maçonnerie ou de béton à détruire. Pour cela, il faut boucher tous les orifices ayant servi à créer la chambre aux poudres ou à la remplir d'explosifs avant d'en provoquer l'explosion. L'opération s'appelle le « bourrage ». Elle est essentielle avec certaines catégories d'explosifs et utile avec toutes.

Dans certains cas, il n'est cependant pas possible d'exécuter de bourrage, ni même de créer de chambre aux poudres, par

exemple pour les éléments métalliques trop minces ou pour ceux en béton armé trop difficiles à perforer. Les explosifs sont alors disposés simplement contre eux et la destruction est dite « superficielle ». Certains explosifs sont assez « brisants » pour permettre ce genre de destruction, mais leur rendement reste malgré tout inférieur à ce qu'il serait s'ils étaient employés en pleine masse.

L'armée utilise principalement, pour les destructions d'ouvrages d'art : la mélinite, les cheddites, les dynamites et la poudre noire, cette dernière d'un emploi moins fréquent en raison de ses difficultés de manutention.

La mélinite est très brisante et convient à la constitution de charges sous faible bourrage ou superficielles ; elle craint l'humidité et exige une bonne isolation dans tous les cas où elle risque de se trouver à proximité de l'eau.

Les cheddites sont des explosifs lents et elles exigent un bourrage sérieux ; elles conviennent bien à la destruction des grandes masses de maçonnerie ou de béton, et l'humidité a peu d'influence sur elles.

Les dynamites sont des explosifs brisants, certaines qualités étant aussi puissantes que la mélinite et pouvant être utilisées en charges superficielles. Elles peuvent exploser sous l'eau, mais nécessitent certaines précautions d'emploi si le contact avec l'eau est prolongé. Elles craignent la gelée ainsi que la chaleur.

Les trois catégories d'explosifs ci-dessus sont sensibles au choc.

La poudre noire est en plus très inflammable.

L'explosion de la mélinite, des cheddites et des dynamites sera produite par un choc violent, généralement celui produit par la détonation d'une amorce au fulminate de mercure appelée « détonateur », tandis que l'explosion de la poudre noire résultera d'une simple inflammation.

Suivant l'importance des charges à constituer, la mélinite se présente en petites cartouches d'une centaine de grammes ou en

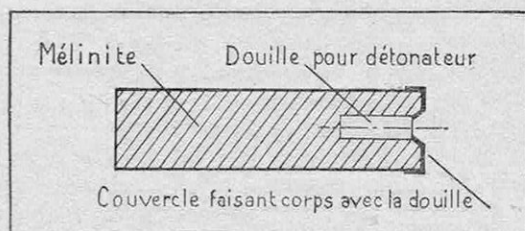


FIG. 3. — COUPE-TYPE D'UNE CARTOUCHE DE MÉLINITE

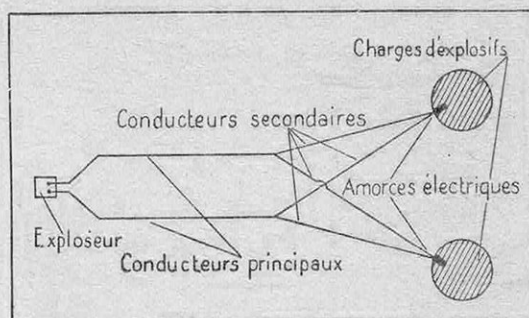


FIG. 4. — SCHÉMA D'UNE MISE DE FEU ÉLECTRIQUE

gros pétards de plusieurs kilogrammes. Quelle que soit l'importance de ces cartouches ou pétards, ils comprennent une enveloppe isolante, généralement en laiton, pour la protection contre l'humidité, avec une ou plusieurs douilles spéciales permettant l'introduction d'un ou de plusieurs détonateurs avec leurs cordons ou mèches de mise de feu. La figure 3 représente la coupe type d'une cartouche de mélinite.

Les cheddites et dynamites sont livrées par les usines en emballages plus simples, sous forme de cartouches en papier paraffiné.

La poudre noire exige des emballages très soignés et parfaitement étanches, généralement en cuivre ou en zinc ou en bois doublé de zinc, pour éviter toute cause d'inflammation et par conséquent d'explosion prématurée.

### Les dispositifs de mise de feu aux explosifs

Il faut un détonateur pour provoquer l'explosion de la mélinite, des cheddites et des dynamites, et un matériel spécial de mise de feu pour enflammer à distance, soit ce détonateur, soit la poudre noire, et permettre au personnel qui opère la destruction de se garer de ses effets.

Ces accessoires sont appelés « artifices ».

Ils sont dits « électriques », quand ils comportent l'emploi de courant électrique et « pyrotechniques » quand ils n'y ont pas recours. Les deux types d'artifices peuvent d'ailleurs se combiner, ceux électriques n'étant alors utilisés que comme commande à distance.

Une mise de feu entièrement électrique, comme celle schématisée sur la figure 4, comprend des amorces électriques placées dans les charges d'explosifs et en nombre variable ; elles sont constituées par des tubes en laiton contenant une composition fusante contenue dans plusieurs enveloppes de cordes

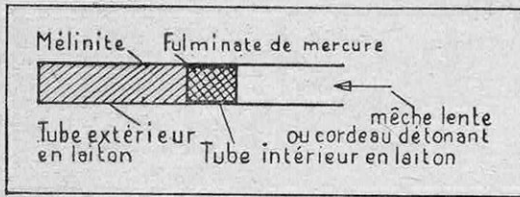


FIG. 5. — COUPE-TYPE D'UNE AMORCE AU FULMINATE DE MERCURE (LONG 4 A 5 CM)

enflammée par le passage du courant dans un conducteur de section appropriée, et à la suite du fulminate de mercure. (Pour la poudre noire l'adjonction de fulminate n'est pas utile.) Le courant électrique est produit par un « explodeur », généralement constitué par une magnéto à main comportant certains dispositifs de sécurité, et amené aux amorces par des conducteurs principaux et des conducteurs secondaires placés en dérivation. Les jonctions, branchements et raccordements de conducteurs sont effectués avec grand soin et les éléments constitutifs de la mise de feu sont essayés, d'abord séparément, ensuite assemblés. L'essai du dispositif complet s'opère en faisant passer dans le circuit un courant d'intensité extrêmement faible, insuffisante pour provoquer l'inflammation de la matière fusante contenue dans les amorces, mais, par contre, assez forte pour faire dévier l'aiguille d'un galvanomètre très sensible ; ce courant est produit par une pile spéciale.

La mise de feu pyrotechnique fait usage d'amorces au fulminate de mercure dont la figure 5 donne la coupe type, auxquelles la mise de feu est transmise, soit par du cordeau détonant, soit par de la mèche lente, ces deux artifices ayant des propriétés et, par conséquent, des conditions d'emploi très différentes : la mèche lente (poudre fine

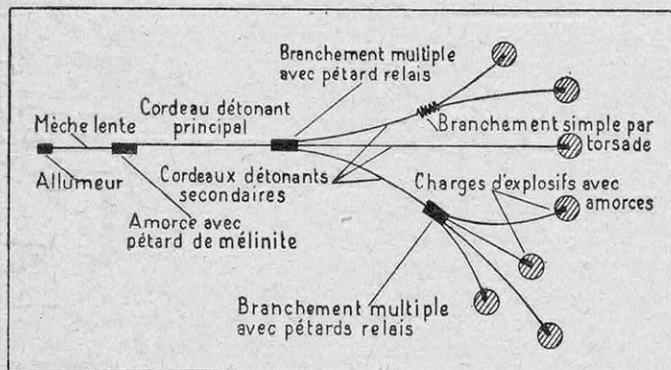


FIG. 6. — EXEMPLE SCHÉMATIQUE D'UNE MISE DE FEU PYROTECHNIQUE

goudronnée) brûle très lentement, à une vitesse d'environ 1 cm par seconde, alors que le cordeau détonant (mélinite contenue dans un tube en étain) transmet une explosion à la vitesse extrêmement rapide de près de 10 000 m par seconde ; aussi la mèche lente n'est-elle utilisée qu'en petites longueurs et pour permettre à l'artificier, chargé de la mise de feu, d'avoir le temps de se mettre à l'abri des effets de l'explosion ; elle est allumée, soit au moyen d'un allumeur spécial, soit simplement avec un morceau d'amadou. Comme, pour détruire un pont, il faut faire sauter en même temps des charges d'explosifs très dispersées et situées à des distances assez grandes les unes des autres, la mèche lente est presque toujours associée au cor-

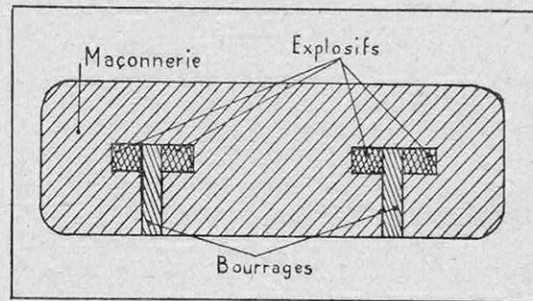
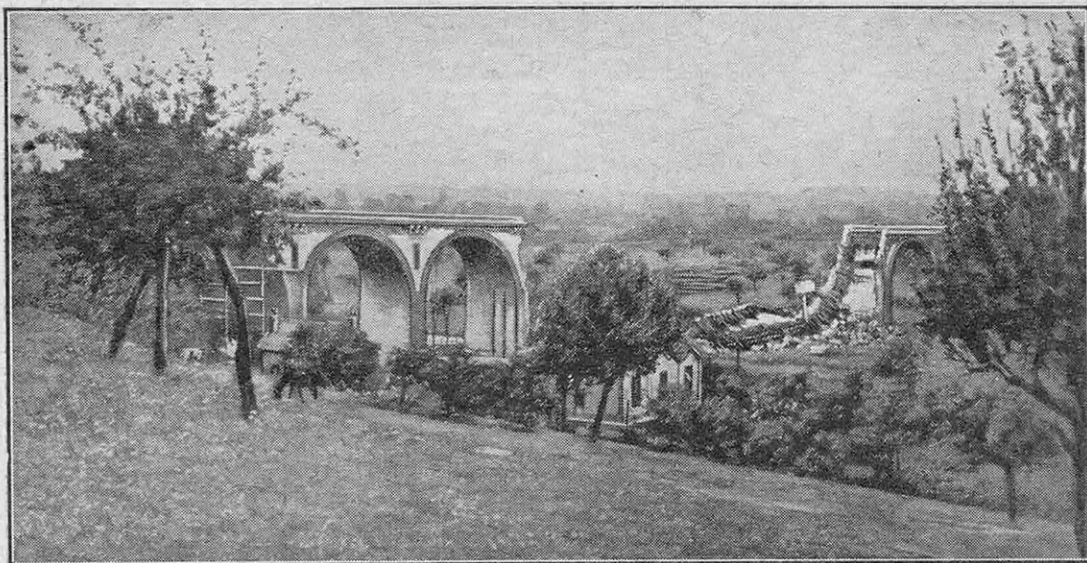


FIG. 7. — COUPE HORIZONTALE D'UNE PILE DE PONT MONTRANT LES EMPLACEMENTS DES FOURNEAUX DE MINES

deau détonant, ce dernier étant approvisionné en rouleaux de grandes longueurs et se prêtant bien à la confection de toutes sortes de jonctions, de branchements et de raccords ; la transmission de l'explosion d'un élément de cordeau détonant à un autre se fait par simple « torsade » de l'un sur l'autre, ou par l'intermédiaire d'un pétard de mélinite ; cet intermédiaire n'est cependant utilisé que pour les branchements multiples ou les raccords très importants. La figure 6 schématise un exemple de mise de feu à sept charges distinctes d'explosifs.

La mise de feu pyrotechnique convient particulièrement bien à la réalisation d'un dispositif comprenant un très grand nombre de charges isolées ; celle électrique s'impose quand il faut que plusieurs charges explosent absolument en même temps.

Afin d'être assuré que l'ouvrage sautera bien lors de la mise de feu, toutes les destruc-



(72 675)

FIG. 8. — LE PONT D'HIRSON DÉTRUIT EN 1914

*Ici, la destruction porte sur de nombreuses travées et piles, ce qui doit rendre très malaisée et très longue la reconstruction.*

tions importantes de pont comportent une « double mise de feu », c'est-à-dire que l'explosion de chaque charge d'explosif est commandée par deux détonateurs, reliés chacun à un système distinct de conducteurs électriques ou de cordons détonants.

Les dispositifs de mise de feu sont préparés à l'avance et les ponts, chargés d'explosifs amorcés, sont évidemment gardés militairement pour éviter toute mise de feu préalable, soit accidentelle, soit par malveillance ; de plus, les dispositifs d'allumage proprement dits, c'est-à-dire, soit l'allumeur électrique, soit la mèche lente et son détonateur, ne sont placés que lorsque la destruction est décidée, l'opération s'effectuant très rapidement.

### Destruction des ponts en maçonnerie

Les petits ponts en ma-

çonnerie sont généralement constitués par une ou plusieurs travées de voûtes de faibles portées, reposant sur des murs appelés « piédroits » et recouvertes de remblais.

On les détruit assez facilement en disposant des charges d'explosifs convenablement calculées aux parties inférieures des voûtes, sans s'astreindre à faire sauter les piédroits eux-mêmes, quand ils ne sont pas facilement accessibles.

Un exemple d'emplacement de charge, dans le cas d'un ponceau à deux arches accolées, est donné par la figure 9.

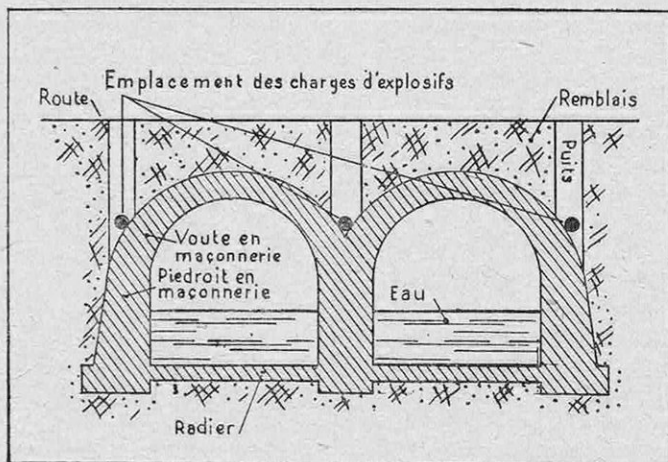


FIG. 9. — PRINCIPE DE LA DESTRUCTION D'UN PONT SOUS REMBLAIS, A DEUX ARCHES ACCOLÉES EN MAÇONNERIE

Par contre, pour les ponts plus importants, soit viaducs à nombreuses travées avec tablier très élevé au-dessus de la vallée ou ponts avec un ou plusieurs arcs de grande portée, une destruction plus complète est presque toujours nécessaire et ne peut être obtenue qu'en s'atta-

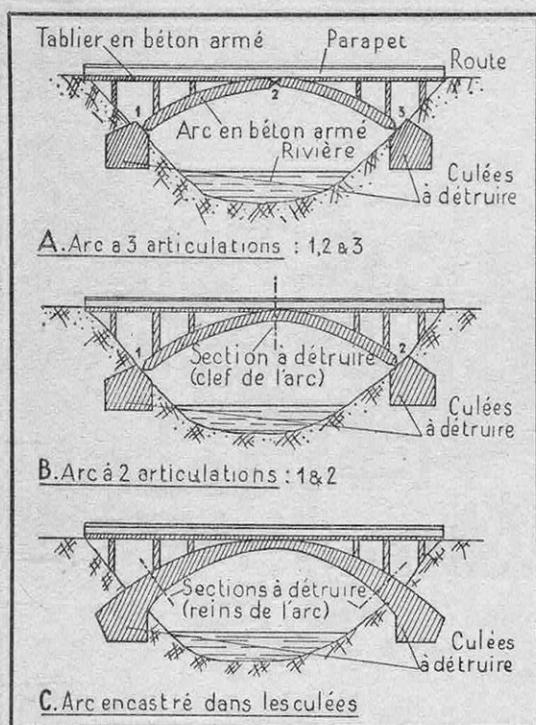


FIG. 10. — EXEMPLES DE DESTRUCTION DE PONTS EN BÉTON ARMÉ A ARCS DE DIFFÉRENTS TYPES

quant aux parties basses des piles et culées, et en les faisant agir à l'intérieur des maçonneries. Mais creuser les chambres aux poudres exigerait beaucoup de temps, si heureusement cette opération n'était évitée grâce aux « dispositifs permanents » que possèdent la plupart des grands ouvrages. Ils consistent en un réseau de galeries, généralement cylindriques et d'un diamètre juste suffisant pour le passage d'un homme, ménagées à l'avance dans les parties massives inférieures des piles et des culées, et conçues pour être visitables et permettre un chargement facile des explosifs. Des chambres plus petites sont également disposées en certaines sections des voûtes quand cela est nécessaire. La préparation de la destruction est alors très rapide ; elle consiste à charger les explosifs, à réaliser le dispositif de mise de feu conformément aux principes indiqués ci-dessus et à « bourrer » les galeries de communication ; on réalise ainsi des « fourneaux », auxquels il ne reste plus qu'à mettre le feu au moment opportun.

S'il n'existe pas de « dispositifs permanents », il faut créer les chambres en attaquant les maçonneries, soit au pic et à la pioche, soit avec du matériel pneumatique, suivant leur dureté et les moyens dont on

dispose. Pour accéder aux culées, depuis la partie supérieure du sol, on creusera des puits et des galeries, en les coffrant en bois pour éviter les éboulements au passage des terrains meubles. Quand il n'est pas possible d'opérer ainsi, les maçonneries sont attaquées directement par leurs faces extérieures, c'est-à-dire du côté de la rivière, après installation des échafaudages fixés ou flottants nécessaires.

A titre d'exemple, la figure 7 représente un dispositif pour destruction d'une pile au moyen de deux fourneaux ; pour une telle pile d'environ 15 m de longueur sur 5 m de largeur, chacun des deux fourneaux devrait être chargé d'une centaine de kilogrammes d'explosif.

Quand il n'est pas possible de creuser directement la maçonnerie, des explosifs brisants sont simplement fixés contre les parois des piles et des culées et, si possible, sous les culées.

### La destruction des ponts en béton armé

La destruction complète des grands ouvrages en béton armé suppose que des dispositifs permanents aient été ménagés dans les piles et culées, lors de la construction ; sinon, il faut se borner à la destruction superficielle des éléments minces. Il n'est pas possible, en effet, de créer des chambres aux poudres dans des massifs de béton armé, par suite de la difficulté d'y percer des galeries.

Quand des dispositifs permanents existent, ils intéressent toujours les piles et les culées, et certaines sections particulières des arcs et des poutres supportant le tablier. Le nombre et l'emplacement de ces sections dépendent du type de l'ouvrage, comme indiqué sur la figure 10 ; pour certains, tels que les ponts avec arcs à trois articulations, la destruction des culées peut être considérée comme suffisante, les arcs se disloquant complètement quand les appuis cèdent ; au contraire, dans les arcs à deux articulations ou

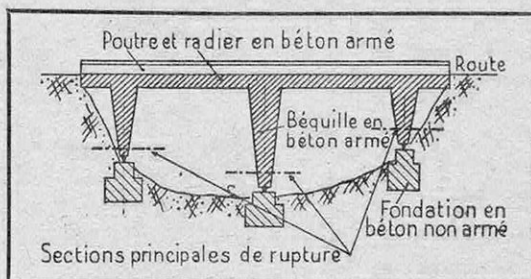
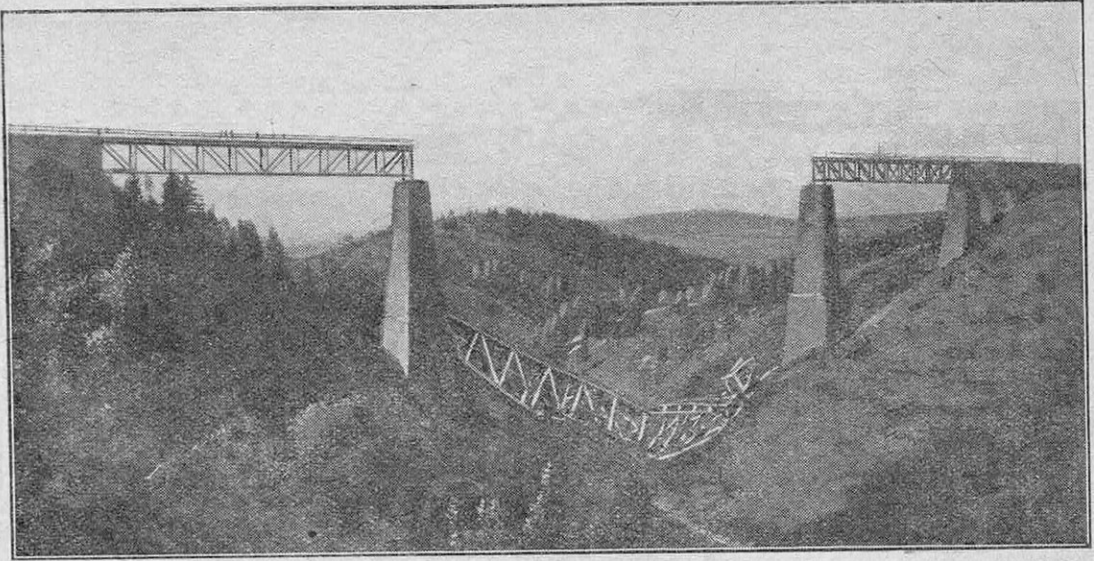


FIG. 11. — EXEMPLE DE DESTRUCTION D'UN PONT A POUTRES DROITES ET BÉQUILLES EN BÉTON ARMÉ



(72 676)

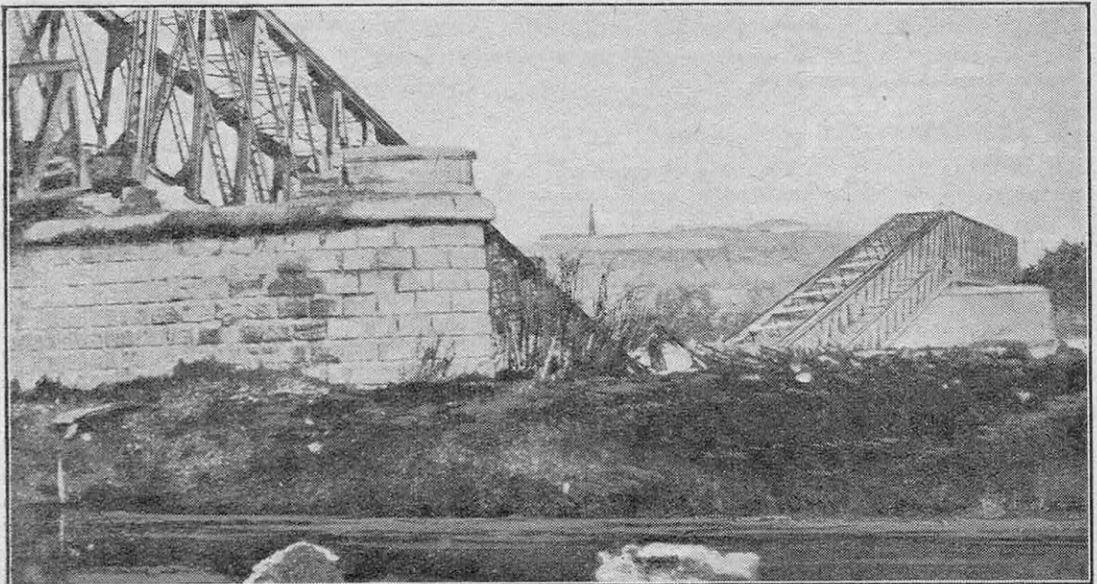
FIG. 12. — PONT-VIADUC DONT LA TRAVÉE CENTRALE A ÉTÉ DÉTRUITE PENDANT LA DERNIÈRE GUERRE PAR LES AUSTRO-ALLEMANDS LORS D'UN MOUVEMENT DE RETRAITE SUR LE FRONT DES CARPATHES

*Il est à remarquer que les piles sont restées indemnes, sans doute faute de temps pour préparer leur destruction, plus compliquée que celle d'une simple poutre métallique.*

complètement encastrés dans les culées, il faudra en détruire respectivement soit une section, alors à la clef, soit deux sections, alors aux « reins » de l'arc.

Les ponts en béton armé atteignent de très grandes portées, certains dépassant notablement 100 m. Pour de tels ouvrages, les culées et les piles intermédiaires représentent des massifs importants de béton armé et leur destruction exige un tonnage élevé d'explo-

sifs. C'est ainsi, par exemple, que, pour un pont-route de largeur normale et d'une portée de 100 m, on peut compter que chacune des culées absorbera normalement à elle seule 700 à 800 kg d'explosifs brisants, et même quelquefois plus. Quant aux quantités d'explosifs à mettre en œuvre pour détruire les arcs et tabliers, ils seront de même importance, et un grand pont en béton armé, comprenant une seule travée d'une centaine



(72 678)

FIG. 13. — PONT DÉTRUIT PAR LES SAPEURS DU GÉNIE FRANÇAIS IL Y A QUELQUES MOIS

de mètres, obligera à employer entre 2 000 et 3 000 kg d'explosifs pour sa destruction complète.

On peut mesurer, par cette seule indication, l'importance de l'étude et de la préparation d'une telle destruction.

Quand les ouvrages en béton armé sont de moindre importance que ceux considérés ci-dessus, et qu'ils ne comportent pas de dispositifs permanents, leur destruction, généralement seulement partielle, s'obtient en disposant judicieusement des explosifs contre certains éléments minces.

Dans l'exemple de la figure 11 — cas d'un pont en béton armé à poutres droites sur béquilles — les sections principales de destruction seront situées près de la base des appuis; si possible on disposera également quelques explosifs sur le tablier et les poutres au milieu de chaque travée.

La présence d'armatures métalliques dans le béton oblige à avoir des charges superficielles importantes et leur rendement est mauvais; il faut même souvent opérer en deux stades de destruction, la première étant limitée à la mise à nu des armatures; un tel procédé ne peut cependant être employé que s'il a été ordonné assez à l'avance.

### La destruction des ponts métalliques

Les types les plus fréquents de grands ponts métalliques sont ceux avec poutres à larges treillis ou à arcs, avec culées et piles en maçonnerie ou en béton non armé; on y comprend aussi les ponts suspendus.

Pour rendre les éléments métalliques inutilisables, on en opère toujours la destruction en une ou plusieurs sections dans chaque travée au moyen de charges superficielles de mélinite; pour les arcs, leurs emplacements sont choisis suivant les règles déjà indi-

quées pour les ponts en béton armé; pour les poutres à treillis, chaque travée comporte, en principe, deux sections de destruction placées près des appuis et orientées de telle sorte que la partie centrale tende à tomber dans la rivière (voir fig. 1).

Les pétards sont appliqués contre les pièces métalliques élémentaires au moyen de fils de fer et de cales et planchettes en bois. Tous les pétards d'une même section sont reliés entre eux au moyen de cordeaux détonants convenablement amorcés et raccordés aux cordeaux principaux, avec double mise de feu. La file de pétards intéresse chaque

fer profilé et chaque tôle rencontrés dans une même section, et cela non seulement pour les poutres ou arcs, mais également pour le tablier; les pétards sont disposés en une seule couche sur les éléments minces et en plusieurs couches sur les éléments plus épais et plus difficiles à détruire; de plus, la file de pétards épouse, autant que possible, le contour de chacun des fers profilés, d'où une certaine complication dans la réalisation du réseau de mise de feu. Quant

aux câbles des ponts suspendus, ils sont coupés en les ceinturant au moyen de véritables paquets de pétards.

A titre d'exemple, la figure 14 schématise la destruction des éléments métalliques d'un pont avec poutres droites à treillis reposant sur deux culées.

Ainsi, la destruction d'un pont exige toujours des études préliminaires et doit même, pour les grands ouvrages, faire l'objet de dispositions particulières pendant la construction du pont et de réalisations préparatoires dès le temps de paix.

Elle constitue donc, dans tous les cas, une opération longue et délicate.

MARCEL MONTAMAT.

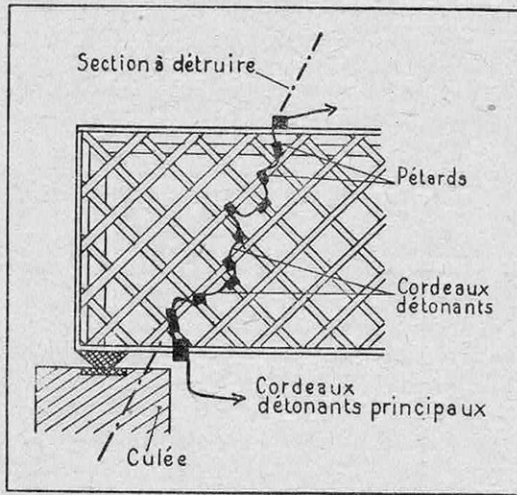


FIG. 14. — PRINCIPE DE LA DESTRUCTION DES ÉLÉMENTS MÉTALLIQUES D'UNE POUTRE A TREILLIS

Les illustrations qui accompagnaient, dans notre numéro d'avril 1940, l'article sur *les Races humaines*, ont été prises, en particulier, dans deux ouvrages classiques du professeur George Montandon: *l'Ologenèse humaine* (Alean éditeur), pour les figures 1 à 7, et *la Race, les Races* (Payot éditeur), pour les figures 8 et 9; les principales données de morphologie humaine de cet article leur ont été également empruntées.



# POUR LE REPERAGE DES AVIONS INVISIBLES, VOICI LES NOUVELLES MÉTHODES ÉLECTRIQUES ET RADIOÉLECTRIQUES

Par P. HEMARDINQUER

*La protection contre les raids aériens est fonction de l'organisation de la chasse (1), des services de la défense passive (2), du matériel d'artillerie et des armes automatiques de la défense contre avions (3). Pour que soient mis en action efficacement ces différents moyens de défense, il est indispensable de les alerter en temps utile, et c'est pourquoi l'attention des techniciens s'est trouvée orientée vers le perfectionnement des dispositifs de repérage destinés à déceler l'approche des avions ennemis et à déterminer leur position. Les plus récentes réalisations de l'électrotechnique et de la radioélectricité : microphones directionnels, amplificateurs à étages multiples, filtres, cellules photoélectriques, iconoscopes, oscillographes cathodiques, etc., ont déjà trouvé dans ce domaine des applications très nombreuses, grâce auxquelles les appareils de repérage des avions vont gagner à la fois en sensibilité et en précision.*

Les appareils de repérage des avions par le son ont été étudiés pour la première fois pendant la guerre de 1914-1918, au même titre que les dispositifs d'écoute des sous-marins, et de repérage des mines.

Les méthodes adoptées (4) sont fondées sur la différence des effets produits sur les deux oreilles d'un observateur par les ondes sonores provenant d'une même source.

Pour les sons de fréquence élevée, supérieure à 750 périodes par seconde, le rôle essentiel paraît joué par la différence des intensités perçues par chaque oreille. Pour les sons de fréquence peu élevée, inférieure à 750 périodes par seconde, le phénomène est dû surtout à ce qu'une oreille est atteinte avant l'autre par une même onde.

Dans les appareils de repérage par le son, les deux pavillons réunis aux oreilles de l'observateur sont séparés par une certaine distance que l'on appelle base. Si la source sonore est dans une direction perpendiculaire à l'axe joignant les deux pavillons et en son milieu, le son arrive simultanément aux deux oreilles ; sinon, il y a une différence de trajet.

Suivant la distance des deux pavillons et la vitesse du son, on peut, en mettant en évidence le décalage qui résulte de cette différence de trajet, en déduire la direction d'émission du son.

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

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 271, page 19.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 261, page 210, et n° 267, page 227.

(4) Voir *La Science et la Vie*, n° 272, page 115.

Les difficultés d'emploi de cette méthode simple, dont l'idée initiale semble dater de 1908, sont pourtant assez grandes. Si l'avion était immobile dans une atmosphère sans vent aucun, et en équilibre de température, l'appareil d'écoute permettrait d'obtenir directement sa position. En réalité, l'avion se déplace avec une grande vitesse qui tend à devenir de l'ordre de la moitié de celle du son ; le système d'écoute ne peut donc faire connaître qu'une position *passée*, et la position *actuelle* est déterminée par deux corrections importantes.

La température de l'atmosphère varie, d'autre part, avec l'altitude, et la trajectoire des ondes sonores s'en trouve, par suite, courbée suivant une ligne dont la concavité est tournée vers le haut. Le vent agit également sur le trajet, en modifiant la direction de propagation. Ces changements peuvent être assimilés au total à une translation et à une série de réfractions.

Il a donc été indispensable de réaliser des appareils correcteurs donnant automatiquement la position *présente* à partir des coordonnées fournies directement par un appareil d'écoute.

L'avion produit un son complexe, dont l'intensité n'est pas la même dans toutes les directions ; les ondes sonores sphériques traversent l'atmosphère avant d'atteindre l'appareil d'écoute ; l'intensité de la pression sonore subit ainsi un affaiblissement supplémentaire dû à l'absorption. Les appareils d'écoute ont donc une portée limitée ; la décroissance de l'intensité du son perçu

s'accroît lorsque l'avion se rapproche de l'horizon, et, lorsque le vent est violent, l'observateur éprouve beaucoup de peine à l'entendre.

Des expériences assez récentes ont montré que l'absorption par temps de brouillard était beaucoup plus notable sur les sons aigus que sur les sons graves, la portée étant de 10 km, par exemple, pour un son de 150 p $\acute{e}$ r/s et de 5 km pour 1 000 p $\acute{e}$ r/s, dans les mêmes conditions. Dans le cas du son complexe d'un avion, seuls les sons graves persistent à grande distance ; mais la sensibilité de l'oreille est plus élevée aux environs de 1 000 périodes et agit donc dans le sens opposé à celui de l'absorption atmosphérique.

L'intensité du son émis par un avion varie comme l'inverse de la quatrième puissance de la distance, et, dans de mauvaises conditions, de la sixième puissance. La portée semble ainsi varier dans des proportions considérables, suivant l'état de l'atmosphère ; comme l'a montré, en particulier, M. Aloys Rey, ce sont les sons les plus graves qui sont reçus à la limite de portée, et l'écoute est, en général, meilleure la nuit que le jour.

Les sons émis par les avions en vol sont, d'ailleurs, très complexes. Ils sont dus à l'échappement transmettant des explosions, à des bruits de moteur d'origine mécanique, à l'hélice dont les pales frappent l'atmosphère, à des vibrations propres de la cellule, et, enfin, à des sons éoliens, engendrés par le déplacement à grande vitesse.

Des analyses ont montré que la plupart des avions émettent surtout des sons graves de fréquence voisine de 100 p $\acute{e}$ r/s avec des harmoniques s'étendant jusqu'à 600 p $\acute{e}$ r/s.

L'écoute est, d'ailleurs, plus ou moins gênée par un bruit de fond permanent qui peut diminuer le contraste entre le bruit à écouter et l'ambiance, et constitue une sorte de masque acoustique. Lorsque l'intensité de ce son gênant atteint une certaine valeur par rapport à celle du son étudié, l'amplification n'apporte plus d'amélioration.

Dans des conditions de temps et de lieu déterminées, les bruits de fond peuvent varier d'une manière considérable avec le type de circuit acoustique étudié et les matières employées pour leur construction ; d'autres parasites peuvent venir se superposer au bruit de fond, et sont d'origine mécanique ; pour les éliminer, on a recours à un isolement acoustique soigné.

Les sons parasites dus au vent sont particulièrement nuisibles ; ils peuvent se mani-

ester par des bruits provenant des obstacles extérieurs, par des pertes d'intensité du son étudié, par une excitation directe de l'appareil acoustique, ou des effets de résonance ; ils peuvent, enfin, gêner directement l'observateur.

Les erreurs possibles des mesures proviennent ainsi des conditions de propagation dans l'air, de la vitesse de propagation du son, de la nature spéciale du son à étudier, de la grande vitesse de déplacement des avions, mais aussi des caractéristiques acoustiques elles-mêmes des appareils d'observation, sinon des observateurs chargés du repérage.

### Le microphone se substitue à l'oreille humaine

Le remplacement des oreilles des observateurs par ces « oreilles électriques » que constituent des microphones, ne supprime pas les possibilités d'erreurs dues aux facteurs acoustiques essentiels du problème. Il devient cependant possible, en principe, d'éliminer les inconvénients dus à l'observation uniquement acoustique et aux appareils classiques d'amplification acoustique utilisés jusqu'ici.

L'oreille humaine est, sans doute, un appareil d'une sensibilité extrême, mais ce n'est pas un dispositif de grande précision, ni surtout un appareil très stable ; malgré l'habileté des opérateurs, l'observation uniquement acoustique ne peut être toujours obtenue avec autant de régularité qu'une mesure électrique. La vitesse de plus en plus considérable des avions modernes, la nécessité des observations de plus en plus rapides, amènent d'ailleurs à tenter, là comme ailleurs, la suppression de toute intervention humaine.

Le principe du dispositif est simple : deux microphones, situés à une certaine distance l'un de l'autre, remplacent les pavillons orthophoniques des appareils purement acoustiques, et le réglage est déterminé de manière à obtenir, dans chaque branche, un fonctionnement identique, comparable à celui des deux oreilles d'un observateur.

Il devient ainsi possible de bénéficier des plus récents perfectionnements de la technique des microphones et des dispositifs acoustiques qu'on peut leur adapter ; de très grands progrès ont été réalisés dans ce sens depuis quelques années.

### Le pouvoir directionnel des microphones

On a étudié récemment, de façon approfondie, l'effet produit par le son sur l'organe

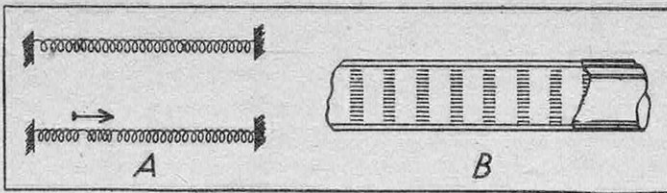


FIG. 1. — LA PROPAGATION D'UNE ONDE DE PRESSION : A GAUCHE DANS UN RESSORT, A DROITE DANS UN TUYAU ACOUSTIQUE

Le son se propage dans l'air par déplacements d'ondes de compression et de dilatation successives, comme lorsqu'on comprime et qu'on lâche brusquement quelques spires d'un long ressort à boudin tendu légèrement entre deux points fixes (A). Cette propagation par couches successives est plus particulièrement nette dans un tuyau acoustique (B).

vibrant d'un microphone, ce qui n'avait pas été fait rationnellement lorsqu'ont été établis les premiers modèles téléphoniques destinés uniquement à la transmission de la parole.

Le son est transmis par des vibrations longitudinales de l'air, s'effectuant par dilatations et compressions successives. La propagation prend ainsi l'aspect d'une variation périodique de la pression par suite des oscillations de molécules suivant le sens de la propagation (fig. 1).

L'intensité du son est liée à l'amplitude du déplacement des molécules correspondant à la pression maximum. Ces molécules sont resserrées ou écartées périodiquement dans les zones de pression et de dépression, variant suivant la propagation du son (fig. 2).

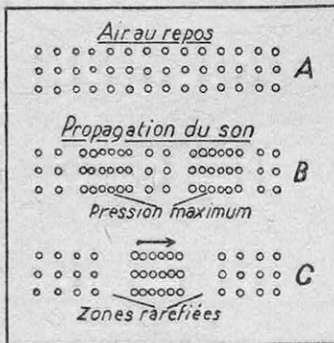


FIG. 2. — COMMENT S'EFFECTUE LA PROPAGATION DU SON DANS L'AIR AU REPOS

La propagation du son s'effectue, en réalité, par le déplacement des molécules d'air qui oscillent sur place; au repos, les molécules sont également réparties; pendant la propagation, elles sont resserrées ou écartées dans les zones de pression ou de dépression; la répartition en B et C montre l'état du phénomène avec un décalage de  $1/2$  période.

La pression maximum et la vitesse de déplacement des molécules sont proportionnelles, mais la pression, en un endroit donné, se produit dans toutes les directions, alors que le déplacement des molécules est

effectué dans une direction bien déterminée, correspondant au sens de propagation, et il s'agit donc d'un phénomène dirigé.

Lorsqu'un son est émis par une source sonore, les molécules d'air autour de la source entrent en vibration. Si l'on place sur le trajet de l'onde sonore une membrane très légère, elle suivra les mouvements des molécules de la région de l'air où elle se trouve, et, si cette membrane est absolument libre et sans inertie, elle n'apportera aucune perturbation dans la propagation de l'onde; sa vitesse sera à chaque instant la même

que celle des molécules d'air en mouvement.

Au contraire, si la membrane est parfaitement tendue, elle ne peut se déplacer librement; elle subit uniquement, de la part de l'onde sonore, un effort de pression.

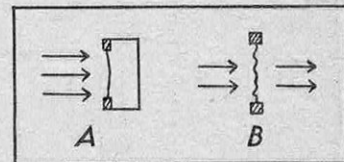


FIG. 3. — MICROPHONE DE PRESSION ET MICROPHONE DE VITESSE

Dans les premiers microphones, on utilisait seulement cet effort de pression déterminé par une onde sonore sur une membrane tendue; on donne donc aux microphones classiques de ce type le nom de microphones de pression (fig. 3, A).

Le microphone dit de vitesse, comporte une membrane tendue, soumise sur une face à l'action des ondes sonores, avec, en arrière, une capsule dans laquelle se produisent des pressions et des dépressions successives; son pouvoir directionnel intrinsèque est faible (A). Le microphone dit de vitesse comporte une membrane légère libre sur les deux faces; son pouvoir directionnel est remarquable (B).

On construit maintenant des modèles comportant une membrane légère sans inertie, libre sur les deux faces, se déplaçant avec l'onde sonore qui vient la frapper, et qui prend une certaine vitesse de vibration théoriquement égale à celle des molécules d'air; ces modèles récents sont appelés microphones de vitesse (fig. 3, B).

La vitesse de déplacement des molécules étant un phénomène dirigé, comme nous l'avons vu plus haut, le microphone de vitesse est, par son principe même, un appareil possédant de remarquables qualités directionnelles. Le type le plus connu est le mi-

crophone à ruban, véritable générateur électrique, comportant un ruban métallique très mince et ondulé, se déplaçant dans un champ magnétique.

On peut donc aujourd'hui établir des systèmes microphoniques présentant des caractéristiques directionnelles très accentuées. Il est, d'ailleurs, possible d'adapter également un microphone à membrane de pression à un concentrateur acoustique, plus ou moins analogue à un miroir concave en optique, mais de dimensions correspondant à l'ordre de grandeur des longueurs d'onde considérées. On a établi également des concentrateurs acoustiques avec résonateurs de Helmholtz, qui donnent des résultats remarquables.

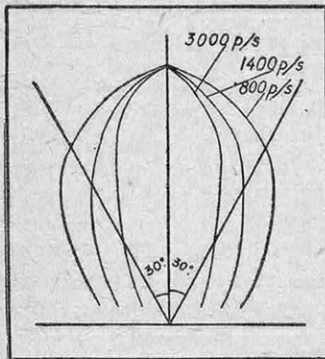


FIG. 4. — COMMENT VARIE LE POUVOIR DIRECTIONNEL D'UN MICROPHONE AVEC LA HAUTEUR DU SON PERÇU

La concentration acoustique ainsi obtenue, permettant de détecter une source sonore dans un angle limité, est d'autant plus accentuée que la fréquence du son à étudier est élevée, comme on le voit sur la figure 4; néanmoins, des appareils bien étudiés permettent une excellente concentration dans une zone très resserrée, sur toute la gamme des fréquences à considérer. Dans le cas spécial du repérage, le champ ne doit, d'ailleurs, être ni trop étendu, ni trop réduit, ce qui générerait la recherche initiale.

On a même réalisé récemment des dispositifs microphoniques *directionnels* particuliers, constitués avec des microphones à ruban, dont nous venons d'indiquer sommairement le principe acoustique, et des adaptateurs constitués par une série de tubes acoustiques ouverts, de longueurs décroissantes, déterminées en tenant compte de la longueur d'onde sonore des sons à considérer; en arrière du ruban, se trouve un tube acoustique d'amortissement des vibrations de ce dernier. Cet appareil, dû à l'ingénieur américain Harry F. Olson, permet une excellente concentration, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à des concentrateurs acoustiques de grandes dimensions et assure spécialement la perception des sons

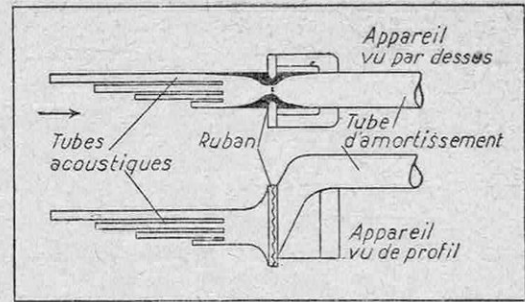


FIG. 5. — SCHÉMA D'UN MICROPHONE DIRECTIONNEL DE H.-F. OLSON

Il est constitué par un appareil à ruban à induction avec un système acoustique formé par une série de tubes dont la longueur est en rapport avec la longueur d'onde, c'est-à-dire la hauteur des sons à recevoir. En arrière du ruban se trouve un tube d'amortissement.

parvenant suivant l'axe du système (fig. 5).

On augmente la régularité des résultats, lorsqu'il s'agit de sons complexes, en combinant plusieurs dispositifs identiques de ce type, associés avec des filtres électriques, accordés sur les fréquences correspondant aux composantes du son à détecter (fig. 6).

### Les détecteurs électroacoustiques

Dans les appareils électroacoustiques, établis à l'aide de microphones, l'observation est effectuée non plus à l'oreille, ce qui supprimerait tout avantage, mais au moyen d'un indicateur visuel permettant une lecture directe de l'observation à effectuer.

Les microphones sont connectés à deux amplificateurs identiques avec filtres électriques, et les oscillations amplifiées agissent sur un oscillographe cathodique.

On sait que cet appareil comporte une ampoule de verre, dans laquelle on a fait le vide, renfermant un gaz inerte à faible pression et comportant à une extrémité une ca-

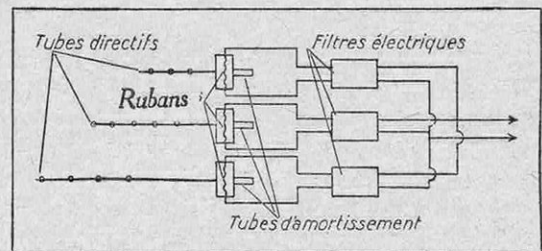


FIG. 6. — DISPOSITION DE PLUSIEURS MICROPHONES DU TYPE PRÉCÉDENT POUR LA DÉTECTION DES SONS COMPLEXES

Chaque microphone est relié à un filtre électrique laissant passage à une bande de fréquences déterminée.

thode émettant un flux électronique, concentré par un dispositif électrostatique ou électromagnétique, et qui vient former un « spot » fluorescent sur un écran disposé sur le fond du tube, opposé à la cathode. Sous l'action de deux champs électrostatiques, engendrés, par exemple, par deux paires de plaques de déviation parallèles deux à deux et orthogonales, le pinceau cathodique dévie, et l'observateur voit ainsi apparaître sur l'écran du tube une figure fluorescente représentant le phénomène à étudier.

Après amplification, le premier microphone agit sur la première paire de plaques parallèles de déviation, et, de même, le deuxième système microphonique est relié aux deux autres plaques parallèles perpendiculaires aux premières (fig. 7, A).

Dans ces conditions, les oscillations provenant du premier microphone, si elles agissaient seules, déplaceraient le spot fluorescent suivant un axe horizontal, et l'observateur aurait ainsi la

sensation d'apercevoir une ligne fluorescente horizontale sur l'écran du tube cathodique.

De même, si les oscillations du deuxième microphone agissaient seules sur la deuxième paire de plaques, le spot se déplacerait suivant une ligne verticale, et l'observateur aurait la sensation d'apercevoir une ligne lumineuse, perpendiculaire à la ligne horizontale précédente.

Puisque les deux microphones fonctionnent simultanément, ils transmettent des oscillations aux deux paires de plaques, et les mouvements précédents se composent.

Le spot décrit alors des lignes fermées, paraissant immobiles lorsque les fréquences des oscillations composantes sont dans un rapport simple ; on donne à ces courbes le nom de figures de Lissajous (fig. 7, B).

Dans le cas actuel, les fréquences et les amplitudes des oscillations transmises aux plaques de l'oscillographe sont égales, en

principe, puisqu'on a pris la précaution de disposer d'une manière absolument symétrique les éléments de l'appareil. La figure obtenue sur l'écran est une ellipse, dont l'aplatissement varie suivant la différence de phase des oscillations composantes.

Quand la source sonore n'est pas dans le plan de symétrie des deux microphones, les oscillations ne sont pas en phase. On obtient une ellipse dont l'aplatissement est variable suivant le décalage ; elle se confond avec un cercle pour le décalage maximum de 90° ou de 270° (fig. 7, B).

Au moment où l'axe du dispositif est dirigé exactement dans la direction de l'avion, la source sonore agit de la même manière sur les deux microphones ; elle est placée vis-à-vis d'eux à la même distance relative ; l'ellipse précédente se réduit à une droite inclinée à 45°.

Le seul examen de l'écran fluorescent indique ainsi, en principe, la direction de l'avion par rapport à l'axe du détecteur,

mais il faut tenir compte évidemment des facteurs de correction précédents. Il est, d'ailleurs, indispensable d'utiliser des filtres électriques éliminant les sons parasites et les bruits de fond.

### Le repérage optique

Les inconvénients des méthodes acoustiques et électroacoustiques ont attiré l'attention des techniciens sur l'intérêt des appareils de repérage optiques et électrooptiques. Un appareil de détection électrooptique, nommé par son inventeur, l'ingénieur américain Alan Fitzgerald, le *Pétoscope* (1), permet de déceler dans un champ visuel étendu le mouvement d'un objet quelconque, de dimensions faibles par rapport à ce champ. Il indique uniquement le mouvement, et non la présence d'un objet.

L'appareil comporte deux objectifs pro-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 238, page 316.

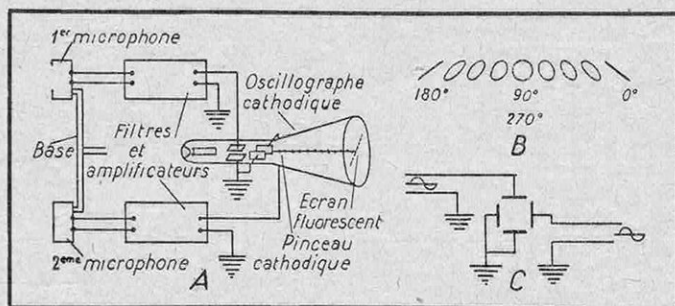


FIG. 7. — LE REPÉRAGE ACOUSTIQUE PAR DEUX MICROPHONES ET UN OSCILLOGRAPHÉ CATHODIQUE

Les oscillations à fréquence musicale, provenant des deux microphones, sont amplifiées respectivement dans deux amplificateurs avec filtres séparés et viennent agir sur les paires de plaques de déviation d'un oscillographe à rayons cathodiques (A). Sur l'écran du tube, on aperçoit alors une figure fluorescente dont la forme varie suivant la position de la source sonore par rapport à l'axe du système (B). On voit en C comment sont connectées les plaques de déviation vues par l'avant du tube.

duisant dans leur plan focal des images des objets se déplaçant dans un champ assez vaste, et, dans ces plans focaux, se trouvent deux écrans en damier, traversés par les flux lumineux provenant des objectifs, et qui vont atteindre deux cellules photoélectriques.

Grâce à la disposition des damiers, tout élément réduit d'un objet placé dans le champ détermine deux images, mais une seule peut avoir une action sur les cellules photoélectriques disposés derrière les écrans. Si l'objet ne se déplace pas dans le champ, les actions lumineuses déterminées sur les cellules, à travers les écrans, demeurent équivalentes; au contraire, tout objet qui se déplace a une action alternative sur l'une ou l'autre de ces cellules; la fréquence de l'alternance dépend de la vitesse de déplacement de l'objet. Un montage équilibré permet de mettre en relief ces variations alternatives, et de déterminer même la vitesse de l'avion repéré par un calcul simple.

On pourrait se demander pourquoi on ne peut utiliser directement une cellule photoélectrique, reliée à un amplificateur, en projetant sur la cathode de cette cellule l'image de l'objet à détecter, à l'aide d'un dispositif optique. Ce montage n'est pourtant pas possible, par suite des caractéristiques de la cellule fonctionnant dans des conditions de sensibilité particulières « par tout ou rien », et non sous l'action de variations très faibles d'intensité lumineuse.

Le repérage électrooptique n'est possible que si l'avion est visible, et il serait difficile par temps de brouillard; c'est pourquoi on a eu l'idée de recourir aux radiations infrarouges, pouvant traverser même le brouillard. L'ingénieur Rawlings avait présenté ainsi un dispositif détecteur sensible aux radia-

tions calorifiques infrarouges, produites par le moteur de l'avion lui-même, et, en particulier, par le tuyau d'échappement, ce qui élimine tout inconvénient dû à une visibilité défectueuse.

Un autre ingénieur allemand a même proposé d'employer une camera électronique de télévision, dans laquelle on remplacerait l'écran photosensible ordinaire par un écran au germanium, pouvant détecter les rayons infrarouges. Est-il besoin d'indiquer que ces dispositifs ingénieux sont encore du domaine du laboratoire?

### Les cameras cinématographiques

On utilise normalement des projecteurs cinématographiques pour l'enseignement du tir, et des cameras cinématographiques à film réduit sont adoptées aux Etats-Unis pour les exercices de tir contre avion (1).

La prise de vues cinématographiques ne permet pas le repérage immédiat, puisqu'il est nécessaire de faire subir au film des traitements photographiques dont la durée peut être cependant réduite à quelques minutes dans des procédés récents; en tout cas,

les cameras permettent l'étude précise du vol d'un avion.

On utilise, à cet effet, deux appareils de prise de vues de 16 mm, par exemple, disposés dans un exemple américain à 18 m l'un de l'autre, ou à des longueurs multiples de cette valeur, et on effectue des prises de vue à la cadence de quatre images par seconde. Les deux appareils fonctionnent en synchronisme, sous l'action d'un relais à noyau plongeur, avec impulsion unique d'un premier relais de contrôle; ils sont munis d'objectifs identiques.

Ces cameras sont légèrement décalées;

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 246, page 461.

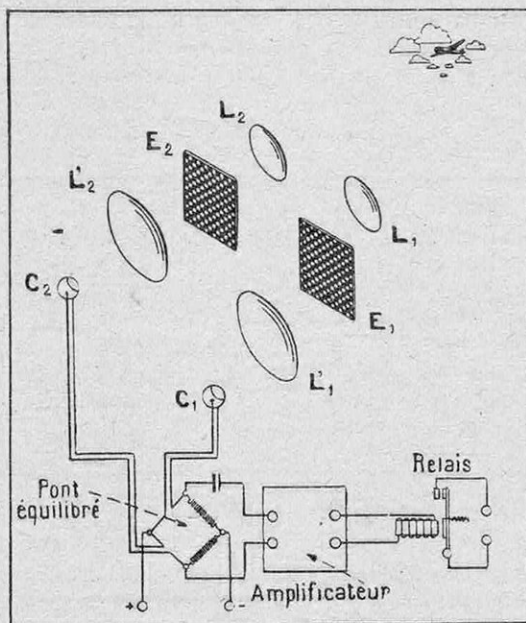


FIG. 8. — SCHEMA DE PRINCIPE DU « PÉTOSCOPE » APPLIQUÉ A LA DÉTECTION DES AVIONS. Entre les systèmes optiques  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_1'$  et  $L_2'$  sont disposés des damiers « complémentaires », une case noire de l'un correspondant à une case blanche de l'autre. Les cellules photoélectriques  $C_1$  et  $C_2$  sont intercalées sur les branches d'un « pont » équilibré. Le système demeure insensible à des mouvements lents tels que ceux des nuages, tandis que le passage d'un avion détermine le fonctionnement du relais.

les axes des objectifs convergent à une distance de 480 m, pour une base de 18 m, et de 960 m, pour une base de 36 m (fig. 9). Lorsqu'un avion passe dans le champ, on obtient sur les films négatifs de chaque appareil des images qui ne se trouvent pas à la même position relative sur chaque film ; le décalage dépend de la distance et de l'altitude de l'appareil étudié.

Il reste ensuite à traduire les résultats trouvés à l'aide de ces enregistrements, et l'on peut utiliser évidemment des films négatifs ou des bandes positives.

On emploie, pour cette traduction, deux projecteurs séparés mais fonctionnant en synchronisme, de manière à réaliser la projection des images correspondantes, comme elles ont été enregistrées. La bande est serrée entre deux glaces, s'écartant au moment du déplacement, de manière à obtenir une mise au point exacte et une grande précision assurant la mesure des déplacements les plus minimes des deux images sur les deux films.

Les objectifs de projection sont réglables horizontalement et verticalement, de façon à pouvoir compenser tout déplacement possible des films ; les projections sont effectuées sur deux écrans translucides contigus.

Le décalage des images est mesurable directement à l'aide d'une échelle ; la lecture de cette distance permet de déduire immédiatement l'éloignement et l'altitude de l'avion et de reconstituer ainsi le trajet exact de l'appareil étudié.

### Le repérage par les ondes hertziennes ultracourtes

Ces appareils optiques donnent des résultats intéressants, mais qui dépendent évidemment des conditions optiques de l'atmosphère ; c'est pourquoi on a eu l'idée, depuis longtemps, comme nous l'avons noté plus haut, d'utiliser des ondes infrarouges invisibles, pouvant percer le brouillard. Il faut pourtant adopter dans ce but des ondes infrarouges de grande longueur d'onde, qui se rapprochent des ondes radioélectriques ultracourtes.

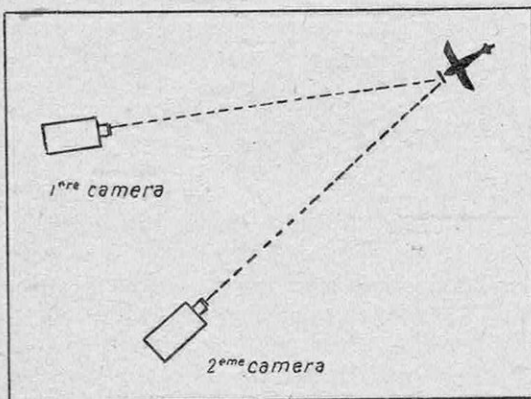


FIG. 9. — ÉTUDE DU VOL D'UN AVION AU MOYEN DE CAMERAS CINÉMATOGRAPHIQUES

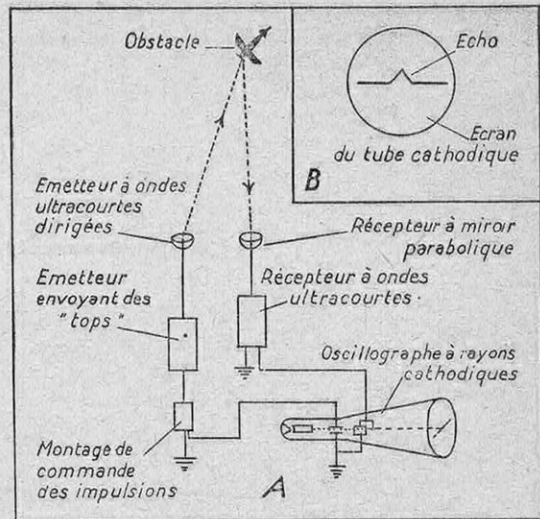


FIG. 10. — DISPOSITION TRÈS SCHÉMATIQUE D'UN APPAREIL DE DÉTECTION DES OBSTACLES PAR ONDES ULTRACOURTES DIRIGÉES

Un miroir parabolique envoie un faisceau de radiations (sous forme de « tops » modulés) qui est réfléchi par l'obstacle et revient frapper un miroir identique transmettant les oscillations recueillies à un récepteur-amplificateur. Les oscillations amplifiées sont transmises à une des paires de plaques de déviation d'un oscillographe cathodique dont l'autre paire reçoit une tension de balayage synchronisée avec la période des impulsions transmises. On aperçoit finalement sur l'écran du tube une ligne fluorescente avec une « bosse » correspondant à l'écho provoqué par l'obstacle (B).

C'est là un problème qui s'est déjà posé dans la navigation maritime, pour la détection des obstacles « par temps bouché », et, en particulier, pour la détection des navires et des icebergs. On a eu recours depuis quelque temps aux ondes électromagnétiques ultracourtes, dont les emplois deviennent de plus en plus nombreux et divers.

La détection des obstacles sous-marins, naturels ou artificiels, a été obtenue depuis la guerre de 1914-1918 à l'aide d'ondes ultrasonores ; mais celles-ci ne peuvent se propager dans l'air à une distance supérieure à quelques mètres. Les appareils à ondes sonores n'ont jamais donné de résultat précis ; c'est pourquoi, on utilise déjà les

ondes ultrasonores ; mais celles-ci ne peuvent se propager dans l'air à une distance supérieure à quelques mètres. Les appareils à ondes sonores n'ont jamais donné de résultat précis ; c'est pourquoi, on utilise déjà les



(65 822)

FIG. 11. — L'APPAREIL AMÉRICAIN « SENSYTROL » A ONDES ULTRACOURTES AURAIT PERMIS LA DÉTECTION DES AVIONS A UNE DISTANCE DE 14 KM

ondes ultracourtes pour le fonctionnement de certains appareils de guidage radio-électrique et, en particulier, des *altimètres radioélectriques*.

Les ondes ultracourtes, d'une longueur de l'ordre du mètre, et plus encore les *ondes décimétriques*, d'une longueur d'une dizaine de centimètres, ne se propagent pas à la manière des ondes hertziennes moyennes ou courtes de la radiodiffusion. Elles ne se réfléchissent pas sur les couches ionisées de l'atmosphère, et ne servent qu'aux transmissions directes entre un émetteur et un récepteur visibles l'un pour l'autre. Au fur et à mesure que leur longueur diminue, leurs propriétés se rapprochent de celles des *ondes lumineuses*, mais, à l'inverse de ces dernières, leur propagation n'est pas altérée par le mauvais temps.

On peut concentrer des faisceaux de radiations ultracourtes comme des faisceaux lumineux, au moyen de miroirs paraboliques de faibles dimensions et facilement orientables.

Pour la détection des obstacles, en navigation maritime, par exemple, on transmet un faisceau d'ondes très courtes dirigées au moyen d'un miroir parabolique de ce genre, orienté dans la direction de l'obstacle. Les ondes se réfléchissent sur l'obstacle, et sont reçues dans un récepteur à ondes ultracourtes (fig. 10, A).

L'instant de la réception est noté à l'aide d'un indicateur visuel; le décalage entre l'instant d'émission et l'instant de réception indique la durée du trajet parcouru par l'onde, depuis le moment où elle a été émise, et, par conséquent, la distance de l'obstacle. La direction de l'obstacle peut être déterminée avec une précision suffisante, par suite des propriétés directives du projecteur d'émission.

Pour qu'il y ait réflexion, il n'est d'ailleurs pas nécessaire que l'objet à détecter soit métallique: il suffit que son indice de réfraction soit différent de celui de l'air; le coefficient de réflexion dépend cependant de la nature de l'objet considéré.

En pratique, l'émetteur transmet généralement des « tops », d'une durée très faible, de l'ordre du  $1/100\ 000^{\text{e}}$  de seconde. Le récepteur reçoit un écho qui est amplifié et permet de signaler la présence de l'obstacle;

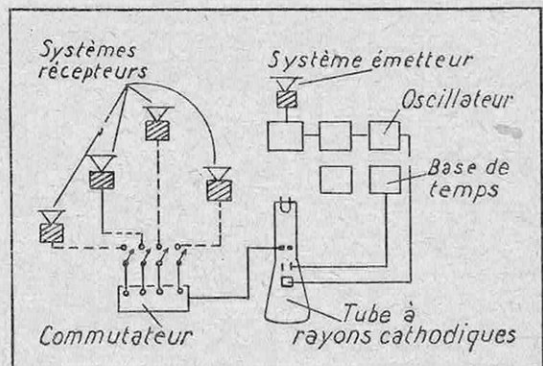


FIG. 12. — PRINCIPE DE LA DÉTECTION DES AVIONS PAR UN BARRAGE D'ONDES ULTRACOURTES

Dans cet appareil proposé en Angleterre, on utilise les troubles de réflexion produits par le passage de l'avion sur des ondes ultracourtes reçues par une série d'aériens connectés successivement à un récepteur à oscillographe cathodique.



la mesure du temps d'écho permet de connaître la distance de l'obstacle.

Cette mesure est effectuée à l'aide d'un oscillographe cathodique. L'une des paires de plaques est reliée au récepteur à ondes ultracourtes, et l'autre reçoit une tension de balayage synchronisée avec la période des impulsions transmises. On aperçoit sur l'écran une ligne droite portant un top ou une dent correspondant à l'écho et dont la distance à l'origine de la ligne est proportionnelle au temps à mesurer ; on peut ainsi étalonner directement l'écran de l'oscillographe en traçant une échelle de distance (fig. 10, B).

La direction est mesurée à l'aide de dispositifs de projection très directs, constitués par des miroirs paraboliques de révolution au foyer desquels sont placées des antennes doubles émettrices. Pour une longueur d'onde de 16 cm, par exemple, l'ouverture des miroirs est de 1 m, la distance focale est de trois quarts d'onde, soit 12 cm, et la direction de l'obstacle peut être mesurée avec une précision de l'ordre du degré.

Des résultats intéressants ont été obtenus à une distance de plusieurs kilomètres et, tout récemment, aux Etats-Unis en particulier, un inventeur américain, Harry Dickens, a pu expérimenter sur le champ d'aviation de Floyd Bennett, un appareil de ce genre présentant même la curieuse propriété d'être portable et d'exiger seulement un montage à trois lampes, alimentées par des batteries d'une tension maximum de 180 volts.

Le système indicateur visuel de cet appareil simplifié est constitué par l'aiguille d'un voltmètre, indiquant la présence d'un avion dans la direction vers laquelle l'axe du système est dirigé.

Ces expériences auraient montré la possibilité d'une détection à une distance de 14 km et à une altitude de 900 m.

Dans un autre dispositif anglais original, on a recours à un ensemble d'antennes réceptrices, groupées à une certaine distance les unes des autres et à un appareil émetteur d'ondes ultracourtes dirigées, envoyant un flux de radiations vers l'avion à détecter (fig. 12).

L'indicateur visuel est encore constitué par un oscillographe cathodique, dont une paire de plaques est reliée à une base de temps, et l'autre à un oscillateur modulant l'émission à ondes dirigées.

Les oscillations recueillies par les antennes réceptrices sont transmises après amplification et détection, et successivement, à l'aide d'un commutateur, à la grille de contrôle de l'oscillographe cathodique.

Si un avion traverse le champ des radiations, il intercepte ou réfléchit une partie des ondes qui l'atteignent ; il en résulte des variations de réception déterminant une modification de l'image observée sur l'écran de l'oscillographe. La correspondance de ce phénomène avec la connexion d'une antenne de réception déterminée permet de discerner la position de l'avion.

Il est difficile de donner, dans les conditions actuelles, des détails plus précis sur ces dispositifs à ondes ultracourtes, en essai dans les laboratoires. Il est évident que ces modèles constituent les dispositifs de l'avenir les plus remarquables, destinés à assurer des résultats des plus précieux ; ils viendront compléter, ou même peut-être remplacer quelque jour, les appareils pratiques actuels de repérage par le son, pourtant déjà constamment perfectionnés.

P. HEMARDINQUER.

Les incendies de forêts ont dévasté aux Etats-Unis, en 1938, près de 34 millions d'acres de territoire (135 000 km<sup>2</sup> environ), ce qui représente, au total, une superficie comparable à celle que couvre tout l'Etat de l'Arkansas. Les dommages ont été évalués à 37 millions de dollars. La lutte contre ce fléau est rendue particulièrement difficile du fait que les zones boisées couvrent des étendues immenses et qu'il est impossible par suite d'intervenir efficacement avant que l'incendie ait pris une extension déjà redoutable. Les expériences effectuées par l'« United States Forest Service » au cours de l'été dernier ont montré qu'il est possible de lancer par parachute, en des points soigneusement repérés à l'avance, des formations de travailleurs auxquels sont envoyés, également par parachute, tout le matériel et les vivres qui leur sont nécessaires. Lorsqu'ils ont pris contact avec le sol, ces hommes se libèrent de leur parachute, endossent les vêtements spéciaux contre le feu dont ils sont munis et, ayant retrouvé le matériel qui les a suivis, attaquent l'incendie. Grâce à un poste radio émetteur-récepteur, ils demeurent en liaison constante avec le poste central.

# LA PLANTE AUX CENT USAGES : LE SOJA

par Charles PAULMY

*Parmi les plantes d'origine exotique aisément acclimatables dans nos pays, le soja occupe une place de premier plan. C'est, par excellence, le végétal producteur de matières grasses des pays tempérés. Cette fève oléagineuse, qui fait actuellement la fortune du Mandchoukouo, est largement cultivée aux Etats-Unis, en Asie et est en voie d'acclimatation dans une grande partie de l'Europe, de l'Afrique et de l'Australie. Son importance économique est considérable, non seulement en raison de sa haute valeur alimentaire, mais aussi parce qu'elle est à la base d'extractions très diverses qui intéressent de nombreuses industries : savonnerie, peinture, textiles, caoutchouc, explosifs, matières plastiques, engrais, produits pharmaceutiques, etc... C'est sur le soja, en particulier, que comptent les dirigeants de l'économie allemande pour procurer à leur pays les matières grasses qui lui font défaut, soit en l'important du Mandchoukouo — ce qu'interdit pratiquement le blocus — soit en développant sa culture dans les Balkans.*

## Les matières grasses, le soja et la guerre

LE problème de l'approvisionnement en matières grasses est un de ceux qui se posent avec le plus d'acuité pour l'Allemagne. La crise des matières grasses date, pour elle, de 1916 ; elle n'a pas cessé depuis. C'est dire quelle gravité elle peut atteindre aujourd'hui où l'Allemagne est coupée de ses sources de ravitaillement normales et réduite à ses ressources propres et à celles, presque aussi maigres, de ses voisins !

Dès le début des hostilités, la réglementation de l'usage de corps gras et de leurs dérivés de toute nature s'est faite d'une sévérité extraordinaire. Il y a des années que l'alternative « du beurre ou des canons » a reçu de Goering et d'Hitler la réponse que nous connaissons. Aujourd'hui, il ne s'agit plus seulement d'éliminer, des importations nécessaires, ce produit de luxe qu'est le beurre, que la chimie allemande était d'ailleurs depuis longtemps parvenue à remplacer par des « ersatz » tirés de l'huile de baleine ou de l'huile de marrons d'Inde. Ce sont tous les corps gras, jusqu'aux plus humbles, qui font défaut. C'est le savon, qui peut absorber à peu près n'importe lequel, d'entre eux, qui manque.

« Nous serons sales », a dit Goering.

La synthèse des matières grasses est une de celles où la chimie allemande a pratiquement échoué. Assurément, au laboratoire, on vous reconstruit très bien l'acide oléique, l'acide stéarique ou la glycérine, à peu près comme on le fait d'un substitut du caoutchouc. Mais si l'on peut se permettre de produire du caoutchouc à dix fois le prix du produit naturel, quitte à interdire la circula-

tion automobile privée, on ne peut pas entreprendre de nourrir 80 millions d'hommes avec des corps gras de synthèse à 50 ou 100 francs le kilogramme.

A vrai dire, la crise des matières grasses n'est pas seulement allemande. Elle est, à proprement parler, européenne. A part quelques régions méditerranéennes où des cultures de luxe comme l'olivier, au faible rendement à l'hectare, permettent une exportation négligeable si on la compare aux tonnages énormes d'huiles communes importées, l'Europe est très largement déficitaire en corps gras.

C'est essentiellement une production des pays chauds, qui nous fournissent l'huile d'arachide ou l'huile de palme à des prix que ne peuvent concurrencer aucune des cultures de régions tempérées. Ou alors, pour l'huile d'origine animale qu'est l'huile de baleine, et qui vaut meilleur marché encore, c'est l'océan Antarctique qui est le fournisseur.

Il y a toutefois une exception, c'est le soja, qui est la véritable plante à huile pour pays tempérés, et dont l'Allemagne s'était efforcée, au cours de ces dernières années, de s'assurer de gros approvisionnements.

L'Allemagne avait passé avec le Mandchoukouo un marché d'un million de tonnes de soja, à livrer sur une durée de trois à quatre ans et payables suivant les principes du troc, qui sont à la base de sa politique commerciale, au moyen de machines et d'instruments agricoles. Le Mandchoukouo avait commencé d'exécuter le contrat. L'Amirauté anglaise l'a interrompu en saisissant, dès le début des hostilités, plusieurs milliers de tonnes de graines de soja à destination, directe ou indirecte, de l'Allemagne.

Il ne reste à celle-ci, pour en continuer l'exécution, qu'à faire appel au concours de l'U. R. S. S. Mais, après trois parcours en chemin de fer sur voie normale en Mandchoukouo, sur voie large en U. R. S. S. et sur voie normale en Allemagne, au prix que l'industrie des transports russes fait payer les frais de transbordement et de traction, les fèves de soja livrées en Allemagne vaudraient leur pesant d'or.

Une deuxième tentative avait été faite par l'Allemagne : l'introduction de la culture du soja dans le Sud-Est européen et, spécialement en Roumanie, où elle formait une des clauses principales de l'accord commercial que ce pays s'était vu imposer, au printemps 1939, à la suite de la mainmise allemande sur la Tchécoslovaquie. La guerre est venue en interrompre l'exécution.

### L'extension de l'aire de culture du soja

Qu'est-ce que le soja ?

Le soja (dénomination japonaise, à prononcer soya) est, nous apprend M. Matagrín, dans un livre (1) extrêmement documenté, auquel nous empruntons la plupart des renseignements et des illustrations de cet article, une plante d'origine chinoise, dont la culture et l'usage remontent à une antiquité immémoriale. La plus ancienne mention en est faite dans un livre de l'empereur Shenong, le « Père de l'Agriculture », qui, contemporain des premiers pharaons, recommandait déjà l'exploitation du soja sauvage comme plante oléagineuse.

(1) *Le soja et les industries du soja*, par A. Matagrín, Gauthier-Villars, éditeur. Outre l'exposé qu'il en fait en 340 pages, l'ouvrage de M. Matagrín contient une bibliographie fort complète de tout ce qui touche à la botanique, l'agronomie, la chimie et les industries diverses du soja et de ses dérivés.

Très anciennement cultivé, le soja l'est resté encore par les méthodes « prébibliques », suivant l'épithète que le docteur Douglas Gray emploie pour qualifier l'agriculture chinoise en dehors des régions immédiatement voisines des concessions étrangères. Le sol est gratté à l'araire primitive, à mancheron simple, à coultre de fer brut, creusant

des sillons étroits. Les mottes sont brisées à la houe ; les sarclages faits à la binette ; la plante à maturité moissonnée à la faucille. On détache les gousses à la main ; on les vanne, et un âne, tirant un rouleau sur l'aire, sépare le grain de la cosse.

L'huilerie n'est pas plus moderne. Loin des nouvelles usines, c'est encore le broyage de la fève sous les meules de pierre, l'exposition de la pâte en couche mince dans des claies au-dessus d'une cuvette pleine d'eau bouillante, enfin le travail du pressoir aux poutres grossièrement équarries sur la pâte imprégnée de vapeur d'eau.

De l'Extrême-Orient, le soja fut introduit, en 1804, aux Etats-Unis, où il fut longuement expérimenté à partir de 1888. Il resta longtemps une culture accessoire pour fourrages, cantonnée entre 37° et 44°

de latitude à l'est des Montagnes Rocheuses, dans le « Corn Belt » (zone du maïs) et dans quelques Etats du Sud. Puis la sélection par les stations expérimentales d'agriculture, le bon accueil fait par le bétail, la propagande intéressée des fabricants de machines agricoles, la variété croissante des emplois de la graine augmentèrent rapidement l'« acreage » consacré au soja. De 1917 à 1924, il quintuple, pour atteindre 2 500 000 acres, soit environ 1 million d'hectares.

Sans atteindre à l'envergure des réalisations américaines, les progrès du soja à

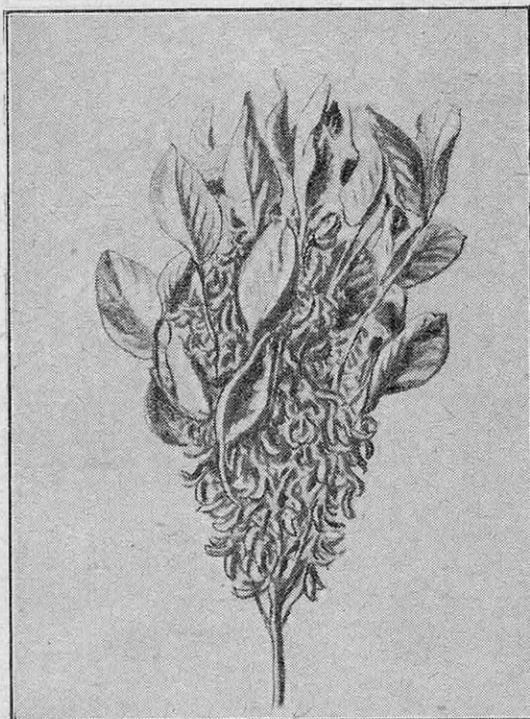


FIG. 1. — PIED DE SOJA PRESQUE NAIN AU MOMENT DE SA MATURATION

*Les espèces cultivées atteignent de 40 cm à 1,70 m de haut, suivant la nature du sol. La variété de soja nain est intéressante parce qu'elle permet de réduire les espacements entre les plants, tout en laissant libre passage aux outils mécaniques de culture, d'où un meilleur rendement à l'hectare. Elle est surtout appréciée en Amérique et en U. R. S. S.*

travers l'Ancien Monde sont déjà significatifs.

Adopté par l'Allemagne en 1916, le soja est en culture ou à l'étude dans presque tous les pays d'Europe, sauf en Scandinavie, depuis 1920.

En France, les essais de 1876-1880 faits sur le soja d'Etampes, comme sur la variété autrichienne réacclimatée par Vilmorin-Andrieux vers la même époque, étaient oubliés depuis longtemps lorsque des prisonniers de guerre français en Allemagne remarquèrent qu'on y préférait souvent la fève du « soja hispida » au vulgaire haricot ou à la fèverolle, peu alléchante. Aujourd'hui, le soja a été essayé avec succès dans la plupart des provinces françaises et sa culture a déjà pris quelque extension en Ile-de-France, dans le Beauvaisis, en Normandie, en Orléanais, en Languedoc, en Provence, et dans le Comtat-Venaissin, où il donne de superbes récoltes. Mais la production française ne peut guère être estimée qu'à quelques milliers d'hectolitres de fèves. La culture pour fourrages tend plutôt à se développer en Afrique du Nord.

L'Italie, qui importait récemment entre 150 000 et 220 000 qx d'huile de soja, a développé depuis 1918 la culture de la plante. On reconnut la possibilité de doubles récoltes en culture associée. Après avoir planté, le 16 mai, diverses variétés dans une pièce d'avoine semée en mars, on eut, après fauchage de l'avoine, une récolte supérieure à celle des parcelles-témoins en terrain libre. A l'époque de la « battaglia del grano », en 1926, après une dégustation officielle par M. Mussolini, la farine de soja fut admise en boulangerie, et un « pagnetto di munizione », à 10 % de soja national, fut bien accueilli par la garnison de Rome.

Comme en Dalmatie et en Istrie, le soja

réussit en Yougoslavie, gros exportateur, d'ailleurs, de haricots. A l'exemple de l'Ukraine, la Bulgarie et la Roumanie, travaillées par la propagande du client allemand, en sont aux essais de grande culture.

Faut-il mentionner le demi-échec du soja russe ? M. Rouest, ingénieur agronome français, qui fut directeur du laboratoire du soja, au Caucase-Nord, de 1930 à 1938, en donne une explication qui ne met en cause ni la plante ni le terrain, mais l'incurie et l'ignorance du paysan russe, le mauvais choix des façons culturales, la maladresse culinaire, qui est parvenue à dégoûter du soja obligatoire un peuple pourtant peu difficile sur le chapitre de la nourriture. Au total, l'U. R. S. S. n'est pas parvenue à dépasser le cinquième rang parmi les nations productrices.

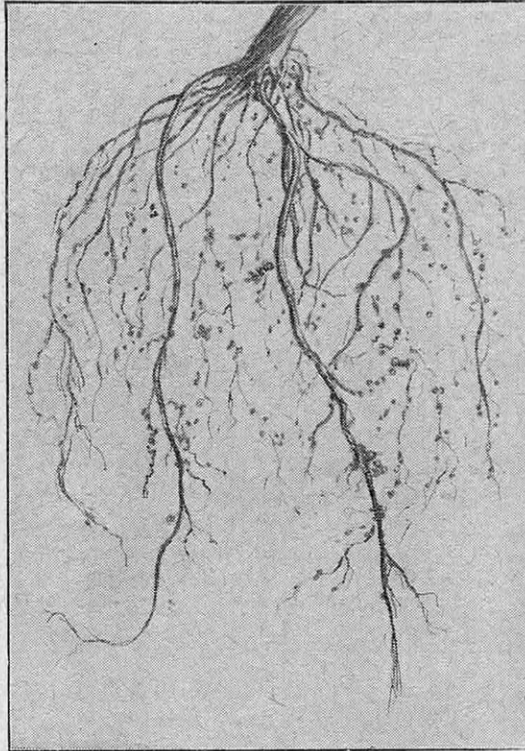
Le gros centre de production reste encore l'Asie. Le Japon et la Corée ont décuplé en 1935 leur production de 1928 et atteignent presque le million de tonnes. Mais le record est détenu par la Chine, dont la production de fèves est passée de 900 000 t en 1928 à 4 800 000 t en 1935, et surtout par le Mandchoukouo, dont la production, sous l'im-

pulsion japonaise, est passée de 430 000 t en 1928 à 5 200 000 t en 1935.

Le gros exportateur est encore le Mandchoukouo, qui a exporté, soit en fèves, soit en huile, jusqu'à plus de 3 millions de tonnes annuellement. Sur les 2 160 000 t de fèves exportées en 1938, 771 000 t, plus du tiers, sont allées en Allemagne, 740 000 t au Japon, le surplus en Chine, Angleterre, France, Hollande, Belgique et Egypte.

### Botanique et agronomie du soja

Les espèces cultivées du soja sont des plantes de la famille des Légumineuses, et de la classe des Papilionacées. La taille, qui



(74 681)

FIG. 2. — RACINE DE SOJA MONTRANT LE DÉVELOPPEMENT DES NODULES AZOBACTÉRIENS QUI PERMETTENT A LA PLANTE DE FIXER DIRECTEMENT L'AZOTE DU SOL.

PLANTE VERTE OU SÈCHE		
Pâturage. Fourrage frais.	Fourrage d'ensilage. Foin sec.	Assolement. Combustible. Furfurol.
FÈVE VERTE		
Conserves cuites ou réfrigérées.	Légume vert.	Salade.
FÈVE SÉCHÉE		
Mets cuits ou bouillis. Gâteaux secs. Bonbons grillés (sucrés ou salés). Café grillé.	Aliment pour animaux (bovidés, moutons, porcs, basse-cour). Lait et dérivés. Farine et dérivés.	Aliments aux fèves germées. Sauces aux fèves fermentées.
LAIT VÉGÉTAL		
Lait condensé. Lait en poudre. Emplois en cuisine, pâtisserie, etc.	Fromages frais, secs, fermentés, en conserve, fumés.	Caséine (et ses emplois divers : colles adhésives, peintures, apprêt, colles de papeterie, imperméabilisation, matières plastiques).
FARINE DE FÈVE SÉCHÉE		
Aliments cuits. Gâteaux secs. Bonbons. Chocolats.	Boissons hygiéniques. Aliments pour diabétiques. Pâtes alimentaires. Nourritures infantiles.	Pâtes à frire. Garnitures. Poudre et produits pour sorbets, glaces.
FARINE DU TOURTEAU DE SOJA		
Aliments (voir ci-dessus). Assaisonnements en poudre. Sauces au soja. Substitut du lait.	Alimentation animale (comme la fève sèche ; en outre : chiens, chats, poissons). Brassage de bière. Colles végétales.	Matières plastiques. Liant pour noyaux fondrie. Peintures à l'eau. Engrais.
HUILE DE SOJA		
Emplois culinaires. Graisses végétales. Margarine mixte. Huile de salade. — médicinale. — d'éclairage. — lubrifiante.	Huile de peinture. — de vernis. — d'imperméabilisation. — pour linoléum. Substituts de caoutchouc. Matières plastiques.	Bougies. Savons (solides, en poudre, mous, liquides). Glycérine. Lécithine et dérivés. Désinfectants. Insecticides.
LÉCITHINE DE SOJA		
Bonbons. Chocolats. Cacao. Produits médicaux.	Antioxygène (margarine, caoutchouc). Agent d'émulsion.	Teinture des textiles. Produits de beauté. Savons.

TABLEAU DES PRINCIPALES APPLICATIONS DU SOJA

varie de 0,40 m à 1,70 m, et la luxuriance de végétation dépendent tout autant de la nature du sol ou du climat que de la variété.

La sélection des variétés du soja a permis des résultats remarquables quant à la précocité, à la taille de la plante, au rendement en fèves, à la teneur en huile. On ne compte, aujourd'hui, pas moins de 3 500 variétés de soja.

La précocité est un caractère qui se stabilise dans l'hérédité, là comme chez d'autres plantes. On l'obtient, soit par sélection en pays assez froids, Nord ou Nord-Est de la France, par exemple, en récoltant les gousses basses, mûres de bonne heure, soit par traumatisme (pincement, effeuillage) refoulant la sève vers la gousse. Nombreuses sont les variétés américaines parvenant à maturation

en 90 ou 120 jours après les semailles, qui descendent de sojas asiatiques exigeant 140 ou 160 jours. Le soja *vilmensis*, qui peut mûrir dans notre Sud-Est en moins de 100 jours, est un exemple de sélection heureuse portant sur la précocité.

La sélection portant sur la taille a pour objet l'obtention de variétés géantes ou naines. Le gigantisme est obtenu, notamment dans les Mammouth américains, trop tardifs pour nos pays. Le nanisme, intéressant en ce qu'il permet de réduire les espacements tout en laissant libre passage aux « cultivateurs » mécaniques, est très apprécié en Asie ; on l'obtient surtout par sélection de variétés très précoces.

Le rendement en fèves est, en principe, diminué par la précocité. La sélection

s'obtient par le choix des semences sur pieds vigoureux et productifs. On arrive à un rendement en fourrages atteignant jusqu'à 120 quintaux à l'hectare, en régions chaudes, avec des variétés à fèves noires ou brunes. Le rendement en fèves atteint de 20 à 30 qx à l'hectare, soit en Amérique, soit en Asie ; les rendements européens dépassent rarement 18 à 20 qx à l'hectare.

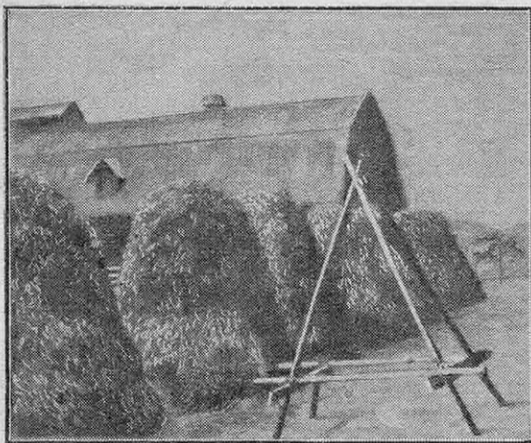
Le rendement en huile est un des caractères héréditaires les plus constants. Il était très inégal sur les fèves chinoises. Les sélections japonaises, américaines et européennes ont normalisé cette teneur qui, améliorée par choix de graines ou hybridation, atteint jusqu'à 22 % dans les sojas asiatiques, 14 à 20 % dans les sojas américains et jusqu'à 27 % dans certaines variétés

françaises (sélections Rouest notamment).

Comme beaucoup d'autres légumineuses, le soja se pourvoit d'azote par fixation de l'azote atmosphérique. C'est heureux, car ses exigences en azote seraient considérables, étant donné la teneur élevée de la graine.

Schloesing, Müntz, et de nombreux autres agronomes à leur suite, ont déterminé, d'une manière définitive, le processus de la fixation de l'azote atmosphérique. Les végétaux supérieurs ne peuvent ni utiliser l'azote de l'air, ni même l'extraire des composés ammoniacaux que donne, dans le sol, la putréfaction organique. Ce sont des ferments solubles secrétés par des bactéries qui les rendent assimilables, en « nitrosant » ou en « nitrant » ces dernières. De plus, la bactérie fournit à la sève l'enzyme qui, entraînée dans la tige et les feuilles, fixera en sels assimilables l'azote atmosphérique. Ces bactéries, chez les légumineuses, se logent dans les racines, en donnant les excroissances qu'on nomme « nodules ».

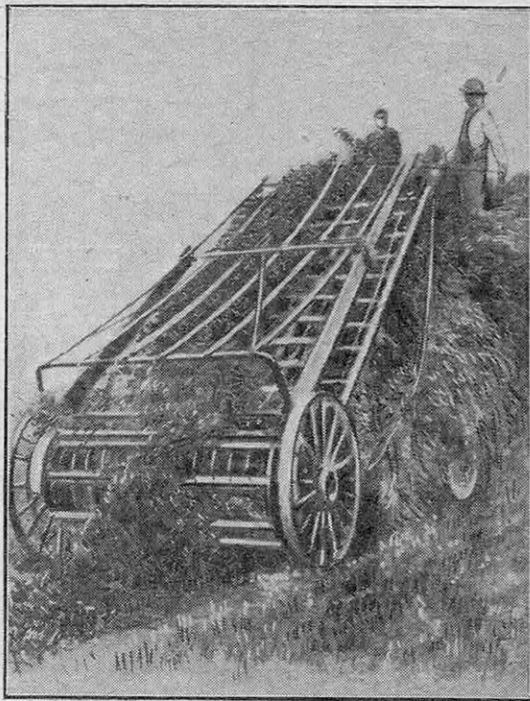
En dehors des sols asiatiques, où il est cultivé depuis un temps immémorial, et qui sont suffisamment contaminés en agents nitrificateurs, le soja trouve rarement d'emblée, en Amérique comme en Europe, la faune bactérienne qui lui est indispensable. Il faut la lui fournir pour ses débuts. On l'a fait quelquefois avec la « nitragine », culture liquide de nitrobactéries lancée par l'industrie allemande au début du siècle. La pratique américaine consiste à inoculer le sol neuf avec de la terre provenant de champs



(74 682)

FIG. 3. — LE FANAGE ET LE SÉCHAGE DU SOJA FOURRAGER EST INDISPENSABLE POUR ÉVITER L'ÉCHAUFFEMENT ET LA POURRITURE

*Le chevalet ci-dessus, utilisé en France comme dans le Sud des États-Unis pour le séchage du soja fourrager, assure la circulation de l'air dans les meulons.*



(74 683)

FIG. 4. — LE FOIN SEC DE SOJA EST MIS EN MEULES MÉCANIQUEMENT AUX ÉTATS-UNIS

de soja, à la dose d'environ 400 kg à l'hectare. On parvient enfin à des résultats à peu près équivalents en contaminant les graines de semence, soit mélangées avec une boue très fluide de terre contaminée, soit humectées avec les cultures pures que fournissent certains laboratoires américains.

On parvient ainsi à relever de 50 % la teneur en azote des racines et des tiges, en même temps qu'on réduit l'appauvrissement du sol en azote, prélevé plutôt dans l'air.

### Les applications du soja

Aucune plante n'a d'utilisations aussi variées que le soja. Elle ne se borne pas à fournir les « haricots au sucre », que M<sup>me</sup> Chrysanthème grignotait avec Loti. En est-il qui puisse donner, comme elle, un fourrage pour le bétail, des fèves pour l'alimentation de l'homme, de la caséine végétale, des fromages, du lait, des matières plastiques, de la lécithine à usage médicinal ?

Le tableau page 615 indique quelques-unes des principales applications de cette plante vraiment universelle.

On dira simplement quelques mots des plus curieuses.

De tous les produits alimentaires extraits du soja, le lait végétal fut le premier à retenir l'attention des Européens. Il est plus usuel

que le lait animal dans toute la Chine, très apprécié également au Japon.

Il peut s'obtenir soit à partir de la fève entière, soit en traitant la farine fournie par la graine moulue sèche, soit en utilisant, après extraction d'huile, le produit de mouture du tourteau concassé.

La méthode chinoise courante consiste à amollir les fèves par trempage, les broyer à la meule, et filtrer la bouillie obtenue. D'autres méthodes, plus modernes, visent à améliorer la saveur, l'aptitude à la conservation et l'équilibre de composition du lait végétal. Pour cela, on le stérilise, on le désodorise, on lui ajoute du sel, du lactose, pour rapprocher ses caractéristiques de celles du lait animal.

Il n'est cependant pas comparable à celui-ci comme saveur. Aussi ne s'en sert-on guère en Amérique que pour l'élevage des jeunes veaux et des porcelets.

Le lait concentré et la poudre de lait s'obtiennent le plus couramment par chauffage et évaporation sous vide, comme pour le lait animal.

Comme celui-ci, le lait de soja se prête à la fabrication des fromages les plus variés.

C'est en Chine, le « teou-fou », conservé en plaques de 100 à 150 g, cuites dans une décoction de rhizomes de curcuma, ou, après salage, en petites tranches baignant dans l'alcool de riz, ou desséché en galettes brunes, fumé et enveloppé de papier d'étain. Cru ou cuit, on le consomme isolément ou dans les mélanges les plus divers : grillé ou rôti, son goût rappelle celui du ris de veau, dont il prend aussi, alors, la consistance et l'aspect.

Au Japon, on préfère le « to-fû » en soupe, en grillades, en beignets. On connaît des omelettes au to-fû fumé, des civets, des salades, des meringues au fromage de soja.

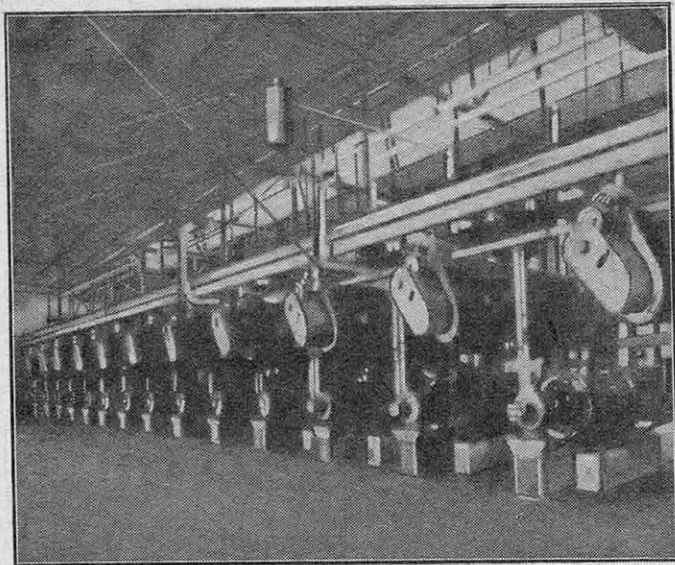
Sur le fromage fermenté, les avis des dégustateurs sont très divergents. Ces fromages ne sont guère cependant différents des sauces, qui trouvent amateurs même en dehors de l'Extrême-Orient. Le fromage végétal fermenté, gris ou jaunâtre, n'est pas sans analogie avec le roquefort, mais son acidité est souvent désagréable au goût occidental.

La production de la *lécithine végétale* est une des applications où triomphe le soja. La *lécithine*, découverte en 1846 par Gobley, dans le jaune d'œuf (en grec : *lékithos*) est une matière grasse et cireuse très complexe, un lipide, à teneur élevée en azote et phosphore. Elle joue un rôle fondamental dans l'assimilation organique. C'est cette propriété de la *lécithine* qui explique la

valeur diététique et sthénique des aliments qui la contiennent, cervelles, laitance de poisson, huile de foie de morue, beurre...

La *lécithine végétale*, bien que très voisine du produit animal, ne lui est pas exactement identique. En réalité, la chimie connaît une *lécithine* et une *céphaline*, autre lipide encore plus complexe, à même teneur d'azote et de phosphore. La *lécithine animale* est un produit à 60-70 % de *lécithine* et de 20-30 % de *céphaline*. Les proportions s'inversent à peu près dans la *lécithine végétale*.

Le soja a une teneur considérable en *lécithine* et *céphaline*, 1,6 à 3 % ; il permet donc



(74 684)

FIG. 5. — PRESSES CONTINUES ANDERSON UTILISÉES DANS UNE USINE DE CHICAGO POUR L'EXTRACTION DE L'HUILE DE SOJA

*La graine de soja séchée et broyée arrive d'abord à un distributeur automatique, puis elle est chauffée vers 65° C avant de parvenir à la presse proprement dite. Celle-ci est constituée par un axe d'acier muni de saillies ou d'ailes qui, agissant comme une vis d'Archimède, entraîne la matière contre un obturateur réglable conique. La pression atteint de 700 à 900 kg/cm<sup>2</sup>. Un seul homme peut surveiller une batterie de six à huit presses. Une installation de trois appareils permet de traiter 36 t de soja en vingt-quatre heures.*

la production d'un produit beaucoup moins coûteux que la lécithine animale. Son extraction a donné naissance à une véritable exploitation industrielle, qui a débuté au Mandchoukouo, et s'est étendue ensuite au Japon, en Allemagne, au Danemark...

Les applications de la lécithine végétale sont extrêmement variées.

On l'utilise actuellement en Allemagne pour donner l'arôme du beurre aux nombreux ersatz qu'on fabrique avec des produits allant de l'huile de poisson à l'huile de pépins de raisin. Le moyen le plus simple est l'addition de 2 à 5 % de lécithine de soja à la crème de lait, qu'on laisse mûrir quelque temps, et qui donne un beurre à «goût de noisette» très prononcé. C'est avec lui que l'on parfume ensuite des quantités considérables de margarine, beurres végétaux...

Le pouvoir émulsif de la lécithine végétale est utilisé de façons multiples. L'un des plus gros clients, en tonnage, est la chocolaterie. Assurément, beaucoup de chocolats présentés comme lécithinés sont simplement à base de soja, sans autre proportion de lécithine végétale que celle qui est naturellement contenue dans la graine entière ou le tourteau résiduaire de l'extraction d'huile. Mais, lorsque l'addition de lécithine est poussée à 1 %, la tension superficielle du chocolat ou du beurre de cacao est considérablement abaissée, c'est-à-dire qu'ils

entrent beaucoup plus facilement en émulsion dans les liquides aqueux. L'intérêt est double. Le chocolat obtenu est beaucoup plus facile à digérer, pour les hépatiques, par exemple. La fabrication du chocolat et des dérivés, qui présente les difficultés dues au mélange entre des matières grasses et des

matières hygroscopiques, en est extrêmement facilitée.

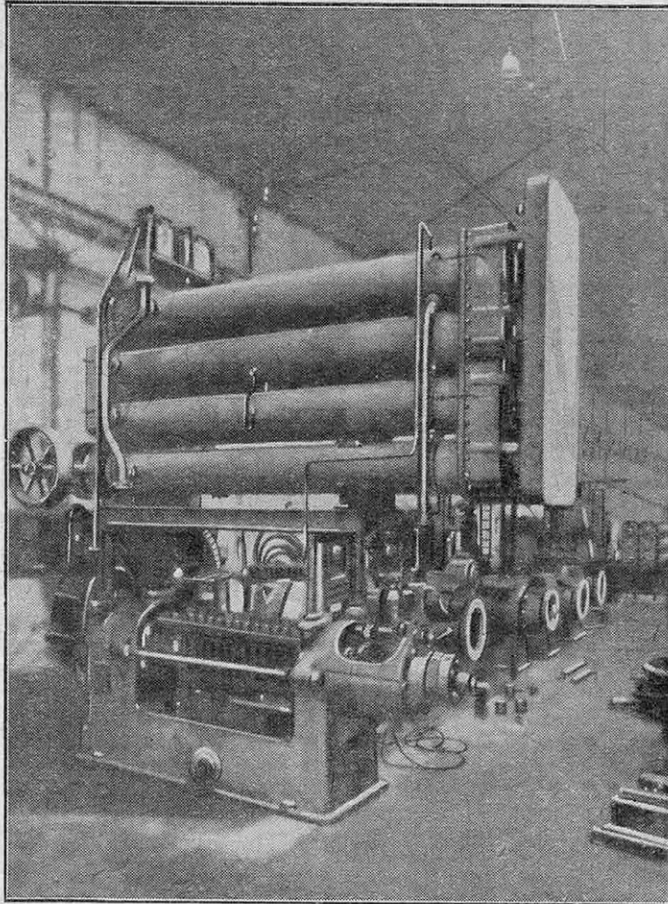
Le même pouvoir émulsif, combiné à d'autres propriétés, pouvoir d'adsorption, effet antioxygène, est utilisé dans l'industrie pour la préparation de produits divers pour lavage, apprêt, teinture, pour la nourriture des cuirs...

L'un des emplois les plus complets de la lécithine végétale est la fabrication de savons de luxe et de produits de beauté.

Son pouvoir émulsif y intervient. On sait, en effet, que si l'hydrolyse alcaline joue un rôle dans le lavage, c'est surtout à une action émulsive qu'est dû l'effet détersif du sa-

von; le vieux «sapon à la bile» utilisait déjà cette propriété. A très faible concentration, 0,2 %, les savons lécithinés émulsifient de beaucoup plus fortes proportions d'huile que le savon ordinaire, et donnent des émulsions plus stables. Mais, pour cette application, la lécithine du soja rencontre la concurrence de nombreux autres produits émulsifiants, comme les alcools gras supérieurs et de nombreuses amines.

Elle retrouve son avantage en « produits



(74 685)

FIG. 6. — SUPERPRESSE A MARCHE AUTOMATIQUE  
SYSTÈME LAMY-TONILHON (EN MONTAGE)

On voit, au sommet de l'appareil, les huit chauffoirs tubulaires (disposés sur deux rangées de quatre) à chemise de vapeur où la matière circule sous l'impulsion de palettes fixées à un arbre central.



de beauté ». La parfumerie de jadis usait volontiers du lait, du jaune d'œuf, comme aussi des mille poudres, humeurs, sécrétions ou excréments animales, parmi lesquelles l'opothérapie pratique aujourd'hui un choix plus éclairé. Avec la lécithine végétale, beaucoup moins coûteuse que celle du jaune d'œuf, on dispose d'un produit qui, outre ses pouvoirs d'adsorption, d'émulsivité, de lubrification, sa solubilité satisfaisante, introduit dans les formules sa teneur glycérophosphorée. Son succès dans les produits de beauté date d'une dizaine d'années ; il s'est étendu de l'Allemagne, à la France et à l'Angleterre. La lécithine de soja est l'élément actif des « crèmes qui nourrissent la peau ».

La fabrication des *plastiques* complexes est une des applications du soja qui a été particulièrement poussée par Ford, qui s'est fait aux Etats-Unis un apôtre de l'utilisation intégrale du soja. Par million de voitures sortant de ses ateliers, Ford utilise 25 000 hl d'huile de soja, dont les deux tiers comme peinture émail et le reste en noyaux de fonderie. Il absorbe en outre 22 000 qx de farine résiduaire de tourteaux, dont plus des trois quarts pour les encadrements de glaces, le reste pour boutons de changements de vitesse et d'avertisseur, interrupteurs d'éclairage, chapes, barres et plaques diverses. Le compartiment consacré aux nouveaux plastiques dans l'usine de River Rouge (Minnesota) n'a pas coûté moins de 180 millions de francs.

### L'introduction en France de la culture et des industries du soja

Il a fallu deux siècles d'acclimatation du tubercule américain en Europe, l'exemple de l'étranger, la campagne de Parmentier, et même la fleur à la boutonnière de Louis XVI, pour que le Français se décidât à manger de la pomme de terre. Est-il aujourd'hui, en dehors de quelques infortunés diabétiques, un d'entre eux qui puisse s'en passer ? Le soja ne prête même pas à cette

objection : le pain de soja est l'un des plus anciens aliments de régime pour diabétiques que l'on connaisse.

Avec ses 30 qx au maximum, le soja n'est pas de ces cultures, comme la pomme de terre, qui permettent de nourrir quinze ou vingt hommes à l'hectare et de sauver de la famine les peuples placés dans les conditions les plus terribles. Il reste, comme la betterave, une culture de demi-luxe, celle qui donnera quelques matières grasses à l'homme fatigué de les fabriquer dans son propre tube digestif à partir de la farine ou de la fécule.

La France et son empire colonial se prêtent parfaitement à la culture du soja. Il faudrait à cette plante, à sa teneur en albuminoïdes et en lécithine, quelques débouchés fructueux et publicitaires pour secouer l'ignorance ou l'indifférence du paysan français à son égard. Dans une période de surproduction générale des principales cultures françaises, blé, vigne, betterave, le soja pourrait être une des cultures de remplacement les plus intéressantes. Dans une période de guerre, où les importations des principaux produits d'où sont extraits les matières grasses (arachides, palme) se feront peut-être avec beaucoup de difficulté, sa culture métropolitaine peut s'imposer.

Ce qui s'oppose le plus à l'extension de la culture du soja dans nos pays occidentaux, c'est la concurrence de la main-d'œuvre à vil prix, qui produit l'arachide ou la fève mandchoue. Il faudra triompher ensuite de la résistance des intérêts lésés, depuis les trusts oléagineux jusqu'au paysan qui verra son beurre aux prises, sur le marché, avec un excellent ersatz, à « goût de noisette », de conservation parfaite, que débitera la grande industrie.

Le soja est une des richesses dont l'univers dispose. Pour en avoir sa part, la France doit consentir à sa culture et au développement de ses industries les premiers efforts et débours qu'exigent tous les débuts.

CH. PAULMY.

La France vient au second rang, après les Etats-Unis, en ce qui concerne les services d'exploitation des chemins de fer à grande vitesse. Près de 25 000 km par jour y sont, en effet, parcourus à plus de 96 km/h de moyenne (1), contre 78 000 aux Etats-Unis ; vient ensuite l'Angleterre, avec 18 220 km. Au total, pour neuf pays, 150 000 km contre 10 000 km en 1932.

Les services à plus de 112 km/h se répartissent ainsi : 7 063 km aux Etats-Unis, 4 870 km en Angleterre, 3 170 km en France (2).

(1) Ou 60 milles à l'heure, allure au-dessus de laquelle un train est dit « à grande vitesse ».

(2) Ces statistiques, les dernières publiées, se rapportent à l'année 1938.

## LES LIVRES QU'IL FAUT MÉDITER

Sous cette rubrique, une personnalité éminemment qualifiée pour chaque genre d'ouvrage analyse les livres les plus récents, qui font école dans les différents domaines de la pensée humaine appliquée à l'interprétation des faits et des idées humaines.

### L'UNITÉ DE LA MATIÈRE (1)

C'EST une bonne fortune, à l'heure où l'on pressent que les transmutations et les dématérialisations vont bouleverser l'évolution de l'humanité, que de posséder un large panorama, qui s'étend sur près de trois mille ans, depuis les physiciens ioniens de la Grèce antique jusqu'à la découverte de la radioactivité artificielle : les idées du passé nous font mieux comprendre les recherches actuelles et nous préparent aux réalisations de demain.

Tel est le but que se proposa certainement une distinguée Polonaise, Hélène Konciewska, qui soutint sa thèse de doctorat à Paris, et dont il faut louer à la fois l'étendue des connaissances historiques et la fidélité avec laquelle elle expose les conceptions les plus récentes. Nous allons donner une première idée de son ouvrage, en la suivant pas à pas dans ses développements, mais en insistant tout spécialement sur les détails qui peuvent intéresser les lecteurs de *La Science et la Vie*.

Au cours de cette longue période, qui comprend l'histoire ancienne, le moyen âge, les temps modernes et l'époque contemporaine, on peut dire que l'esprit humain a été tiraillé par deux préoccupations pour ainsi dire complémentaires, que le titre même du livre met en évidence : les phénomènes de la nature présentent à la fois la pluralité et l'unité, ou, si l'on préfère, une diversité qualitative et l'identité de certains de leurs caractères ; ce n'est que tout dernièrement que la variabilité incessante et inépuisable de ces phénomènes a pu s'accorder avec la permanence de certaines grandeurs physiques, qui constituent, pour ainsi dire, la clé de notre compréhension de l'Univers.

#### De l'antiquité aux alchimistes

Ce qui frappa sûrement l'esprit des premiers physiciens grecs, ce fut la possibilité que présente la matière (et l'eau en particulier) de passer successivement par des états physiques (solide, liquide, vapeur) et de changer entièrement d'aspect sans

(1) L'unité de la matière et le problème des transmutations, par Hélène Konciewska. Prix franco : France, 43 f 20 ; étranger, 47 f.

être détruite. Mais Thalès ou Anaximène n'avaient aucun moyen de distinguer ces simples « changements d'état » d'avec d'autres transformations plus profondes, notamment d'avec celles que nous ne connaissons que depuis cinquante ans. Nos lecteurs savent tous qu'un changement d'état n'est qu'une variation dans la répartition et l'écartement des molécules, tandis que les transmutations consistent en explosions de ces minuscules noyaux qui occupent le centre des atomes (atomes qui sont, eux-mêmes, des fragments de molécules). Très rapidement, l'élan des physiciens grecs vers l'expérience subit un arrêt, car les ressources expérimentales, dont ils disposaient, étaient infiniment trop modestes pour leur permettre des réponses aux questions qui les assaillaient de toutes parts : l'imagination ne tarda pas à devancer l'observation, et cet état d'esprit subsista jusqu'à Robert Boyle et Lavoisier. Cependant, les physiciens ioniens ont été, dans un certain sens, les précurseurs de l'alchimie et des conceptions modernes de la matière, non seulement parce qu'ils ont admis son unité, mais aussi et surtout parce qu'ils ont établi les liens existant entre cette unité et l'idée de transmutation.

Chez les alchimistes, l'observation de la nature joue un rôle moins important que dans les théories ioniennes : toute l'attention des alchimistes se concentre sur les procédés de l'art de transformer les diverses substances, et cet art leur apparut comme la première révélation du pouvoir expérimental de l'homme sur la nature : l'expérience chimique concrète était, pour eux, « une terre nouvelle, la terre promise de la science ». Marcelin Berthelot montra, d'autre part, que l'alchimie se trouva associée à la magie et à l'astrologie :

1° *A la magie*, car les premiers expérimentateurs, modifiant ou produisant à volonté certaines substances, furent bientôt considérés comme des magiciens, et « le Grand Œuvre » apparut, aux yeux des non-initiés, comme un pouvoir sacrilège, comme une sorte d'empiètement de la science humaine sur la puissance divine ;

2° *A l'astrologie*, car l'éclat des astres et

une certaine similitude de couleurs ont suggéré aux alchimistes l'idée d'une parenté, d'une correspondance stricte entre les « sept » métaux et les « sept » « planètes » : or = Soleil ; argent = Lune ; mercure = Mercure ; cuivre = Vénus ; fer = Mars ; étain = Jupiter ; plomb = Saturne. Toutefois, ces analogies ne furent pas tant l'expression de croyances occultes, qu'un effort pour concevoir un déterminisme universel, comprenant, dans un même système, les phénomènes chimiques et les phénomènes planétaires, ou, pour tout dire, une tentative pour prouver l'unité de la matière.

Le rôle joué par le mercure est bien intéressant à rappeler : comme le métal mercure est liquide, les métaux fondus lui ressemblent, d'où l'idée que tous les métaux proviennent d'un principe commun, représentant la liquidité métallique. Par ailleurs, le mercure s'allie facilement aux autres métaux (comme le cuivre, l'or et l'argent), d'où l'idée de le considérer comme un agent universel de transmutation. Héléne Konciewska distingua trois conceptions différentes : en premier lieu, le mercure est tenu pour un principe de mobilité, de variabilité (et, en ce sens, il se rapproche du feu, que le philosophe grec Héraclite considérait comme la représentation du devenir) ; en second lieu, le mercure est un médiateur, un principe intermédiaire entre les différents métaux et les divers corps sensibles ; en troisième lieu, le mercure se présente comme âme ou esprit, opposé à la matière inerte. « C'est là, ajoute l'auteur, un curieux mélange de mysticisme ou de vitalisme avec un matérialisme grossier. » Comme l'écrivait Albert le Grand, dès le XIII<sup>e</sup> siècle : « ce qui s'évapore au feu est esprit, âme, accident ; ce qui ne s'évapore pas, corps et substance »...

Quel était, en définitive, l'objet des transmutations dans l'esprit des alchimistes ? Ils étaient prisonniers d'un anthropomorphisme naïf, dont l'humanité eut tant de peine à se débarrasser : les qualités les plus évidentes aux sens, les plus frappantes — comme la couleur, la solidité, la liquidité — étaient également celles auxquelles ils attachaient la plus grande importance pour leurs transmutations. Ces dernières se confondaient souvent avec les procédés métallurgiques d'extraction et de purification des métaux. Les alchimistes pensaient que la matière était quelque chose de distinct de ses qualités : il suffisait donc d'enlever à un métal donné toutes ses propriétés particulières, pour parvenir à « la matière première des métaux », qu'il n'y avait plus alors qu'à teindre pour lui conférer l'apparence que l'on désirait. Une transmutation s'obtenait en dépouillant la matière de ses qualités vulgaires, grossières, qui correspondaient à son état d'inactivité chimique ; la puissance active ou l'âme de la matière, ainsi

déclenchée, avait la faculté d'« attirer » les qualités individuelles : si on la traitait par des principes qualitatifs convenablement choisis, ou plutôt par des substances qui en contenaient la proportion la plus considérable — on pouvait fabriquer le corps à propriétés voulues.

Les conceptions théoriques et les idées mystiques qui viennent s'associer à ces procédés ne peuvent dissimuler leur caractère utilitaire. Le fait que l'imitation habile de l'or ou de l'argent se confonde parfois avec la production réelle de ces métaux accentue cet aspect commercial de certaines transmutations.

En définitive, les prétendues transmutations alchimiques sont, du point de vue de la chimie moderne, des faits absolument inexacts. Il n'y avait pas, pour l'alchimiste, des repères fixes, qui auraient constitué, comme nos corps simples, les points de départ et les points d'aboutissement de leurs opérations. Les alchimistes ne disposaient pas de critères déterminés, qui leur eussent permis de définir, avec quelque précision, ce qu'est une transmutation et de la contrôler expérimentalement. « Dans leurs conceptions, les procédés d'imitation d'une substance se confondaient souvent avec sa production chimique réelle ; les changements superficiels ne se distinguaient pas de transformations plus profondes. »

### Un siècle d'expérimentation et de classement

Nous abordons maintenant la *période de transition*, qui commence avec Lavoisier et qui coïncide approximativement avec le XIX<sup>e</sup> siècle.

Lavoisier dut s'affranchir « de tout un balaste de concepts profondément enracinés dans l'esprit humain, qui masquaient la signification réelle de l'expérimentation ». Citons, par exemple, ce qu'il écrivait en 1783 sur le phlogistique : « Si tout s'explique en chimie d'une manière satisfaisante sans le secours du phlogistique, il est, par cela seul, infiniment probable qu'il n'existe pas ; que c'est un être hypothétique, une supposition gratuite ; et, en effet, il est dans les principes d'une bonne logique de ne pas multiplier les êtres sans nécessité ». Lavoisier n'a pas seulement créé une méthode appartenant exclusivement à la chimie, mais il est l'auteur « d'un renouvellement profond de la manière d'envisager et d'expliquer les phénomènes, d'une régénération de la pensée scientifique jusqu'en ses fondements mêmes. La révolution de Lavoisier consiste dans un changement total de l'attitude du savant vis-à-vis de la réalité, changement qui consiste à voir directement les faits, ou plutôt à chercher leur signification réelle, véritable, par l'expérience, en les dépouillant soigneusement de tout ce qui ne se trouve pas en rapport direct avec celle-ci ».

En formulant sa loi « de la conservation des corps simples », Lavoisier rendait, contre l'alchimie, une sentence formelle : *il n'y avait jamais eu de transmutations*, il n'y en avait pas non plus de son temps. Et il fallait attendre encore plus d'un siècle avant que l'humanité se rendît compte de la première transmutation.

La « période de transition » dura pendant tout le XIX<sup>e</sup> siècle : ce fut, en ce qui concerne le sujet que nous traitons, *le siècle des présomptions*.

Le précurseur en la matière fut le médecin anglais William Prout, qui, en 1815, remarqua que les masses atomiques des éléments étaient à peu près des multiples entiers de celle de l'hydrogène. Cette simple observation lui servit de point de départ à cette hypothèse, à savoir que « l'hydrogène serait l'élément primordial dont tous les autres corps, supposés simples, dériveraient par condensation atomiques ». Cette hypothèse fut reprise par Jean-Baptiste Dumas et appuyée par d'intéressants rapprochements numériques.

Un peu plus tard, on se préoccupa de classer les quelques dizaines d'éléments « irréductibles », alors connus. Les premières ébauches du système périodique sont dues à de Chancourtois, en France, et à Newlands, en Angleterre, mais ce sont surtout le Russe Dimitri Mendéléïeff et l'Allemand Lothar Meyer, qui l'ont développé et étudié en détail, les deux savants étant parvenus, l'un indépendamment de l'autre, aux mêmes résultats.

En même temps, le dépouillement des raies spectrales conduisait les physiciens — notamment Crookes et Lockyer — à la complexité des « éléments irréductibles ». Nulle part, l'idée de l'unité de la matière n'a été reprise et approfondie avec autant de hardiesse et d'ardeur que dans la physique anglaise.

L'ancien problème des transmutations ressuscitait dans la science. En 1816, l'illustre physicien Michaël Faraday s'exprimait en ces termes : « Nous commençons à souhaiter avec la plus vive impatience la découverte d'un nouvel état des éléments chimiques. La décomposition des métaux, leur composition, la réalisation de l'idée jadis absurde de transmutation — tels sont les problèmes que la chimie est appelée maintenant à résoudre. » Paroles prophétiques, qui contribuaient à préparer les esprits, mais que l'expérience devait encore longtemps tarder à confirmer.

### Radioactivité et transmutations

Aux points de vue de l'unité de la matière et des transmutations, la période contemporaine est marquée par trois grandes dates : 1896-1897, découverte de la radioactivité (spontanée) par Henri Becquerel, Pierre et Marie Curie ;

1919, découverte des transmutations artificielles par Ernest Rutherford ;

1934, découverte de la radioactivité artificielle, par Frédéric et Irène Joliot.

Tous ces phénomènes ont été tant de fois décrits dans nos colonnes, qu'il est superflu d'y revenir en détail, mais il n'est pas inutile d'en souligner, avec Hélène Konczewska, l'intérêt philosophique.

La radioactivité a révélé un phénomène entièrement imprévu, qui jeta une lumière nouvelle sur nos conceptions de la matière et des transmutations. Comme l'écrit Jean-Perrin, « c'est au plus profond de l'atome, dans le noyau très condensé — dont nous avons établi l'existence — que se produit une désintégration qui échappe à notre influence, autant peut-être que lui échappe l'évolution d'une étoile lointaine ».

Le système périodique reçut une interprétation nouvelle : « Ainsi généralisé, écrivait Marie Curie, il nous ramène à la conception de l'unité de la matière, idée grandiose, aussi ancienne que la théorie atomique, mais réfutée, en apparence, par les déterminations précises de masses atomiques, auxquelles la chimie accordait une signification simple dont elles sont dépourvues. » C'est que la masse a cessé d'être un invariant : si l'on veut définir la matière usuelle (abstraction faite du neutron) par l'invariabilité, ce n'est plus la masse ou l'inertie qu'on doit considérer comme la propriété la plus fondamentale de la matière, mais c'est la charge électrique. On est conduit à affirmer que ce n'est plus la masse qui constitue la vraie substance des corps : la charge électrique est devenue le fond et le centre permanent de l'idée de matière.

La période contemporaine a été caractérisée par une moisson extrêmement riche de faits nouveaux et de preuves expérimentales : ce n'est plus seulement une tendance de la pensée à imposer au réel la forme de son propre rêve scientifique, ce n'est plus une divination heureuse, mais un accord de ce rêve avec la réalité. Et cet accord reste « un des faits les plus surprenants dans l'histoire de la pensée ».

En terminant, l'auteur note le caractère des étapes, que nous venons de passer en revue : d'abord, l'élan d'une pensée qui suit jusqu'au bout le jet de son inspiration ; ensuite, l'enregistrement patient des faits ; enfin l'adaptation constante de l'intelligence humaine à tout ce que les découvertes expérimentales apportent de nouveau et d'imprévu : « ces diverses attitudes nous permettent de reconnaître que l'unité et la diversité, le changement et la permanence s'entrelacent si étroitement dans la réalité et dans la conception que la pensée s'en fait, qu'il est impossible de les séparer sans anéantir du même coup un aspect essentiel des choses ».

MARCEL BOLL.

# LE BILAN MENSUEL DE LA GUERRE

(3 Avril - 3 Mai 1940)

Par le général BROSSÉ

*Le bilan synthétique des opérations terrestres, navales et aériennes entreprises par les belligérants, que présente chaque mois La Science et la Vie, couvre, ce mois-ci, la période qui s'étend du 3 avril au 3 mai. Il est principalement consacré à la guerre en Scandinavie et volontairement limité aux combats qui se sont déroulés au cours du mois d'avril. Il permettra de mieux comprendre leur portée en les situant dans leur cadre général.*

L'ABOMINABLE attentat commis par l'Allemagne contre la Norvège ouvre une phase absolument nouvelle dans la guerre actuelle. Constatons tout d'abord que ce déplacement du conflit vers l'extrême nord de l'Europe a complètement déjoué toutes les prévisions.

Depuis le début d'octobre 1939, l'armée allemande, après ses succès rapides de Pologne, est demeurée totalement inactives, face aux frontières occidentales du Reich. Pendant cette longue période, tous les écrivains qui s'occupent de questions militaires ont cherché de mille manières une réponse à la question : « Que fera Hitler ? » Or aucun d'eux n'a prévu que le dictateur de l'Allemagne allait chercher à s'emparer de la Norvège, par des procédés qui rappellent les plus vils complots. Ainsi se trouve vérifiée, une fois de plus, cette vérité si souvent proclamée, sur l'impossibilité, pour un belligérant, de deviner les intentions de son adversaire. Pour concevoir et mettre à exécution un projet si cynique et si téméraire à la fois, il était nécessaire d'avoir le cerveau et la perdition d'un chef nazi.

Quelle est, dans l'ensemble des opérations européennes, la signification de ce nouvel et vaste épisode ? Il semble qu'on puisse la comprendre en scrutant assez profondément les motifs qui dirigent les deux adversaires.

Hitler, depuis sept mois, se trouve placé en face de deux sortes de solutions : ou bien jouer le tout pour le tout, rechercher une victoire décisive rapide, en étreignant, avec toutes ses forces, l'adversaire terrestre principal, c'est-à-dire le groupe des armées franco-britanniques, ou bien se préoccuper de mener jusqu'au bout une guerre de longue durée, faire passer au premier plan les nécessités du ravitaillement, briser le blocus, et s'attaquer directement à la puissance qui domine les mers : l'Angleterre. La première

solution est celle des stratèges allemands, dont Schlieffen est le maître incontesté. La seconde est celle des marins et des généraux à tendance politique.

Pendant la dernière guerre, nous voyons la même opposition se présenter à partir de 1915. D'un côté, les fidèles disciples de la pure tradition prussienne, Hindenburg et Ludendorff, déploient tous leurs efforts pour amener la Direction Suprême à rechercher promptement une solution décisive, en accablant les Russes, dont l'armement et le commandement paraissent offrir l'occasion d'une victoire relativement facile, et de caractère définitif. De l'autre côté, le chef d'état-major général Falkenhayn, esprit ennemi des solutions trop absolues, se refusant obstinément à courir des risques graves, impose à l'armée allemande une attitude prudente, cherche à conquérir de vastes territoires et à les conserver, se préoccupe de l'avenir et s'efforce d'assurer le ravitaillement de l'Allemagne par l'exploitation de vastes régions, en un mot, adopte, sans restrictions, la solution des demi-mesures et de la guerre longue.

Il semble que Hitler, plus politicien que stratège, ait pris pour maître Falkenhayn et non le vigoureux duumvirat Hindenburg-Ludendorff. Il renonce à la stratégie d'anéantissement, chère à tous les Schlieffeniens, et inaugure la lutte contre le blocus. Que cherche-t-il en s'emparant de la Norvège ?

1° Des ports sur l'océan Arctique, dans une région où, par suite de la profondeur de la mer et de la vaste étendue des côtes, les Anglais seront dans l'impossibilité de fermer toutes les issues maritimes par des champs de mines et où les navires marchands, venant de l'Atlantique, pourront échapper aux patrouilleurs britanniques ;

2° La possession, sur les côtes de la Norvège méridionale, du Jutland et des îles

danoises, de bases de sous-marins et d'hydravions, qui lui assurent une position dominante dans la mer du Nord et, par conséquent, lui permettent d'entreprendre avec avantage la lutte contre la marine marchande britannique ;

3° La mainmise complète sur le minerai de fer suédois, dont la route principale longe la côte occidentale de la Norvège, à partir de Narvik, route que les Alliés semblent, depuis quelques semaines, décidés à lui interdire.

Pour réaliser cette conquête à peu de frais, Hitler applique la méthode qui lui a réussi si souvent. Tout d'abord, il s'attaque à un seul pays à la fois : la Norvège, ce qui lui permet de n'avoir pas à se préoccuper de protéger, face à l'est, du côté de la Suède, les flancs et les derrières de ses armées. L'occupation du Danemark est une entreprise qui ne saurait soulever aucune difficulté. En second lieu, il prépare son agression par des mesures de trahison, qui vont lui permettre de s'emparer presque sans coup férir, et avec la plus grande rapidité, de tous les points stratégiques de la Norvège, qui sont des ports, puisque ce pays comprend presque exclusivement une longue façade maritime, dentelée de fjords en eau profonde, qui se développent au pied d'une chaîne montagneuse très continue et largement épanouie dans sa partie méridionale. Les mesures préventives prises dans ce dessein sont connues. Des cargos allemands, bourrés de soldats et de marins, cachés dans les cales, stationnent à l'avance dans les principales rades ; des touristes germaniques encombrant les mêmes villes ; enfin, un petit nombre de traîtres, gagnés à la cause nazie, s'apprêtent à livrer leur pays.

Les opérations en Norvège comprennent jusqu'ici quatre phases distinctes. Les détails des diverses opérations, tant alliées qu'allemandes, ne sont pas connus avec précision, mais on peut cependant tracer à grands traits une esquisse qui reflète la physionomie générale des événements.

### Le plan hitlérien

Le plan hitlérien comprend trois opérations, simultanées ou successives, mais étroitement enchaînées :

a) L'occupation, par surprise, des principaux ports, qui sont en même temps les villes les plus importantes du pays et les centres prévus pour la mobilisation des divisions norvégiennes, de façon à enlever aux Alliés les moyens d'effectuer tout débarquement rapide et à troubler, dès le premier

jour, d'une façon profonde, la mobilisation de l'armée ;

b) Invasion du Danemark et, en particulier, du Jutland, dont la possession lui permettra de couvrir, dans une large mesure, la route des convois allant des ports allemands de la mer Baltique vers Oslo ;

c) Rétablissement rapide de la liaison entre les forces principales, débarquées dans la région d'Oslo, et les détachements répartis dans les ports de la côte occidentale.

### L'agression allemande

Le dimanche 7 avril, la majorité de la flotte de guerre allemande, partie des bases de la mer du Nord, se dirige vers la Norvège, le long de la côte occidentale du Jutland. Sa mission est sans doute d'interdire l'entrée du Skagerrak et de protéger le mouvement des convois qui vont transporter des troupes dans les ports norvégiens. On a dit, de différents côtés, et cela paraît vraisemblable, qu'une partie des troupes de débarquement était en route vers ses objectifs depuis plusieurs jours déjà, portée dans des bâtiments de commerce, gardant l'apparence d'innocents cargos et battant pavillon neutre. Etant donné la très grande distance qui sépare Narvik des ports allemands, il n'a pas fallu moins de quatre ou cinq jours à des bâtiments de commerce pour faire le voyage.

Dans la soirée du dimanche 7, la Home Fleet, prévenue par des avions de reconnaissance qui avaient aperçu des navires ennemis au nord d'Héligoland, appareillait de Scapa-Flow vers le Sud, sur l'ordre de l'Amirauté. Le lundi 8, d'importantes forces navales allemandes sont repérées à la sortie des détroits danois, se dirigeant rapidement vers le Nord. Ce jour-là, un destroyer britannique, revenant isolément des parages de Narvik, est attaqué et coulé. Le mardi 9 au matin, des convois chargés de troupes se présentent presque à la fois à l'entrée du fjord d'Oslo et devant Kristiansand, Stavanger, Bergen, Trondhjem et Narvik. Presque en même temps, plusieurs divisions blindées franchissent la frontière du Schleswig. A Oslo, la plus grande partie des ouvrages qui défendent l'entrée du fjord sont désarmés, par suite des mesures de trahison ourdies par la Gestapo. Cependant quelques batteries ouvrent le feu ; deux croiseurs allemands sont coulés.

Au moment où l'attaque navale bat son plein, le ministre d'Allemagne à Oslo fait une démarche auprès du gouvernement norvégien pour l'inviter à accepter l'occu-

pation du pays par les troupes allemandes. Cette demande est rejetée; le roi et les ministres quittent la ville et se retirent à Hamar. Les Allemands entrent dans Oslo au cours de la journée. Le même jour, vers 10 heures, un mémorandum allemand est également remis au gouvernement danois, pour l'inviter à laisser entrer, de bonne grâce, les troupes allemandes. Le roi et son ministère s'inclinent devant l'ultimatum hitlérien: l'armée danoise n'opposera aucune résistance sérieuse à l'envahisseur. De grandes unités blindées pénètrent dans le Jutland, des forces sont débarquées à Middelfart, à Copenhague, et en plusieurs autres points.

Sur mer, pendant la journée du 9 avril, la bataille aéronavale se poursuit, par groupes séparés, sur un très large front. Dès la soirée de ce même jour, la flotte allemande est en fuite ou réfugiée par petites fractions et bloquée dans les fjords de la côte occidentale.

Le mercredi 10 a lieu la première bataille navale de Narvik: 5 destroyers britanniques pénètrent dans le fjord de Narvik, où la présence de 6 destroyers allemands leur a été signalée. Les Anglais perdent 2 bâtiments, mais font subir de graves dommages à leurs adversaires et coulent 7 transports chargés de matériel et de munitions. Dans l'après-midi, 2 croiseurs ennemis sont coulés par des appareils de la Royal Air Force, dans le fjord de Bergen. En même temps, des bâtiments marchands, transportant des troupes et du ravitaillement, sont attaqués dans le Skagerrak par des sous-marins alliés et subissent des pertes sérieuses.

Sur terre, les troupes débarquées à Oslo, et qui comprennent des unités motorisées, se portent vers le Nord. Un détachement cherche à se saisir du roi Haakon et du gou-

vernement norvégien, réfugié à Hamar; il est arrêté au sud d'Elverum, à la suite d'un engagement très vif, par des éléments hâtivement réunis. Les Allemands envoient, sur le théâtre de la lutte, des troupes transportées par des avions commerciaux. Ce jour-là et les jours suivants, la résistance s'organise en Norvège, mais l'armée, dont la mobilisation n'a pu se faire régulièrement,

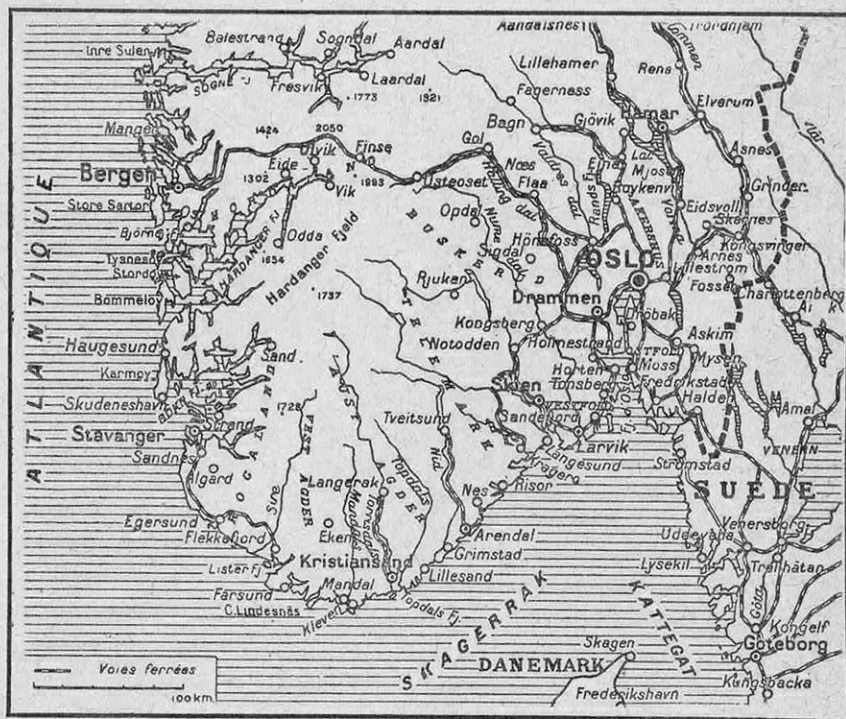


FIG. 1. — CARTE DE LA RÉGION MÉRIDIIONALE DE LA NORVÈGE OCCUPÉE PAR LES ALLEMANDS QUI ONT DÉBARQUÉ A OSLO, KRISTIANSAND, STAVANGER ET BERGEN DÈS LE 9 AVRIL

manque d'armes et demeurera dans une situation difficile.

### La riposte navale des alliés

Pendant ce temps, les Anglais ont posé un immense champ de mines de la pointe nord-est du Zuyderzée, à Bergen, sur une longueur d'environ 1 200 milles. Cette obstruction est destinée à gêner les communications par mer, entre le Reich et la Norvège.

Le samedi 13 a lieu la seconde bataille de Narvik. Le cuirassé anglais *Warspite*, accompagné par plusieurs destroyers chargés de relever les mines, pénètre dans le fjord de Narvik: 7 torpilleurs allemands qui s'y trouvaient sont coulés. Aucune des unités britanniques n'est gravement endommagée. Sur terre, à l'est d'Oslo, les Norvégiens défendent les passages du fleuve Glommen.







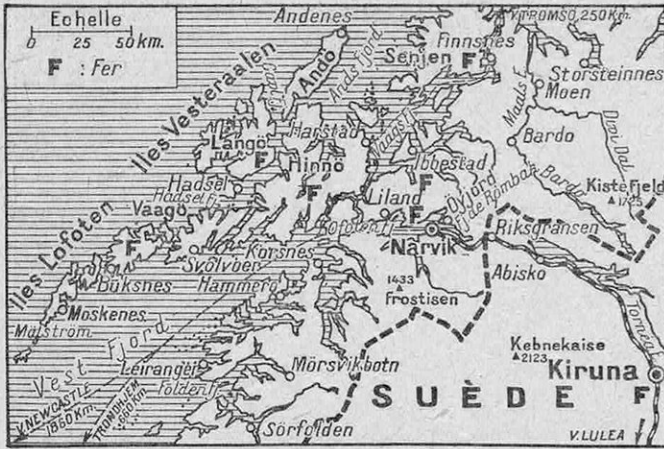


FIG. 3. — CARTE DE LA RÉGION DE NARVIK ET DU VEST-FJORD OU SE SONT DÉROULÉS LES COMBATS NAVALS AU COURS DESQUELS LA FLOTTE BRITANNIQUE A ANÉANTI EN PARTIE LA FLOTTE ALLEMANDE

A l'ouest de la ville, les Allemands cherchent à s'étendre et occupent Drammen et Hønefoss.

Deux nouveaux barrages de mines ont été posés par les Anglais : l'un à travers la Baltique, de la côte suédoise à Memel ; l'autre, à travers le Kattegat.

### Les premiers débarquements alliés en Norvège

C'est le lundi 15 avril qu'un communiqué commun de l'Amirauté et du War Office a annoncé que des forces britanniques avaient débarqué sur plusieurs points de la Norvège. Les détails officiels sur ces opérations ont été extrêmement rares. On peut cependant, aujourd'hui, reconstituer les épisodes principaux.

A Narvik, des débarquements de forces britanniques ont eu lieu sans doute vers le 14. Les Alliés ont occupé la partie basse de la ville. Les Allemands paraissent être divisés en plusieurs groupes : l'un est resté accroché dans la partie haute du port ; l'autre s'est dirigé vers le Nord, peut-être pour mettre la main sur la ville de Harstad, prévue comme centre de mobilisation de la division la plus septentrionale ; le troisième s'est échelonné vers la frontière suédoise et a occupé la voie ferrée qui mène vers les mines de Kiruna.

A Trondhjem, les Allemands

ont occupé, à partir du 17 avril, la voie ferrée menant de cette ville vers la Suède. Ils se sont trouvés arrêtés de ce côté par la petite forteresse de Hégra, qu'ils ont cherché à enlever, mais qui a résisté énergiquement et avec succès. Les Allemands ont tenté de renforcer leur garnison de Trondhjem par des forces transportées en avions sur l'aérodrome de Vernes, situé à 18 km à l'est de la ville, mais les canons du fort d'Hégra tenaient sous leurs feux le terrain d'atterrissage.

Les Alliés ont débarqué vers le 17 ou 18 à Namsos, petit port situé sur un fjord, à 130 km à vol d'oiseau au nord-est de Trondhjem. L'ennemi a repéré ces débarquements et a, le 20, effectué un bombardement d'une très grande violence contre Namsos, qui a été détruit. Les troupes alliées débarquées n'ont pas subi de pertes. Elles ont ensuite progressé vers le sud. Elles ont pris contact avec l'ennemi à peu près à mi-distance entre Namsos et Trondhjem, dans une région très montagneuse, en bordure d'un long fjord sur lequel se trouve ce dernier port.



FIG. 4. — LES CHAMPS DE MINES POSÉS PAR LES ANGLAIS POUR S'OPPOSER AU RAVITAILLEMENT ET AU TRANSPORT DES TROUPES DU REICH ET INTERDIRE LA « ROUTE DU FER »

Le 22, les Allemands ont exécuté une violente contre-attaque à l'aide de troupes amenées par les torpilleurs demeurés dans le fjord de Trondhjem, et qui se sont jetées sur le flanc de l'avant-garde alliée. Celle-ci a dû refluer, mais le gros de la colonne est intervenu rapidement et a rétabli la situation. Les deux partis opposés sont restés ensuite en contact, à l'est du village de Stenkjær, sur un front de 50 km, appuyé à l'est, à la frontière suédoise.

Au sud-ouest de Trondhjem, les débarquements principaux alliés ont eu lieu dans le fjord de Romsdal, où se trouve le petit port d'Andalnes, tête de ligne d'une voie ferrée menant vers Oslo.

Le 18 ou le 19, le commandement local britannique a envoyé, en chemin de fer, un détachement, probablement d'un ou deux bataillons, qui a pu rejoindre rapidement les forces norvégiennes enga-

gées au nord-ouest d'Oslo, près de Lillehammer. Un autre détachement a dû être porté en chemin de fer, de la bifurcation de Dombas jusqu'à Stören, à environ 50 km au sud de Trondhjem. D'autres forces ont été vraisemblablement mises à terre dans le fjord de Stangvik. Au nord-est du Romsdal, elles se sont avancées jusque dans l'Orkdal, à 50 km au sud-ouest de Trondhjem.

Enfin, des éléments, dont nous ne connaissons pas l'importance, ont débarqué dans le Sogne-fjord, profonde coupure marine qui conduit vers la vallée de Valdres, laquelle aboutit au nord-ouest d'Oslo.

### Les premières réactions allemandes

Depuis le début de la bataille de Norvège, le détachement principal allemand, à Oslo, constamment renforcé soit par des convois traversant le Skagerrak, soit par des transports aériens, a fait preuve d'une grande activité. Il n'avait devant lui, au début, que des groupes norvégiens mal armés et manquant de cohésion. Il a profité de cet avantage pour élargir rapidement la tête de pont qu'il occupait autour de la capitale.

On peut distinguer, dans les actions qui se sont produites sur ce secteur, trois temps successifs :

1° Les Allemands ont d'abord poussé énergiquement vers l'est, tandis que les Norvégiens cherchaient à les arrêter sur le cours du Glommen. Ils ont enlevé, le 16 ou le 17, la petite forteresse de Kongsvinger, qui tenait un des passages principaux du fleuve, et ont refoulé, en territoire suédois, les éléments norvégiens engagés de ce côté. Ils se sont ainsi assurés la possession d'une façade de 150 km sur la frontière, depuis la ville de Halden, située sur

la côte à 100 km au sud-est d'Oslo, jusqu'au nord de Kongsvinger ;

2° Ils ont ensuite gagné du terrain vers le nord dans les deux grandes vallées de l'Osterdal et du Gudbrandsdal, que suivent deux routes et deux chemins de fer reliant Oslo à Trondhjem. Le 22, les

Norvégiens, renforcés par les éléments britanniques dont il a été question plus haut, résistaient dans la région de Lillehammer, à 140 km au nord d'Oslo ;

3° Le 24 ou le 25 avril, les Allemands ont lancé en avant, dans chacun des deux couloirs de l'Osterdal et du Gudbrandsdal, une colonne motorisée, comprenant sans doute une fraction de division blindée, des unités d'infanterie en camions et de l'artillerie automobile. Cet ensemble était précédé et appuyé par des essaims d'avions de combat volant bas. La colonne de droite a repoussé le groupement norvégien placé au nord d'Elverum, et s'est avancée rapidement dans l'Osterdal, en direction de Røros. La seconde a rompu, au nord de Lillehammer, la ligne de défense constituée par les Norvégiens soutenus par les éléments britanniques, et a poussé à vive allure dans le Gudbrandsdal, en direction de Dombas.

Il est à croire que le détachement anglais n'avait pas amené avec lui, en quantité suffisante, des canons antichars et des canons automatiques contre avions. Les



FIG. 5. — CARTE DE LA RÉGION DE TRONDHJEM ET DE NAMSOS

Norvégiens, de leur côté, ne possèdent presque pas d'armes modernes contre les chars et les appareils volant bas. Dans ces conditions, les colonnes blindées ennemies n'ont trouvé aucune résistance susceptible de les arrêter. Les Norvégiens, surpris, n'ont même pas eu le temps de faire sauter, dans les vallées étroites de la zone montagneuse, les nombreux ponts franchis par les voies ferrées et les routes.

La colonne de droite a poussé jusqu'au sud de Røros, à 130 km au sud de Trondhjem. Immédiatement au nord de cette localité, elle a trouvé, rompu, un pont important sur une rivière. Voyant ainsi son itinéraire coupé, elle a alors cherché à gagner la vallée transversale de Dombas à Stören, en empruntant des routes de montagne. Deux détachements se sont dirigés, l'un de Tynset vers Kvikne, l'autre, d'Alvdal vers Hjerkin.

La colonne de gauche a fait un bond en avant d'une centaine de kilomètres, mais elle a été ensuite arrêtée par des forces britanniques qui avaient établi un barrage à Kvam, village situé à 150 km au sud de Dombas, dans un défilé où la gorge est très resserrée et encadrée de hautes parois à pic.

Du 26 au 28, les deux détachements de la colonne de droite ont progressé difficilement à travers la zone montagneuse. Jusqu'au 1<sup>er</sup> mai, on n'a reçu aucune nouvelle concernant l'action du détachement le plus au nord, qui s'avancait par Kvikne. A la même date, on savait que l'autre était parvenu près de Hjerkin où des combats assez vifs étaient engagés.

Du côté de Kvam, les Allemands, appuyés par de l'artillerie et de nombreux avions volant bas, ont renouvelé quotidiennement leurs attaques pendant trois jours. Celles-ci ont toujours été repoussées.

A l'ouest d'Oslo, les Allemands ont cherché également à assurer leur liaison avec le détachement occupant Bergen. D'un côté, les troupes opérant près de la capitale, ont refoulé les Norvégiens dans les deux vallées de Hallingdal et Numedal; d'autre part, le détachement de Bergen s'est emparé de Voss, et a continué à faire pression contre les Norvégiens, à l'est de ce village.

### L'activité navale

Possédant la maîtrise complète de la mer, la flotte anglo-française a réussi à faire parvenir de nombreux convois de troupes et de matériel, sans aucune perte, jusque dans les fjords de la côte occidentale de la Norvège. Aucun des bâtiments de surface

ennemi n'a tenté de gêner ces mouvements. Par contre, il est vraisemblable que tout ce qui reste de sous-marins allemands s'est dirigé de ce côté pour attaquer nos transports, car les torpillages de navires de commerce, pénétrant dans les ports anglais ou en sortant, ont complètement cessé. Les résultats obtenus contre ces submersibles n'ont pas été donnés dans les communiqués britanniques. Il est probable, cependant, que la lutte a été sévère et que bon nombre d'entre eux ont été coulés.

Dans le Skagerrak et le Kattegat, la situation se trouve renversée. Les Allemands s'efforcent de faire passer leurs convois par les détroits danois jusqu'à Oslo. Les sous-marins anglais et français montent une garde vigilante, et attaquent tous les bâtiments ennemis qu'ils aperçoivent. Les navires britanniques ou français de ligne ne paraissent pas avoir été employés à cette mission, qui les eût sans doute exposés à des pertes susceptibles de réduire, d'une façon plus ou moins sensible, la supériorité navale des Alliés sur toutes les mers de l'Europe.

### La bataille aérienne

Si les Alliés ont, sur mer, une prédominance incontestable, par contre, les Allemands ont l'avantage de posséder, dans le Jutland et sur le sol norvégien, des bases d'aviation plus rapprochées du théâtre de la lutte que celles dont disposent les Alliés. En effet, les appareils de bombardement de la R. A. F. partent des côtes d'Ecosse, situées à une distance moyenne de 500 km de la côte sud-ouest de la Norvège.

C'est dans ces conditions qu'une bataille aérienne extrêmement violente s'est déroulée après le début des débarquements alliés en Norvège.

Les Allemands ont utilisé leur armée de l'air à quatre missions principales :

1<sup>o</sup> Des avions de transport ont continué d'amener des forces du Jutland vers l'intérieur du territoire norvégien ;

2<sup>o</sup> Des raids à grande portée ont pris pour objectif les côtes anglaises, et particulièrement Scapa-Flow. Aucun résultat important n'a été obtenu au cours de ces expéditions ;

3<sup>o</sup> Des formations de bombardement, parties sans doute des aérodromes norvégiens, ont attaqué violemment les points de débarquement des troupes alliées ; en particulier les villages de Namsos et de Andalsnes ont été, à plusieurs reprises, durement atteints ;

4<sup>o</sup> Enfin, les avions de combat volant bas

ont appuyé les attaques terrestres dirigées, soit contre les Norvégiens, soit contre les troupes alliées. Les modes d'action de cette catégorie d'aviation nous sont connus par les récits de la campagne de Pologne ; ces appareils, volant à très grande vitesse, frappent non seulement les combattants de première ligne, mais les réserves, les groupes d'hommes et de chevaux, les postes de commandement et les servants des batteries (1).

De son côté, la R. A. F. a accompli, dans des conditions difficiles, un magnifique travail.

1<sup>o</sup> Elle a dirigé un nombre important d'expéditions contre tous les terrains d'aviation situés en Norvège, ainsi que sur les principaux de ceux qu'utilisent les Allemands dans le Jutland. L'aérodrome de Stavanger, le plus vaste des bases aériennes de Norvège, celui d'Oslo et celui d'Aalborg, en Danemark, ont été, à maintes reprises, bouleversés par les bombes des aviateurs britanniques ;

2<sup>o</sup> Les convois ont été efficacement protégés par l'artillerie de D. C. A. des navires de guerre et, en particulier, des bâtiments *contre-avions*. Des formations de chasse ont exploité, dans toute la mesure du possible, les quelques terrains utilisables aux abords des côtes.

### Évacuation par les troupes alliées de la région de Trondhjem

Dans la deuxième quinzaine d'avril, une course de vitesse était engagée entre les forces alliées, soutenues par les éléments norvégiens, qui résistaient dans divers secteurs, et les troupes ennemies. L'avantage devait revenir à celui des deux partis qui s'installerait le premier, avec des effectifs importants et du matériel de toute nature, dans la partie centrale du pays. Les Alliés avaient la maîtrise de la mer, mais les conditions matérielles pour effectuer le débarquement des armes pesantes et des munitions leur étaient très défavorables, les fjords, entourés de murailles à pic, ne possédant que quelques petits ports de pêche ou de plaisance et les routes, pour gravir la montagne, étant très rares. De leur côté, les Allemands étaient sérieusement gênés pour faire traverser le Skagerrak à leurs convois, amenant à Oslo renforts et munitions. L'utilisation des avions de transport n'avait qu'un rendement médiocre.

La cause déterminante, qui a permis à l'ennemi de l'emporter dans cette lutte préliminaire, est sa supériorité en aviation.

(1) Voir dans ce numéro page 551.

L'admirable énergie déployée par les aviateurs de la Royal Air Force et les attaques répétées sur les terrains d'aviation allemands en Norvège et au Danemark, n'ont pu empêcher l'adversaire de renouveler des bombardements très violents contre les bases de débarquement alliées, déjà très précaires. Les navires de guerre et les troupes, pendant leur mise à terre, se voyaient ainsi menacés en permanence. Les réactions de la D. C. A. n'ont pas été suffisantes pour écarter les bombardiers ennemis. Dans ces conditions, les débarquements ont été rendus très difficiles.

D'autre part, l'aviation ennemie avait effectué de nombreuses coupures sur les rares routes de montagne qui permettaient au corps expéditionnaire de porter l'artillerie et le matériel en avant, vers l'intérieur du pays.

Au contraire, les attaques dirigées contre les convois ennemis dans le Skagerrak n'ont pas été suffisantes pour empêcher le renforcement du détachement d'Oslo, par voie de mer.

Dès lors, il est apparu au commandement britannique que la mise à terre, en temps voulu, des forces et du matériel nécessaires pour s'emparer de Trondhjem ne pouvait être menée à bien.

Le 27 avril eut lieu à Londres une réunion du Conseil Suprême, où fut prise la décision de renoncer à l'attaque de Trondhjem et de rembarquer toutes les troupes engagées au sud et au nord de ce port.

Dans la vallée de Gudbrandsdal, les éléments anglais qui formaient couverture des débarquements, à Kvam, et qui n'ont jamais eu devant eux qu'une colonne motorisée peu importante, se sont repliés progressivement, à partir du 29, vers leur base de rembarquement : Andalsnes.

Le 28, l'ennemi n'avait fait aucun progrès et avait subi des pertes sérieuses. Cependant, dans la nuit suivante, les Anglais se retirèrent jusqu'auprès de Dombas, bifurcation des voies ferrées menant vers Trondhjem, d'un côté, vers Andalsnes, de l'autre.

Le 30, ils reculèrent en arrière de Dombas, sur des positions préparées à l'avance.

Enfin, le 1<sup>er</sup> mai, le gros des forces ayant évacué le littoral, ils rompirent définitivement le combat et s'embarquèrent.

Le 2 mai, les derniers éléments des forces alliées qui combattaient au nord de Trondhjem, près de Stenkjøn, se rembarquèrent à leur tour à Namsos.

GÉNÉRAL BROSSÉ,  
du cadre de réserve.

# COMMENT LES AVIONS DE LA R. A. F. SONT PROTEGES CONTRE L'INCENDIE

Par Jean MARIVAL

## Les conditions exigées d'un extincteur à bord d'un avion

L'INCENDIE constitue, on le sait, l'un des plus graves dangers qui menace les avions, notamment lors d'un atterrissage brusque ou d'un capotage. Dès après la guerre 1914-1918, le ministre de l'Air britannique

Dans ces conditions, la tuyauterie d'amenée du carburant aux moteurs est arrachée; l'essence répandue se vaporise et s'enflamme au contact des parties chaudes.

Pour qu'un appareil extincteur soit retenu, le ministre de l'Air britannique exige qu'il fonctionne automatiquement: 1° dans le cas d'une accélération égale ou supérieure à 6 g et se vide

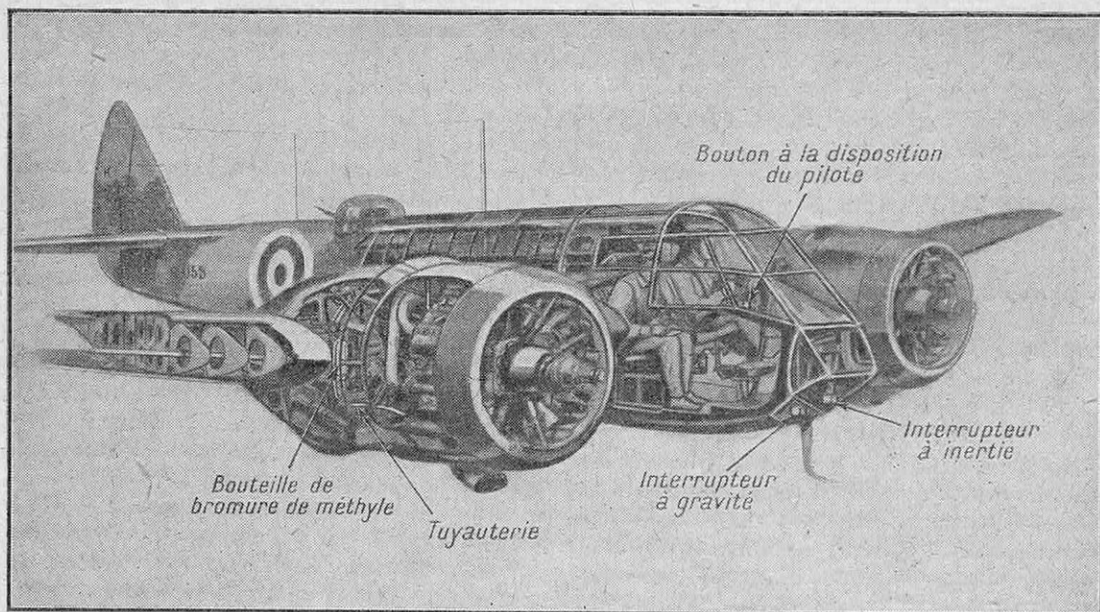


FIG. 1. — UN BOMBARDIER BIMOTEUR BRITANNIQUE BRISTOL « BLENHEIM » ÉQUIPÉ AVEC DES EXTINCTEURS GRAVINER AU BROMURE DE MÉTHYLE

nomma une commission chargée d'étudier les circonstances favorables à de telles catastrophes et de trouver les moyens les plus opportuns de combattre le péril.

Il est apparu notamment à cette commission que l'arrêt brutal, même si l'avion roule à vitesse réduite, constitue le facteur principal du risque d'incendie. Il est aisé de s'en rendre compte, d'ailleurs. Alors qu'un appareil roulant à 48 km/h et s'arrêtant sur une distance de 20 m, n'est soumis qu'à une accélération négative (ralentissement) égale à 1,5 fois l'accélération de la pesanteur ( $g = 981 \text{ cm/s}^2$ ), un appareil avançant seulement à 19 km/h, mais se heurtant à un mur dans lequel il ne pénètre que de 15 cm, est soumis à une décélération égale à 10 g, capable de détruire les éléments de la structure de l'avion. En effet, un réservoir d'aile contenant 450 litres d'essence et pesant environ 340 kg, est alors, en vertu de son inertie, poussé en avant par une force de 3,2 t!

de son contenu assez rapidement pour arrêter le feu dès son apparition; 2° si l'avion se retourne sur le dos (capotage à l'atterrissage), et ceci même si la décélération est inférieure à 6 g; 3° si, pour une cause quelconque, un incendie se déclare à bord pendant le vol ou au sol. Enfin il doit pouvoir être commandé par le pilote au moyen d'une pression sur un simple bouton.

En outre, l'appareillage doit être facile à installer et son poids aussi réduit que possible. Cette dernière condition a d'ailleurs contribué en partie à guider les techniciens sur le choix du produit extincteur. En effet, le gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ), utilisé aux Etats-Unis, fut rejeté parce qu'il doit être comprimé à 60 kg/cm<sup>2</sup> pour être liquéfié et exige, par suite, l'emploi de bouteilles d'acier pesantes.

Le tétrachlorure de carbone ( $\text{CCl}_4$ ) ne fut pas retenu, à la fois à cause du poids de l'appareil et des gaz nocifs qu'il dégage sous l'action de la chaleur (phosgène notamment).

C'est au bromure de méthyle qu'il a été finalement fait appel dans le dispositif Graviner, qui a été adopté en Angleterre. D'une part, sa décomposition par la chaleur ne produit aucun gaz toxique et, d'autre part, son pouvoir extincuteur est tel qu'il autorise l'emploi d'un matériel léger. Ainsi, alors que, pour combattre avec succès un feu donné, il faut un appareil de 15 kg avec le gaz carbonique, de 18 kg avec le tétrachlorure de carbone, un extincteur de 5,5 kg suffit avec le bromure de méthyle. Celui-ci agit tout d'abord par l'abaissement de température résultant de l'évaporation et de la détente rapide du bromure de méthyle (conservé liquide sous pression).

De plus, si l'on songe que 28 g de bromure de méthyle, versés dans un récipient contenant environ 250 g d'hydrocarbure enflammé, suffisent

à provoquer une fumée qui étouffe le feu, on comprend qu'une quantité suffisante introduite dans un compartiment du moteur rempli de carburant enflammé, puisse éteindre rapidement l'incendie.

normalement par l'ergot d'un levier (fig. 2, B). Dès que la décélération produite par un arrêt brusque est suffisante, le pendule se dégage de cet ergot, une came, commandée par un ressort spiral, s'efface et le circuit se ferme.

Enfin, l'interrupteur à gravité est actionné par une pièce pesante, dont une extrémité peut tourner autour d'un axe et l'autre repose en vol normal sur une butée (fig. 2, C). Dès que l'avion capote, cette pièce pivote et le circuit se ferme. Un volant amortisseur les mouvements de peu d'amplitude que pourrait prendre cette pièce au cours d'un vol. Enfin, cet interrupteur est lié à la commande du train d'atterrissage de telle sorte qu'il ne peut entrer en action au cours d'acrobaties aériennes, qui s'effectuent avec le train éclopsé.

Ainsi, dès leur naissance, non seulement les incendies, mais encore les causes qui pourraient les produire, sont efficacement combattues. Cet appareillage a été appliqué également aux embarcations à moteurs, telles que vedettes lance-torpilles, canots rapides, etc...

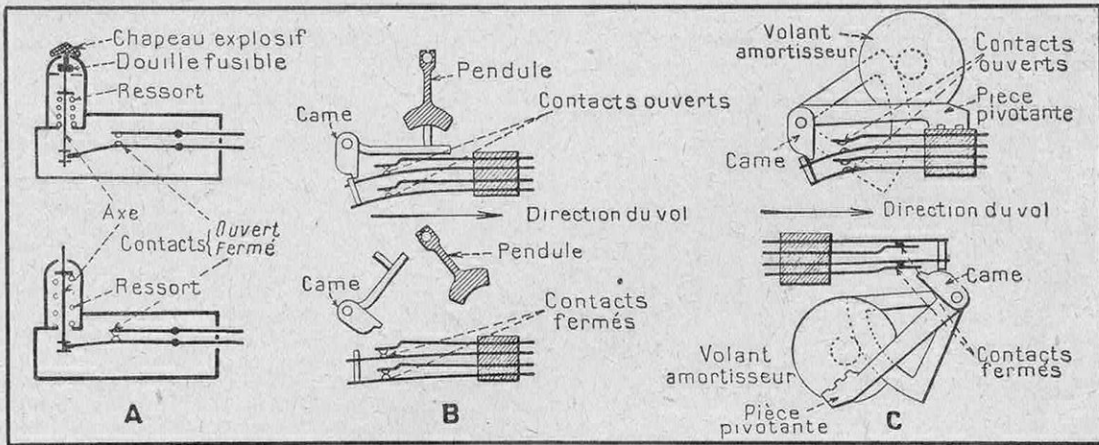


FIG. 2. — SCHÉMAS DE PRINCIPE DES TROIS INTERRUPTEURS DE L'ÉQUIPEMENT GRAVINER QUI PROVOQUENT AUTOMATIQUEMENT LE FONCTIONNEMENT DE L'EXTINCTEUR

Pour les trois appareils, la figure d'en haut les représente en position normale ; celle d'en bas, lorsqu'ils ont fonctionné. A, interrupteur thermique : la fusion de la douille déclenche le ressort qui assure la fermeture du contact ; B, interrupteur à inertie : un arrêt brusque de l'avion projette le pendule en avant et la came libère les lames qui ferment les contacts ; C, interrupteur à gravité : lorsque l'avion capote, l'appareil se retourne et la pièce pivotante tombe. La came libère les lames qui ferment les contacts.

### L'équipement extincteur des avions de la R. A. F.

Voici, dans ses grandes lignes, la réalisation de l'équipement Graviner pour satisfaire aux conditions que nous avons énumérées. Sur chaque moteur est disposée une bouteille de bromure de méthyle, alimentant une tuyauterie perforée dans les parties utiles ; des buses d'injection dans la prise d'air et une boucle horizontale qui entoure le carburateur. L'installation générale comprend les boutons de contrôle (un par moteur) à la disposition du pilote, et les divers interrupteurs automatiques entrant en jeu, soit pour une élévation anormale de température, soit lors d'arrêt brusque au contact d'un obstacle, soit lors du capotage de l'avion. Bien entendu, ce dernier peut être rendu inopérant si, au cours de manœuvres aériennes, le pilote peut être amené à voler sur le dos.

La batterie d'accumulateurs de l'avion fournit l'énergie nécessaire au déclenchement de la pro-

jection du bromure de méthyle emmagasiné dans les bouteilles (2,7 kg par bouteille), avec de l'azote à la pression de 4,2 kg/cm<sup>2</sup> (1).

Lorsque l'un des circuits correspondant à ces interrupteurs est fermé, ou lorsque le pilote appuie sur un des boutons de contrôle à sa disposition, un fusible, disposé dans l'obturateur de la bouteille, enflamme une douille fulminante qui libère à son tour le bouchon de l'obturateur. Les interrupteurs thermiques, mis en action par un échauffement exagéré, sont montés, l'un vers le dernier cylindre du moteur, l'autre à proximité du carburateur. Dès que la température dépasse 140° C, le contact électrique est établi en deux secondes par l'action d'un ressort libéré par la fusion d'un organe spécial (fig. 2, A).

Le disjoncteur qui agit au moment d'un choc, est fondé sur l'inertie d'un pendule immobilisé

(1) Une pince à ressort permet un enlèvement et une mise en place de chaque bouteille (poids : 4 kg), soit pour une inspection, soit pour un rechargement.

J. MARIVAL.

# LES A COTÉ DE LA SCIENCE

## INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

### Nouveau type de réservoir à hydrocarbures

UNE des difficultés présentées par le stockage de l'essence consiste à éviter les pertes dues aux variations de température et aux dilatations et vaporisations qui en résultent.

Un ingénieur italien, M. Eugenio Miozzi, a imaginé, pour obvier à cet inconvénient, un

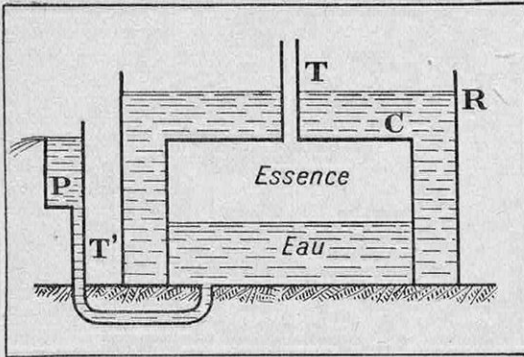


FIG. 1. — COUPE SCHÉMATIQUE DU RÉSERVOIR D'HYDROCARBURE « MIOZZI »

nouveau type de réservoir qui a donné d'excellents résultats. Essentiellement, ce réservoir est constitué par une cuve *C*, où le carburant est amené par un tuyau *T* et muni à sa partie inférieure d'une tubulure *T'* deux fois recourbée et terminée par un vase à trop-plein dont le niveau correspond à la partie supérieure de la cuve *C*. L'essence surnage au-dessus d'une certaine quantité d'eau qui remplit la tubulure *T'* et le vase *P*. La cuve est toujours pleine, le niveau de l'eau sous l'essence variant suivant la quantité de carburant emmagasinée.

D'autre part, cette cuve *C* est entourée d'un réservoir extérieur *R* contenant de l'eau jusqu'à un niveau supérieur à celui du trop-plein. Ainsi, la pression autour de la cuve *C* est toujours supérieure à celle qui règne à l'intérieur et qui est déterminée par la différence de niveau de l'eau contenue dans la cuve *C* et le trop-plein *P*. Par conséquent aucune fuite ne peut se produire à travers les parois de la cuve à essence, même si elles sont perméables. Par contre, si de l'eau passe du réservoir extérieur *R* dans la cuve *C*, elle s'écoule le long des parois vers le fond de la cuve et finit par faire déborder le trop-plein. De plus, cette eau isole l'essence des parois de *C*.

De même, une fuite de la cuve *C* ne peut qu'entraîner un passage de l'eau du réservoir *R* dans la cuve et non une perte d'essence.

Ainsi, un écoulement d'eau trop important par le trop-plein indique une avarie dans les

parois de la cuve. Au contraire, si le niveau baisse en *P*, c'est que le fond du réservoir *R* présente une fuite.

Ce type de réservoir permet donc une construction en maçonnerie et ne nécessite pas de cuve métallique. La quantité de métal utilisé peut être ainsi abaissée de 7 à 2 kg par mètre cube d'essence stocké.

### Comment l'Hôtel de Ville de Zurich

#### est chauffé avec de l'eau froide

Nos lecteurs connaissent déjà (1) la méthode de l'ingénieur Lèbre, pour se chauffer « avec l'air du temps même en hiver », en mettant en œuvre une série de compressions et de détentes. Par exemple, l'air d'un appartement supposé à 15° C est porté par compression à 60° C, puis traverse un échangeur de température où il réchauffe à 40° C l'air de la rue pris à 0°, et passe ensuite dans un détendeur où il se refroidit à -30° C avant d'être renvoyé au dehors. L'air vicié à 15° C est donc finalement remplacé par de l'air pur à 40° C, la dépense consistant dans l'énergie nécessaire au fonctionnement du compresseur-détendeur.

C'est une méthode aussi paradoxale qui a été appliquée au chauffage de l'Hôtel de Ville de Zurich. Les conditions de la construction ren-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 129, page 219.

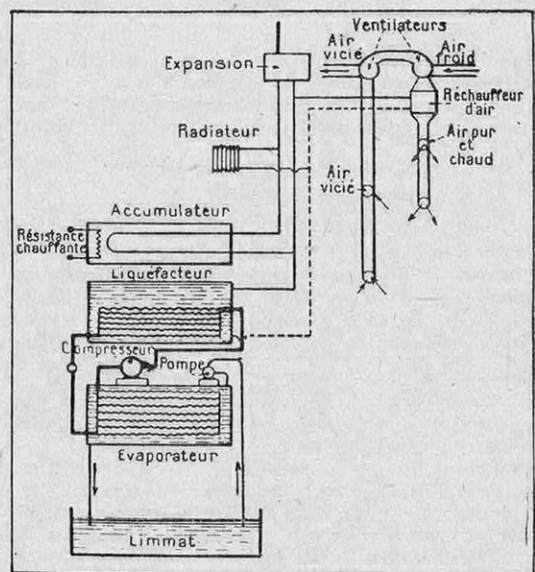


FIG. 2. — SCHÉMA DE L'INSTALLATION DE CHAUFFAGE DE L'HOTEL DE VILLE DE ZURICH



dant impossible l'installation d'une chaudière chauffée au charbon, il fut décidé de faire appel à l'électricité. Malgré les richesses de la Suisse en énergie électrique, le chauffage par résistances fut reconnu peu pratique, car les périodes de chauffage coïncident avec celles des basses eaux et celles du maximum de charge des centrales, d'où impossibilité d'obtenir des tarifs avantageux.

En vue d'accroître le rendement de l'installation, on envisagea la possibilité d'utiliser les calories contenues dans l'eau de la rivière Limmat, au-dessus de laquelle est bâti l'immeuble et dont la température oscille, en hiver, de 3 à 15° C.

Le principe de l'installation consiste à utiliser les calories de l'eau de la Limmat pour faire bouillir un liquide facilement vaporisable, à comprimer les vapeurs obtenues — qui renferment les calories soustraites à l'eau — de façon à élever leur température et à leur faire céder leur chaleur à l'eau du chauffage central.

A cet effet, une pompe aspire l'eau de la rivière et l'envoie dans un évaporateur traversé par un serpentín contenant du dichlorodifluorométhane (fréon 12) et dans lequel la pression est réglée pour que la température d'ébullition du fréon soit inférieure à celle de l'eau. Le liquide bout et ses vapeurs sont comprimées sans perte de chaleur et par suite réchauffées par un compresseur qui les envoie dans un échangeur de température constitué par un serpentín traversant un récipient contenant l'eau du chauffage central. La pression y est réglée pour que la température des vapeurs soit supérieure à celle de l'eau. Les vapeurs cèdent leurs calories à l'eau et recondensent. Ainsi, la chaleur de vaporisation empruntée à l'eau de la rivière est transmise à l'eau du chauffage.

Le calcul a montré que, pour chaque kW/h fourni à l'installation sous forme électrique, on pouvait recueillir 2 360 grandes calories, alors que, dans le chauffage par résistances, un kWh ne peut fournir au maximum que 860 grandes calories.

L'utilisation spéciale d'une grande salle (réunion de conseils) n'étant que passagère, son chauffage ne fut pas compris dans l'installation alimentée par la thermo-pompe ; il est assuré par un accumulateur de chaleur à résistances de 30 kW. Ainsi, une puissance de 38 kW a été suffisante pour le chauffage de l'immeuble où la température peut être maintenue à 18° C pour une température extérieure de - 20° C.

Remarquons enfin que ce genre d'installation peut servir au rafraîchissement des locaux en

été. Il suffit pour cela, grâce à un jeu de robinets, d'envoyer l'eau des radiateurs vers l'évaporateur et l'eau de la Limmat dans le liquéfacteur.

## L'entraînement au tir contre avions et le repérage des avions par le cinéma

Les grandes vitesses de déplacement des avions modernes ne laissent au tireur que quelques secondes pour utiliser avec efficacité les armes automatiques dont il dispose. Aussi un entraînement pratique est-il toujours nécessaire. On fait appel, dans ce but, en Europe, à des projections cinématographiques.

L'image de l'appareil, qui constitue le but, se déplace sur un écran derrière lequel est disposée une plaque d'acier de protection. La balle perce l'écran, et s'écrase sur la plaque. Aussitôt l'appareil de projection s'arrête, des lampes à incandescence s'allument, et le trou, qui apparaît lumineux, indique le point d'impact avec précision. Au bout de quelques secondes, les lampes s'éteignent automatiquement, le trou est obturé et la projection recommence.

Un dispositif spécial permet de tenir compte de la durée de trajet du projectile pour les tirs à longue distance. Le système d'arrêt automatique ne fonctionne, en effet, que lorsque le mécanisme, déclenché par le choc de la balle, a fonctionné pendant le temps que mettrait celle-ci à atteindre réellement le but.

Cet appareil est différent de celui qui est installé à bord d'avions utilisés pour l'entraînement : la chasse (1).

Les appareils cinématographiques sont également utilisés pour le repérage des avions en vol. Supposons deux cameras séparées, sur une base, d'une certaine distance (18 m ou 36 m) et dont les axes optiques convergent en un point déterminé (à 480 ou 960 m). Les images de l'avion, prises en même temps par les deux appareils, ne sont évidemment pas situées au même point sur les films, et leur décalage est d'autant plus considérable que la distance de l'avion ou son attitude est plus grande. A la projection, on peut mesurer ce décalage et une échelle graduée fait connaître immédiatement la distance et l'altitude de l'avion.

En répétant cette mesure sur les images consécutives (quatre par seconde), on peut ainsi tracer la route de l'avion et sa vitesse de déplacement (2).

V. RUBOR.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 246, page 461.

(2) *Nature*, juin 1939.

## CHEZ LES ÉDITEURS (1)

**L'Évolution des idées en physique**, par Albert Einstein et Léopold Infeld. Prix franco : France 25 francs ; étranger, 28,50 f.

Dans cet excellent volume de vulgarisation, traduit de l'anglais par Maurice Solovine, se trouvent exposées les idées maîtresses de la physique moderne, mises à la portée de tous ceux qui, bien que dépourvus de toutes connaissances concrètes en physique et en mathématique, sont capables de réflexion. La théorie

(1) Les ouvrages annonces peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE au reçu de la somme correspondant aux prix indiqués, sauf majoration.

de la relativité, la mécanique ondulatoire et la théorie des quanta, si elles se traduisent, pour le spécialiste, par des systèmes d'équations dont le maniement exige une longue pratique, sont parfaitement accessibles, au moins dans leurs grandes lignes, à tout homme cultivé, grâce aux efforts des savants qui, comme Einstein, ne dédaignent pas d'en dégager, pour les profanes, les idées générales. Nul, aujourd'hui, n'a le droit d'ignorer l'un des efforts les plus audacieux qu'ait accompli l'esprit humain pour arriver à une compréhension toujours plus parfaite des lois qui gouvernent le monde où nous vivons.

**La technique du tracé et de la lecture des schémas des installations électriques**, par *G. Mirgaut*, professeur à l'Institut des Arts et Métiers de Bruxelles. Prix : 20 f belges. Editeur : A. Bieleveld, 65, rue de la Montagne-aux-Herbes-Potagères, Bruxelles (Belgique).

Collection de schémas dressés par l'auteur et par des firmes spécialisées concernant la signalisation acoustique visuelle et lumineuse pour appartements, bureaux, hôtels, hôpitaux, etc., accompagnés d'exercices pour l'initiation graduelle au tracé et à la lecture de ces représentations schématiques.

**Formulaire de construction mécanique**, par *Robert Fontaine*. Prix : France, 37 f; étranger, 40 f.

A l'usage des ingénieurs, dessinateurs, contre-maîtres, ouvriers, monteurs mécaniciens et élèves des établissements d'enseignement technique.

**Hérédité et racisme**, par *Jean Rostand*. Prix franco : France, 12 f; étranger, 13,50 f.

Dans ce petit ouvrage sont rassemblées trois études sur des questions dont l'importance est capitale, en raison de leurs conséquences sociales. L'ignorance du grand public cultivé et de nos dirigeants en particulier est invraisemblable, en dépit des efforts des vulgarisateurs pour faire saisir la portée immense des travaux magistraux des biologistes, tant français qu'étrangers, depuis le début du siècle. On entend couramment exprimer les idées les plus extravagantes dès qu'il est question d'hérédité, de transformisme, de racisme, de l'origine de l'homme et de l'avenir de l'espèce humaine. M. Jean Rostand exprime sur tous ces problèmes le point de vue du biologiste, qui ne s'en tient qu'aux faits, en faisant abstraction de tous idéaux, tendances ou préférences personnelles. Le tableau qu'il a brossé à grands traits pourra choquer beau-

coup de lecteurs non avertis, par sa sécheresse même, et paraîtra sans doute bien peu optimiste. Mais l'homme de science expose en toute conscience les résultats de ses recherches. Au moraliste, au sociologue, à l'homme d'Etat de fonder là-dessus.

**Le cinéma d'amateur**, par *P. Hémarquinquer*. Prix franco : France, 23, 50 f; étranger, 27 f.

Voici le premier volume d'un ouvrage consacré au cinéma sur film réduit. Il offre toutes les notions utiles sur la technique et la pratique de la prise de vues et de la projection muette. Le deuxième tome présentera les problèmes intéressants mais plus particuliers, tels que la prise de vue en couleurs, les truquages, les travaux de laboratoire, la projection en grande salle et surtout la sonorisation des films. Dans le seul premier volume, on ne compte pas moins de 168 photographies et schémas, tous très suggestifs, ce qui montre le soin apporté à la documentation de cet ouvrage et à sa présentation.

**La construction des petits transformateurs**, par *Marthe Douriau*. Prix franco : France, 33 f; étranger, 36,50 f.

La fabrication des petits transformateurs de radio intéresse non seulement les ingénieurs, mais aussi les dépanneurs et les amateurs. Ce livre est essentiellement pratique et fournit de nombreux exemples d'applications à la radio et aux installations domestiques.

**Le bassin supérieur de l'Yonne**, par *Albert Boit*, principal du Collège de Lisieux. Prix : France, 28 f; étranger, 32 f.

Contribution à l'étude du Marvoir et de ses environs immédiats, tant au point de vue géologique que de ses caractéristiques géographiques.

## TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

### FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 55 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an..... 65 fr.
	{ 6 mois... 28 fr.		{ 6 mois... 33 fr.

### BELGIQUE

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an... 75f. (français)	Envois recommandés....	{ 1 an... 96f. (français)
	{ 6 mois. 40f. —		{ 6 mois. 50f. —

### 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 affranchis.....	{ 1 an... 100 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an... 120 fr.
	{ 6 mois.. 52 fr.		{ 6 mois.. 65 fr.

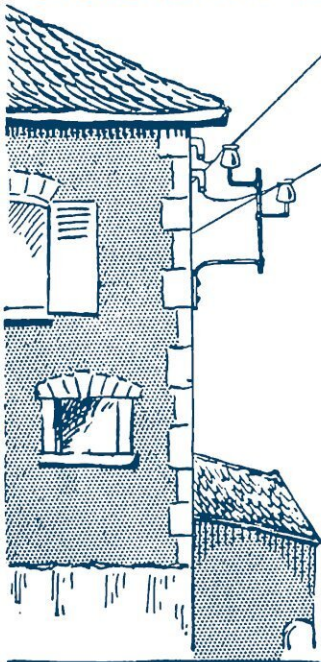
Pour les autres pays :

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 90 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an..... 110 fr.
	{ 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

*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

LE PLUS MODERNE DES JOURNAUX  
*Documentation la plus complète et la plus variée*

# EXCELSIOR

GRAND QUOTIDIEN ILLUSTRÉ

## ABONNEMENTS

FRANCE ET COLONIES.. . . . .	Trois mois.. . . . .	40 fr.
	Six mois.. . . . .	77 fr.
	Un an.. . . . .	150 fr.
BELGIQUE.. . . . .	Trois mois.. . . . .	75 fr.
	Six mois.. . . . .	140 fr.
	Un an.. . . . .	220 fr.
ÉTRANGER (tarif postal réduit)	Trois mois.. . . . .	80 fr.
	Six mois.. . . . .	155 fr.
	Un an.. . . . .	300 fr.
ÉTRANGER (tarif postal augmenté).. . . . .	Trois mois.. . . . .	120 fr.
	Six mois.. . . . .	235 fr.
	Un an.. . . . .	460 fr.

Frais de chèque, mandat ou recouvrement à la charge de l'abonné.  
Les abonnements partent du 1<sup>er</sup> et du 15 de chaque mois.  
L'envoi par chèque postal (compte n° 5.470) coûte 1 franc.

SERVICE PUBLICITÉ : 20, rue d'Enghien, Paris. Téléph. : Prov. 15-22

pour que VOTRE SOLDAT trouve  
à son retour joie et confort...



Studio F. BERNHEIM

.....PRENEZ UN BILLET DE LA

**LOTERIE NATIONALE**