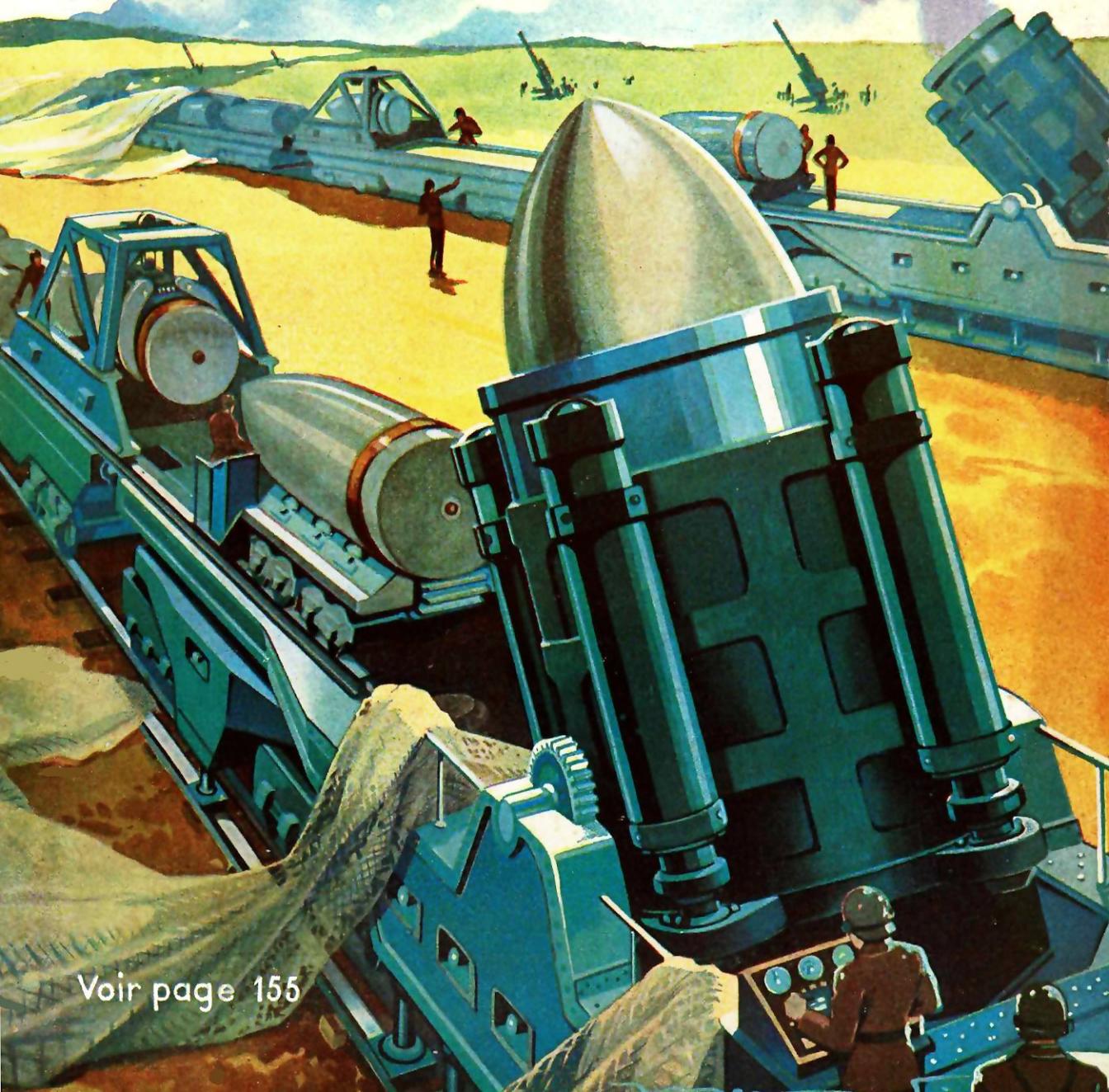


# la Science et la Vie



Voir page 155

# ECOLE SPECIALE DE T.S.F.

Normalement à SECTION DE L'ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL Pendant la guerre:  
**PARIS** **NICE**

Sauf pendant la guerre Fondée en 1917  
152, Avenue de Wagram 3, Rue du Lycée

## COURS PAR CORRESPONDANCE (Inscription à toute époque)

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

### SECTION ADMINISTRATIVE

L'importance de cette section est des plus grandes, car les seuls brevets de Radiotélégraphiste délivrés par l'Etat ont les trois certificats que délivre après examen le Ministre des P.T.T. Aucune limite d'âge au-dessus de 17 ans.

#### CERTIFICAT SPÉCIAL

Accessible aux jeunes gens ayant une bonne instruction primaire.

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

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

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

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

#### A QUOI SERVENT CES BREVETS ?

Le certificat spécial permet l'entrée dans les armées du Génie, de l'Air, de la Marine de guerre; comme écoutateur sur les navires de commerce. Il peut servir aux officiers de la Marine marchande et aux navigateurs aériens.

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

#### AUTRES CONCOURS ET EXAMENS

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

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

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

POLICE. — Inspecteurs radios.

COLONIES. — Préparations spéciales suivant les colonies.

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

DÉFENSE DU TERRITOIRE. — Mécaniciens radios, opérateurs, sous-chefs radios (emplois nouveaux).

### SECTION INDUSTRIE

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

#### COURS D'AMATEUR RADIO

Cours très simple à l'usage des amateurs.

#### COURS DE MONTEUR-DÉPANNEUR

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

#### COURS D'OPÉRATEUR

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

#### COURS DE RADIOTECHNICIEN

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

#### COURS DE SOUS-INGÉNIEUR

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

#### COURS D'INGÉNIEUR

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

#### ÉLECTROTECHNICIEN EN TÉLÉVISION ET CINÉMA

Electricité, Radiotechnique, Acoustique, Optique, Cinéma, Cinéma sonore, Télévision.

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

## COURS SUR PLACE

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

ECOLE PRIVÉE D'ENSEIGNEMENT MARITIME DE NICE, 21 boulevard Frank-Pilatte (autorisée). Programme des cours sur place gratuits. (Joindre 3 fr. 50 pour frais d'envoi.)

# CECI INTÉRESSE

tous les jeunes gens et jeunes filles et tous les pères et mères de famille

Une occasion unique de vous renseigner de la façon la plus complète sur toutes les situations quelles qu'elles soient et sur les études à entreprendre par correspondance pour y parvenir vous est offerte par

## L'ÉCOLE UNIVERSELLE par correspondance de Paris

Elle vous adressera gratuitement sur demande celle de ses brochures qui vous intéresse :

- BROCHURE N° 5.394.** — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes, depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Classes de vacances, Diplôme d'études primaires préparatoires, Certificat d'études, Bourses, Brevets, Concours pour le recrutement des élèves maîtres, Certificat d'aptitude pédagogique, etc.
- BROCHURE N° 5.395.** — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes, depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Classes de vacances, Examens de passage, Certificat d'études classiques ou modernes du premier cycle, Diplôme de fin d'études secondaires, Baccalauréats, etc.
- BROCHURE N° 5.396.** — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats (Lettres, Sciences, Langues vivantes, Classes élémentaires des Lycées, Collèges, Professorats pratiques), Examens professionnels, P. C. E., etc.
- BROCHURE N° 5.397.** — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES : Agriculture, Industrie, Travaux Publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Assistance, etc.
- BROCHURE N° 5.398.** — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS : Ingénieur (diplôme d'Etat), Sous-Ingénieur, Dessinateur, Conducteur, Chef de chantier, Contremaître, etc.
- BROCHURE N° 5.399.** — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du GÉNIE RURAL, etc.
- BROCHURE N° 5.400.** — CARRIÈRES DU COMMERCE (Administrateur commercial, Secrétaire, Correspondancier, Sténo-Dactylo, Représentant, Services de publicité, Teneur de livres), de l'INDUSTRIE HOTELIÈRE, des ASSURANCES, de la BANQUE, de la BOURSE, etc.
- BROCHURE N° 5.401.** — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, DESSIN, ÉCRITURE, etc.
- BROCHURE N° 5.402.** — LANGUES VIVANTES (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol, Arabe, Annamite), Tourisme (Interprète), etc.
- BROCHURE N° 5.403.** — AIR, RADIO, MARINE : Pont, Machine, Commissariat, T. S. F., etc.
- BROCHURE N° 5.404.** — SECRÉTARIATS, BIBLIOTHÈQUES, JOURNALISME (Rédaction, Administration, Direction), etc.
- BROCHURE N° 5.405.** — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Flûte, Clarinette, Instruments de jazz, Professorats, etc.
- BROCHURE N° 5.406.** — ARTS DU DESSIN : Dessin pratique, Anatomie artistique, Dessin de Mode, Illustration, Composition décorative, Aquarelle, Gravure, Peinture, Fusain, Pastel, Professorats, Métiers d'Art, etc.
- BROCHURE N° 5.407.** — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE : Petite main, Première main, Vendeuse, Retoucheuse, Modéliste, Professorats, etc.
- BROCHURE N° 5.408.** — ART DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ : Coiffeuse, Manucure, Pédicure, Masseur, etc.
- BROCHURE N° 5.409.** — CARRIÈRES FÉMININES dans toutes les branches d'activité.
- BROCHURE N° 5.410.** — TOUTES LES CARRIÈRES ADMINISTRATIVES : Secrétariats d'Etat, Administrations financières, Inspection du Travail, Banques, Magistrature, Police, P. T. T., Ponts et Chaussées, Chemins de fer, Préfectures, Mairies.
- GRACE AUX COURS PAR CORRESPONDANCE DE L'ÉCOLE UNIVERSELLE, chacun peut acquérir CHEZ SOI, quelle que soit sa résidence, à ses heures de loisir, quelles que soient ses occupations, facilement, quelles que soient ses études antérieures, avec le minimum de frais et dans le minimum de temps, toutes les connaissances utiles pour occuper la situation dont il se sent digne. Ceux des cours par correspondance de l'École Universelle qui préparent aux examens et aux concours publics assurent chaque année à ses élèves

### DES MILLIERS DE SUCCES

Outre la brochure qui vous intéresse, demandez tous les renseignements et conseils spéciaux dont vous pouvez avoir besoin. Ils vous seront fournis à titre absolument gracieux et sans aucun engagement de votre part.

## ÉCOLE UNIVERSELLE

12 place Jules-Ferry, LYON -- 59 boulevard Exelmans, PARIS

*Une  
usine  
volante*



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

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

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

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

**FOURS A CARBONISER  
G. BONNECHAUX**

CARBO-FRANCE  
Siège Social :  
8, Av. de la Victoire  
Toulon  
Tél. 6598



CARBO-FRANCE  
PARIS  
24, Rue des Châteaux  
Neuilly-sur-Seine  
Tél. Mautin 19 37

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

Agences : FRANCE, COLONIES, ÉTRANGER

TOULON, ARLES, BÉZIERS, AMBERT, LIMOGES,  
LYON, PERPIGNAN, AIX-EN-PROVENCE,  
TOULOUSE, TUNIS, PARIS, LANGENTHAL (Suisse)



APPRENEZ LE  
DESSIN  
*facilement*  
par la nouvelle méthode  
MARC SAUREL

## "LE DESSIN FACILE"

Un principe nouveau, une méthode claire, attrayante, variée, basée sur 30 ans d'expérience et de succès dans l'enseignement du dessin par correspondance :

"LE DESSIN FACILE"

Un corps enseignant d'élite, professeurs diplômés de l'État et artistes spécialisés dont chaque conseil toujours adapté à chacun prend valeur de confidentiel entretien :

"LE DESSIN FACILE"

De nouveaux cours techniques pour ceux que tente une carrière dans les métiers graphiques : Dessin Animé, Dessin de Mode, d'illustration, de Publicité, de Lettres, etc.

"LE DESSIN FACILE"

L'enseignement à forfait du DESSIN FACILE s'adapte à vos loisirs, si réduits soient-ils, à votre âge, à votre résidence, même éloignée.

En moins d'un an vous connaîtrez le joie indicible de savoir bien DESSINER !...

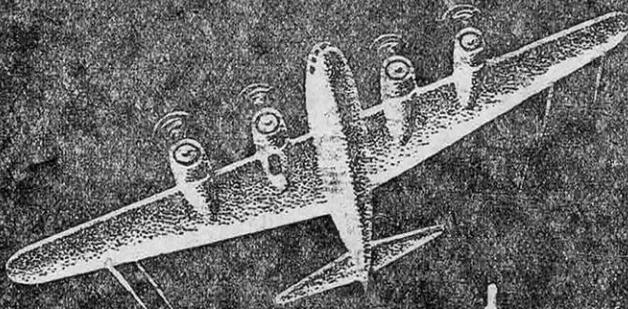
Brochure illustrée GRATUITE, contre bon ci-joint. Indiquer le genre de dessin préféré)

"LE DESSIN FACILE"  
A BANDOL (Var)

Siège : 11, Rue Keppler - PARIS

BON SV 16

pour une brochure  
GRATUITE



*Jeunes gens,  
Jeunes filles  
apprenez la Radio*

Aujourd'hui plus que jamais..  
la France a besoin de radiotélégraphistes.  
Profitez-en pour vous créer une situation.  
et assurer voire avenir.  
Ecrivez-nous pour vous documenter.

En suivant, par correspondance, les cours de notre Ecole vous pouvez devenir :

Monteur - Dépanneur Radio-Technicien,  
Sous-INGÉNIEUR Radio-Électricien  
INGÉNIEUR Radio-Électricien,  
Officier Radio d'Aviation,  
Officier Radio de la Marine marchande  
Inspecteur Radio, etc.,...

## ÉCOLE TECHNIQUE de RADIO-ÉLECTRICITÉ

5, Rue Brouardel, - TOULOUSE

BON A DÉCOUPER

S V

Monsieur le Directeur,

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

*La préparation qui m'intéresse particulièrement est.....*

NOM : .....

ADRESSE : .....

# LES MATHÉMATIQUES

## enseignées par correspondance

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Cet enseignement est donné par

## L'ÉCOLE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET APPLIQUÉES

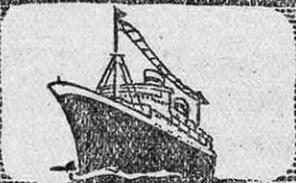
Section importante de l'Ecole du Génie civil, installée en zone libre, 3, rue du Lycée, Nice.

*Envoi gratuit du programme*

Joindre un timbre pour la réponse.

LES MÊMES COURS ONT LIEU A PARIS,  
152, Avenue de Wagram, 152 — PARIS (XVII<sup>e</sup>)

# VOTRE AVENIR



## AYEZ CONFIANCE en VOUS

Vous pouvez TOUS suivre nos cours

Inscrivez-vous dès maintenant

8, rue Porte-de-France, à VICHY

ou demandez-nous franco, le

« Guide des Carrières »

Publicités Réunies



# ÉCOLE CENTRALE DE T-S-F

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



Telephone Central 78-87



# Les dessinateurs techniques diplômés sont très recherchés

En effet, l'Industrie en général, et l'Industrie aéronautique en particulier, occupent des MILLIERS de DESSINATEURS TECHNIQUES, hommes et femmes. Pour encadrer les équipes, on manque d'hommes capables, ayant une formation technique.

Ouvrez un journal, quel qu'il soit, consultez des Offres d'Emplois :

On demande partout des DESSINATEURS TECHNIQUES et TRACEURS qualifiés.

Si vous voulez devenir un de ces DESSINATEURS RECHERCHÉS et BIEN PAYÉS, suivez, par correspondance, pendant vos heures de loisir, les cours de notre École.



## ÉCOLE TECHNIQUE de SCIENCES APPLIQUÉES

5, rue Brouardel, 5 — TOULOUSE

BON A DÉCOUPER

SV

Monsieur le Directeur,

Sans engagement de ma part, veuillez m'adresser la documentation des cours de Dessin industriel.

Nom et prénoms : .....

Adresse : .....

Âge : ..... Profession : .....

Si vous pouvez écrire  
Si vous pouvez **DESSINER**

La méthode A. B. C., qui, depuis 23 ans, a permis à plus de 60.000 personnes, dans le monde entier, de connaître les joies et les avantages que procure le dessin, est toujours la plus moderne des méthodes.

Écartant tout travail de copie, elle s'adapte à la personnalité de chaque élève et facilite aussi leur spécialisation, soit dans une branche artistique : portrait, paysage, soit dans une branche commerciale : illustration, décoration, dessin publicitaire, etc.



M<sup>lle</sup> Goucheon a acquis une technique personnelle dont elle a tiré le meilleur parti dans cette tête d'enfant.

**S E U L E**

# LA MÉTHODE A. B. C.

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

Les Maîtres actuels du dessin ont donné leur adhésion unanime à cette Méthode.

## BROCHURE GRATUITE

intéresse, pour enfants ou pour adultes. Vous recevrez une splendide brochure gratuite.

Pour avoir tous renseignements sur les cours envoyez le coupon en spécifiant le cours qui vous



Ce personnage de notre élève Rossello est à la fois décoratif et bouffon.

**ÉCOLE A. B. C DE DESSIN** Service CB-3  
**M<sup>me</sup> BESNARD - PAU** (Basses-Pyrénées)

Cours choisi : .....

Nom : .....

Adresse : .....

**Siège social : 12, rue Lincoln, PARIS**



# Devenez Comptable Expert-Comptable

## PRÉPARATION aux DIPLOMES de l'ÉTAT

La Comptabilité est une science complexe qui demande à ceux qui la pratiquent des connaissances techniques fort précises et variées.

Des problèmes de Législation sociale, de Droit commercial et de Fiscalité sont chaque jours posés.

Suivez nos cours par correspondance, et vous pourrez devenir **Comptable diplômé de l'État**, accéder aux examens d'**Experts-Comptables**.

Le Commerce, l'Industrie, la Banque manquent de comptables qualifiés ; pensez-y.

BON A DÉCOUPER

SV

Monsieur le Directeur.

Sans engagement de ma part, veuillez m'adresser la documentation de votre cours de : -----

Nom et prénoms : ----- âge : -----

Adresse : -----

### ÉCOLE TECHNIQUE DE SCIENCES APPLIQUÉES

5, rue Brouardel, 5 - TOULOUSE (H.-G.)



# FAITES VOTRE SITUATION DANS LA RADIO!

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

## SUIVEZ NOS COURS SPÉCIAUX PAR CORRESPONDANCE

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

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

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

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

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

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

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

○ **LA TÉLÉVISION ?...** est déjà une réalité  
 commerciale. **Demain**, elle prendra le développe-  
 ment prodigieux qu'on est en droit de prévoir.  
**Sachez, dès aujourd'hui, préparer votre ave-**  
**venir** en vous apprêtant à la fonction de **SPÉCIALISTE**.

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

— NOTICE GRATUITE SUR DEMANDE —

### ÉCOLE de RADIOÉLECTRICITÉ et de TÉLÉVISION de LIMOGES

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

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

NOM ..... PRÉNOMS .....

ADRESSE .....

P.R.D.1



# ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL AIR ET INDUSTRIE ET MARINE

PARIS, 152, Avenue Wagram  
 Secrétariat en zone libre :  
 NICE, 3, Rue du Lycée, 3

## Enseignement par correspondance

(INSCRIPTION A TOUTE ÉPOQUE)

### INDUSTRIE

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

### ADMINISTRATIONS

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

### MARINE

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

### AIR ET ARMÉE

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

### AVIATION CIVILE

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

### COMMERCE - DROIT

SECRÉTAIRE, COMPTABLE ET DIRECTEUR, CAPACITÉ EN DROIT, ETUDES JURIDIQUES.

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

### AGRICULTURE

AGRICULTURE GÉNÉRALE, MÉCANIQUE ET GÉNIE AGRICOLE.

### ÉCOLES NATIONALES

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

### SECTION SCIENCES

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

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

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

### MARINE MARCHANDE

En vertu de la loi du 4 avril 1942, seules, les Ecoles privées autorisées par le Secrétariat à la Marine, peuvent préparer à un certain nombre de brevets de Pont, Mécaniciens, T. S. F., sur place ou par correspondance. Envoi gratuit du programme de l'Ecole privée d'Enseignement Maritime de Nice, 21, boul. Frank-Pilatte, contre 3 fr. 50 en timbres pour frais d'envoi.

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

# la Science et la Vie

Tome LXII — N° 302

## SOMMAIRE

Octobre 1942

- ★ Le mortier géant contre le fortin bétonné, par Camille Rougeron ..... 155
- ★ L'industrie frigorifique doit devenir l'auxiliaire indispensable du ravitaillement national, par Jean Labadié. 164
- ★ L'effort de construction de navires marchands aux Etats-Unis, par André Fournier..... 171
- ★ L'aile volante et le combat aérien, par Pierre Armont. 179
- ★ Les progrès de la propulsion aérienne : vers l'avion à turbine à gaz et l'avion à réaction, par Pierre Dublanc. 182
- ★ La radiographie microscopique des cellules vivantes et les alliages métalliques, par J.-J. Trillat..... 191

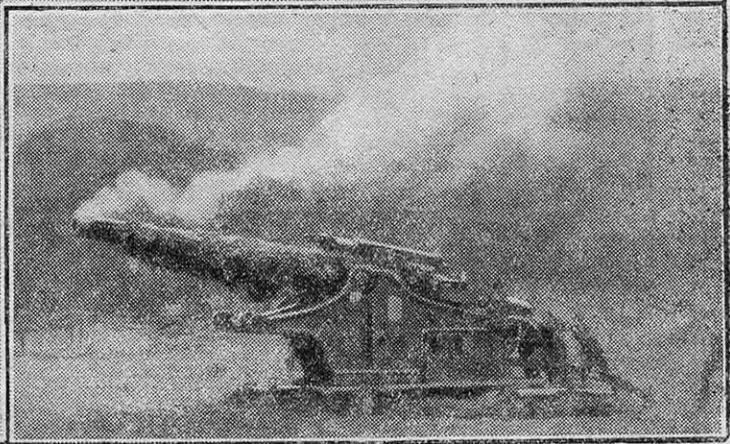
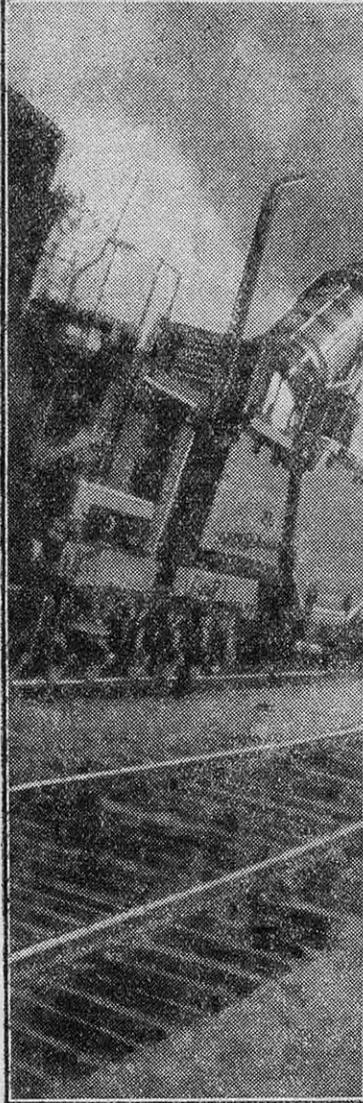
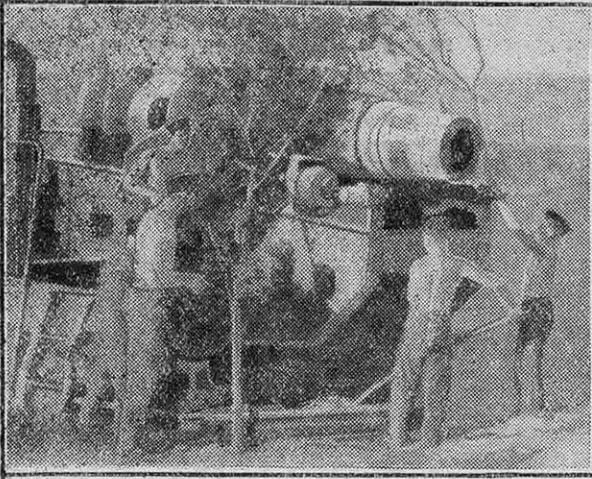


T W 22002

Bien que l'avion intervienne en formations toujours plus nombreuses dans les combats terrestres, il s'en faut qu'il soit parvenu à supplanter le canon : les belligérants mettent en ligne aujourd'hui des masses d'artillerie aussi considérables que pendant la guerre de 1914-1918, et les matériels se sont perfectionnés. L'artillerie lourde en particulier a joué un rôle capital dans les victoires allemandes de Kertch, de l'Ukraine et de Sébastopol. Il semble que 1942 voie le retour à l'ancien mortier, mortier qu'avaient éclipsé, en 1914-1918, les obusiers de très gros calibre, du genre des 420 mm allemands. La couverture du présent numéro représente un matériel de ce genre, « Minenwerfer » ultra-lourd lançant à faible vitesse un projectile à forte teneur d'explosif. Leur installation sur voie ferrée facilite la mise en batterie de pièces aussi lourdes et surtout l'approvisionnement et la manutention des munitions qu'elles consomment par trains entiers. (Voir page 155 l'article sur l'artillerie de grande puissance.)

« La Science et la Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la vie moderne, rédigé et illustré pour être compris de tous. Rédaction, Administration, actuellement, 3, rue d'Alsace-Lorraine, Toulouse. Chèque postal : numéro 184.05 Toulouse. Téléphone : 230-27. Publicité : 63, Rue de Rome, Marseille.

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



T W 22003, 22004, 22005

TROIS PIÈCES LOURDES MODERNES ALLEMANDES A SÉBASTOPOL

*Suivant que l'on est obligé de tirer de plus ou moins loin, on emploie le mortier lourd (en haut), qui est le plus économique, l'obusier du bas de portée plus considérable, ou enfin le canon long (au centre) à grande portée, qui devient indispensable dès qu'il s'agit de prendre à revers des ouvrages à contre-pente en terrain très accidenté, sous un tir exécuté à partir du centre opposé de la forteresse.*

# LE MORTIER GÉANT CONTRE LE FORTIN BÉTONNÉ

par Camille ROUGERON

*Le siège de Sébastopol a vu la mise en œuvre d'une artillerie de très gros calibre sur laquelle nous ne possédons encore que très peu de détails. Si l'on en croit les renseignements de source allemande, sa puissance dépassait de beaucoup celle des matériels les plus lourds de 1914-1918. Le canon géant ne date pas d'hier; il est même apparu dès les premières années de l'artillerie. Détrôné par l'emploi du boulet métallique, puis du canon rayé, il fit sa réapparition en 1914 pour la destruction du béton. De 1939 à 1942, il avait été délaissé au profit de la bombe d'avion. Son retour de faveur, au printemps dernier, entraînera-t-il une éclipse de longue durée de la fortification bétonnée? C'est peu probable, et la lutte du mortier contre le béton, comme celle du canon contre la cuirasse, n'est certainement pas près de prendre fin.*

## Les canons géants à travers l'histoire

QUAND Mahomed II lança en 1453 l'assaut final contre Byzance, il fit fondre à Andrinople un canon de bronze d'un tel poids qu'il fallut pour le transporter un train de trente voitures réunies attelé de soixante bœufs. Cent hommes marchaient de chaque côté pour tenir cette masse roulante en équilibre. Deux cent cinquante autres, en avant, aplanissaient les chemins et consolidaient les ponts. Il fallut deux mois pour franchir les 55 kilomètres qui l'amènèrent sous les murs de la ville. Il est peu probable que, malgré tous ces efforts, la nouvelle pièce ait contribué beaucoup à la chute de Constantinople, car elle éclata après quelques coups, tuant au moins son fondeur, le renégat Urban, qui avait dévoilé aux Infidèles les secrets de l'artillerie occidentale.

Les détails qu'on nous donne sur les pièces monstres dont le tir aurait bouleversé les fortifications de Sébastopol sont aussi impressionnants que ceux qu'on rapporte du canon du renégat Urban. Nous connaissons le nombre de locomotives qui, mises bout à bout, feraient la longueur de quelques-unes de ces pièces. Nous savons que dans les tubes de certaines (sont-ce les mêmes?) deux hommes seraient à

l'aise. Mais il nous manque bien des précisions, longueur en calibres de la partie rayée, poids du projectile et sa charge d'explosif... qui nous permettraient de nous rendre compte plus exactement du rôle vraisemblable des nouveaux matériels dans la chute de la forteresse.

Le canon géant que Mahomet II empruntait aux artilleurs de la chrétienté n'était pas quelque fantaisie sans utilité, mais l'aboutissement logique de la technique de l'époque. Avec le seul projectile dont on disposait alors, le boulet de pierre, il fallait des calibres énormes pour lui imprimer la force vive nécessaire à faire brèche dans une muraille. Le progrès dû à l'invention de la poudre profita pendant près de deux siècles à la défense plus qu'à l'attaque; le boulet de pierre tuait les hommes et désorganisaient les machines de l'assiégeant, mais il se brisait le plus souvent sur les maçonneries. En

tout cas, si malgré qu'en fussent les résultats, la voie du canon géant était la seule qui fût ouverte aux artilleurs désireux de tenter leurs chances contre les forteresses. Deux techniques très différentes furent appliquées à cette réalisation.

La plus ancienne est celle du fer forgé dont les chefs-d'œuvre les plus connus, encore conservés dans quelques musées d'artillerie ou forteresses d'Europe, sont la « Mons Meg »

CANON	Calibre	Longueur	Poids du canon	Poids du boulet (pierre)
Tolle Grete.....	64 cm	5,02 m	16 400 kg	340 kg
Mons Meg.....	50 cm	3,97 m	6 600 kg	150 kg
Canon de Moors-hedabad.....	41 cm	5,10 m	»	125 kg

TABLEAU 1. — CARACTÉRISTIQUES DE CANONS ANCIENS EN FER DE GROS CALIBRE

La « Tolle Grete » (Marguerite l'Enragée) a été forgée en 1382 aux Pays-Bas; elle est retournée à Gand en 1578 après un séjour chez le duc de Bourgogne. La « Mons Meg » (Marguerite la Monstrueuse), forgée en Ecosse en 1455, est conservée au bastion du roi, au château d'Edimbourg. Ces deux canons, comme celui qui orne le palais de Moorshedabad, au Bengale, sont construits exactement de la même manière. La volée est formée d'un grand nombre de barres longitudinales frettées par des cercles jointifs (32 barres et 41 cercles pour la « Tolle Grete »), à la manière des douves d'un tonneau maintenues par leurs cercles. La culasse est formée de cercles soudés; elle est vissée à l'arrière de la volée. La « Tolle Grete » et la « Mons Meg » sont coniques; le cône est très accentué sur la première qui a 1 m de diamètre à la bouche; il est d'ailleurs ouvert en sens inverse sur la deuxième.

CANON	Calibre	Longueur	Poids du canon	Poids du boulet (pierre)
Faule Metze . . . .	66 cm	"	"	375 kg
Tsar des canons..	92 cm	5,35 m	39 000 kg	950 kg
Moolk-al-Meidan.	72 cm	4,20 m	40 000 kg	450 kg
Kemerlik de Woolwich..	63 cm	5,25 m	7 500 kg	300 kg

TABLEAU II. — CARACTÉRISTIQUES DE CANONS ANCIENS EN BRONZE DE GROS CALIBRE

La « Faule Metze » (« Messe pourrie », du nom des messes sabbatiques censées célébrées avec le concours de telles pièces) a été fondue en 1411 à Brunswick. Le « Tsar des canons », qui n'a jamais tiré, figure toujours au Kremlin. Le « Moolk-al-Meidan » (« maître du champ de bataille ») orne le palais de Bejapore. Le canon de Woolwich est un des exemplaires des nombreux « Kemerliks » qui défendaient l'entrée des Dardanelles et mirent à mal l'escadre de lord Duckworth en 1807; il n'en restait plus que seize en service sous le règne d'Abd-ul-Aziz qui fit cadeau de l'un d'eux à la Grande-Bretagne.

et la « Tolle Grete » (voir tableau I), cette dernière du calibre de 64 cm.

La plus récente est celle du canon monobloc fondu en bronze. Il subsiste beaucoup de pièces de cette sorte; le tableau II donne les caractéristiques de quelques-unes des plus célèbres.

Le boulet de pierre, impuissant contre les maçonneries, devait conserver jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle quelque valeur dans la défense des côtes. Quand lord Duckworth, après avoir franchi les Dardanelles par surprise en février 1807, voulut repasser en Méditerranée, les boulets de pierre des « kemerliks » des châteaux forts bordant les détroits lui infligèrent des pertes sérieuses. On retrouva à bord des boulets de 66 cm pesant 250 kg dont l'un brisa le grand mât du *Wyndham*; un autre fit de telles avaries à la flottaison du *Royal George*, vaisseau de 110 canons, qu'il faillit couler; un troisième mit le feu aux poudres de la batterie basse du *Windsor Castle*, y tuant ou blessant quarante-six hommes.

Le boulet métallique, inventé par les frères Bureau vers 1450, devait porter un coup fatal aux canons de gros calibre. Il permettait de battre en brèche les maçonneries les plus épaisses avec des canons de calibre et de poids modérés, dont le transport et le pointage ne posaient pas de problèmes extraordinaires. Il fit ses preuves dans l'expédition de Charles VIII en Italie (1495) où les places se rendaient à la seule approche de l'artillerie française.

Tous les matériels précédents, en fer ou en bronze, de calibre énorme ou modéré, étaient des canons, c'est-à-dire des pièces longues faisant du tir tendu. Le tir courbe fut exécuté également, dès les débuts de l'artillerie, avec des mortiers de très gros calibre dont le tableau III donne quelques caractéristiques.

Le mortier tira au début, comme le canon, le boulet de pierre. C'est avec cette arme que Mahomet II, au siège de Constantinople, délogea la flotte génoise qui avait trouvé derrière les murs de Galata une protection efficace con-

tre le feu de ses canons, en lui coulant un bâtiment dès le deuxième coup de mortier. C'est avec des mortiers de 63 à 94 cm de calibre que le même Mahomet II fit des dégâts considérables dans la ville de Rhodes, au siège de 1480.

Mais le rôle véritable du mortier, et la justification de la survivance des très gros calibres de ces matériels jusqu'à l'époque actuelle, fut le tir du boulet creux explosif. Louis XIV fit fondre un certain nombre de mortiers de 47 cm employés du siège de Mons en 1691 à celui de Tournay en 1745. La Belgique, à ses débuts, s'offrit un mortier de 60 cm qui fut employé au siège d'Anvers de 1832. Méhémet-Ali fit fondre pour l'Égypte en 1840 un mortier de 51 cm. Mais le record fut atteint en 1858 par le mortier Palmerston de 35 pouces (89 cm) qui se trouve exposé à Woolwich sans avoir jamais fait autre chose que ses tirs d'essai.

### L'attaque de la fortification dans la deuxième moitié du dix-neuvième siècle :

#### Artillerie rayée et l'obus-torpille

Deux innovations techniques transformèrent complètement les moyens d'attaque de la fortification dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle : l'artillerie rayée et l'obus-torpille à explosif brisant.

Les caractéristiques de portée, de précision et de puissance du canon étaient bouleversées par la rayure, qui apparut vers 1860. Les canons longs tiraient dès lors à 8 km. Leur précision assurait un coup d'embrasure sur quatre à 1 200 m; on pouvait ouvrir une brèche dans les escarpes à partir de 1 500 m. La puissance du projectile était multipliée à la fois dans le rapport des poids, le projectile cylindrique étant plus volumineux que le projectile sphérique, et dans le rapport du carré des vitesses restantes. Il fallut construire des enceintes de forts éloignés, défilés les escarpes à l'inclinaison du quart...

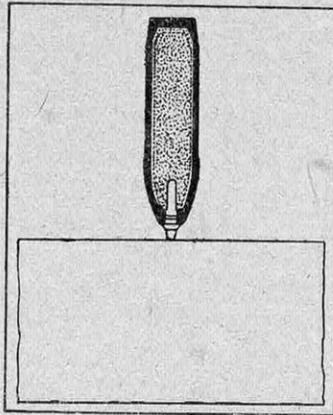
La fortification était à peine transformée que

MORTIER	Calibre	Longueur	Poids du mortier	Poids du projectile
Mortier de Vienne	110 cm	2,50 m	"	1 600 kg (pierre)
Mortier de Liège.	60 cm	1,66 m	7 750 kg	587 kg
Mortier Palmerston . . . . .	89 cm	"	91 500 kge	1 562 kg

TABLEAU III. — CARACTÉRISTIQUES DE QUELQUES GROS MORTIERS

Le mortier de l'arsenal de Vienne, de construction analogue à celle des mortiers en fer au tableau I, fut forgé à Steyr, dans la première moitié du XIV<sup>e</sup> siècle; il passa aux Turcs et revint en Autriche en 1529. Le mortier de Liège, employé au siège d'Anvers en 1832, tirait des projectiles de 587 kg chargés à 50 kg de poudre. Le mortier Palmerston construit en 1858 sur les plans de l'ingénieur anglais Mallet, tirait à 4 600 pas un projectile de 1 562 kg chargé à 212 kg de poudre.

FIG. 1. — DES-TRUCTION DU BÉTON PAR PROJECTILE EXPLOSIF A FORTE TENEUR



T W 22017

La fusée doit être instantanée si le corps est très léger, le béton non recouvert de terre ou la vitesse à l'impact élevée; elle peut être à retard dans le cas d'un corps moyennement résistant, arrivant à vitesse modérée sur le

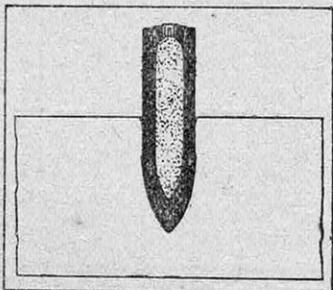
revêtement de matériaux qui le freinent. Le rendement de l'explosion est faible; l'explosif voisin du culot est trop éloigné pour être très efficace; la force qu'il exerce se répartit sur une vaste surface; dans l'attaque d'une voûte, les forces éloignées du point d'impact tendent même à décharger la voûte de celles qui s'exercent à son voisinage immédiat.

survint une nouvelle crise, provoquée par l'apparition de l'obus-torpille en 1885. Jusqu'ici, le tir du mortier, si élevé que fût son calibre, n'était pas très dangereux. Les casemates d'Anvers avaient parfaitement résisté aux boulets de 587 kg, chargés à 50 kg de poudre noire, du mortier belge de 60 cm. La pénétration du projectile sphérique était faible; l'effet de la poudre, sans bourrage, plus faible encore. L'obus allongé, chargé en mélinite ou en tolite, réunissait ces qualités de pénétration dans les terres et d'effet destructif au contact des maçonneries. Aux expériences du fort de la Malmaison, en 1886, les obus tirés par le mortier de 220 mm pénétrèrent, suivant la trajectoire, de 8 m, ouvrant des brèches de 5 à 13 m dans les voûtes, les escarpes et les contrescarpes.

Ainsi, la rayure permettait, par le moyen du canon, la destruction de toute maçonnerie exposée aux vues; l'explosif brisant, par le moyen du mortier, la destruction de toute maçonnerie défilée ou abritée.

La fortification devait se transformer une fois de plus. Le remède à ces deux progrès de l'artillerie fut trouvé dans deux innovations techniques, le cuirassement et le béton, et dans des principes nouveaux d'organisation (fortification française « dispersée » de 1887 à 1914, « Feste » allemandes, ...)

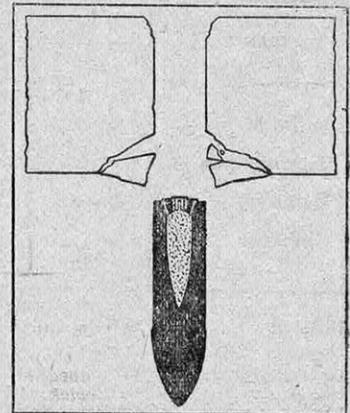
FIG. 2. — ATTAQUE DU BÉTON PAR UN PROJECTILE DE SEMI-RUPTURE



T W 22015

La fusée est toujours une fusée de culot retardée. Le corps est assez épais pour pénétrer sans se briser dans le béton; la teneur en explosif est d'environ 10%. Pour les vitesses d'impact de 300 à 400 m/s, l'obus de semi-rupture, qui ajoute à l'effet de dislocation par le corps l'effet d'explosion d'une charge dont le centre de gravité est rapproché du béton, est supérieur à l'obus à forte teneur d'explosif.

FIG. 3. — DES-TRUCTION DU BÉTON PAR PROJECTILE DE RUPTURE



T W 22016

Le projectile de rupture, à teneur d'explosif de l'ordre de 2%, et fusée de culot retardée, explose normalement après avoir traversé le blindage en entier. Employé en marine ou contre les blindages de chars, il n'a pas servi jusqu'ici contre le béton. Mais le principe mériterait certainement d'être repris quand on attaquera le béton par des projectiles d'avions à très grande vitesse (canons d'avions ou bombes-fusées).

### La grosse artillerie de 1914 à 1918

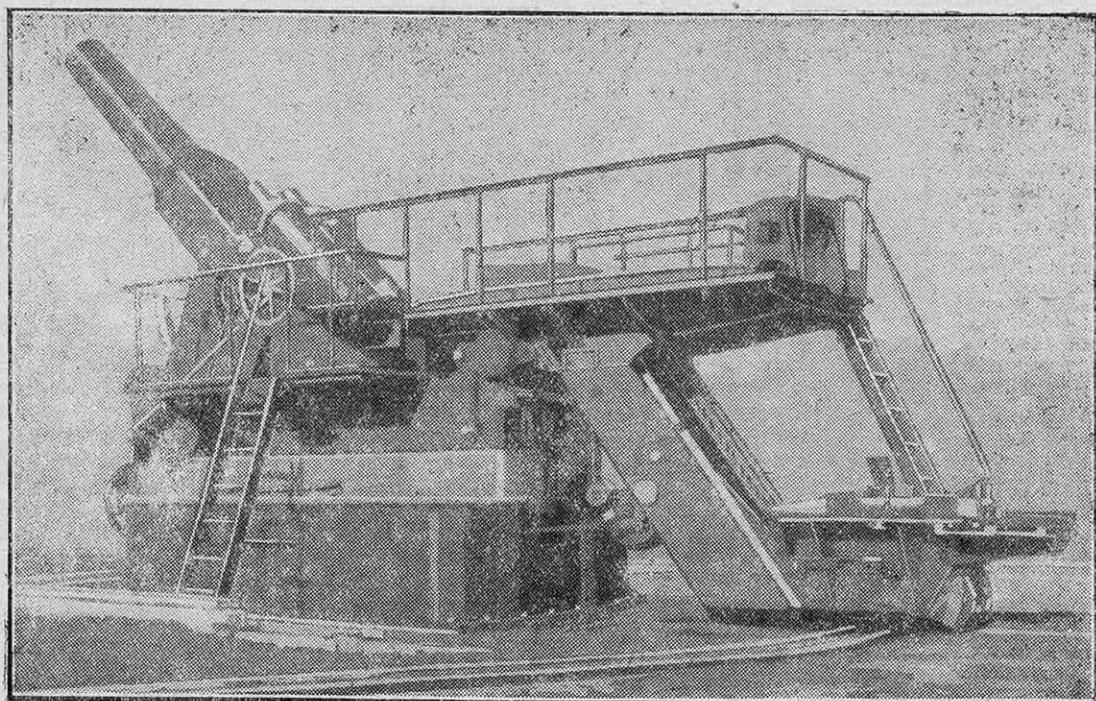
L'artillerie allemande a le mérite d'avoir résolu à peu près aussi bien qu'on pouvait le faire à l'époque le problème technique de l'attaque de cette nouvelle fortification.

La cuirasse et le béton sont des matériaux dont le mode de résistance n'est pas très différent et qui réagissent à peu près de la même manière au projectile de perforation et à l'explosif.

La solution de l'obus-torpille de 1885 demandait tout à l'explosif. Les parois de l'obus étaient réduites au minimum compatible avec la résistance à la pression de la poudre au départ et la pénétration dans les terres à l'arrivée; la charge explosive qu'on pouvait y loger dans de telles conditions suffisait contre la maçonnerie, mais ses effets, sans être absolument négligeables, étaient faibles contre le blindage ou le béton.

Les marines appliquaient, comme il arrive souvent, un principe absolument opposé pour la perforation des blindages, qui demandait tout à la force vive du projectile et rien à sa charge en explosif. Toutes les marines avaient fini par se mettre d'accord, pour l'attaque d'objectifs de résistance comparable aux cuirassements et aux voûtes bétonnées de 1914, sur la nécessité d'un projectile à très faible teneur d'explosif, qui n'éclatait que plusieurs mètres après avoir traversé la plaque. Le projectile qui éclatait dans la plaque, par insuffisance d'épaisseur des parois, excès de sensibilité de l'explosif, l'eût-il brisée en plusieurs morceaux, était un mauvais projectile. On citait, d'une marine à l'autre, l'échec de cet inventeur américain qui avait tiré sur des plaques de blindage d'énormes charges d'explosif sans autre effet que quelques éraflures. Au reste, cette attitude se justifiait suffisamment par l'organisation de la protection des navires, à blindages multiples, où les derniers auraient arrêté les projections d'éclats et de matériaux provenant d'une explosion à la rencontre des premiers.

Était-il possible de combiner les deux principes, en donnant au corps du projectile une résistance suffisante pour une pénétration partielle dans la cuirasse ou le béton, et en demandant à une charge d'explosif réduite



T W 22006

**FIG. 4.** — LE PLUS PUISSANT DES MATÉRIELS ALLEMANDS DE 420 MM DE 1914-1918

Cette pièce, tirant à 14 km, était montée sur plate-forme. Le socle est tenu sur des fondations en fonte enfoncées en terre; l'affût peut être pointé horizontalement par rapport au socle; autour court la plate-forme de chargement mobile sur rails. Cette solution du matériel sur plate-forme décomposable, transportable par rail, et à grand secteur de pointage horizontal, était en faveur dans l'artillerie allemande en 1914.

d'achever la destruction? C'est ce qui fut démontré aux expériences d'Otchakof en 1912, lors d'un concours ouvert par le gouvernement russe pour la fourniture d'un matériel de siège, où le projectile de « semi-rupture » s'était montré supérieur au projectile à forte teneur d'explosif.

Ce recours à la vitesse restante avait un autre avantage. La vitesse restante élevée résulte d'une vitesse initiale élevée; la vitesse initiale élevée permet le tir à grande distance. On pouvait donc détruire la nouvelle fortification en se plaçant hors de portée de riposte d'une artillerie de place à tir courbe qui n'avait pas été conçue pour repousser ce mode d'attaque.

Mais le projectile de semi-rupture qui combinait l'effet de perforation du corps et l'effet explosif de la charge n'était suffisant contre les épaisseurs de béton alors en usage qu'à condition de le mettre en œuvre sur un matériel de calibre suffisant. C'est ce que l'artillerie allemande fut la première à admettre en majorant de moitié les calibres de

270 à 280 mm qui avaient servi de base au choix des épaisseurs de béton.

Deux matériels allemands de 420 mm furent conçus suivant ces principes, le matériel léger modèle 14 M, transportable sur route en cinq fardeaux de 12 à 18 tonnes, portant à 12 km, et le matériel lourd type  $\Gamma$ , se déplaçant uniquement sur voie ferrée en sept fardeaux de 25 tonnes, et portant à 14 km. L'un et l'autre suffirent contre la plupart des forts français et belges; s'ils n'en expliquent pas complètement la chute, ils la hâtèrent certainement. Mais le calibre de 420 mm devait se montrer insuffisant contre le béton des forts français les plus

modernes, tels Vaux et Douaumont dans la partie renforcée à 2,50 m d'épaisseur.

Les mêmes principes devaient être repris pour les matériels français de 400 et de 520 mm, sinon dans l'établissement des affûts qui sont assez différents, du moins dans la fixation des caractéristiques, puissance, portée, nature du projectile.

MATÉRIEL	Poids	Portée	Poids du projectile	Charge d'explosif
Mortier de 305 mm...	3 fardeaux de 13 t	12 km	333 kg	42 kg
Canon court de 420 mm (modèle 14 M) .....	5 fardeaux de 12 à 18 t	12 km	400 kg	50 kg
Canon court de 420 mm (type $\gamma$ )....	7 fardeaux de 25 t	14 km	930 kg	106 kg

**TABEAU IV.** — CARACTÉRISTIQUES DE MATÉRIELS LOURDS ALLEMANDS DE 1914-1918

Le mortier de 305 mm et le canon de 420 mm, modèle léger, se déplaçaient sur route; le canon de 420, modèle lourd, sur voie ferrée.

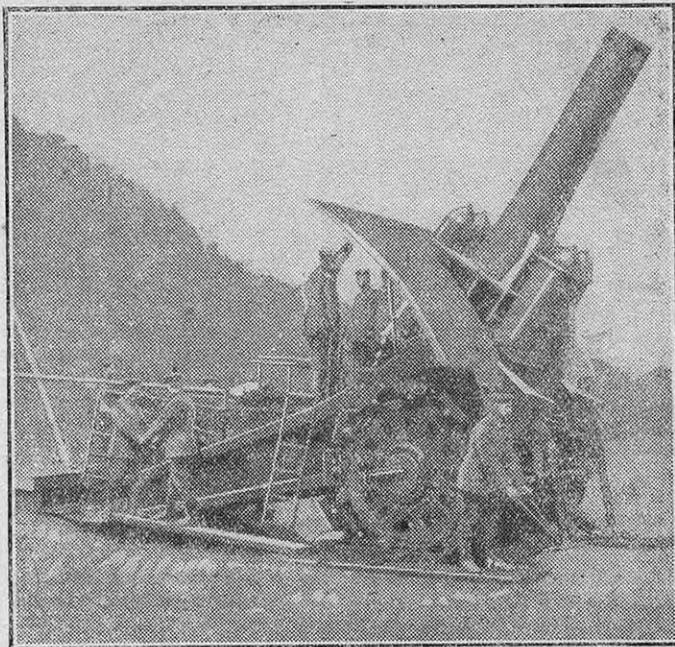


FIG. 5. — LE PLUS MOBILE DES MATÉRIELS ALLEMANDS DE 420 MM DE 1914-1918

Ce matériel Krupp, au poids total de 40 t en batterie, était d'un transport sur route relativement aisé, mais ne pouvait tirer qu'à 9 km (au lieu de 14 km) un projectile relativement léger.

### L'attaque du fortin : le renversement de la construction et l'effet du souffle sur l'occupant

L'examen des ouvrages permanents enlevés par ses troupes devait inciter le Commandement allemand à une appréciation plus optimiste de la capacité de résistance du béton à la grosse artillerie. Ce fut l'origine des fortins et abris bétonnés dont la dalle de toit atteignait au plus 1,50 m d'épaisseur, qui furent employés en grand nombre soit dans les ouvrages permanents (positions avancées au sud de Metz en 1916), soit dans les ouvrages de campagne et notamment dans les Flandres en 1917.

On peut admettre que la limite d'efficacité du 420 mm sur du béton qualité française de 1914, ou sur du béton armé tel que l'exécuta l'armée allemande dès 1916, est de 1,75 m; l'effet de l'armature est surtout d'éviter l'affaiblissement progressif d'épaisseur par la répétition des impacts au même point. Dès lors, si l'on se posait le problème de la résistance sous forme de la non-perforation du toit ou des parois latérales en cas d'impact direct, il pouvait être résolu avec des ouvrages de dimensions très faibles. Comme il était d'ailleurs inutile d'établir des ouvrages à l'épreuve du 420 mm, dont on ne pouvait concevoir l'emploi généralisé contre la fortifica-

tion de campagne, des épaisseurs plus faibles encore devenaient suffisantes. C'est l'explication des ouvrages bétonnés légers des Flandres de 1917 (0,90 m à 1,50 m d'épaisseur), ainsi que de ceux de la ligne Siegfried reproduits par la suite chez la plupart des belligérants de 1939.

L'expérience des Flandres montra que cette conception, d'une efficacité indiscutable, péchait cependant sur deux points.

Réduite à l'épaisseur minimum pour la résistance à la perforation, la masse de l'ouvrage est insuffisante pour résister au renversement sous l'effet des projectiles tombant au voisinage immédiat, surtout si l'on multiplie les coups. On trouva, dans les Flandres, des ouvrages dont le béton était intact retournés dans la boue des entonnoirs. Le résultat n'est pas très grave pour l'abri en béton enterré, dont l'accès reste possible; mais le fortin renversé dont les embrasures se trouvent dirigées vers le sol ou le ciel n'est plus d'aucune utilité. Le béton en faible épaisseur, mal ancré, résistait bien aux coups directs, mais non à ceux qui tombaient à côté.

D'autre part la résistance du béton n'est pas une fin en soi; elle n'a d'utilité que si l'homme qu'il recouvre y conserve la vie et les moyens physiques de servir ses armes. La souplesse de ses organes vient heureusement au secours du défenseur. Le marin résiste beaucoup mieux à la grenade sous-marine ou à la bombe d'avion éclatant dans l'eau que ses joints de coque et que ses vannes en acier moulé. Avec

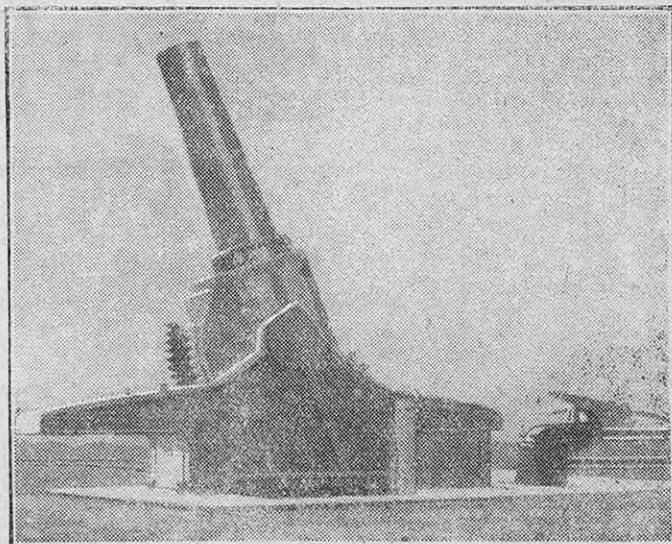
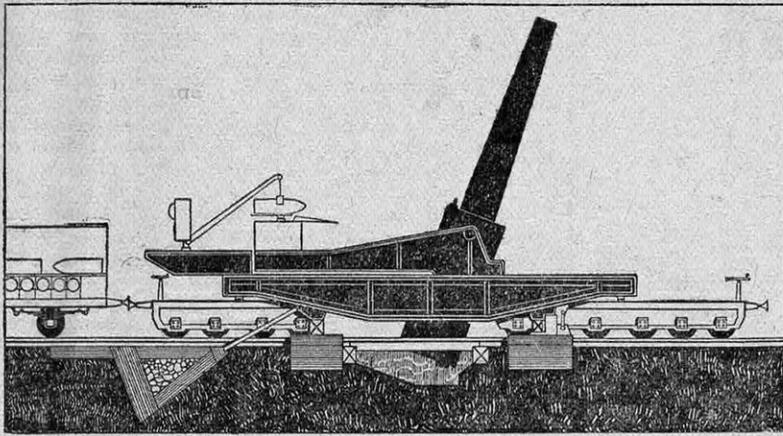


FIG. 6. — UN 420 MM AUTRICHIEN DE 1914-1918

Ce matériel, mis en œuvre contre les fortifications italiennes dans les Alpes, avait été transporté par des moyens de fortune. Le tube provenait d'une pièce longue de côte de l'Adriatique, réalisée et raccourcie.



T W 22010

FIG. 7. — MATÉRIEL DE 400 MM MODÈLE 1916

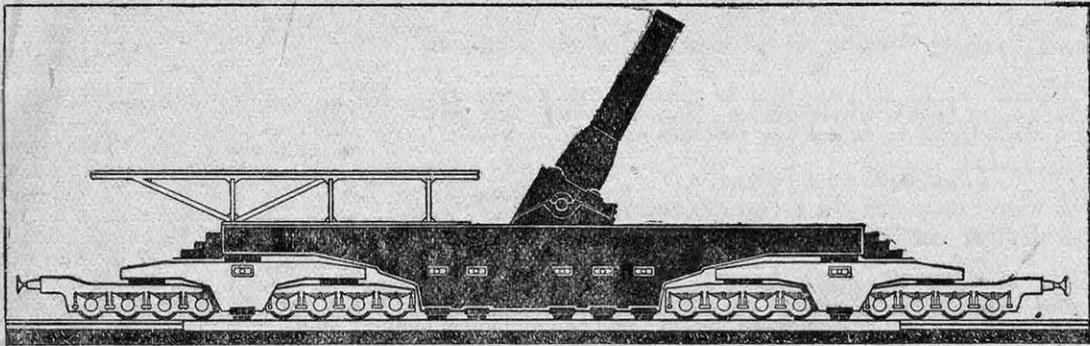
La bouche à feu provient d'un canon de marine de 340 mm, modèle 1887, raccourci et réalésé en 400 mm, et monté sur affût-truc à berceau. L'amplitude de pointage en direction est de 12°. Le matériel, qui pèse 137 tonnes en batterie, tire jusqu'à 15 km différents projectiles, dont un projectile de semi-rupture de 900 kg renfermant 90 kg d'explosif.

dres en 1917, et même, en 1914, le simple obus explosif de 75 mm éclatant après ricochet faisait à son voisinage des victimes qui n'avaient reçu aucun éclat.

### L'attaque de la fortification de 1939 à 1942 : de la bombe d'avion au mortier géant

Jusqu'au printemps dernier, il ne semble pas que l'artillerie se soit signalée par des progrès comparables à ceux de 1914 dans l'attaque de la fortification; la vedette fut la bombe d'avion lancée en piqué.

On marquait souvent quelque scepticisme, à

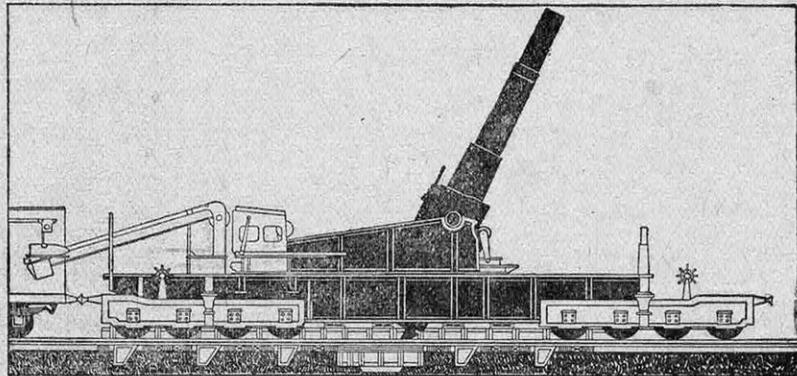


T W 22012

FIG. 8. — MATÉRIEL DE 520 MM MODÈLE 1916

Le pointage en direction est obtenu par déplacement de l'affût sur un « épi courbe » de voie ferrée. Le matériel pèse 250 tonnes en batterie et a 30 m de longueur. Il tire à 17 km un obus de semi-rupture de 1 654 kg contenant 190 kg d'explosif.

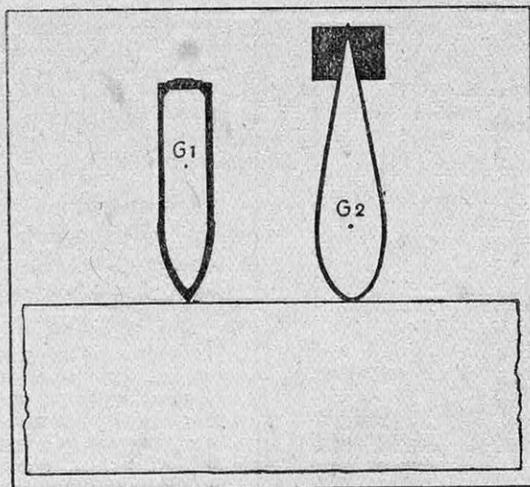
un peu d'habitude, le fantassin supporte assez bien les vibrations du béton pilonné par les gros projectiles, et les supporterait parfaitement avec un tapis de liège sous les talons par où pénètre l'ébranlement. Encore faut-il qu'il ne soit pas soumis directement à l'effet du souffle. On a retrouvé, paraît-il, nombre de Russes morts sans blessure apparente sous le béton intact des ouvrages de la presqu'île de Kertch, et un plus grand nombre encore hors d'état de se défendre. Mais on avait fait la même constatation à propos des abris bétonnés des Flan-



T W 22011

FIG. 9. — MATÉRIEL DE 370 MM MODÈLE 1915

La bouche à feu provient du réalésage d'un canon de marine de 305 mm modèle 1887; elle est montée sur affût-truc à berceau. L'amplitude de pointage en direction est de 12°. Le matériel, qui pèse 134 tonnes en batterie, tire jusqu'à 15 km différents projectiles, dont un projectile de semi-rupture de 710 kg chargé à 72 kg d'explosif.



T W 22014

FIG. 10. — EFFET COMPARÉ DU PROJECTILE ET DE LA BOMBE D'AVION DANS L'ATTAQUE DU BÉTON

Lorsque la puissance de l'explosif intervient seule, la bombe est plus avantageuse. A poids total donné, la teneur en explosif de la bombe est plus élevée; en outre, le calibre plus élevé de la bombe, et la différence des formes d'avant et d'arrière rapprochent du béton, dans le cas de la bombe, le centre de gravité de la charge.

l'époque de la guerre d'Espagne, lorsqu'on annonçait que les nationalistes enlevaient les mitrailleuses sous béton avec le concours de leur aviation d'assaut, faute d'artillerie lourde. C'était méconnaître l'infime souplesse de l'avion et de ses armes, qui s'adaptent aussi bien à la lutte contre la fortification terrestre qu'à la destruction des navires de ligne, et qui sont même capables de venir à bout de ceux-ci comme de celle-là par des moyens inédits.

Si l'avion en piqué ne paraissait guère propre à lancer contre le béton des bombes de perforation — la question demandera d'ailleurs à être reprise à la généralisation de la bombe-fusée —, tous les autres moyens d'action étaient à sa disposition.

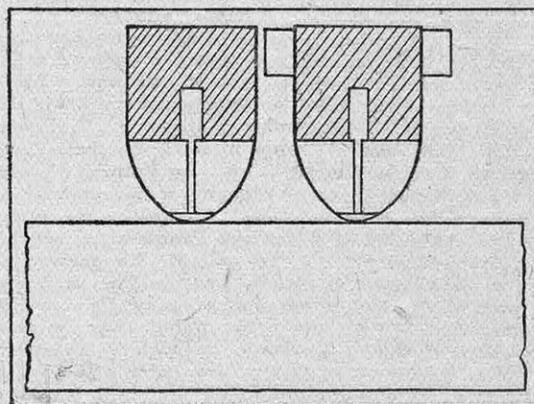
S'il fallait renoncer au corps de bombe épais, faute de pouvoir en utiliser la masse en lui imprimant une vitesse suffisante, il restait à se retourner vers l'emploi de l'explosif. On pouvait même l'améliorer. Le tir du canon impose au corps de projectile un minimum de résistance qui interdit, croit-on généralement, des teneurs en explosif supérieures à 50 %; la bombe d'avion, qui ne connaît aucune exigence de cet ordre au départ, peut être chargée à 80 % d'explosif et davantage, si on la munit d'une fusée instantanée la faisant éclater avant que son corps léger se soit écrasé sur l'obstacle. Pour tirer dans un canon un projectile contenant le maximum d'explosif, on est conduit à allonger le projectile dans toute la limite compatible avec sa stabilité, ce qui n'est pas favorable à l'effet de cet explosif sur le béton; à poids donné, la bombe d'avion peut être faite aussi courte qu'on le désire au bénéfice de son efficacité, et, en 500 kg, la bombe de 800 mm de diamètre dans un fuselage de bimoteur n'aurait rien de gênant. L'artilleur, habitué aux vitesses supersoniques, ne consentirait pas à faire des projectiles sans avant pointu et arrière cylindrique, ce qui est également fâcheux pour l'effet de l'explosion, en éloignant de la paroi

le centre de gravité de la charge; l'aviateur, qui n'emploie pas encore ces vitesses, préfère l'avant rond et l'arrière pointu qui sont plus satisfaisants de ce point de vue. L'artilleur, devenu prudent, n'accepte plus que des explosifs qui ont subi de sévères épreuves garantissant leur insensibilité, au moins aux accélérations qu'on leur imprime au départ; l'aviateur, qui a moins d'expérience et d'exigences, s'est laissé aller à l'emploi d'explosifs dont il ne soupçonne pas tous les risques, mais qui ont l'avantage d'une puissance moitié plus forte. Au total, malgré l'infériorité de principe de l'attaque du béton par l'explosif, il est probable que la bombe de 900 kg où l'on aurait réuni tous ces perfectionnements viendrait à bout d'une épaisseur de béton résistant au projectile de 420 mm de même poids.

Les effets de l'explosion qu'on peut qualifier de secondaires si on envisage en premier la résistance du béton, sont amplifiés lorsqu'on passe du projectile à la bombe.

Le renversement du fortin sans dégâts dans le béton, sous l'influence de l'explosion dans le sol, demande des bombes résistant à la pénétration, donc à 60 % au plus d'explosif. L'effet est six fois supérieur à celui du projectile de semi-rupture de même poids.

Le souffle n'est vraiment dangereux contre le personnel que dans le cas de l'explosion en surface. Mais, là encore, son effet est proportionnel à la charge et la bombe à très forte teneur d'explosif éclatant en surface est l'arme parfaite pour défoncer les portes, tuer les défenseurs derrière leur béton ou les mettre hors d'état de servir leurs armes. Les combattants de 1914-1918 qui résistaient dans leurs abris en sape défoncés par l'artillerie, traversaient les tirs de barrage et n'étaient relevés qu'après la perte de 50 % des effectifs, ont quelquefois été sévères pour les combattants de 1940 qui, avec des pertes insignifiantes, n'ont pas pu tenir devant quelques grosses bombes. La balle et l'obus tuent; la bombe, affirme-t-on, fait du bruit et ne tue pas. Ce

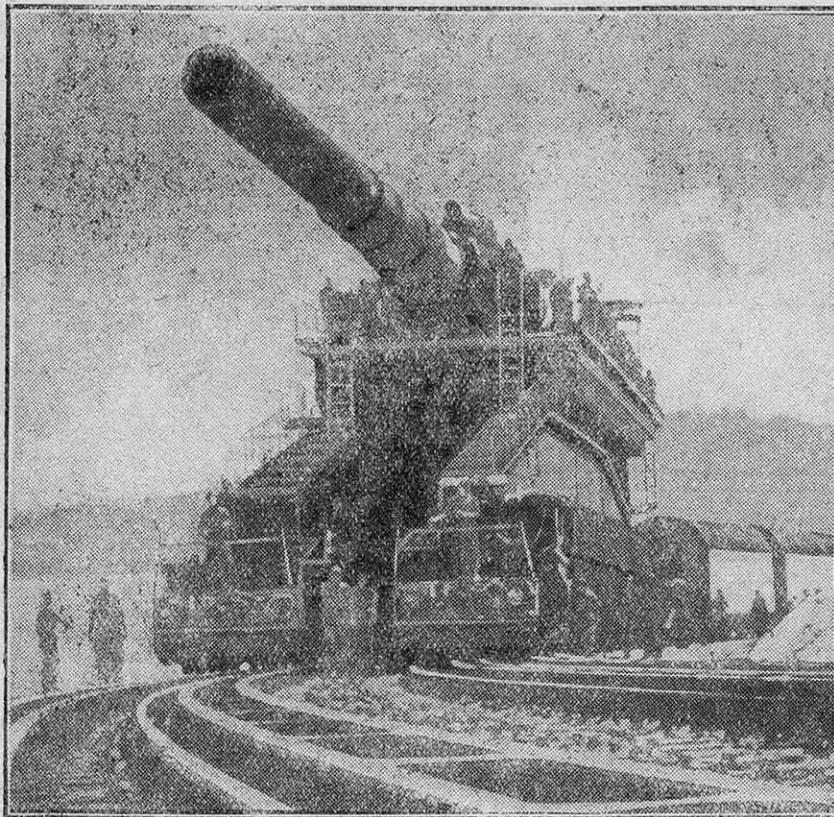


T W 22013

FIG. 11. — PROJECTILES DE MORTIER ET BOMBES D'AVION ÉTUDIÉS POUR LA DESTRUCTION DE FORTINS BÉTONNÉS (BÉTONS DÉCOUVERTS)

Ils se caractérisent par un allongement très faible, un corps extra-léger, et la combinaison d'une fusée instantanée et d'un retard très faible (1/500 à 1/300 de seconde) provoquant l'explosion un peu avant que l'ogive ait fini de s'écraser sur le béton. C'est une variante de ce type dont l'emploi était indiqué dans le mortier de 600 mm pour char (n° 297 de

La Science et la Vie.)



T W 22018

FIG. 12. — UN CANON ALLEMAND SUR VOIE FERRÉE DEVANT SÉBASTOPOL

*On notera la solution très originale de l'épi courbe à voie double et à faible rayon de courbure qui permet l'emploi d'un affût-truck très haut et relativement court. L'affût doit évidemment être monté sur place.*

n'est pas tout à fait exact. Le « bruit », à un certain degré, tue, et, à un degré moindre, réduit à bien peu de chose la capacité de résistance du défenseur même entraîné.

Enfin les entonnoirs énormes produits par les bombes lourdes à corps résistant obstruent les vues de la défense et arrêtent son feu.

Ainsi, même sans la bombe de semi-rupture copiée sur les projectiles d'artillerie, l'aviation peut parfaitement venir à bout du béton tel qu'on l'emploie aujourd'hui. La bombe à forte teneur d'explosif, corps résistant et fusée retardée, enterre les abris, renverse les fortins et sème leurs approches d'entonnoirs énormes qui aident à la progression de l'assaillant. La bombe à très forte teneur d'explosif, corps léger et fusée instantanée, rompt les dalles de béton, tue les défenseurs sous leur béton intact, et les met en tout cas dans un état de déficience physique bien propre à faciliter les entreprises des pionniers qui lui succèdent.

Autant qu'on peut en juger par les quelques données fournies à la presse, il semble que les nouveautés introduites en artillerie de grosse destruction au printemps 1942 tendent à rapprocher le mode d'action de ses projectiles de celui de la bombe d'avion.

Pourquoi, d'abord, dans cette véritable débâche de matériel que les deux adversaires opposent sur le front de l'Est, n'y a-t-il eu pendant un an qu'une part très faible affectée à la très grosse artillerie? De part et d'autre, on nous annonçait la prise de fortins à l'aide

de la bombe d'avion, du canon de D.C.A. ou du char lourd faisant du tir d'embrasure, du pionnier maniant le lance-flamme ou les caisses d'explosif; pourquoi ne faisait-on pas appel au 305 mm, au 380 mm, au 420 mm s'il le fallait, comme dans l'attaque des forts belges et français de 1914?

C'est que la dispersion de la fortification sous forme d'ouvrages bétonnés de faible volume fait de l'ouverture d'une brèche par une artillerie lourde type 1914-1918 une tâche qui dépasse les possibilités de production de pays comme l'Allemagne et l'U. R. S. S. Placer au but, à 10 ou 15 km de distance, un coup de 420 mm ou même de 305 mm après réglage individuel sur chacun de ces ouvrages demande trop de projectiles. On peut y parvenir avec l'avion qui lâche ses bombes à 500 m, avec le canon de D.C.A. ou le char qui place un coup

sur deux dans une embrasure à 1000 m; c'est impossible avec un matériel tirant entre 10000 et 15000 m, car les écarts probables en direction et en portée croissent au moins comme la distance, et la zone battue comme son carré.

La seule artillerie concevable pour la destruction des organisations défensives actuelles est donc l'artillerie à faible portée, la seule assez économique pour qu'on puisse l'alimenter en projectiles. Le fortin bétonné impose le retour au mortier. Mais renoncer à la portée, c'est renoncer à l'attaque du béton par l'effet de la vitesse restante et revenir à la destruction par le seul explosif. L'artillerie se trouve donc placée sur le même pied que l'aviation et toutes les remarques précédemment faites à propos des modes d'action de la bombe d'avion contre le béton trouveront leur application au projectile d'artillerie.

Ainsi, le principe même de l'artillerie de grosse destruction se sera transformé complètement de 1914 à 1942; le matériel de 610 mm qu'on aurait employé à Sébastopol n'est pas, croyons-nous, une extrapolation de notre 520 mm, dérivé lui-même du 420 mm, mais quelque « *Minenwerfer* » géant du genre de celui que représente la couverture du présent numéro et dont les dimensions s'accroissent mieux du transport par voie ferrée. On peut s'étonner que vingt-six années, et l'exemple de l'aviation, aient été nécessaires à cette transformation, depuis l'apparition du fortin bétonné

Comment peut-on se représenter la gamme

des matériels que l'artillerie devra mettre en œuvre pour reprendre sa place dans la lutte contre la fortification nouveau modèle, aux côtés du char, de l'avion et du pionnier?

Le mortier en sera la base essentielle. Mais il ne se limitera évidemment pas aux matériels géants transportables par la seule voie ferrée. Les moins lourds pourront lancer des projectiles d'une puissance déjà considérable si l'on accepte des portées faibles; on en trouvera un exemple dans les caractéristiques du mortier et du projectile de 600 mm pour char moyen décrit dans un précédent numéro de cette revue (1). Les plus lourds, destinés au transport par voie ferrée ou véhicules tous terrains, doivent atteindre des calibres énormes, tout en restant dans des limites de poids très inférieures à celles des matériels de 1914-1918. Ce qui arrêtera dans cette voie du matériel géant, ce n'est pas le poids du mortier, mais les moyens de production des projectiles qu'il est capable de consommer. On peut espérer revoir les calibres de 1 100 mm; ils ne sont pas réservés aux mortiers du XIV<sup>e</sup> siècle qui font l'ornement de l'arsenal de Vienne.

De même que deux types de bombes nettement différents conviennent à l'attaque par l'avion des ouvrages bétonnés, deux types de projectiles, calqués sur ces bombes, conviendront à leur attaque au mortier; l'aviation a fait assez de progrès pour donner des leçons à l'artillerie.

Le premier type, qui convient le mieux à la destruction du béton lui-même, est le projectile à très forte teneur d'explosif, corps léger et fusée instantanée. L'artillerie, dont les projectiles ont à résister à l'accélération au départ, n'atteindra jamais le rendement en explosif des bombes d'avion. Mais ce n'est pas une raison pour se croire limité aux teneurs à 50 %; le tir à très faible pression, soit aux très faibles distances, soit, à plus grande distance, dans des mortiers « longs » d'une dizaine de calibres, permettra les projectiles à teneur en explosif à peine inférieure aux bombes d'avion aux corps les plus légers.

Le deuxième type, qui sera nécessairement employé chaque fois qu'on exigera la pénétration dans les terres à l'arrivée (abris bétonnés sous couche de terre, renversement des fortins, bouleversement de leurs approches par entonnoirs...) aura le corps résistant indispensable à

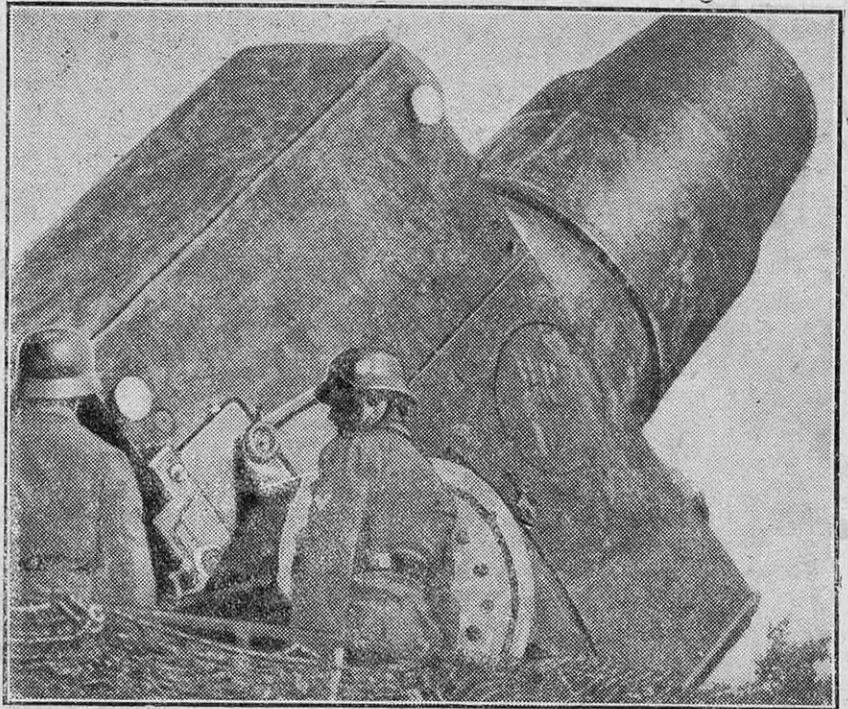


FIG. 13. — UN MORTIER ALLEMAND DE TRÈS GROS CALIBRE DEVANT SÉBASTOPOL

T W 22008

ce mode d'action. Mais il n'en doit pas moins atteindre la teneur de 60 % d'explosif qui est celle des bombes dont on accepte qu'elles cassent, de temps à autre, sur un sol trop dur.

### Le mortier vaincra-t-il le fortin ?

Doit-on croire que les derniers progrès de l'artillerie fournissent à l'assaillant les moyens de pulvériser les dalles de béton de 8 m d'épaisseur et les abris-cavernes creusés dans le roc? La technique des explosifs et de la perforation dispose, pour évaluer d'une manière assez exacte l'effet des matériels de puissance inédite, de lois de similitude très simples; des charges d'explosif géométriquement semblables produisent des effets de destruction semblables dans des milieux identiques; des projectiles semblables, à même vitesse au choc, perforent des épaisseurs qui varient dans le rapport de similitude. Si les 420 mm allemands de 1914 suffisaient contre le béton de 1,75 m d'épaisseur, il faudrait un matériel de 840 mm tirant à même distance contre le béton de 3,50 m. Ce n'est donc pas par la seule vertu de leur calibre que les mortiers de 610 mm peuvent prétendre à venir à bout de toutes les épaisseurs de béton concevables.

Il est donc probable que l'incorporation au projectile de quelques-uns des éléments qui font la supériorité de la bombe d'avion aura été le facteur principal du progrès. Nous sommes persuadé que les types dérivés de la bombe d'avion sont très supérieurs à ceux qu'on employa de 1914 à 1918, surtout contre du béton nu. Mais il serait imprudent d'en attendre un changement complet des épaisseurs de béton détruites par un projectile de poids donné.

Camille ROUGERON.

(1) Voir dans *La Science et la Vie* de mai 1942 : « L'évolution du char. »

# L'INDUSTRIE FRIGORIFIQUE DOIT DEVENIR L'AUXILIAIRE INDISPENSABLE DU RAVITAILLEMENT NATIONAL

par Jean LABADIÉ

*De tous les moyens propres à assurer la conservation des denrées alimentaires en suspendant l'action destructrice des microorganismes, le froid est le seul qui, convenablement appliqué, n'altère aucune des qualités du produit frais. Dans certains pays, son emploi s'est très largement répandu, tant dans les industries de transport et de stockage des aliments que chez les particuliers. En France, où ses applications sont demeurées moins nombreuses, le froid permettrait, dans la période de disette que nous traversons, de tirer le meilleur parti de nos ressources alimentaires en réduisant le pourcentage des pertes, et de profiter plus largement de l'apport que peut nous fournir notre Empire. Il faut pour cela constituer une « chaîne du froid » qui, prenant des produits parfaitement sains, les traite d'une manière aussi précoce que possible et les accompagne de façon ininterrompue jusqu'au consommateur. Un plan d'équipement frigorifique de la France est actuellement en voie d'élaboration, et le chiffre de 25 milliards de francs que l'on cite à ce propos montre l'importance du problème pour le ravitaillement de notre pays.*

« **A**UX halles centrales de Paris, pendant les journées orageuses de l'été, il n'est pas rare de voir retiter de la consommation des masses parfois énormes de viandes, abats, gibiers, volailles, etc., jusqu'à 10, 12 et même 14 tonnes. » C'est un éminent technicien du froid industriel, M. Maurice Piettre, qui rapportait cette constatation en 1938. Aujourd'hui, sous l'empire de la nécessité, la législation française vient de qualifier « délit », et de sanctionner comme tel, toute perte de denrées par négligence ou incapacité. Après les pertes occasionnées par le froid exceptionnel qu'ont subi les récoltes mal engrangées, les techniciens de l'alimentation ont dû, l'été venu, pratiquer un sérieux examen de conscience sur l'insuffisance de nos installations frigorifiques pour une distribution rationnelle des denrées périssables. On commence à comprendre en France que le garde-manger national doit être à peu près « isotherme » et qu'il doit en tout cas faire à l'industrie du froid un appel intense, non seulement pour entretenir ses stocks mais encore pour traiter, dès l'abattoir, cette matière première, précieuse entre toutes : la viande.

Que notre pays soit en retard, sur ce terrain comme sur tant d'autres, il suffit pour le comprendre, de prolonger de quelques lignes la citation de M. Piettre : « Il est assez fréquent, poursuivait-il, que des demi-carasses provenant des abattoirs de la Villette ou de Vaugirard, à quelques minutes des Halles, soient altérées, alors que des viandes étrangères (Hollande, Danemark, Pologne, Hongrie, Lithuanie même), après quatre jours de séjour en wagon, nous parviennent en parfait état, grâce à la réfrigération immédiate après l'abatage. »

## Le cycle frigorifique normal

Ces quelques mots indiquent simplement que nous étions entrés à rebours dans le circuit industriel du froid.

Certes, on trouve des frigorifiques en France et même des appareils frigidaires de tout format, largement répandus dans les boutiques comme chez les particuliers. Mais à quoi sert d'emmagasiner en chambre froide une viande déjà souillée de toute une flore microbienne? A ralentir sa putréfaction, à retarder le moment où il faudra la jeter à la voirie, mais non à la sauver. Or, c'est après une traversée de trois mois et demi que le *Frigorifique*, premier bateau aménagé par Charles Tellier et une autre traversée de huit mois que le *Paraguay*, son second cargo de 1 200 tonnes, apportèrent de Buenos-Ayres au Havre des milliers de kilogrammes de viande conservés en parfait état.

Cela se passait en 1876. Mais ce ne fut pas entrepris en manière d'essai. Il s'agissait seulement de démontrer sur grande échelle, l'excellence des résultats de laboratoire obtenus dans les années précédentes. Une expérience rigoureusement conduite, sous le contrôle de l'Académie des Sciences, du 20 novembre 1873 au 7 juillet 1874, avait en effet démontré la possibilité de conserver intacts quelques kilogrammes de viande dans une chambre simplement refroidie, entre + 3° C et - 2° C. Pasteur fit une objection : les animaux avaient été débités en petits morceaux; qu'advierait-il des carcasses de bœufs telles que les livrent les abattoirs? Une seconde expérimentation démontra que les grosses pièces se conservaient également bien. Les transports effectifs de Tellier la confirmèrent.

A partir de cet instant, l'industrie de la viande pouvait s'installer dans le monde — par-dessus le commerce de la viande qui considérait jusqu'à ce jour l'abattoir comme simple arrière-boutique du boucher ou du charcutier.

L'Amérique du Sud et du Nord avec ses bœufs, l'Australie avec ses moutons, allaient donc inaugurer leurs abattoirs-usines à clientèle universelle et particulièrement européenne. Mais ce succès « extra-européen » de l'industrie de la viande, venant suralmener l'Europe, empêcha précisément celle-ci de comprendre que le froid devait imposer désormais à la boucherie une technique nouvelle de valeur absolument générale. C'est pourquoi, faute d'avoir émigré en Argentine, Charles Tellier, l'initiateur, connut la misère en France. Et c'est encore pourquoi les initiatives actuellement prises par les services du Ravitaillement, sous l'aiguillon de la nécessité, pour encourager ou provoquer l'installation d'abattoirs rationnellement équipés en frigorifiques, au cœur même de nos régions d'élevage, à Caen ou à Bressuire, à

Villefranche-sur-Allier ou à Lalpallisse, apparaissent comme des innovations, alors qu'elles devraient être réalisées depuis un demi-siècle.

Le problème à résoudre est en effet très ancien : assurer à la viande, aliment essentiellement périssable, un débit commercial régulier

devenu chaque jour plus nécessaire à mesure que s'étendait la consommation. Durant des siècles, on ne sut utiliser que la chaleur, par la cuisson, pour stocker les viandes — ce fut la technique de la « chair-cuiterie ». Depuis Charles Tellier, c'est le froid qui est maintenant devenu l'agent principal de stockage. Dans l'un et l'autre cas, il s'agit d'une intervention du facteur « température ».

Le froid doit saisir dorénavant la viande à l'abattoir, avant toute distribution commerciale. Et puis il doit l'accompagner à tous les échelons de la distribution, dans les wagons « réfrigérés » qui transporteront les carcasses aux centres urbains où les bouchers la recevront encore en chambre froide — d'où la viande ne sortira que pour être vendue aux ménagères, le réfrigérant domestique constituant l'ultime relais, avant consommation.

Telle est la chaîne rationnelle du froid en matière d'alimentation. De toute évidence, elle doit être continue, sous peine d'inefficacité.

## Le froid, nouveau procédé « pasteurien »

Le rôle aseptique du froid n'est plus à démontrer grâce à la pratique américaine.

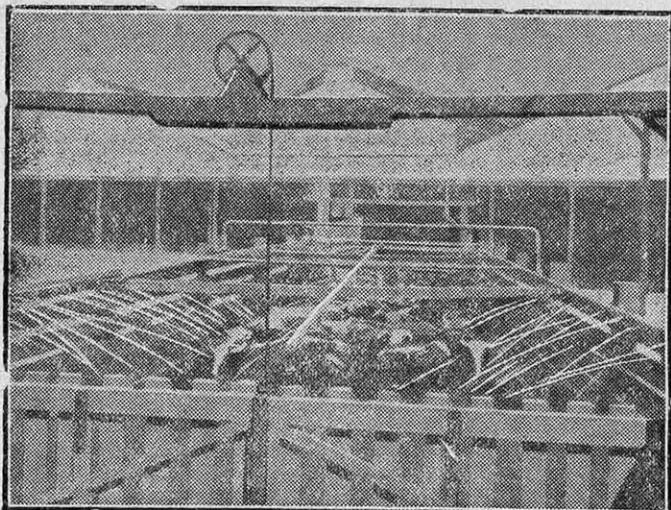
Dans les grands abattoirs de Chicago, d'Australie, d'Argentine, où les carcasses des animaux, soigneusement lavés avant abattage, tombent directement de l'abattoir (killing floor) dans les frigorifiques, la conservation est pratiquement indéfinie. Mais c'est justement à cause de l'imperfection de la pratique française qu'est née, chez nous, l'étude méthodique du phénomène d'avarie et, qu'on nous passe le mot en matière alimentaire, du processus de putréfaction. Essentiel à connaître, Pasteur lui-même ne pouvait soupçonner sa marche, comme l'indique son intervention de 1874. Les gros quartiers de viande, dont il redoutait l'infection, sont les plus aisés à protéger, si l'on sait tenir tête à l'invasion microbienne dès l'abattage.

Les putréfactions superficielles, localisées à la surface de toute denrée périssable, sont en effet les plus difficiles à éviter mais les plus aisées à neutraliser. Les putréfactions profondes sont de préservation facile mais impossibles à maîtriser, une fois déclenchées.

Les premières, inévitables, sont dues au contact des mains les mieux lavées, des linges les plus blancs, ou simplement de l'air ambiant, de ses poussières. La viande

morte diffuse naturellement vers l'extérieur de petites quantités d'eau entraînant des substances protéiques, hydrocarbonées, des sels — tous éléments d'un bouillon idéal de culture bactérienne. Les moisissures se superposent aux bactéries spécifiques de la putréfaction (*saprophytes*) et, brochant sur le tout, surviennent les microbes pathogènes (colibacille, bacille de Koch, paratyphiques divers) qui ajoutent au danger de l'intoxication putride, celui de l'infection morbide. Néanmoins, ainsi analysée, l'avarie n'est pas rédhibitoire. Il suffit d'enlever par excision la superficie « gâtée ». Le reste, non attaqué, demeure comestible. D'ailleurs, cette excision se fait automatiquement quand on enlève la « peau » des aliments carnés — soit leur peau naturelle, soit l'« artificielle », d'un saucisson par exemple. Aussi bien dès aujourd'hui certaine technique du froid utilise le latex expansé pour recouvrir une carcasse de bœuf d'une véritable « pelure » de défense.

Autrement graves sont les putréfactions profondes, que, d'instinct, redoutait Pasteur. En voici le mécanisme.



T W 22048

FIG. 1. — LA PREMIÈRE PRÉCAUTION D'ASEPTIE POUR LA CONSERVATION DE LA VIANDE : LA DOUCHE DU BÉTAIL AUX ABATTOIRS DE MONTEVIDEO (FRIGORIFICO SWIFT)

Les bactéries mobiles, notamment le *bacillus proteus hemosulfureus*, se propagent en profondeur par les vaisseaux, sanguins ou lymphatiques. On peut suivre leur marche jusque dans les capillaires irriguant la profondeur des parenchymes, grâce aux dégagements gazeux qui les accompagnent, d'ammoniac et d'hydrogène sulfuré. Le découpage de la viande accentue leur odeur caractéristique, contrairement à l'excision des pourritures superficielles, qui restitue à la viande son aspect normal.

### Les trois manières dont la viande peut se gâter

M. Piettre distingue trois types de putréfaction profonde : la putréfaction « verte » ou sulfhydro-ammoniacale; la putréfaction hydrolytique et, en intermédiaire, une putréfaction « mixte ».

C'est la première espèce qui est la plus néfaste. Elle est due à une bactérie strictement anaérobie, isolée depuis 1911, qui constitue un véritable ferment ammoniacal, travaillant par décomposition des albumines. L'ammoniac libéré attaque le soufre labile des substances protéiques : de cette réaction résulte la production d'hydrogène sulfuré. Mais, essentiellement complexe, cette première réaction donne lieu à d'autres équivalents variables qui compliquent encore la variété des substances résultantes. En bref, celles-ci attaquent à leur tour l'hémoglobine des globules rouges sanguins. Ceux-ci passent du rouge au vert, en éclatant. Tel est le processus de « verdissement » des viandes en putréfaction. Le *proteus hemosulfureus* en a presque toute la responsabilité originelle. Il opère de 25° à 37° C, température conservée longtemps après la mort par le cadavre, surtout s'il est protégé par une couche isolante de graisse. Mais si la viande est artificiellement et rapidement refroidie (quick freezing) sitôt après la mort, le *proteus* se trouve réduit à l'impuissance. Rien de plus logique.

La putréfaction hydrolytique, beaucoup plus discrète, se manifeste principalement sur les salaisons frigorifiées. Il s'agit ici d'un phénomène de cristallisation d'une substance, la tyro-

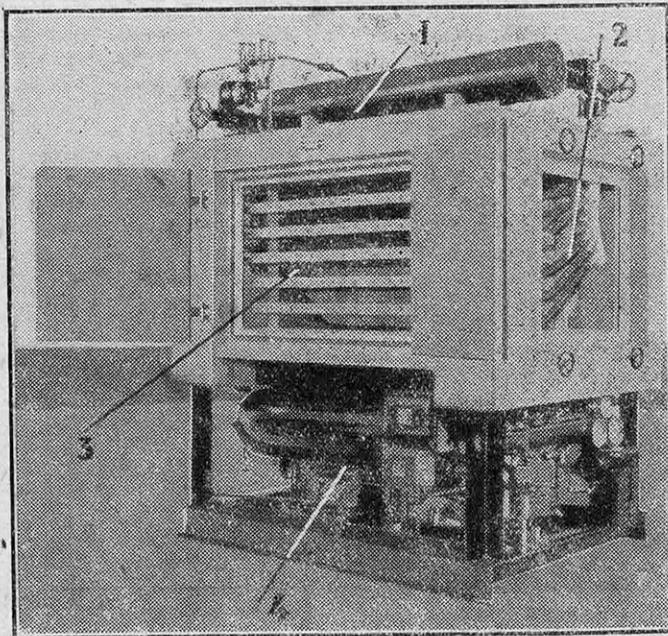
sine, qui provient elle-même de l'hydrolyse des albumines. Cette dernière hydrolyse est enfin provoquée par des microbes protéolytiques, tels que les staphylocoques. La dessiccation massive que supporte, par exemple, dans sa préparation, un jambon de Parme; l'action du froid lui-même, si celui-ci n'est pas exactement dosé en température (il y a des points critiques), favorisent la fermentation hydrolysante, aux environs de 10° C. Cette hydrolyse n'offre du reste aucun danger majeur, mais elle est très intéressante à suivre, parce qu'elle met bien en évidence les effets du facteur température. Le froid, comme la chaleur, doit être dosé. Il y a des bactéries « cryophiles » !

Les putréfactions « mixtes » sont dues, de leur côté, à des associations microbiennes dont

« la source » est nettement intestinale : *colibacille*, *proteus*, *megatherium*, *mesentericus*, *staphylocoques* et *streptocoques* de toutes variétés.

Chacun de ces microbes a son climat thermique préféré. Le premier barrage à leur opposer n'est autre que l'éviscération, immédiate et bien comprise, du cadavre — ce qui est un principe maintenant adopté par tous les abattoirs rationalisés. Néanmoins, un abattoir n'étant pas un laboratoire aseptique ou, plus exactement, l'abattoir étant « le laboratoire » tout indiqué des techniciens, ceux-ci ont intérêt à savoir, par exemple, qu'un refroidissement immédiat à 20° C seulement

suffit pour paralyser le *proteus hemosulfureus* et qu'à cette température le colibacille mange son associé. Au-dessous de 20°, seuls les ferments protéolytiques peuvent agir. Une curieuse expertise touchant le « facteur-viscères » en matière d'avarie fut singulièrement probante. En 1913, des pigeons italiens sacrifiés à Londres pour être mangés à Paris portaient tous les germes de l'association mixte intestinale. Vider les cadavres avant expédition n'eût fait qu'aggraver le cas. Or, il a suffi que sur l'exigence des services d'hygiène de la Ville de Paris, les pigeons en question soient simplement « refroidis » sitôt après avoir été tués à Londres pour que les consommateurs parisiens fussent radicalement protégés contre le colibacille. De plus, la con-



T W 22049

FIG. 2. — UN CONGÉLATEUR (« FROSTER ») DESTINÉ A TRAITER DES PRODUITS DE PETITE DIMENSION

Les denrées à congeler sont enveloppées dans des cartons spéciaux et placées sur des plateaux (3) en alliage d'aluminium refroidis par une circulation d'ammoniac liquide. Les plateaux peuvent être rapprochés pour agglomérer par pression le contenu des cartons. L'ensemble constitue un meuble transportable d'un bloc. On aperçoit à la partie supérieure les réservoirs d'ammoniac liquide (1), les tubulures qui l'amènent aux plateaux à réfrigérer (2), et, à la partie inférieure, la machinerie frigorifique (4).

servation générale demeurerait parfaite. Le commerçant y gagnait ce que perdait le médecin.

### L'atmosphère artificielle, auxiliaire du froid

Nous ne saurions même résumer ici les travaux des bactériologistes spécialisés dans l'étude technique de la conservation des viandes. Tous les cas spéciaux, toutes les particularités observées, ont donné matière à de nouveaux éclaircissements. Et les pratiques les plus invétérées ont parfois suscité des *veto* inexorables : ces ouvriers ont, par exemple, l'habitude déplorable de *laver* les carcasses avec un linge imbibé d'eau. Résultat : en hiver, cette « eau de lavage » fournit, sur témoin d'agar-agar : 1 500 000 bactéries par centimètre cube et, en été : 130 000 000.

Haines, en Angleterre, a catalogué 120 espèces microbiennes différentes sur les « surfaces poissonnières » — *slimy meat* — de la viande. Vickersey a suivi le développement des levures hydrolysant les graisses et trouvé 11 variétés bactériennes nouvelles capables d'avarier la graisse de bœuf à  $-1^{\circ}\text{C}$ , température classique des « coolers » utilisés dans l'industrie de la viande australienne. W. J.

Scott a montré que les sources de contamination initiale des microorganismes proliférant à cette température de  $-1^{\circ}\text{C}$  proviennent des peaux et des sabots des animaux : d'où la nécessité de la douche préalable. Nécessité, encore, de désinfecter périodiquement, au formol, les cales des bateaux frigorifiques ou les chambres froides installées à terre.

L'action d'une atmosphère artificielle, de gaz carbonique par exemple, sur le développement des bactéries dans les chambres froides, a fait l'objet d'autres études. Par l'intervention de  $\text{CO}_2$ , on réduit notablement le taux des souillures. Mais alors se pose un nouveau problème : quel sera le taux d'acide carbonique optimum ? Des concentrations de 30 % ne changent pas l'alcalinité des viandes, tandis que les moisissures se trouvent arrêtées dans leur développement par cette même concentration. L'usage généralisé de la « neige carbonique » s'accorde particulièrement avec l'entretien de ces atmosphères dosées en  $\text{CO}_2$ . Par exemple, le porc frais peut se conserver dix-huit semaines à  $0^{\circ}\text{C}$  grâce à l'atmosphère carbonique. Voilà qui offre une certaine marge aux manipulations charcutières, même ménagères.

### Comment freiner le rancissement des graisses

Les biochimistes ont poussé plus loin l'étude — actuellement en cours — de certains problèmes non moins spéciaux touchant la conservation des viandes.

L'un des plus importants est celui de la rancidité acquise avec le temps par les matières grasses. C'est un phénomène extrêmement complexe et qui n'est pas sans rapports avec la théorie des « antioxygènes » à laquelle se consacrent le regretté professeur Moureu et son collaborateur Dufraisse. Les matières grasses, animales ou végétales, se modifient chimiquement avec le temps, hors de l'intervention bactérienne. Les tissus riches en graisse se colorent

en jaune, prennent une saveur piquante, irritante pour les voies digestives. Bref, elles rancissent.

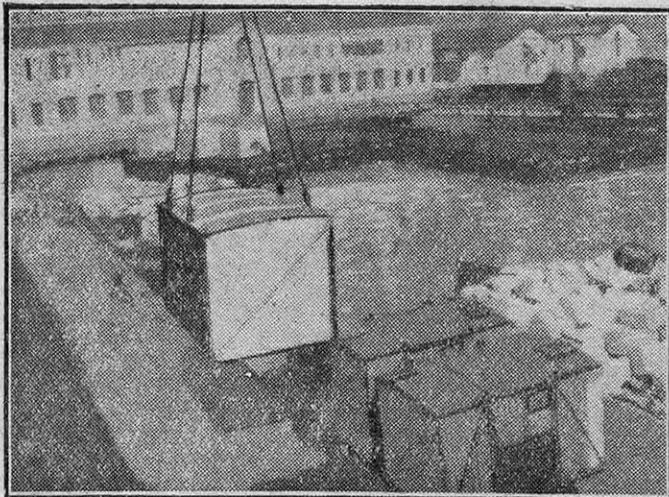
Sans doute on a vu là, avec raison, un phénomène d'oxydation. Mais pourquoi une noix de coco, une amande, une arachide, dont la coque est close, rancissent-elles ? De même les masses grasses occluses au sein des quartiers de bœuf et des jambons. Il n'est pas jusqu'à la moelle des os, cependant hermétiquement clos, qui ne rancisse !

L'atmosphère

oxydante se trouve donc, ici, hors de cause.

Les chimistes ont aperçu que les lipides « non saturés » — c'est-à-dire dont les molécules hydrocarbonées (acides gras) ne comportent pas tout l'hydrogène que pourrait fixer la quadruple valence de leurs atomes de carbone — sont les plus aptes à rancir et cela en raison directe de leur degré de « non-saturation ». Partant de là et de leurs formules chimiques constitutives, on peut classer les matières grasses dans l'ordre suivant : les plus réfractaires à la rancidité seront les graisses de mouton (les moins riches en « oléine »). Puis viennent les graisses de bœuf, avant celles de porc. Les graisses de volailles sont encore plus sensibles. Celles de poissons encore plus. Mais ce sont les huiles végétales qui détiennent le record du rancissement.

Ceci posé, si l'atmosphère ambiante intervient par sa teneur en oxygène, c'est sa température qui active le rancissement, ainsi que son humidité — sans parler de la qualité et de l'importance de sa flore bactérienne. On discerne aussitôt les conclusions pratiques à tirer : les frigorifiques ne doivent pas être ventilés. Et comme, d'autre part, l'atmosphère confinée ne



T' W 22047

FIG. 3. — LE FROID DOIT ACCOMPAGNER LES PRODUITS PENDANT LEUR TRANSPORT

La photographie ci-dessus représente le déchargement d'isocadres refroidis dans le port d'Alger. Ces isocadres sont transportables aussi bien par mer que par la route et par chemin de fer (S. T. E. F.).

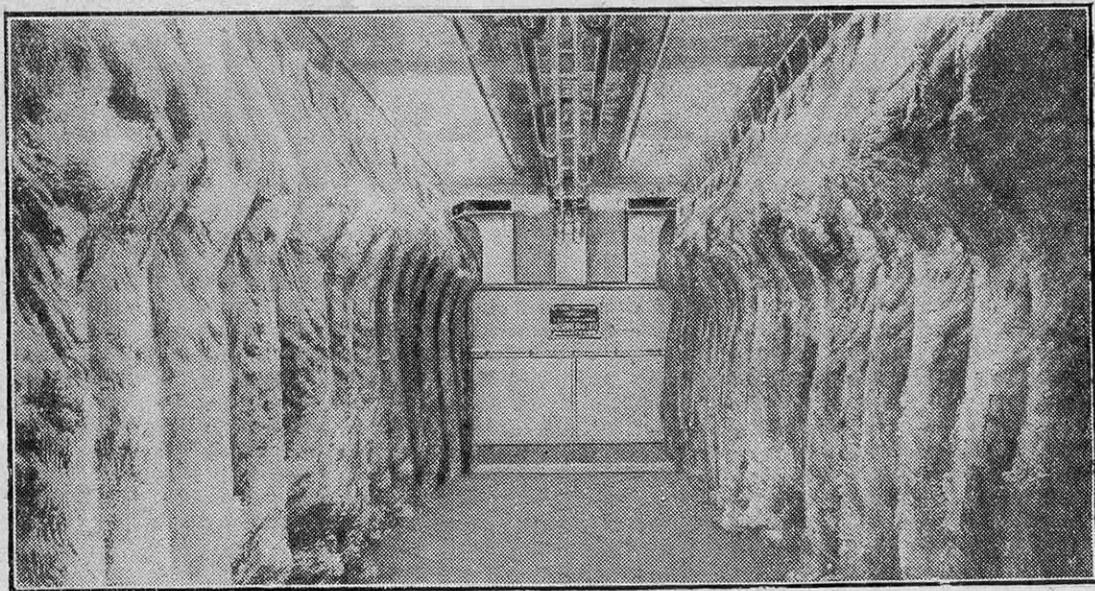
convient guère à leur aseptie, c'est l'atmosphère carbonique qui s'impose.

En fumant le lard et le poisson, l'empirisme de nos ancêtres pratiquait, d'instinct, une défense de ces « chairs grasses » contre l'oxygène rancissant. Plus scientifiquement, M. Pietre exigeait, en 1916, au nom de l'Intendance française qui l'avait commissionné auprès de ses fournisseurs sud-américains, que l'on préparât les conserves *sous vide*. Il en est résulté que des boîtes de porc gras ainsi préparées ont fourni, à leur ouverture, vingt ans après, leur denrée en parfait état de conservation. Ni l'analyse chimique ni l'examen organoleptique n'ont décelé la moindre trace de rancidité. La leçon est valable pour toutes les huiles végétales alimentaires.

Le facteur biologique d'altération des graisses,

Une fois amorcées, les modifications de l'hémoglobine se poursuivent en effet de proche en proche. C'est donc leur déclenchement qu'il faut, avant tout, éviter.

La congélation produit encore d'autres effets sur la constitution cellulaire des tissus. *Lente*, elle favorise la formation de grands cristaux qui rompent cellules et fibres. *Rapide*, elle ne donne naissance qu'à des cristaux très fins laissant intacte la structure des tissus : il est vrai qu'un long entreposage permet aux cristaux de grossir automatiquement. N'empêche que la congélation rapide — *quick freezing* ou « froid atomisé » — est devenue l'idéal des frigoristes. Ils le formulent ainsi : « Effectuer la congélation avec une telle rapidité que l'eau soit solidifiée à l'état de division où elle se trouve dans les liquides biologiques. » Et ces liquides



T W 22051

FIG. 4. — DEMI-CARCASSES DE BŒUFS DANS UNE CHAMBRE FRIGORIFIQUE

c'est-à-dire l'action de ferments spéciaux dissociant leurs acides gras les plus fragiles, relève, d'autre part, de la stérilisation. On connaît et pratique de temps immémorial l'ébullition à 100° qui stérilise en effet. Mais l'action des très basses températures, maintenues durant tout le temps de la conservation, constitue un second procédé, le meilleur du point de vue alimentaire.

### Les avantages de la congélation instantanée

Si on pénètre plus avant dans les réactions au froid des matières organiques, on est conduit aux constatations les plus curieuses !

Les pigments d'origine sanguine se trouvent stabilisés, notamment par le *quick freezing* (congélation à  $-17^{\circ}5$ ) : les viandes conservent, à cette température, leur belle coloration rouge ou la reprennent à la décongélation. Par contre, l'hémoglobine étant fort sensible à l'élévation de température, on conclut aujourd'hui que les manipulations de la viande (découpage, salage) doivent se faire en chambre froide, à la plus basse température compatible avec le travail.

sont, comme chacun sait, des colloïdes. On peut, dès lors, se demander si, l'idéal des frigoristes étant obtenu sur un organisme vivant, celui-ci peut « revivre » à la décongélation.

*Planck*, de l'Institut du Froid de Carlsruhe, a montré qu'il existe quatre « température-limite » de séparation de l'eau à l'état de glace. La première limite ( $t_1$ ) est celle où commence la séparation entre les cristaux de glace et le plasma, sans aucune « surfusion ». La vie n'est pas encore détruite et la vitesse de congélation ne joue encore aucun rôle. Si on abaisse encore la température, on atteint la deuxième « limite » ( $t_2$ ), à laquelle la vie cellulaire est détruite : ici, la vitesse de congélation importe beaucoup. Les cellules sont rompues, mais on conserve l'état colloïdal. La troisième limite ( $t_3$ ) est atteinte quand l'état colloïdal n'est plus possible. La quatrième limite ( $t_4$ ) est enfin dépassée quand le mélange liquide se solidifie d'un seul bloc : c'est le point « eutectique ».

On sait que certaines espèces de poissons véritablement congelés par « *quick freezing* » et dégelés ensuite *progressivement* se mettent à revivre. Mais cette curiosité n'a aucun intérêt alimentaire. Par contre, la persistance de l'état

colloïdal, condition nécessaire mais non suffisante de la vie, semble plus intéressante du point de vue nutritif. Et plus encore, le point critique où commence la dénaturation des protéines, dénaturation qui marque le point critique définitif « d'irréversibilité » entre l'état vivant le plus élémentaire et l'état inerte.

Ce dernier point critique dépend du pH des liquides biologiques expérimentés. Les liquides alcalins (sérum sanguin ou lait) ne donnent lieu à aucune floculation des protéines après de multiples congélations et dégels alternés : ces liquides ont donc conservé leurs qualités biologiques pendant le traitement frigorifique. Les liquides acides (plasma musculaire) révèlent, au contraire, par floculation au dégel, qu'ils n'ont pas « survécu » biologiquement. Leur qualité alimentaire n'en reste pas moins au-dessus de tout soupçon. Néanmoins, nul ne saurait dire, en l'état actuel de la science, si le caractère biologique de l'aliment n'a aucune influence sur sa valeur nutritive.

### Le froid respecte et stabilise les vitamines

Si, poussant plus avant l'étude des relations du froid et de la vie, nous examinons ses effets sur les vitamines, ces « superaliments » littéralement impondérables et pour ainsi dire strictement « qualitatifs » dont les vertus tiennent, comme celles des protéines, à leur forme moléculaire, les praticiens nous rassurent pleinement. Sur des viandes canadiennes conservées à  $-9^{\circ}\text{C}$  durant six mois, sur des graisses conservées à  $-12^{\circ}\text{C}$  depuis neuf ans, et sur des œufs congelés datant de dix ans, des vérifications biologiques certaines ont montré que les vitamines les plus importantes ne sont modifiées ni par les basses températures ni par la durée de leur séjour à ces températures. C'est donc là un très grand avantage que marque la conservation par le froid, sur les procédés thermiques, la plupart des vitamines étant détruites quand la température dépasse  $100^{\circ}\text{C}$ .

### La conservation des fruits et des légumes par le froid

Les fruits, légumes et tubercules peuvent-ils bénéficier à leur tour de la conservation par le froid? Toute l'industrie américaine des fraises et des cerises congelées, des pêches, des pommes, des poires, des bananes, des petits pois, des haricots verts, des choux-fleurs, des artichauts, des asperges, des épinards, stabilisés par le froid, répond par une affirmative péremptoire. Et c'est précisément la conservation des vitamines qui justifie ici la technique du froid. Celle-ci demeure donc, pour l'instant, en elle-même, plutôt un luxe. Mais, même à ce titre, elle est infiniment plus économique que l'obtention des mêmes produits en forceries. En tout cas, elle s'impose pour le transport des produits tropicaux : les légumes et les fruits de Californie ne sauraient atteindre New York au-

trement qu'en frigorifique, de même les bananes du Sénégal, si on les cueille à maturité, ne peuvent arriver autrement à Paris.

La technique du froid appliquée aux végétaux doit tenir compte de la nature de leurs tissus qui, très différents en cela des tissus animaux, ne se présentent pas à l'état colloïdal — exception faite pour leurs mucilages. Le caractère « non colloïdal » des végétaux les voue à la déshydratation — en quoi consiste (par flétrissure) le premier stade de dégénérescence; accentuée, la flétrissure devient sénescence qui, si les moisissures ne s'en mêlent pas, tourne en bléissement. Les principaux ennemis parasites ne sont plus tant les bactéries-ferments que les moisissures et les larves d'insectes. L'application du froid aura donc pour but d'empêcher la déshydratation (résultat obtenu de  $+1^{\circ}\text{C}$  à  $-1^{\circ}\text{C}$ , sans dommage pour les parenchymes, suivant les espèces). Les chambres froides étant hermétiquement closes, une atmosphère carbonique bien dosée empêche les ferments de transformer le sucre en alcool. Les moisissures, d'autre part, comme les larves d'insectes (qui ne doivent pas exister, en principe, si la culture et la cueillette furent correctes) sont également contrariées par ces températures.

D'autre part, si les fruits sont cueillis à maturité physiologique, c'est-à-dire au moment de leur com-

plet développement, leur maturation comestible se poursuit par delà la cueillette. Le fruit, comme le végétal, continue de vivre puisqu'il respire : à preuve, le dégagement de gaz carbonique qui, bientôt, remplit les chambres étanches.

Dès lors, la composition chimique de l'atmosphère gazeuse devient un coefficient de conservation de même importance que sa température. De petites quantités d'éthylène et d'autres produits volatils se dégagent des fruits en même temps que  $\text{CO}_2$  et qui, eux, sont nuisibles — de même, du reste, que  $\text{CO}_2$  si la maturation n'est pas encore jugée suffisante : il est vrai que celle-ci peut être reportée à la sortie du cooler, avant consommation. Il résulte de ces particularités toute une technique spéciale à mettre en œuvre : on ventile, par exemple, les chambres froides en circuit fermé (ce qui conserve les frigories) en faisant passer leur air sur des charbons actifs qui absorbent les produits volatils nuisibles. On ajoute de l'ozone à basse concentration (1/1 000 000), etc...

La manutention doit éviter les meurtrissures et les traumatismes, terrains tout indiqués aux moisissures et à la progression des fermentations de proche en proche. D'ou la très grande délicatesse des enrobements avec des papiers spéciaux, enduits de paraffine, etc... Le problème le plus délicat demeure celui de l'équilibre à maintenir entre l'humidité nécessaire à la non-déshydratation et l'excès d'humidité favorisant les moisissures.

Mais là où triomphe l'industrie du froid appliquée aux fruits, c'est dans la conservation des « jus de fruit ». Non pas de ces jus troubles

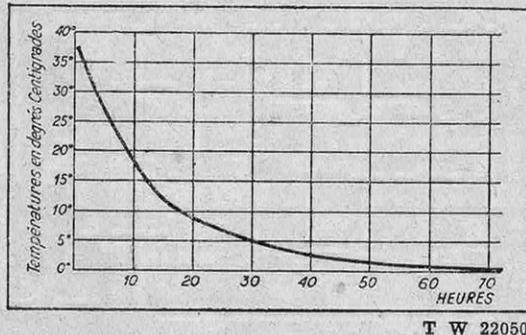


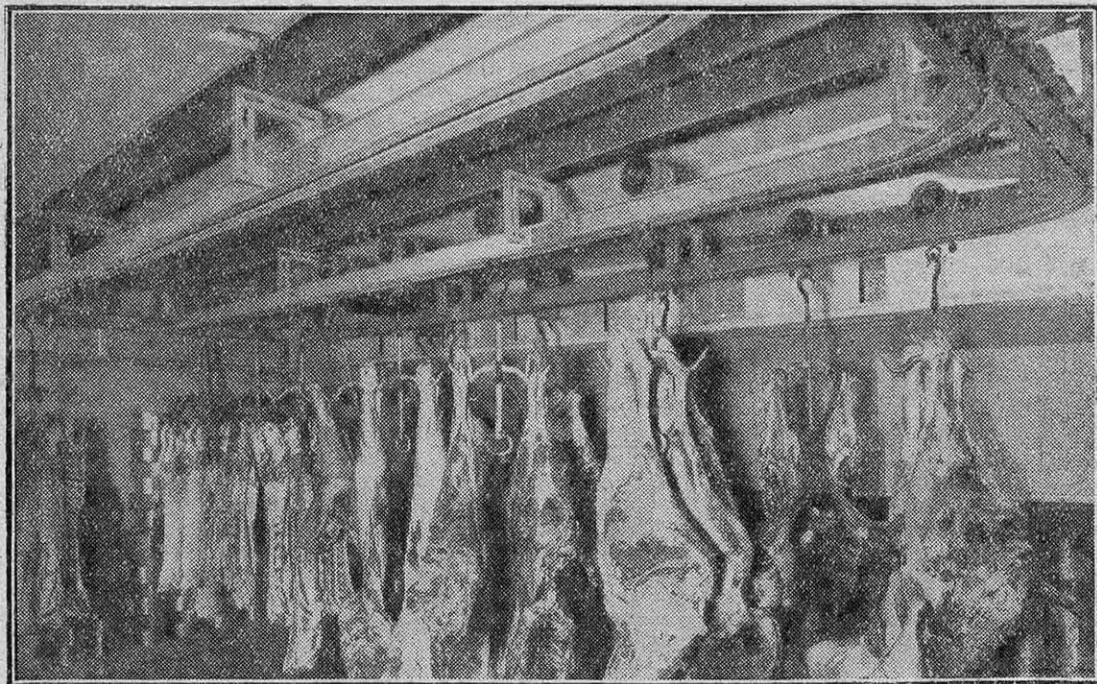
FIG. 5. — COMMENT EST CONDUITE LA RÉFRIGÉRATION DES DEMI-CARCASSES DE BŒUFS DANS LES COOLERS (FRIGORIFIQUE DE LA NEGRA, ARGENTINE)

ou plus ou moins bien stabilisés par des produits chimiques, mais des jus clarifiés par centrifugation et congelés à  $-17^{\circ}\text{C}$  dans un état de transparence idéal. Par cette technique, le raisin, la pomme, la tomate et tous les fruits de l'été peuvent apporter leurs vitamines intactes et le meilleur d'eux-mêmes, le sucre, aux citadins, et notamment aux enfants, en plein hiver.

Quoi qu'il en soit des détails techniques très divers mis en œuvre pour les végétaux suivant leurs espèces, il faut noter encore ici que la bonne fin des opérations dépend avant tout de « l'état

quée aux viandes entraîne leur dessiccation, le brunissement de leurs masses musculaires insuffisamment protégées par la graisse de couverture. Ces inconvénients — et l'avantage signalé des atmosphères gazeuses spéciales — ont poussé les frigoristes à perfectionner ce procédé par le conditionnement hygrométrique de l'atmosphère en question traversant directement la saumure porteuse des frigories.

Mais les Américains, dont la pratique est infiniment plus évoluée, recourent uniquement au refroidissement par convection. Ils utilisent une « pluie de saumure » directement projetée sur



T W 22053

FIG. 6. — UNE CHAMBRE FROIDE A BORD D'UN NAVIRE (« L'ALBANIA »)

*En principe, les viandes réfrigérées (chilled) ou congelées (frozen) doivent être transportées à la température même ou elles ont été préparées. La réalisation d'une telle condition est aisée à obtenir à bord d'un navire. Elle l'est encore en chemin de fer s'il s'agit seulement de réfrigération, ce qui est le cas pour nos transports interprovinciaux.*

initial » des denrées introduites dans le cycle frigorifique.

### Née en France, c'est en Amérique que la machinerie frigorifique s'est développée

Dirons-nous, pour finir, quelques mots des derniers progrès techniques en matière de froid industriel?

Aucun « principe » nouveau n'a été introduit depuis la création par Ferdinand Carré, en 1859, de la machine à absorption continue d'ammoniac. Toutes les machines industrielles modernes dérivent de ce principe. La mise au point technique réside plutôt dans le mode d'application du froid obtenu aux denrées traitées.

Les frigorifiques européens opèrent d'ordinaire le refroidissement au moyen de l'air sec circulant en ventilation forcée. Cette méthode appli-

les parois de la chambre ou même directement sur les carcasses préalablement enrobées de latex. Ces procédés se sont peu à peu implantés en Europe.

L'essentiel, c'est de disposer les étapes rationnelles du circuit du froid, depuis la production jusqu'à la consommation, à travers des entrepôts de distribution. Ceux-ci doivent conserver les denrées qui leur viennent de la production dans les mêmes conditions de température, d'état hygrométrique, de ventilation, qui ont procédé à leur préparation. En aucun cas, l'entrepôt ne doit servir de resserre. Les denrées une fois sorties ne doivent plus y rentrer. Un emballage suffisamment protecteur doit accompagner celles-ci jusqu'à la consommation afin de conserver leur état aseptique.

En bref, l'industrie du froid doit entrer chez nous dans sa phase de « rationalisation » sous l'influence des nécessités du temps de guerre.

Jean LABADIE.

# L'EFFORT DE CONSTRUCTION DE NAVIRES MARCHANDS AUX ÉTATS-UNIS

par André FOURNIER

*La guerre au tonnage marchand, depuis l'entrée en guerre du Japon, n'épargne aucune mer du globe. Les destructions qu'elle entraîne devraient, pour peu que la situation actuelle se prolonge, approcher à la fin de 1942 de la moitié du tonnage en service en 1939, sans compter le tonnage immobilisé par des avaries. De vastes programmes de reconstruction ont été établis pour remédier à cette situation sans précédent; celui des États-Unis est le plus connu et d'ailleurs le seul en cours d'exécution. Les caractéristiques de la construction américaine sont : la réduction des navires mis sur cale à un nombre de types très limités, le remplacement du paquebot par le cargo mixte, la tentative de résoudre la crise actuelle au moyen de cargos « simplifiés ». L'effort américain, qui porte sur la construction annuelle de plus de mille navires (1), doit être connu en France non pour être imité intégralement, puisque certains de ses traits sont particuliers à un programme de guerre, mais parce qu'il montre les avantages de l'emploi sur une grande échelle des derniers progrès techniques (soudure en particulier) et d'une normalisation poussée à l'extrême.*

## La disparition et la renaissance des flottes marchandes

L'ANNÉE 1942 s'annonce comme particulièrement dure pour les flottes marchandes. Les dernières de celles qui avaient pu échapper, de 1939 à 1941, aux coups du sous-marin et de l'avion, la flotte des États-Unis, celle du Japon, celle de plusieurs États de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Sud, participent aujourd'hui à la guerre générale aux transports. Les convois britanniques qui traversaient jusqu'ici la Méditerranée sans trop de dommages y subissent de grosses pertes; la mer Noire est en passe de devenir, pour la flotte russe, un séjour aussi incommode que la Baltique; la menace s'étend aux navires de la Caspienne et de la Volga.

Pendant plusieurs mois consécutifs, les seules destructions de navires anglo-saxons annoncées par les communiqués allemands approchaient du million de tonnes mensuel; il fallait y ajouter les destructions par l'Allemagne de tonnage russe, les destructions exécutées par l'Italie et le Japon, et, inversement, les destructions de tonnage allemand, italien et japonais qui ne sont pas négligeables pour qui se préoccupe de des-

ser un bilan d'ensemble de la tâche qui incombe à la construction navale.

Les programmes de reconstitution et de développement des flottes détruites ont déjà connu les honneurs de la publicité. Le Japon, mis en face des besoins de l'Extrême-Orient, que satisfaisaient en grande partie des navires britanniques, américains, hollandais..., qui en ont été chassés, présente un programme de 10 millions de tonnes (1). L'Italie, qui se trouve en Méditerranée devant un problème presque aussi ardu, demande 8 millions de tonnes. L'Allemagne est,

(1) Le « tonnage » des navires marchands est complètement différent du « déplacement » des navires de guerre.

Le « tonnage brut » est la capacité intérieure totale du navire évaluée en tonneaux (ou tonnes) de jauge, de 100 pieds cubes (2,83 m<sup>3</sup>).

Le « tonnage net » est, en principe, l'espace utilisable pour les passagers et la cargaison, évalué avec la même unité. Il s'obtient à partir du tonnage brut par des déductions, correspondant aux volumes des aménagements de l'équipage, des machines, des chaudières, des soutes à combustible...

Le « port en lourd » (ou tonnage deadweight) représente, évalué en tonnes anglaises de 1 016 kg, le poids admissible pour les passagers, la cargaison, l'équipage, le combustible... Il est défini plus exactement comme différence entre le déplacement à pleine charge, qui correspond aux marques de franc-bord placées sur la coque, et le déplacement léger.

Sauf indication contraire, la désignation d'un tonnage sans autre précision se rapporte au tonnage brut; c'est en ce sens que doit s'entendre l'expression « nous avons coulé un navire de 6 000 tonnes ». Toutefois, les programmes et les productions américains sont indiqués en tonnes de port en lourd, ce qui fait une différence très notable, comme on pourra le voir sur les exemples des tableaux suivants.

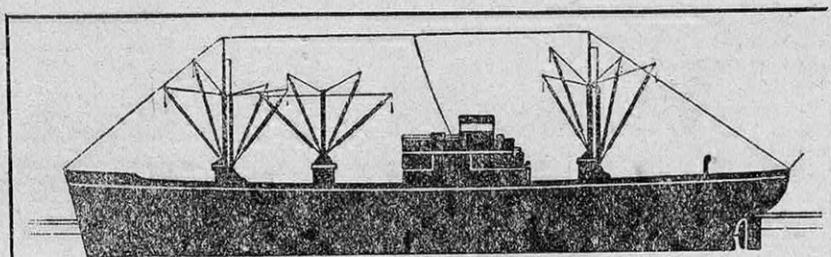
(1) La commission maritime des États-Unis a annoncé le 2 août que pendant le mois de juillet 71 cargos et pétroliers, jaugeant au total 790 000 tonnes, avaient été achevés dans les chantiers américains; ce qui porte à 3 338 515 tonnes (229 navires) le chiffre des constructions achevées pour les sept premiers mois de 1942. Dans le même temps les pertes causées aux Nations Unies par le Reich ont été de 815 900 t (mois de juillet) et de 4 810 000 t pour les sept premiers mois.

croions-nous, le seul des pays de l'Axe qui ait jugé prématuré d'exposer ses vues sur cette question. Mais le record est détenu, comme il se doit, par les Etats-Unis dont le programme de reconstruction, de 8 millions de tonnes pour 1942, de 10 millions de tonnes pour 1943 et les années suivantes, est, depuis janvier dernier, l'un des thèmes principaux que développe la propagande américaine. Il faut d'ailleurs reconnaître que les Etats-Unis ont pu donner à leurs chantiers, à l'abri du bombardement aérien, un développement considérable, et sont probablement le seul des belligérants qui soit en mesure de faire sur cette question autre chose que des programmes; les autres ont assez de difficultés à maintenir en état de service les navires de guerre et de commerce avariés, et à construire les nombreuses unités neuves que consomment la défense de leurs communications maritimes et l'attaque des communications adverses.

Les flottes marchandes vont donc connaître un renouvellement d'une ampleur sans précédent. S'il est prématuré de vouloir préciser la répartition des nouvelles flottes, la disparition d'anciens courants de trafic et la naissance de nouveaux..., qui seront fonction de l'état dans lequel la guerre laissera le monde, les caractères techniques des constructions de remplacement se prêtent beaucoup mieux à l'examen, et les seules productions américaines dénotent une évolution dont l'étude ne peut pas plus être négligée que celle des réalisations correspondantes en aviation de transport.

### La construction en série

La construction en série ne pouvait trouver d'occasion plus favorable pour faire ses preuves en construction navale que celle d'un programme portant sur plus de mille navires par an. Deux mesures ont été prises pour s'en assurer les avantages : la réduction du nombre des types, la répartition des commandes entre un nombre relativement peu élevé de chantiers, dont la plupart sont spécialisés dans un de ces types.



CARACTÉRISTIQUES	TYPE A « SHELTER DECK »		TYPE « FULL SCANTLING »	
	vapeur	diesel	vapeur	diesel
Tonnage brut (Tx).....	5 028	5 028	6 900	6 900
Port en lourd (t de 1 016 kg)	7 500	7 400	8 975	8 875
Déplacement en charge (t).	11 100	11 100	12 875	12 875
Capacité de transport marchandises :				
Tonnes.....	6 240	6 440	8 047	7 262
Mètres cubes.....	12 769	12 741	13 035	13 052
Longueur hors tout (m)...	125,95	125,95	127,41	127,41
Largeur (m).....	18,30	18,30	18,30	18,30
Creux (m).....	11,43	11,43	11,43	11,43
Tirant d'eau en charge (m)	7,16	7,16	8,38	8,38
Puissance des machines (ch).....	4 000	4 000	4 000	4 000
Vitesse en service (nœuds)...	14	14	14	14
Rayon d'action (milles)...	10 000	10 000	10 000	12 000

T W 20995

TABLEAU I. — CARACTÉRISTIQUES DES CARGOS TYPE C-1

Le cargo à « shelter deck », par opposition au cargo ordinaire dit alors « full scantling » (à échantillons non allégés), est l'un des derniers vestiges des tentatives faites pour protéger du fret ou des passagers en pontée par une superstructure légère, lorsque la densité du chargement des cales ne permettait pas d'atteindre le port en lourd autorisé. L'« awning deck » et le « spardeck », conçus respectivement pour la protection des indigènes transportés sur le pont en Extrême-Orient et Proche-Orient, ont disparu; le « shelter deck », pont de protection des animaux, a subsisté. Aujourd'hui, le type « full scantling » s'applique aux transports de fret à forte densité (minerais, charbon...); le type « shelter deck » convient aux marchandises à faible densité (textiles, fruits...). L'exemple cité montre que, pour 300 tonnes de déplacement lége de plus, le type « full scantling » est autorisé à porter 1 475 tonnes de marchandises de plus, en s'enfonçant de 1,22 m. Un autre avantage, important, du « shelter deck » est de proportionner dans une certaine mesure la jauge et par suite les droits divers auxquels elle sert de base de calcul, au volume de la cargaison transportée, en ne faisant pas entrer en compte la jauge de l'entrepont supérieur lorsqu'il n'est pas occupé par les marchandises (voir différence des tonnages bruts dans l'exemple ci-dessus). Pour qu'il puisse bénéficier de cette déduction, le navire doit, même si son armateur n'a jamais eu l'intention de lui faire transporter des animaux dans l'entrepont, posséder un certain nombre de panneaux et de sabords de décharge à fermeture « temporaire », des dâlots d'entrepont pour l'évacuation des urines et des paquets de mer censés pénétrer par ces ouvertures, et satisfaire à quelques autres exigences d'un intérêt technique équivalent.

Le travail de normalisation des types ne date point de la guerre. C'est par le « Merchant Marine Act » de 1936 que la « U.S. Maritime Commission » avait été chargée d'établir un vaste programme de reconstruction de la marine marchande américaine portant sur environ cinq cents navires. Après une longue et minutieuse enquête, elle s'arrêta à un nombre très réduit de types. C'est ainsi que la classe des cargos et cargos mixtes ne comprend que trois types principaux. Chacun comporte plusieurs variantes. Il y a notamment, dans chaque type, une version à Diesel et une version à vapeur; certains types se construisent à échantillons allégés et échantillons normaux; d'autres peuvent être aménagés pour le transport d'un nombre variable de passagers. On conserve ainsi pratiquement la plupart des avantages d'une normalisation très poussée, tout en gardant le bénéfice d'une certaine souplesse dans l'adaptation aux besoins des lignes. Les tableaux I, II et III

donnent les caractéristiques de ces types et de leurs variantes.

Le programme établi en 1937, fut exécuté dès 1938, sur la base de 50 navires par an. Au début de 1941, 190 navires environ avaient été commandés, dont 38 cargos type C-1, 58 cargos type C-2, 52 cargos ou cargos mixtes type C-3.

Dès cette époque, il apparut que ces types, excellents pour un service normal, étaient de construction trop lente. Un type simplifié, le type EC-2 de 9 150 t de port en lourd, fut établi; la construction d'une première tranche, de 200 unités, fut autorisée en janvier 1941; une autre tranche, de 212, dont moitié d'EC-2 et moitié des types C, fut votée en avril; les votes continuent et, à la veille de l'entrée en guerre des Etats-Unis, pas moins de 790 cargos EC-2 avaient été commandés.

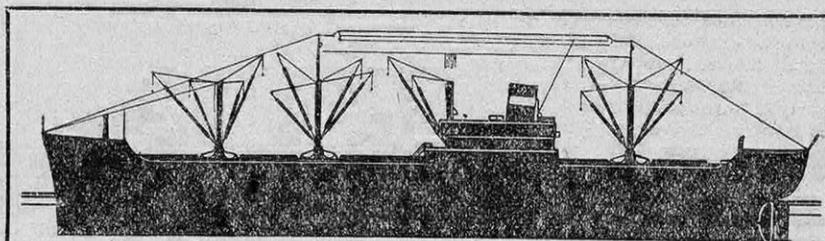
Les commandes et les sorties s'accélérent dès janvier 1942, et, actuellement, les types C-1, C-2, C-3, EC-2 et trois types de pétroliers constituent la presque totalité de l'énorme programme américain.

La répartition des commandes fait preuve du même souci de simplification : chaque chantier n'a, en principe, qu'un seul type à construire. C'est ainsi que, pour ne citer que les plus importants des chantiers, 62 cargos type EC-2 avaient été commandés aux chantiers de Fairfield Yard de la Bethlehem Steel Corp., 40 C-2 à la Federal S.B. & D.D. Co, 36 C-3 à la Seattle-Tacoma S.B. Corp., 107 pétroliers (sur 138) à la Sun S.B. & D.D. Co, le tout au 1<sup>er</sup> août 1941.

Un caractère particulier de la création des nouveaux chantiers est qu'on renonce aux établissements monstres. C'est la condamnation de « la politique de Hog Island » de 1917-1918 (Hog Island comptait 50 cales de construction). On estime aujourd'hui que le nombre de cales d'un même chantier ne doit pas dépasser 16, ce qui permet encore des productions considérables par chantier, lorsqu'on s'efforce de battre des records, de l'ordre du mois, de séjour sur cale.

Quels résultats peut-on attendre de cet effort de normalisation?

La normalisation des types simplifie la construction dans toute la mesure souhaitable. Elle est souvent encore plus poussée qu'il n'apparaît au premier abord. Il est admis que l'intérêt principal de la normalisation en construction navale est la réduction du nombre des types de machines, d'appareils auxiliaires, d'accessoires



CARACTÉRISTIQUES	VAPEUR	DIESEL
Tonnage brut (Tx) .....	6 085	6 200
Tonnage net (Tx) .....	3 573	3 653
Port en lourd (t de 1 016 kg) .....	9 758	8 656
Déplacement en charge (t) .....	13 893	13 876
Capacité de transport marchandises (m <sup>3</sup> ) .....	15 936	14 352
Longueur hors tout (m) .....	140	140
Largeur (m) .....	19,21	19 21
Creux (m) .....	12,35	12,35
Tirant d'eau en charge (m) .....	7,85	7,85
Puissance des machines (ch) .....	6 000	6 000
Vitesse en service (nœuds) .....	15,5	15,5
Rayon d'action (milles) .....	13 000	12 500
Passagers .....	12	0

T W 20997

TABLEAU II. — CARACTÉRISTIQUES DES CARGOS TYPE C-2

*En comparant dans le tableau ci-dessus les chiffres de tonnage net (en tonnes de 2,83 m<sup>3</sup> et la capacité des cales (en m<sup>3</sup>), on voit que le tonnage net n'a qu'un lointain rapport avec son sens original de volume à la disposition des passagers et de la marchandise. La différence s'explique par l'admission de déductions forfaitaires, variables suivant les règlements de jauge et, bien entendu, discontinues, comme presque toutes les réglementations en marine marchande. Le tonnage net a d'ailleurs une grande importance pour l'exploitation du navire; c'est d'après lui que sont calculés les droits de port et beaucoup d'autres. Aussi l'établissement d'un projet de navire est-il, avant tout, la recherche de la combinaison optimum des règles des Sociétés de classification et des règlements de jauge (règlements nationaux, Suez, Panama...).*

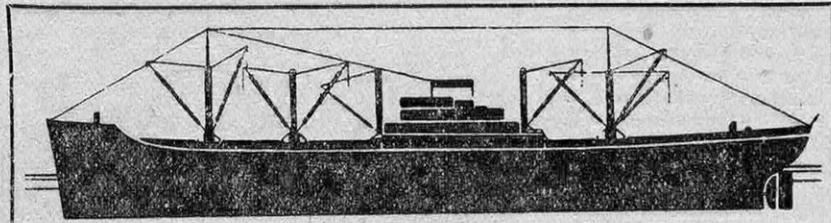
de coque, beaucoup plus que la réduction et l'interchangeabilité des éléments de la charpente. Il est intéressant que, dans un même chantier, tous les goussets qui doivent assembler les profilés correspondants de la série des bâtiments en construction soient interchangeables. Mais quel intérêt y a-t-il à ce qu'ils soient interchangeables avec ceux d'un autre chantier? Pour une réparation, l'usager de l'automobile veut pouvoir trouver chez les dépositaires non seulement des pistons, mais encore des ailes ou des portières qui s'adaptent sans retouche à sa voiture; l'armement maritime n'a pas encore de telles exigences.

Par contre, l'économie réalisable par la normalisation des machines, des auxiliaires, des accessoires de coque..., est considérable. On ne se doute pas de la variété qu'il est possible d'atteindre, en abandonnant les armateurs et les constructeurs à eux-mêmes, dans des pays où l'on construit une à deux douzaines de cargos par an. Il faut évidemment autant de types de treuils pour mâts de charge que l'on aura prévu de puissances différentes pour ces mâts; mais est-il indispensable d'avoir une gamme de puissances aussi serrée que 2 000, 2 500, 3 000 kg?... On peut admettre que les treuils soient à vapeur sur navires à vapeur, et électriques sur navires à Diesel. Mais, dans la seule commande électrique, il y a le client aux goûts classiques qui s'en tient au moteur série à tension constante; celui qui se sera laissé séduire par le système Thury à intensité constante; celui dont l'ingénieur électricien aura voulu faire la preuve que le courant alternatif peut

résoudre tous les problèmes, et aura accepté des treuils à moteur alternatif; celui qui aura préféré les commandes électro-hydrauliques; celui qui aura été la proie d'un fournisseur appliquant le principe que, tant qu'à monter des moteurs électriques, on ne saurait trop en mettre, et qui aura fait précéder chaque moteur d'un groupe convertisseur Ward-Leonard (c'était le cas de la marine austro-hongroise qui était la seule, en 1914, à posséder un corps d'ingénieurs électriciens et dont ces fonctionnaires avaient voulu justifier leur existence en alimentant chaque monte-charge par un tel convertisseur). On arrive ainsi, aisément, à autant de types de treuils que de navires, et même souvent à plusieurs par navire. Chacune de ces solutions est défendue avec d'excellents arguments, mais ne peut être supérieure à toutes les autres. On ne peut qu'approuver le principe d'un choix; l'« U.S. Maritime Commission » l'a fait pour tous les armateurs et a même étendu le modèle de commande électrique choisie à tous les navires, fussent-ils à vapeur. Une telle normalisation, qui ne s'applique pas seulement à un type de navire, mais à tous, est plus importante que celle d'une forme de carène.

Sur le plan de l'usinage et du montage des éléments de charpente, l'effet de la normalisation des types et de la spécialisation des chantiers procure moins d'économie. On gagne beaucoup à faire deux navires d'un même type au lieu d'un; on gagne encore un peu à en faire dix au lieu de cinq; on ne gagne presque plus rien à en faire cent au lieu de cinquante. C'est que le travail de dessin ou de tracé à la salle vraie grandeur économisé est une fraction faible du travail total, et que la construction navale s'accommode mal d'un puissant outillage spécialisé. L'étude d'un nouveau modèle d'automobile ou d'avion, leur mise en fabrication représentent une dépense importante qu'il y a intérêt à répartir sur un nombre élevé d'exemplaires. Mais le choix d'une forme de carène et la vérification de son rendement au bassin d'essai sont des études assez simples, et la machine qui alèse simultanément les huit cylindres d'un moteur en V pendant que des forets de toute direction percent l'ensemble des trous n'a pas encore fait sentir sa nécessité dans l'usinage des tôles. L'établissement d'où sortiraient les milliers de cargos EC-2 aujourd'hui en commande aurait tous les inconvénients de l'usine monstre sans aucun de ses avantages.

Ainsi, la normalisation poussée des types, et surtout de leurs machines, auxiliaires, accessoi-



CARACTÉRISTIQUES	VAPEUR	DIESEL
Tonnage brut (Tx) .....	7 773	7 886
Port en lourd (t de 1 016 kg) .....	12 545	11 975
Déplacement en charge (t) .....	17 615	17 615
Capacité de transport marchandises (t) .....	10 446	10 026
— (m <sup>3</sup> ) .....	20 685	18 942
Longueur hors tout (m) .....	150	150
Largeur (m) .....	21,20	21,20
Creux (m) .....	12,96	12,96
Tirant d'eau en charge (m) .....	8,70	8,70
Puissance des machines (ch) .....	8 500	8 500
Vitesse en service (nœuds) .....	16,5	16,5
Rayon d'action (milles) .....	14 320	14 500
Passagers .....	12	12

TABLEAU III. — CARACTÉRISTIQUES DES CARGOS TYPE C-3

Tous les cargos de la classe C-3 sont aménagés pour le maximum de douze passagers, au delà duquel la « Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer » de 1929 les classerait comme « navire à passagers », avec des exigences plus sévères quant au nombre des cloisons étanches, au réseau de cloisons d'incendie...

res de coque..., la spécialisation des chantiers et la limitation de leur importance paraît bien être la solution la plus heureuse de la construction navale en série. Elle est adaptable à la plupart des chantiers européens.

### Des « vilains canetons » aux cargos rapides

Est-il possible, lorsqu'on a un besoin pressant de tonnage, d'en simplifier la construction pour en accélérer la production?

C'est un problème qui ne se pose pas seulement pour le navire; on tente également de le résoudre, en Europe, pour les locomotives. En 1914-1918, on avait connu de même une tentative de simplification des formes; celle des « fabricated ships » qui se rapprochaient un peu plus du parallépipède que le navire habituel. Elle n'était pas très heureuse; on diminuait bien ainsi le nombre des tôles à former, mais en accentuant la courbure de celles qui restaient, et la difficulté porte précisément sur celles-ci, obligatoirement formées à chaud, et non sur les tôles développables qui prennent leur forme d'elles-mêmes, ou après cintrage à froid au rouleau, quand on les applique sur les membrures.

La solution de 1941 est celle des cargos simplifiés type EC-2, des « ugly ducklings » (vilains petits canards) comme on les surnomme d'après les héros d'un conte d'Andersen, mais qui ne deviennent pas comme eux des cygnes en grandissant. La simplification a porté essentiellement, cette fois, sur la nature et la puissance de la machine. Elle n'a pas été accueillie très favorablement par l'opinion maritime américaine.

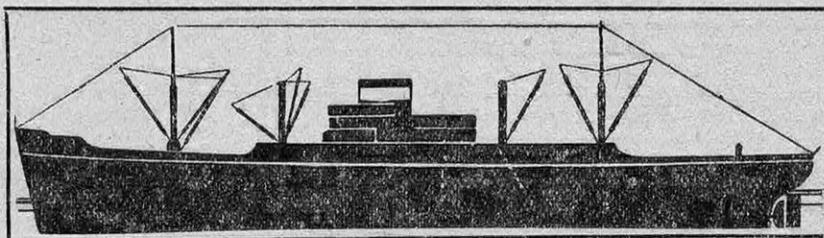
Le choix de l'appareil propulsif, Diesel ou vapeur, et, dans le cas de la vapeur, chauffe au charbon ou au pétrole, machine alternative ou

turbine, dépend de nombreux facteurs, prix et nature du combustible aux différentes escales, rayon d'action. Le Diesel, par exemple, qui coûte plus que la machine à vapeur mais consomme moins, est justifié partout où le gas-oil est en abondance et les escales espacées. La première simplification des EC-2 a consisté au retour général à la machine alternative, la production américaine de Diesel marins étant très faible, et les fabriques de turbines embouteillées par les commandes de la marine de guerre.

Le choix de la puissance résulte d'un compromis entre les différents facteurs du prix de revient du transport, intérêt, amortissement, assurance, salaire de l'équipage, dépense de combustible. Le cargo lent brûle moins de combustible que le cargo rapide par tonne transportée, mais prélève une part plus forte des recettes pour l'intérêt, l'amortissement, l'assurance et le salaire de l'équipage, par suite de sa moindre fréquence de rotation. La vitesse optimum dépend d'ailleurs des lignes et, dans une grande mesure, de la nationalité de l'équipage, facteur principal de son salaire et de ses exigences. C'est pourquoi le cargo lent, qui rapporte en certains pays, était, en temps de paix, inexploitable en d'autres. Il n'est pas besoin de faire remarquer que le taux des salaires américains, et le bon marché du combustible, relèvent aux Etats-Unis la vitesse optimum. C'est l'explication de la vitesse élevée choisie par la Commission Maritime pour ses types C. Des vitesses « de service » de 14 à 16,5 nœuds, correspondant à des vitesses d'essai de près de 2 nœuds supérieures, sont celles de cargos rapides, étudiés pour une exploitation rémunératrice par des équipages à haut salaire.

Au voisinage de l'optimum, la vitesse peut varier dans des limites assez étendues sans influencer trop fâcheusement sur les résultats d'exploitation. Mais il n'en est certainement pas de même lorsqu'on réduit la vitesse de service à moins de 11 nœuds, comme sur les EC-2, mesure à laquelle contraignait l'insuffisance de la production américaine dans le domaine des machines marines.

Le choix de la machine alternative, à faible prix d'achat mais à consommation élevée, la faible vitesse de service ont été les thèmes principaux des critiques de l'opinion maritime américaine relativement à la construction des cargos type EC-2; il est certain que ces navires seront difficilement exploitables une fois refait le plein de la flotte mondiale. On a ajouté, et cet argument n'est pas sans valeur, que la prin-



CARACTÉRISTIQUES	TYPE Sun-Shipbuilding	TYPE Newport-New Shipbuilding
Tonnage brut (Tx) .....	8 030	9 300
Port en lourd (t de 1 016 kg) .....	8 850	9 690
Déplacement en charge (t) .....	16 725	16 190
Capacité de transport marchandises (t) .....	6 365	7 350
— (m <sup>3</sup> ) .....	11 326	14 383
Longueur hors tout (m) .....	150	150
Largeur (m) .....	21,20	21,20
Creux (m) .....	12,96	12,96
Tirant d'eau en charge (m) .....	8,31	8,08
Puissance des machines (ch.) .....	8 500	8 500
Vitesse en service (nœuds) .....	16,5	16,5
Rayon d'action (milles) .....	14 000	9 100
Passagers .....	196	96

T W 20994

TABLEAU IV. — CARACTÉRISTIQUES DES CARGOS MIXTES TYPE C-3

*Les coques des cargos type C-3 ont été aménagées de différentes manières pour le transport des passagers, mais la part faite à ceux-ci reste toujours très modérée. C'est un signe que, dès 1937, les autorités maritimes américaines avaient admis que l'avion enlèverait la plus grande partie de la clientèle de luxe des transports par mer, et spécialement celle des paquebots rapides.*

cipale défense du cargo attaqué par le sous-marin est sa vitesse. Le convoi de cargos à 16,5 nœuds, dont les navires peuvent dépasser 18 nœuds en forçant, échappe beaucoup mieux aux groupes de sous-marins dont son escorte lui signale l'approche lointaine, ou même dont une première attaque lui révèle la présence, que le convoi de cargos à 10,5-11,5 nœuds.

Que devra retenir la marine française de cette expérience?

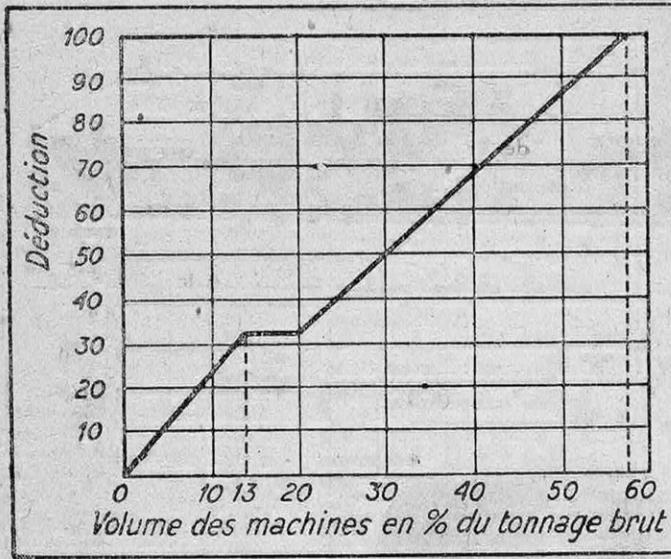
La construction des cargos simplifiés type EC-2 n'est certainement qu'une solution de fortune, qu'imposait la disproportion des tôles pour charpente et des appareils propulsifs de luxe (Diesel, turbines à engrenages) dans un pays où la marine de guerre absorbait presque toute la production de ces derniers.

Au contraire, la construction des cargos ordinaires mixtes types C-1, C-2 et C-3 est beaucoup plus riche en enseignements. Elle montre la possibilité de résoudre économiquement des problèmes de transport variés avec un nombre de types très réduit. La marine marchande française aura à s'inspirer de principes assez voisins, avec toutefois une vitesse légèrement inférieure qui se justifiera par la différence relative des salaires d'équipage et des prix de combustibles. On devra retenir notamment la part infime faite au transport des passagers et l'abandon du paquebot, devant la concurrence de l'avion, pour un cargo mixte à port en lourd considérable.

### La soudure électrique

La soudure électrique des charpentes de navires n'est pas une innovation récente, et encore moins américaine, puisque le premier navire entièrement soudé, un bateau-atelier de 20 mètres de longueur, fut construit en France en 1919.

Jusqu'en 1930, la soudure électrique ne fut



T W 20992

FIG. 1. — RÈGLE DE JAUGE ANGLAISE

Suivant cette règle, le tonnage net dérive du tonnage brut par des déductions dont la plus importante se rapporte à la machine. Le patier de la déduction, lorsque la machine occupe entre 13 et 20 % du tonnage brut, fait que sur tous les grands navires de puissance modérée, l'espace réservé aux machines atteint juste 13 % du tonnage brut, pour obtenir la déduction de 32 %. On s'explique ainsi que la plus grande partie du tonnage mondial présente un tonnage net

rapport  $\frac{\text{tonnage net}}{\text{tonnage brut}}$  de 0,63 (32 % de déduction pour les machines,

5 % pour l'équipage). On s'explique de même l'incorporation à la machine de volumes importants de superstructures qu'une ventilation artificielle remplacerait fort bien; c'est pour atteindre les 13 %. La même règle a eu une influence certaine sur la hauteur et la vitesse des Diesel marins. Il a fallu toutefois la modifier par une loi anglaise de 1907, pour éviter les tonnages nets négatifs à l'apparition des transatlantiques rapides : aucune déduction ne peut dépasser 55 % du tonnage brut diminué des volumes d'espaces réservés à l'équipage. On aurait tort de croire que ces règles cachent une intention d'obliger le constructeur et l'armateur à prévoir des machines et des locaux d'équipage suffisamment vastes; leur complication est entièrement gratuite. On conçoit lorsqu'on a étudié quelques exemples du même genre, que l'avion ait beau jeu pour prendre la place du navire.

guère employée couramment que pour des applications d'étendue limitée, réparations de chaudières, rechargement de trous de rivets ou des bords de tôle amincis par ragage, confection de manches à air, caisses à eau... Mais les économies de poids importantes réalisées par son application progressive en marine de guerre attirèrent alors l'attention; on construisit plusieurs grands navires marchands entièrement soudés, et, sur les autres, l'emploi de la soudure se généralisa en des régions où elle offre un intérêt spécial : soudure des tôleries de roofs, de cloisons d'emménagements dans les hauts des paquebots en vue d'une réduction de poids et du gain corrélatif de stabilité, soudure des abouts du bordé de carène et du plafond de ballast en vue de remplacer des joints lourds et coûteux à plusieurs rangs de rivets.

Les constructions en cours en Amérique n'ont donc d'autre valeur que celle d'une expérience à très grande échelle qui lancera dans la circulation un nombre considérable de navires où la soudure aura été largement et même, sur certains, exclusivement employée.

La soudure électrique réclamait d'abord un choix convenable de matériaux. On a cru assez

longtemps que les aciers de nuance relativement douce, à teneur modérée en carbone, se soudaient mieux que les aciers à haute résistance; on est actuellement revenu de cette conception et l'on parvient à exécuter même dans ceux-ci des soudures très convenables, à condition d'éliminer les retassures et ségrégations par un chutage suffisant des lingots avant laminage.

Il fallait ensuite une technique de la soudure : choix des électrodes, nature des soudures et nombre de passes, conduite du travail pour éviter les fatigues tenant aux dilatations et tensions après refroidissement... Cette technique est entièrement mise au point aujourd'hui.

Reste à adapter le dessin de la charpente au nouveau procédé de construction. C'est certainement sur ce point que les plus grands progrès sont encore à faire. Une même pièce ne se trace pas de la même manière suivant qu'on l'exécutera par fonderie ou par rivetage; pas davantage si c'est une pièce soudée ou rivée. La généralisation de la soudure doit entraîner de grosses transformations dans la charpente des navires.

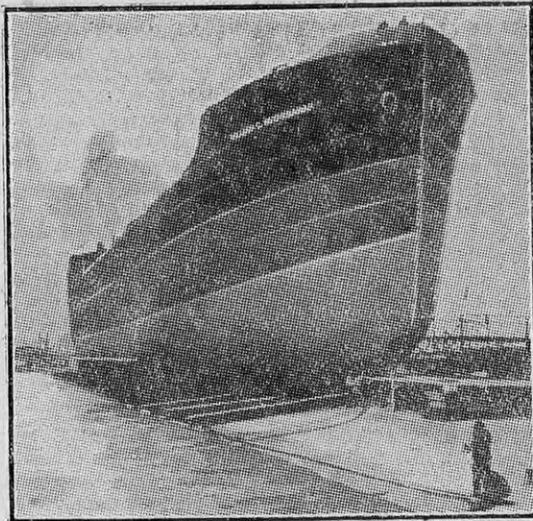
Parmi les avantages de la soudure, le plus évident et le plus propre à sa généralisation en marine de guerre est l'économie de poids. La soudure ne fait pas seulement gagner le poids des têtes saillantes de rivets, que le souci d'allègement avait déjà fait supprimer sur les navires de guerre. Elle évite certains goussets, des cornières de liaison, les ailes de profilés utilisées pour cette même liaison.

L'amélioration de la résistance, pour un même échantillon et une même disposition des matériaux, n'apparaît pas au premier abord.

C'est cependant, croyons-nous, le principal des avantages constructifs de la soudure qui devrait autoriser, lorsqu'il sera pleinement mis en évidence, des allègements autrement importants que la suppression des têtes de rivets ou de quelques cornières de liaison.

Il y a d'abord un certain nombre de cas où la suppression d'un élément de la charpente renforce sa résistance. La figure 3 en donne un exemple, mais ce principe a beaucoup d'autres applications.

Mais, surtout, la construction soudée se prête beaucoup mieux que la construction rivée aux hypothèses simplificatrices de la résistance des matériaux. Celle-ci n'envisage guère que des charges uniformément réparties sur toute la section; elle s'inquiète peu de ce qui arrive au passage des efforts d'une pièce à une autre pourvu qu'il y ait une section de métal suffisante. Ce n'est là qu'une grossière approximation dont une étude théorique et expérimentale plus complète a montré toute l'insuffisance. Le moindre trou percé dans une tôle produit à son voisinage une concentration d'efforts qui, aux points les plus chargés, multiplie par 3 la tension supposée uniformément répartie; le pas-



T W 20991

FIG. 2. — UN NOUVEAU PÉTROLIER AMÉRICAIN AVANT SON LANCEMENT A PINTO ISLAND

sage des efforts, des bords du trou au rivet qui le remplit, ne va pas sans d'autres concentrations plus complexes encore. La pièce ne résiste le plus souvent, et assez mal, que lorsque les efforts appliqués sont très inférieurs à ceux qui ont servi de base au calcul.

L'expérience a pleinement confirmé cette supériorité fréquente de la construction soudée. Elle était aisée et bon marché si on la faisait sur petit modèle, pour cette classe fréquente de charpentes qui est constituée, sur les navires, par un bordé chargé sous pression d'eau (bordé de carène, ponts et cloisons étanches...). Elle a été faite, en poussant la charge jusqu'à limite d'étanchéité, puis de rupture, et a montré que la construction soudée supportait sans perte d'étanchéité des pressions très supérieures à la construction rivée.

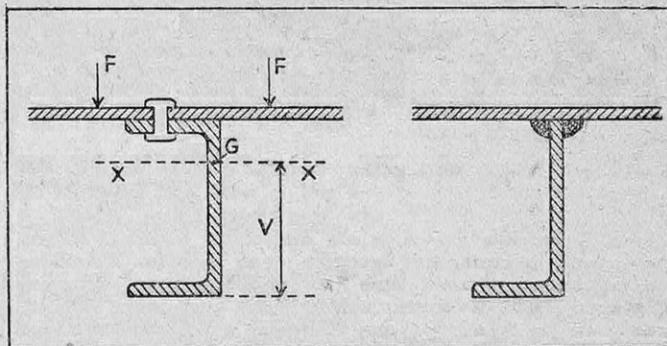
Avant la guerre, l'expérience la plus étendue portait sur le pétrolier. Le pétrolier rivé est un navire en perpétuelle réparation de coque. Dès qu'il a subi un coup de mer, les rivets qui fuient et qu'il faut changer se comptent par centaines ou par milliers, le matage est à reprendre... Pourquoi? On n'a pas manqué de trouver des raisons spéciales qui ont bien quelque valeur (effet dynamique des chargements liquides...), et les Sociétés de classification ont imposé des règles plus sévères que pour les autres types de navires en vue d'y parer. Mais la raison principale est que le pétrolier est une vérification expérimentale permanente de la justesse des principes appliqués à la construction des charpentes. Un joint qui travaille trop se déforme légèrement, en même temps que son étanchéité disparaît. S'il limite une citerne à eau, le mal n'est pas très grave; la fuite provoque ou complète l'oxydation du métal; la rouille bouche le joint; la construction rivée est presque autoétan-

che à l'eau comme le montrent les blocs de rouille qu'on retrouve en démontant de vieilles tôleries. Le pétrole est beaucoup moins accommodant; chaque fois que le joint manifeste, en bâillant, qu'il a dépassé la limite des efforts qu'il est convenable de lui faire supporter, le pétrole y pénètre, dissout la rouille et la peinture, ces deux ultimes ressources de l'étanchéité des joints rivés, et fuit. La généralisation de la soudure sur les pétroliers apporte la meilleure preuve qui soit de la supériorité de sa résistance véritable sur la résistance véritable du rivetage.

La guerre actuelle, et les énormes destructions de tonnage marchand à la bombe ou à la torpille, en donnent une deuxième, en permettant de comparer la résistance à l'explosion des tôleries rivées et des tôleries soudées. La résistance particulière de la soudure avait été observée accidentellement, au cours de la guerre d'Espagne, sur un torpilleur britannique de construction récente qui avait touché une mine et s'en était fort bien tiré. Dans toute la zone des déformations permanentes qui va jusqu'à l'écrasement complet des tôleries, le joint soudé conserve presque jusqu'à la fin une étanchéité qu'il ne saurait être question d'attendre du joint rivé. Il est certain que l'expérience étendue de la guerre actuelle fournira de nombreux exemples de navires sauvés par la soudure; cette expérience abondera en enseignements précieux pour les applications ultérieures de la soudure à la construction navale, militaire et marchande.

### La guerre et les nouveautés en construction marchande

La guerre de 1914-1918 s'était signalée par de nombreux projets et quelques exécutions à



T W 20993

FIG. 3. — FIXATION PAR RIVETAGE ET PAR SOUDURE D'UNE MEMBRURE SUR UN BORDÉ EN TOLE

En permettant la suppression de l'aile de la membrure qui sert à la liaison avec la tôle du bordé, la construction soudée est non seulement plus légère, mais fréquemment plus résistante que la construction rivée, notamment quand le bordé travaille sous une charge d'eau. Cela tient à ce que, sous l'effort de flexion correspondant, la membrure ne travaille pas isolément, mais avec la participation d'une importante fraction de tôle du bordé. L'effort de flexion s'applique donc à une poutre très dissymétrique. Or, le calcul montre que le module de résistance  $I$  :  $V$  de poutres dissymétriques peut être diminué par l'addition de métal du côté où il y en a le plus, addition qui relève bien toujours le moment d'inertie  $I$  de la section de la poutre par rapport au plan  $XX$ , perpendiculaire aux efforts de flexion, passant par le centre de gravité  $G$  de la poutre, mais qui peut augmenter dans un rapport plus grand encore la distance  $V$  du point le plus chargé à ce même plan. Cette remarque sur la fatigue des poutres dissymétriques a des applications très étendues; elle montre notamment que l'addition d'un pont blindé, à l'emplacement habituel, diminue la résistance de la charpente du navire à la flexion longitudinale au lieu de l'augmenter.

grande échelle de types de navires qu'on prétendait devoir renouveler la construction des navires marchands ou du moins résoudre provisoirement la grave crise qu'elle supportait alors. On avait connu le sous-marin commercial, dont la construction se limita à deux exemplaires; le navire en béton armé dont on ne pouvait espérer grand' chose, puisque l'une des sujétions de la charpente navale est de devoir résister aux efforts alternés qui ne conviennent pas au béton armé où le béton et l'armature se partagent les compressions et les tensions; le voilier en bois, qui résolvait à la fois la crise

en ce qui concerne l'emploi du sous-marin, du navire en bois et du voilier. La seule vraiment nouvelle paraît avoir été la combinaison de coques extrêmement simplifiées du type des « fabricated ships » et de moteurs à essence Chrysler pour vedettes, d'une centaine de chevaux, actionnant des hélices multiples, au besoin en groupant plusieurs moteurs autour d'un réducteur commun. Fortes de l'expérience de 1914-1918, les administrations auront beaucoup mieux résisté qu'alors, et aucune de ces propositions n'a encore franchi le stade de la campagne de presse.



T W 20989

FIG. 4. — LE LANCEMENT DANS UN CHANTIER AMÉRICAIN D'UN DES PREMIERS CARGOS DU TYPE « LIBERTY » : LE « STAR OF OREGON »

des tôles et celle des appareils propulsifs. Mais le record est certainement détenu par la série de remorqueurs en béton armé à moteurs d'avions que l'on construisait à Paris, sur les quais de la Seine, pendant l'été 1918, et où l'on avait espéré compenser la lourdeur de la coque par la légèreté du moteur. Rien de tout cela ne survécut à la guerre; les sous-marins commerciaux eurent des malheurs; les voiliers en bois qui traversèrent l'Atlantique pourrirent en rade de Brest et dans l'embouchure de la Loire; à la première avarie de coque, on s'aperçut de la difficulté de mettre un placard sur du béton, et nous ne croyons pas que les moteurs d'avions des remorqueurs en béton armé aient remonté beaucoup de chalands de Rouen à Paris.

La guerre de 1939 aura connu quelques propositions du même genre et même très voisines

C'est un gros succès de la technique officielle et qui pourra adoucir, chez l'ingénieur des constructions navales, l'amertume de certains échecs de ses œuvres à usage militaire. N'y aurait-il donc rien à faire de vraiment nouveau en matière de navires marchands? Ou la construction navale échapperait-elle à la règle qui veut que les progrès les plus importants d'une technique ne viennent que de l'extérieur et que jamais, par exemple, une réunion d'ingénieurs en chef du matériel et de la traction n'aurait pu sortir l'automotrice légère que M. Michelin finit par leur imposer? C'est bien peu probable. C'est, en tout cas, une question qui dépasse notre compétence et que nous offrons à l'imagination des inventeurs non spécialisés.

André FOURNIER.

# L'AILE VOLANTE ET LE COMBAT AÉRIEN

par Pierre ARMONT

L'avion de combat est sans doute loin encore aujourd'hui d'avoir trouvé sa forme définitive sous les apparences qui nous sont familières. La mise en service sur le front de l'Est de l'avion asymétrique Blohm und Voss BV. 141 (1) en est un témoignage. Aux Etats-Unis, on sait que l'avion sans queue est entré, avec la solution Northrop (2), dans la période des essais pratiques comme chasseur bimoteur. Ce type d'appareil, étudié en France depuis 1928 et breveté dans sa solution moderne à aile habitable par Ch. Fauvel, doit permettre d'accroître la finesse des appareils et, par suite, leur vitesse à puissance égale, et faciliter en outre une répartition des armes favorable à l'attaque comme à la défense. L'avion sans queue pourrait bien être l'appareil de combat de demain.

L'AVANTAGE essentiel de la formule « aile volante » — ou « sans queue » — sur les appareils aujourd'hui classiques réside dans une réduction sensible de la résistance à l'avancement, réduction qui atteindrait 40 % par rapport à l'avion à fuselage empenné; ainsi, les chasseurs pourraient atteindre, à puissance égale, des vitesses supérieures d'environ 25 %, avantage considérable dans la course aux performances qui caractérise la guerre aérienne. *La Science et la Vie* a signalé récemment les essais aux Etats-Unis de l'aile volante Northrop, destinée à fournir un avion de chasse bimoteur sans queue, à deux hélices propulsives.

La formule de « l'aile volante » n'est pas cependant une idée américaine, et divers inventeurs l'ont proposée, essayée et présentée dans des manifestations, avant que Northrop l'ait réalisée en 1941.

La formule du « sans queue » a paru dès l'origine intéressante pour le tourisme aérien. Cette voilure épaisse et large présente, en effet, une sécurité aérodynamique supérieure à la voilure étroite, en abolissant l'abatée (3) et la perte de vitesse — sans compter que sa construction plus simple doit se traduire par un prix de

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 300 (août 1942).

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 296 (avril 1942).

(3) Voir : « Les acrobaties aériennes », dans *La Science et la Vie*, n° 274 (avril 1940).

revient moindre. Les premiers essais du « sans queue » paraissent avoir été ceux du biplan anglais Dunne, avant la guerre de 1914-1918. Après cette guerre, on vit d'abord, toujours dans la même formule, le planeur Lippisch « Storch » (cigogne), en Allemagne (1928), planeur équipé d'un modeste moteur auxiliaire de 8 ch.

En France, le planeur Fauvel sans queue à aile habitable A. V. 2, à moteur auxiliaire Goïot de 20 ch, commandé par l'Etat en mai 1930 et commencé en 1931 chez Guerchais, ne put voler par suite de vicissitudes n'ayant rien à voir avec la formule. Il fut suivi du planeur de vol à voile Fauvel A. V. 3 qui vola à la Banne d'Ordanche, au Pilat et à la Montagne Noire en 1937 avec grand succès. Vers 1933 apparaissait en Amérique un petit avion-cabine sans queue, « Waterman Whatsit ». En 1934, l'avion biplace Fauvel type A. V. 10 à moteur tractif

Pobjoy de 75 ch était mis en fabrication; à sa sortie, il conquerrait d'emblée, sans nécessiter aucune modification, le certificat de navigabilité international et réussissait les sévères épreuves de vol françaises. Depuis près de cinq ans, cette « aile volante » détient toujours les records de France d'altitude de la catégorie 4 litres de cylindrée, avec près de 6 000 m en biplace, et près de 7 000 m en monoplace — ceci malgré un moteur de 2835 cm<sup>3</sup> seulement, avec une

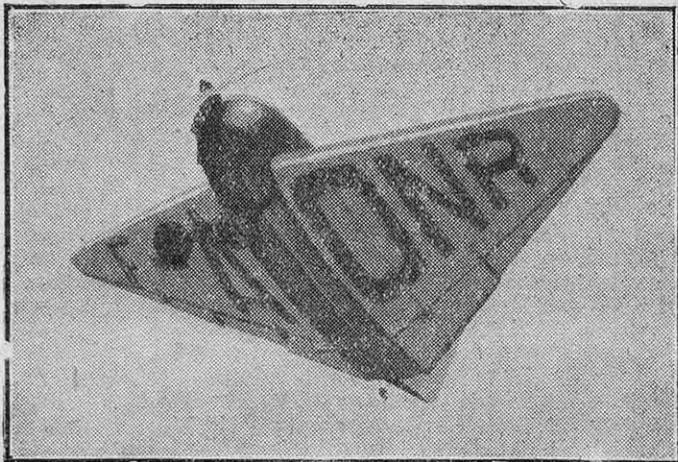


FIG. 1. — L'AVION SANS QUEUE FAUVEL A. V. 10 CONSTRUIT EN 1935

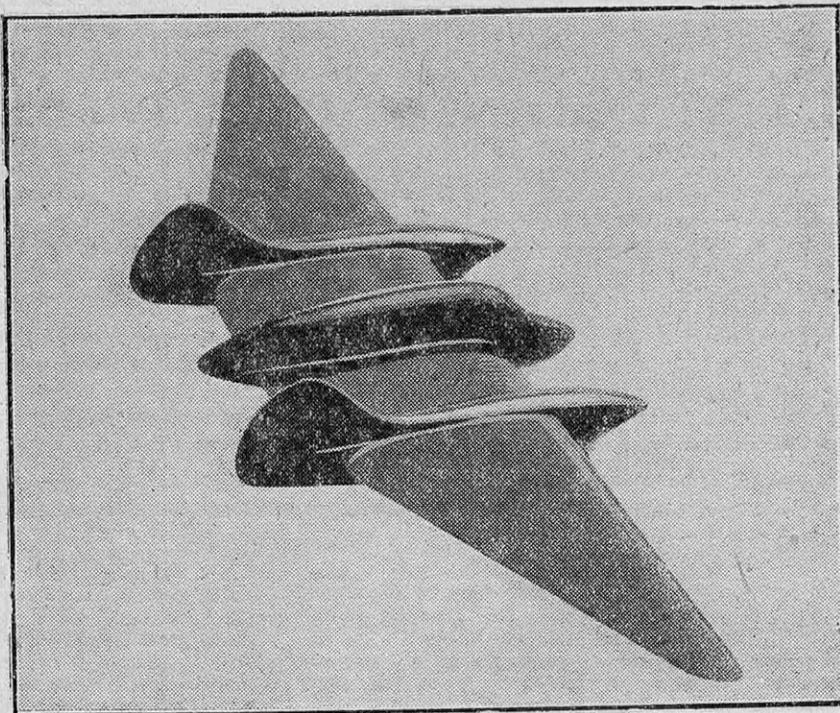
Cet appareil, muni d'un moteur anglais Pobjoy de 2,8 litres de cylindrée, 75 ch, détient les records français d'altitude des avions de moins de 4 litres de cylindrée, aussi bien pour la catégorie biplace (Saboureault et Touya), avec 5 800 mètres en décembre 1937, que monoplace (André Mélin), avec 6 850 mètres le 24 mai 1938 (record mondial d'altitude pour avions sans queue).

FIG. 2. — MAQUETTE DE L'AILE VOLANTE FAUVEL A. V. 29 I, BIPLACE BIMOTEUR

La guerre a interrompu en 1939 la réalisation de cet appareil qui, muni de deux moteurs Hispano-Suiza de 1 000 ch chacun, devait atteindre (d'après les résultats enregistrés à la soufflerie Eiffel) la vitesse de 700 km/h. La version originale de cette machine (A. V. 28), sans habitacle central et déjà à fuseaux dissymétriques, le pilote étant logé dans le fuseau de gauche et le mitrailleur, avec champ de tir vers l'arrière, couché à plat ventre dans le fuseau de droite, aurait été encore plus rapide par suite de sa plus grande finesse.

hélice non adaptée. Le premier bimoteur sans queue à hélices propulsives, avant-coureur de « l'aile volante » Northrop actuelle, aurait été réalisé en Allemagne, vers 1939, par Horten, tandis qu'en Angleterre, la Royal Air Force faisait l'essai du « Pterodactyl », biplace de chasse sans queue, à moteur Rolls-Royce « Kestrel » de 600 ch actionnant une hélice tractive.

En France notamment, le capitaine Charles Fauvel s'était fait, depuis dix ans, le champion des applications militaires de « l'aile volante » sans queue. En 1939, le Ministère de l'Air avait retenu un de ses projets de bimoteur



T W 20999

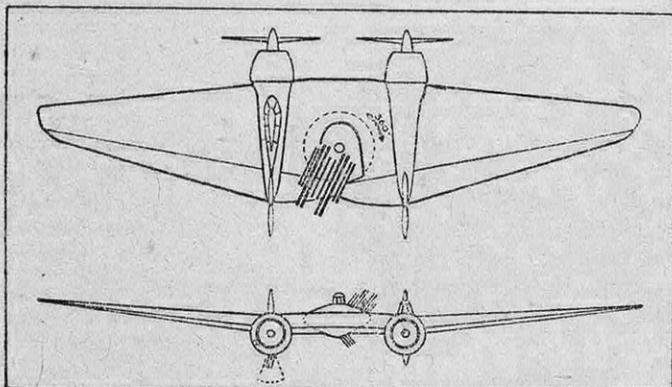
militaire : le type A. V. 29 I, qui ne fut pas réalisé par suite de la guerre.

### Les avantages militaires de l'avion sans queue

Outre le gain de vitesse, résultant de la réduction des résistances parasites, la formule « sans queue » donnerait une inégalable défense arrière, une concentration des masses plus serrée, soustrayant notamment les mitrailleurs d'extrémité aux effets de tangage, une plus grande facilité de logement dans l'épaisseur de l'aile de canons d'attaque et de leurs tambours-chargeurs qui deviennent si encombrants avec les calibres de 20 à 35 mm. Du point de vue du combat aérien, la difficulté, pour l'adversaire du « sans queue », d'apprécier la distance aussi bien que la trajectoire réelle de l'appareil, met en défaut les correcteurs de tir.

### Destroyer et bombardier sans queue

Le capitaine Fauvel avait suggéré en 1937 sept types d'avions et d'hydravions militaires dérivés de la formule « sans queue », dont nous rappellerons les plus intéressants. D'abord un triplace de reconnaissance et de combat et un bombardier analogue, tiré par deux hélices tractives avec, au centre, une nacelle portant une tourelle avant et une tourelle arrière. Les postes de mitrailleuses étant ainsi beaucoup plus proches du centre de gravité que sur les avions à fuselage et tourelles de nez et d'é-

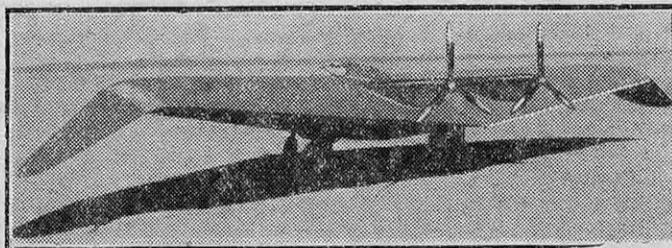


T W 22001

FIG. 3. — PROJET DE CROISEUR AÉRIEN A TOURELLE BLINDÉE CENTRALE SUIVANT LA FORMULE AILE-VOLANTE FAUVEL (1940)

Le pilote est logé dans le fuseau gauche, le tireur dans la tourelle centrale, le deuxième tireur (guetteur, second pilote ou radio) dans le fuseau droit avec armement mobile supplémentaire vers la verticale en dessous. La tactique d'emploi de ce destroyer, analogue à celle employée dans le combat naval, consiste à naviguer parallèlement à une formation ennemie et à une distance telle que le tir latéral des quelques mitrailleuses dont la formation peut disposer n'ait pas d'action sur la tourelle blindée (400 à 600 m), tandis que les canons de ce dernier, tirant sans correction tachymétrique du fait de l'immobilité apparente de la cible, obtiennent leur pleine efficacité.

tambot, les moments de tangage à l'avant et à l'arrière se trouvaient respectivement deux à quatre fois plus faibles que sur les bombardiers anglais du genre « Whitley » et « Wellington », à tourelle quadruple, où les mitrailleurs d'étambot sont particulièrement secoués en même temps que soumis aux vibrations qui résultent de la longueur du fuselage. Ajoutons que la solution Fauvel des tourelles centrales paraît supérieure à celle des deux coupoles latérales imaginées par Northrop pour son « aile volante ».



T W 20998

FIG. 4. — UNE RÉALISATION AMÉRICAINE D'AVION SANS QUEUE :  
L' AILE VOLANTE NORTHROP

Ce prototype de 11,6 m d'envergure était équipé de deux moteurs de 120 ch.

### L'hydravion sans queue à flotteurs rétractables

Pour l'hydravion, la formule « sans queue » paraît encore plus avantageuse, car il n'est pas nécessaire d'allonger les flotteurs à la proportion du fuselage ou la coque marine (forcément lourde) pour qu'elle porte l'empennage, allongement peu aérodynamique d'ailleurs à cause de la forme recourbée vers le haut que doit prendre cette coque à partir des redans. L'aile volante permet de construire des hydravions à coque écourtée ou à flotteurs courts. Or, des flotteurs courts pourront être rétractables. Le capitaine Fauvel suggérait, en 1937, un hydravion de chasse bimoteur sans queue dont les flotteurs étaient rétractables, ce qui devait donner des performances peu inférieures à celles des bimoteurs de chasse terrestres de même catégorie.

chargés au mètre carré à cause de l'efficacité du freinage sur trois roues adhérentes. Il a peut-être manqué aux suggestions Fauvel de 1937 la réalisation du train tricycle escamotable qui n'a été mis au point par Bendix, en Amérique, que vers 1939 et que Northrop a immédiatement adopté pour son « aile volante ».

Aussi peut-on imaginer que les avions de combat de demain s'orienteront vers des ailes volantes à train tricycle escamotable ou à flotteurs rétractables, armées de canons de gros calibre noyés dans l'épaisseur de l'aile et dont les tourelles de mitrailleuses seront à l'abri des forces d'inertie de tangage — comme le pilote à l'abri de la perte de vitesse — et dont l'adversaire ne pourra aisément apprécier la distance ou la trajectoire réelle du fait de l'absence de fuselage. De formes fuyantes et ramassées, rendant inappréciable à l'œil la correction usuelle, dépassant en vitesse, à égalité de puissance, ses adversaires aériens grâce à l'élimination des résistances parasites, l'avion sans queue apparaît comme une des plus intéressantes formules d'avenir pour les avions de combat.

Pierre ARMONT.

Parmi les tâches dévolues à l'agriculture de nos pays tempérés dans les circonstances présentes, l'approvisionnement en corps gras alimentaires est une des plus importantes. La superficie des terres cultivables étant, quoi qu'on fasse, strictement limitée, il convient de faire appel à des cultures susceptibles du rendement maximum à l'hectare. Les diverses plantes à huile présentent de ce point de vue des avantages manifestes sur toutes les cultures fourragères ou autres, destinées à la production indirecte de corps gras par les animaux. C'est ainsi qu'en moyenne un hectare livre 18 quintaux de colza correspondant à 650 kg de graisse, chiffre qui se trouve porté à 750 kg si l'on tient compte que les 11 quintaux de tourteaux, utilisés pour l'alimentation de vaches laitières, fournissent encore une centaine de kilogrammes de beurre. De même, un hectare de lin fournit 7 à 8 quintaux de graines correspondant à 250 kg d'huile auxquels il faut ajouter 50 kg de graisse provenant de l'utilisation des tourteaux. A titre de comparaison, on a pu évaluer la production moyenne de lait de vache à 3 000 kg à l'hectare, renfermant 3,2 % seulement de graisses ; de même, l'élevage du porc fournit quelque 750 kg de poids vif à l'hectare, soit 600 kg de poids mort, soit encore une centaine de kilogrammes seulement de graisse pure.

# LES PROGRÈS DE LA PROPULSION AÉRIENNE : VERS L'AVION A TURBINE A GAZ ET L'AVION A RÉACTION

par Pierre DUBLANC

*Le trait le plus évident de l'évolution du moteur d'avion, depuis le début de la guerre, est l'augmentation de sa puissance (1), qui est passée de 800 ch en 1939 à plus de 2 000 ch en 1942. Cet accroissement a été surtout obtenu par la multiplication du nombre des cylindres (de 12 à 24 cylindres). La prochaine étape sera-t-elle le moteur de 5 000 ch à 48 cylindres? Il est possible que des solutions révolutionnaires soient au contraire adoptées. Des organes annexes des moteurs actuels, qui n'ont pour but actuellement que d'obtenir un faible supplément de puissance, pourraient bien par leur développement transformer complètement la propulsion aérienne. C'est ainsi que la turbine à gaz a fait son apparition à bord des avions dans les turbo-compresseurs à gaz d'échappement, et que l'on a déjà pensé l'utiliser en tandem avec le moteur. Les progrès de la métallurgie doivent lui permettre de supplanter le moteur à explosions pour les très grandes puissances. La tuyère à réaction est employée pour récupérer l'énergie restante des gaz d'échappement sous forme d'une propulsion supplémentaire. Son rendement qui s'améliore dans l'air raréfié et aux très grandes vitesses, tandis que celui de l'hélice diminue, a d'ores et déjà conduit certains pays à étudier des appareils mus par réaction dont dérivera peut-être l'avion de 1 000 km/h de demain.*

**S**OUS la forme à quatre temps, encore exclusivement adoptée, le moteur d'aviation de 1942 — résultant des progrès techniques des années passées — se présente en gros comme une machine développant une puissance de l'ordre de 1 000 ch pour une cylindrée d'une trentaine de litres, ce qui correspond à une puissance de 40 à 50 ch par litre. Les vitesses de rotation atteignent 3 000 tours/minute. Pendant le 1/100 de seconde que représente la course d'aspiration, chaque cylindre est suralimenté à une pression atteignant 1,4 atm au moyen d'un compresseur centrifuge attelé, avec démultiplication de l'ordre de 8, c'est-à-dire tournant à une vitesse de l'ordre de 25 000 tours/minute. Pendant le 1/100 de seconde qui suit, le cylindre comprime cet air à un taux qui ne dépasse guère 6,5 à 7, en raison des risques d'autoallumage, même si l'on

utilise des combustibles à indice d'octane élevé.

De 1930 à 1940, les compresseurs étaient attelés avec une démultiplication simple, correspondant à une altitude de rétablissement courante ne dépassant guère 4 500 mètres. Depuis la guerre, la recherche d'altitudes de rétablissement plus élevées a conduit à prévoir deux démultiplications distinctes, en fonction de la densité décroissante de l'air : une démultiplication adaptée aux altitudes comprises entre le sol et 4 000 mètres et une démultiplication cor-

DÉSIGNATION	TYPE	CYLINDRÉE (litres)	PUISSANCE maximum (chevaux)
Rolls-Royce « Peregrine » .....	12 cyl. en V	21,2	880
Bristol « Taurus » .....	14 cyl. en étoile à tiroirs	25,4	1 000
Rolls-Royce « Merlin XX » .....	12 cyl. en V	27	1 260
Allison V 1710 C 15.....	12 cyl. en V	28,1	1 090
Daimler-Benz DB 601 .....	12 cyl. en V	33,9	1 300
Bristol « Hercules » .....	14 cyl. en étoile à tiroirs	38	1 600
Pratt et Whitney « double Wasp »	18 cyl. en étoile	45,9	1 850
Rolls-Royce « Vulture » .....	24 cyl. en X	42,4	1 780
BMW-801 .....	18 cyl. en étoile	?	1 600
Allison W 1 420.....	24 cyl. en W	56,2	2 209
Daimler-Benz DB 606 .....	24 cyl. en X	67,8	2 400

TABLEAU I. — LA CYLINDRÉE ET LA PUISSANCE DES MOTEURS D'AVIATION DE 1942  
La cylindrée varie entre 21 et 68 litres, le nombre des cylindres passe de 12 à 14, 18 et 24. La puissance par litre de cylindrée reste comprise entre 40 et 45 ch.

(1) Voir : « La course à la puissance des moteurs d'avions », dans *La Science et la Vie*, janvier 1942.

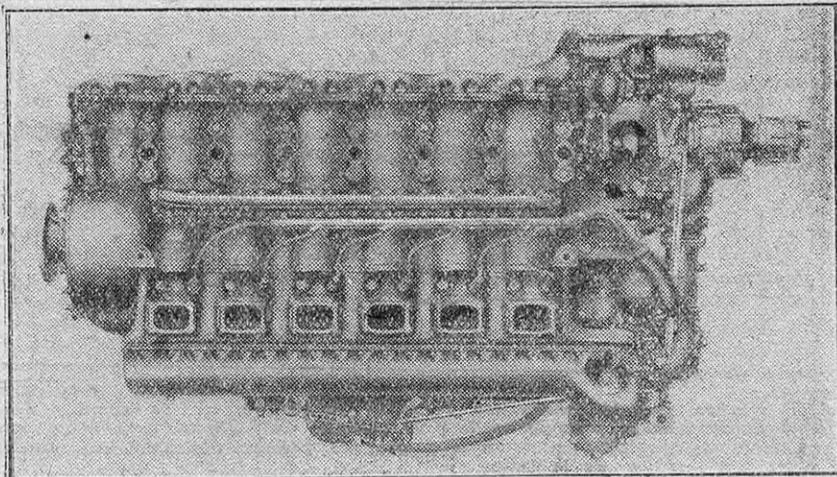


FIG. 1. — LE MOTEUR JUNKERS JUMO 211 DE 950 CH

T W 22032

C'est un moteur à douze cylindres en V inversé à 60°, refroidi par liquide. L'alimentation se fait par injection directe de carburant au moyen de pompes que l'on voit ici à la partie inférieure (entre les deux branches du V). La suralimentation est assurée par un compresseur centrifuge à deux vitesses. Voici quelques-unes de ses caractéristiques : alésage, 150 mm; course, 165 mm, cylindrée totale, 35 l; poids, 615 kg; longueur, 1,75 m; hauteur, 1,06 m; largeur, 0,8 m. La puissance de 950 ch est atteinte à 2 250 tours/minute. La puissance au décollage est de 1 200 ch.

respondant aux altitudes comprises entre 4 000 et 7 000 mètres. C'est ainsi que, dans sa version XX de 1941, le Rolls-Royce « Merlin » fournit :

— 1 260 ch à l'altitude de 3 750 m avec la démultiplication de 8,15;

— 1 175 ch à l'altitude de 6 400 m avec la démultiplication de 9,5.

Par comparaison, indiquons que l'Allison V 1710 contemporain américain, qui a conservé la simple démultiplication, fournit 1 090 ch à l'altitude de 3 960 m avec un compresseur entraîné à la démultiplication 8,7.

Pour les altitudes plus élevées (de l'ordre de 10 000 m), il faudra sans doute renoncer au compresseur attelé et adopter, ainsi que nous l'indiquerons plus loin, le turbo-compresseur entraîné par les gaz d'échappement.

### Les moteurs à injection

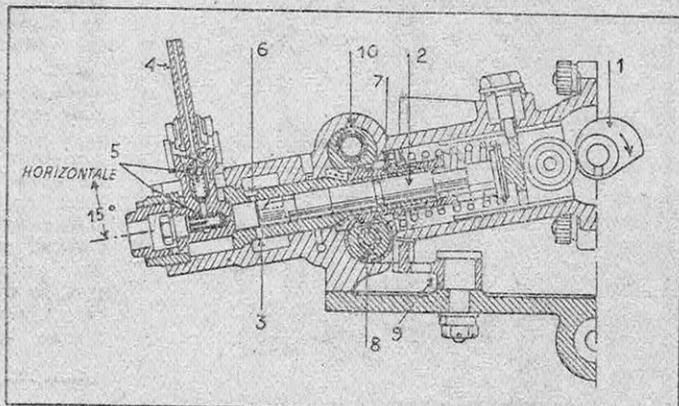
Cette tendance est essentiellement allemande, la technique anglo-saxonne étant jusqu'ici restée fidèle au carburateur. Depuis 1940, tous les moteurs allemands ont suivi l'exemple de Junkers (Jumo 210) en adoptant l'injection directe d'essence dans les cylindres au moyen de pompes de précision. D'après l'ingénieur Gunther Bock, le gain en puissance résultant de l'injection est supérieur à 4 % et peut atteindre 10 % dans certains cas. En outre, le remplissage des cylindres par le compresseur étant effectué à l'air pur, au lieu de l'être à l'air carburé, on peut par l'ouverture anticipée des soupapes d'admission provoquer

un courant d'air, de manière à rafraîchir les pistons et les soupapes d'échappement, sans perte de vapeur de combustible, comme ce serait le cas avec un carburateur.

### La substitution des tiroirs aux soupapes

Les grandes vitesses de rotation d'aujourd'hui (2 700 t à 3 000 t) — soit 45 à 50 tours par seconde — sont généralement réalisées en doublant le nombre des soupapes d'admission. A la vitesse de 3 000 tours, c'est en 1/100 de seconde que chaque cylindre doit être suralimenté. Aux grandes vitesses, les moteurs à une seule soupape « respireraient » mal et plafonneraient au régime de 2 400 tours (40 tours/s, aspiration en 1/80 de seconde), et tous les moteurs modernes de ces dernières années ont adopté les deux soupapes d'admission, sinon également les deux soupapes d'échappement.

Depuis plusieurs années, la technique anglaise



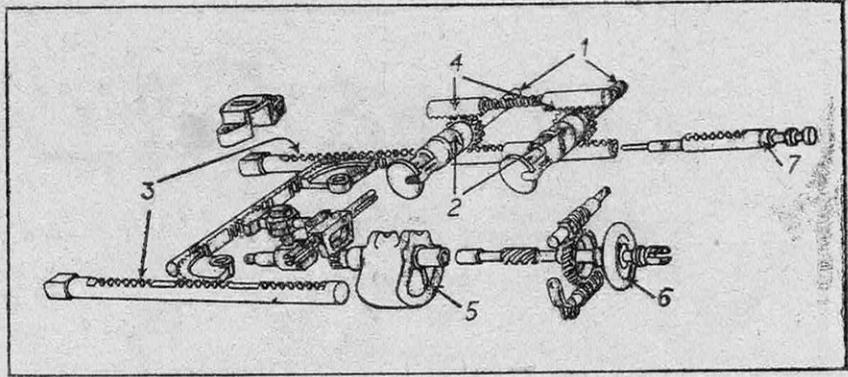
T W 22025

FIG. 2. — COUPE DE LA POMPE D'INJECTION DU MOTEUR JUNKERS JUMO 211

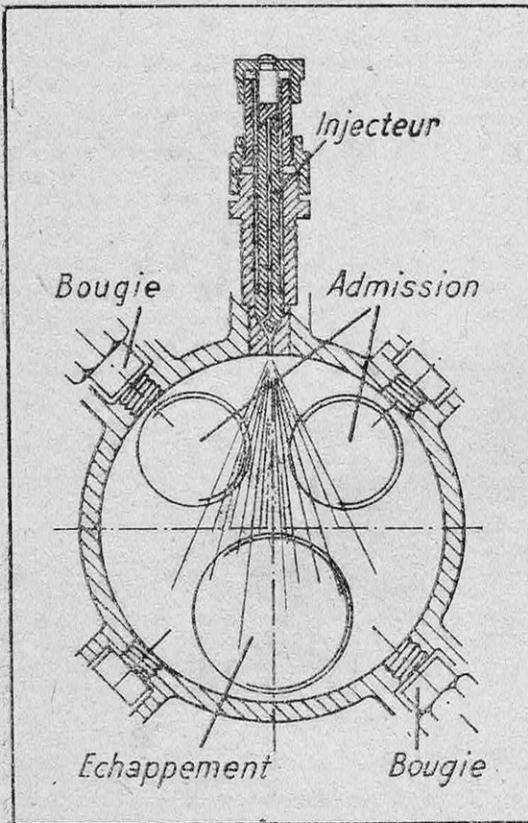
La pompe d'injection comporte douze cylindres semblables à celui de la figure, six pour la moitié gauche, six pour la moitié droite du moteur. Ils sont commandés par un arbre à came unique 1, qui provoque, au moment convenable, le mouvement des pistons d'injection 2. Le combustible, aspiré par l'orifice 3, est chassé brusquement par le piston dans la canalisation 4 conduisant à l'injecteur. Deux soupapes 5 s'opposent au retour du combustible. L'excès d'essence aspiré est rejoulé par 6 vers le réservoir. Le réglage de la quantité de combustible injectée est obtenu grâce à la forme spéciale de la tête du piston qui vient obturer plus ou moins tôt l'orifice 6, lorsque l'on fait tourner le piston autour de son axe. Cette rotation du piston est obtenue par l'intermédiaire d'un fourreau cylindrique qui l'entraîne et qui porte lui-même une denture engrenant avec une crémaillère 8 commune à tous les cylindres; cette crémaillère est mise en mouvement par le segment denté 9 actionné lui-même par le régulateur. Une deuxième crémaillère 10 assure la rotation en synchronisme de tous les pistons. (Voir aussi figure 3.)

FIG. 3. — SCHÉMA DU DISPOSITIF DE RÉGULATION DE LA POMPE A INJECTION DANS LE JUMO 211

On retrouve sur cette figure les organes de régulation de la figure précédente : en 1, les pistons; en 2, les fourreaux cylindriques; en 3, la crémaillère de commande; en 4, la crémaillère de sécurité. Le mouvement de l'ensemble est provoqué par l'intermédiaire de divers jeux d'engrenages par un servomoteur à huile 5 commandé par la capsule barométrique 6 en relation avec la canalisation de sortie du compresseur. La quantité d'essence injectée se trouve ainsi rigoureusement proportionnelle à la quantité d'air admise dans le cylindre du moteur. En 7 est représenté le dispositif micrométrique pour le réglage individuel des pistons de la pompe.



T W 22024



T W 22026

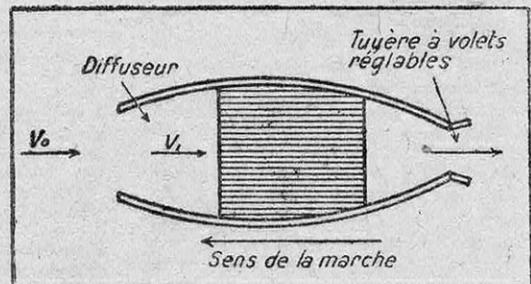
FIG. 4. — ASPECT DU FOND DE LA CHAMBRE DE COMPRESSION D'UN CYLINDRE DU MOTEUR JUNKERS JUMO 211.

Il existe deux soupapes d'admission par cylindre, l'air frais commençant à pénétrer avant que la large soupape d'échappement soit refermée. Le cylindre se trouve ainsi refroidi sans gaspillage de combustible. L'essence est introduite par l'injecteur en jet étalé, les gouttelettes étant entraînées et réparties également dans le cylindre par le courant d'air d'admission. A la fin de la compression, l'étincelle à haute tension, jaillissant entre les bougies diamétralement opposées, provoque l'allumage du mélange gazeux. Quatre emplacements de bougies sont prévus par cylindre, deux seulement étant utilisés et-dessus.

a été plus loin encore en adoptant l'admission par tiroirs, chaque tiroir découvrant une fenêtre découpée sur un large secteur de cylindre. Telle est la série des Bristol « sans soupapes » dont les deux types répandus en 1942 sont le « Taurus » de 25,4 litres et de 1 150 ch à 3 000 t/mn et le « Hercules » de 38 litres et de 1 600 ch à 2 900 t/mn.

### Réduction de la traînée des radiateurs

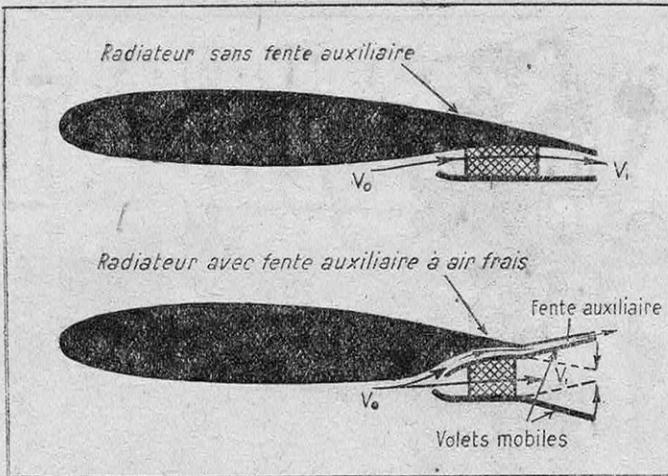
Avec le rétablissement de la puissance en altitude, le problème du radiateur dans les moteurs refroidis par liquide est devenu plus difficile, pour éviter que le gain en puissance ne soit absorbé par la résistance d'un radiateur largement dimensionné en conséquence et en raison de la raréfaction de l'air. Depuis 1940, les radiateurs sont tous du type à circulation ralentie. Le radiateur à circulation ralentie résulte de ce principe que la chaleur transmise à l'air par le radiateur augmente avec la vitesse, tandis que la résistance à l'air opposée par le radiateur ou « traînée » s'accroît avec le carré de cette vitesse. Le radiateur est donc monté dans un carénage qui y diminue la vitesse d'écoulement de l'air. Ce carénage comporte à l'avant une sorte de diffuseur et à l'arrière une sorte de cône ou de volets de fuite. La traînée du radiateur est réduite d'autant par le ralentissement de l'air de la vitesse  $V_0$  à la vitesse  $V_1$ , tandis que l'on compensera la ré-



T W 22030

FIG. 5. — SCHÉMA D'UN RADIATEUR A CIRCULATION D'AIR RALENTIE

Ce dispositif a pour avantage de diminuer la traînée du radiateur et de produire une propulsion par réaction qui neutralise en partie cette traînée.



T W 22028

FIG. 6. — RADIATEURS D'ALE DU CHASSEUR ALLEMAND MESSERSCHMITT 109

En haut, un radiateur d'aile sans fente auxiliaire; en bas, un radiateur à fente auxiliaire à air frais, utilisé dans les derniers modèles (F) du Me 109. Dans le premier cas, le passage de l'air est irrégulier, seule travaille dans de bonnes conditions la partie inférieure du radiateur, ce qui oblige à adopter un ralentissement

de la circulation d'air dans le rapport  $\frac{V_1}{V_0} = 0,08$ . Dans le second cas, la veine d'air frais accompagne l'air de refroidissement au départ de son parcours et le canalise. Le radiateur travaille tout entier, et on peut adopter un rapport  $\frac{V_1}{V_0}$  de 0,16, ce qui améliore le refroidissement sans qu'on atteigne une traînée notable.

duction d'échange de chaleur qui en résulte par un accroissement des dimensions du radiateur. Toutefois, le « ralentissement » ne doit pas être trop poussé sous peine d'amoin-drir trop considérablement la réfrigération. On mesure le ralentissement de l'air dans le radiateur par le rapport  $V_1 : V_0$  de la vitesse d'écoulement  $V_1$  de l'air dans le radiateur à la vitesse  $V_0$  de l'air extérieur. Des essais ont été récemment effectués pour déterminer la valeur optimum de ce ralentissement en fonction des différentes conditions de marche de l'avion; vitesse, altitude, palier, grimpée, etc... Les conditions les plus difficiles sont évidemment celles d'une grimpée sous grand angle. Même dans ce cas défavorable, on a calculé qu'à la vitesse de 400 km/h en grimpée, un « ralentissement » de 0,35 donne une traînée n'absorbant que 9 % de la puissance motrice.

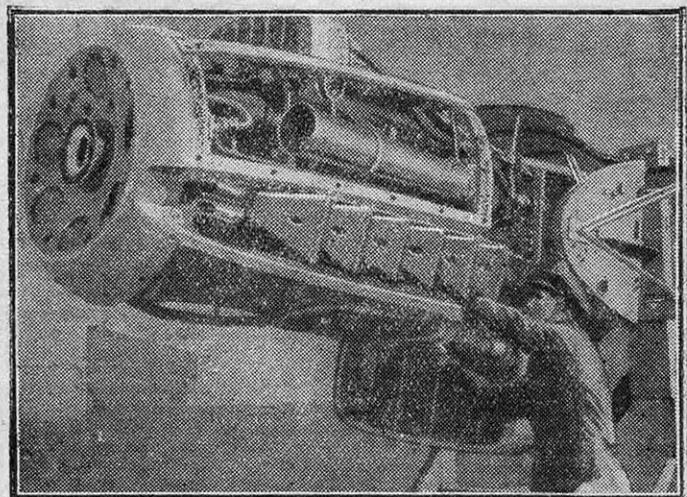
Le problème de la traînée du radiateur se complique, en outre, avec la température de fonctionnement du radiateur. L'air s'échauffe dans le radiateur et par suite se dilate; il sort du carénage avec une vitesse accrue par rapport à la vitesse d'entrée et de sortie qui correspondrait à un radiateur froid. Il en résulte, avec radiateur chaud, un effet propulsif non négligeable, puisqu'il peut arriver à annuler et même à dépasser la traînée du radiateur. D'après l'ingénieur allemand Gun-

ther Bock, l'effet propulsif annulant la traînée peut être atteint aux vitesses supérieures à 600 km/h, avec un « ralentissement »  $V_1 : V_0$  inférieur à 0,14. Aux hautes altitudes, en profitant des basses températures extérieures et en faisant fonctionner le radiateur « très chaud », on obtiendrait un effet propulsif avec un « ralentissement » inférieur à 0,2. On est loin des radiateurs à forte traînée de 1935-1939. Les avions stratosphériques de demain auront peut-être des radiateurs propulsifs. A ce propos, signalons la disposition du radiateur du Messerschmitt 109 F, moteur DB 601 N de 1300 ch. Cet avion, dit demi-stratosphérique, comprend deux radiateurs de forme aplatie logés dans les ailes et dont la circulation interne est améliorée au moyen d'une fente à air frais (fig. 6). Indiquons également la disposition des radiateurs du Westland « Whirlwind » (deux moteurs Rolls-Royce « Peregrine » de 880 ch), presque complètement encastrés dans les ailes, avec diffuseur constitué par une ouverture aménagée dans le bord d'attaque de l'aile, sur toute la longueur qui sépare les fuseaux moteurs du fuselage.

### L'échappement propulsif

En attendant les radiateurs « propulsifs », on a déjà réalisé les échappements propulsifs.

Depuis 1940, les échappements à l'air libre ou à tuyau simple sont abandonnés et on fait sortir les gaz d'échappement dans des tuyères à réaction, fournissant un supplément de propulsion non négligeable. A 600 km/h et



T W 22033

FIG. 7 — L'ÉCHAPPEMENT PROPULSIF DU MOTEUR DB. 601 DE L'AVION HEINKEL 111

On aperçoit au premier plan la rangée des six tuyères à réaction utilisant les gaz de l'échappement. La force de propulsion fournie par ces tuyères peut atteindre dans les conditions normales jusqu'à 13 % de celle fournie par l'hélice.

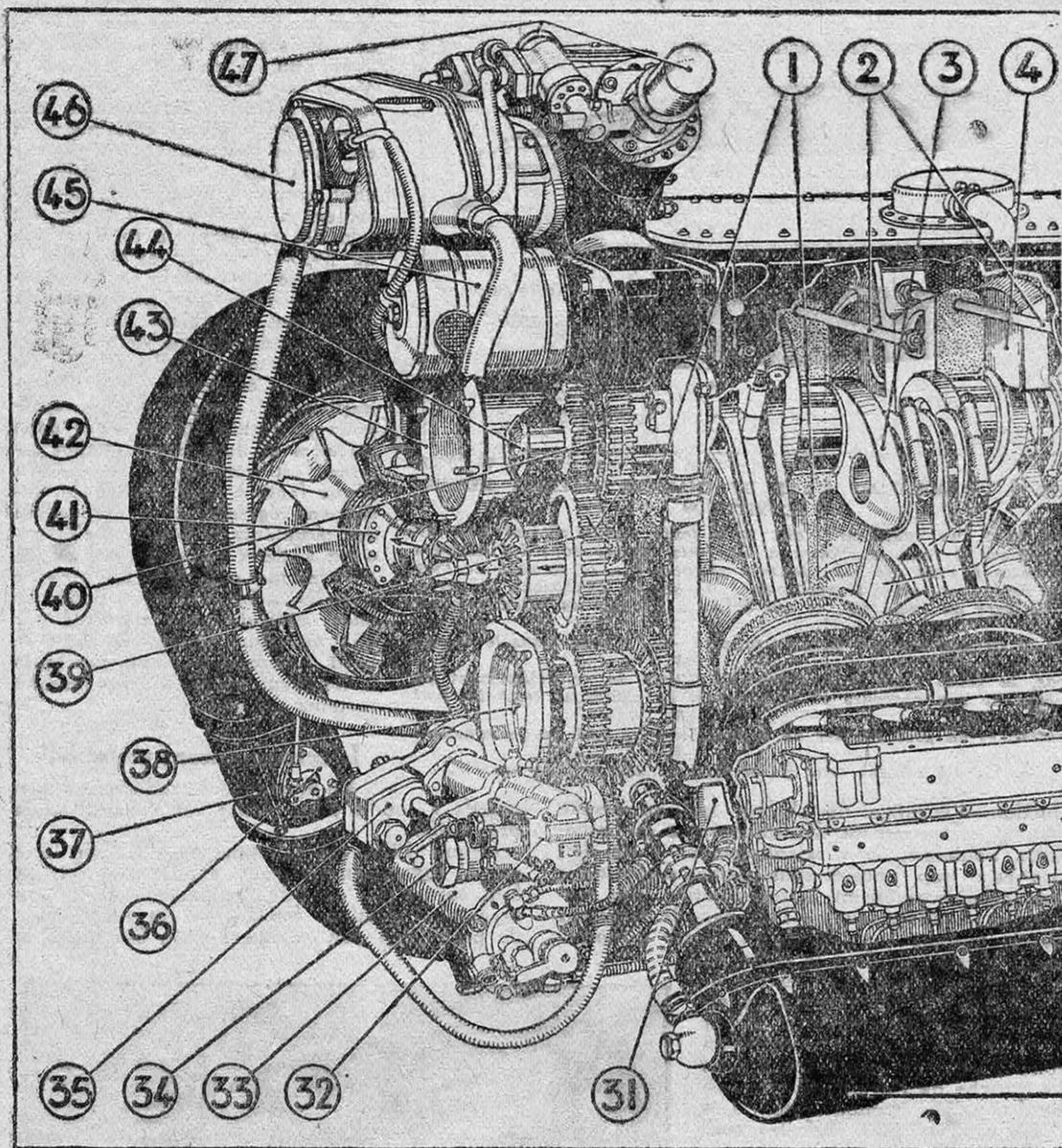
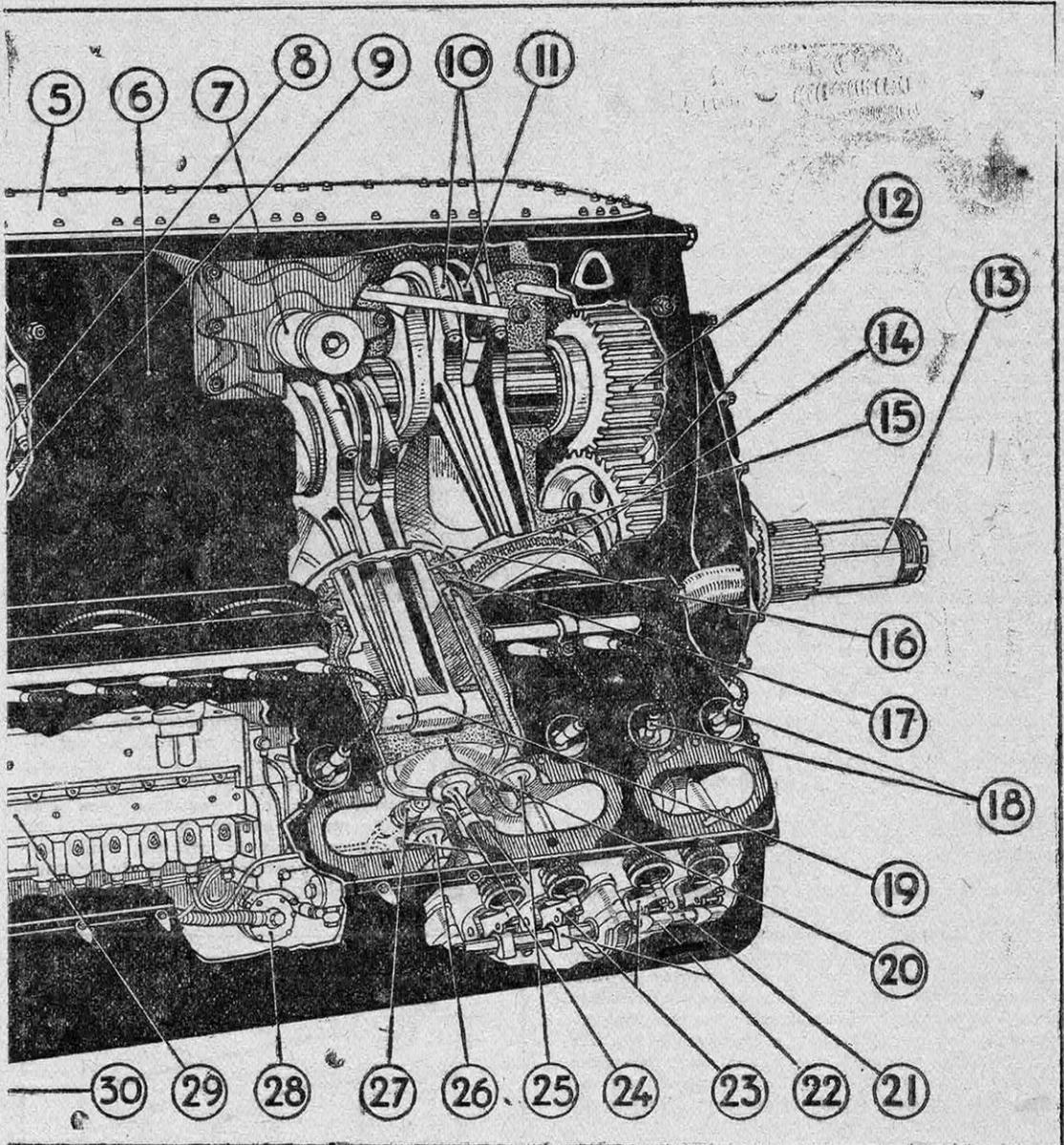


FIG. 8. — VOICI LE MOTEUR QUI ÉQUIPE LES AVIONS ALLEMANDS MESSERSCHMITT ME 109 F, MESSER-

Le Daimler-Benz DB 601 N est un des deux types de moteurs les plus répandus et actuellement construits en très grande série en Allemagne, le second étant le Junkers Jumo 211. Ce sont tous deux des moteurs à 12 cylindres inversés, disposés en V à 60° et refroidis par un liquide, mélange d'eau et d'éthylglycol; ils sont tous deux à injection directe du combustible dans les cylindres et ne possèdent donc pas de carburateur. D'après les chiffres publiés en Allemagne et ayant trait à des mesures faites en Angleterre sur des moteurs provenant d'avions abattus et remis en état de marche, les caractéristiques du DB 601 N seraient les suivantes : cylindrée totale 33,9 litres, longueur 1.715 mm, largeur 740 mm, poids en ordre de marche 730 kg, alésage des cylindres 150 mm, course des pistons 160 mm, puissance au décollage 1 050 ch à 2 500 t/mn. 1, paliers lisses en bronze au plomb (sept paliers au total supportant le vilebrequin); 2, barres transversales de renforcement des paliers; 3, vilebrequin à six manetons; 4, masse d'équilibrage dynamique (huit masses rivetées au total); 5, feuille légère de duralumin; 6, carter; 7, suspension élastique du moteur; 8, bielle double (six bielles doubles pour la moitié droite du moteur); 9, bielle simple (six bielles simples pour la partie gauche du moteur); 10, articulation de la bielle double sur le maneton du vilebrequin (triple roulement à billes); 11, articulation de la bielle simple sur la bielle double (articulation à glissement en bronze au plomb); 12, engrenages réducteurs de l'arbre porte-hélice (36 dents pour la roue supérieure, 56 dents pour la roue inférieure); 13, arbre porte-hélice; 14, bloc-moteur formant chemise d'eau et chambre de compression, portant les sièges de soupape, chambres d'admission et d'échappement, etc. pour la moitié droite du moteur; 15, chemise d'un cylindre emmanchée et vissée dans le bloc-moteur; 16, écrou annulaire se vissant sur la chemise et assurant sa fixation sur le carter du vilebrequin 17 (chaque bloc cylindre est ainsi assujéti par six écrous par l'intermédiaire des chemises; les écrous sont dentés pour faciliter leur serrage); 18, bougies (deux bougies par cylindre, diamétralement opposées à



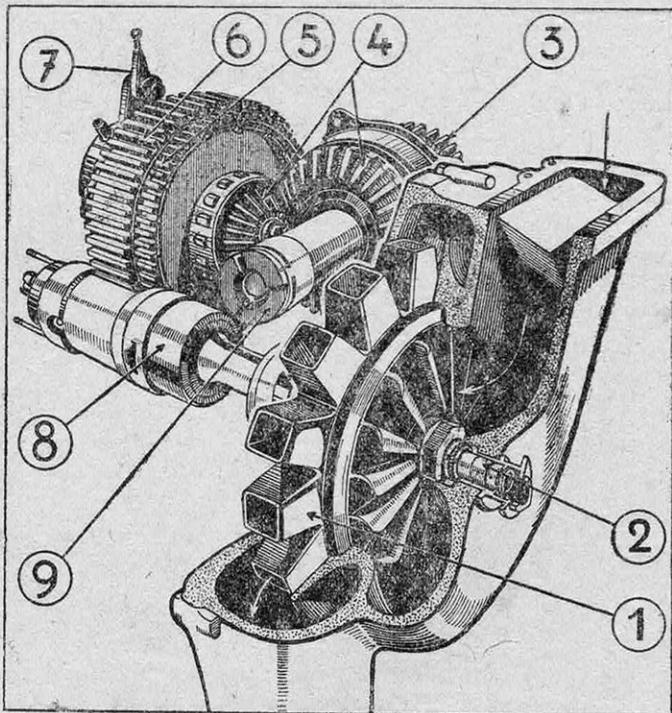
T W 22021

SCHMITT ME 110, HEINKEL 113 ET LE CHASSEUR ITALIEN MACCHI C 200 : LE DAIMLER-BENZ DB 601 N

l'orifice d'injection); 19, axe flottant à extrémités arrondies sur lequel la bielle s'appuie par une articulation à glissement en bronze phosphoreux; 20, piston à tête concave portant trois segments de compression et deux segments racleurs; 21, arbre à cames unique pour l'admission et l'échappement; 22, came actionnant successivement une soupape d'échappement et une soupape d'admission par l'intermédiaire du levier basculant 23; 24, sièges de soupapes rapportés; 25, ouïes d'échappement (deux par cylindre, stellitées, refroidies au sodium); 26, soupape d'admission (deux par cylindre); 27, injecteur; 28, désaérateur d'essence (placé entre la pompe d'alimentation et la pompe d'injection, il doit éliminer l'air entraîné pour assurer la constance rigoureuse de la quantité de combustible injecté); 29, pompe d'injection Bosch à douze pistons (logée sous le cylindre, entre les deux blocs-cylindres; la quantité de carburant débitée est réglée par un régulateur d'après la pression et la température dans le collecteur d'admission); 30, pompe de vidange d'huile (dans chaque carter d'arbre à cames); 31, pompe d'alimentation de l'accouplement hydraulique du compresseur; 32, pompes à combustible alimentant les pompes d'injection; 33, filtre d'huile; 34, arrivée d'huile; 35, commande des « gaz »; 36, clapet automatique; 37, collecteur d'admission pour l'alimentation des cylindres; 38, tube de passage du canon; 39, jeux d'engrenages entraînant le compresseur (la transmission du mouvement se fait suivant les flèches); 40, accouplement élastique; 41, accouplement hydraulique à vitesse variable du compresseur (la vitesse de rotation varie automatiquement avec la quantité d'huile fournie par une pompe commandée par une capsule barométrique, donc avec l'altitude de vol); 42, rotor du compresseur centrifuge à un étage (le rotor tourne à 24 000 t/mn pour 2 400 t du vilebrequin, à l'altitude et à la puissance nominales); 43, emplacement du démarreur; 44, accouplement à griffes du démarreur; 45, génératrice; 46, magnéto et distributeur; 47, dispositif de synchronisation des mitrailleuses de capot tirant à travers l'hélice.

FIG. 9. — LE COMPRESSEUR CENTRIFUGE A DEUX VITESSES DU JUNKERS JUMO 211

Le rotor (1) du compresseur est calé sur un arbre (2) à angle droit avec l'axe du moteur. Le mouvement est transmis depuis cet arbre principal du moteur par des jeux d'engrenages (3), puis par des pignons coniques (4) à un arbre intermédiaire portant deux roues dentées (5 et 6) correspondant aux deux vitesses et constamment en prise avec les engrenages portés par l'arbre du rotor. Elles sont normalement folles sur leur arbre, la plus petite étant cependant entraînée par l'intermédiaire d'un dispositif de roue libre. A haute altitude (au-dessus de 2500 m par exemple), lorsqu'il devient nécessaire d'utiliser la grande vitesse du compresseur, un levier (7) permet, grâce à un embrayage à lamelles, de rendre la plus grande roue dentée solidaire de l'arbre qui la porte, le dispositif de roue libre libérant alors la plus petite roue. Ainsi se trouve entraîné, soit par l'une, soit par l'autre roue, l'arbre qui porte le rotor du compresseur. Sur lui se trouve un dispositif de sécurité constitué par un embrayage centrifuge (8) évitant tout emballement, en particulier dans les piqués. En (9) est prévu l'accouplement à griffes du démarreur.



au sol, des tuyères à réaction du type DB 601 fournissent déjà 13 % de la propulsion développée par le moteur sur l'hélice. A 900 km/h et à haute altitude, ce serait 20 %.

### L'utilisation des gaz d'échappement pour actionner un turbo-compresseur

Les compresseurs attelés sur le moteur absorbent une fraction de puissance, qui s'accroît considérablement avec l'altitude. Ainsi, pour un compresseur attelé qui devrait fournir 1,3 atm et rétablir à l'altitude de 10 000 mètres, la puissance absorbée par le compresseur atteindrait 30 % de la puissance fournie par le moteur, soit 300 ch sur 1 000 ch. Le compresseur attelé est donc de mauvais rendement aux altitudes élevées. Aussi tend-il à être remplacé par un turbo-compresseur, dans lequel la puissance de compression est demandée aux gaz d'échappement.

Le turbo-compresseur actionné par les gaz d'échappement — dont l'idée remonte à l'ingénieur français Rateau au cours de la guerre 1914-1918 — n'a encore été réalisé aux Etats-Unis que par Wright et appliqué en 1941 sur les « Forteresses volantes » semi-stratosphériques. Il est en cours de mise au point en Allemagne.

La grosse difficulté provient de la température très élevée des gaz d'échappement des moteurs modernes. Alors qu'une turbine à vapeur fait travailler des gaz dont la température ne dépasse guère 400° C, une pareille turbine à gaz devrait fonctionner sous des températures de 800 à 1 000° et les métaux actuels résisteraient mal à de pareilles températures (1). Aussi la turbine elle-même et surtout ses aubages moteurs doivent-ils être, dans l'état actuel, très considérablement refroidis au moyen de jets

d'air frais ramenant la température des gaz injectés à 550° environ. Cet afflux d'air de refroidissement nuit évidemment au rendement qui tombe aux environs de 15 à 18 %. Pour compenser le refroidissement nécessaire des gaz d'échappement, on a essayé d'accroître leur pression à l'arrivée dans la turbine, mais cet artifice réagit sur le fonctionnement du moteur lui-même. Une relation difficile s'établit entre

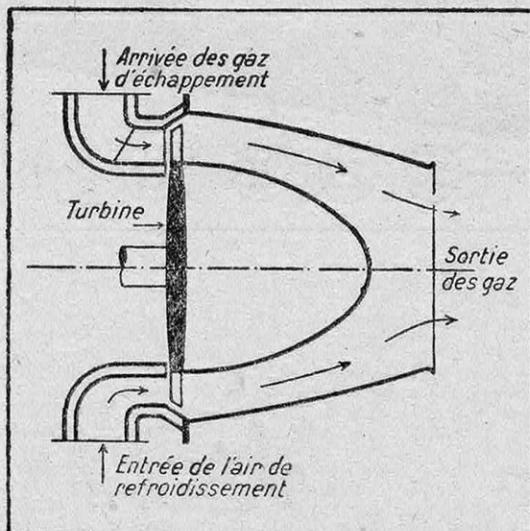
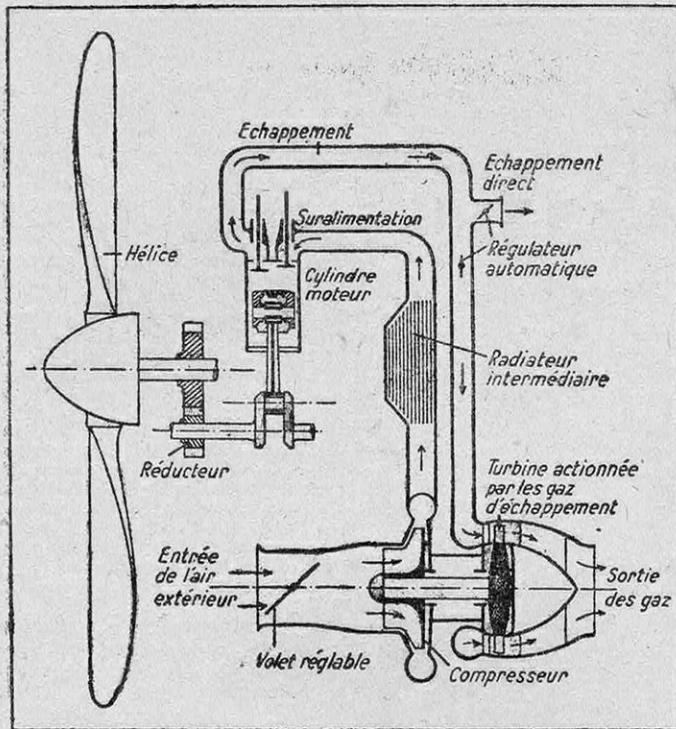


FIG. 10. — SCHÉMA D'UN TURBO-COMPRESSEUR A REFROIDISSEMENT D'AIR

La solution adoptée ici consiste à refroidir, non pas les gaz admis dans la turbine par une addition d'air froid, mais les aubages de la turbine qui à chaque tour passent alternativement dans le jet de gaz chaud, puis dans le jet d'air froid.

(1) Lire : « La turbine à gaz », dans *La Science et la Vie*, de juillet 1941.



T W 22031

FIG. 11. — SCHEMA D'UN TURBO-COMPRESSEUR A GAZ D'ÉCHAPPEMENT  
Le compresseur représenté sur la figure ci-dessus est à un étage. L'air extérieur est comprimé, refroidi dans un radiateur, puis va alimenter les cylindres. Une portion réglable des gaz d'échappement va se détendre dans une turbine qui entraîne l'arbre du compresseur.

le fonctionnement d'un moteur poussé à régime rapide et le débit de ses gaz d'échappement sortant à une température et à une pression plus ou moins bien adaptées au fonctionnement d'une turbine. Les turbines d'échappement déjà utilisées en Amérique et essayées en Allemagne (DVL) comportent une prise d'air.

### Turbines ou tuyères propulsives?

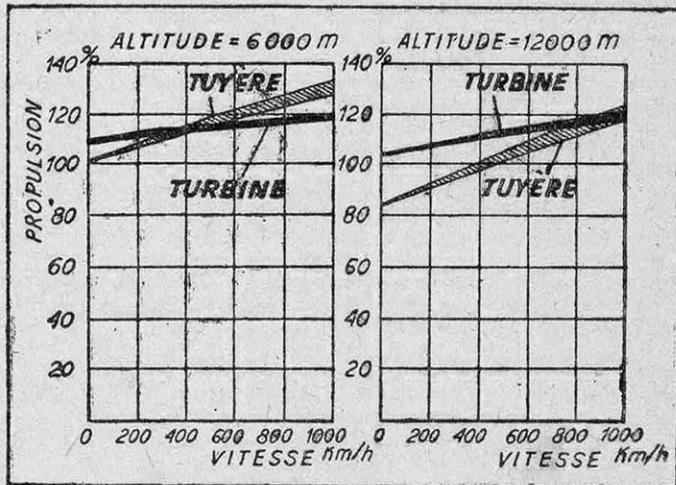
Est-il plus avantageux d'utiliser l'énergie des gaz d'échappement dans une turbine actionnant un compresseur de suralimentation ou bien directement sur des tuyères propulsives, le moteur restant suralimenté par un compresseur attelé? La question a été étudiée en Allemagne à l'Institut D.V.L. et la réponse est donnée par le diagramme ci-contre (fig. 12). Elle dépend essentiellement du fonctionnement des installations. Le calcul montre que, théoriquement, la turbine est presque toujours plus avantageuse aux très hautes altitudes (12 000 mètres) et que les tuyères sont préférables aux moyennes altitudes (6 000 mètres) dès que la vitesse dépasse 500 à 600 km à l'heure; l'avantage serait sensible à 800 km/h et plus.

En conclusion, avec le développement de la vitesse et de l'altitude, le moteur d'aviation qui paraissait fixé dans un type devenu classique de moteur à compresseur attelé s'orienterait donc vers une combinaison « cylindres moteurs-turbine d'échappement-tuyères propulsives ».

### Le tandem : moteur-turbine à gaz d'échappement

Parallèlement aux réalisations de turbo-compresseurs d'échappement (réalisées en Amérique et en Allemagne), examinons l'intéressant essai obtenu en Suisse par le constructeur de moteurs Diesel, Robert Sulzer, de Winterthur.

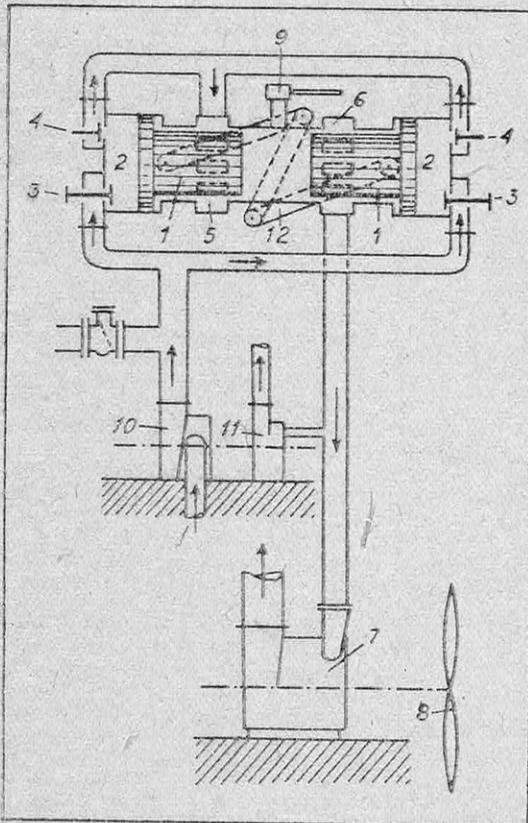
Sulzer vient de réaliser expérimentalement un Diesel deux temps à pistons opposés dans le même cylindre et inspiré du Diesel Junkers Jumo 205 de 1935. Le cylindre Sulzer (de 3,3 l de cylindrée unitaire) fournit, au régime de 1 500 tours/mn, une puissance atteignant 60 ch par litre, grâce à une suralimentation poussée. Alors que les moteurs à quatre temps à injection d'essence se limitent à la pression de suralimentation de 1,4 atm, le deux temps Sulzer opère avec des pressions de suralimentation de 5 et 6 atm. Le compresseur Sulzer est constitué, comme chez Junkers, par les fonds



T W 22022

FIG. 12. — GAIN DE PUISSANCE PROPULSIVE OBTENUE EN UTILISANT LES GAZ D'ÉCHAPPEMENT DANS UNE TURBINE OU DANS UNE TUYÈRE

La puissance du moteur non suralimenté a été prise comme référence avec le coefficient 100. L'ordonnée représente par rapport à cette référence la puissance totale de propulsion obtenue avec le moteur dont les gaz d'échappement sont utilisés soit dans une turbine, soit dans une tuyère. Dans le cas de la tuyère, le compresseur est attelé sur l'arbre du moteur et la tuyère est propulsive. On voit que pour l'altitude 6 000 m (courbes de gauche) la turbine procure un gain de 10 à 20 %. A partir de 600 km/h la tuyère devient plus avantageuse avec un gain de puissance qui dépasse 20 %. Pour l'altitude 12 000 m (courbes de droite) la turbine est toujours plus avantageuse que la tuyère jusqu'à la vitesse de 1 000 km/h. Les tuyères sont surtout intéressantes pour des avions très rapides.



T W 22023

des pistons eux-mêmes et le carter; l'énergie du compresseur est donc directement demandée aux pistons moteurs. D'autre part, Sulzer a monté directement une turbine à gaz d'échappement sur l'arbre-manivelle. Cette turbine est par suite promue du rôle auxiliaire de compresseur à celui de moteur principal.

Les premiers résultats obtenus par Sulzer seraient les suivants :

1° Lorsque la pression de suralimentation fournie par le compresseur (cylindres moteurs) est comprise entre  $1,5 \text{ kg/cm}^2$  et  $5 \text{ kg/cm}^2$ , la puissance absorbée par le compresseur est compensée par la puissance recueillie par la turbine, et le Diesel fonctionne avec la totalité de l'accroissement de puissance dû à la suralimentation;

2° Lorsque la pression de suralimentation atteint  $6 \text{ kg/cm}^2$ , la puissance absorbée par le compresseur correspond complètement à celle des pistons du Diesel, et l'énergie propulsive recueillie sur l'hélice n'est plus fournie que par la turbine seulement.

Dès lors, à partir de  $6 \text{ kg/cm}^2$ , il semble qu'il y aurait intérêt à débrayer la turbine du Diesel. La turbine actionnerait seule l'hélice, et le Diesel deux temps fonctionnerait au bénéfice de cette turbine motrice comme un générateur de gaz chauds à pistons libres du type Pescara.

Ce qui est intéressant dans ce générateur à

FIG. 13. — SCHÉMA D'UN MOTEUR DIESEL DEUX TEMPS A PISTONS LIBRES FONCTIONNANT COMME GÉNÉRATEUR DE GAZ (SULZER)

La poussée développée dans les cylindres du moteur par les gaz de l'explosion est utilisée directement sur la deuxième face (2) de chaque piston (1) pour comprimer de l'air. Pendant le temps qui suit l'explosion, les deux pistons s'écartent, les soupapes d'admission (3) se ferment, les soupapes de refoulement (4) s'ouvrent pour laisser passer une partie de l'air comprimé. Cet air sous pression est introduit dans le cylindre par la tuyère d'injection (5) qui se trouve démasquée par le piston. Il balaye le cylindre et se mélange en partie aux gaz brûlés qui s'échappent par les lumières (6). Le mélange d'air comprimé et de gaz brûlés est à température convenable pour actionner la turbine motrice (7) entraînant l'hélice (8). L'air comprimé demeuré dans le compresseur lance alors les deux pistons l'un vers l'autre, mouvement qui continue ensuite par inertie. La soupape (4) se ferme, la soupape (3) s'ouvre pour laisser entrer de l'air frais. L'air qui est resté dans le cylindre du moteur brûle le combustible injecté par la tuyère (9). C'est alors l'explosion qui marque le début d'un nouveau cycle. Un compresseur préliminaire (10) mû par une petite turbine auxiliaire (11) est adjoind à l'appareil. Les deux pistons sont synchronisés par l'embiellage (12).

pistons libres, c'est le fait que les gaz d'échappement sont fournis à une température régulière stabilisée de  $500^\circ \text{C}$ . Ces gaz sont donc beaucoup mieux utilisables dans une turbine que ceux actuellement fournis par les moteurs à explosions à quatre temps, dont la température est de l'ordre de  $900$  à  $1000^\circ$ . Rappelons que le rendement des turbines refroidies utilisant des gaz à  $1000^\circ$  tombe à moins de 18 %. Avec une turbine fonctionnant à  $500^\circ$ , avec alimentation au moyen d'un générateur à pistons libres fournissant des gaz à  $400$  et  $500^\circ$ , mais à une pression plus élevée, le rendement passerait à 35 et 40 % environ.

### Du moteur à explosions à la propulsion par réaction

Du moteur à explosions à turbo-compresseur actionné par les gaz d'échappement, nous voici donc sur la route de la turbine à gaz.

On pourrait même aller encore plus loin : supprimer la turbine à gaz et utiliser directement les gaz d'échappement fournis par le Diesel « deux temps » dans des tuyères à réaction. On aboutirait ainsi à la propulsion par réaction dans de meilleures conditions, semble-t-il, que celles réalisées en Italie par l'avion à réaction Caproni Campini (1) et plus récemment en Allemagne par Heinkel. Tel paraît l'avenir du Diesel d'aviation. Trop distancé par le moteur à explosions à quatre temps à injection d'essence, il paraît possible de lui trouver une revanche dans la formule deux temps en l'associant avec une turbine à gaz propulsive, ou même en le transformant purement et simplement en générateur de gaz pour tuyères à réaction.

Pierre DUBLANC.

(1) Lire : « Les nouveaux avions de combat », dans *La Science et la Vie*, n° 296, avril 1942.

# LA RADIOGRAPHIE MICROSCOPIQUE ET SES APPLICATIONS EN BIOLOGIE ET EN METALLURGIE

par J.-J. TRILLAT

Professeur à la Faculté des Sciences de Besançon

*L'explication des propriétés de la matière, vivante ou inerte, doit être cherchée dans la structure de ses constituants élémentaires (atomes, molécules, cristallites, cellules, etc.); aussi chaque nouvelle méthode d'exploration du domaine microscopique et ultramicroscopique trouve-t-elle des applications nombreuses aussi bien en biologie qu'en physique. L'une de ces techniques inédites, la microradiographie, vient d'être mise au point. La radiographie classique, qui enregistre des ombres portées sur une plaque, paraissait condamnée à n'étudier jamais que des objets d'assez grandes dimensions (corps humain, pièces de machines). Mais depuis que les progrès de la fabrication des émulsions photographiques ont permis la réalisation de plaques à grain extrêmement fin, et qui peuvent être agrandies plusieurs centaines de fois, on peut radiographier des objets dont les dimensions sont de l'ordre de quelques microns. Un choix judicieux des longueurs d'ondes des rayons X employés permet ainsi de connaître la répartition de certains éléments (carbone, soufre) dans la cellule vivante et nous renseigne sur son fonctionnement. De même la microradiographie sépare les constituants d'un alliage métallique, permet de suivre les modifications que les traitements métallurgiques font subir à cet alliage et révèle les défauts intimes de la masse métallique.*

**L**a découverte des rayons X par Röntgen a été l'origine d'applications de la plus haute importance, parmi lesquelles la radiographie occupe une place de choix. Nul n'ignore les renseignements essentiels que cette technique nouvelle a apportés dans le domaine médical; plus récemment la radiographie a été utilisée avec un succès croissant dans le domaine industriel, et l'on peut même dire qu'à l'heure actuelle, le développement de la radiologie industrielle (1) — ou macro-radiologie — a surpassé celui de la radiologie médicale.

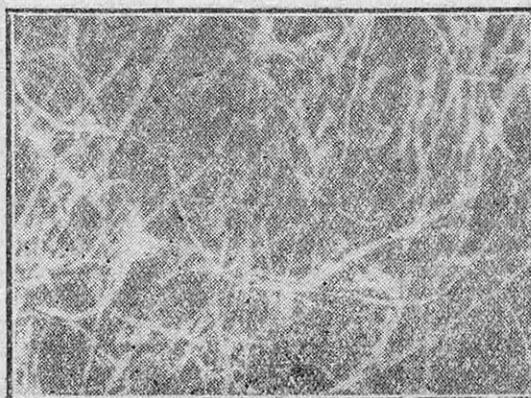
Toutefois, la macro-radiologie ne permet d'explorer que des zones étendues de l'objet irradié; le cliché obtenu reproduit, avec un agrandissement plus ou moins accusé, la structure d'une région ayant toujours une surface assez considérable. Ce procédé d'investigation est extrêmement précieux, car il permet de situer la position ou les altérations d'organes, la

présence de soufflures, retassures, inclusions, hétérogénéités, etc..., mais il ne donne aucune indication sur la structure fine de l'objet examiné, dont la connaissance peut cependant être intéressante.

Il apparaît donc comme particulièrement utile de compléter les résultats fournis par la macroradiographie — ou étude de grandes surfaces — par l'examen microradiographique de très petits éléments de surface. C'est de ce besoin qu'est née la technique de la microradiographie, dont les premières applications, d'ordre surtout biologique (historiographie), se sont ensuite orientées vers la métallurgie.

## Le principe de la microradiographie

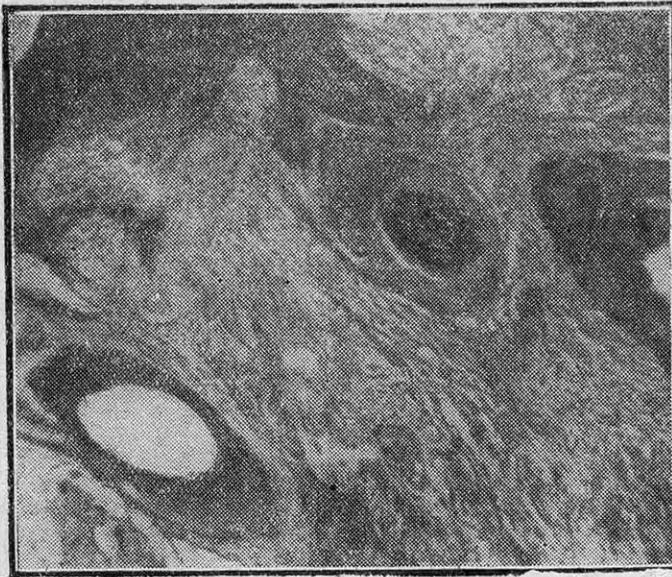
Le principe de la microradiographie consiste essentiellement à radiographier un objet hétérogène de très petite dimension et à agrandir ensuite l'image obtenue. L'idée première en revient à P. Goby qui, dès 1913, signalait « que cette



T W 22036  
FIG. 1. — MICRORADIOGRAPHIE D'UNE FEUILLE DE PAPIER A CIGARETTES

Les fibres de cellulose qui constituent la trame du papier apparaissent en blanc sur le fond noir. Le grossissement est d'environ 110. (Lamarque.)

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 200 fév. 1934.



T W 22042

FIG. 2. — HISTORADIOGRAPHIE D'UNE COUPE DE PEAU (DERME ET ÉPIDERME)

*L'épiderme apparaît plus sombre sur le cliché. On aperçoit un bulbe pileux en coupe dans le derme. (Lamarque.)*

application nouvelle des rayons X permettait d'analyser la structure interne de tous les objets qui, tributaires du microscope par leur petitesse, lui échappaient par leur opacité. »

Pratiquement l'objet à examiner est réduit à une épaisseur très faible (de l'ordre de quelques microns ou de quelques centièmes de mm); la préparation est disposée au contact de l'émulsion photographique, et l'ensemble est irradié par des rayons X de longueur d'onde convenablement choisie, la radiographie étant ensuite agrandie.

On peut se demander quel intérêt présente un tel examen, étant donnés les résultats auxquels permet d'arriver la technique microscopique actuellement si perfectionnée. Pour cela, il convient de se rappeler que les propriétés des rayons X sont bien différentes de celles de la lumière visible ou ultra-violette; en effet, étant donné leur pouvoir de pénétration à travers les corps opaques, ils permettent tout d'abord de « voir » au travers des objets que la lumière ordinaire ne pourrait pas traverser.

Mais, de plus, pour une longueur d'onde donnée des rayons X, l'opacité d'une certaine épaisseur de matière, mesurée par son coefficient d'absorption, varie avec la nature des éléments rencontrés. Le coefficient d'absorption est en effet une propriété atomique et ne dépend pas de l'état physique ou chimique de la matière qui sert d'écran; sa caractéristique essentielle est d'augmenter très rapidement avec le numéro atomique des éléments, le plomb étant ainsi

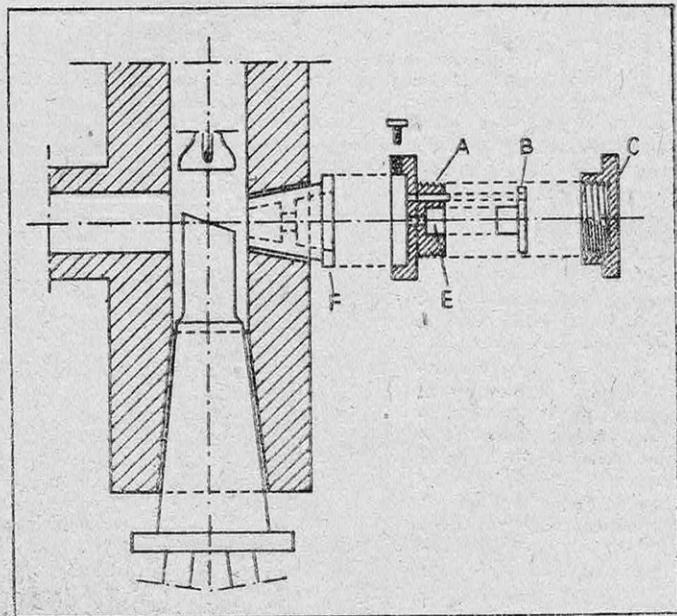
beaucoup plus opaque que le fer et celui-ci que l'aluminium.

Il existe donc une relation étroite entre le noircissement des grains d'argent et la nature des diverses parties de l'objet traversées par les rayons X. Autrement dit, il est ainsi possible de discriminer la présence et la répartition d'impuretés ou d'hétérogénéités qui, du point de vue optique, seraient indiscernables; ces remarques sont essentielles, car elles montrent que les renseignements tirés de la microradiographie seront tout autres que ceux donnés par le microscope; ils devront être interprétés d'une façon différente et nécessitant un certain entraînement. Bien entendu, ces renseignements ne prendront toute leur valeur qu'à la condition de les comparer et de les superposer à ceux fournis par les méthodes microscopiques habituelles (micrographie par exemple).

Ces principes généraux étant rappelés — et ils ne diffèrent pas de ceux de la radiographie ordinaire — il est nécessaire de remarquer maintenant que la microradiographie se heurte à plusieurs difficultés dues à son

principe même.

Ces difficultés sont surtout au nombre de deux, et proviennent de la structure de l'émulsion photographique et de la préparation des échantillons à examiner.



T W 32040

FIG. 3. — COUPE SCHEMATIQUE D'UN TUBE DÉMONTABLE POUR LA MICRORADIOGRAPHIE DES ALLIAGES MÉTALLIQUES

Le tube de production des rayons X est représenté à gauche de la figure. Les rayons X sortent du tube par la fenêtre F, dans laquelle s'emboîte la camera à microradiographie. L'échantillon à examiner est disposé dans le fond de la cupule E (pièce A). Le film est énergiquement serré contre lui grâce au bouchon B en laiton et à la pièce de serrage C.

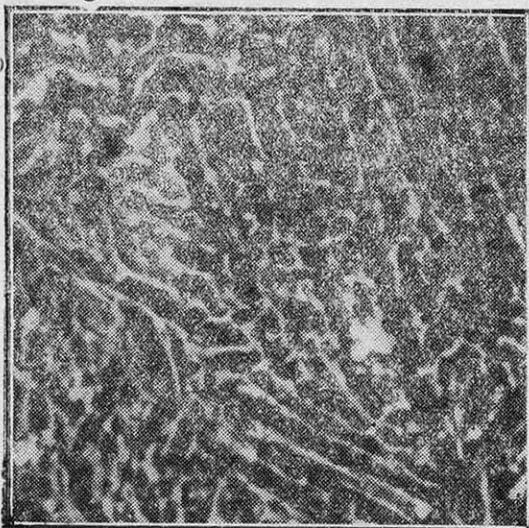
### Des émulsions de grain ultra-microscopique

L'émulsion photographique doit nécessairement comporter un grain extrêmement fin. En effet, la minuscule radiographie obtenue — dont la surface est de l'ordre de quelques millimètres carrés — doit pouvoir être examinée au microscope avec un fort grossissement et photographiée sans que le grain apparaisse sur la photographie sous peine de rendre impossible l'interprétation du cliché.

Dans ses premiers travaux, P. Goby avait déjà signalé que la microradiographie ne pouvait être réalisée avec les plaques ordinaires au gélatino-bromure d'argent, et qu'une émulsion à grain très fin s'imposait, le petit objet à étudier étant placé en contact direct avec la couche sensible et à l'abri de toute lumière actinique.

Cet auteur, avec les émulsions dont il disposait à cette époque, avait déjà obtenu des radiographies d'insectes, de fossiles et de minéraux, mais sans pouvoir dépasser des grossissements de quelques dizaines de diamètres.

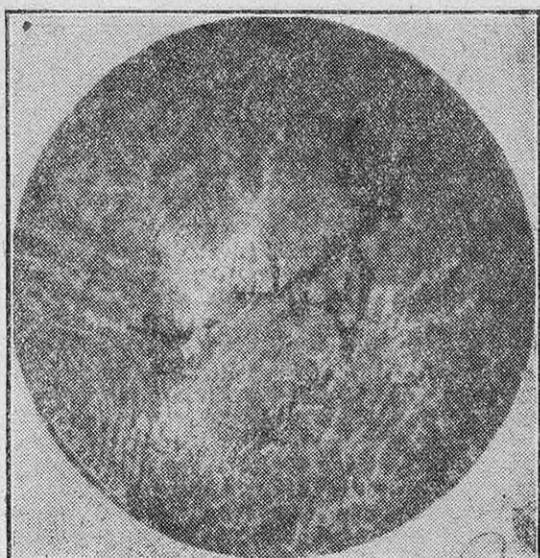
Plus récemment (1930), A. Dauvillier a résolu partiellement le problème en utilisant des émulsions colloïdales comme celles de Taupenot ou de Goldberg, ou mieux, des émulsions semblables à celles que Lippmann utilisait pour la photographie interférentielle. Ces émulsions sont environ 1 000 fois moins sensibles aux rayons X que les plaques du commerce à gros grains. Ce procédé a permis à Dauvillier d'obtenir des grossissements de l'ordre de 600.



T W 22037

FIG. 4. — MICRORADIOGRAPHIE D'UN ALLIAGE DE MAGNÉSIMUM CONTENANT DIVERSES ADDITIONS, EN PARTICULIER DU MANGANÈSE

Sur ce cliché (pose 8 minutes, tension 20 000 V), les parties claires correspondent aux régions de forte absorption (éléments lourds), les parties noires au magnésium. L'étude préalable et systématique de la variation de teneur en manganèse (sur un alliage magnésium-manganèse témoin) a montré que celui-ci apparaissait sur des radiographies sous la forme de taches circulaires irrégulièrement réparties. On peut en conclure, dans l'alliage ci-dessus, que ce sont les additions autres que le manganèse qui se disposent en traînées formant un réseau entourant les cristaux de magnésium.



T W 22038

FIG. 5. — DES FÊLURES MICROSCOPIQUES DÉCELÉES DANS UN ALLIAGE DE CUIVRE ET D'ALUMINIUM

Les espaces vides, transparents aux rayons X, se sont inscrits en noir : ce sont des fêlures de la masse métallique. Le cuivre, opaque, s'inscrit en taches claires. L'examen de cette radiographie permet de conclure que le cuivre est localisé à la surface des cristaux d'aluminium.

La préparation au laboratoire de telles émulsions est très délicate; toutefois l'industrie a réussi récemment à surmonter ces difficultés et l'on trouve actuellement dans le commerce des films « Lippmann » parfaitement adaptés aux conditions exigées (Kodak-Pathé).

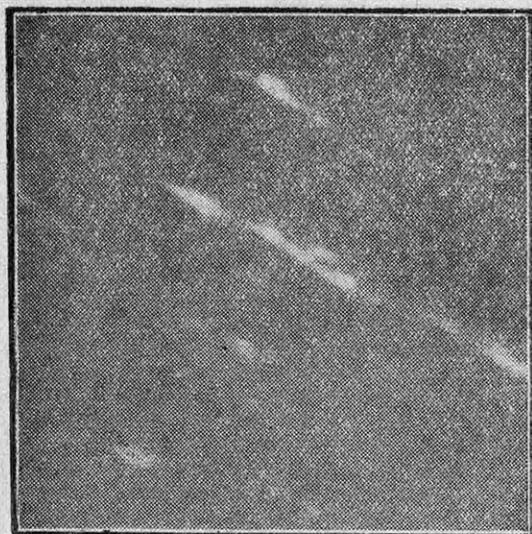
Ces films, dans lesquels la couche émulsionnée n'est pas visible, possèdent un grain extrêmement fin, qui ne commence à être gênant qu'au-dessus de 600 diamètres; par contre, leur sensibilité est environ 200 fois moindre que celle des émulsions radiographiques courantes. Leur développement est extrêmement simple, et ne nécessite qu'un peu de soin pour éviter la présence de poussières, particulièrement au cours du séchage.

L'emploi de ces films a permis à P. Lamarque dans le domaine biologique, et à F. Fournier dans le domaine métallurgique d'obtenir des microradiographies d'un grand intérêt.

### La préparation des échantillons

Tandis que dans l'étude des tissus, les coupes histologiques sont relativement aisées à préparer sous une épaisseur de l'ordre de 1 à 5 microns, il n'en est pas de même pour les examens des métaux. Il est, en effet, obligatoire de n'employer que des échantillons extrêmement minces et d'épaisseur constante, de 1 à 5/100 de mm au plus si l'on veut éviter les superpositions de l'image et le flou qui en résulte. D'autre part, le métal doit être travaillé de façon à éviter tout échauffement susceptible de modifier sa structure.

Le procédé qui en général donne le meilleur résultat consiste à découper dans l'objet métallique une plaquette de 15 mm × 10 mm environ, et d'épaisseur 1 mm. La plaquette est fixée dans un étau à main et ramenée à l'aide



T W 22039

FIG. 6. — EXAMEN D'UN ALLIAGE ALUMINIUM-ZINC-MAGNÉSIUM RENFERMANT DE PETITES QUANTITÉS D'AUTRES MÉTAUX (CUIVRE, FER, SILICIUM)

La microradiographie d'une telle éprouvette (grossissement 410) montre la répartition des éléments lourds qui apparaissent sous forme de bandes claires. Cette stratification provient du travail mécanique.

d'une lime assez grosse à une épaisseur de 0,5 mm environ; ce travail doit être effectué lentement et au besoin en refroidissant, pour éviter l'échauffement du métal. L'emploi de la machine Jaudouin (disque de tôle baignant dans une pâte à l'émeri), simplifie considérablement ces manipulations, et permet d'obtenir en une fois des échantillons d'épaisseur inférieure au millimètre, même à partir d'objets en acier extra-dur.

## L'appareillage et le choix des longueurs d'onde

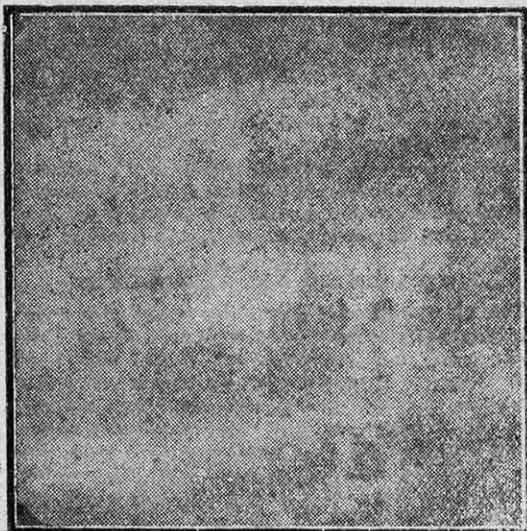
Le but de l'examen microradiographique consiste essentiellement en la différenciation des éléments chimiques ou des hétérogénéités chimiques ou physiques existant dans l'échantillon. Ce problème ne peut être résolu que par un emploi judicieux des longueurs d'onde des rayons X.

Ainsi, dans le cas de coupes organiques minces, et avec des rayons X excités sous des tensions de 3 à 5 kV, l'oxygène apparaît déjà beaucoup plus absorbant que le carbone, et quelques centièmes de soufre dans la coupe la rendent opaque, d'où la possibilité de déceler le squelette minéral des cellules normales ou pathologiques (A. Dauvillier).

Un certain nombre d'applications ont été ainsi réalisées par l'auteur de ces lignes et ses collaborateurs, dans le cas de produits se présentant sous forme de lames ou feuilles minces, et qui peuvent présenter un intérêt pratique dans un certain nombre d'industries. Citons par exemple l'étude de la structure des papiers en relation avec leur fabrication et leur identification (fig. 1), l'examen de pellicules de vernis ou de caoutchouc, l'étude de la répartition des charges minérales, l'étude de l'émulsion photographique (le bromure d'argent est très absorbant vis-à-vis du support) et des processus de développement et de fixation, etc...

De son côté, P. Lamarque, utilisant des rayons X de 6 à 10 Angströms, a réussi à obtenir, grâce à un appareillage ingénieux, des microradiographies d'un grand intérêt et qui laissent entrevoir de nombreuses possibilités pour le développement de cette nouvelle technique, appelée par lui « historadiographie » (fig. 2).

Toutefois, pour l'étude d'échantillons métalliques, il n'est pas nécessaire d'utiliser des longueurs d'onde X aussi grandes; en effet,



T W 22040



T W 22044

FIG. 7. — EFFET DE LA TREMPÉ SUR UN ALLIAGE ALUMINIUM-ZINC-MAGNÉSIUM

A gauche, avant la trempe, les éléments lourds sont disposés en stratifications, bien que les contrastes ne soient plus aussi grands que dans le métal initial (fig. 6). La plus grande partie du zinc et du cuivre est précipitée sous forme de grains fins et uniformément répartis. A droite, après trempe, les éléments lourds sont passés en solution solide et le métal ne présente plus d'hétérogénéité chimique microscopique. Après le revenu, les éléments lourds précipiteraient de nouveau.

L'absorption est, en général, beaucoup plus élevée dans ce cas que pour les éléments légers constituant les tissus organiques. Le problème de l'appareillage se trouve du même coup simplifié, puisqu'il devient inutile de produire des rayons X mous, très absorbables par l'air et la fenêtre de sortie du tube; on sait que de tels rayons nécessitent l'emploi de dispositifs spéciaux pour éviter cette absorption (chambres photographiques fonctionnant dans le vide par exemple). On utilise alors suivant les cas un rayonnement émis par des anticathodes de chrome, fer, cobalt et cuivre sous des tensions constantes de l'ordre de 10 à 20 kilovolts. La nature du rayonnement doit naturellement être choisie en fonction de la composition de l'échantillon de façon à accentuer les contrastes par une absorption préférentielle; la connaissance des valeurs des discontinuités critiques d'absorption permet de réaliser facilement le choix de la radiation.

La pose terminée, le film est développé, fixé, lavé et séché, à l'abri de toute poussière.

### Les applications de la microradiographie à la métallurgie

Les propriétés mécaniques d'un alliage (dureté, résilience, etc.) dépendent non seulement des proportions des constituants de l'alliage, mais encore de leur répartition dans le mélange, des dimensions des cristaux, etc. Cette structure varie considérablement avec les traitements que l'on fait subir à l'alliage. Lamine-t-on la masse métallique, celle-ci prend une structure stratifiée, si on l'étire on voit des fibres se former, etc. Les traitements thermiques (trempe, revenu) modifient la grosseur des cristaux et l'alliage prend tantôt la forme d'un agglomérat de cristaux relativement grands, tantôt la forme d'une solution solide où les cristallites sont

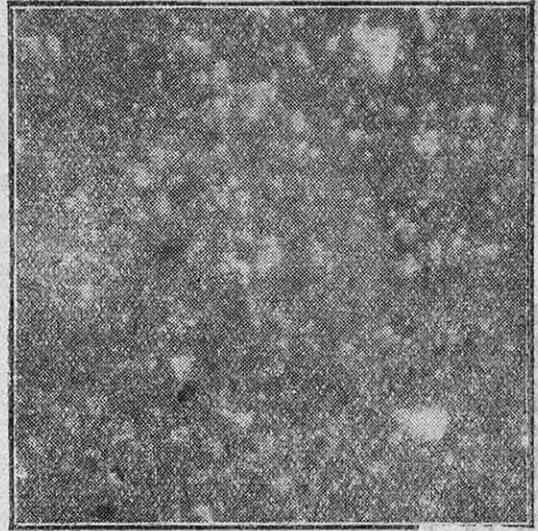
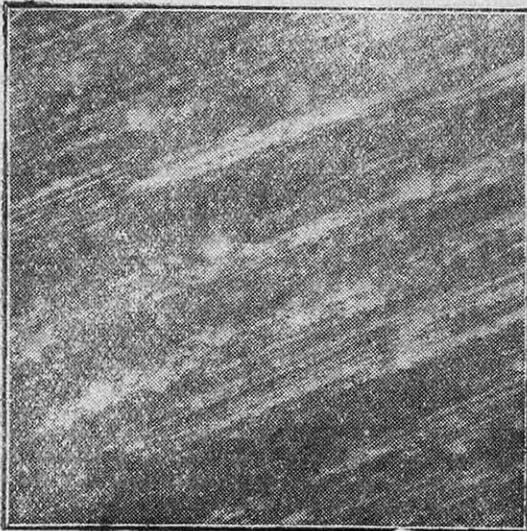


FIG. 8. — LA STRUCTURE « FIBRE USE » D'UN ALLIAGE DE DÉCOLLETAGE

Les deux radiographies sont prises, celle de gauche parallèlement à l'axe de la barre, celle de droite perpendiculairement à cet axe. Les éléments lourds se répartissent suivant des trainées parallèles à l'axe de la barre. Cette structure provient du mode d'obtention de la barre qui a été réalisée par flage.

L'appareillage, très simple, consiste en un tube démontable à trois fenêtres; l'échantillon examiné, appliqué contre le film « Lippmann », est placé dans un châssis spécial (fig. 3), lequel est lui-même enfoncé dans l'une des fenêtres du tube. De la sorte, l'échantillon se trouve placé très près du foyer de l'anticathode, ce qui permet un gain appréciable du temps de pose; il se trouve de plus automatiquement centré par rapport au foyer.

On peut également utiliser des tubes scellés à rayons X, à la condition que ceux-ci possèdent un foyer très fin et permettent la fixation du châssis photographique au voisinage immédiat des parois de l'ampoule.

Les temps de pose sont essentiellement variables; ils dépendent naturellement de l'épaisseur de l'échantillon, de sa nature et des longueurs d'onde employées. Ces durées d'exposition varient de quelques minutes (alliages légers) à quelques heures (aciers spéciaux).

de dimensions ultra-microscopiques. Des chocs répétés modifient lentement le grain de l'alliage et à la longue diminuent sa résistance.

La microradiographie permet de suivre toutes ces modifications. En même temps elle détecte tous les défauts d'homogénéité de la masse : fissures, criques, inclusions.

C'est évidemment dans le domaine des alliages légers que la nouvelle méthode est susceptible de rendre le plus de services. En effet, ces alliages, à base d'aluminium ou de magnésium, se travaillent facilement et peuvent aisément être amenés à l'épaisseur voulue; de plus, leur transparence aux rayons X permet l'emploi de temps de pose réduits.

Dans le cas des métaux plus lourds, la préparation des échantillons ne présente pas de difficultés spéciales lorsqu'il s'agit de fer ou d'acier doux; mais les résultats sont négatifs tant que les constituants du métal ne sont pas suffisamment différenciés par leur numéro atomique (cas des aciers inoxydables type : 18 - 8).

De même, des éléments plus légers, tels que le carbone à l'état de cémentite, n'apparaissent pas, alors que la micrographie ordinaire est susceptible de fournir, pour ces divers exemples, de précieux renseignements. Par contre, il était à présumer que des aciers spéciaux comportant un élément lourd (aciers au tungstène à 3 à 4 % de tungstène) laisseraient apparaître leurs carbures complexes; mais une autre difficulté se présente alors, celle de la dureté du métal, qui est un grand obstacle à la préparation des échantillons. Cet obstacle peut cependant être levé en partie, grâce à l'emploi de procédés spéciaux de découpage.

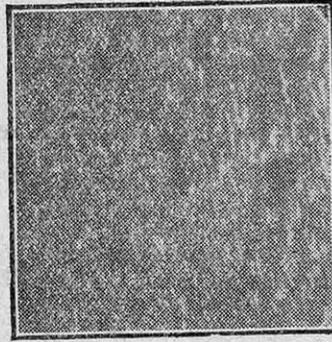
Les figures ci-contre illustrent l'intérêt que peut présenter l'emploi de la micrométallographie, tant pour l'étude des traitements thermiques que pour les contrôles de fabrication. Il y a bien entendu intérêt, chaque fois que cela est possible, à compléter ces essais par les examens micrographiques habituels, ainsi que par la macro-radiographie et la spectrographie par rayons X.

### La semi-microradiographie

Il n'est pas inutile de signaler ici une technique intermédiaire entre la radiographie et la microradiographie. Ce procédé, dû à M. Païc, consiste à effectuer une radiographie sur une émulsion commerciale, telle que celles utilisées pour la reproduction ou les travaux photomécaniques et dont le grain est suffisamment fin pour permettre des agrandissements de 20 à 30 fois. L'épaisseur de l'échantillon n'a plus alors à être aussi faible; 0,3 à 1 mm suffisent

généralement; l'irradiation est faite à l'aide d'un tube à rayons X quelconque pour radiographie, dans les conditions qui permettent d'obtenir une bonne macroradiographie. Le cliché est ensuite agrandi 20 à 30 fois — ce qui différencie la méthode de celle utilisée en microradiographie, où les grossissements vont de 100 à 600.

Grâce à la grande surface et à l'épaisseur des échantillons ainsi qu'à l'emploi des appareils agrandisseurs à champ visuel étendu, la semi-microradiographie procure une vue d'ensemble d'une partie relativement importante du métal examiné. De ce fait, elle permet de se rendre compte d'une manière particulièrement claire, d'une part des petits défauts du métal, tels que tapures, microcriques, microretassures, et d'autre part de la répartition des constituants de l'alliage; dans certains cas, la semi-microradiographie révèle d'ailleurs très clairement la structure polycristalline de certains constituants et permet même, dans une certaine mesure, des dosages quantitatifs.



T W 22041  
FIG. 9. — MICRORADIOGRAPHIE D'UN ACIER AU TUNGSTÈNE EXTRA-DUR

*Sur ce cliché apparaissent des taches claires correspondant à l'élément lourd, donc aux carbures de tungstène. L'orientation de ce précipité est due au traitement mécanique. La technique microradiographique permettrait de suivre l'influence des traitements thermiques sur la répartition et la grosseur des grains de carbure de tungstène.*

Nous venons de passer en revue les principales possibilités de la microradiographie; biologie, métallurgie, industries diverses (papiers, vernis, caoutchouc), etc., y trouvent un champ nouveau d'application tant pour la recherche que pour le contrôle. Il est certain que ces techniques sont appelées à un grand développement, en comblant une lacune évidente et en apportant des renseignements précieux dans un grand nombre de cas.

J.-J. TRILLAT.

Les fibres textiles de synthèse polymérique sont à l'ordre du jour (1). La « fibre Pe-Ce », autour de laquelle il a été mené grand bruit dans la presse, et qui a été présentée à tort comme une nouveauté, est seulement la première fibre « européenne » de cette catégorie. L'industrie allemande n'est évidemment pas restée inactive dans cette nouvelle spécialité chimique. On manque de renseignements précis sur la fabrication de la fibre Pe-Ce; il s'agit, selon toute vraisemblance, d'un chlorure polyvinylique, c'est-à-dire d'un corps du genre de ceux dont les propriétés ont été exposées dans *La Science et la Vie*. Il n'a pas été publié de renseignements numériques sur la résistance et sur la finesse de la fibre Pe-Ce, qui est présentée comme ininflammable, imperméable, imputrescible, inattaquable par les acides et la majorité des agents chimiques. Tout cela rappelle bien le nylon, le vinyon, le vinyarn, etc. Cependant, l'apparition de la fibre Pe-Ce mérite d'être relevée, pour montrer que la révolution des textiles par la synthèse polymérique est bien entrée, dès à présent, dans la voie des réalisations.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 296, avril 1942.

# AVIS IMPORTANT

## NUMEROS DISPONIBLES

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

VIII, IX, XXIX, XXXII, XXXIII, XXXIV, XXXVI, XLIX, L, LIII, LIV et LV.  
 Prix franco : 15 francs par reliure.

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

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

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

20 - 22 - 23 - 24 - 25 - 29 - 30 - 31 - 32 - 33 - 34 - 35 - 36  
 37 - 38 - 39 - 41 - 104 - 107 - 114 - 129 - 223 - 224 - 225 - 226 - 227  
 228 - 229 - 230 - 231 - 232 - 240 - 241 - 242 - 243 - 244 - 245 - 246 - 247 - 248  
 249 - 250 - 251 - 252 - 253 - 254 - 255 - 256 - 257 - 258 - 259 - 276 - 277 - 278  
 279 - 280 - 281 - 282 - 283 - 284 - 285 - 286 - 288 - 289 - 290 - 291 - 292

Les numéros de 1942 sont tous épuisés. Les abonnements ne peuvent commencer avant le numéro 302.

N. B. — Nous demandons à nos abonnés de joindre la dernière bande ou de rappeler les numéros figurant sur les bandes dans leur correspondance.

## TARIF DES ABONNEMENTS

### FRANCE ET COLONIES

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

### ÉTRANGER

(Suisse, Espagne, Portugal)

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

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

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

## BULLETIN D'ABONNEMENT (302)

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

Adresse : .....

Declare m'abonner pour un an, au prix de ..... (tarif ci-dessus), que je vous adresse par Chèque postal 184-05 Toulouse. Le premier numéro à envoyer sera le n<sup>o</sup> .....

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

J. BÉGUÉ

13. RUE CROIX-BARAGNON. 13

TÉL. 258-99 -- TOULOUSE

"Sésame"

BREVETÉ S.G.D.G.



Le Nouvel  
Automatique  
robuste  
et  
inusable

N'a  
pas  
besoin

de  
Garantie

100%  
FRANÇAIS

Les Fils de Ch. VUILLARD  
ST-CLAUDE

SÉRIES de TIMBRES

provenant  
d'ŒUVRES et d'ÉCHANGES

FORTE REMISE



ÉCRIRE :

Ab. DENIS

LA COUILLE (Dordogne)

R. C. Seine 3.541

## A nos Lecteurs

Voici les principaux avantages réservés à nos abonnés :

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

Abonnez-vous pour 70 francs par an.

Compte cour. postal : 184.05 Toulouse

# LA RADIO

# manque

# DE SPECIALISTES !

## JEUNES GENS !...



RADIO VOLANT



SOUS-INGENIEUR



CHEF-MONTEUR

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

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

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

PRÉPAREZ CES CARRIÈRES  
en suivant nos cours spéc. à distance

### PAR CORRESPONDANCE

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

### INSCRIPTIONS

à toute époque de l'année.



TOUS NOS COURS COMPORTENT DES  
EXERCICES PRATIQUES A DOMICILE.



### PLACEMENT

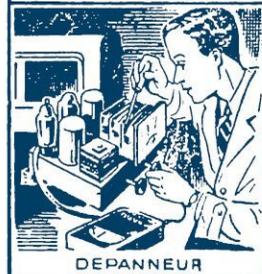
A l'heure actuelle, nous garantissons le placement de tous nos élèves opérateurs radiotélégraphistes **DIPLOMÉS.**



MARINE MARCHANDE



INGENIEUR



DEPANNEUR

Demander nos notices envoyées

gratuitement sur demande

## ECOLE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE

RUE DU MARECHAL LYAUTEY-VICHY-(ALLIER)

Adresse de repli

# NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



Des millions  
de  
mètres carrés  
de références

