

Mai 1942

6 francs

la Science et la Vie



Voir page 249

ECOLE SPECIALE DE T.S.F.

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

Sauf pendant la guerre
152, Avenue de Wagram

Fondée en 1917

3, Rue du Lycée

COURS PAR CORRESPONDANCE

(Inscription à toute époque)

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

SECTION ADMINISTRATIVE

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

CERTIFICAT SPÉCIAL

Accessible aux jeunes gens ayant une bonne instruction primaire.

CERTIFICAT DE 2^e CLASSE

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

CERTIFICAT DE 1^{re} CLASSE

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

A QUOI SERVENT CES BREVETS ?

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

Le *certificat de 2^e classe*, à condition d'être titulaire du diplôme de Radio de la Marine marchande, permet de naviguer comme officier sur les navires de commerce.

Le *certificat de 1^{re} classe* permet de devenir officier chef à bord des navires de commerce. Il est exigé pour se présenter à tous les concours administratifs : Aviation civile, Police, P. T. T., etc.

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

DIPLOME DE RADIOTÉLEGRAPHISTE DE LA MARINE MARCHANDE

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

Les candidats doivent posséder la 1^{re} ou 2^e classe P. T. T.

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

SECTION INDUSTRIE

COURS DE MONTEUR-DÉPANNÉUR

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

COURS D'ADJOINT TECHNIQUE OU D'OPÉRATEUR

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

COURS DE RADIOTECHNICIEN OU CHEF DE POSTE

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

COURS DE SOUS-INGÉNIEUR

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

COURS D'INGÉNIEUR

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

COURS SUR PLACE

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

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

Pour les études de vos enfants, pour vos propres études

n'hésitez pas à recourir à l'enseignement par correspondance de

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

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

L'enseignement de l'ÉCOLE UNIVERSELLE est merveilleusement efficace puisqu'il a permis à ses élèves de remporter des DIZAINES DE MILLIERS DE SUCCÈS AU BACCALAUREAT et des dizaines de milliers de succès aux BREVETS, LICENCES, concours des GRANDES ÉCOLES, des GRANDES ADMINISTRATIONS, etc.

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

BROCHURE N° L. 630. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Certificat d'études, Bourses, Brevets, Certificat d'aptitude pédagogique, etc.

BROCHURE N° L. 631. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Examens de passage, Certificat d'études classiques ou modernes du premier cycle, Diplôme de fin d'études secondaires, Baccalauréats, etc.

BROCHURE N° L. 632. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats (Lettres, Sciences, Langues vivantes, Classes élémentaires des Lycées, Collèges, Professorats pratiques), Examens professionnels, P. C. B., etc.

BROCHURE N° L. 633. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES : Agriculture, Industrie, Travaux publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Assistance, Colonies, etc.

BROCHURE N° L. 634. — 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° L. 635. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du GÉNIE RURAL, etc.

BROCHURE N° L. 636. — CARRIÈRES DU COMMERCE (Administrateur commercial, Secrétaire, Correspondancier, Sténo-Dactylo, Représentant, Services de publicité, Expert-Comptable, Comptable, Teneur de livres), de l'INDUSTRIE HOTELIÈRE, des ASSURANCES, de la BANQUE, de la BOURSE, etc.

BROCHURE N° L. 637. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, DESSIN, ÉCRITURE, etc.

BROCHURE N° L. 638. — LANGUES VIVANTES (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol, Arabe, Annamite), TOURISME (Interprète), etc.

BROCHURE N° L. 639. — AIR, RADIO, MARINE : Pont, Machine, Commissariat, T. S. F., etc.

BROCHURE N° L. 640. — SECRÉTARIATS, BIBLIOTHÈQUES, JOURNALISME (Rédaction, Administration, Direction, etc.).

BROCHURE N° L. 641. — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Flûte, Clarinette, Instruments de jazz, Professorats, etc.

BROCHURE N° L. 642. — ARTS DU DESSIN : Dessin pratique, Anatomie artistique, Dessin de Mode, Illustration, Composition décorative, Aquarelle, Gravure, Peinture, Fusain, Pastel, Professorats, Métiers d'art, etc.

BROCHURE N° L. 643. — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE : Petite main, Seconde main, Première main, Vendeuse, Retoucheuse, Modéliste, Professorats, etc.

BROCHURE N° L. 644. — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ : Coiffeuse, Manucure, Pédicure, Masseur, etc.

BROCHURE N° L. 645. — CARRIÈRES FÉMININES dans toutes les branches d'activité.

BROCHURE N° L. 646. — TOUTES LES CARRIÈRES ADMINISTRATIVES : Secrétariats d'Etat, Administrations financières, Inspection du Travail, Banques, Magistrature, Police, P. T. T., Ponts et Chaussées, Chemins de Fer, Préfectures, Mairies, etc.

A expédier gratuitement à M _____

Rue _____ N° _____

A _____ Département _____

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

ÉCOLE UNIVERSELLE

12 place Jules-Ferry, LYON

59 boulevard Exelmans, PARIS

TOUT POUR LA CARBONISATION

CARBONISATION

Fours automatiques à distillation. Condenseur "TORNADE" avec éjecteur à vapeur

ECORÇAGE

Fours mobiles à éjecteur

GAZOGÈNES

AGENCES

en
ALGERIE
MAROC
TUNISIE
A. O. F.



RÉCUPÉRATION

Fours automatiques Double paroi — Sole Monobloc 634 à volets autorégulateurs

ÉTUVAGE

Fours spéciaux transportables

ACCESSOIRES

AGENCES

en
FRANCE
et
ETRANGER

CARBO-FRANCE

SOCIÉTÉ D'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS G. BONNECHAUX
40, BOULEVARD CARNOT - TOULOUSE - TEL - 218-40

CARBO-FRANCE-ALPES-COTE-D'AZUR-CORSE. — 8, rue Peiresc, TOULON (Var), tél. 61.22.
CARBO-FRANCE-ARLES. — 11 bis, boulevard Emile-Zola, ARLES-sur-RHONE (B.-du-Rhône), tél. 5.08
CARBO-FRANCE-BEZIERS. — 24, rue des Docteurs-Bourguet, BEZIERS (Hérault), tél. 32-43.
CARBO-FRANCE-CENTRE. — 44, boulevard Henri-IV, AMBERT (Puy-de-Dôme), tél. 179.
CARBO-FRANCE-LIMOGES. — 21, rue de la Fonderie, LIMOGES (Haute-Vienne), tél. 28.77.
CARBO-FRANCE-LYON (Ets H. RABATEL). — 9, r. de la République, LYON (Rhône), tél. Burdeau 63.31.
CARBO-FRANCE-ALGERIE-MAROC. — (Même adresse, même téléphone).
CARBO-FRANCE-SUD. — 2 bis, rue Porte-de-l'Assaut, PERPIGNAN (P.-O.), tél. 5.66.
CARBO-FRANCE-SUD-EST. — Pont d'Anthoine, AIX-EN-PROVENCE (B.-du-R.), tél. 15.36.
CARBO-FRANCE-SUD-OUEST. — 3, rue de la Colombette, TOULOUSE (H.-G.).
CA BO-FRANCE-TUNISIE (Ets LE MOTEUR). — 54, avenue de Carthage, TUNIS (Tunisie), tél. 54.39.
CARBO-FRANCE-PARIS. — 2 bis, avenue de Villars, Paris, téléph. Invalides 25-60.

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 60 FRANCS PAR AN

Compte Courant Postal : 184-05 Toulouse.

DEVENEZ OFFICIER DANS L'ARMÉE DE L'AIR

Officiers pilotes. — Par l'École de l'Air ou l'École des Sous-Officiers, élèves officiers.

Officiers mécaniciens. — Par l'École des Officiers mécaniciens ou l'École des Sous-Officiers, élèves officiers.

Ecole de l'Air. — Prochain concours, 16 juin 1942.

La durée des études est de deux ans. Les élèves sortent avec le grade de sous-lieutenant.

Conditions : première partie du baccalauréat.

Epreuves : algèbre, analyse, analytique, mécanique, physique, français, langue, dessin, histoire et géographie, épreuve physique.

Ecole des Officiers mécaniciens. — Prochain concours 16 juin 1942.

Conditions : la moitié des places réservée aux ingénieurs des Arts et Métiers, l'autre moitié au concours (*aucun diplôme exigé*). La première partie du baccalauréat donne dix points de majoration, les deux parties trente points. Les élèves admis à l'école font deux ans d'études et sortent avec le grade de sous-lieutenant mécanicien.

Epreuves : français, algèbre, trigonométrie, géométrie, géométrie descriptive, mécanique, physique, dessin industriel, chimie, technologie professionnelle, métallurgie, histoire, géographie, épreuve manuelle, épreuve physique.

Ecoles des Sous-Officiers élèves officiers. — Ces écoles sont destinées, comme Saint-Maixent pour l'infanterie, à permettre aux sous-officiers l'accès au grade d'officier. Il est donc recommandé aux jeunes gens de s'engager.

Epreuves : arithmétique, algèbre, géométrie, trigonométrie, mécanique, physique, chimie, français, histoire, géographie, technique professionnelle. L'examen est de la force de la première partie du baccalauréat.

NAVIGATEURS AÉRIENS

Les navigateurs aériens sont des officiers qui sont aux avions de transport ce que les lieutenants et capitaines au long cours sont aux navires. Il y a deux brevets, l'un élémentaire et l'autre supérieur. Il faut avoir vingt et un ans pour les subir.

Le brevet supérieur de navigateur aérien est de la force de la 1^{re} partie du baccalauréat. Le brevet élémentaire est beaucoup plus faible.

Epreuves : mathématiques, mécanique, astronomie, navigation, réglementation, météorologie.

Comment se préparer ?

en zone libre :

par correspondance :

Ecole du Génie civil, (section Navigation aérienne), 3, rue du Lycée, Nice.

La préparation est également effectuée par l'École de Navigation aérienne de Paris, 152, avenue de Wagram.

Renseignements : 3, rue du Lycée, Nice (*joindre timbre pour la réponse*).

JEUNES GENS !

pensez dès maintenant à votre avenir; n'oubliez pas que la France de demain ne laissera plus de place au favoritisme; c'est uniquement vous, grâce à votre travail, grâce à vos connaissances, qui ferez votre situation: il vous faut donc mûrement réfléchir avant de choisir tel ou tel métier.

LA RADIO

vous ouvre de nombreux débouchés, que ce soit dans les Industries civiles (P. T. T., Marine, Police, Aviation, Colonies, etc.), ou dans l'Armée (Armée de terre, Aviation, Marine, etc.), vous êtes toujours assurés de gagner largement votre vie et d'avoir un métier propre et agréable.

NOTRE ÉCOLE

dirigée par le commandant Dupont, ancien professeur des Ecoles Militaires, a mis au point une série de cours *par correspondance* qui répondent à chaque cas particulier, suivant le degré d'instruction de l'élève et la spécialisation vers laquelle il souhaite se diriger.

NOS PROFESSEURS,

techniciens en renom, ingénieurs spécialisés en Radioélectricité et Télévision, forment un « cadre » auprès duquel nos élèves trouvent un enseignement de premier ordre et des conseils éclairés. De plus, le diplôme conféré en fin d'études, leur permet de prétendre à des situations enviables.

ÉCOLE PROFESSIONNELLE DE RADIOÉLECTRICITÉ ET DE TÉLÉVISION

15, Rue du Docteur-Bergonié - LIMOGES (Haute-Vienne)

BON A DÉCOUPER

Monsieur le Directeur,

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

La préparation qui m'intéresse particulièrement est

NOM

ADRESSE



Eugène KUCHARSKI

Ingénieur I. Pl. Gt. Lg.

Cours Supérieur

de

RADIO ÉLECTRICITÉ

à l'usage des Candidats
au diplôme de sous-ingénieur RADIO-ÉLECTRICIEN

FASCICULE I

Le fascicule est envoyé, sur simple demande et contre 15 francs en timbres-poste, par l'ÉCOLE PROFESSIONNELLE DE RADIOÉLECTRICITÉ, 15, rue du Docteur-Bergonié, LIMOGES (Haute-Vienne).



PARIS, 152, Avenue Wagram

SECRETARIAT EN ZONE LIBRE :

NICE, 3, Rue du Lycée, 3

Enseignement par correspondance

(INSCRIPTION A TOUTE ÉPOQUE)

INDUSTRIE

DESSINATEUR, TECHNICIEN, SOUS-INGÉNIEUR, INGÉNIEUR en Mécanique générale, Constructions aéronautiques, Électricité, Radio-technique, Chimie industrielle, Bâtiment, Travaux Publics.

ADMINISTRATIONS

Ponts et Chaussées et Génie rural (*ad-joint technique et ingénieur adjoint*) ; P. T. T. (*opérateurs radios, surnuméraires, vérificateurs, dessinateurs, etc.*) ; Divers - Tous les concours techniques, géomètres compris, des diverses administrations France et Colonies. Prochain concours *d'adjoint technique des Ponts et Chaussées, 24 août 1942.*

MARINE MARCHANDE

Entrée dans les Ecoles de Navigation, pour les sections Pont, Machines, T.S.F.

MARINE MILITAIRE

Ecole Navale et Ecole des Elèves Ingénieurs-Mécaniciens, Ecoles de Maîtrance, Ecole des Elèves-Officiers.

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, ÉTUDES JURIDIQUES.

LYCÉES

Préparation de la 6^{me} aux Baccalauréats.

AGRICULTURE

AGRICULTURE GÉNÉRALE, MÉCANIQUE ET GÉNIE AGRICOLE.

SECTION SCIENCES

Étude et développement par correspondance des Sciences mathématiques et appliquées depuis les cours d'initiation jusqu'aux cours les plus élevés. Arithmétique, Géométrie, Algèbre, Trigonométrie, Mécanique, Cosmographie, Géométrie descriptive, Mathématiques générales, Calcul différentiel, Calcul intégral, Géométrie analytique, Physique, Chimie, Électricité, Résistance des matériaux.

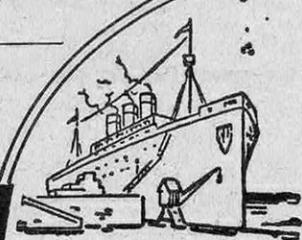
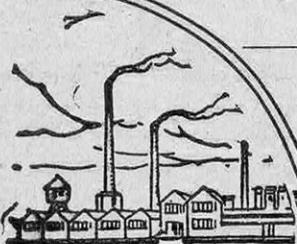
Les cours sont groupés de façon à permettre aux élèves d'obtenir des titres qui, bien que privés, ont la valeur consacrée par un examen passé sous l'autorité d'une école sérieuse. Ces titres sont par ordre d'importance : les diplômes d'initiation mathématique, de mathématiques préparatoires, de mathématiques appliquées, mathématiques théoriques, de calcul infinitésimal et appliqué, de mathématiques générales et géométrie analytique, de mathématiques supérieures et appliquées.

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

PROGRAMMES GRATUITS

Joindre un timbre

INSCRIPTION
par correspondance,
à toute époque.



la Science et la Vie

Tome LXI — N° 297

SOMMAIRE

Mai 1942

- ★ L'évolution du char suivra-t-elle celle du cuirassé :
course au calibre et course au tonnage? par Camille
Rougeron 249
- ★ Chimie et thérapeutique, par Christian Dumazert.... 257
- ★ L'industrie française des carburants solides, par A. Le-
poivre 261
- ★ Les armées de l'air en présence en 1942, par Pierre
Armont 273
- ★ L'attaque des marines dans les ports à la « torpille
vivante », par P. Camblanc..... 274
- ★ La renaissance de l'industrie française de la tourbe,
par Henri Doyen..... 284
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor..... 293



Au moment où les principaux belligérants affirment avoir atteint, ou annoncent atteindre dans un avenir proche, des productions de chars qui permettraient d'équiper chacun entre 60 et 150 divisions blindées annuellement (si les chars ne se consommaient pas aussi vite que les avions), la qualité des chars a la même importance que leur nombre. N'est-ce pas pour l'avoir oublié que le matériel blindé américain, envoyé en abondance en Cyrénaïque, n'a pas donné tous les résultats escomptés? La couverture du présent numéro représente l'attaque, en tir d'embrasure défilé, d'un fortin bétonné par un « char moyen » à canon de 155 mm spécialement établi pour aider les pionniers dans cette mission. (Voir l'article page 249 de ce numéro.)

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

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « La Science et la Vie », Mai mil neuf cent quarante deux. Registre du Comm. : Seine 116.654.
Abonnements : France et Colonies, un an : soixante francs ; six mois : trente-deux francs.

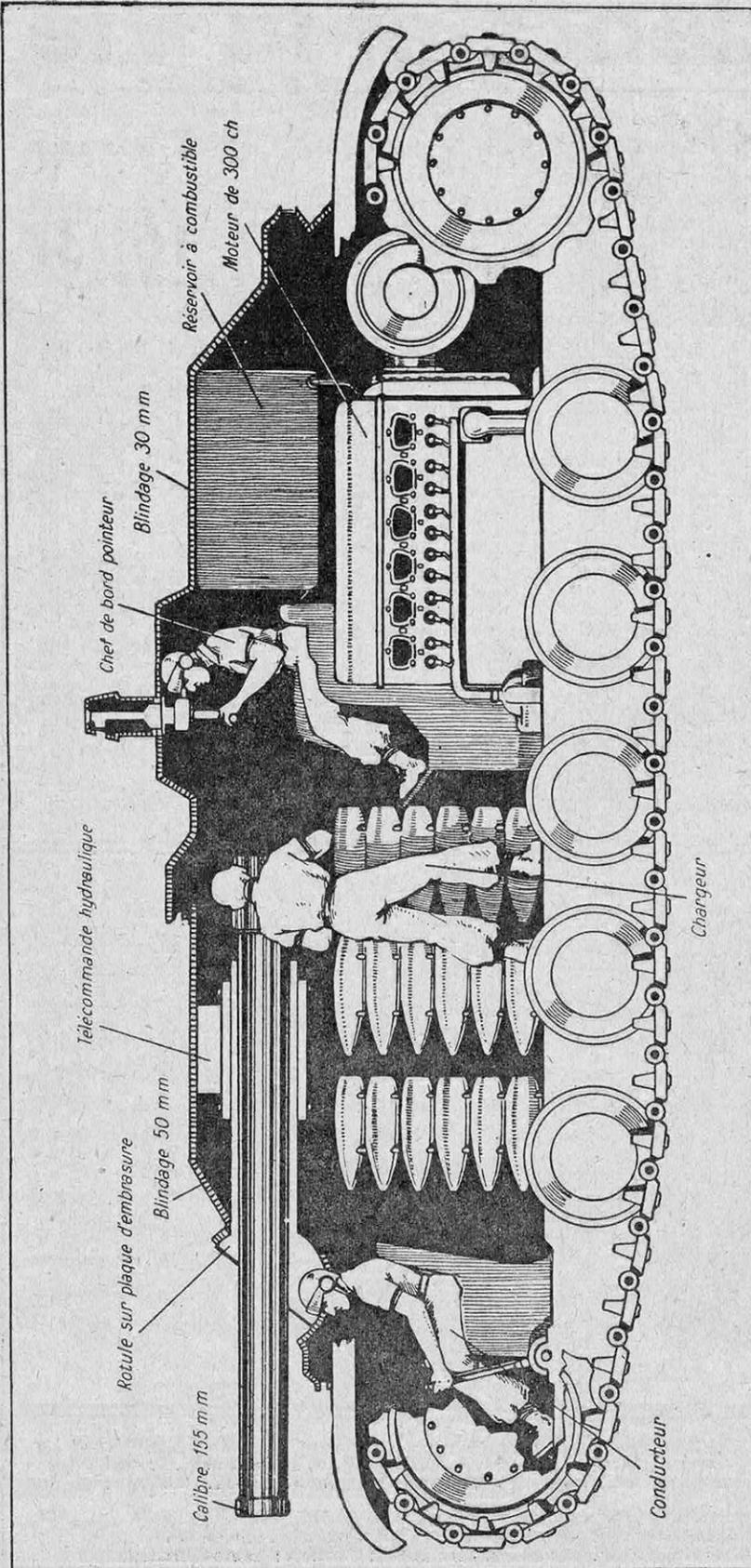


FIG. 1. — EXEMPLE DE CHAR DE CONCEPTION NOUVELLE, ARMÉ D'UN UNIQUE CANON DE 155 MM POUR L'ATTAQUE DES FORTINS BÉTONNÉS.

T W 17111

Le char représenté ci-dessus est un char moyen, ayant par exemple les dimensions et le blindage du char moyen allemand, mais porteur d'un canon puissant. Il correspond au type A du tableau I. Son armement comporte un canon de 155 mm tirant un projectile de 45 kg à 450 m/s; le blindage a 50 mm d'épaisseur à l'avant, 30 mm ailleurs; la vitesse est de 60 km/h. Un char de ce type serait apte à des missions multiples : antichars à grande puissance, artillerie lourde courte sous terrains, destruction des fortins bétonnés par tir d'embrasure (c'est cette dernière mission que représente la couverture de ce numéro). Les caractéristiques du tube de 155 mm et des différents projectiles sont données dans les tableaux I et II. Le montage de la pièce sur le char est entièrement différent de celui de l'artillerie chenillée où l'on sépare affût et blindage; la solution admise, fixation par rotule du tube (ou du berceau si l'on admet un frein) sur la plaque d'embrasure, est celle qu'inventa en 1878 le major Schumann, du Génie prussien; elle fut appliquée à quantité de tourelles cuirassées et notamment à des obusiers de 150 mm sans recul; elle élimine la plus grande partie du poids et de l'encombrement d'un affût ordinaire. Un blindage de char moyen et la suspension de ce char sont parfaitement capables, dans ces conditions, de transmettre au sol la réaction d'un tube de 155 mm lié élastiquement à la plaque d'embrasure.

L'ÉVOLUTION DU CHAR SUIVRA-T-ELLE CELLE DU CUIRASSÉ : COURSE AU CALIBRE ET COURSE AU TONNAGE ?

par Ca nille ROUGERON

Comme tous les matériels, le char évolue d'une manière continue et particulièrement rapide en temps de guerre du fait que la sanction de l'expérience appliquée aux conceptions diverses qui s'affrontent ne se fait pas attendre. L'augmentation du tonnage, qu'exige l'accroissement des épaisseurs de blindage, est le processus d'évolution qui frappe le plus l'observateur; on en a largement joué depuis dix ans. Mais d'autres principes moins évidents peuvent être dégagés des opérations de ces dernières années, tels l'efficacité d'une protection même légère et l'indépendance du calibre et de l'épaisseur de cuirasse. De ce fait, vont apparaître des engins d'une extrême diversité, répondant à toutes les conditions du combat char contre char, avion contre char et char contre positions fortifiées.

L'évolution des matériels de guerre

L'ÉVOLUTION des matériels de guerre obéit aux mêmes lois que l'évolution des espèces vivantes et la sélection naturelle par la survivance des plus aptes paraît bien y être le facteur principal du progrès. On admettra bien, par exemple, et pour ne pas sortir du domaine militaire, que les races de deux rêveurs qui auraient pu naître en Europe depuis deux mille ans de quelques « mutations » à tendance pacifiste n'y ont point trouvé le climat favorable à leur développement. Pourquoi, parmi les innombrables variétés d'une espèce de matériel qui apparaissent au hasard des programmes et des constructions, le tri expérimental des mieux adaptées ne serait-il pas la méthode d'élimination la plus sûre ?

Lorsqu'on ouvre un de ces annuaires où l'on a besoin de plusieurs volumes pour faire défiler devant le lecteur les chars nés depuis vingt-cinq ans, on est saisi d'admiration devant le nombre des types. La dure expérience du combat se charge de simplifier. En moins d'un an, on vient de voir disparaître les mastodontes hérissés de canons et de mitrailleuses en lesquels l'armée russe avait placé une partie de sa confiance, et les opérations de Cyrénaïque de l'hiver dernier n'ont pas confirmé les espoirs mis dans les dernières fabrications américaines.

Le plus souvent, on peut tabler sur la bonne volonté des auteurs de programmes et des fabricants dans le choix de leurs caractéristiques. Elle n'est malheureusement pas suffisante; l'expérience ne peut ratifier toutes ces conceptions contradictoires. Mais, d'autres fois, la recherche du meilleur rendement militaire n'a pas été le principal souci qui ait présidé à ces créations. Les accords de limitation des armements navals sont-ils, dans leurs stipulations qualitatives, autre chose qu'une garantie prise contre les novateurs qui tenteraient de tirer

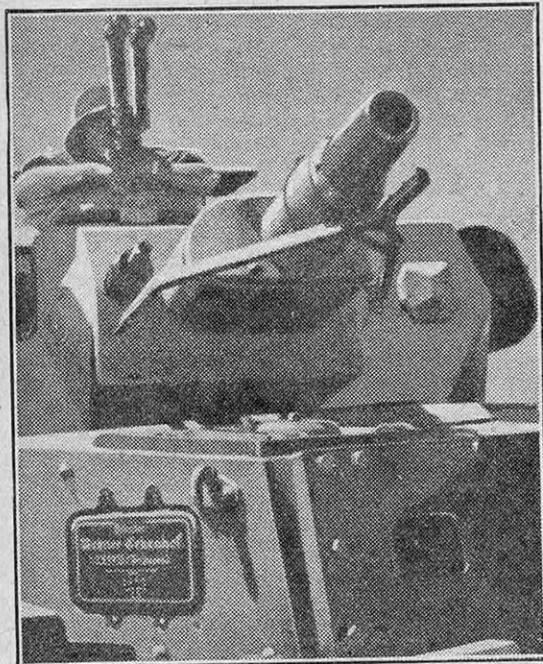
d'un tonnage global donné une puissance dangereuse pour la tranquillité générale? Moins anciennes, les armes mécanisées terrestres ne connaissent pas encore les savantes divisions en classes et sous-classes, avec fixation de déplacements et de calibres maxima, puis minima, qui expliquent suffisamment que quelques-unes d'entre elles ne soient pas très bien adaptées à leurs missions. Mais le développement du char est l'effet de tant d'influences en sens divers, pas toujours désintéressées, qu'un pareil résultat ne doit point surprendre, malgré l'apparence de liberté qui lui a été laissée.

La course au tonnage

Dès que la protection apparaît sur un matériel de guerre, l'accroissement de puissance des armes que portent les matériels similaires avec lesquels il se trouvera aux prises est inévitable. On répondra en se protégeant par une épaisseur plus forte. On entre ainsi dans la double course au calibre des pièces et à l'épaisseur des blindages, et à la course au tonnage qui en résulte nécessairement. Le char ne pouvait échapper à la loi qui régit depuis près d'un siècle l'évolution du navire de ligne, et qui commence à régir celle de l'avion, depuis un peu moins de deux ans que le blindage est apparu en combat aérien (1).

Il est bien évident qu'un char lourd est susceptible de porter une arme plus puissante qu'un char léger et qu'inversement l'exigence d'une arme de puissance accrue entraîne celle d'un poids supplémentaire pour cet affût blindé mobile qu'est le char. Nous montrerons cependant plus loin que ce n'est pas là la cause véritable de l'accroissement de tonnage et qu'on

(1) Voir : « Comme le navire ou le char, l'avion de combat sera blindé », dans *La Science et la Vie*, n° 288, août 1941.



T W 17116

FIG. 2. — ARMEMENT D'UN CHAR ALLEMAND SUR LE FRONT DE CYRÉNAÏQUE

Ce sont ces pièces de gros calibres qui ont été le facteur principal du succès des « Panzerdivisionen » de Rommel sur les chars de fabrication anglaise et américaine.

peut monter sur les chars actuels des armes beaucoup plus puissantes que celles qu'ils portent.

La véritable justification des chars lourds est l'exigence de blindages épais. Pour le char, comme pour le navire et pour l'avion, l'affectation d'une fraction donnée du tonnage à la protection permet l'emploi de blindages d'autant plus épais que le tonnage est plus élevé, car les surfaces à recouvrir croissent moins vite que les volumes et les poids. Dans le cas du char, la comparaison n'a même pas à porter sur des engins semblables, dont la carapace doit recouvrir des moteurs de puissance et d'encombrement proportionnels au tonnage, une réserve de combustible proportionnelle également au tonnage... Car une part importante du volume protégé est celle qu'exige l'équipage, et on a compris sur le char, plus vite que sur l'avion et surtout que sur le navire, qu'il n'était pas nécessaire de faire croître l'équipage en proportion du tonnage; les deux hommes du char Renault FT de 1918 servirent tout aussi aisément un char de 50 tonnes de 1942.

L'insuffisance des protections légères ne pouvait être mise en évidence au cours des opérations coloniales confiées aux chars britanniques ou lors de la conquête de l'Éthiopie par l'armée italienne; l'adversaire n'avait pas d'armes antichars. Elle apparut pour la première fois, d'une manière très nette, au cours de la guerre d'Es-

pagne, où les chars d'origine allemande, italienne et russe mis à la disposition des deux partis se montrèrent à peu près aussi incapables les uns que les autres de résister aux armes antichars de calibre voisin de 37 mm. Mais le remède fut apporté très rapidement, et la transformation générale, dans la voie du char lourd, subie de 1937 à 1942 par le matériel blindé de presque toutes les armées, offre un caractère d'unanimité qu'on rencontre rarement. On n'insistera donc pas sur cet aspect de la lutte entre le canon et la cuirasse; il sera plus utile de tirer des récents enseignements de la guerre mécanique quelques principes moins évidents.

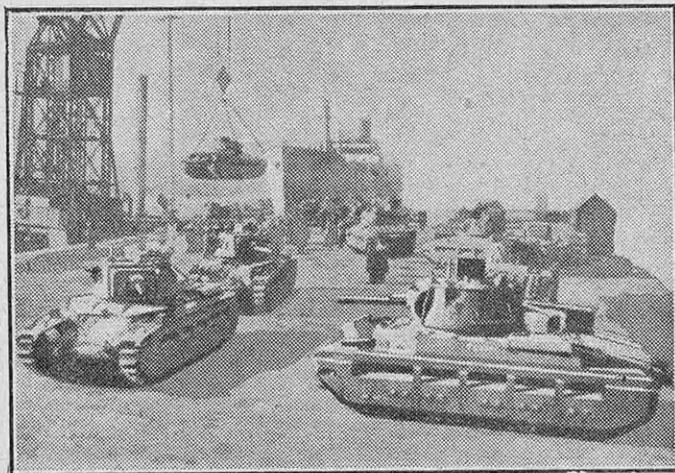
La valeur des protections légères

Ce qui fait le succès de la course au tonnage, sur le char comme sur le navire ou sur l'avion, c'est son automatisme. Il n'est pas besoin de longues méditations sur la différence des lois de croissance des surfaces et des volumes d'engins semblables pour que les intéressés y participent. La plaque de 20 mm ne résiste pas au canon de 37 mm? Remplaçons-la par une plaque de 30 mm. Le calibre de 37 mm ne suffit plus pour perforer le nouveau blindage? Passons au 47 mm. C'est un genre de progrès qui ne demande pas grande imagination.

La valeur des protections légères est au contraire un de ces principes tirés de temps à autre de l'examen des événements par quelques esprits curieux, et qui s'oublient régulièrement dans l'oubli. De nos jours, la responsabilité en incombe avant tout à l'étude soi-disant expérimentale des périodes de paix, où l'on croit pouvoir se prononcer sur la valeur d'une protection par un simple essai de perforation. Que de progrès n'aurait-on pas faits si l'on s'était décidé à porter l'investigation de la plaque de blindage au matériel protégé lui-même!

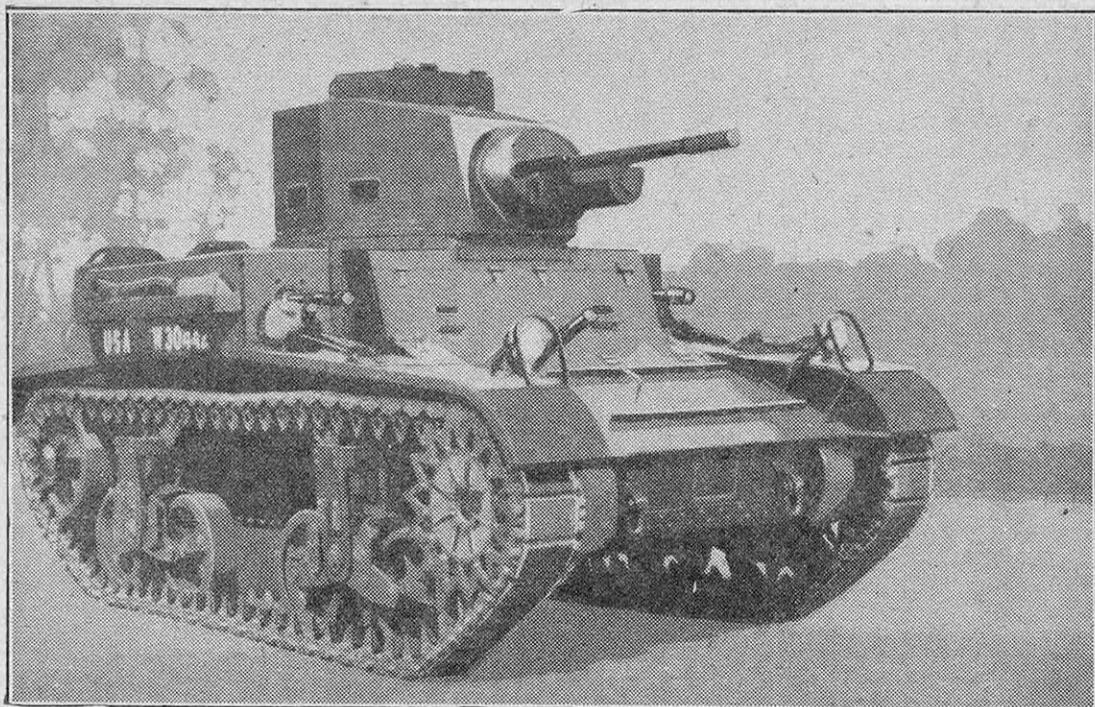
C'est un fait vérifié cent fois que l'appréciation de la résistance par l'essai élémentaire est toujours trop pessimiste, et qu'elle conduit à faire refuser ou à abandonner des protections d'intérêt certain.

La cuirasse individuelle est aujourd'hui absolument condamnée, et il est fort probable que si on soumettait celles dont on peut raisonnablement envisager de charger un homme à l'expérience du champ de tir devant une mitrail-



T W 17119

FIG. 3. — EMBARQUEMENT DE CHARS BRITANNIQUES POUR L'U.R.S.S.



T W 17117

FIG. 4. — LE CHAR LÉGER M 2 A 4 DE L'INFANTRIE AMÉRICAINE

Ce char, de 11 tonnes, armé d'un canon de 37 mm et de quatre mitrailleuses, est le type du char à armement inutilement nombreux et de puissance insuffisante; un canon de 65 mm et une seule mitrailleuse vaudraient beaucoup mieux. Il semble que cette multiplication de l'armement reste en faveur aux Etats-Unis; le seul char lourd « moderne » serait un char Baldwin de 55 tonnes, armé d'un canon de 75 mm antichars et anti-aérien, d'un canon de 37 mm, de trois mitrailleuses lourdes de 13 mm et de trois mitrailleuses de 7,6 mm. Le résultat ne peut être brillant, surtout si l'on réfléchit aux servitudes d'un matériel de 75 mm anti-aérien sous cuirasse.

leuse, le résultat ne serait guère douteux; il ne l'était pas davantage depuis un siècle et même deux. Or une expérience répétée a montré que pendant cette même période la cuirasse protégeait fort bien le cavalier qui la portait. Voici l'avis d'un spécialiste sur cet aspect particulier de la charge des cuirassiers de Reischofen : « Semblable au bruit de la grêle qui frappe les vitres, écrit le colonel Bonie (1), on entendait le son des balles sur les armures, mais aucune ne fut traversée et l'on voyait les cuirassiers démontés chercher un refuge dans les bois. La cuirasse, disait-on, n'était bonne depuis les inventions modernes qu'à orner le musée d'un antiquaire; le contraire s'est produit. » Cent cinquante ans plus tôt, le maréchal de Saxe essayait vainement de la faire généraliser. « Je ne sais, écrivait-il, pourquoi l'on a quitté les armures, car rien n'est si beau ni si avantageux. On dira que c'est l'usage de la poudre qui les a abolies. Ce n'est point cela; car, du temps de Henri IV et depuis, jusqu'à l'année 1667, on en a porté et la poudre était déjà en usage longtemps auparavant. Mais vous verrez que c'est la chère commodité qui les a fait quitter... »

Grâce à un officier d'intendance de l'armée française, le casque a retrouvé depuis vingt-cinq ans la faveur générale. A y réfléchir, elle est bien curieuse. Comment se fait-il que le casque réapparaisse à une époque où jamais les armes offensives n'ont été aussi puissantes? Cependant, Adrian aura épargné à bien des

armées des centaines de milliers de morts et de blessés, en même temps qu'il faisait réaliser de sérieuses économies à leurs services de l'habillement.

On s'imagine communément que la protection du navire ne remonte qu'au milieu du siècle dernier. En réalité, l'épaisseur des bordages des vaisseaux était une protection très efficace, sans qu'on ait jamais eu cependant la prétention d'arrêter par leur moyen un boulet de 36. L'expérience de la résistance comparée des vaisseaux et des frégates en faisait la démonstration. Pendant les guerres de la Révolution et de l'Empire, des vaisseaux français rentraient avec des milliers de boulets britanniques dans leurs flancs; les frégates, construites en échantillons plus légers, étaient loin d'avoir cette résistance.

Lorsque Dupuy de Lôme proposa pour la première fois d'arrêter les projectiles de marine avec une dizaine de centimètres de fer, on n'eut pas de peine à lui démontrer son erreur par un tir à Cavaire, et à retarder ainsi de plus de dix ans l'avènement du cuirassé.

A l'apparition du croiseur de bataille armé d'une artillerie de cuirassé, nul ne douta que le « croiseur cuirassé », qui connaissait quelque faveur aux premières années de notre siècle, ne fût surclassé d'une manière écrasante. C'était exact, mais qui aurait pensé qu'aux Falkland deux croiseurs de bataille britanniques devaient vider leurs soutes en près d'une journée de combat pour venir à bout de deux croiseurs cuirassés allemands?

Après 1918, l'insuffisance de protection des

(1) La cavalerie française en 1870.

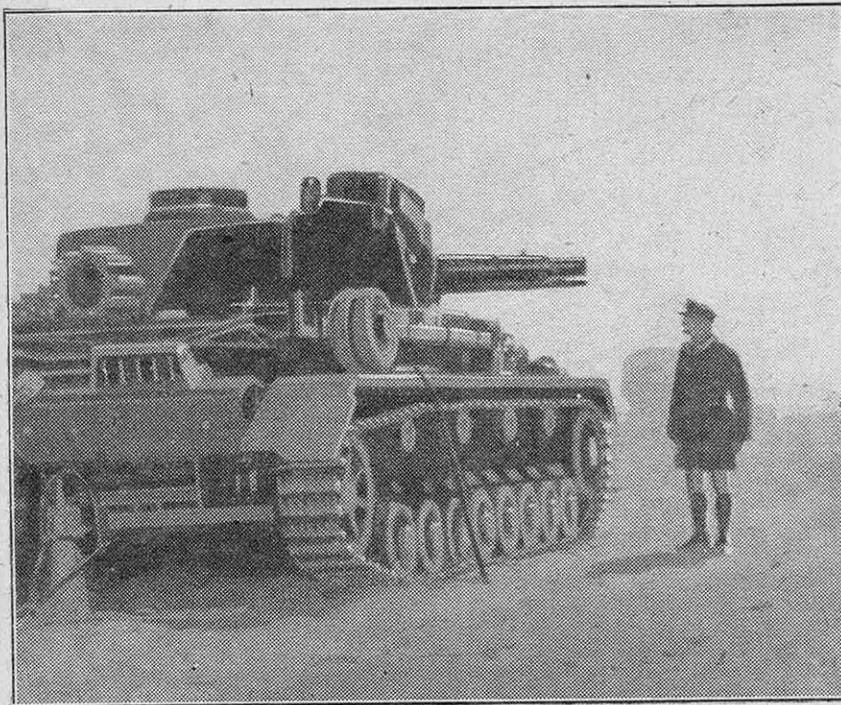


FIG. 5. — UN CHAR Lourd ALLEMAND EN CYRÉNAÏQUE

T W 17113

croiseurs issus des accords de limitation des armements navals était unanimement admise. Pouvait-on supposer qu'au Rio de la Plata les coques de trois croiseurs britanniques de ce type résisteraient fort bien non seulement aux calibres de 152 et 203 mm qu'ils portaient, mais encore au 280 mm d'un « cuirassé de poche » allemand ?

L'histoire bien courte de la protection des avions conduit à la même conclusion. Si l'on posait le problème de la protection en exigeant que le personnel fût entouré de plaques à l'épreuve du plus petit des calibres d'avions ou de D.C.A. auxquels il était exposé, le poids de blindage était prohibitif. Si l'on passait outre à cette conclusion pessimiste et si l'on recouvrait d'une tôle de 8 à 10 mm le dossier du siège d'un chasseur, on avait la surprise de le voir revenir avec quelques centaines de traces de balles dans son appareil.

Pourquoi cette discordance permanente entre l'essai élémentaire sur blindage et l'efficacité réelle ? Les raisons en sont multiples.

Tout d'abord le choix du projectile

est loin d'être un des réflexes du combattant et de ses fournisseurs. Derrière leur tôle de 8 mm, l'aviateur et le conducteur du plus mal protégé des chars sont à l'abri d'à peu près tout les éclats, depuis ceux des projectiles de canons légers d'avion ou de défense rapprochée jusqu'à ceux des projectiles de canons pour défense éloignée ; ils sont également à l'abri des balles spéciales de petit calibre, incendiaires ou explosives, qui s'écraseront sans perforer ; ils sont même à

contre lequel on doit être protégé est généralement plus sévère qu'il ne convient, surtout aux débuts d'une protection. Tant que l'homme ne présente que la résistance à la perforation extrêmement faible de son corps et de ses vêtements, il est exposé à la mort ou à des blessures graves par n'importe quel projectile ; une balle de plomb chemisée, une balle incendiaire, une flèche à pointe d'os, une bille de sarbacane servent contre lui de projectiles de perforation. Tout cela s'écrase ou s'écrase sur la moindre tôle d'acier dur. C'est une part considérable des projectiles qui lui sont destinés qui se trouve sans effet, et pendant longtemps, car l'adaptation des armes à l'ob-

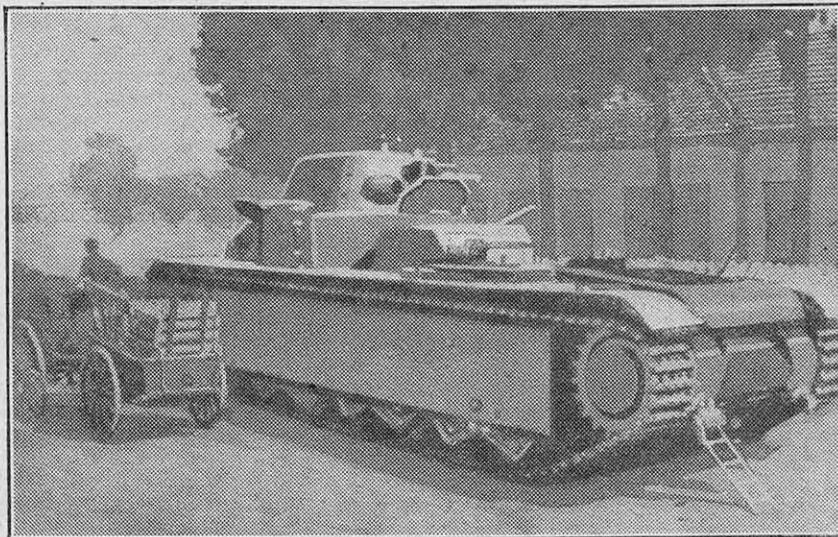


FIG. 6. — UN CHAR Lourd SOVIÉTIQUE HORS DE COMBAT

T W 17114

Ce char à armement multiple (un canon de 75 mm, un canon de 47 mm...) est un type périmé dont il ne faudrait pas juger de la puissance par l'énumération de son armement.

CARACTÉRISTIQUES	CANON DE 155 MM (char type A)	MORTIER DE 600 MM (char type B)
Calibre.....	155 mm	200 mm (diamètre du mandrin)
Longueur.....	25 calibres (3 m 90)	0,66 calibre (0 m 40)
Pression maximum.....	1 000 kg/cm ²	500 kg/cm ²
Vitesse initiale.....	450 m/s	50 m/s
Poids du projectile.....	45 kg	300 kg
Poids du tube.....	500 kg	25 kg

TABLEAU I. — CARACTÉRISTIQUES DE L'ARMEMENT DE DEUX TYPES POSSIBLES DE CHARS POUR L'ATTAQUE DES POSITIONS FORTIFIÉES

L'armement du char type A est un canon de 155 mm à faible pression maximum, en vue de réduire le poids et surtout l'encombrement transversal au voisinage de la culasse et d'améliorer les caractéristiques des projectiles. Le mortier de 600 mm destiné au char type B est un matériel beaucoup moins puissant que le 155 mm précédent. Voir les caractéristiques des projectiles au tableau II et la disposition schématique des chars (figures 1 et 7).

l'abri de la balle « ordinaire », efficace seulement contre le fantassin ou l'aviateur non blindé.

Lorsqu'on veut vérifier si une cuirasse protège ou non contre un projectile, on la place sous une incidence normale, ou du moins sous une incidence qui réduit assez peu la puissance de perforation. Même si elle est percée dans ces conditions, elle n'en protégera pas moins contre les projectiles l'atteignant sous incidence supérieure qui ricocheront.

D'ailleurs, bien des projectiles qui perceront une plaque n'en auront pas moins leur effet au delà considérablement réduit. Ils auront été déviés à leur traversée et se présenteront dans des conditions très défavorables à leur efficacité sur l'objectif, personnel ou matériel, placé derrière la plaque; ou bien ils seront plus ou moins écrasés; ou bien ils détacheront dans une plaque dure un ménisque qu'ils entraîneront et qui absorbera une grande partie de l'énergie restante sans avoir aucune qualité de perforation.

Si l'on accepte comme établi que la cuirasse mince protège en réalité beaucoup mieux qu'on ne le pense, comment se fait-il donc que son insuffisance ait été aussi généralement reconnue sur les chars utilisés au cours de la guerre d'Espagne? On peut d'abord répondre qu'il y a des limites à la minceur des plaques rapportée au calibre qui les attaque. En face du canon antichars de 37 mm tirant à bout portant ou presque, les plaques de 10 mm résistent plus mal encore que des plaques de 100 mm exposées au feu d'un 381 mm de marine tirant entre 20 000 et 25 000 m;

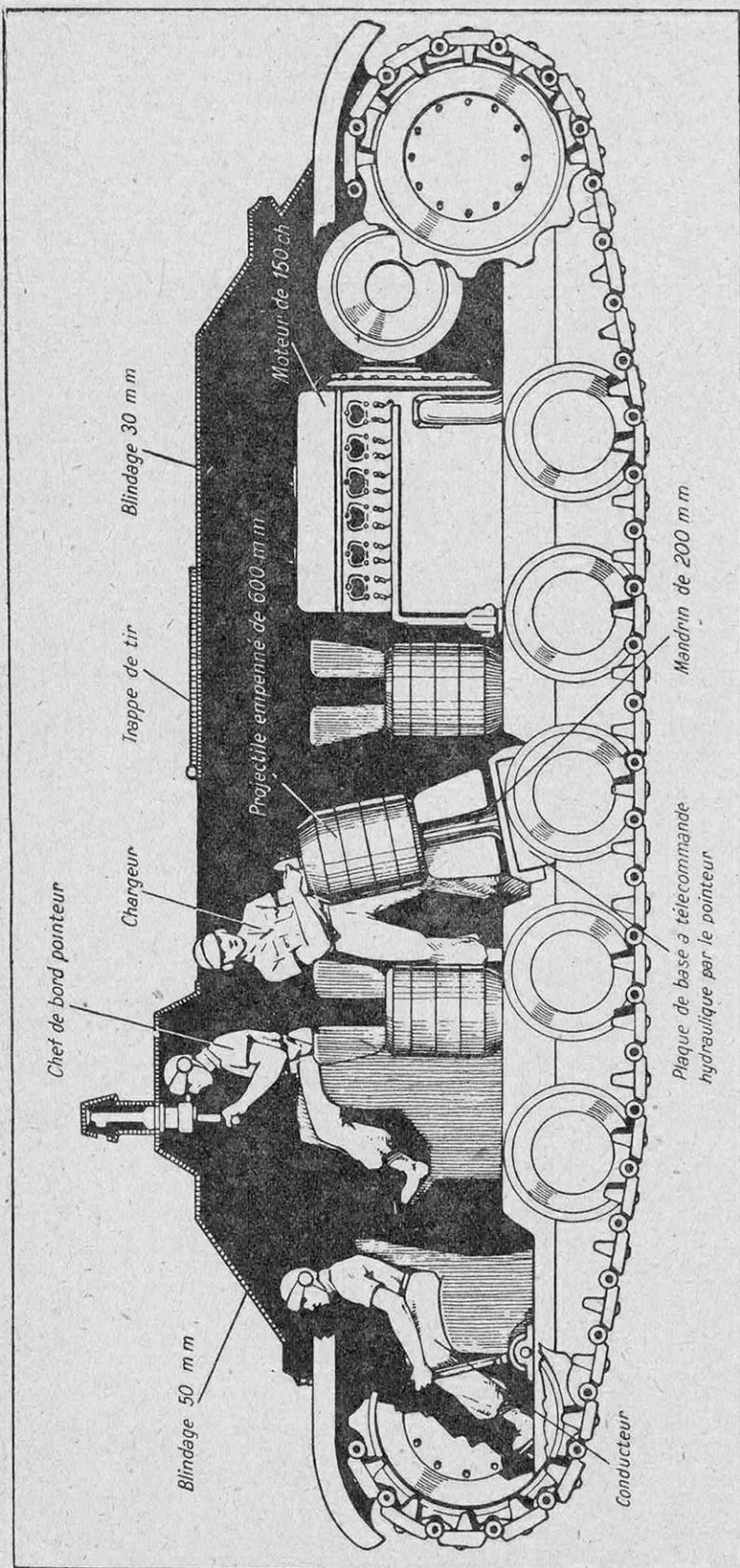
or on n'a jamais prétendu que les croiseurs légers à ceinture de 100 mm fussent efficacement protégés contre l'artillerie des navires de ligne. Mais convient-il bien d'accepter sans réserve l'affirmation de l'insuffisance de protection des chars au cours de la guerre d'Espagne? Tout ce que l'on doit reconnaître, c'est que les chars n'ont pas réussi en 1936-1938 dans leur emploi par les nationalistes comme par les gouvernements, et que, aux mains de l'armée allemande, en 1939, ils ont donné des résultats remarquables. Faut-il attribuer leur échec à une insuffisance de protection ou à un mauvais emploi, tactique et stratégique? Qu'auraient donné les méthodes appliquées par les « Panzerdivisionen » avec le matériel de 1936? Il n'est pas interdit de croire que le résultat n'eût pas été très différent de celui qu'elles obtinrent avec le matériel de 1939, et ce ne serait pas la première fois qu'un progrès important du matériel serait survenu à l'occasion d'une erreur dans son emploi, et plus encore dans l'appréciation de ce qu'on croit être un enseignement évident.

Cette explication éclairerait d'un jour nouveau les succès des divisions blindées. Lorsqu'elles font une brèche, il y a évidemment quelques chars lourds et moyens pour ouvrir la marche. Mais elle se continue par un déferlement de

CARACTÉRISTIQUES	PROJECTILE TYPE			PROJECTILE TYPE	
	A1	A2	A3	B1	B2
Calibre.....	155 mm	155 mm	155 mm	600 mm	370 mm
Poids.....	45 kg	45 kg	25 kg	300 kg	75 kg
Charge d'explosif.....	0,5 kg	6 kg	13 kg	250 kg	40 kg
Longueur en calibres.....	3,5 cal.	5,5 cal.	6,5 cal.	1,3 cal.	2 cal.
Vitesse initiale.....	450 m/s	450 m/s	600 m/s	50 m/s	75 m/s

TABLEAU II. — CARACTÉRISTIQUES DES PROJECTILES DES DEUX TYPES DE CHARS DES FIGURES 1 ET 7

Le projectile A₁ est un projectile de rupture qui peut être employé soit pour le tir d'embrasure contre fortin bétonné, soit pour le tir percutant contre chars, soit pour le tir à ricochet contre une attaque massive de chars à 2 000 ou 3 000 m. La même fusée, avec retard de l'ordre du 1/100 s convient aux trois cas. La charge en explosif a été choisie très faible pour que les éclats après ricochet restent assez volumineux pour faire de gros dégâts dans les cheminées. Le projectile A₂ est le projectile d'emploi courant, contre le personnel et le matériel non protégé. Le projectile A₃ peut être employé soit en tir d'embrasure avec fusée instantanée, soit en tir de destruction de la fortification de campagne (réseaux, tranchées, abris souterrains). Le projectile B₁, à fusée instantanée, destiné à l'attaque des toits de fortins bétonnés en tir vertical, est raccourci au maximum en vue d'amener la charge aussi près que possible du béton, ce qui est un facteur essentiel de l'efficacité des projectiles à forte teneur d'explosif contre le béton. Il est fabriqué à l'intérieur même du char, pour les possibilités de manutention, en enflant, sur le tube central en acier coiffant le mandrin et formant canon, des galettes d'explosif d'une cinquantaine de kilogrammes. Il a besoin d'un culot formant empennage; il n'est pas nécessaire qu'il ait des parois latérales. Le projectile B₂ est destiné au tir d'embrasure contre fortin bétonné (avec fusée instantanée), ou au tir de destruction contre la fortification de campagne, les obstacles antichars...



T W 17112

FIG. 7. — AUTRE EXEMPLE INÉDIT D'UN CHAR CONÇU SPÉCIALEMENT POUR LA DESTRUCTION DES OUVRAGES EN BÉTON

Le char représenté ci-dessus est un « char moyen » spécialement destiné à l'attaque à très faible distance des fortins bétonnés. Il correspond au type B du tableau I. C'est en quelque sorte un « pionnier mécanisé » qui supplée au transport à bras d'homme des charges d'explosifs destinées à faire sauter les embrasures, ou le fortin lui-même. Le blindage du char a 50 mm d'épaisseur à l'avant, 30 mm ailleurs; la vitesse est de 20 km/h. L'armement comporte un mortier pouvant tirer à 50 m/s un projectile de 600 mm, et à 100 m/s un projectile de 370 mm. Les caractéristiques du mortier et des projectiles sont données dans les tableaux I et II. La solution choisie est celle du mortier de 58 n° 1, notre premier matériel de tranchées de la guerre de 1914, où le projectile, enfilé sur un mandrin, forme lui-même canon, et qui contient très bien au tir à très faible vitesse. Le mandrin transmet la réaction à l'ossature blindée et résistante du char et de là au train de roulement. La mise en batterie se fait en position défilée, l'emplacement étant creusé à l'aide du projectile de 370 mm par le char lui-même. L'attaque des toits de fortins avec le projectile de 600 mm se fait en tir vertical à 100 ou 150 m, le char prenant place au fond de l'entonnoir; l'attaque des embrasures avec le projectile de 370 mm se fait en tir tendu (angle de tir d'une vingtaine de degrés), le nez du char étant placé au fond de l'entonnoir.

véhicules blindés de toute espèce, chars légers, artillerie chenillée, voitures de transport de l'infanterie d'accompagnement... dont la protection n'est pas plus épaisse que celle des chars jugés insuffisants voici quelques années, et qui passent cependant sans pertes graves, même si les chars puissamment protégés n'ont pas tout écrasé. Peut-être tout cela passerait-il aussi bien sans chars lourds ou moyens, avec un simple accompagnement d'aviation d'assaut, encore moins protégée.

Les discussions sur les vertus de la protection

la protection correspondante, on se convainc facilement que les malheurs rencontrés par ceux qui crurent devoir le respecter étaient mérités. Quel peut bien être son fondement? S'il est désirable d'être protégé contre l'arme que porte l'engin similaire, il est non moins intéressant de porter soi-même une arme à laquelle la protection de l'adversaire ne résiste pas. C'est ce que s'empressa de faire Fisher, avec son « croiseur de bataille », en montant une artillerie de cuirassé sur une coque de croiseur cuirassé, et en déclassant du coup tous les navires de ce type.

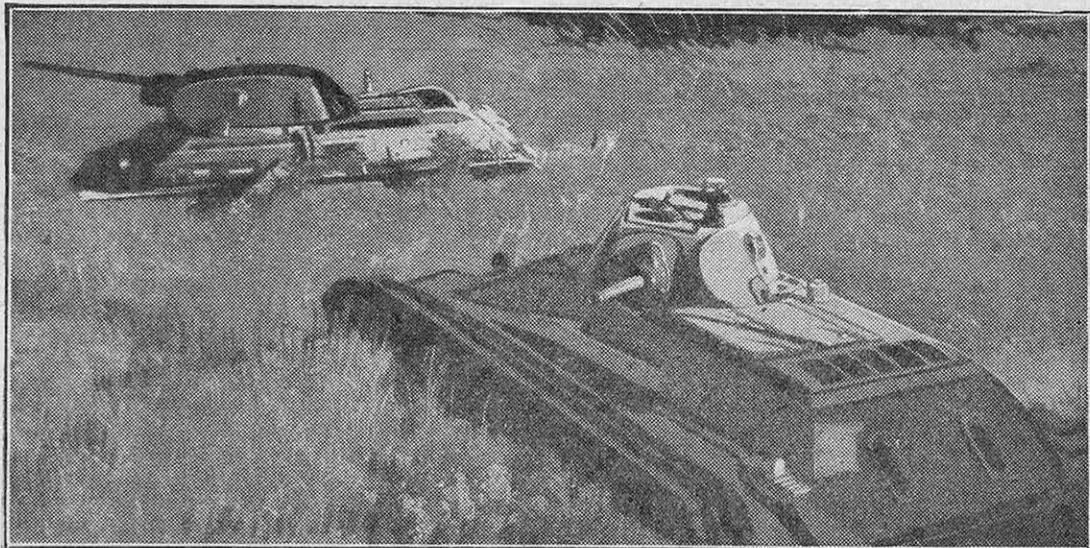


FIG. 8. — UN CHAR SOVIÉTIQUE MODERNE

T W 17118

On remarquera le caractère moderne de la formule, arme unique, puissante, blindages très inclinés..., qui, de source allemande, aurait mis en échec, pendant quelque temps au moins, les armes antichars qui lui étaient opposées.

et de la vitesse durent en marine depuis près d'un siècle; on peut être assuré que la matière ne manquera pas de sitôt à ceux qui auront à interpréter les résultats de la guerre mécanique sur terre.

L'indépendance du calibre et de l'épaisseur de cuirasse

On a fait choix, pour un char, d'une épaisseur de cuirasse; quel calibre convient-il de monter sur le char? Sous cette forme, ou sous la forme inverse, la question se pose à tous les auteurs de programmes de matériels blindés, comme elle se posait déjà pour les programmes de navires, comme elle se posera demain pour les programmes d'avions.

Une réponse a été donnée aux premières années de ce siècle. C'est le principe dit de « la protection correspondante » formulé par un professeur américain de construction navale, M. Howgard. On affirmait que tout programme judicieux était celui d'un navire protégé contre son propre calibre, en sous-entendant qu'il aurait à affronter le même calibre, porté par des navires similaires. La formule se trouvait être à peu près celle du cuirassé. Étendue au croiseur, elle donna le croiseur cuirassé, où l'on associait des ceintures de l'ordre de 150 mm à des calibres de l'ordre de 200 mm.

Pour peu qu'on approfondisse le principe de

Le principe de la protection correspondante peut être utile pour une conférence de limitation d'armements navals, quand tout le problème est d'éviter le trouble que des constructions nouvelles apporteraient parmi les navires en service; ce ne peut être un principe à suivre quand on se propose au contraire d'acquiescer la supériorité par le moyen de ce trouble.

La marine britannique vient d'en faire la fâcheuse expérience avec ses cinq cuirassés type *King George V*. Elle était parvenue à faire limiter, par l'accord de Londres du 22 mars 1936, le calibre des navires de ligne à 356 mm; les bâtiments de 35 000 tonnes porteurs de ce calibre étaient certainement beaucoup plus voisins de ceux que recommandait le principe de la protection correspondante que les bâtiments armés avec du 381 ou du 406 mm. Mais il est fâcheux de continuer à respecter ce principe quand on est seul à le faire; la rencontre du *Bismarck* et du *Prince of Wales* en fit la démonstration.

Le principe contraire, celui de l'indépendance du calibre et de l'épaisseur de cuirasse, et plus généralement de l'indépendance du calibre et du tonnage, a été posé dès 1921 par le général Faixhans. La date montre qu'il ne pouvait s'agir alors que de cette protection relative constituée par les épaisseurs différentes des bordages en bois. La forme n'en était pas moins parfaitement claire et générale. « On peut, écrivait

Paixhans, établir ce principe général qui peut-être n'avait point encore été posé, à savoir que, quel que soit le calibre du plus gros canon que la marine peut admettre dans la principale batterie du plus grand vaisseau, ce même calibre peut devenir uniquement et exclusivement celui des pièces, non seulement de toutes les autres batteries de ce grand vaisseau, mais encore de toutes les batteries des frégates et autres bâtiments d'un ordre inférieur. Tel paraît être le plus haut degré de force et en même temps la plus grande simplification de moyens qu'il soit possible d'obtenir pour l'artillerie de mer. »

Des trois propositions que fit Paixhans pour le perfectionnement de l'artillerie de marine, deux furent admises après une longue résistance, mais avec le plus grand succès : c'était la tourelle « à la Paixhans », à grand champ de battage, en remplacement des pièces en batteries, et l'obus explosif en remplacement du boulet plein. Pourquoi la troisième, l'indépendance du calibre et du tonnage, fut-elle laissée dans l'oubli? Le titre de l'ouvrage de l'auteur qui, selon l'usage de l'époque, était à lui seul un programme, en donne l'explication : « Nouvelle force maritime ou exposé des moyens d'annuler la force des marines actuelles de haut bord, et de donner à des navires très petits assez de puissance pour détruire les plus

grands vaisseaux de guerre, par J. H. Paixhans, chef de bataillon au Corps Royal d'Artillerie. » Ce n'est pas d'aujourd'hui que les marines se refusent à admettre les progrès qui feraient leur mort, surtout quand on exprime son intention d'une façon aussi claire.

Mais la valeur des principes ne se mesure pas à l'habileté que l'on met à convaincre les intéressés. L'échec de l'offensive britannique de l'hiver 1941-42 en Libye enseignera à la Grande-Bretagne et aux Etats-Unis la généralité de celui-ci. Les chars britanniques et américains qu'on y employa étaient bien protégés contre le calibre de 47 mm et moins qu'ils portaient, et la cuirasse des chars allemands résistait également très bien à ce calibre. Mais l'armée allemande n'avait pas respecté la règle du jeu et avait monté sur ses chars des canons d'au moins 76 mm qui n'eurent aucune peine à venir à bout des blindages anglo-saxons.

Tant qu'il n'y aura pas une autorité internationale pour réduire la nocivité des matériels de guerre, le principe de l'indépendance du calibre et de l'épaisseur de cuirasse donnera des succès beaucoup plus certains que le principe de la protection correspondante. « The biggest big gun », disait Fisher. Les avant-pro-

jets dont les caractéristiques sont données plus haut indiquent quelques-unes des réalisations qu'on peut espérer dans cette voie.

L'avenir du char

Sans sortir des questions d'armement et de protection et de leurs réactions mutuelles, bien d'autres principes pourraient être tirés de l'analyse des opérations les plus récentes. On s'expliquerait notamment l'insuccès des chars russes à armes multiples, où l'on reprenait la vieille idée du char-forteresse, depuis le projet de 1915 du général Estienne, avec deux mitrailleuses, un canon de 37 mm et vingt hommes, jusqu'aux chars allemands de 110 t, porteurs de trente mitrailleuses, quatre canons de 77 mm et vingt-neuf hommes, dont on avait commencé la construction en avril 1918. Mais nous croyons avoir suffisamment

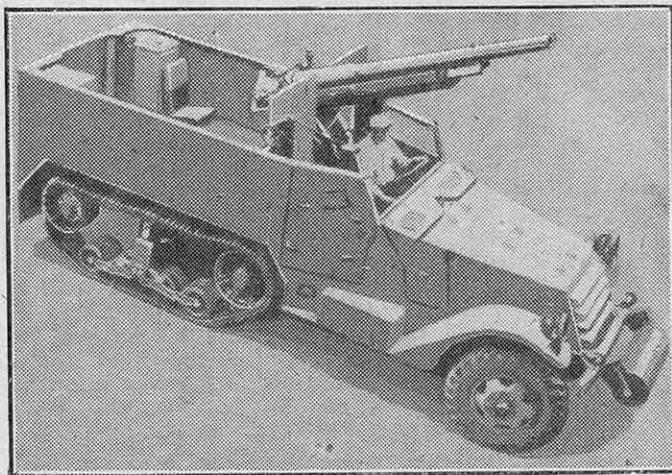
montré que l'évolution du char ne conduira pas vers quelque type unique qui éliminerait les autres, incapables de lui résister.

Le double progrès en armement et en protection sous l'effet de l'accroissement du tonnage est un principe qui pousse dans cette voie, et qui ferait disparaître, si on l'appliquait exclusivement, le char léger devant le char moyen, le char moyen devant le char lourd. Mais d'autres principes aussi certains, quoique moins

évidents, l'efficacité des protections légères, l'indépendance du calibre et de l'épaisseur de cuirasse, mènent dans la voie opposée d'une diversité accrue. Il y aura au moins autant de variétés de chars qu'il y a de variétés de navires ou d'avions.

Pour peu qu'on laisse au char la liberté de son évolution, il y en aura même beaucoup plus, et l'état présent des marines après quatre siècles d'emploi du canon, cent vingt ans de propulsion mécanique et quatre-vingts ans de blindage ne peut donner qu'une faible idée de la diversité utile sur les engins qui transposent sur terre l'association du canon, du blindage et du moteur. Le matériel naval en service répond au problème de la lutte contre un autre matériel naval; on aperçoit aujourd'hui ce qu'il en coûte de n'avoir point inscrit la lutte contre l'avion dans les données. On ne commettra pas longtemps l'erreur de croire que le seul adversaire dangereux du char est le char similaire ou plus puissant; l'avion ne s'est pas laissé oublier; il semble que le béton ait été jusqu'ici négligé, et la négligence coûtera peut-être aussi cher à ceux qui mettaient dans la puissance de leur matériel mécanique la même confiance que d'autres plaçaient dans le nombre de leurs cuirassés.

Camille ROUGERON.



T W 17120

FIG. 9. — UN « CHASSEUR DE CHARS » DE L'ARMÉE AMÉRICAINE

Ce « chasseur de chars » se compose d'un canon de 75 mm monté sur une voiture de reconnaissance; on peut reprocher à cette solution le poids élevé de l'affût et l'insuffisance de protection des servants, surtout contre l'attaque aérienne.

CHIMIE ET THÉRAPEUTIQUE

par Christian DUMAZERT

Chargé de cours à la Faculté de Médecine de Marseille

Si l'animal, en règle générale, est capable, par ses propres moyens, de résister à une infection microbienne ou de réparer les dégâts causés à ses tissus par une blessure, ses possibilités de défense contre les atteintes morbides du monde extérieur sont cependant très limitées. De tout temps, l'homme s'est efforcé de favoriser, de provoquer ou de compléter par des médicaments cette action réparatrice de la nature en faisant appel soit à des produits naturels, soit à des substances chimiques. La chimiothérapie est la science qui a précisément pour but de choisir parmi les innombrables corps de la chimie minérale et organique ceux qui peuvent mériter le nom de médicament. Depuis le milieu du siècle dernier, et malgré une apparente éclipse à la suite des travaux de Pasteur qui marquèrent l'avènement des vaccins et des sérums, elle a enregistré des progrès considérables dont le plus sensationnel est peut-être la découverte encore récente des sulfamides. Après la synthèse des vitamines et des hormones, la prochaine étape s'esquisse déjà avec le progrès de nos connaissances concernant la structure et le mécanisme d'action des enzymes, catalyseurs des réactions cellulaires et qui semblent devoir être les points de départ de nouveaux et puissants agents de la thérapeutique des maladies infectieuses.

La chimie minérale

La chimie minérale offre un nombre assez restreint de substances parmi lesquelles le choix a été assez rapidement fait de celles possédant des propriétés médicamenteuses. Comme il s'agit de corps faciles à obtenir à l'état pur, leur valeur thérapeutique et, le cas échéant, leur toxicité ont été bientôt définies d'une façon précise. Aussi n'insisterons-nous pas longuement sur les médicaments minéraux dont la connaissance est très répandue. Qui ne connaît, en effet, les propriétés purgatives du sulfate de sodium ou de magnésium, l'action hypotensive des iodures, la puissante action antiseptique de l'iode ainsi que son action réulsive? Les acides arsénieux et arséniques sont de redoutables toxiques, mais, à doses convenables, ce sont des reconstituants énergiques. Quant aux sels de mercure, leur toxicité, mais aussi leurs propriétés antisyphilitiques, sont connues depuis bien longtemps. Le cyanure de mercure fut peut-être un composant de la fameuse « aqua tofana » des empoisonneurs florentins, et il semble bien que ce fut un sel de mercure qu'Ambroise Paré utilisa pour combattre la syphilis de François I^{er}.

La science moderne a épuisé méthodiquement les ressources de la chimie minérale et, avec les travaux de M. et M^{me} Curie, nous arrivons à la découverte des éléments radioactifs, laquelle non seulement prouve que le rêve des alchimistes sur la transmutation de la matière n'est pas une chimère, mais encore fournit aux médecins une arme puissante contre le cancer avec le rayonnement électromagnétique et corpusculaire du radium et autres corps radioactifs. On ne saurait prévoir ce que nous réserve encore la chimie minérale, mais il est un monde qui apparaît comme inépuisable en tant que source de médicaments : c'est celui de la chimie organique.

La chimie organique

Choisir des médicaments parmi les centaines de milliers de substances dont l'organicien est capable de faire la synthèse, aurait été un travail très ardu si, des circonstances heureuses ou si la nature n'avaient pas parfois guidé le thérapeute.

En voici un exemple : un pharmacien français, Cadet, découvre un jour qu'en chauffant de l'anhydride arsénieux (As_2O_3) avec de l'acétate de sodium ($CH_3COO Na$), il se forme un produit d'une forte odeur alliécée. La réaction est bientôt élucidée et le nouveau corps est appelé oxyde de cacodyle. La réaction se schématise comme le montre la fig. 1.

Cet oxyde de cacodyle (liquore fumante de Cadet) traité par l'oxyde mercurique en présence d'eau permet d'obtenir l'acide cacodylique.

Ainsi fut découvert le cacodylate de sodium, reconstituant très actif et très connu, ainsi que son proche parent, le méthylarsinate disodique. L'arsenic ainsi introduit sous sa forme pentavalente dans une molécule organique est bien moins toxique que l'arsenic minéral. En effet, l'anhydride arsénieux devient très dangereux à la dose de 15 mg par jour, alors que la dose de cacodylate ou de méthylarsinate peut être portée à 200 mg par vingt-quatre heures (voie buccale). Dès lors, les organiciens partent à la découverte des composés organiques de l'arsenic. Les plus grands succès couronnent ces recherches et dépassent les prévisions : c'est ainsi que sont obtenus, par synthèse, l'atoxyl, spécifique de la maladie du sommeil, le stovarsol, la triarsamide, etc., dans lesquels l'arsenic est toujours pentavalent.

Ainsi apparaissent les propriétés curatives de l'arsenic organique dans les maladies à protozoaires. Or, le tréponème de la syphilis appartient à cet ordre des protozoaires et on va en

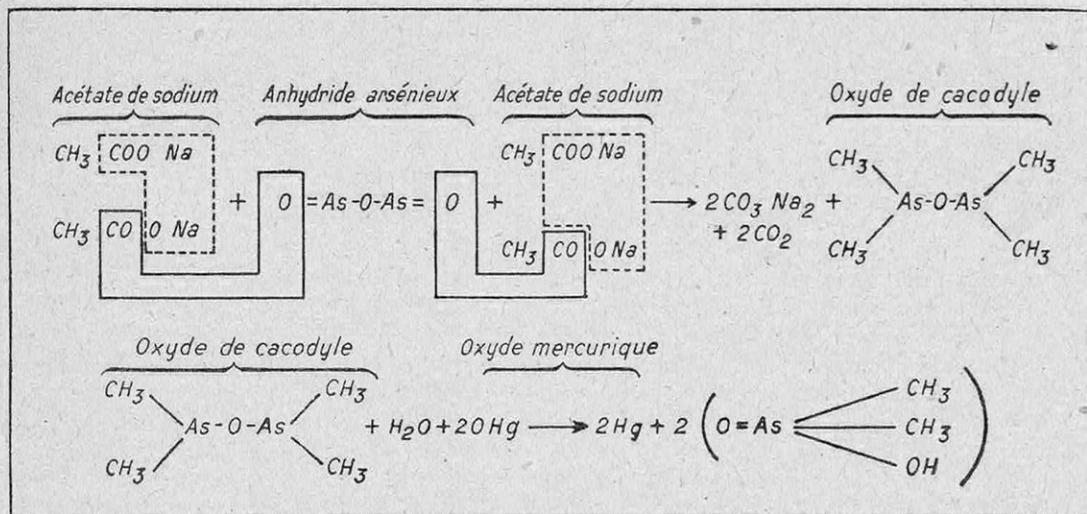


FIG. 1. — LES DEUX ÉTAPES DE LA PRÉPARATION DE L'ACIDE CADODYLIQUE

avoir raison avec les dérivés organiques de l'arsenic trivalent dont la structure typique est représentée ci-dessous par l'arsénobenzol ou 606.

Avec de tels médicaments et un traitement méthodique, la syphilis est devenue une maladie guérissable si le malade ne se dérobe pas aux prescriptions et aux contrôles qui doivent être prolongés parfois pendant plusieurs années.

Le secret des simples

Les corps ci-dessus sont des produits de synthèse pure, et il n'est pas douteux que les connaissances de la chimie minérale sur l'arsenic ont guidé l'organicien dans une voie fructueuse. Toute différente est l'orientation que l'analyse des produits naturels peut donner à la chimiothérapie. Chacun sait que certaines plantes ont été utilisées depuis parfois des millénaires comme médicaments. Cette notion, empirique au départ (l'opium fait dormir parce qu'il a des propriétés dormitives, disent les médecins de Molière), s'est trouvée précisée par l'analyse de ces drogues. De grands chimistes, souvent pharmaciens, tels que Tanret, Peltier et Caventoux, sont parvenus à extraire des plantes les principes actifs sous forme de

substances chimiques bien définies, de formule parfaitement établie.

Un exemple : des feuilles de coca a été extraite la cocaïne, puissant anesthésique local dans la formule duquel on remarquera le groupement ester benzoïque (que nous avons encadré dans la figure 3). L'expérience prouve facilement que les propriétés anesthésiantes de la cocaïne dépendent étroitement de ce groupement ester benzoïque. Aussi cherche-t-on à faire par synthèse un corps doué des mêmes propriétés, car la cocaïne est chère et laborieuse à extraire. Fourneau y parvint le premier en préparant au laboratoire un corps qui porte la traduction anglaise de son nom : la stovaïne, dont nous donnons la formule (fig. 3). Il est remarquable de constater que ces deux corps, l'un naturel, la cocaïne, et l'autre synthétique, la stovaïne, présentent le même groupement ester benzoïque. Une propriété thérapeutique, ici le pouvoir anesthésiant local, est donc en relation directe avec une configuration déterminée de la structure chimique, le groupement ester benzoïque. Ce dernier se retrouve dans beaucoup d'autres anesthésiques locaux préparés depuis par synthèse.

La nature a montré la voie, et le savant retient la notion qu'une loi relie la structure chimique aux propriétés thérapeutiques. Ainsi, la part du hasard dans le tri des matières organiques comme médicaments devient bien plus faible : il ne s'agit plus de cataloguer dans l'infini des corps, mais de sérier parmi les groupements fonctionnels.

Cette méthode a conduit tout récemment à une grande découverte qui est celle du pouvoir anti-infectieux du groupement aminobenzène-sulfamide représenté fig. 4.

Dans la découverte des sulfamides, le point de départ était cependant faux : c'était la découverte par les savants allemands du pouvoir anti-infectieux de certains colorants dont la formule contient une double liaison azoïque. C'est l'école française des Fourneau et des Tréfouel qui a

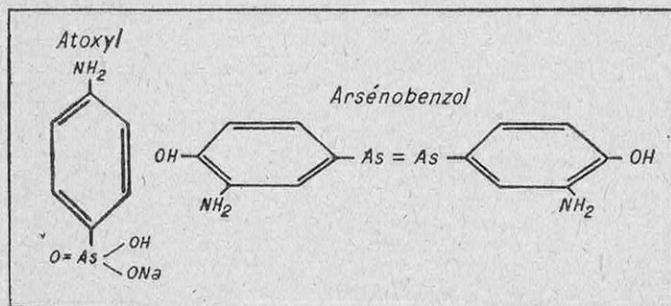


FIG. 2. — STRUCTURE DE DEUX DÉRIVÉS ORGANIQUES DE L'ARSENIC : L'ATOXYL, SPÉCIFIQUE DE LA MALADIE DU SOMMEIL, ET L'ARSÉNOBENZOL, SPÉCIFIQUE DE LA SYPHILIS

Il conviendrait, pour compléter ces formules, de placer à chaque sommet libre des polygones un atome de carbone combiné au nombre d'atomes d'hydrogène nécessaires pour saturer ses quatre valences.

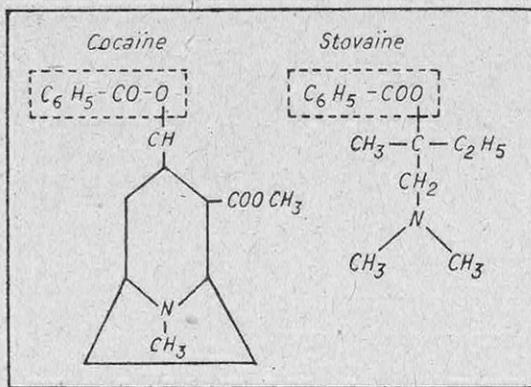


FIG. 3. — DEUX ANESTHÉSIQUES LOCAUX : LA COCAINE, PRODUIT NATUREL, ET LA STOVAINE, PRODUIT DE SYNTHÈSE

démonstré que ce pouvoir antiinfectieux n'est pas lié à la présence de la double liaison azoïque, mais au groupement sulfamide. C'est là le point de départ des recherches actuelles pour compliquer la formule du sulfamide en vue de lui conférer une *spécificité* microbienne, tel produit devant agir d'une manière spécifique contre le pneumocoque, tel autre contre le méningocoque, etc.

Ainsi est née toute la pléiade des « sulfamides » dont la très grande vogue se justifie par leur remarquable efficacité. Qu'on en juge : les sulfamides n'échouent presque jamais dans la blennorragie, constituent le premier médicament vraiment efficace dans les septicémies, où l'ancienne thérapeutique s'avérait impuissante à sauver plus d'un malade sur trois de la mort. Dans certaines méningites, on tend de plus en plus à préférer les sulfamides au classique sérum. Pneumonies, colibacillooses, gripes sont justiciables du traitement par les sulfamides. Il s'agit, de toute évidence, de la plus importante découverte pharmacodynamique de ces dernières années.

La chimie biologique

L'arsenal thérapeutique ne cesse de s'enrichir ainsi pour le plus grand bien de beaucoup de malades; pour d'autres, toutes les recherches de cet ordre sont inutiles. Tel est le cas lorsque la maladie est à rapporter au mauvais fonctionnement d'une glande à sécrétion interne, le pancréas, par exemple, chez un diabétique. Vieille comme le monde, une méthode, dite opothérapique, consiste à traiter tel organe malade en faisant ingérer le même organe prélevé sur un animal sain. Tout empirique

qu'elle paraisse, cette méthode est efficace, car l'organe donné comme remède contient un principe actif appelé hormone (1) ayant ceci de particulier qu'il est élaboré dans l'organisme par certaines glandes dites endocrines. Comme pour les plantes, l'analyse n'a pas tardé à isoler ces hormones sous forme de composés chimiques définis et, dans bien des cas, à en fixer la structure chimique. Takamine extrait des capsules surrénales l'adrénaline, qui joue un grand rôle dans la régulation de la pression sanguine, dans l'utilisation des hydrates de carbone, la fixation du calcium dans les os... Chose curieuse, ces propriétés se retrouvent dans une certaine mesure dans l'éphédrine (alcaloïde extrait de l'*Ephédra Vulgaris*) et dans un corps de synthèse, la phénylisopropylamine. On remarquera sur la figure 5 l'analogie de structure chimique de ces corps, ce qui illustre ici encore la notion qu'à des formules semblables correspondent des propriétés thérapeutiques ou biologiques comparables.

L'analyse a permis de connaître les formules chimiques de nombreuses hormones : hormone thyroïdienne, et tout récemment celles des hormones sexuelles mâles et femelles (Butenandt). Pour d'autres, les recherches n'ont pas encore abouti. Chaque fois que l'analyse permet d'établir la formule exacte d'un corps naturel, on peut dire que le laboratoire ne saurait tarder à trouver le procédé de synthèse, ce qui, dans le cas des hormones, est particulièrement avantageux si l'on considère que celles-ci n'existent le plus souvent qu'à l'état de traces dont l'extraction toujours onéreuse et laborieuse nécessite un très grand nombre d'animaux. La synthèse chimique est autrement plus séduisante.

A l'hormonothérapie, les diabétiques doivent un soulagement considérable et la prolongation de leur existence par une des plus belles découvertes de cette science, celle de l'insuline, pour citer une réussite particulièrement importante.

Les vitamines

Il est encore des maladies contre lesquelles tous les médicaments envisagés précédemment

(1) Voir : « Les hormones, facteur essentiel de notre vie organique et pathologique », dans *La Science et la Vie*, n° 214, avril 1935.

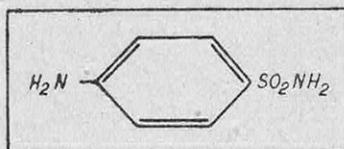


FIG. 4. — LE GROUPEMENT AMINO-BENZÈNE-SULFAMIDE AUX REMARQUABLES PROPRIÉTÉS ANTIINFECTIONNEUSES

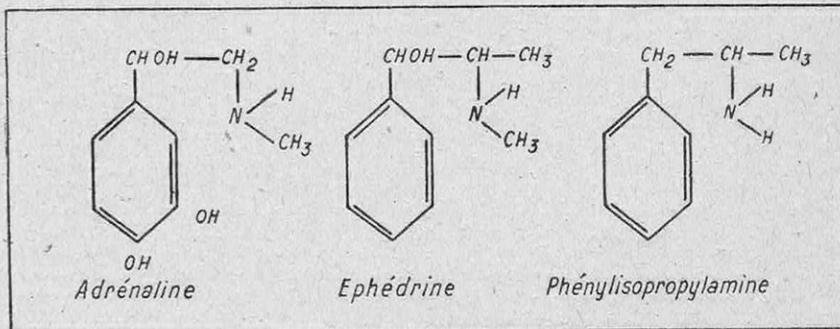


FIG. 5. — CES TROIS CORPS, ADRÉNALINE (EXTRAITE DES CAPSULES SURRÉNALES) ÉPHÉDRINE (EXTRAITE D'UNE PLANTE) ET LE PHÉNYLISOPROPYLAMINE (DE SYNTHÈSE) ONT DES PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES TRÈS VOISINES

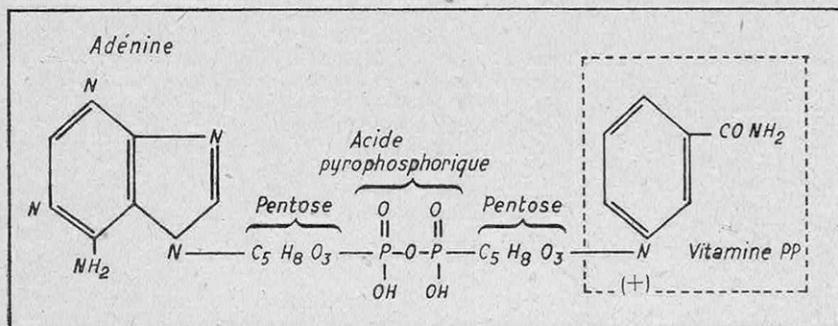


FIG. 6. — STRUCTURE DE LA COZYMASE QUI JOUE UN ROLE CAPITAL DANS LE MÉTABOLISME DES CELLULES ANIMALES

On remarquera dans ce schéma la participation de la vitamine P.P. (vitamine anti-pellagreuse ou amide nicotinique, que nous avons encadrée).

s'avèrent impuissants; ce sont celles causées par l'absence, dans la ration alimentaire, de ces facteurs découverts depuis peu que sont les vitamines. Celles-ci sont de véritables catalyseurs pour l'utilisation correcte des aliments. Ils agissent à l'état de traces, mais leur présence est indispensable.

Il est, par exemple, une maladie bien connue des navigateurs : le scorbut, qui se déclare lorsque l'alimentation des équipages devient dépourvue de légumes frais, surtout de fruits acides tels que citrons, oranges. Aussi de vieilles ordonnances royales rendaient obligatoire une provision de citrons dans la liste des vivres emportés pour les expéditions lointaines. Toutes les vitamines connues sont aujourd'hui identifiées à des substances chimiques de formules bien définies et dont on sait pratiquer les synthèses. *La Science et la Vie* a eu l'occasion à plusieurs reprises d'en parler en détail, et c'est pourquoi nous nous bornerons ici à souligner l'importance, aux points de vue thérapeutique et hygiène sociale, des connaissances acquises au cours de ces dernières décades sur les vitamines.

Les enzymes ou diastases

La chimie biologique pose un problème vraiment sensationnel et qui réside dans le fait que les êtres vivants — et les plantes en particulier — réalisent les synthèses les plus compliquées par des moyens d'une douceur surprenante. Toutes les réactions se font en effet chez les êtres vivants à des températures n'excédant qu'exceptionnellement 37° C. Au laboratoire, le chimiste ne parvient à réaliser de semblables synthèses qu'en mettant en œuvre des moyens brutaux : températures élevées, appareils compliqués, manipulations souvent dangereuses pour un rendement parfois médiocre en comparaison avec celui obtenu par l'être vivant. Cela tient à ce que ce dernier fait intervenir dans son travail chimique de merveilleux catalyseurs appelés enzymes. Le biologiste commence à élucider ce mécanisme de catalyse.

Mieux que cela, il sait aujourd'hui qu'un enzyme est une substance constituée par l'union d'un groupement prosthétique appelé *coenzyme*, auquel doit être attribué le rôle actif dans la catalyse, et d'un support colloïdal, *apoenzyme*, le plus souvent protéique, qui lui confère la grande surface nécessaire à son action. Ainsi la cozymase qui joue un rôle si important dans l'ensemble des phénomènes diastatiques de la

fermentation alcoolique répond au schéma de la figure 6.

Longtemps demeurés insaisissables, les enzymes cèdent peu à peu leur mystère. Ce n'est pas trop anticiper que de prévoir l'époque où ces diastases seront les instruments courants du chimiste organicien. Ce jour-là, les laboratoires de chimie organique revêtiront un aspect tout différent : plus de becs de gaz, plus d'appareils compliqués, plus de mani-

pulations salissantes, dangereuses. On ne verra plus, dans une salle nette, blanche et silencieuse, qu'un chimiste pouvant se payer le luxe de travailler en habit avec sûreté et élégance.

On peut prévoir que, dans ce domaine, le génie de Pasteur trouvera sa consécration la plus éclatante. Sous son impulsion s'est développée une œuvre de thérapeutique magnifique : sérums et vaccins ont fait et font toujours merveille contre la rage, la diphtérie, la typhoïde, etc. Ce qu'il y a de merveilleux, c'est le succès obtenu par la bactériologie appliquée, bien que, pendant longtemps, l'ignorance la plus complète ait régné sur les principes actifs des sérums et des vaccins. Des noms furent donnés, des théories émises. Ainsi un germe infectieux est un « antigène » qui, introduit dans l'organisme, provoque la formation d'« anticorps ». Lorsque l'individu sort vainqueur de l'invasion microbienne, c'est qu'il a détruit les germes en mettant en œuvre les « agglutinines », les « précipitines », les « lysines ». Tout cela est très commode pour s'exprimer, mais tous ces mots correspondent-ils à des substances chimiques existant réellement? La science d'aujourd'hui peut répondre par l'affirmative. En effet, les antigènes des pneumocoques ont été isolés et leur structure chimique identifiée à celle de substances appartenant au groupe des sucres de grand poids moléculaire. Dans un cas (pneumocoque du type III), il a été découvert un enzyme capable d'hydrolyser, donc de détruire cet antigène; cet enzyme, injecté à des souris pneumoniques, a permis la guérison de ces animaux par destruction « in situ » des pneumocoques.

Ainsi tout se tient dans ce domaine particulier de la chimie qu'est la chimiothérapie : après la chimie minérale, la chimie organique, par analyse, arrache de merveilleux secrets aux drogues végétales et animales. Entre-temps, le terrain se déblaie, l'empirisme recule devant des lois précises dont une des plus intéressantes est celle qui traduit que la parenté chimique s'accompagne de grandes analogies thérapeutiques dans certaines séries de corps. La chimie biologique fait appel à la chimie organique pour ses analyses, ses synthèses et, par la collaboration de ces disciplines, on aboutit à la connaissance des hormones, des vitamines. Ces dernières apportent dans cet enchaînement une transition vers les enzymes qui eux-mêmes se révèlent comme non étrangers aux phénomènes, si longtemps obscurs, de la lutte des organismes supérieurs contre les microbes. — C. DUMAZERT.

L'INDUSTRIE FRANÇAISE DES CARBURANTS SOLIDES

par A. LEPOIVRE

Dès juillet 1940, toute source extérieure d'approvisionnement étant coupée, le problème de l'approvisionnement des véhicules routiers en carburants de remplacement et particulièrement en carburants solides pour gazogènes s'est posé brutalement. Contrairement aux carburants liquides, les carburants solides ne peuvent être transportés économiquement à grande distance. Ils constituent donc essentiellement des ressources locales, ce qui explique la diversité des solutions mises en œuvre. C'est ainsi, par exemple, que, dans les régions industrielles peu boisées, on a fait usage des combustibles minéraux, malgré leur peu d'aptitude pour une telle utilisation. Mais la principale source de carburants solides est sans contredit la forêt. Son exploitation la plus rationnelle consisterait à traiter le bois dans de grandes usines récupérant les produits précieux de la distillation. De telles usines avaient été équipées avant la guerre, mais en nombre tout à fait insuffisant. Plusieurs milliers de fours démontables, plus ou moins perfectionnés mais rapidement construits, ont rendu d'inappréciables services, en permettant d'attendre l'équipement d'autres installations industrielles plus rationnelles, où seront produits soit du charbon de bois, soit des agglomérés, soit encore du bois torréfié, avec le meilleur rendement.

TOUS les combustibles solides qui se sont offerts pour remettre en marche les véhicules automobiles quand les pompes à essence furent tarées ne se prêtent pas également bien à la gazéification dans un générateur. Avant de dresser un tableau de l'industrie des combustibles pour gazogènes, il serait bon d'examiner quelles sont les conditions qui facilitent les réactions productrices du mélange gazeux, qui permettent d'enrichir le mélange, et les qualités des différents combustibles qui sont employés en attendant qu'on ait réussi à fabriquer un combustible à peu près parfait.

Teneur en eau et en cendres

A quelle condition le mélange gazeux produit dans un gazogène est-il le plus riche possible? On sait (1) que le gaz se trouve enrichi du fait que l'eau (contenue dans le combustible) se trouve réduite par le carbone incandescent dans la partie la plus chaude du foyer. Mais l'eau que contient le combustible n'a pas seule-

ment des avantages; une teneur en eau trop élevée présente de graves inconvénients :

1° S'il s'agit d'un gazogène à bois, le foyer ne peut être assez actif pour détruire les vapeurs de goudrons et de pyrolygneux que le bois émet avant de brûler, et ces vapeurs se retrouvent dans les épurateurs et parfois dans les moteurs; on devine aisément les dégâts que pourraient provoquer les dépôts de goudrons et les acides;

2° S'il s'agit de charbon de bois ou de charbon de terre, la vapeur d'eau ne peut être entièrement dissociée par les charbons insuffisamment ardents, elle se condense dans le refroidisseur, et de l'eau dépose sur les éléments filtrants; elle y forme, avec les poussières, un enduit à peu près imperméable au gaz; on dit que le filtre est « colmaté », il faut le démonter, le sécher et le nettoyer.

En outre, un combustible humide est difficile à allumer et si cette humidité n'est pas répartie dans la masse de façon homogène, il en résulte que le foyer, alimenté tantôt en combustible humide, tantôt en combustible sec, a une marche irrégulière.

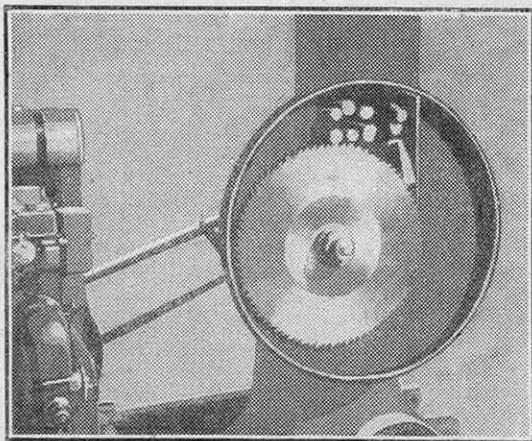


FIG. 1. — SCIE GLOPPE POUR LE DÉBITAGE DU BOIS
L'axe de rotation de cette scie tourne lui-même autour d'un axe excentré, et ce mouvement permet à la scie de pénétrer dans les rondins qu'elle découpe. Pendant une partie de son déplacement, la scie dégage l'ouverture par laquelle sont présentés les rondins. Des chaînes tournantes font alors avancer ceux-ci de 5 à 6 cm, avant que la scie n'entre de nouveau en action.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 295, mars 1942.

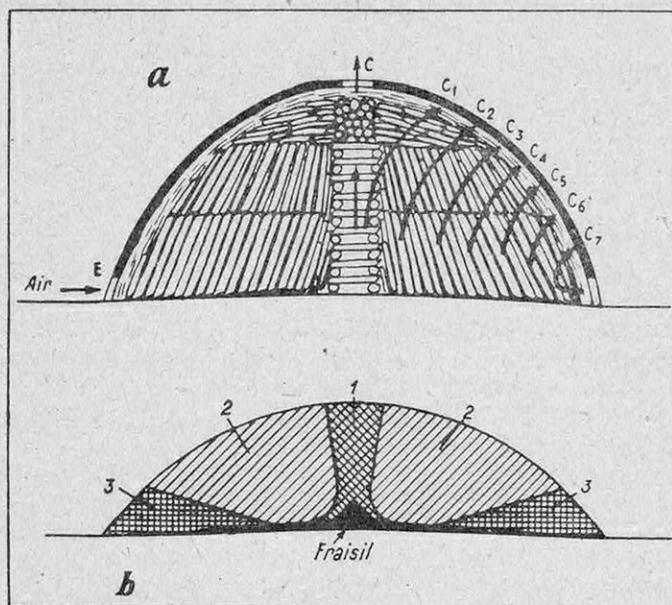


FIG. 2. — LA CARBONISATION DU BOIS DANS LES MEULES FORESTIÈRES

En (a), le bois est empilé autour d'une cheminée et recouvert d'une couche de terre. Des prises d'air sont ménagées au bas de la meule. L'allumage s'effectue par la cheminée, et la carbonisation, que l'on surveille d'après la couleur de la fumée émise (blanche pendant la dessiccation du bois, jaune pendant sa distillation et bleue quand s'amorce la combustion). Pour carboniser toute la masse du bois, on déplace l'ouverture de la cheminée de C, en C', à mesure que l'opération progresse. En (b), la meule après carbonisation. Son affaissement progressif a obligé le charbonnier à réparer constamment la couverture de terre. Seule la fraction (2) est utilisable dans un gazogène : la fraction (1) est trop cuite et (3) est trop chargée de goudron. Au contact du sol, le fraisil, mélange de cendre et de charbon menu.

La teneur en cendres est encore plus importante. Les portions incombustibles tendent à s'accumuler dans la région du foyer si on ne sait pas les éliminer. Elles nuisent alors aux réactions, et cela d'autant plus que les très hautes températures qui y sont développées provoquent souvent leur fusion sous la forme de mâchefers.

Aussi les combustibles ne doivent-ils pas être trop cendreux.

L'humidité et la teneur en cendres des combustibles acceptables pour les gazogènes ont été réglementées en France par les arrêtés du 14 septembre 1940. Les taux maxima d'humidité sont : 20 % pour le bois, 8 % pour le charbon de bois, 4 % pour les agglomérés et les combustibles minéraux.

En ce qui concerne la teneur en cendres, si aucune prescription ne concerne le bois, voici les teneurs maxima pour les autres combustibles : charbon de bois, 5 % ; houille, 7 % ; coke et semi-coke, 11 % ; agglomérés, 7 %. Bien entendu, les produits ne doivent contenir aucun corps étranger : terre, pierre, particules métalliques. On conçoit que plus le pourcentage de cendre est élevé, plus on devra dégraisser souvent le foyer. Dans les gazogènes à bois et les gazogènes à charbon à entrée d'air périphérique, les cendres restent pulvérulentes ou faiblement agglutinées et sont faciles à extraire. Dans les gazogènes à tuyère, au contraire, la température s'élève souvent à plus de 1500° et, sauf exception (charbon de bois de Provence à cen-

dres réfractaires), les cendres fondent, forment une galette pâteuse, offrant un gros obstacle au passage du gaz ; quand le foyer est éteint, ou même ralenti pendant une heure, la masse s'est solidifiée et il est impossible de repartir avant d'avoir dégrassé ; on enlève alors un mâchefer aussi dur que celui produit par du charbon de terre dans un foyer industriel.

Le calibrage du combustible

Le combustible doit être calibré ; si le combustible est trop menu, il se tasse dans le générateur, l'air ne circule pas aisément et le foyer ne produit pas assez de gaz ; si au contraire il est trop gros, l'air passe trop facilement, le gaz contient encore de l'oxygène et son pouvoir calorifique est faible ; dans l'un comme dans l'autre cas, le moteur manque de puissance et, notamment, il tient mal le ralenti. D'autre part, si le combustible est trop fin, il s'écoule en formant un cratère ; lorsque le fond de ce cratère touche la masse en feu, la trémie chauffe et le joint de la porte supérieure risque d'être détruit. Enfin, lorsque le combustible est trop gros, la chute peut en être arrêtée par un gros morceau coincé, et il se forme au-dessus du foyer une voûte que les trépidations du véhicule n'arrivent pas à briser ; il faut alors ringarder la masse.

Les arrêtés déjà cités prescrivent les dimensions extrêmes des

morceaux dont le mélange peut être effectué :

Bois pour gazogènes : morceaux de 25 à 80 mm.

Charbon de bois pour gazogènes : n° 1, morceaux de 8 à 30 mm ; n° 2, morceaux de 25 à 80 mm.

Il n'est rien imposé en ce qui concerne les agglomérés ou les combustibles minéraux. Pour les premiers, les fabricants produisent des agglomérés dont les dimensions se rapprochent du calibre n° 1 ; en ce qui concerne les combustibles minéraux, on se trouvera bien de suivre les indications données par les constructeurs de gazogènes, qui recommandent le plus souvent d'employer des grains de 5 à 15 mm. Aucun combustible ne doit contenir plus de 1 % de poussières.

Inflammabilité, combustibilité, réactivité

Les réactions du foyer ne sont pas aussi faciles à amorcer et à entretenir avec tous les combustibles. A ce point de vue, on distingue les trois caractéristiques suivantes :

Inflammabilité. — Dans un tube de quartz, on place une petite masse de charbon pulvérisé autour de la soudure d'un couple thermoélectrique et on chauffe le tout dans un petit four parcouru par un courant d'air de débit connu ; le charbon s'échauffe régulièrement jusqu'au moment où le couple thermoélectrique décele une brusque élévation de température

qui caractérise l'inflammation; les combustibles qui s'enflamment à basse température favorisent les reprises.

Combustibilité. — On peut la définir par le poids de combustible brûlé en un temps déterminé, dans un courant d'air sec de débit connu.

Réactivité. — C'est la plus ou moins grande aptitude du combustible à réduire l'anhydride carbonique (CO_2) à l'état d'oxyde de carbone (CO).

On n'est pas bien d'accord sur la définition exacte à donner à la réactivité; quoi qu'il en soit, il est établi que ces réactions sont déclenchées à plus basse température avec les combustibles végétaux qu'avec les combustibles minéraux.

Il est facile de comprendre l'importance de ces trois qualités; elles permettent de caractériser un combustible vis-à-vis des reprises, de la régularité de composition et de production de gaz; ces qualités sont elles-mêmes fonctions de la porosité du combustible, c'est-à-dire de la plus ou moins grande surface de contact entre l'air et le combustible. Cette porosité peut s'exprimer par le poids d'eau ou de vapeur fixé en un temps donné par un poids donné de combustible.

Le bois

Seul, le châtaignier ne peut être utilisé à l'état « cru » dans les gazogènes, en raison de la forte proportion d'acide qu'il produit à la carbonisation (1).

Les bois de la forêt française peuvent être classés en :

a) Bois durs (chêne, charme, orme, frêne, hêtre, etc.);

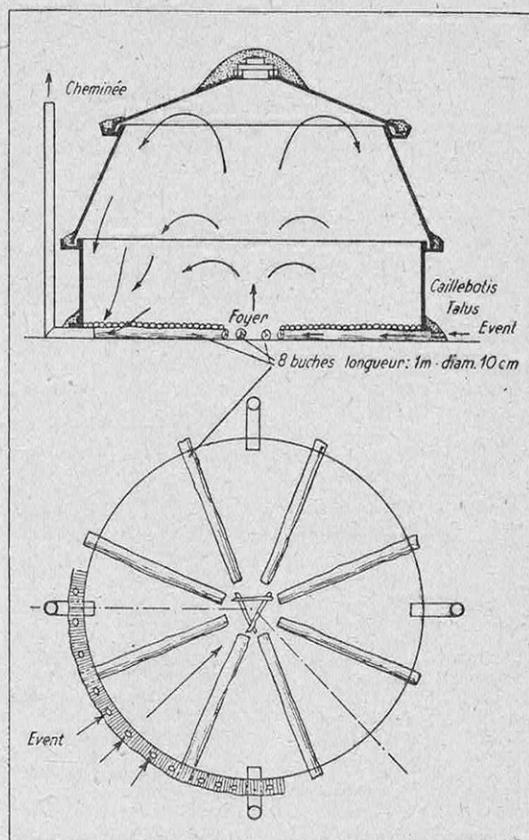
b) Bois tendres (peuplier, bouleau, érable, aulne, platane, etc.);

c) Résineux (pin, sapin, mélèze, épicéa, cèdre, etc.).

Les bois durs étant plus lourds que les tendres et que les résineux, assurent un plus grand rayon d'action, c'est-à-dire permettent de parcourir un chemin plus long sans rechargement; ils sont aussi plus économiques, car ils brûlent plus longtemps; mais les bois tendres et surtout les bois résineux s'enflammant très rapidement, donnent de meilleures reprises que les bois durs. Chaque fois qu'on le peut, on emploie des mélanges de diverses essences de morceaux de grosseurs variées. On ne peut pas, cependant, mettre en vente du bois pour gazogènes contenant moins de 50 % de bois durs.

La principale qualité à rechercher dans le bois est la siccité. Or les bois verts contiennent habituellement de 35 à 40 % d'eau et parfois jusqu'à 50 % (bois poussé en terrain marécageux et abattu en pleine sève). Le séchage des rondins en forêt est long; il faut de huit à dix mois pour que la teneur en eau descende à 20 %. On peut activer notablement le séchage en débitant le bois vert en petits morceaux selon les dimensions indiquées. On utilise pour cela des découpeuses. Dans ces appareils, un volant ou un bras, armé de couteaux tranchants, tournant à grande vitesse, découpe des perches de 7 à 8 cm de diamètre en rondelles de 3 à 8 cm de long, suivant la vitesse d'entraînement de la perche; celle-ci est présentée obliquement au couteau, de façon à diminuer la résistance au tranchage. Lorsque le bois est déjà sec, il est préférable de le scier, car les couteaux

(1) Le châtaignier donne un excellent charbon de bois.



T W 16425

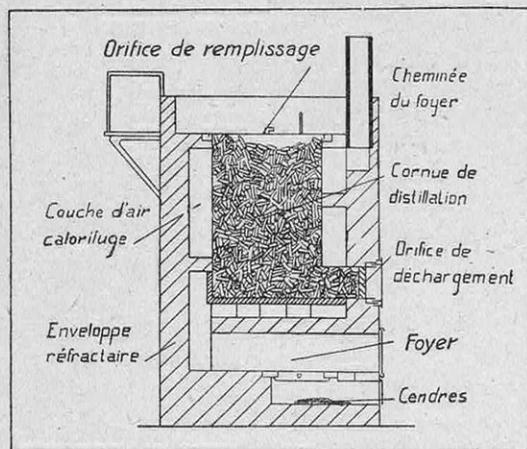
FIG. 3. — FOUR A CARBONISER DÉMONTABLE DES EAUX ET FORÊTS

Cet appareil est simple, commode à manipuler et à conduire, mais offre l'inconvénient de ne pas présenter de dispositif de récupération des produits volatils du bois. Les flèches représentent le trajet des gaz à l'intérieur du four. L'allumage s'effectue par la cheminée centrale qui est ensuite obturée à l'aide de terre.

s'émauseraient trop rapidement. (La fig. 1 donne un modèle de scie automatique.)

Le découpage a l'avantage de donner des morceaux taillés en biseau; les arêtes vives s'enflamment vite et favorisent un peu les reprises. Lorsqu'on a affaire à des bois de plus de 7 à 8 cm, que la découpeuse ne pourrait trancher, il est préférable de débiter les bûches, à l'aide d'une scie à ruban, en rondelles de 7 à 8 cm d'épaisseur et de passer ces rondelles à la fen-deuse.

Le bois vert débité peut être mis en sacs confectionnés avec un filet en corde de papier; les sacs sont suspendus dans un hangar simplement couvert. On peut aussi disposer le bois en couches de 80 cm sur des planchers non jointifs, (intervalle entre les planches : 2 cm); le versant du toit exposé à la pluie, de pente rapide, est couvert de tuiles, d'ardoises ou de tôles; l'autre versant, à pente plus douce, est vitré; le côté exposé à la pluie est fermé d'un pan de bois, les autres sont constitués par un fort grillage en fil de fer; de temps en temps, on remue la masse de bois à la fourche ou à la pelle; le même hangar peut comporter plusieurs planchers superposés. On compte que l'on peut faire sécher 250 kg de bois par m²



T W 16438

FIG. 4. — ÉLÉMENT D'UN FOUR SEMI-FIXE « CARBODISTIL » A RÉCUPÉRATION DES PRODUITS DE DISTILLATION

Ce four comporte une enveloppe extérieure réfractaire et une cornue intérieure entre lesquelles un espace annulaire interpose une couche d'air calorifuge. Il est chauffé par un foyer extérieur brûlant du bois à l'allumage, puis, quand la réaction est amorcée, par les gaz incondensables de la distillation. Le four comporte plusieurs éléments, et les gaz de chauffage peuvent aller d'un élément à l'autre. Une fois un élément mis en route, l'allumage des autres se fait directement avec des brûleurs à gaz. L'appareil, d'une manœuvre très simple, produit à volonté du charbon roux ou du charbon de bois. La durée d'une carbonisation complète est de six heures.

de plancher. Dans la bonne saison, le bois peut être amené à la siccité voulue en un mois.

On peut rendre le séchage plus rapide en faisant passer le bois en étuve chauffée par des déchets de bois (fagots, écorce, sciure, etc.), mais le procédé est un peu plus coûteux.

Propriétés du bois et du gaz de bois

On appelle densité de chargement le poids de 1 m^3 de bois débité pour gazogène; elle dépend de l'essence, de la grosseur des morceaux, de l'humidité et varie entre 280 et 350 kg par mètre cube.

Un kg de bois peut, en brûlant, dégager entre 2 800 et 3 500 cal, suivant l'essence et la teneur en eau; dans un gazogène, 1 kg de bois peut donner de 1,5 à 2 m^3 de gaz dont la composition se rapproche des pourcentages suivants :

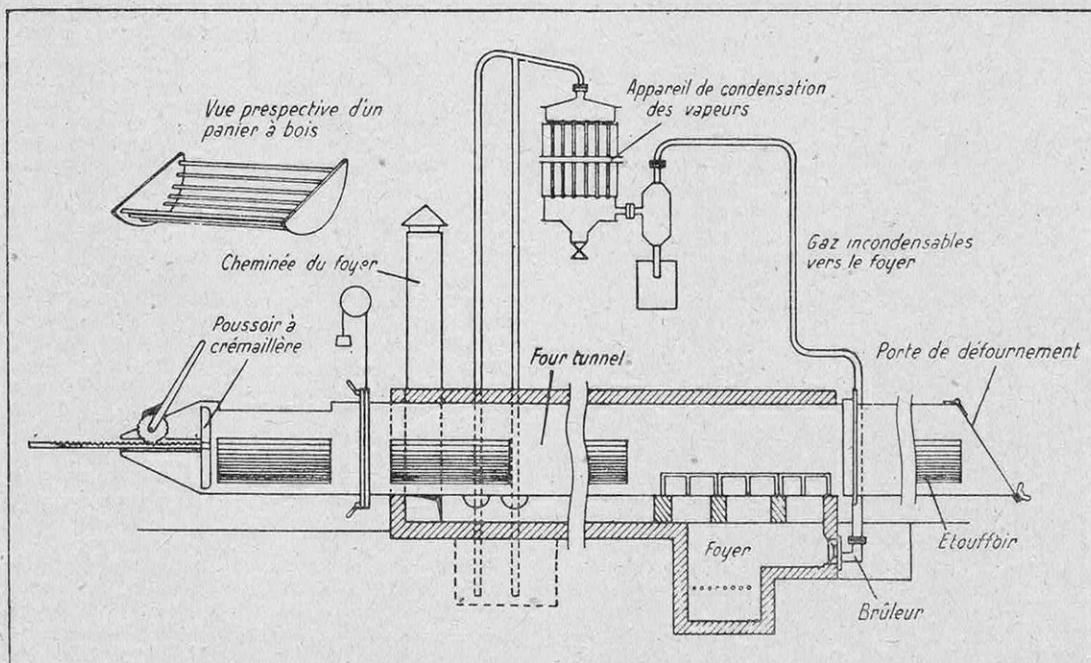
(en volumes)

Oxyde de carbone.....	18 à 24 %
Hydrogène	15 à 18 %
Carbures d'hydrogène	1 à 3 %
Anhydride carbonique	6 à 13 %
Azote	46 à 52 %

La composition du gaz dépend non seulement du bois, mais aussi de la plus ou moins bonne conception des appareils et de la façon dont ils sont entretenus.

Ce gaz a un pouvoir calorifique qui peut varier entre 1 150 cal/m^3 (minimum imposé à l'homologation des appareils) et 1 350 cal/m^3 (rappelons que le pouvoir calorifique s'exprime pour un gaz mesuré à 0° et sous la pression de 760 mm de mercure).

Un moteur consomme en moyenne 1 kg de



T W 16427

FIG. 5. — FOUR PILLARD A FONCTIONNEMENT SEMI-CONTINU ET RÉCUPÉRATION DES PRODUITS VOLATILS

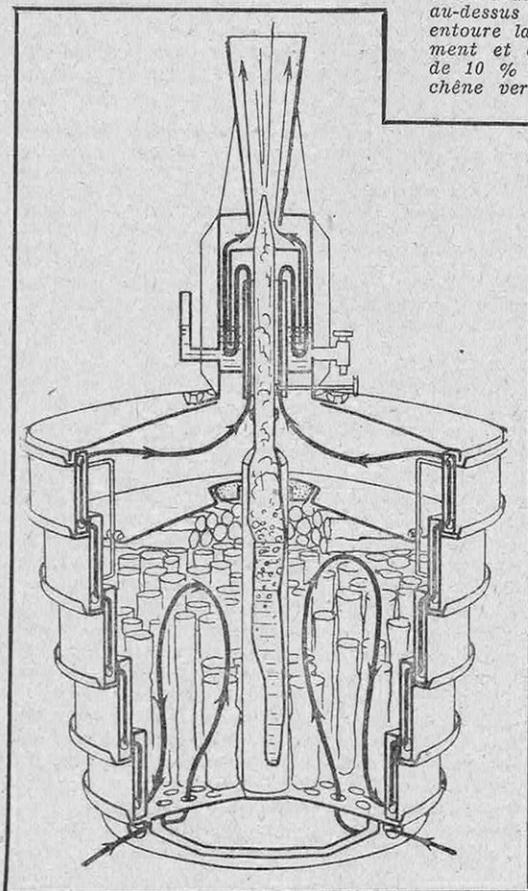
Le foyer de chauffage du four est ici extérieur à la cornue de distillation. Celle-ci est constituée par un tunnel de tôle dans lequel les paniers à bois avancent poussés l'un par l'autre jusqu'à ce que, la carbonisation du bois étant terminée, ils arrivent à l'étouffoir où le charbon se refroidit. Les vapeurs de distillation du bois sont recueillies par condensation. Les gaz incondensables qu'elles renferment alimentent le brûleur du foyer.

bois à 20 % d'eau pour un cheval.heure; un camion de 8 t, un autobus à 25 places assises demandent de 80 à 90 kg de bois aux 100 km; une voiture de tourisme de 12 à 14 ch, 4 places, consomme de 30 à 35 kg de bois aux 100 km, à la vitesse moyenne de 60 km/h. Ces chiffres, qui n'ont rien d'absolu d'ailleurs, permettent de dire que : 1 l d'essence (pesant 0,750 kg) peut être remplacé par 3 kg de bois (8 à 10 dm³).

Dans ces conditions, une forêt exploitée tous les vingt-cinq ans (1/25 de la surface mis en coupe chaque année) peut produire annuellement, par are, assez de bois pour remplacer de 200 à 220 litres d'essence.

Le charbon de bois

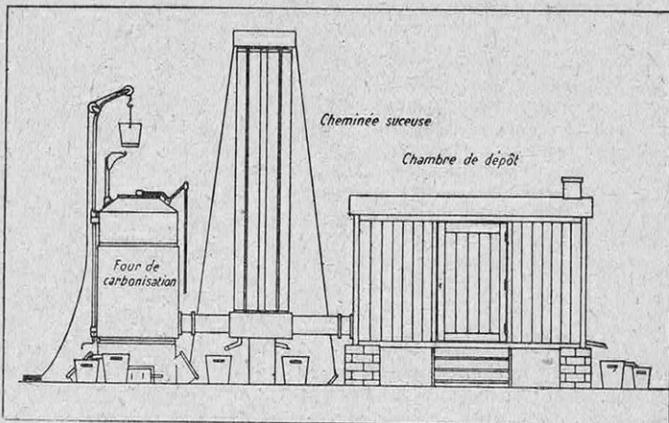
En juin 1940, la France se trouva



T W 16428

FIG. 6. — FOUR DE CARBONISATION TRANSPORTABLE A FOYER INTÉRIEUR ET RÉCUPÉRATION DES PRODUITS DE DISTILLATION (BONNECHAUX)

Le bois à carboniser repose sur une sole percée de trous. L'air est admis en bas par des événements fermés par des volets réglables. Les gaz de distillation sont contraints de barboter dans l'eau d'un récupérateur qui recueille les goudrons et les pyrolyseux. Le tirage est activé par un éjecteur à vapeur alimenté par une colonne d'eau située au centre du four.



T W 16426

FIG. 7. — FOUR DE CARBONISATION COMPLETE FACEL A RÉCUPÉRATION

Cet appareil est à foyer intérieur. L'air admis par des ouvertures réglables traverse une grille qui supporte le charbon incandescent et en brûle une partie. Les gaz chauds traversent la masse ligneuse au-dessus du foyer et redescendent dans un espace annulaire qui entoure la cornue. Les vapeurs entraînées se condensent partiellement et on recueille au bas du four un liquide contenant plus de 10 % de goudron insoluble et 6 % d'acide acétique (pour le chêne vert frais). Les autres vapeurs sont condensées dans une cheminée coudée et dans une chambre de dépôt.

presque totalement privée de son stock d'essence et de gasoil et dans l'impossibilité de le reconstituer; la vie d'un pays est actuellement sous la dépendance des transports : la suppression d'un grand nombre de trains, l'arrêt des transports automobiles compromettraient gravement et le présent et l'avenir de la France. Il fallait faire vite; les constructeurs de gazogènes intensifièrent leurs fabrications, d'autres se mirent à construire des appareils dont la nouveauté n'était pas toujours réelle. Le gazogène à charbon de bois, surtout, prit de l'extension et, tout naturellement, c'est vers la Direction Générale des Forêts que l'on se tourna pour obtenir du charbon de bois.

Il ne pouvait être question de développer la fabrication du charbon par le procédé ancestral de la meule en terre : la main-d'œuvre qualifiée pour ce travail est rare, la formation d'un charbonnier demande plusieurs années; en outre, le charbon de meule n'est pas homogène (fig. 2).

Dans ces conditions, la Direction Générale des Forêts mit en commande plusieurs milliers d'exemplaires d'un four métallique démontable, simple, commode à manipuler et à conduire, n'exigeant que quelques jours d'apprentissage et permettant d'obtenir un charbon très homogène (fig. 3); parallèlement, elle encourageait la construction de fours d'autres modèles, généralement de plus grande capacité, donc plus coûteux.

On reproche à ces fours de laisser partir en fumée des produits de haute valeur; le fait est exact, mais il ne faut pas perdre de vue dans quelles conditions fut intensifiée la construction de ces fours. La durée de ces appareils est de dix-huit mois environ; ce temps permettait aux industriels d'équiper des usines dans lesquelles la carbonisation pouvait être conduite de façon plus économique et plus rationnelle. Et, en effet, on assiste actuellement à l'éclosion d'un grand nombre d'usines outillées de fours modernes récupérant les produits jusqu'ici perdus.

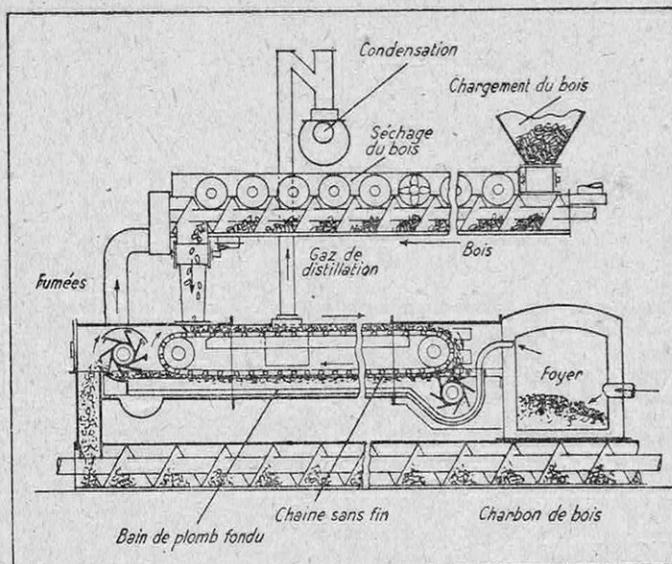
Les fours

Dans la tendance actuelle, il semble que l'on abandonne l'emploi des cornues séparées, amovibles; elles exigent un tonnage de métal important (cues nombreuses en tôles épaisses) et des appareils de manutention assez puissants. On leur substitue de plus en plus des fours à marche continue, en tôle ou en béton.

On peut classer les fours selon qu'ils sont à foyer extérieur à la cornue de distillation ou à foyer intérieur.

Parmi les fours à foyer extérieur, nous citerons les fours à cornues séparées (Premery), le four Auto-carbone, le four Peters, déjà décrits dans *La Science et la Vie*; nous ajouterons le four semi-continu Pillard Frères, dont la fig. 5 donne le schéma.

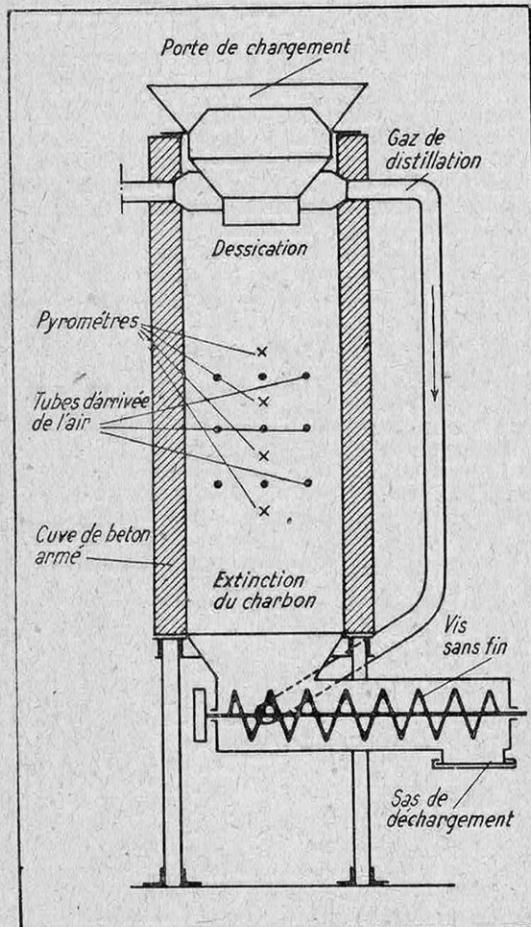
En principe, les fours à foyer ex-



T W 16430

FIG. 9. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE USINE DE DISTILLATION DU BOIS DANS UN BAIN DE PLOMB EN FUSION (FOURS HARENG)

Le bois est acheminé par une vis sans fin à travers un séchoir où il rencontre les gaz chauds du foyer. Il tombe ensuite sur une chaîne sans fin qui le contraint à effectuer un certain trajet dans un bain de plomb fondu dans lequel il distille à basse température. Il est ensuite repris par une vis sans fin de déchargement et se refroidit pendant le trajet qu'elle lui fait accomplir. Les vapeurs de distillation sont recueillies et condensées. Le bain de plomb est chauffé par un foyer auxiliaire que l'on peut alimenter par des déchets de bois.



T W 16429

armé, dans laquelle l'air est insufflé à la partie moyenne de la colonne de combustible à des niveaux déterminés suivant les indications de pyromètres. Les gaz de distillation s'échappent à la partie supérieure du four, traversent un condenseur et des dégoudronneurs, puis les gaz incondensables sont ramenés à la base du four par un ventilateur qui crée le tirage nécessaire. Ces gaz rencontrent le charbon rouge, et comme ils ne contiennent pas d'air, ils l'éteignent. Arrivés dans la zone d'insufflation de l'air, ils brûlent et provoquent la carbonisation du bois. Le charbon de bois qui arrive complètement refroidi au bas de l'appareil est acheminé vers le sas de déchargement par une vis sans fin. Une cornue, de 0,9 m de diamètre sur 3 m de haut, peut fournir une tonne de charbon en 24 heures.

térieur donnent un meilleur rendement en charbon et en goudron; encore faut-il tenir compte du combustible brûlé, car les gaz de distillation peuvent ne pas être produits en quantité suffisante; d'autre part, il faut que les vapeurs ne restent pas longtemps en contact avec les tôles surchauffées, sinon les goudrons sont cokéfiés en pure perte, car le coke reste adhérent aux parois. Il n'y a pas, du fait de cette cokéfaction, augmentation du rendement en charbon de bois.

Dans les fours à foyer intérieur (fig. 6 et 7), on introduit de l'air dans l'appareil: une partie du bois brûle donc et le rendement apparaît a priori moins bon; tout compte fait, les rendements sont sensiblement les mêmes, quelle que soit la situation du foyer. D'autre part, si, avec un foyer intérieur, le cheminement des gaz est bien étudié, si la température reste peu élevée (de 500 à 550°), la production de goudron devient intéressante.

Une place spéciale doit être réservée au four Hareng à bain de plomb liquide (fig. 9), dont le principe réside dans le rapprochement de

FIG. 8. — FOUR ERIM A CARBONISATION CONTINUE AVEC RÉCUPÉRATION DES PRODUITS CONDENSABLES

Ce four comprend une cuve cylindrique en béton armé, dans laquelle l'air est insufflé à la partie moyenne de la colonne de combustible à des niveaux déterminés suivant les indications de pyromètres. Les gaz de distillation s'échappent à la partie supérieure du four, traversent un condenseur et des dégoudronneurs, puis les gaz incondensables sont ramenés à la base du four par un ventilateur qui crée le tirage nécessaire. Ces gaz rencontrent le charbon rouge, et comme ils ne contiennent pas d'air, ils l'éteignent. Arrivés dans la zone d'insufflation de l'air, ils brûlent et provoquent la carbonisation du bois. Le charbon de bois qui arrive complètement refroidi au bas de l'appareil est acheminé vers le sas de déchargement par une vis sans fin. Une cornue, de 0,9 m de diamètre sur 3 m de haut, peut fournir une tonne de charbon en 24 heures.

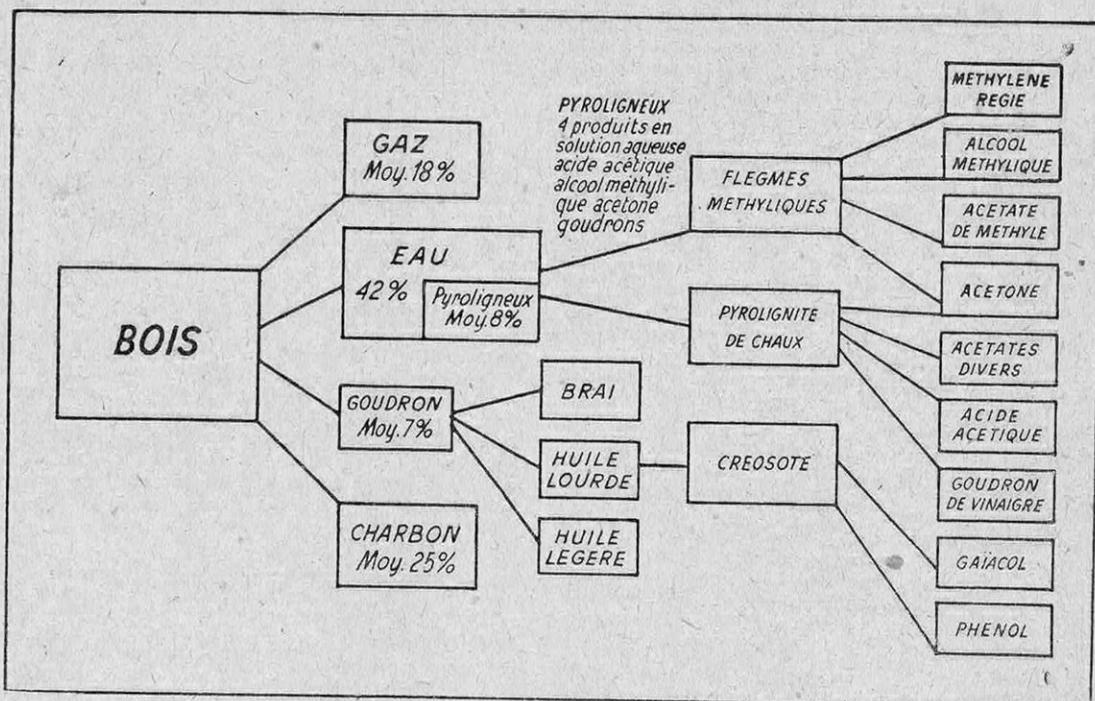


FIG. 10. — SCHÉMA MONTRANT LES PRINCIPAUX PRODUITS QUE L'ON PEUT EXTRAIRE DU BOIS PAR UNE CARBONISATION RATIONNELLE

deux faits : le plomb entre en fusion à 327°, et c'est vers 300° que s'amorce la réaction exothermique de la décomposition du bois; en outre, le plomb fondu ne peut pénétrer par capillarité dans les pores du bois.

La récupération des sous-produits

Le schéma (fig. 10) montre les principaux produits que l'on peut extraire du bois par pyrogénéation.

Ces produits peuvent être recueillis de deux façons différentes : par condensation (fig. 11), par saturation directe (figure 12). Dans ce dernier cas, on produit directement l'acétate de chaux et le méthylène (alcool et acétone), après dégoudronnage aussi parfait que possible; par condensation directe, les gaz et vapeurs sont dégoudronnés par barbotage dans un bain de goudron, puis énergiquement refroidis et lavés à l'aide d'une pluie d'eau ou de phénol. Par décantations successives, on débarrasse les jus pyroligneux des goudrons. Les

jus pyroligneux sont à leur tour traités, généralement, par le procédé des trois chaudières (fig. 13) pour séparer l'acide acétique sous forme d'acétate de l'alcool méthylique et l'acétone.

Mais ceci ne constitue que le premier stade de la fabrication : les goudrons, l'acétate gris, sec, et les flegmes doivent être traités pour obtenir des produits purs.

Pour que la production d'acide acétique,

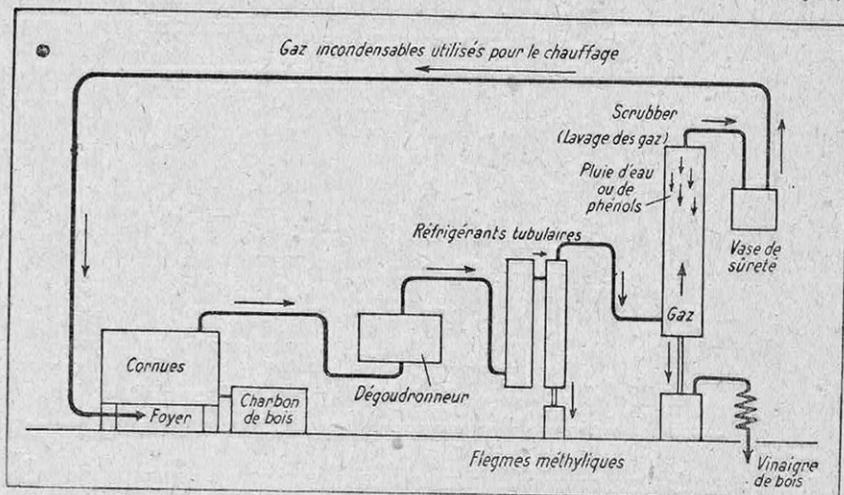


FIG. 11. — SCHÉMA D'UN CYCLE DE DISTILLATION DU BOIS AVEC CONDENSATION DIRECTE

Les gaz produits dans la cornue barbotent d'abord dans un dégoudronneur où ils abandonnent leurs parties les plus lourdes et les plus colorées; ils passent ensuite dans des réfrigérants tubulaires où se condensent à la fois les goudrons et les pyroligneux dont la séparation s'opère par décantation. Les parties non condensées sont retenues par un lavage sous une pluie d'eau ou de phénols. Les gaz combustibles non condensables retournent alors au foyer de chauffage des cornues.

d'alcool, d'acétone, etc., soit rémunératrice, il faut que l'usine traite des tonnages importants de bois; le matériel utilisé est coûteux, le personnel doit être choisi, le logement des produits doit être assuré; l'acide acétique attaquant presque tous les métaux, seul le cuivre convient pour les appareils qui reçoivent les pyroligneux jusqu'au moment où l'acide est extrait.

Il existe quelques usines en France, installées dans des massifs boisés importants, et il n'apparaît pas possible, pour l'instant, d'en installer d'autres : la pénurie de cuivre, la réduction du marché, en sont les causes. La question posée actuellement n'est pas de tirer du bois le meilleur rendement en produits divers, mais d'assurer à tout prix les transports pour garantir la vie du pays. En première urgence, il faut produire ou du bois pour gazogène ou du charbon de bois. Ce dernier présente des inconvénients, que nous dirons, et que l'on peut atténuer en le présentant sous forme d'agglomérés : ceux-ci exigent du goudron. Aussi, de nombreuses usines s'équipent actuellement pour carboniser en fours continus, recueillir les goudrons et fabriquer des agglomérés. Les jus pyroligneux qui pourraient être obtenus seraient trop dilués et leur valeur ne couvrirait pas le transport de l'usine de carbonisation à l'usine de traitement. Cependant, dès qu'il leur sera possible de produire à bas prix de l'acétate gris et des flegmes méthyliques suffisamment concentrées, que des usines spécialisées collecteront pour en tirer des produits finis, les industriels devront s'organiser en conséquence.

Préparation du charbon

Le charbon qui sort de la cornue ou du four doit être concassé, calibré et dépoussiéré, nous avons dit pour quelles raisons. Nous ajouterons que la poussière provenant de la partie

la plus fragile du bois, l'écorce, et que c'est précisément cette écorce qui contient le plus de cendres (le maximum légal de la teneur en cendres étant de 5 %), on voit l'importance de l'opération.

Dans les petites installations, on se contente de verser le charbon brut sur un grillage de 25 à 30 mm de maille et de le casser à l'aide d'un rondin; on crible ensuite ce qui a traversé. L'opération est pénible et sale.

Lorsque la production atteint 2 ou 3 tonnes par jour, il est intéressant d'utiliser un broyeur mécanique. Le système de concassage doit tendre à casser le charbon et non à l'écraser (fig. 14 et 15).

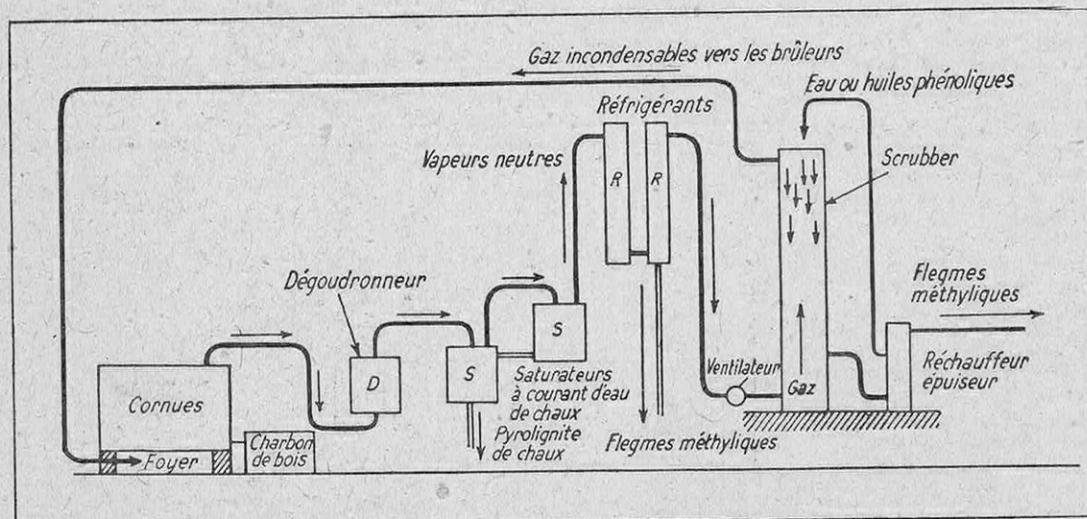
Le charbon pouvant, par temps humide, absorber jusqu'à 15 % de son poids d'eau, il est indispensable de le loger dans des sacs étanches à l'humidité (papier Kraft) et d'empiler les sacs dans un magasin bien sec. On compte que, pour stocker une tonne de charbon en sacs de 30 cm x 30 cm x 70 cm, il faut un espace de 4,80 à 5,20 m de long sur 0,70 m de large et 1,80 m de hauteur.

Propriétés du charbon de bois et du gaz de charbon de bois

La densité de chargement dépend de l'essence, du calibrage, de l'humidité. Voici les chiffres (qui paraissent des extrêmes) déterminés par nous-mêmes :

Charbon de sarments de vigne	120 kg/m ³
Charbon de genévrier (n° 1)...	155 kg/m ³
Charbon de chêne vert (n° 1)...	307 kg/m ³
Charbon de chêne vert (n° 2)...	295 kg/m ³

Hors ces cas particuliers, la densité de chargement varie de 180 kg/m³ (résineux) à 280 kg/m³ (bois dur). Les bois résineux produisent un charbon tendre, poreux, léger, à rayon d'action restreint, mais donnant de bonnes reprises.



T W 16432

FIG. 12. — SCHÉMA D'UN CYCLE DE DISTILLATION DU BOIS AVEC FIXATION CHIMIQUE DES PRODUITS ACIDES

La récupération des produits distillés par saturation directe consiste à fixer chimiquement les éléments acides sur un bain de chaux. Le circuit comporte d'abord un dégoudronneur, puis des saturateurs traversés par un courant d'eau de chaux continuellement renouvelée; ce courant est remonté par le flux gazeux qui abandonne ses acides, transformés en pyrolignites de chaux (acétate impur); les vapeurs neutres, contenant en particulier les flegmes méthyliques, traversent ensuite un jeu de réfrigérants où elles se condensent, puis un scrubber dans lequel une pluie d'eau ou d'huile phénolée retient, en les dissolvant, les derniers éléments condensables. Les éléments incondensables sont envoyés aux brûleurs du foyer de la cornue de distillation.

Un kilogramme de bois dégage en brûlant 7 500 à 8 000 calories et peut, dans un gazogène, donner de 4,5 à 5 m³ de gaz dont la composition varie dans les limites suivantes :

	(en volumes)
— oxyde de carbone.....	28 à 32 %
— hydrogène	4 à 10 %
— anhydride carbonique... ..	1 à 3 %
— carbures d'hydrogène....	traces
— azote	57 à 65 %

Le pouvoir calorifique de ce gaz varie de 1 000 cal/m³ (minimum imposé aux essais d'homologation) à 1 250 cal/m³.

Un moteur de 1 ch consomme en une heure environ 0,500 kg de charbon de bois à moins de 8 % d'eau; un camion de 8 t, un autobus à 25 places assises, consomment de 40 à 45 kg aux 100 km. Une voiture de tourisme de 12 à 14 ch, 4 places, demande 15 à 18 kg de charbon aux 100 km.

Si on rapproche ces chiffres de ceux qui concernent les moteurs à essence, on reconnaît que : 1 litre d'essence pesant 0,750 kg peut être remplacé par 1,5 kg (6 à 8 dm³) de charbon de bois.

Rendement du bois en charbon

Le rendement de l'opération de carbonisation est fonction d'un grand nombre d'éléments : essence, siccité du bois, terrain, valeur et conscience du charbonnier. Voici des rendements obtenus par nous en fours métalliques démontables, avec du bois sec :

- résineux : 60 kg/stère (charbon calibré dépoussiéré);
- bois durs : 70 à 80 kg/stère ou 195 à 200 kg/tonne de bois;
- chêne vert : 100 kg et plus par stère;
- sarments de vigne : 185 à 200 kg par tonne (sarments coupés depuis deux mois).

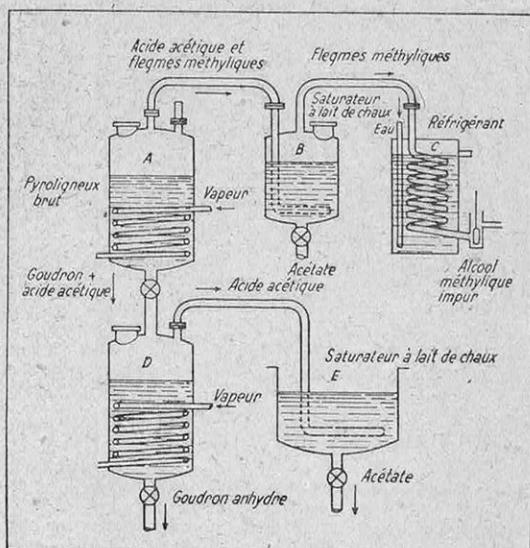
Bois ou charbon de bois?

Le bois n'est pas fragile et il est propre, tandis que le charbon est friable, sale; une présentation en sacs étanches, une manutention soignée ne peuvent qu'atténuer légèrement ces défauts.

Si nous nous reportons à ce qui a été dit précédemment, nous constatons que, pour un même chemin parcouru, il faut emporter un poids de bois double du poids de charbon; les encombrements en volume sont sensiblement les mêmes.

Le gaz de bois a un pouvoir calorifique plus élevé que le gaz de charbon de bois et il en est de même des mélanges air-gaz : un moteur alimenté au gaz de bois développe donc plus de puissance que si on l'alimente au gaz de charbon de bois; ses reprises sont meilleures; il est plus souple. Cela tient à deux faits :

1° Le bois, en séchant, abandonne plus d'eau que le charbon, et la vapeur d'eau, au contact de charbons ardents, se dissocie en donnant de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone, phénomène qui, ne demandant pas d'air, n'introduit pas dans le gaz cet élément appauvrisseur qu'est l'azote. Mais ceci ne va pas sans inconvénients : le gaz de bois doit être séché. Les rechargements de bois sont fréquents; pendant les arrêts ou les ralentis prolongés, l'eau continue à s'évaporer, mais ne peut plus être dissociée, le foyer devenant moins actif, de sorte



T W 16433
FIG. 13. — APPAREIL A TROIS CHAUDIÈRES POUR LE TRAITEMENT DU PYROLIQUEUX BRUT

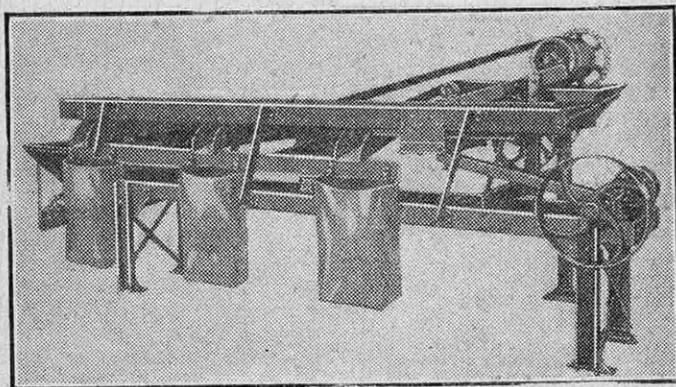
La chaudière A effectue une première séparation entre les flegmes méthyliques et une portion de l'acétate d'une part et, d'autre part, le goudron et l'autre portion de l'acétate. Dans la chaudière B, l'acétate est fixé et le méthylène distille vers C où il est recueilli. En D, le goudron est séparé par distillation de l'acétate qu'il contient et qu'on recueille dans le saturateur E.

qu'au moment de la reprise, le moteur reçoit du gaz humide et repart mal.

2° Après avoir séché, le bois distillé émet des vapeurs acides et goudroneuses qui, si le foyer est assez chaud, subissent une sorte de « cracking » qui les transforme en oxyde de carbone, hydrogène, carbures d'hydrogène, qui enrichissent le gaz; mais si, pour une raison ou une autre, les pyroliqueux ne sont pas crackés (foyer encrassé ou trop froid au démarrage ou bois trop humide), il peut en résulter une destruction rapide des épurateurs ou des moteurs. Ces inconvénients ne se présentent pas avec le charbon de bois qui, en principe, ne distille pas dans le gazogène et contient moins d'eau que le bois; on peut cependant lui reprocher son hygroscopicité qui oblige à un stockage dans un endroit bien sec.

On reproche encore au charbon de bois un gaspillage de calories : 3 kg de bois équivalent à 1,5 kg de charbon, et cette quantité de charbon provient du traitement de 6 à 7 kg de bois. Il est exact que la carbonisation qui se pratique actuellement en forêt est loin d'être rationnelle et économique, mais il ne faut pas oublier dans quelles pénibles conditions elle a été organisée. Si la carbonisation, en usine ou en forêt, était conduite avec des appareils permettant la récupération des sous-produits, si elle était organisée et développée rationnellement, il serait certainement plus avantageux d'utiliser le charbon de bois que le bois, car, avec ce dernier, on ne peut rien récupérer quand il brûle dans un gazogène, la vie des moteurs et des épurateurs est plus courte et enfin on ne peut mélanger des combustibles minéraux au bois, comme on peut le faire avec le charbon de bois.

On s'est proposé de réaliser des combustibles issus du bois, présentant les avantages du bois



T W 16435

FIG. 14. — CONCASSEUR DE CHARBON DE BOIS A GRANDE PRODUCTION

Le charbon brut est versé sur un tapis convoyeur et amené sur la table à secousses qui évacue le charbon naturellement calibré. Les refus de la table sont versés dans le concasseur, d'où les morceaux retombent sur le tapis convoyeur; on ne concasse ainsi que les brins qui sont trop gros et on diminue la production de poussière; le pourcentage de poussière, normalement égal à 12-15 %, est ainsi ramené à 5-7 %.

et du charbon de bois, sans en avoir les inconvénients : ce sont le charbon roux et les agglomérés.

Charbon roux ou bois torréfié

C'est le produit que l'on obtient en chauffant le bois à 270-290°. c'est-à-dire à une température légèrement inférieure à celle qui correspond au déclenchement de la réaction exothermique de décomposition du bois.

Le produit obtenu est intermédiaire entre le bois et le charbon : il est un peu moins propre que le bois, mais n'est pas friable comme le charbon; il ne contient plus d'eau et n'est pas très hygroscopique; dans le gazogène, dont le foyer peut aisément être maintenu à température élevée, puisqu'il n'y a plus d'eau, le charbon roux distille, mais les vapeurs pyroligneuses sont crackées dans le foyer, le gaz est riche (1400 cal/m³ en moyenne) et les appareils ne reçoivent pas en principe d'acide ou de goudron. Le bois torréfié ne peut être utilisé que dans des gazogènes à bois.

Le bois torréfié est incontestablement un progrès par rapport au bois sec. Il présente également des avantages sur le charbon de bois : il faut, en effet, 1 kg de bois (3000 cal) pour produire de 200 à 220 g de charbon, qui peuvent donner environ 1 m³ de gaz à 1100 calories, tandis que ce même kilogramme de bois peut fournir 600 g de bois torréfié qui, dans le gazogène, produiront environ 1,2 m³ de gaz à 1400 cal/m³, soit près de 1700 calories, dont d'ailleurs il faut déduire la chaleur nécessaire à la torréfaction du bois. L'opération est néanmoins intéressante.

Le bois est découpé préalablement en tronçons de 3 à 5 cm d'arête et introduit dans l'un des appareils présentés figures 16 et 17.

Agglomérés

Il en existe plusieurs types qui diffèrent par la forme et la composition.

Certaines usines fabriquent des agglomérés constitués par un mélange de charbon de bois et de charbon minéral, dont l'avantage est de réduire la proportion du liant : tel est l'Activit, fabriqué à Vernon-sur-Eure.

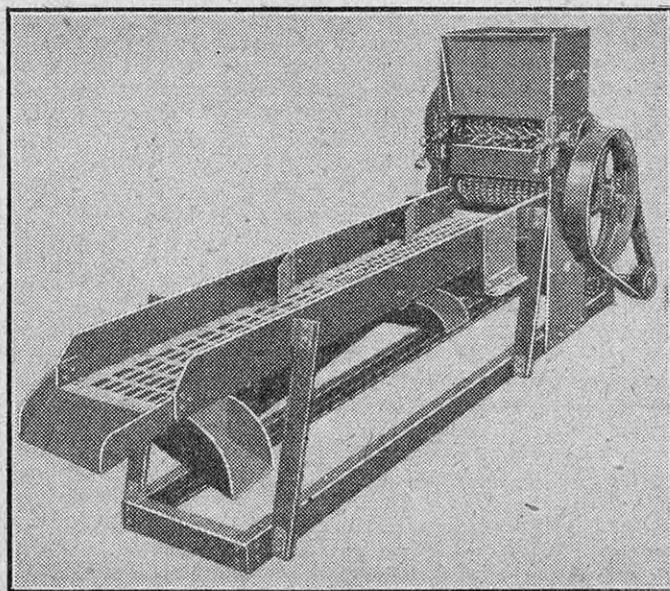
Les agglomérés de charbon de bois pur sont plus malaisés à obtenir : ils demandent davantage de liant (goudron de bois ou brai de houille); il faut aussi une presse puissante à gros débit.

Ces presses sont soit des roues à empreintes (Sahut-Conreur) avec lesquelles on obtient des boulets du type Carbonite (procédé Hennebutte) ou Carbusol (Usines de Chapareillan, Isère), ou des presses à moule ouvert (Boulet & C^{ie}), avec lesquelles on obtient des pressions élevées et un débit important (procédé Deffrène).

La fabrication des agglomérés ne peut guère être entreprise que dans les usines pratiquant au moins la récupération du goudron.

Voici, rapidement exposé, le mode de fabrication employé par la Société Française des Carburants Forestiers à Chapareillan : le charbon est obtenu dans des fours Erim; les vapeurs passent dans un condenseur par surface, puis dans des dégoudronneurs; les jus pyroligneux sont séparés par décantations et envoyés actuellement à l'égout; on ne conserve que les goudrons lourds.

Ceux-ci sont traités, de façon à obtenir du brai sec, par injection d'air dans la masse chauffée à 170-175°. On cesse de chauffer quand le point de fusion, déterminé par la méthode Kre-



T W 16436

FIG. 15. — CONCASSEUR MÉCANIQUE A CHARBON DE BOIS (ROLLAND)
Ce concasseur comporte deux cylindres munis de couronnes de dents n'engrenant pas et tournant en sens inverse. Les brins sont triés par un tamis à secousses.

mer, est de 72 à 75° : la masse liquide est alors envoyée à refroidir dans des bacs où elle se solidifie en donnant un brai sec, d'un noir brillant, cassant comme du verre.

Le charbon et le brai sec sont mélangés dans la proportion de 38 kg de brai pour 100 kg de charbon et concassés en même temps dans un concasseur à marteaux. Le triage des fines se fait par entraînement dans un courant d'air réglé, de façon à obtenir une poussière ténue ne laissant que 5 à 6 % de refus au tamis de 100; ces fines passent dans un mélangeur Carr (cages d'écureuils concentriques tournant en sens inverse) et sont reprises par une chaîne à godet qui les déverse dans un malaxeur situé au-dessus de la presse. Un courant de vapeur à 8 kg arrive dans la masse malaxée et fond le brai, provoque la formation d'une pâte épaisse qu'on laisse écouler entre les deux cylindres d'une presse à empreintes Sahut et Conreur; ces boulets sèchent et durcissent en quelques minutes. On les passe alors dans un four Erim affecté à cet usage : ils y sont recuits à une température de 475-500°, afin d'éliminer les goudrons; une partie dis-

tille, l'autre se cokéfie et donne de la dureté aux boulets. Le four est continu, le boulet y demeure environ trois heures avant de sortir éteint. Les boulets, dont la forme rappelle un coquillage, pèsent 7 g après cuisson; la densité de chargement est de 600 kg/m³ en moyenne, soit environ 2,5 fois celle du charbon de bois. Ils ne se brisent que sous un choc violent et ne s'écrasent pas sous le poids d'un homme : on peut donc les manutentionner à la pelle, sans précaution.

Un boulet plongé dans l'eau flotte (densité apparente 0,935); il sombre au bout de quinze à vingt minutes; après une immersion de quatre heures, le poids a augmenté de 16 % et, après quatre jours, de 30 %, sans qu'il y ait eu effritement ou transformation en pâte. Ceci montre que les boulets sont poreux et explique la rapidité de l'allumage.

C'est l'augmentation du rayon d'action, la grande régularité de marche, la manutention plus propre, qui constituent les principaux avantages de l'aggloméré.

Combustibles minéraux

Le développement du gazogène à bois et à charbon de bois étant limité par les possibilités

de la forêt française, il a fallu envisager l'utilisation des charbons minéraux dans les gazogènes pour véhicules automobiles.

Il y a de sérieuses difficultés à vaincre d'ailleurs :

a) La température au foyer reste très souvent voisine de 1 500° et la tuyère résiste mal à cette température. Les tôles sont exposées à rougir et il est bon de les protéger par une enveloppe réfractaire, qui elle-même risque d'être rapidement détruite par les mâchefers.

b) La teneur en cendres est généralement élevée et les cendres fondent à la température élevée du foyer, formant des mâchefers qui attaquent les grilles et le réfractaire, et ralentissent la production du gaz.

c) Les combustibles minéraux sont souvent sulfureux; la teneur admise par les règlements, 0,75%, paraît être un peu trop élevée; il faut que les vapeurs sulfureuses soient absolument arrêtées avant l'arrivée au moteur, sinon celui-ci serait vite hors d'usage.

d) Il est constaté que les combustibles minéraux sont moins inflammables, moins combustibles, moins réactifs que les combustibles végétaux.

Les charbons minéraux, anthracite, charbon maigre, coke et semi-coke n'ont pas que des inconvénients; leur grande densité assure un grand rayon d'action; ils produisent un gaz de pouvoir calorifique élevé. Si leur emploi seul est plein de difficultés, le mélange de charbon de bois et de charbon de terre présente le plus grand intérêt.

La tourbe

On est mal fixé sur la richesse du sol français en tourbières; les estimations oscillent entre 300 000 et 1 200 000 ha! Il apparaît cependant que nos réserves de tourbe peuvent s'élever à plus de 1 milliard de tonnes, d'un combustible dont le pouvoir calorifique serait voisin de 5 000 cal/kg (1).

Certes, la tourbe présente de graves défauts : elle est légère, sa teneur en eau et en cendres est élevée; son extraction n'est possible que pendant une faible partie de l'année et le séchage est long. Si l'on veut réduire la durée du séchage, il faut installer des usines et des machines coûteuses.

L'inconvénient de la légèreté peut être levé

(1) Voir dans ce numéro, page 284.

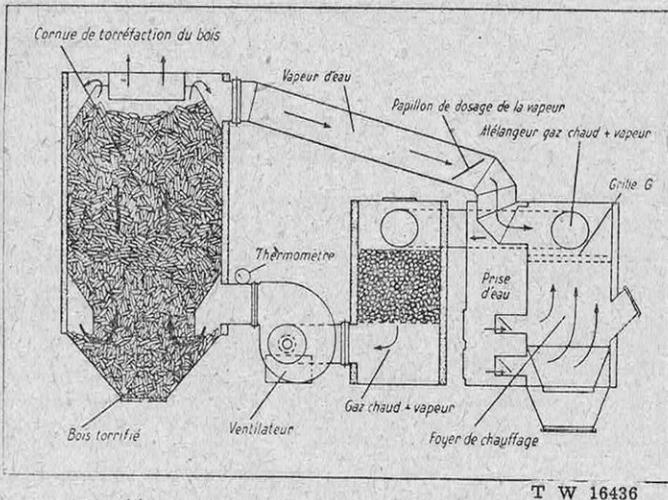


FIG. 16. — FOUR DE TORRÉFACTION DU BOIS FACEL

Le bois est débarrassé de son eau par chauffage par un mélange gazeux de température constante, insufflé au bas de la cornue par un ventilateur. Ce gaz de chauffage est obtenu en mélangeant la vapeur d'eau recueillie au sommet de la cornue avec les gaz chauds d'un foyer, gaz que l'on débarrasse par une grille des particules enflammées qu'ils contiennent; puis filtré avant d'être insufflé à la cornue. Un thermomètre permet de régler la température du gaz de chauffage en dosant la vapeur d'eau mélangée aux gaz du foyer

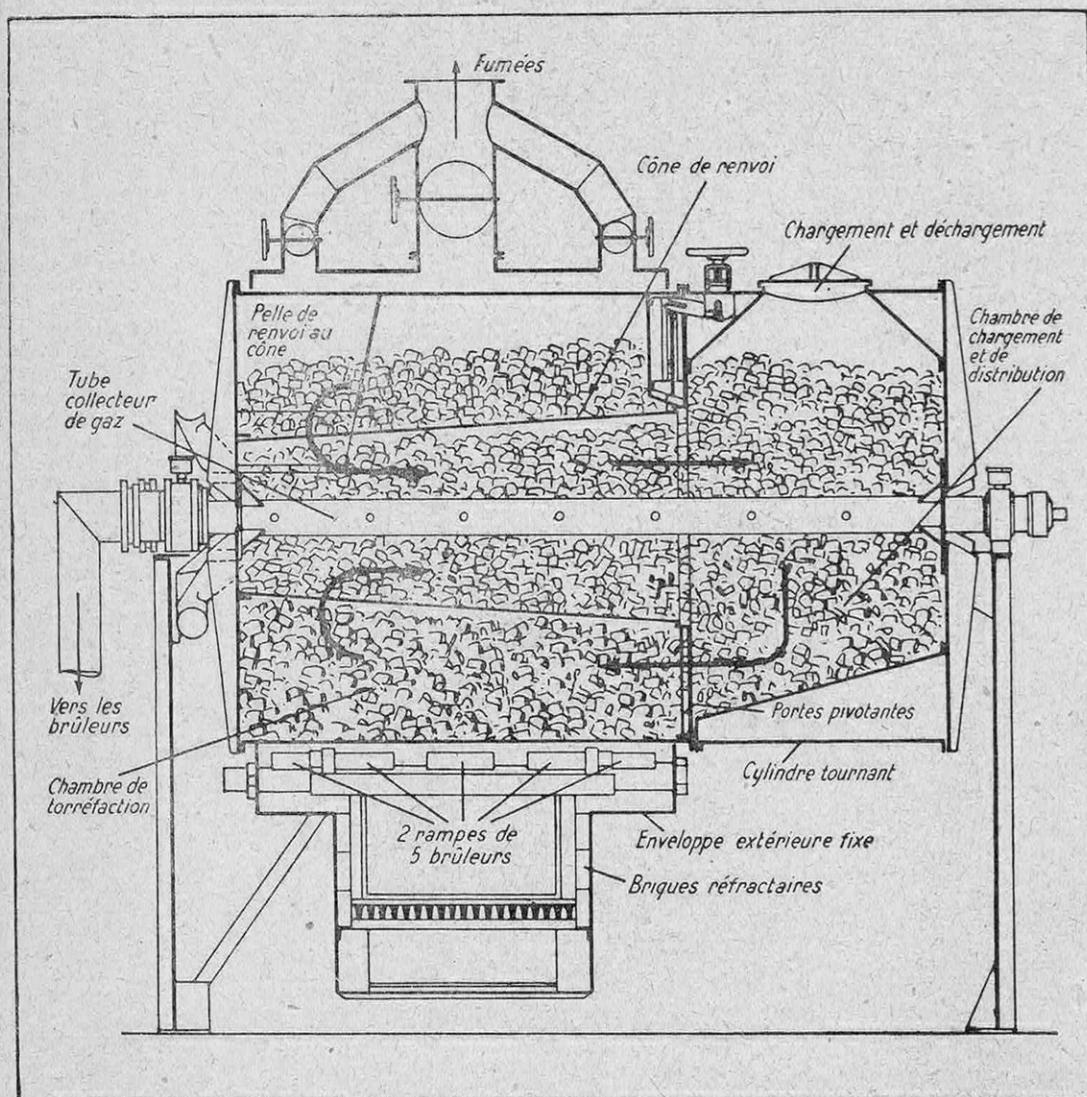


FIG. 17. — APPAREIL ROUX-DUCLOS POUR LA TORRÉFACTION DU BOIS EN VASE CLOS

La torréfaction du bois s'effectue dans une cornue tournante à foyer extérieur, chauffée avec les gaz qui distillent du bois (oxyde de carbone). Le bois se déplace par l'effet de la pente de l'appareil et de la chambre de distribution à la chambre de torréfaction. Des pelles le renvoient par le cône central à la chambre de distribution. Les gaz de distillation sont recueillis par un tube central et dirigés vers les brûleurs du foyer.

très facilement ; on peut, par simple compression de la tourbe séchée, obtenir des agglomérés de tourbe très durs, sans le secours d'un liant.

Il se peut que la tourbe soit par la suite carbonisée ou cokéfiée en vue de son emploi dans un gazogène ; qu'elle soit mélangée à du bois ou à du charbon, ou encore transformée en agglomérés, nous pouvons affirmer que la tourbe est utilisable dans un gazogène automobile.

Nous pensons, en effet, avoir essayé, en juillet dernier, la première voiture alimentée uniquement à la tourbe, à l'aide d'un gazogène construit par M. Jarty, ingénieur T.P.E., à Egletons. Avec lui et deux autres personnes, nous avons parcouru 200 km en quatre heures, en consommant environ 60 kg de tourbe. Tous les espoirs sont donc permis.

A. LEPOIVRE.

LES ARMÉES DE L'AIR EN PRÉSENCE EN 1942

par Pierre ARMONT

DANS le numéro de juin 1941, *La Science et la Vie* a donné la description des prototypes d'avions de combat annoncés pour 1941 par la Luftwaffe et par la Royal Air Force. Parmi ces prototypes, un certain nombre sont entrés effectivement en service au cours de l'été 1941, et leur activité a été mentionnée dans les communiqués. D'autres furent retardés dans leur mise au point, et ne paraîtront probablement sur le « front aérien » qu'en 1942-43. Quelques-uns enfin semblent avoir été abandonnés. Voici la mise à jour de cette revue des avions de combat, étendue aux forces aériennes italiennes, russes, américaines et japonaises.

LA LUFTWAFFE

La préoccupation dominante des chefs de l'armée de l'air allemande en 1941 paraît bien avoir été — plutôt que la mise en service d'appareils nouveaux — la construc-

tion massive des types éprouvés en 1940, tels le Messerschmitt Me 110 et le Junkers Ju 88 et améliorés au cours des versions successives, comme pour le Messerschmitt Me 109.

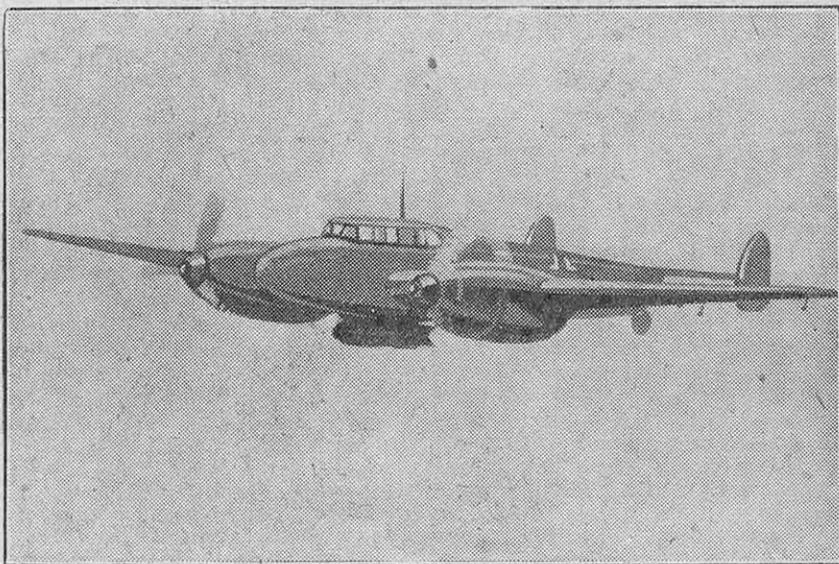


FIG. 1. — UN DES PLUS RÉCENTS MODÈLES DE MESSERSCHMITT ME 110

Ce destroyer bimoteur est armé de quatre mitrailleuses fixes de 7,9 mm dans le nez du fuselage, disposant d'une réserve de 1000 coups par mitrailleuse, et de deux canons de 20 mm sous le fuselage, disposant chacun de 250 coups. Alors que les premiers modèles possédaient seulement une mitrailleuse mobile arrière, les plus récents disposeraient de deux mitrailleuses mobiles, installées respectivement à bâbord et à tribord. Sa vitesse maximum à 3 800 mètres serait de 585 km/h. L'appareil représenté ci-dessus possède en outre une bombe fixée sous le fuselage, lui permettant de jouer le rôle de « Superstuka ».

Du Me 109 au Me 209

C'est ainsi que le chasseur bien connu de la Luftwaffe, le Messerschmitt Me 109, s'est présenté en 1941 sous deux versions, E et F, avec des moteurs DB 601 E de 1150 ch pour la version E, et DB 601 N de 1375 ch pour la version F, dite semistratosphérique (moteur « rétablissant » à 5400 mètres d'altitude, voilure affinée). La vitesse passe à 610 km/h. Les succès de ces deux versions des Messerschmitt 109

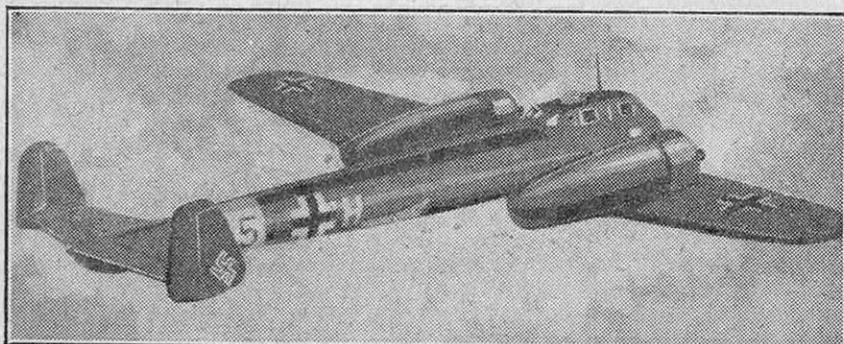
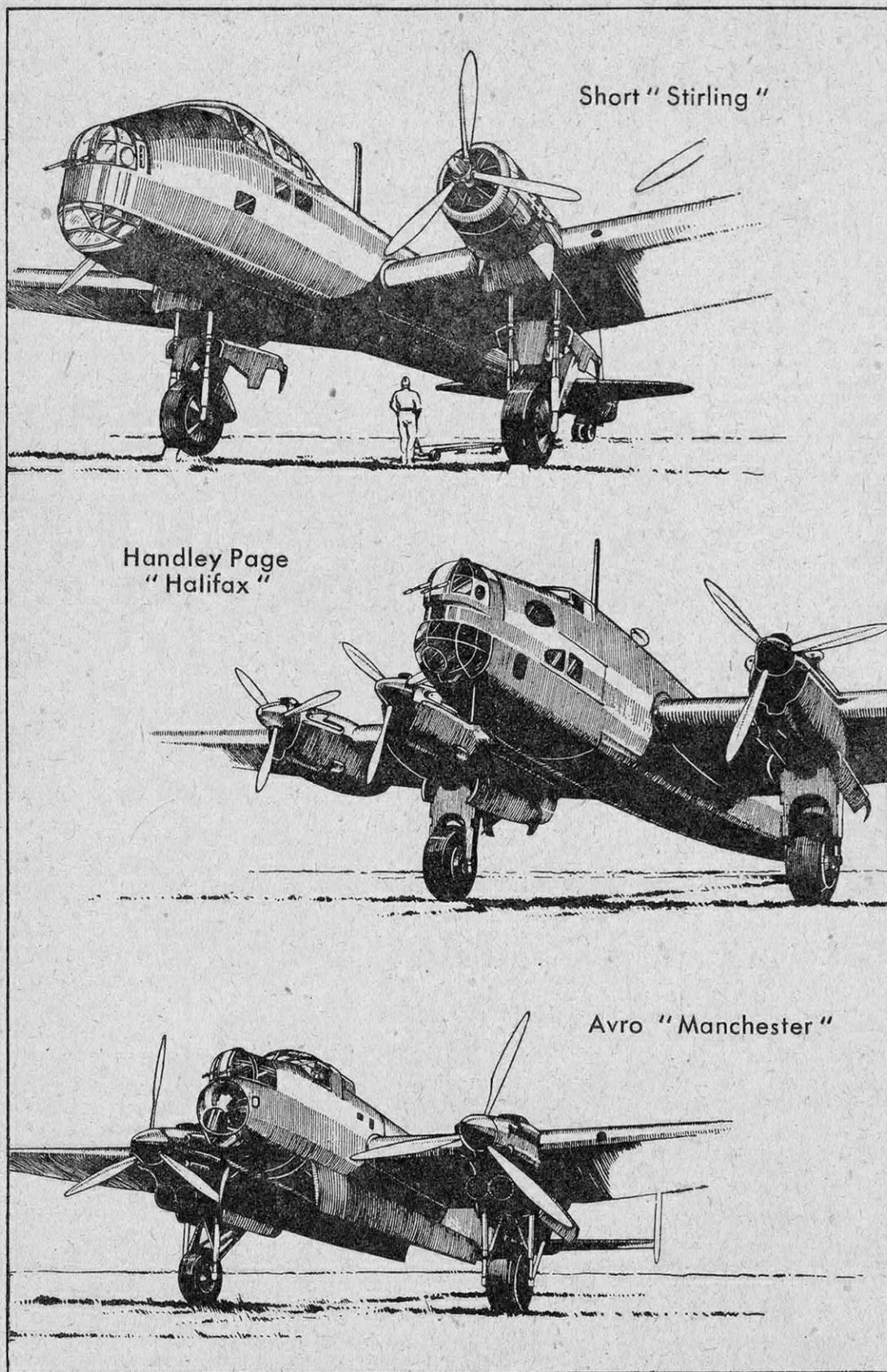


FIG. 2. — LE BOMBARDIER BIMOTEUR ALLEMAND DORNIER DO 217

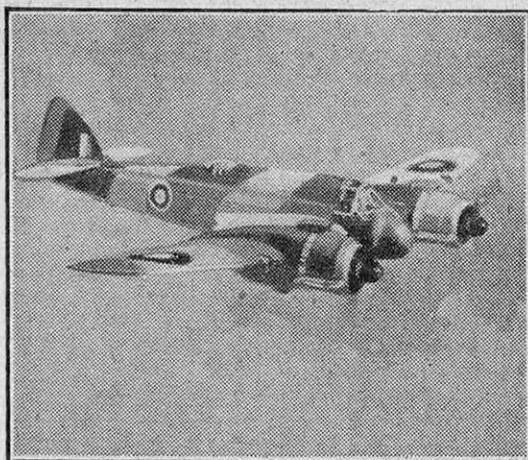
Le poids total de cet appareil est de 15 tonnes environ, avec 6 400 kg de charge utile. Son rayon d'action est de 7 250 km à la vitesse de croisière de 325 km/h.



Short "Stirling"

Handley Page
"Halifax"

Avro "Manchester"



T W 17102

FIG. 3. — LE DESTROYER ANGLAIS BRISTOL « BEAU-FIGHTER »

Cet appareil est armé de quatre canons de 20 mm sous le fuselage et six mitrailleuses dans l'aile, auxquels il faut ajouter une ou deux mitrailleuses mobiles sous tourelle au milieu du fuselage. Son rayon d'action est de 2 400 km et sa vitesse maximum 530 km/h à 4 250 mètres. Des appareils de ce type auraient été envoyés en grand nombre en Australie.

sur les « Spitfire », dans les Flandres, au cours de l'offensive diurne britannique de l'été 1941, paraissent s'expliquer par la mise en service du canon allemand Mauser de 15 mm à projectile explosif, alliant à une vitesse initiale élevée une cadence de tir de 15 coups par seconde et par armé.

En automne 1941, parut le Messerschmitt Me 209, doté de 4 canons Mauser de 15 mm dans les ailes, et qui présente une cadence de tir presque double de son plus récent concurrent, le « Hurricane » Mark II C, armé de 4 canons Hispano de 20 mm dans les ailes (8 à 10 coups par seconde et par arme). Cet écart de cadence dans les armes lourdes peut expliquer les avantages remportés par les chasseurs allemands dans les combats aériens des Flandres en 1941 (1).

Aucune indication n'a été donnée sur les prototypes annoncés en 1941 (2), tel le « destroyer » Focke-Wulf Fw 187 ou le chasseur Messerschmitt Me 115, qui devait être équipé du moteur DB 603 de 1 600 ch ou DB 605 de 2 000 ch. Peut-être sortiront-ils néanmoins en 1942.

(1) Du 22 juin au 31 octobre 1941, la Luftwaffe revendique 820 avions de chasse britanniques abattus en combat aérien, contre 77 chasseurs allemands perdus.

(2) Voir *La Science et la Vie*, juin 1941, page 464.

FIG. 4. — LES TROIS BOMBARDIERS LOURDS RÉCEMMENT MIS EN SERVICE DANS L'ARMÉE DE L'AIR BRITANNIQUE

Ce sont deux quadrimoteurs : Short « Stirling » et Handley Page « Halifax », et un bimoteur, l'Avro « Manchester ». Ils sont tous équipés de tourelles avec deux mitrailleuses jumelées à l'avant, avec quatre mitrailleuses dans la queue. L'Avro « Manchester » possède une tourelle supplémentaire sur le dos du fuselage, tandis que les deux autres disposent simplement de mitrailleuses de défense orientables. Les bombardiers, logés sous les tourelles avant, disposent sur les trois modèles d'une vitre plane pour la visée. Voici les caractéristiques principales : Short « Stirling » : envergure 30,2 m, longueur 26,6 m, vitesse maximum 480 km/h, rayon d'action 3 000 km, charge utile 7 000 kg de bombes, quatre moteurs Wright Double Row « Cyclone » 14 de 1 700 ch au décollage; 7 hommes d'équipage : 2 pilotes, 1 navigateur-bombardier, 1 radio, 3 mitrailleurs; Handley Page « Halifax » : envergure 30,2 m, longueur 21,35 m, quatre moteurs 12 cylindres en ligne Rolls-Royce « Merlin » de 1 000 ch; 7 hommes d'équipage : 2 pilotes, 1 mécanicien-mitrailleur, 1 radio-mitrailleur, 1 navigateur, 2 mitrailleurs; Avro « Manchester » : envergure 27,45 m, longueur 21,35 m, vitesse maximum 520 km/h, quatre moteurs de 24 cylindres en X Rolls-Royce « Vulture » de 2 000 ch.

Le Me 110 « Guêpe »

En attendant, la même évolution progressive d'un même type d'avion se retrouve dans les bombardiers de 1941.

Le destroyer Messerschmitt Me 110, après avoir été essayé en 1940, en bombardier rapide de vol horizontal, fournit en 1941 une version pour le bombardement en piqué. C'est le Me 110 « Guêpe », porteur de 4 bombes de 250 kg sous les ailes et dérivé du Me 110 type C 5. C'est en somme un « Superstuka » ultra-rapide, de 555 km/h au lieu de 495 km/h pour le Junkers Ju 88.

Le F.W. 200 « Kurier II » et le Dornier 217

Le Heinkel 111 K de 1939 s'est vu doté de moteurs plus puissants (des Junkers Jumo 211 B de 1 200 ch) et de 6 mitrailleuses, pour



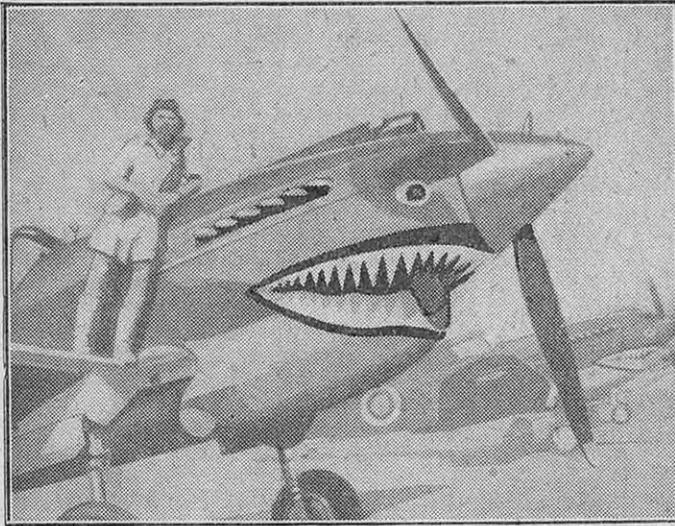
T W 17096

FIG. 5. — INSTALLATION DE BOMBES DE 125 KG SOUS L'AILE D'UN BOMBARDIER LÉGER « HURRIBOMBER » DÉRIVÉ DU HAWKER « HURRICANE »

se consacrer à l'attaque des navires marchands britanniques aux atterrages d'Irlande, laissant les Focke-Wulf quadrimoteurs opérer plus au large.

Du Focke-Wulf « Kurier I », la Luftwaffe est passée, à la fin de 1941, au « Kurier II », version dont les moteurs Bramo ont été remplacés par des moteurs plus puissants (BMW 801 de 1 320 ch), ce qui a porté la vitesse à 450 km/h, avec un rayon d'action de 10 heures de vol à 360 km/h de vitesse de croisière.

En même temps apparaît le Dornier Do 217, combinaison du Dornier Do 215 (moteurs DB 601) et du Dornier Do 17 Z (moteurs Bramo



T W 17092

FIG. 6. — UN CHASSEUR CURTISS P-40 « TOMAHAWK » DE LA ROYAL AIR FORCE EN SERVICE EN CYRÉNAÏQUE

Le P. 40 est le prototype dont dérivent les Curtiss P-40 D, E et F en service dans l'aviation américaine.

323), et équipé, comme le « Kurier II », de moteurs BMW 801 de 1320 ch. Ce bimoteur, qui ne dépasse pas la vitesse de 475 km/h, est doté d'une autonomie considérable (20 heures de vol à 450 km/h), ce qui en fait une arme redoutable pour l'attaque des convois marchands dans l'Atlantique.

LA ROYAL AIR FORCE

L'année 1941 a été pour la R.A.F. celle du quadrimoteur. C'est cette année que sortirent en série, en effet, les Short « Stirling », les Handley Page « Halifax », sans parler des « Forteresses volantes » Boeing B 17 C et des Consolidated B 24 « Liberator », venus d'Amérique par la voie des airs.

La politique des quadrimoteurs

Gros porteurs, mais de vitesse modérée (480 km/h), ces quadrimoteurs lourds ont-ils justifié les espoirs mis en eux par les dirigeants de l'Air Ministry? On peut en douter, d'après les pertes sensibles subies du fait de la D.C.A. et de la chasse de nuit allemandes. Le raid du 7 novembre 1941 sur Berlin s'est soldé par la perte de 37 bombardiers y compris des types Short « Stirling », Handley Page « Halifax » et Avro « Manchester » (celui-ci bimoteur). Le désastre fut attribué, en partie, au givrage et à l'absence de dégivrateurs efficaces. Il n'en est pas moins

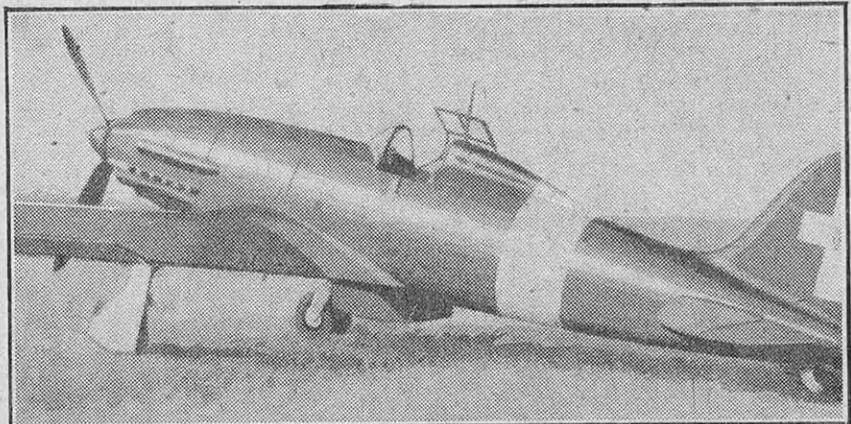
vrai que le 7 novembre 1941 marque le début d'un ralentissement certain de l'offensive aérienne nocturne de la R.A.F. sur le front occidental.

La traversée du Pas de Calais, le 12 février 1942, en plein midi, par les croiseurs de bataille *Scharnhorst* et *Gneisenau*, a fait apparaître, à la fois, la supériorité aérienne locale de la chasse allemande et l'échec des Fairey « Swordfish » — avions torpilleurs de 250 km/h — datant de 1938, que l'on s'étonne de voir encore basés à Douvres en 1942, et enfin l'absence complète, dans la R.A.F., d'un type d'avion de bombardement en piqué spécialisé.

Les retards de mise au point des moteurs « Vulture »

Au début de 1942, les fameux prototypes de chasse annoncés au début de 1941 : les Hawker « Tornado » et « Typhoon », n'étaient pas encore entrés en ligne, sans doute par suite de retards apportés à la mise au point des moteurs de 24 cylindres Rolls-Royce « Vulture » de 1780 ch et Napier « Sabre » de 2000 ch, et la R.A.F. dut se contenter des versions améliorées des Vickers-Supermarine « Spitfire » et des Hawker « Hurricane ». L'armement passa toutefois des mitrailleuses de 7,6 mm au canon de 20 mm.

Le « Spitfire » Mark III doté d'un Rolls Royce « Merlin » de 1445 ch a troqué quatre de ses mitrailleuses Browning contre deux canons de 20 mm Hispano-Suiza. Le « Hurricane » Mark II de 1941 présente deux versions : la version II B, armée de 12 mitrailleuses Browning de 7,6 mm dans les ailes, et la version II C, armée de 4 canons Hispano-Suiza de 20 mm. Il semble que le « Hurricane » Mark II ne soit qu'un « Tornado » ou qu'un « Typhoon » contraint à se contenter d'un moteur Merlin X, faute de « Vulture » ou du « Sabre » prévus.



T W 17101

FIG. 7. — LE NOUVEL AVION DE CHASSE DE L'ARMÉE DE L'AIR ITALIENNE MACCHI C-202

Le Hurribomber

Le Hawker « Hurricane » à quatre canons arme les escadrilles de chasse. La version à 12 mitrailleuses d'ailes est transformée en avion d'attaque : c'est le « Hurribomber », qui reçoit une bombe de 200 ou 250 kg sous chaque aile, à lancer en semi-piqué en dehors du cercle balayé par l'hélice, et dont les 12 mitrailleuses Browning font un redoutable engin de mitraillage au sol. C'est le chasseur-bombardier annoncé par les experts militaires clairvoyants(1).

La transformation de chasseurs Hawker « Hurricane » en chasseurs-bombardiers, les retards dans la sortie des « Tornado », et surtout la politique des quadrimoteurs — probablement prématurée — sont sans doute les causes qui, en 1941, ont ralenti la production des avions de chasse britanniques, et dont les conséquences ont pesé sur les événements de Malaisie de l'hiver 1941-1942. Le Proche-Orient a pu être renforcé par des Curtiss P 40 « Tomahawk », mais Singapour succomba parce que cette place forte ne disposait que de quelques Brewster « Buffalo » de performances inférieures, et les Indes Néerlandaises furent perdues probablement faute de deux ou trois centaines de « Spitfire ».

Destroyers et bombardiers

Du côté des « destroyers » bimoteurs, l'année 1941 n'a pas vu non plus sortir le fameux

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 294, février 1942.

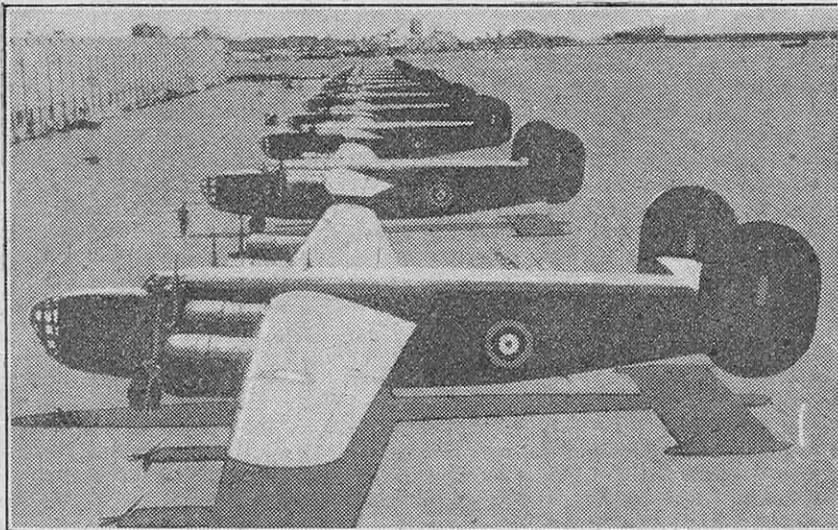


FIG. 9. — QUADRIMOTEURS DE COMBAT LOINTAIN CONSOLIDATED B-24 « LIBERATOR », ALIGNÉS DEVANT LES USINES AVANT L'EXPÉDITION EN GRANDE-BRETAGNE

T W 17100

Westland « Whirlwind » annoncé il y a un an, mais seulement des bimoteurs Bristol « Beaufighter » et quelques Douglas DB 7 dits « Havoc », utilisés comme « destroyers nocturnes » en raison de leur vitesse modérée : 500 à 530 km/h. Enfin, des retards de livraison sur les Bell « Airacobra » et les Lockheed « Lightning » sont également à rapprocher de l'échec aérien du 12 février 1942 dans le Pas de Calais, à propos du passage des croiseurs allemands *Scharnhorst* et *Gneisenau*.

Une flotte de quadrimoteurs Boeing « Fortress I », Short « Stirling » et Handley-Page « Halifax » a, dans le Bomber Command, doublé en 1941 les bimoteurs Vickers-Armstrong « Wellington », les Handley-Page « Hampden » et les Armstrong-Whitworth « Whitley », modernisés grâce à des moteurs Rolls-Royce « Griffin » de 1 600 ch. Le plus moderne des bombardiers britanniques, mis en service effectif en

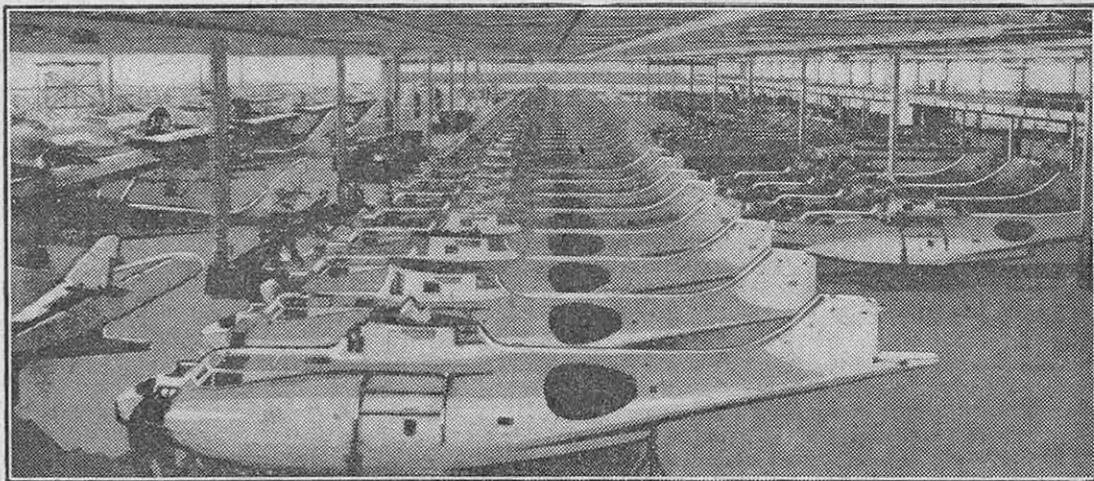


FIG. 8. — LA FABRICATION EN SÉRIE DES HYDRAVIONS BIMOTEURS CONSOLIDATED PBY « CATALINA »

T W 17097

Cet appareil à grand rayon d'action est utilisé non seulement par la Marine américaine, mais par les escadrilles du Commandement aérien des côtes en Grande-Bretagne. Il sert en particulier au voyage aérien des navires.

automne 1941, est le bimoteur Avro « Manchester », qui inaugura les premiers Rolls Royce « Vulture » de 1780 ch, et qui dépasse les 520 km/h.

Pour la patrouille océanique, on voit en 1941 figurer une variété de Consolidated PBV

« Catalina », le Short « Sunderland », des bimoteurs terrestres Vickers-Armstrong « Wellington », des quadrimoteurs terrestres Consolidated B 24 « Liberator », et des Saro « Lerwick », ces derniers bimoteurs à coque (moteurs « Hercules » de 1375 ch); ce renforcement, bien qu'hétéroclite, a certainement contribué à écarter des convois atlantiques la menace des Focke Wulf « Kurier », menace qui était particulièrement inquiétante au printemps de 1941.

Pour l'aviation navale, le Blackburn « Botha », torpilleur dont il fut question au début de 1941, paraît avoir été retiré du service. Des Grumman américains dits « Martlet » ont provisoirement renforcé l'équipement des navires porte-avions. D'autre part, il semble que le « Hurricane » ait été, lui aussi, aménagé pour l'appontage à bord, ainsi qu'en témoignent, dès l'automne 1941, les passages d'avions de chasse de ce type en Egypte, via Gibraltar et Malte, grâce au « relais » d'une plate-forme de porte-avions. Dans ce cas, le « Hurricane » à quatre canons et le « Hurribomber » constitueraient des adversaires de classe dans les batailles aéronavales de 1942.

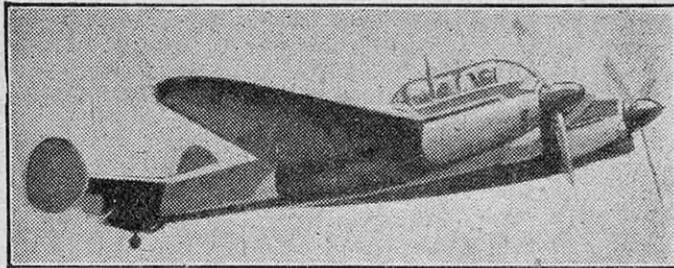
LA REGIA AERONAUTICA

Rappelons que les avions italiens de 1940-1941 étaient :

— pour la chasse, le Macchi C 200 « Saetta » (« trait ») de 505 km/h;

— pour le bombardement, les « Cigogne » (bimoteurs Fiat BR 20), les « Sparviere » (Savoia SM 79), et les « Alcione » (trimoteurs Cant 1 007 bis);

— pour le torpillage, le « Airone » (trimoteur Cant 506 à flotteurs) et les « Aerosilu-



T W 17093

FIG. 10. — LE BIMOTEUR DE COMBAT LÉGER ET DE BOMBARDEMENT EN PIQUÉ P. 2 EN SERVICE DANS L'AVIATION ROUGE

rante » (SM 84 trimoteurs terrestres équipés de deux torpilles sous-marines).

La chasse italienne adopte le moteur allemand DB 601

La nouveauté de 1941-1942 paraît être le

Macchi C 202 — version rénovée des « Saetta » — au moyen d'un moteur allemand DB 601, remplaçant les 9 cylindres en étoile Alfa Romeo, Piaggio ou Fiat. L'avant du fuselage du Macchi 202 est particulièrement affiné, par suite de la disposition ventrale du radiateur au centre du fuselage (disposition également adoptée en Amérique pour le North-American P 51).

Un autre avion de chasse, équipé également d'un moteur allemand DB 601, est le Reggiane 2 002, mais sa mise en ligne sur le front aérien de Méditerranée n'avait pas encore été signalée au début de 1942.

L'AVIATION ROUGE

Pour l'aviation rouge, on manque encore, au bout de dix mois de guerre, de précisions. Des renseignements de source allemande ont indiqué à la fin de 1941 les types modernes ci-après :

Pour la chasse, le I-26, le I-61, tous deux armés de 2 mitrailleuses lourdes synchronisées, et le I-18 qui s'apparente au « Spitfire » anglais, et serait armé comme lui de huit mitrailleuses. Le I-18 atteindrait les 600 km/h. Pour l'assaut, l'aviation rouge disposait en 1941 du DI-6, sesquiplan à train d'atterrissage escamotable, dont la vitesse maximum est 365 km/h, mais remarquablement maniable et qui est armé de 6 mitrailleuses pour l'attaque au sol. Les grands quadrimoteurs lents (TB 3 et dérivés) ne sont plus employés que comme transports de troupes et de parachutistes. Sa dernière version, le TB-6B, serait capable de transporter 3 000 kg de bombes à 2 000 km à 450 km/h. Enfin, parmi les bimoteurs de combat, il faut signaler les DB-3 et DB-3A, munis de trois postes de mitrailleurs (à l'avant, sur le dos et sous le plancher du fuselage) et

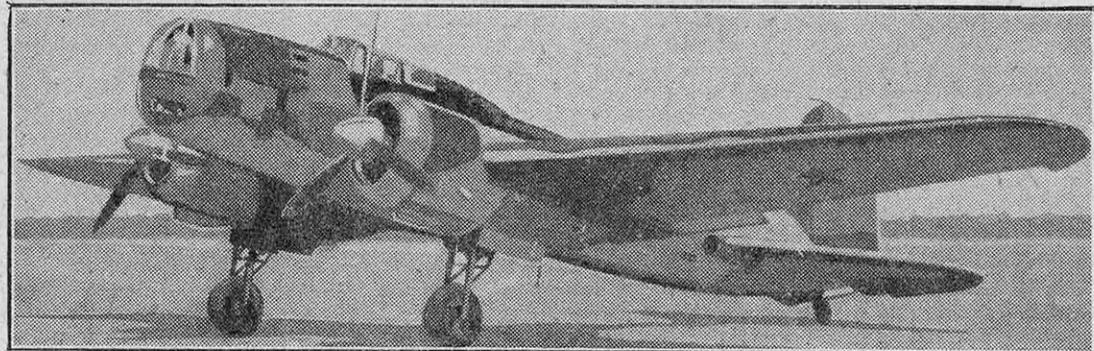
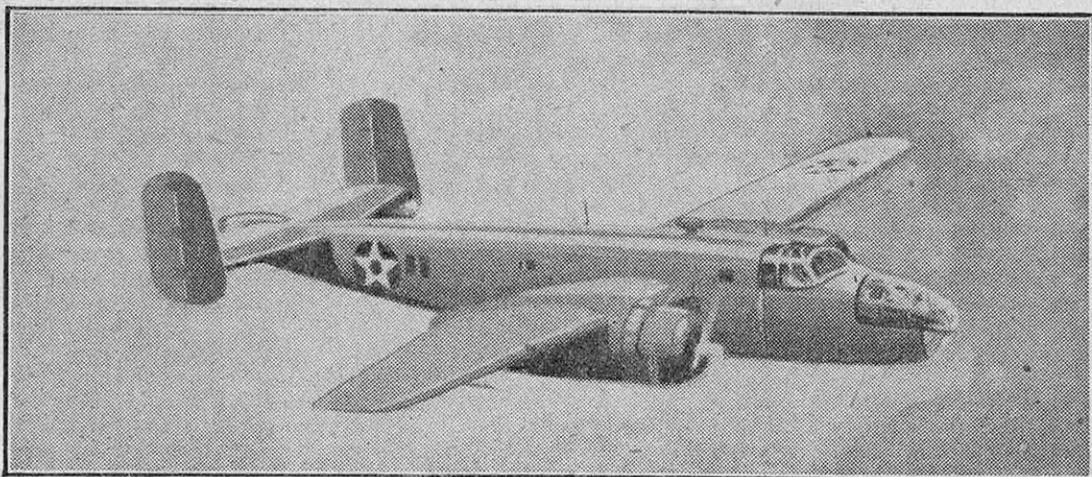


FIG. 11. — LE BIMOTEUR DE COMBAT DE L'ARMÉE ROUGE DB-3

T W 17099



T W 17098

FIG. 12. — LE BIMOTEUR DE COMBAT B. 25 EN SERVICE DANS L'ARMÉE AMÉRICAINE

Cet appareil, connu aussi sous l'appellation North-American 40 B, avait été commandé en grande quantité par les Indes Néerlandaises. Il possède un train d'atterrissage tricycle. Il est équipé de deux moteurs Wright « Cyclone » de 14 cylindres développant 1 000 ch. La vitesse maximum est de 500 km/h à 4 000 m. Le rayon d'action est de 2 800 km.

dont la vitesse maximum est de l'ordre de 450 km/h, et enfin le bimoteur de combat léger et de piqué P-2 dont les performances et la disposition de l'armement sont encore mal connues.

L'AVIATION AMERICAINE

La floraison des prototypes de l'industrie aéronautique américaine de 1941 n'a fait que croître et embellir en 1941. Pour les chasseurs, il convient d'ajouter à la liste indiquée dans notre numéro d'avril 1941, comprenant les Curtiss P-40 et P-42, le Bell « Airacobra » et le Republic P-43 « Lancer », les types ci-après :

— North American 73, dit « Mustang », à moteur Allison de 1 050 ch, livré à la R.A.F. ; il est caractérisé par son radiateur reporté à mi-fuselage, au-dessous du poste de pilotage.

— North American P 51, dit « Apache », version améliorée du « Mustang » et équipé du moteur Allison poussé à 1 350 ch.

— Vultee P 66, dit « Vanguard », dont la première version (moteur Pratt et Whitney Twin Wasp de 1 200 ch), d'abord commandée par la Suède, a été transférée à Tchang Kai Chek, et dont une cinquantaine d'exemplaires, sous les couleurs chinoises, ont participé, en janvier-février 1942, à la défense de Rangoon, en Birmanie.

— Vultee « Vanguard », version 1942, équipé du Pratt et Whitney double Wasp de 1 600 ch (10 mitrailleuses, 620 km/h).

Du « Tomahawk » au « Kittyhawk »

Le Curtiss P. 40 « Tomahawk » apparaît en 1942 dans deux nouvelles versions, qui auraient été produites au début de 1942 à la cadence de 500 exemplaires par mois :

— le Curtiss P. 40 D, dit « Kittyhawk », à moteur Allison 1 350 ch ;

— le Curtiss P. 40 F, variante du « Kittyhawk » avec le moteur Rolls Royce « Merlin » de 1 350 ch, construit sous licence par Packard ; vitesse 640 km/h, armement accru : 6 mitrailleuses lourdes de 13 mm.

L'Air Corps aurait retenu en outre, parmi les prototypes, le Republic P. 47, dit « Thunderbolt », à moteur Pratt et Whitney double Wasp de 1 850 ch, vitesse 640 km/h, avec 8 mitrailleuses de 13 mm dans les ailes, et dont la livraison à la Grande-Bretagne n'était pas encore autorisée à la fin de 1941, et le Curtiss P. 46, modèle encore secret, qui atteindrait les 650 km/h et serait armé d'un canon de 37 mm. Pour les « destroyers » bimoteurs, rien de nouveau après le Lockheed « Lightning » de 1940-1941, dont les livraisons paraissent avoir été retardées par la production du moteur Allison.

Pour le bombardement léger, même lenteur de livraison constatée à propos du Martin B-26, bimoteur de 550 km/h, à train d'atterrissage tricycle et tourelle arrière très aérodynamique. Le North-American B-25 (ou NA-40), bimoteur de 500 km/h, avec train tricycle, avait été commandé par les Indes Néerlandaises. Mais eut-il le temps d'intervenir sur le front de Bornéo et de Java à la fin de 1941 ?

Pour le bombardement lourd, l'Air Corps s'est limité à deux types de quadrimoteurs : le Boeing B-17, stratosphérique de 27 tonnes sous ses plus récents modèles E ou F, et le quadrimoteur Consolidated B-24, dont les premiers exemplaires avaient été livrés en 1941 à la Grande-Bretagne, qui les a baptisés « Liberator ».

La marine américaine a vu elle aussi, en 1941, s'étendre la gamme de ses prototypes.

Pour la chasse, son choix s'est porté sur les types ci-après :

— le Grumman F 4 F-3, dit « Wildcat », amélioration du « Martlet » de 1940 ;

— le Vought-Sikorsky F 4 U-1, dit « Corsair », déjà signalé, et qui dépasserait largement les 650 km/h. Aucun détail n'est connu sur l'armement. Rappelons à ce sujet la faiblesse de l'armement des avions de chasse américains antérieurs à 1940 : deux mitrailleuses de capot seulement.

Pour le piqué, la préférence de l'US Navy se porte sur :

— le Brewster SB 2-A « Buccaneer », amélioration du SBA-1, dit « Bermuda » ;

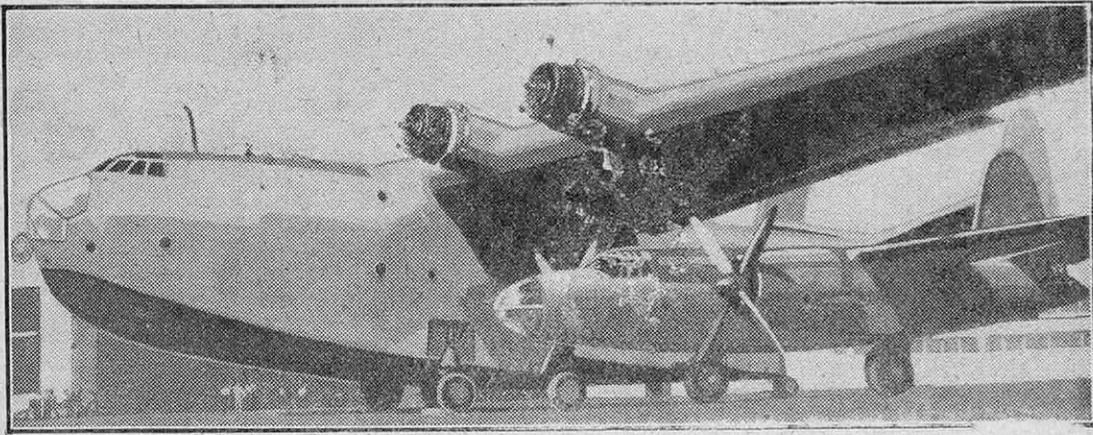


FIG. 12. — L'HYDRAVION GROS PORTEUR DE L'AVIATION NAVALE DES ÉTATS-UNIS « MARS » ET LE BIMOTEUR DE COMBAT B. 26

Ce sont deux productions des usines américaines Glenn-Martin. L'hydravion quadrimoteur X. PB 2 M-1 « Mars » n'existe encore qu'à l'état de prototype. Il aurait 61 m d'envergure et son poids total en charge atteindrait probablement 80 tonnes. Il lui faudrait onze hommes d'équipage et il pourrait emporter quatre torpilles de 1 500 kg. Le bombardier B-26 est, au contraire, en service dans l'armée américaine. Il est équipé de deux moteurs Pratt et Whitney de 1 850 ch entraînant des hélices à quatre pales. Son poids total est de 13,5 tonnes et sa vitesse maximum de 550 km/h. Il est doté d'une tourelle de queue et d'un train d'atterrissage tricycle.

— le Douglas SBD-3, dit « Dauntless », variante améliorée du SBD-1.

Le Curtiss SB 3 C-1, annoncé au début de 1941, ne paraît pas avoir été retenu pour 1942. Peut-être ne sortira-t-il qu'en 1943?

Pour le torpillage, le choix de 1941-1942 se porte sur le Grumman TBF-1, dit « Avenger ». Pour la patrouille océanique, les bimoteurs à coque Boeing PBB-1 et Martin PBM-1 sont entrés en service sous les noms respectifs de « Sea-Ranger » et de « Mariner », en attendant pour 1942-1943 les quadrimoteurs Consolidated PB 2 Y-1 et Martin PB 2 M-1 qui seront baptisés respectivement « Coronado » et « Mars ».

Il n'en est pas moins vrai que, malgré cette richesse de prototypes, la carence de la marine américaine, après Pearl Harbour, au cours de l'hiver 1941-1942, est étonnante, devant l'activité japonaise. La seule opération où prend part l'aviation navale de l'US Navy est l'attaque des îles Marshall et Gilbert, le 31 janvier 1942. L'US Navy laisse aux « Flying Fortress » Boeing B-17 de l'Army Air Corps et à la petite flotte de l'amiral néerlandais Helfrich le soin d'attaquer les convois japonais dans le détroit de Macassar (24-25 janvier et 27-28 février 1942). Elle assiste, sans réagir, à l'occupation de Java (mars 1942).

Sortira-t-elle un jour de sa torpeur?

L'AVIATION NIPPONE

La valeur et la force de l'aviation japonaise ont été la surprise de l'hiver 1941-1942, tant les renseignements recueillis jusqu'alors indiquaient des types d'apparence périmés et de performances modestes (1).

(1) Voir *La Science et la Vie*, décembre 1941, page 389. Ajoutons à la liste des appareils nippons

Des chasseurs à grand rayon d'action

Les chasseurs nippons utilisés en Malaisie et aux Indes Néerlandaises étaient des Mitsubishi 96, des Nakajima 96 et des Nakajima 97, monoplans surbaissés soit à train fixe avec roues carénées, le dernier à train escamotable. Leur vitesse était relativement faible : 450 km/h, mais leur maniabilité extraordinaire, la puissance de leur armement et leur rayon d'action considérable compensaient largement cette infériorité de vitesse. Il a été signalé, en effet, que les avions de chasse nippons étaient armés soit de quatre mitrailleuses lourdes de 13 mm, soit de quatre canons de 20 mm dans les ailes, à la manière des plus récents « Hurricane » et Messerschmitt, tandis que les Brewster « Buffalo » américains qui défendaient Singapour s'en tenaient à deux mitrailleuses de capot. Mais la véritable révélation de l'aviation nipponne 1941-1942 a été l'avion de chasse à réservoirs d'essence supplémentaires largables, permettant de doubler l'autonomie normale de l'avion de chasse : trois et quatre heures au lieu de une heure et demie à deux heures. C'est ainsi que, dans les opérations de Malaisie et des Indes Néerlandaises, toutes les opérations de bombardement purent être escortées par de la chasse, ce qui assurait la maîtrise de l'air au-dessus des points bombardés. Les Japonais sont peut-être des imitateurs des techniques étrangères. On ne peut leur refuser leur aptitude rapide à saisir et à mettre en pratique les enseignements les plus clairs de la guerre aérienne moderne.

Pierre ARMONT.

indiqués dans ce numéro des Fiat BR 20 italiens construits sous licence au Japon, sous le nom de Army 98.

L'ATTAQUE DES NAVIRES DANS LES PORTS A LA "TORPILLE VIVANTE"

par P. CAMBLANC

PLUSIEURS communiqués de la marine italienne ont mentionné des attaques exécutées depuis le début de 1941 contre des navires ancrés dans les ports britanniques de la Méditerranée. Les engins qui prirent part à ces attaques furent qualifiés de « torpilles vivantes » ou de « tanks marins ». S'agit-il d'une arme nouvelle, capable de remporter dans la tactique navale les mêmes succès que le parachute ou le planeur dans le domaine de la tactique terrestre? Il semble bien que les torpilles employées en 1941 sont une réplique, plus ou moins perfectionnée, des « Mignatta » et « Grillo », engins employés pendant la guerre 1914-1918 par la marine italienne pour l'attaque des navires dans les ports autrichiens.

Les barrages de protection et leur neutralisation

En temps de guerre, l'entrée des ports est toujours protégée par un barrage de madriers flottants, fermant le passage aux navires de surface, soutenant un filet destiné à arrêter les engins sous-marins (fig. 1) et des mines empêchant qu'un navire tente de rompre le barrage. Les Italiens ont, de bonne heure, étudié le problème du forçement de ce genre d'obstruction par un

engin rapide, de petites dimensions, capable d'obtenir une surprise complète. Les appareils mis au point sous le nom de « torpilles vivantes » sont le fruit d'une série de tentatives malheureuses exécutées pendant la guerre de 1918 contre la flotte autrichienne, et qui devaient finalement aboutir à un succès spectaculaire : la destruction du cuirassé *Viribus Unitis*.

C'est ainsi que, dans la nuit du 1^{er} novembre 1916, un torpilleur italien s'approchant à très petite vitesse du barrage de Fasano, vint refouler de son étrave les madriers du barrage pour les forcer sous l'eau au moyen de deux lourds cylindres de plomb, de manière à permettre le passage au-dessus d'une vedette de faible tirant d'eau.

Un an plus tard, dans la nuit du 9 décembre 1917, deux vedettes munies de fortes cisailles réussirent à couper les filins d'acier qui maintenaient le barrage de madriers. La vedette M.A.S. n° 9 passa dans la brèche ainsi ouverte et lança deux torpilles sur le cuirassé *Wien*. L'autre vedette passa également, mais ses torpilles manquèrent le *Budapest*.

Sans doute, ces deux attaques avaient-elles rendu plus vigilante la défense des ports autrichiens, car les Italiens recherchèrent un moyen de franchir rapidement ou secrètement le barrage, sans essayer de le neutraliser.

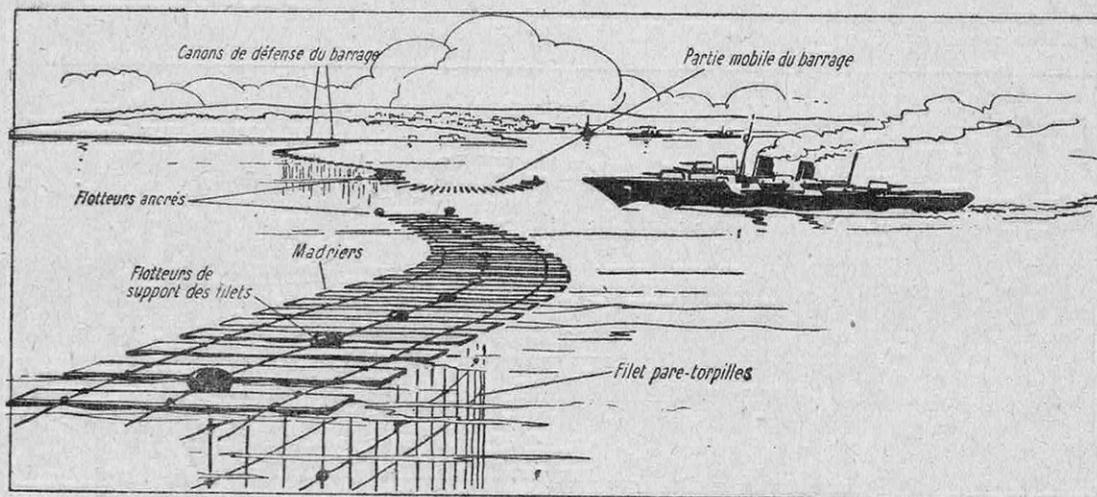
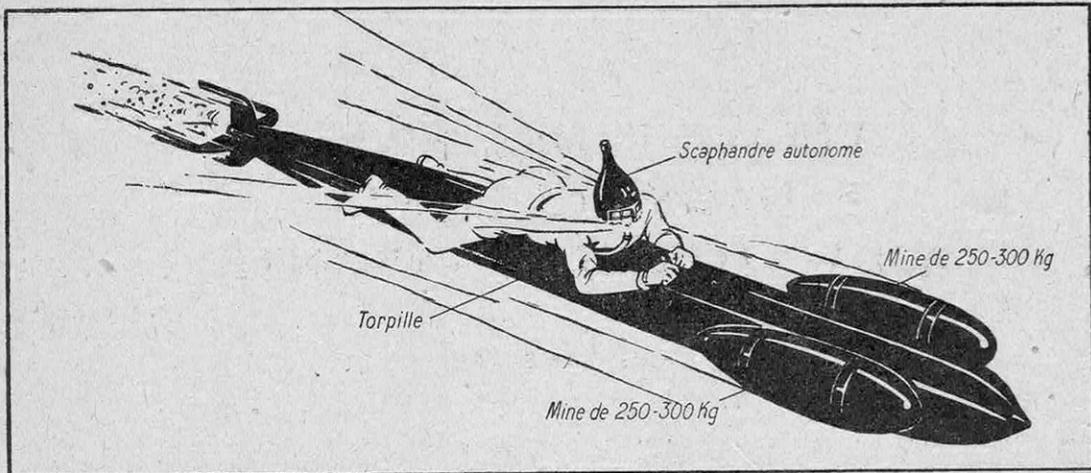


FIG. 1. — UNE ESTACADE DE DÉFENSE D'UN PORT OU D'UNE RADE

T W 14802

Cette estacade barre l'entrée du port aussi bien sous l'eau (filet pare-torpilles) qu'à la surface (flotteurs renforcés de madriers). Une partie mobile permet l'ouverture d'une passe dans le barrage et des canons interdisent toute tentative de forçement de l'estacade.



T W 15522

FIG. 2. — UNE TORPILLE VIVANTE DU TYPE « MIGNATTA » (SANGSUE)

La « mignatta » transportait deux charges de 250 kg d'explosif qui pouvaient être détachées de l'engin lui-même et fixées à la coque du navire à détruire au moyen d'un fort aimant. Ces deux charges étaient propulsées par une torpille chargée d'air comprimé à 205 kg/cm² et pilotée par un ou deux hommes vêtus de scaphandres. Les pilotes recherchaient sous le filet de l'estacade les ouvertures par où la torpille pouvait s'introduire dans le port.

Les bateaux sauteurs

Des vedettes d'un type spécialement étudié pour franchir les barrages d'obstruction des ports furent imaginées en 1918 par le Ct Ciano, père du ministre actuel. Il s'agissait d'une sorte de canot à fond plat en plan incliné, possédant de chaque bord une chaîne-galle munie de crocs; ces chaînes-galles embraquées sur un moteur électrique permettaient à l'embarcation de sauter par-dessus les barrages. D'où le nom de « tanks marins », à cause des chaînes-galles, et de « bateaux sauteurs », étant donnée leur aptitude. Le pont du tank marin recevait une torpille sous-marine. Quatre de ces tanks marins furent réalisés en 1918, et dénommés *Grillo*, *Locusta*, *Cavalletta* et *Pulce* (*Grillon*, *Criquet*, *Sauterelle* et *Puce*).

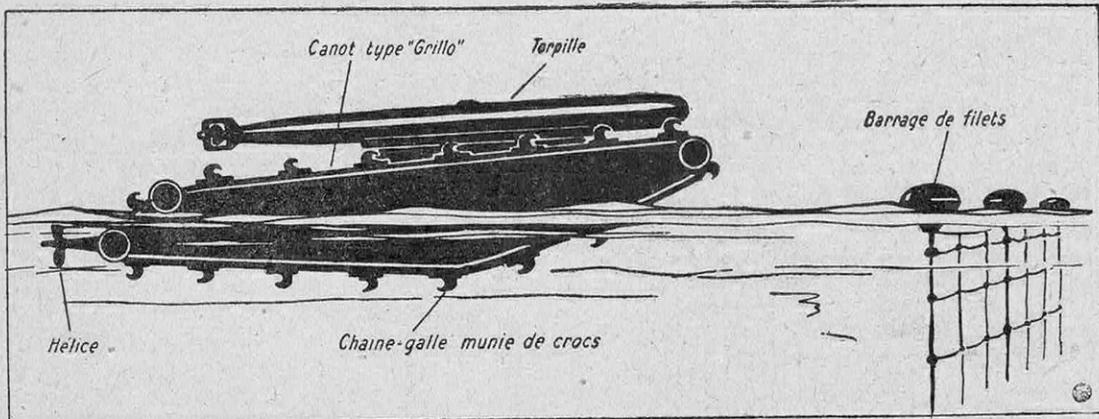
Dans la nuit du 13 au 14 mai 1918, le tank marin *Grillo*, piloté par le lieutenant de vaisseau Pellegrini et emportant trois hommes, est largué de sa remorque, une vedette M.A.S., de-

vant le port de Pola. Pellegrini embraille son moteur électrique silencieux sur l'hélice et arrive aux obstructions constituées par des tonnes et cinq rangées de madriers séparés par des intervalles de 2 mètres. Mais à ce moment, le *Grillo* est aperçu par les projecteurs de la défense et coulé d'un coup de canon. Pellegrini est fait prisonnier.

La « Mignatta »

Dans le courant d'avril 1918, le major du génie naval italien Rossetti conçut une sorte de torpille qui serait dirigée au ras de l'eau par un homme ou deux. L'avantage de l'engin était de pouvoir plonger et passer sous des obstructions.

De la torpille sous-marine avaient été conservés le moteur à air comprimé et le réservoir d'air comprimé dont la charge avait été poussée de 180 à 205 kg/cm² pour accroître le rayon d'action. Le pilote de la machine, équipé d'un scaphandre autonome, se tenait à plat ventre



T W 14804

FIG. 3. — SCHÉMA D'UN TANK MARIN DU TYPE « GRILLO »

Le *Grillo* était un canot à moteur silencieux transportant une torpille. D'une forme spécialement étudiée, il était muni d'un dispositif de crochets lui permettant de passer par-dessus les estacades de protection des ports.

sur la torpille et manœuvrait le levier de prise d'air du moteur pour régler la vitesse de l'engin; il manœuvrait également les gouvernails. A l'avant de la torpille, le cône de charge explosive avait été remplacé par deux mines ovales contenant chacune 250 kg d'explosif. L'ensemble se tenait horizontalement avec une très légère flottabilité positive, juste suffisante pour que la tête du pilote affleure à la surface.

L'engin était d'abord remorqué sans pilote par une vedette rapide jusqu'à proximité du port à attaquer. Le pilote prenait place et démarrait son engin vers la passe, où il cherchait à se glisser dans les interstices du barrage fermant le port. Muni de son scaphandre autonome, il pouvait se détacher de son engin, plonger et reconnaître un passage, avant de s'engager. Une fois en rade, il chevauchait à nouveau sa torpille et la conduisait en demi-plongée à très faible vitesse, jusqu'à la coque du navire ennemi. Là encore, son scaphandre autonome permettait au pilote de plonger pour fixer une des deux mines, préalablement détachée, à la coque du navire, à une certaine profondeur. La fixation des mines se faisait au moyen d'aimants, d'où le nom de « sangsue » (mignatta) donné à l'engin. La mise de feu avait lieu à retardement par un mécanisme d'horlogerie, le pilote ayant ainsi le temps de s'éloigner à la nage du lieu de l'explosion.

La proposition de l'ingénieur Rossetti fut soutenue par le Ct Ciano, et un médecin de marine, Paolucci, nageur de très grande endurance, s'offrit pour la piloter. Les deux hommes, Rossetti et Paolucci, après des essais dans la lagune de Venise, entreprirent, dans la nuit du 31 octobre au 1^{er} novembre 1918, de pénétrer en rade de Pola, où les cuirassés austro-hongrois se tenaient au mouillage. Deux vedettes M.A.S. remorquèrent la torpille jusqu'à l'entrée du port, de nuit. Les deux hommes prirent place, réussirent à franchir le barrage du port en se glissant, à raser le mole, en dépit des sentinelles autrichiennes, entre 22 heures et 23 heures. Ce

n'est que vers 4 h 30 qu'ils purent fixer leur « sangsue » sur la coque du cuirassé *Viribus Unitis*. Les deux hommes épuisés furent découverts et faits prisonniers, mais le cuirassé autrichien sauta à 6 h 10 et coula.

Vingt-trois ans après ce brillant résultat, ce sont les ports britanniques de la Méditerranée qui sont en butte aux attaques de la marine italienne.

De nouvelles vedettes italiennes, dites « canots d'assaut », ont effectué une attaque sur les navires anglais mouillés en baie de la Sude (Crète), dans la nuit du 25 au 26 mars, coulant un pétrolier et endommageant le croiseur *York*, qui fut coulé par la suite par des bombes d'avions lors de la conquête de la Crète par l'aviation allemande.

Une tentative d'attaque à la torpille vivante a eu lieu le 26 juillet 1941 contre le port de La Valette et par la suite contre la rade de Gibraltar. Il semble que les « torpilles vivantes » de 1941 n'étaient pas rigoureusement identiques à celles réalisées par Rossetti en 1918.

Il s'agirait cette fois d'un canot conduit par un ou deux hommes, et s'adaptant à une torpille, qui constituerait la proue de l'embarcation. Sous la coque du canot se trouverait de plus un levier dont le déclenchement par le pilote permettrait à la « torpille vivante » de faire au-dessus des eaux un bond de plusieurs mètres, de manière à pouvoir franchir les réseaux de filets et de mines flottantes qui protègent l'entrée des ports. Arrivé à faible distance de son objectif, le pilote lâche sa torpille et tente, avec le morceau d'embarcation qui lui reste, de regagner le navire d'où il est parti. Mais il n'y parvient le plus souvent pas, car le dispositif lui permettant de franchir les réseaux protecteurs ne fonctionne plus, le centre de gravité de l'embarcation étant déplacé. La « torpille vivante » est ainsi pilotée par des « volontaires de la mort » qui font le sacrifice de leur vie.

P. CAMBLANC.

En France métropolitaine, les terres incultes couvrent environ 10 % de la surface totale du pays et la moitié de la surface boisée, soit un peu plus de 5 millions d'hectares (1). Une partie d'entre elles peut et doit logiquement faire retour à l'agriculture, soit comme culture, soit comme pâturage. A l'autre extrémité de l'échelle des valeurs, d'autres surfaces incultes (marécages difficiles à assainir, sommets trop rocheux, difficultés excessives d'accès) doivent par la force des choses être laissées de côté. Il reste une étendue considérable où les travaux de reconstitution forestière doivent pouvoir transformer un sol actuellement inutilisé et inutilisable pour l'agriculture en forêt productrice. Le reboisement est une œuvre de longue haleine (les premières récoltes, plus ou moins rapprochées suivant la nature des essences, ne peuvent être envisagées avant quelques dizaines d'années), mais si, à la suite d'un effort persévérant et judicieux, le quart seulement de la surface actuellement inculte était transformé en forêt de rapport, l'augmentation de production ligneuse qui en résulterait pourrait suffire à satisfaire la plus grande partie de nos besoins en bois sous toutes ses formes.

(1) Voir *La Revue des Eaux et Forêts*, janvier 1942.

LA RENAISSANCE DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE DE LA TOURBE

par Henri DOYEN

La facilité avec laquelle on pouvait avant-guerre s'approvisionner en combustibles de choix (houille, pétrole) avait fait abandonner presque complètement l'exploitation de matières premières telles que la tourbe, considérées comme de seconde qualité. L'énorme quantité d'eau que contient ce combustible et la difficulté de l'en débarrasser étaient cause du discrédit jeté sur lui. La pénurie actuelle nous contraint à mobiliser toutes les ressources de notre sol. Elle va sans doute donner un nouvel essor à l'industrie tourbière, qui, d'après un recensement récent, devrait pouvoir, en 1945, produire 500 000 tonnes d'un combustible à 5 000 calories par kilogramme. L'expérience acquise dans le traitement de la tourbe par certains pays étrangers (Canada, Suède, Allemagne, U.R.S.S.) doit permettre de doter les exploitations des tourbières françaises d'un outillage qui les rendra rentables, même lorsque la paix sera revenue.

TOUS les combustibles que nous extrayons du sol proviennent de la fossilisation plus ou moins avancée de matières organiques animales (pétrole) ou végétales (houille, lignite). Cette fossilisation, qui s'est effectuée au cours des temps géologiques, n'a pas exigé des conditions très différentes de celles qui sont actuellement réalisées à la surface du globe, et nous la voyons même se poursuivre en certains endroits aujourd'hui, en particulier dans les tourbières. Les tourbières sont des amas de débris végétaux qui retiennent une très grande masse d'eau. A leur partie supérieure, certaines plantes croissent, puis meurent, et leurs restes viennent ajouter une nouvelle couche à la tourbière. La substance organique des végétaux morts est profondément modifiée par l'action des bactéries et son aspect se transforme à mesure que l'on gagne le fond de la tourbière, dont on extrait une tourbe qui n'est pas sans analogie avec le lignite.

Formation et aspect d'une tourbière

On se représente fréquemment une tourbière comme un marécage dans lequel la tourbe se trouve à plus ou moins grande profondeur.

En réalité on distingue les tourbières plates, particulièrement répandues dans les plaines ou les marais, et les tourbières bombées dont le niveau dépasse dans les plaines ou sur les plateaux celui des terrains avoisinants et qui se rencontrent le plus souvent en montagne. En France, les premières sont particulièrement répandues en Bretagne, en Normandie, en Thiérache, dans l'Aube, dans la Somme et l'Oise; les secondes se trouvent dans les Vosges, en Auvergne, en Limousin et dans le Jura. Ces deux classes de tourbières se distinguent encore par la nature des plantes qui y ont proliféré.

Sur un sol constamment inondé, ce sont les

plantes aquatiques (joncs, carex) dont la décomposition sous l'eau donne la tourbe; sur un sol plus sec, spécialement sur un sol siliceux, on voit les mousses à longue tige (sphaignes) former un tapis serré, gorgé d'eau, qui croît en hauteur, tandis que la base se décompose en tourbe.

Landes et tourbières sont fréquemment associées, en Limousin, par exemple, et dérivent l'une de l'autre suivant que les conditions deviennent plus ou moins défavorables. La lande dérive de la forêt. Elle en a pris la place, généralement après des défrichements (Ecosse, plateau de Millevaches, Auvergne) mais aussi après épuisement du sol en acide phosphorique et en chaux. Peu à peu, les plantes des landes ont alors chassé la forêt. Dans les pays humides et froids : Danemark, Suède, Russie, Sibérie méridionale, prairies des Etats-Unis, etc., la tourbière, elle-même, menace partout la forêt.

La tourbière peut donc être considérée comme une maladie du sol; il est possible par des soins intelligents de reconquérir et de rendre cultivables des tourbières naturelles. Une partie des tourbières de la Hollande et de l'Allemagne du Nord a pu être colonisée. L'apport d'éléments minéraux, plus encore que les engrais azotés, le drainage et l'ameublissement du sous-sol ramènent progressivement le sol à des conditions normales.

La répartition des tourbières dans le monde

Les tourbières recouvraient dans l'hémisphère septentrional une superficie de 520 000 kilomètres carrés. Les plus importantes se trouvent en U.R.S.S. (170 000 km²), au Canada (96 000 km²), en Finlande (98 000 km²), en Suède (50 000 km²), etc...

En outre des steppes, les tourbières se rencontrent dans les immenses forêts (taïga) de

Russie et de Sibérie, où dominent les résineux (sapins en Europe, mélèzes en Sibérie), en association avec le bouleau, le seul feuillu qui croisse dans ces forêts. D'immenses marécages à tourbières interrompent fréquemment la taïga; et les tourbières bombées, elles-mêmes, n'y sont pas rares. De là d'immenses réserves, estimées, en tourbe sèche, à 54 milliards de tonnes pour la Russie d'Europe et 100 millions de tonnes pour la Russie d'Asie.

En U.R.S.S., l'extraction de la tourbe atteignait 1,5 millions de tonnes en 1913. Après être tombée à 1 million en 1918, elle dépassait déjà 4 millions 500 000 tonnes en 1927 et atteignait 17 millions en 1937. Le troisième plan quinquennal devait la porter à 49 millions en 1942. Mais il n'a fait, en cela, qu'utiliser des possibilités sans égales en Europe.

D'autre part, la tourbe russe ne contient généralement pas plus de 6 % de cendres, sur le produit sec; toutefois, celle de l'Ukraine méridionale en renfermerait jusqu'à 18 %.

Aux États-Unis seulement, où les tourbières reconnues recouvrent 29 999 km², en ne tenant compte que des gisements où la tourbe se trouve en couches de 3 m d'épaisseur et correspond à des possibilités de production de 500 tonnes de tourbe sèche par hectare et par jour, les réserves de tourbe sèche sont évaluées à 13,8 milliards de tonnes. La superficie des tourbières des États-Unis représentant à peine 6 % de celles de l'hémisphère septentrional, on se rend compte de l'énorme réserve de combustible et de produits chimiques que représente la tourbe. D'ailleurs, les prospections relatives aux tourbières sont fort loin d'être achevées. Les vastes étendues asiatiques recèlent encore d'énormes richesses que les prospecteurs nous feront connaître un jour.

Même en France, nous ignorons l'importance de nos tourbières. Selon les estimations, elles s'étendent sur 300 000, selon d'autres sur plus de 1 200 000 hectares, de telle manière que nos réserves de tourbe, évaluées à l'état sec, ressortiraient à 1,5 milliard de tonnes dont le pouvoir calorifique moyen au kilogramme et à l'état sec s'élèverait à environ 5 000 calories.

L'inventaire et l'équipement des tourbières françaises reste à faire

Délaissée en France, depuis plus de cinquante ans, parente très pauvre de l'industrie des combustibles solides, la tourbe revient en faveur parce qu'on a grand besoin d'elle. L'administration des Mines s'emploie actuellement au recensement de nos richesses tourbières. Ce recensement doit tenir compte non seulement de la puissance des gisements, mais encore de leur qualité qui dépend principalement de leur teneur en cendres. Tous les gisements tourbeux ne valent pas d'être exploités, soit que leurs réserves soient trop restreintes, soit qu'ils donnent un produit de qualité inférieure.

En ce qui concerne la qualité de la tourbe extraite, les tourbes de montagnes (Vosges, Limousin, Auvergne et Jura quelquefois) ne renferment que 1,5 à 5 % de cendres, quand on les évalue à l'état sec. Les teneurs de 8 à 12 % ne se rencontrent que dans les tourbes du Bauplois (Calvados), de Châteauneuf (Ille-et-Vilaine) de la Sarthe, du Puy-de-Dôme et quelquefois aussi du Jura. Quant aux tourbes de marais (Somme, Oise, Aisne, Aube, Essonne, La Brière, etc...), elles en contiennent, toujours sur produit sec, de 20 à 35 %. Il ne peut donc y avoir en France de règle générale pour l'extraction et l'utilisation de nos tourbes.

Le plus souvent, une tourbière française se caractérise par sa superficie relativement restreinte, spécialement dans les régions montagneuses où elle ne va guère au delà

de 30 ha, tout en n'ayant qu'une profondeur relativement réduite : 3 mètres au maximum. Toutefois, elles s'étendent parfois jusque sur 600 ha et l'épaisseur de la couche de la tourbière y dépasse fréquemment 6 mètres, mais le nombre de ces grandes tourbières est restreint. Presque toujours, comme dans les tourbières de montagnes, la surface des terrains tourbeux n'est que de quelques dizaines d'hectares.

Ces conditions sont très différentes de celles qui s'offrent pour l'exploitation des tourbières russes et américaines; aussi, tout en retenant les procédés techniques qui seront applicables

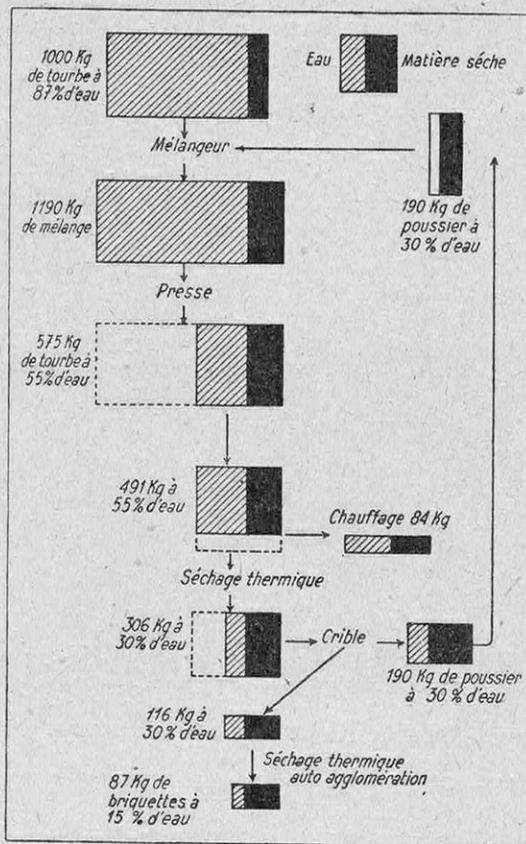


FIG. 1. — DIAGRAMME MONTRANT LA SUCCESSION DES OPÉRATIONS DANS LE PROCÉDÉ MADRUCK DE SÉCHAGE DE LA TOURBE

La floculation du gel d'hydropcellulose, sans laquelle il est impossible d'obtenir un séchage rapide de la tourbe, est ici obtenue par l'addition à la masse tourbeuse de poussier de tourbe. On peut alors débarrasser la tourbe d'une partie de l'eau qu'elle contient par simple pression. Le séchage est complété par un traitement thermique qui amène le taux d'humidité à une valeur convenable. Le combustible obtenu est capable de fournir 5 000 calories par kg. Le rendement de l'opération est de 57 %. Les chiffres indiqués sur le diagramme ci-dessus ne prétendent pas à une exactitude rigoureuse, mais ont seulement pour but de fixer un ordre de grandeur.

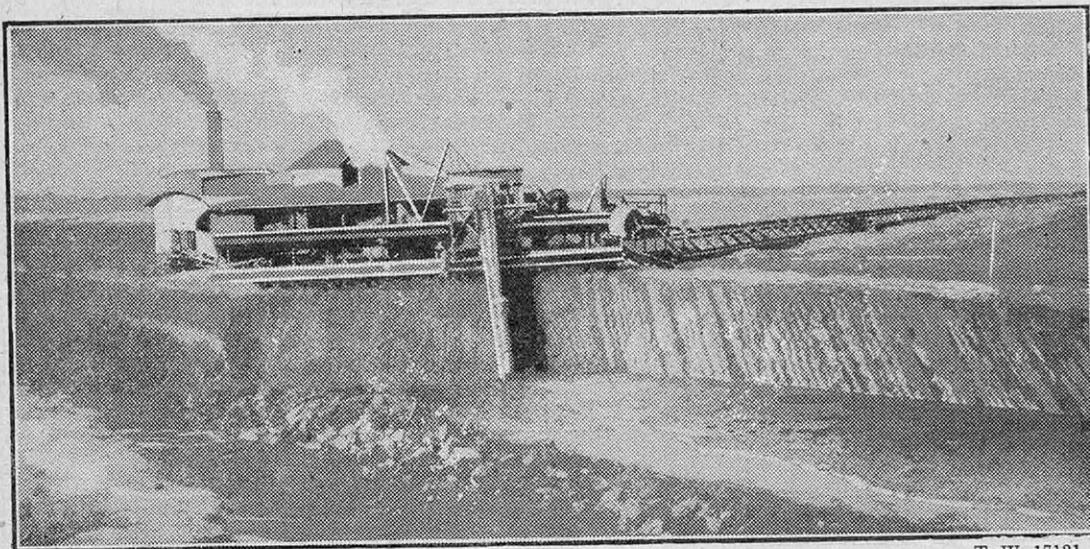
à l'exploitation de nos ressources tourbières, il faudra se garder de copier servilement les méthodes de l'étranger.

En 1941, il a été mis sur le marché, en France, 70 000 t de mottes de tourbe. L'étendue de nos tourbières nous permettrait de porter ces livraisons à 500 000 t environ par an. Ce résultat pourrait être progressivement atteint vers l'année 1945, à condition de créer l'équipement nécessaire. Ceci devrait être fait avec la dépense minimum de métaux pour la construction du matériel d'extraction et d'élaboration de la tourbe marchande. Sauf en certains cas exceptionnels, la puissance des tourbières françaises

De la surface jusqu'au fond d'une tourbière, on rencontre trois qualités principales de tourbe, différant par leur couleur, leur structure et leur densité, témoignant d'une transformation plus ou moins prononcée.

A la surface on trouve d'abord la *tourbe mousseuse*, d'un jaune plus ou moins foncé. Cette tourbe est *lé-gère* (105 à 240 kg/m³), spongieuse, à peine feutrée. Les végétaux dont elle dérive y ont laissé leur trace.

Vient ensuite la *tourbe feuilletée*, de teinte chocolat; plus compacte (225 à 675 kg/m³) on y retrouve encore les végétaux aux dépens desquels elle s'est formée.



T W 17121

FIG. 2. — EXCAVATRICE POUR L'EXTRACTION DE LA TOURBE, EN SERVICE DANS UNE TOURBIÈRE CANADIENNE

La tourbière ayant été préalablement drainée de façon à y abaisser d'un mètre environ le niveau du plan d'eau, ce qui communique au sol de la tourbière une compacité suffisante pour que les machines puissent s'y déplacer, la tourbe est extraite au moyen d'une excavatrice se déplaçant sur caterpillars. La tourbe est ensuite triturée, puis répartie sur une aire en couches de 440 mm d'épaisseur à l'aide d'un convoyeur pouvant avoir jusqu'à 250 m de longueur. Elle y arrive sous la forme d'une pulpe qu'une machine découpe en mottes. Après cinquante jours d'exposition à l'air libre, pendant la saison d'été, le volume de ces mottes de tourbe se réduit au quart du volume initial. Les briquettes contiennent de 25 à 30 % d'humidité, elles possèdent la consistance du bois et conviennent parfaitement à l'alimentation des foyers domestiques et industriels.

ne permet pas d'amortir des usines importantes sur la tourbière elle-même. Il conviendra de donner à l'industrie tourbière en voie de formation une organisation spéciale, dont la plus indiquée correspond à celle d'une coopérative.

Structure et composition de la tourbe

Une plante qui meurt laisse un squelette formé des enveloppes de ses cellules soutenues par des fibres. Ce squelette de la plante est composé de cellulose plus ou moins imprégnée d'une substance durcissante : la lignine. Les matières azotées qui constituaient le protoplasme de la cellule sont décomposées par l'action des bactéries et subissent une série de simplifications qui donnent naissance à l'ammoniac, aux nitrates, etc. Les plantes en décomposition forment dans le sol une masse brune à réaction acide : l'humus. La tourbe n'est pas autre chose que de l'humus qui s'accumule en couches profondes et qui, décomposé par des bactéries, finit par devenir une substance noirâtre.

A la base de la tourbière, enfin, la *tourbe noire* rappelle, par sa couleur, le lignite. C'est la meilleure variété de tourbe. Elle est compacte (600 à 900 kg/m³). Elle présente pourtant l'inconvénient d'être la plus cendreuse.

La composition de la tourbe est, en raison même de son origine, très variable. Elle comprend principalement :

- de la cellulose et de la lignine non décomposés;
- des produits de décomposition de composition mal définie qui forment une substance brune;
- des sels minéraux, qui appartenaient à la plante vivante, ou qui, dans le cas des tourbières de marais, ont été apportés par les eaux accumulées dans la tourbière. En général, la teneur en sels minéraux augmente dans le fond de la tourbière. Dans le cas des tourbières de montagnes, l'eau suinte de la tourbière vers le sol environnant; elle a pour effet d'abaisser la teneur de la tourbe en sels minéraux. La richesse de la tourbe en sels minéraux présente un grand intérêt du point de vue de sa qualité : ce sont ces sels qui en constituent la partie in-

combustible, les cendres. Comme nous l'avons vu, les tourbières de montagnes donnent un produit à teneur en cendres plus faible que celle des tourbières de marais;

— de l'eau (90 % d'eau pour 10 % de tourbe sèche). Dans toutes les applications de la tourbe, en particulier comme combustible, il faut commencer par débarrasser la tourbe de presque toute l'eau qu'elle renferme. L'idée qui vient immédiatement à l'esprit en raison de la structure de la tourbe est de la presser à la manière d'une éponge pour chasser le liquide qu'elle retient. Malheureusement, ce procédé simple échoue : la tourbe humide se comporte comme une gelée qui, si l'enveloppe est à mailles lâches, passe à travers ces mailles, et si l'enveloppe est à mailles plus serrées, la brise. Cette propriété de la tourbe est due à sa nature colloïdale : les débris des cellules sont remplis d'un gel d'hydrocellulose et c'est ce gel qui retient l'eau énergiquement.

Le séchage de la tourbe

On peut se contenter de laisser sécher à l'air la tourbe extraite, mais plutôt que de dépendre de la pluie et du beau temps, il vaut mieux la soumettre à des actions physiques ou chimiques en activant la déshydratation. Par exemple, un traitement mécanique : déchiquetage et pressage, qui désagrège les parois des cellules, permet d'activer le séchage. Ce traitement peut être fait soit par malaxeur, soit par presse discontinue qui donne de la tourbe à 60 % d'eau dont le séchage est plus rapide, soit, en ordre de grandeur, trois semaines au lieu de deux mois, durant la belle saison.

Une fois la tourbe séchée, sa nature colloïdale est détruite définitivement, et sa capacité d'absorption de l'eau s'abaisse sensiblement. C'est ainsi qu'une tourbe séchée jusqu'à 9,5 % d'eau, immergée dans l'eau pendant 57 jours, a repris une teneur en eau de 43 %, mais a abandonné cette eau en une semaine pour revenir à une teneur en eau de 9,8 %.

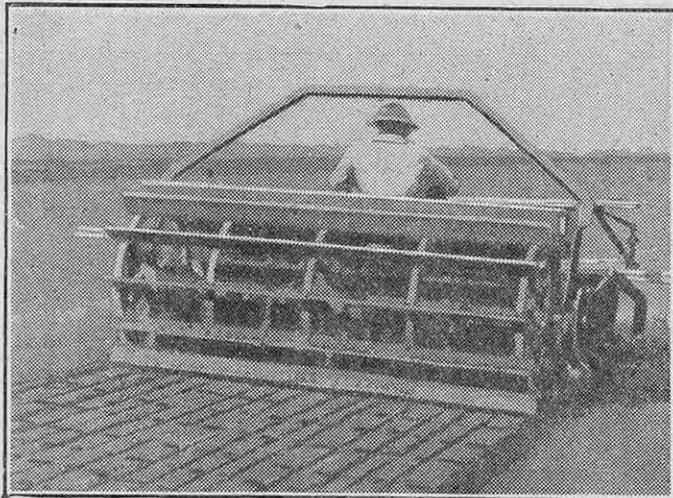
Divers moyens peuvent être employés pour activer le séchage de la tourbe :

— Augmenter la surface d'évaporation en formant des mottes plus petites;

— Détruire le gel d'hydrocellulose par chauffage de la boue tourbeuse à 180°, dans des tubes clos, c'est-à-dire sous la pression correspondant à cette température (10 kg absolus), mais ce procédé semble économiquement inapplicable parce qu'il nécessite la combustion d'une trop forte quantité de tourbe — la moitié, voire même les trois quarts du poids de celle que l'on peut obtenir à l'état sec — pour les diverses opérations de manutention et de chauffage.

— Durant l'année 1941, on aurait monté des installations de séchage de la tourbe par un courant d'air froid, lors de son passage dans un four-tunnel. Economiquement, cette méthode conduit, en général, à des résultats avantageux et permet de réduire, en une centaine d'heures, de 80 à 25 % la teneur en eau. Toutefois, elle a pour contre-partie une altération du pouvoir autoagglomérant de la tourbe. D'autre part, l'efficacité de ce procédé dépend évidemment du degré hygrométrique de l'air soufflé dans le four-tunnel.

Le procédé Maudruck de séchage rapide de la tourbe



T W 17125

FIG. 3. — DÉCOUPAGE DE LA PULPE DE TOURBE SUR L'AIRE DE SÉCHAGE

Le procédé Maudruck employé depuis une quinzaine d'années à Seeshaupt (Bavière), où il permet de produire 100 tonnes de briquettes par jour, combine divers moyens propres à accélérer à dessiccation de la tourbe.

Par une addition à la tourbe humide de 20 % de poussier de tourbe (de calibre compris entre 2 et 8 mm) à 25 % d'humidité, on détruit partiellement son état colloïdal. Par simple pression, on peut alors abaisser la

teneur en eau de 90 à 60 %. On opère alors un séchage thermique, en brûlant une partie de la tourbe pour le chauffage et les diverses manutentions, ce qui abaisse la teneur en eau à 15-18 %.

La tourbe étant sèche, un criblage permet de récupérer le poussier qui sert à traiter une nouvelle quantité de tourbe.

On termine en pressant la tourbe séchée dans des moules où elle s'agglomère.

Quel est le rendement de l'opération? Le poids de poussier incorporé à la tourbe est assez considérable (115 kg de poussier pour l'obtention de 45 kg de matière sèche) et le gain qu'on réalise en chassant 30 % d'eau par pression est en partie détruit par les dépenses de chauffage et de force motrice. Le criblage de produits humides comme le sont le poussier et la tourbe ne va pas sans difficulté. Pour obtenir 41 tonnes de briquettes, correspondant à 35 tonnes de tourbe sèche, on doit extraire du marais 615 tonnes de tourbe à 90 % d'eau; le rendement est donc de 57 %.

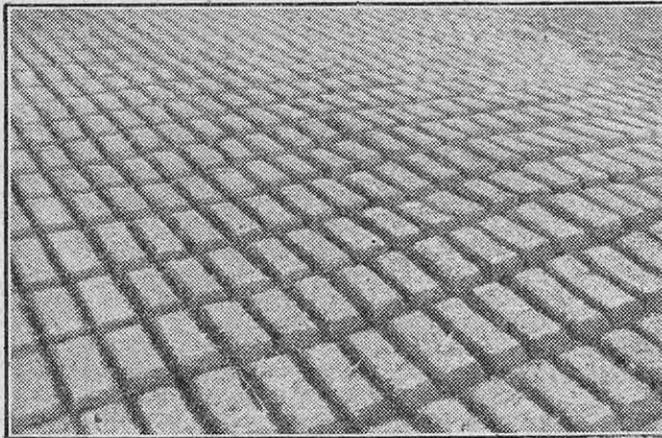
Ce procédé pourrait être perfectionné, et les recherches actuelles visent à la mise au point d'un procédé qui non seulement mettrait en œuvre d'un agent floculant plus simple que le poussier, mais encore permettrait l'expulsion de l'eau par des appareils plus faciles à réaliser que des presses.

Au début de l'année 1942, d'autres procédés sont en vue. L'un de ceux qui offrent le plus

d'intérêt consiste à réaliser successivement et *in situ* le séchage, le décendrage et la semi-carbonisation de la tourbe. A cet effet, on emploie un agent chimique qui réagit sur les cendres de la tourbe d'une façon fortement exothermique. L'utilisation de la chaleur correspondante de réaction permet de sécher la tourbe tandis que l'agent chimique qui intervient en rompt l'état colloïdal. Cette méthode paraît appelée à un grand avenir. Elle est en voie d'application en Allemagne.

On a préconisé également l'électro-osmose en vue du séchage de la tourbe. Des essais de laboratoire auraient donné des résultats satisfaisants. Malgré cela, il n'existerait que des projets, en vue de son adaptation industrielle.

On a essayé aussi l'intervention d'agents physiques (poussier de coke, oxyde de fer colloïdal) ou chimiques (carbonate de sodium) pour détruire l'état colloïdal de la tourbe. Jusqu'à ce jour, les résultats techniques ont été souvent satisfaisants; mais à cause du coût élevé ou de la complexité des opérations, on n'a pas encore réussi à les transposer dans le domaine industriel.



T W 17123

FIG. 4. — MOTIES DE TOURBE SUR LEUR AIRE DE SÉCHAGE

Principes généraux d'exploitation tourbière

La première précaution à prendre, c'est de choisir convenablement une tourbière. Il faut, en particulier, que la tourbe se prête à l'auto-agglomération, qu'elle brûle convenablement et contienne peu de cendres. D'où la nécessité d'un travail de prospection méthodique à différentes profondeurs du marais et en de nombreux points, que complètera une carte minéralogique de la tourbière. Dans l'étude correspondante, on ne perdra pas de vue que la présence de la tourbe, même de bonne qualité, ne représente qu'un simple facteur de l'exploitation. Il faut encore se préoccuper :

- Des facilités de recrutement de la main-d'œuvre et de la possibilité de l'employer à d'autres travaux dans l'intervalle entre deux campagnes d'exploitation.

- De l'impossibilité d'inondation des terrains, au cours de la période d'exploitation.

- Des facilités de raccordement aux routes et voies ferrées.

- De la présence de racines, souches, troncs d'arbres, etc..., dans le marais.

- Des facilités de drainage et de raccordement des eaux aux réseaux établis par le service des Mines et le Génie Rural.

L'appareillage suédois pour l'extraction et le séchage de la tourbe

En Suède et Danemark, au Canada notamment, on retire la tourbe du marais au moyen soit d'excavatrices, soit de dragues.

Les excavatrices conviennent particulièrement, quand les conditions topographiques locales le permettent, pour drainer le marais, ce qui consiste à y abaisser le plan d'eau d'environ un mètre, au moyen de canaux se recoupant à angle droit. La pratique indique que ce drainage doit être entrepris avec précaution, de manière que la teneur en eau de la tourbe ne descende pas en dessous de 90-85 %. En dessous de ce taux, la tourbe se triturerait et se moulerait mal. Par surcroît, lorsque, dans le gisement, la tourbe ne contient plus que 85 % d'eau environ, elle offre une résistance convenable à la compression pour permettre à l'excavatrice de se déplacer à sa surface. On a donc tout intérêt à recourir à un drainage modéré.

Quant à la drague, qui est une excavatrice montée sur un ponton, elle se recommande pour la mise à fruit des tourbières profondes.

A sa sortie de l'excavatrice, la tourbe passe sur un crible, puis dans un triturateur comportant ou non une filière, amenant la tourbe sous la forme de prismes ou de boudins.

Le triturateur peut être constitué par un broyeur dont les marteaux ont été remplacés par des couteaux se déplaçant entre les

barreaux de la grille de tamisage. Cet appareil déchiquette les racines, désintègre l'hydrocellulose qui enrobe les fragments de tourbe et homogénéise la pulpe tourbeuse.

La pulpe de tourbe forme une pâte qu'un convoyeur reçoit et qu'un organe auxiliaire à vis réparti sur l'aire d'étendage, en rangées ayant généralement dans les grandes exploitations canadiennes environ 230 m de longueur et 3,6 m de largeur. Des wagonnets, passant entre les rangées, ramassent les briquettes séchées et les amènent au parc de stockage ou au poste d'expédition.

La pulpe est étendue dans ces diverses rangées en couches de 11 cm d'épaisseur. Afin que celles-ci soient aussi uniformes que possible, l'aire d'étendage est soigneusement nivelée. Pour découper en mottes ou en briquettes ces grands gâteaux de tourbe, on y fait passer, en long et en large, un tracteur comportant des arbres parallèles sur lesquels sont montés des disques de 400 mm de diamètre.

Quand on arrive à l'extrémité du front de taille, l'ensemble excavatrice-convoyeur est ramené au point de départ et on recommence une nouvelle série de rangées.

Pour faciliter l'étendage sans avoir besoin d'une aire trop vaste et d'un convoyeur trop long, les champs de séchage sont aménagés symétriquement, chaque fois que c'est possible, par rapport à la tourbière. Dans ces conditions, quand une aire est entièrement couverte d'un côté par les rangées de tourbe, on amène l'excavatrice et le convoyeur vers l'autre rive du

marais en utilisant un chemin aménagé à cet effet. Ces engins se déplacent sur leurs caterpillars. Il suffit de vingt-quatre heures pour ce changement de front.

L'exploitation des tourbières en U.R.S.S.

Les principales exploitations tourbières se trouvent non loin de Mourmansk où elles s'exercent sur 6 000 ha, puis en Ukraine. Ces dernières bénéficient de conditions relativement favorables. En été, le soleil y est ardent et les pluies rares, si bien que la campagne tourbière y dure environ cent jours contre quatre-vingts jours seulement vers Mourmansk.

Durant l'hiver et le printemps, on prépare la campagne tourbière par des opérations de drainage, d'enlèvement des obstacles : troncs d'arbres, buissons, dénivellations du sol au moyen de pelles à masseuses consistant en un large bouclier dont le bas porte une lame bien tranchante. Cet engin est poussé par un tracteur de 50 ch qui se déplace à la vitesse de 4 km à l'heure. On se sert aussi de machines de 20 ch à pinces et à crochets se déplaçant sur caterpillars. Elles peuvent développer une puissance horizontale de 5 tonnes et un effort vertical d'une tonne.

Pour l'extraction de la tourbe, outre les excavatrices diverses, on utilise le procédé « Clason », dit « hydromasse », lequel consiste à désagréger la tourbe dans le gisement au moyen de jets d'eau sous pression de 15 atmosphères afin de former une pulpe qu'une pompe centrifuge aspire et refoule dans un champ au sol perméable. Elle s'y épand sous une couche que l'on règle à 20-23 centimètres. Après évaporation et filtrage de l'eau dans le terrain, on découpe la tourbe en mottes au moyen d'une machine automotrice.

Quant aux débris formés : branches, racines et troncs d'arbres qui surnagent, on les reprend au moyen de pelles à bennes preneuses se déplaçant sur caterpillars.

Un procédé, plus nouveau, celui du fraisage, permet d'extraire la tourbe économiquement quand il s'applique à des gisements drainés de manière que la tourbe ne contienne plus qu'au maximum 80 % d'eau, ce qui lui confère une compacité appréciable.

Cet engin consiste en un tracteur poussant un cylindre tournant muni de lames tranchantes qui rabotent la surface à la façon des lames de fraiseuses des ateliers de mécanique.

A chaque passage, la machine enlève une couche de 20 cm d'épaisseur.

Deux machines ramasseuses suivent la fraiseuse et tout est prévu pour transporter mécaniquement cette masse bien divisée sur les champs où elle sèche bien plus rapidement que celle des deux autres procédés.

Pour l'année 1942, qui devait marquer le terme du troisième plan quinquennal, le trust Glavtorf, chargé des exploitations tourbières, avait prévu que la répartition de l'extraction de la tourbe selon les diverses méthodes devait s'effectuer comme suit : hydromasse : 55 %, fraisage : 24 %, excavateurs : 3,4 %, élévateurs : 2,17 %, hydroélévateurs : 1,19 %. Il restait 13,84 % pour divers procédés (Madruck, Eckenberg, etc...) aboutissant au séchage artificiel.

La part prédominante revenait à l'extraction selon la méthode « hydromasse » et au séchage par étendage.

Le matériel français d'exploitation de la tourbe

Les conditions particulières à l'exploitation de la tourbe en France sont :

— la réserve relativement faible de chaque gisement qui interdit l'emploi d'un outillage aussi puissant que celui utilisé au Canada

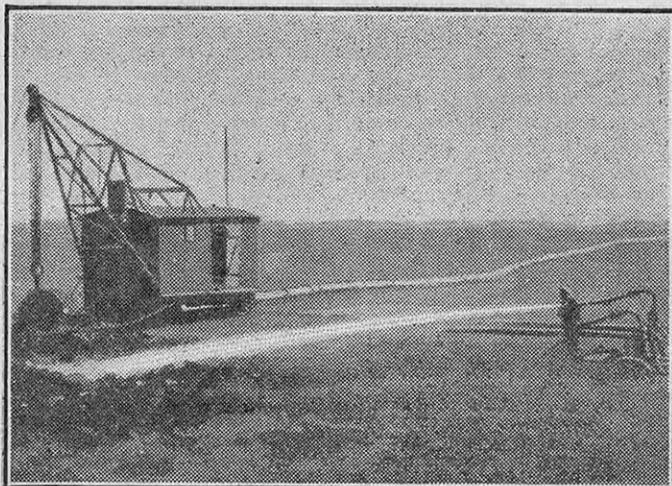
ou en U.R.S.S.

— la difficulté de trouver, comme dans ces pays, de vastes zones d'étendage : les tourbières sont le plus souvent enclavées dans des terres de culture ou d'élevage.

Le matériel employé pour l'extraction sera donc différent, allant du louchet mécanique à bras (débit 13 m³ par jour) à l'excavateur et à la benne preneuse (débit 15/25 m³ par heure). On étudie actuellement des excavateurs semi-flottants et des scrapers (fig. 6). Ces derniers sont économiques d'emploi et de construction, spécialement pour l'exploitation des tourbières sèches.

Le conditionnement de la tourbe

Jusqu'à la fin de l'année 1941, on s'est borné à livrer à la clientèle des mottes de tourbe friables et d'assez mauvais aspect, contenant couramment environ 30 % d'eau et 30 % de cendres, se vendant 600-700 fr la tonne en cave à Paris. C'est là un combustible de circonstance qui fera déjuger la tourbe d'autant plus vite que ses cendres sont fréquemment fusibles et encrassent les foyers. Le seul avantage de ce combustible, mauvais et cher, c'est que le marché en est libre. Dès maintenant, il convient de s'or-



T W 17124

FIG. 5. — L'EXTRACTION DE LA TOURBE PAR LE PROCÉDÉ DE L'HYDROMASSE (CLASON)

La masse de tourbe est attaquée par un puissant jet d'eau qui la désagrège. La boue ainsi formée est pompée et conduite à un bassin où la tourbe se dépose et sèche.

ganiser en vue de la préparation d'une tourbe « loyale et marchande », ce qui impliquera son décendrage et son autoagglomération sous la forme de boulets ou de briquettes. On peut envisager pour cela divers moyens :

1° Épuration de la tourbe par des procédés physiques ou par des procédés chimiques. Le moyen physique le plus simple consiste à soumettre la tourbe à un lavage par courant d'eau. Les procédés chimiques sont les plus rigoureux, mais, à cause de leur prix de revient, ils ne se recommandent que si on veut préparer des tourbes très pures, à moins de 5 % de cendres et à cendres pratiquement infusibles, pour l'alimentation de gazogènes de camions automobiles.

2° Incorporation à la tourbe d'un combustible propre : houille, poussier de charbon de bois ou encore de la sciure de bois dont nous avons en France des disponibilités considérables et auxquelles on ne voit que peu d'utilisations pratiques, malgré leur bon marché et leur absence de cendres. On bénéficierait ainsi, de façon élégante et pratique, du pouvoir autoagglomérant élevé de la tourbe. A celle-ci, il paraît possible d'ajouter jusqu'à 50 % de charbon ou de sciure de bois.

En ce qui concerne les presses, on pourra se les procurer sans trop de difficultés. On les choisira soit à marche discontinue, soit, mieux encore, à marche continue. Moyennant certains artifices, la pression d'autoagglomération se limite à 600-800 atmosphères.

D'après l'expérience acquise, en 1941, dans la vallée de l'Essonne, dans l'Oise et en Bretagne notamment, on peut considérer comme un grand progrès l'emploi de presses à action progressive lesquelles procurent quatre grands avantages :

Réduction de 50 à 20 jours de la durée moyenne du séchage au cours de la campagne tourbière, par la production de gâteaux de tourbe à 65-70 % d'eau, de 2 cm d'épaisseur, qu'on peut entasser, au cours du séchage, sous une épaisseur de 80 cm.

Réduction, par un séchage de plus courte durée et sous une épaisseur environ sept fois plus forte, au cinquième seulement de l'aire de séchage par la méthode usuelle. La superficie est ainsi ramenée de 6,6 ha à 1,4 ha par 100 m³ et par jour de production de tourbe verte.

Accroissement de la cohésion et de la densité apparente des gâteaux de tourbe marchande, qui passe de 280 à 750 kg par mètre cube.

Possibilité de porter de 150 à 220-250 jours par an la durée de la campagne tourbière dans les régions où l'hiver n'est pas trop froid. Elle a pu se prolonger jusqu'au 20 décembre 1941 dans la vallée de l'Essonne.

L'emploi de la tourbe crue dans les gazogènes

Des expériences ont été effectuées depuis plusieurs années en Allemagne par la firme Mercédès pour l'utilisation de la tourbe et du li-

gnite dans les gazogènes. Leur gazéification présente un certain nombre de difficultés ; tout d'abord on ne peut adopter le tirage inversé, car les briquettes de tourbe tombent en poussière dès qu'elles arrivent dans la zone du foyer et elles risquent de boucher le tirage. Cet inconvénient n'existe pas avec les gazogènes à combustion transversale.

Dans le cas où les briquettes contiennent une forte teneur de goudron, les vapeurs de goudron ne sont pas toujours complètement détruites par le foyer.

On peut les détruire en faisant passer le gaz de tourbe dans une cuve remplie de charbon incandescent ; c'est le gazogène à deux cuves (fig. 8).

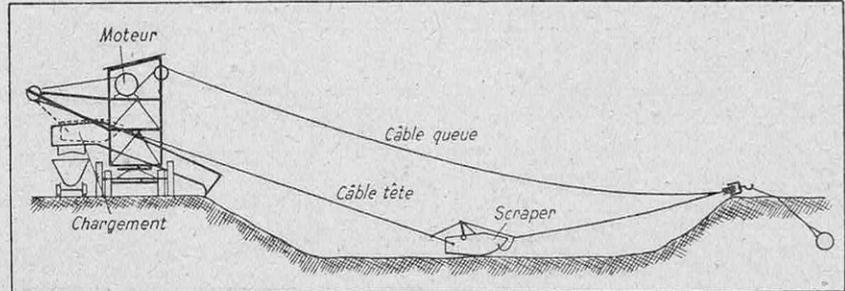


FIG. 6. — L'EXTRACTION DE LA TOURBE PAR SCRAPER

Ce procédé est actuellement à l'essai. Il conviendrait particulièrement pour la mise à fruit des tourbières sèches (Préparation industrielle des combustibles.)

Quand ces précautions sont prises, le gaz provoque encore malgré tout des dépôts gras (paraffine) dans la tubulure d'admission. Ceci entraîne la nécessité d'un nettoyage des tubulures d'admission tous les 60 000 kilomètres. Enfin l'huile de graissage, qui dissout une partie de ces paraffines, a tendance à s'épaissir, et on doit la choisir très fluide.

En utilisant un gazogène de sa construction, aujourd'hui homologué, le commandant Cazes se sert, comme carburant, de tourbe à environ 25 % d'eau et 30 % de cendres, en provenance de la vallée de l'Essonne et se présentant sous la forme de mottes pesant 750-800 kg au mètre cube (soit environ quatre fois plus que le charbon de bois).

Pour un camion de 3 tonnes, les dépenses pratiques se chiffrent approximativement comme suit, aux 100 km :

	kg	fr (1)
Tourbe (25 % d'eau et 30 % de cendres)	80	80
Charbon de bois.....	37	148
Bois	50	125

Semi-carbonisation de la tourbe

Dans notre dénuement actuel de carburants, on envisage de prédistiller la tourbe afin d'obtenir un semi-coke analogue au charbon de bois et du goudron. Il existe une forte analogie entre la carbonisation du bois et celle de la tourbe, aussi bien pour les conditions de température suivant lesquelles cette opération se manifeste que par la nature des produits obtenus. Jusqu'à 150°, pour l'un comme pour l'autre.

(1) Les prix indiqués sont ceux de décembre 1941, le prix du bois s'entend du produit conditionné.

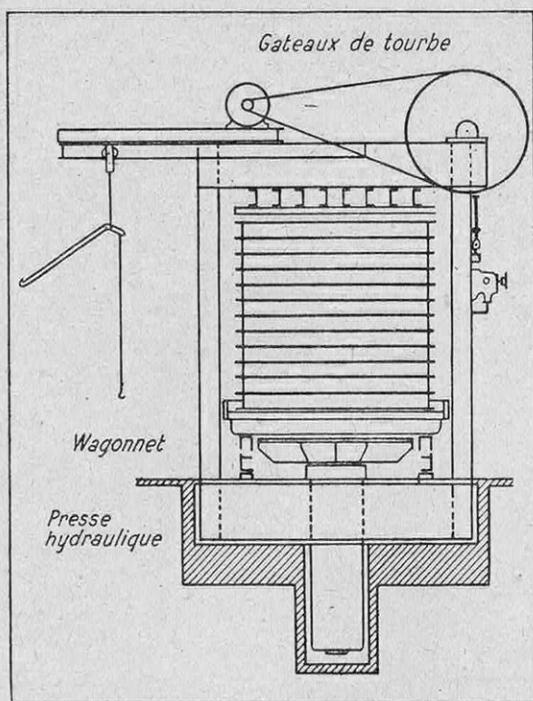


FIG. 7. — PRESSE HYDRAULIQUE POUR LE SÉCHAGE DE LA TOURBE (COLIN)

Sur un wagonnet, la « maie », on empile des gâteaux de tourbe verte malaxée. Ces gâteaux sont contenus entre des toiles et séparés par des clayons en bois. Cette maie est placée sur le piston d'une presse hydraulique qui s'élève avec son chargement, lequel vient buter contre un plateau fixe, ce qui permet d'exercer une pression progressive pouvant atteindre 5 kg/cm² au bout de vingt-cinq minutes. Il subsiste alors un gâteau de tourbe contenant encore 75 % d'eau, mais assez résistant, qui est découpé en morceaux de la dimension d'une tuile plate ou mécanique. On empile ces galettes et on les sèche sous un hangar aéré. La teneur en eau tombe à 30 % en trois semaines en été et en six à huit semaines en hiver.

tre, c'est l'eau qui se dégage. De 150° à 200°, apparaissent l'alcool méthylique et un gaz très riche en anhydride carbonique. A 200°, arrive l'acide acétique accompagné d'un peu de goudron. Ce dernier se dégage principalement vers 250°-300° en même temps que la majeure partie du gaz. Arrivée à cette étape, la pyrogénéation correspond à une réaction exothermique qui élève instantanément, de plus de 50°, la température de sortie des gaz et des vapeurs. Vers 500°, il ne vient plus de gaz et de goudron. La température de 350° paraît la plus favorable à la bonne qualité (combustibilité, réactivité et cohésion) tant du charbon de bois que du semi-coke de tourbe pour gazogènes. Il faut aller jusqu'à 900-1 000° pour obtenir du coke de tourbe approprié à des besoins spéciaux de la métallurgie.

La semi-carbonisation doit porter sur des briquettes préparées par autoagglomération de la tourbe. Ceci suppose le séchage de cette tourbe jusqu'au taux de 20 %, auquel on parvient en deux étapes après desséchage, par exemple : 1° à l'air libre ou par étendage de 85 à 40-50 % ; 2° par voie thermique — les quatre cinquièmes de la teneur originelle en eau de la matière

ayant été expulsés en première étape — de 40-50 % à 18-20 %. Ce dernier tantième s'impose. En effet, en dehors de lui, on ne peut pas autoagglomérer la tourbe.

Dans tous les cas, il ne faut pas perdre de vue : — Que les produits de la distillation du goudron — celui-ci a un point de fusion souvent compris entre 20 et 30° — sont très difficiles à raffiner.

— Que la prédistillation donnant un semi-coke contenant environ deux fois plus de cendres que le produit original pris à l'état sec, on ne peut évidemment soumettre à la semi-carbonisation que des tourbes très pures, sous peine d'obtenir un semi-coke dont la teneur en cendres peut atteindre 40 %, ce qui ramène inéluctablement à un décendrage des tourbes de marais, qui sont précisément celles dont nous disposons principalement en France.

On devra donc soumettre la tourbe à un traitement chimique portant sur des briquettes, dans un four continu dans lequel s'effectueront son séchage, son décendrage et sa prédistillation à 350°, l'opération étant conduite de façon que les briquettes de semi-coke obtenues renferment encore suffisamment de matières volatiles pour qu'elles puissent engendrer dans le gazogène un gaz riche en méthane, donc à pouvoir calorifique élevé et sans perte de puissance du moteur par rapport à la marche à l'essence.

Une installation de cette nature doit pouvoir traiter, par jour, 200 tonnes de tourbes évaluées à l'état sec, pour se prêter à un amortissement rapide.

Les briquettes de tourbe et de charbon

Actuellement, différents agglomérateurs livrent des briquettes tourbe-charbon, obtenues à l'aide de l'appareillage très simple utilisé pour la préparation de briques en argile. A cet effet, comme l'a indiqué M. Lerecouvreur, la tourbe, mise en œuvre à l'aide du matériel de briquetterie, doit tenir environ 50 % d'humidité ; trop d'eau ne donne qu'une cohésion insuffisante, trop peu d'eau provoque des fissurations dans les briquettes. La tourbe, déshiquetée par un désagrégateur fait de deux cylindres de vitesses périphériques différentes, dont l'un est armé de barrettes saillantes parallèles à l'axe, est mélangée en parties égales avec le poussier de charbon ; la pâte ainsi formée, après passage dans un malaxeur, arrive à la filière, à la sortie de laquelle le boudin à section rectangulaire qu'elle forme est débité à la longueur voulue. Les briques ainsi obtenues ont les dimensions habituelles des briques de construction 5,5 × 11 × 22. Une dessiccation suffisamment poussée les amène à la composition suivante :

Charbon	70 %
Tourbe anhydre	20 %
Eau	10 %

En réalité, elles contiennent la plupart du temps davantage d'eau.

Ces agglomérés ont moins de solidité que les briques en tourbe pure, mais, du moins, ils se cassent sans fournir de poussière.

Cette nouvelle fabrication permettra de tirer un parti judicieux des fines de houille que, faute de brai, on ne peut plus actuellement vendre sous la forme de boulets et de briquettes. Elle rendra également service dans les régions où les tourbières et les houillères sont voisines,

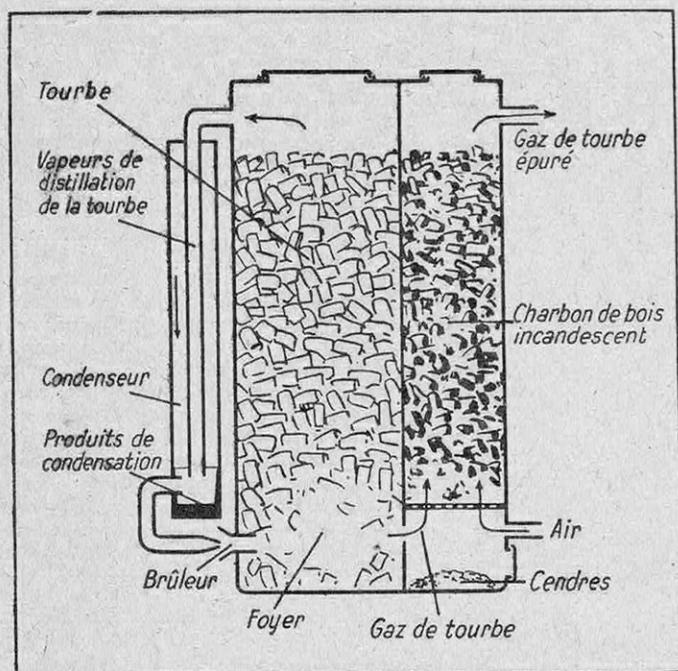


FIG. 8. — GAZOGÈNE A DEUX CUVES POUR LA GAZÉIFICATION DE LA TOURBE ET DU LIGNITE

Le gazogène proprement dit est à tirage transversal. Il donne un gaz qui reste chargé de vapeurs de goudron. Aussi le gaz doit-il être épuré avant d'arriver au moteur. L'épuration se fait par passage dans une deuxième cuve, contenant du charbon de bois maintenu à l'incandescence par le passage d'un courant d'air. Avant d'arriver au foyer du gazogène, la tourbe distille une grande quantité de vapeurs. Ces vapeurs sont captées à la partie supérieure de l'appareil, débarrassées de leur portion condensable et ramenées au foyer du gazogène où elles sont brûlées.

notamment dans l'Oise, la Somme, la Thiérache, la Normandie et dans le Massif Central.

L'hydrolyse de la tourbe

Aujourd'hui, on envisage de soumettre la tourbe à une hydrolyse pour obtenir, d'une part, un moût sucré, puis, d'autre part, de la lignine. La lignine se prête à la fabrication d'agglomérés pour gazogènes, tandis que le moût sucré sert de matière première à la préparation soit d'alcool éthylique, soit de cétones carburants, le produit obtenu dépendant du mode de fermentation (éthylique ou butyrique) du moût su-

cré. Par tonne de tourbe, on peut ainsi obtenir environ 120 litres de carburants et 500 kg de lignine.

Pour l'obtention d'un meilleur rendement en carburant liquide, il vaut mieux ne soumettre à l'hydrolyse que des tourbes mousseuses, formées à partir des sphaignes et qui, comme nous l'avons vu au début de ce mémoire, se rencontrent principalement dans les tourbières de montagnes. En effet, généralement les tourbes de sphaignes renferment plus de matières cellulosiques que n'en contiennent les tourbes de carex, joncs ou autres plantes aquatiques.

Pour que le procédé soit économique, on doit réduire au minimum le séchage de la tourbe avant son traitement par l'acide. Ceci éliminera les méthodes d'hydrolyse qui font intervenir l'acide à haute concentration. Avec les méthodes fondées sur l'emploi d'un acide dilué, on dessèche la tourbe avant traitement jusqu'à une teneur de 30 % d'eau environ.

Les emplois de la tourbe dans les exploitations agricoles

Enfin, la tourbe est capable de remplacer, dans l'exploitation agricole, la paille dans un certain nombre de ses applications.

En Finlande notamment, elle est utilisée comme matière absorbante pour la litière du bétail. On peut aussi s'en servir pour faire des fumiers artificiels.

Conclusion

Les difficultés d'exploitation de la tourbe ont pu, dans les périodes d'abondance, la reléguer au second plan parmi les produits du sol. Aujourd'hui, nous ne devons négliger aucune ressource, et cette nécessité, qui est souvent la source du progrès, amènera sans doute la constitution d'une industrie tourbière apte à subsister dans une économie de paix.

H. DOYEN.

La grande cale sèche de Singapour, coulée volontairement avant la prise de l'île par les Japonais, était la troisième du monde, après celle de Malte (65 000 t) et celle de Southampton (60 000 t). Elle pouvait recevoir un navire de guerre de 50 000 t complètement armé. Le *Journal de la Marine Marchande* a rappelé que sa construction avait coûté 700 000 livres et qu'elle mesurait 260 m de long sur 47 m de large. On se rappelle que son transport de Grande-Bretagne à Singapour, sur une distance de 13 000 km, a constitué un exploit remarquable et que le coût de cette opération, à laquelle participaient huit remorqueurs de haute mer (1), atteignit 200 000 livres.

(1) Voir : « Les remorqueurs de haute mer », dans *La Science et la Vie*, n° 261, mars 1939.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

Voiture légère « tous terrains » américaine

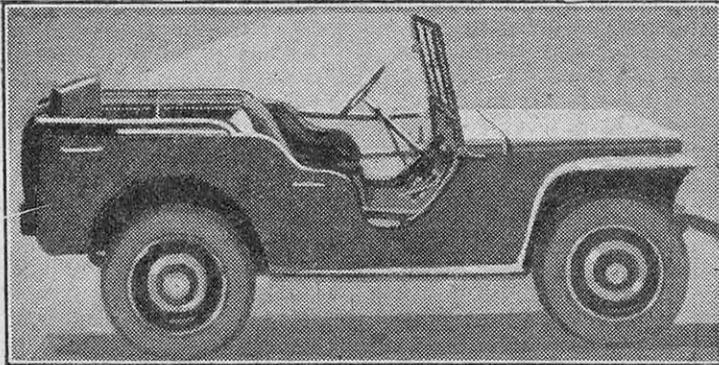
L'ARMÉE américaine a récemment procédé aux essais d'un véhicule tous terrains de dimensions réduites, baptisé « Pygmy » et officiellement désigné sous le nom de

et il peut remorquer des pièces légères antichars. Avec son chargement complet, il peut gravir des pentes de 76 % en employant la plus faible vitesse, et en palier, il peut atteindre 96 km/h. Son moteur de 4 cylindres (Continental) développe une puissance effective de 45 ch (la moitié du moteur Ford 8 cylindres bien connu). La boîte à 3 vitesses comporte un réducteur

tamment dans la neige et dans la boue. La distance entre axes est de 2,06 m et le châssis est assez surélevé pour que le véhicule puisse passer sans accrocher sur des terrains accidentés.

Ce véhicule possède une notable capacité de flottaison et, en l'enveloppant d'une grande toile de camion, il peut permettre de franchir sans difficulté n'importe quel cours d'eau.

On envisage la possibilité d'emporter trois voitures de ce type à bord d'un avion de transport ou d'un bombardier. Plus de 3 000 « Pygmy » ont été commandés et l'armée américaine doit être dotée de 30 000 véhicules de ce genre.



T W 15523

FIG. 1. — LA VOITURE « TOUS TERRAINS » PYGMY

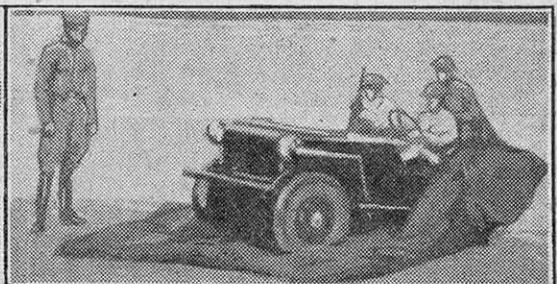
« Command-reconnaissance 4-4 s ». Il est appelé à se substituer aux motocyclettes soit seules, soit avec siège latéral et possède un rayon d'action supérieur.

Le « Pygmy » est capable de transporter, soit trois hommes et une mitrailleuse, soit trois hommes et une charge de 250 kg, soit un équipage de sept personnes

grâce auquel le nombre réel de combinaisons de vitesses est de 6. Les quatre roues sont motrices, mais, en marche normale, on peut déconnecter la traction avant pour la rendre indépendante de la traction arrière. Les pneumatiques, de faible section, sont munis de forts reliefs pour assurer la marche sur tous terrains, no-

Qu'est-ce que la pile à combustion ?

LA dissolution d'un métal dans une solution chimique, utilisée dans les piles électriques n'est pas la seule réaction utilisable pour la production d'électricité. La combinaison, ou plus généralement la réaction chimique de deux gaz, peut être mise en œuvre. Il suffirait de pouvoir amener de l'hydrogène et de l'oxygène au voisinage des deux électrodes de platine d'un voltamètre et de provoquer leur recombinaison au sein de l'électrolyte pour



T W 15524-15525

FIG. 2. — ENVELOPPÉ D'UNE BACHE, LE PYGMY FRANCHIT AISEMENT LES COURS D'EAU

recueillir sur ces électrodes des charges égales et de sens contraire à celles exigées pour la décomposition de cet électrolyte.

Les premiers essais de piles à combustion datent du début de ce siècle, mais se heurtèrent à de grandes difficultés pour assurer le transport de l'oxygène vers l'hydrogène et obtenir une vitesse de réaction suffisante.

Les travaux les plus poussés sont dus à M. E. Bauer, de Zürich, qui a reconnu qu'il était nécessaire d'opérer à des températures élevées. En utilisant comme électrolyte du silicate de potassium fondu, et comme véhicule pour l'oxygène de l'argent fondu qui le dissout assez bien, il a pu obtenir à 1000° C un courant de 0,2 A sous 0,9 V. Malheureusement, la tension tombait à 0,5 V dès qu'on essayait de faire débiter seule-

ment 1 A à la pile. Une autre pile à soude caustique fondue avec des électrodes formées de tubes de fer et de limaille entourés de cylindres de magnésium calciné a pu fournir 1 A sous 0,9 V.

Renonçant à utiliser des électrolytes fondus par suite de la fragilité des tubes de magnésium calciné, M. Bauer a réalisé récemment une masse solide conductrice et résistante à haute température en mélangeant une argile spéciale (de Grünstadt), des débris de monazite calcinée et du trioxyde de tungstène. Des creusets de cette matière de 1 mm d'épaisseur et d'une surface externe de 20 cm² n'offrent qu'une résistance de 2 ohms à 1000° C. Ils sont remplis de grenaille de fer et entourés d'oxyde de fer magnétique. Cinq creusets constituent une batterie où l'hydrogène arrive à l'intérieur des creusets

dans le fer et l'oxygène dans l'oxyde de fer. Elle peut fournir un débit continu de 0,056 A sous 3,15 V et avec un rendement de 60 %.

Bien que ce débit soit faible, M. Bauer estime que le principe de la combustion des gaz en vue de la production d'électricité est maintenant trouvé et que le développement industriel de cette méthode doit aboutir à la production d'énergie avec un rendement bien supérieur à celui des moteurs à combustion interne.

N. D. L. R. — A propos du sous-marin biplace : A la suite de l'article que nous avons publié dans notre numéro de mars 1942, M. E. Durand, officier radio de la Marine marchande, nous signale qu'il avait imaginé, il y a deux ans, un sous-marin du genre de ceux que nous avons décrits. Nous sommes heureux de mentionner cette invention française.

BULLETIN D'ABONNEMENT

(297)

Nom (en majuscules) et prénoms :

Adresse :

un an, au prix de
6 mois,

Déclare m'abonner pour
(tarif ci-contre) que je vous adresse par Chèque postal 184.05

Toulouse. Le premier numéro à envoyer sera le n°

TARIF DES ABONNEMENTS A " LA SCIENCE ET LA VIE "

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affran-	1 an.....	60 fr.
chis.....	6 mois.....	32 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	90 fr.
—	6 mois.....	50 fr.

ÉTRANGER

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

Envois simplement affran-	1 an.....	130 fr.
chis.....	6 mois.....	70 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	180 fr.
—	6 mois.....	100 fr.

Pour les autres pays :

Envois simplement affran-	1 an.....	120 fr.
chis.....	6 mois.....	65 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	150 fr.
—	6 mois.....	80 fr.

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

" LA SCIENCE ET LA VIE "

Rédaction et Administration : actuellement : 22, rue Lafayette, Toulouse (H^e-G.)
Chèques Postaux : Toulouse 184.05

(Aucun envoi n'est fait contre remboursement)

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

Les abonnements à effet rétroactif partent du 1^{er} janvier.

Les numéros parus avant le 1^{er} janvier sont vendus au prix unitaire :

6 fr. 50 pour les numéros ordinaires ; 13 francs pour les numéros spéciaux (franco).

Les numéros de Janvier (293), Février (294), Mars (295), étant épuisés, nous ne pouvons accepter d'abonnements commençant avant le numéro d'Avril (296).

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

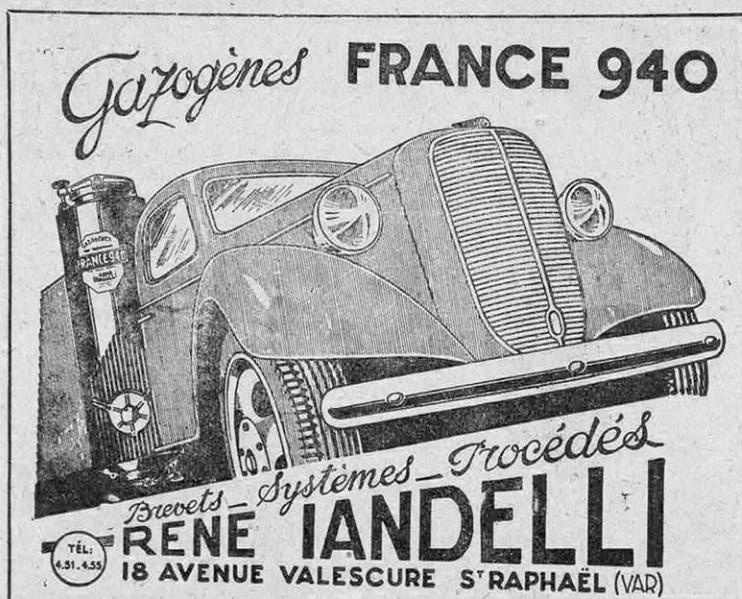
L'expérience non plus...

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

POUR VOS

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

ADOPTÉZ :



Charbon de bois - Bois - Anthracite - Tourbe

Homologué n° 526

Agrément n° 521

Vous aimez dessiner ?..

Suivez le Cours MARC SAUREL (*Enseignement du dessin par correspondance*)

"LE DESSIN FACILE"

Cette nouvelle Méthode fera de vous en un an un excellent dessinateur

★ 30 ans de pratique et de succès continuels ont permis à Marc SAUREL, Précurseur de l'Enseignement du dessin par correspondance, de perfectionner sa nouvelle Méthode "LE DESSIN FACILE", qui, dès son apparition, a obtenu le plus éclatant succès. Rômpant avec les routines démodées Marc SAUREL met en œuvre des procédés inédits et vraiment modernes, qui donnent, dès le début, des résultats étonnants. De beaux modèles photographiques spécialement établis dans un but éducatif vous seront fournis avec vos cours. Ainsi vous pourrez étudier le dessin chez vous à vos heures de loisir. Vos débuts seront ainsi grandement facilités, vous serez émerveillés vous-même de vos pro-

grès. 2 heures par semaine suffisent à l'étude des leçons du "DESSIN FACILE". Même si vous êtes doué vous n'apprendrez pas seul. Profitez de la longue expérience d'un artiste de métier.

ENVISAGEZ-VOUS UNE CARRIÈRE LUCRATIVE ?

Suivez les cours techniques de perfectionnement, nouvellement créés sur : le *Dessin de Publicité*, le *Dessin Animé pour Cinéma*, le *Dessin de Mode*, le *Dessin d'illustration*, le *Dessin de Lettres*, etc...

Utilisez le Bon ci-dessous qui vous donne droit à une documentation gratuite.



BON à remplir et à nous retourner donnant droit à une Brochure gratuite SV II

"LE DESSIN FACILE" à BANDOL (Var)

NOM.....

ADRESSE.....

Le genre qui m'intéresse est.....



Prenez rendez-vous
avec la fortune.
grâce à la
LOTERIE NATIONALE

COMMERÇANTS...

INDUSTRIELS...

à l'heure actuelle, notre Revue est la seule en zone libre qui vous permette de diffuser vos produits parmi une vaste clientèle sélectionnée.



UTILISEZ

les pages d'annonces de

"la science et la vie"

ÉCOLE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE

(Inscription à toute époque de l'année)
actuellement : Rue Maréchal-Lyautey - VICHY

Cours sur place et par correspondance

INGENIEUR-RADIOTECHNICIEN

Trigonométrie, règle à calcul, calcul différentiel et intégral, mécanique, machines électriques, radiotechnique générale, construction et mise au point des appareils, cinéma sonore, télévision.

Admission : niveau B. S. ou classe de première.

SOUS-INGENIEUR-RADIO DE 1^{re} CLASSE

Mathématiques générales, électricité, radiotechnique, machines électriques, cours de travaux pratiques, émetteurs et récepteurs, études schématiques.

Admission : niveau du B. E. ou classe de seconde.

OPERATEURS-RADIO DE 1^{re} OU 2^{me} CLASSE

Electricité, magnétisme, statique, machines électriques, radiotélégraphie et radiotéléphonie, réglementation des radiocommunications, taxation, moteurs thermiques, géographie professionnelle, émetteur B 41 K, récepteurs en usage.

Admission

1^{re} classe : niveau B. E. ou classe de seconde.

2^{me} classe : notions d'algèbre.

MONTEUR-DEPANNEUR-RADIOTECHNICIEN

Electricité générale, circuits oscillants, ondes et propagation, accord des récepteurs et sélection, transmission radiophonique, différents modèles de lampes et utilisation, récepteurs batteries, tous courants, alternatif, vérification et mise au point, recherche des pannes, télévision.

Admission : niveau C. E. P.

(Notices contre 2 francs en timbres.)

NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



Des millions
de
mètres carrés
de références

