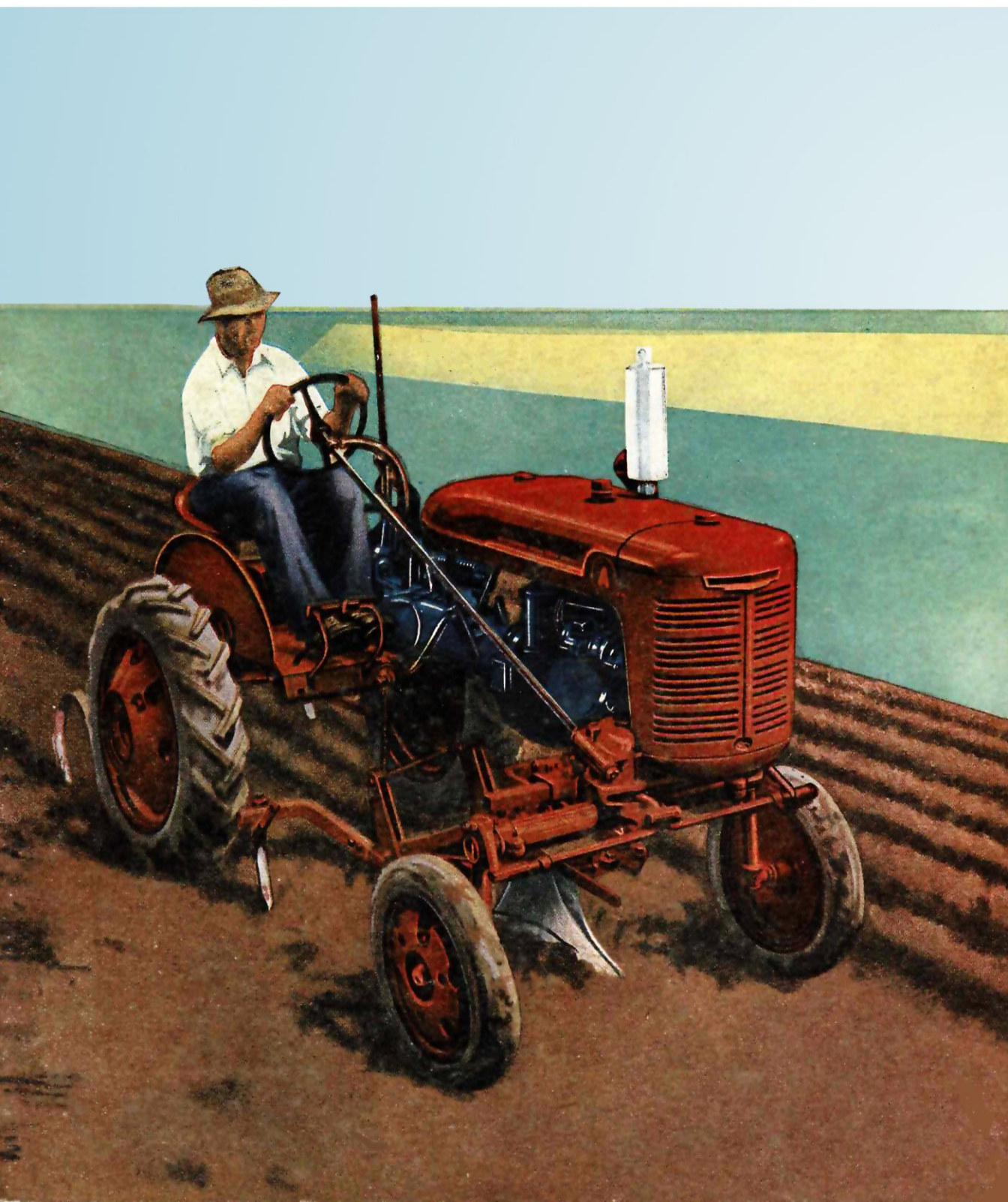


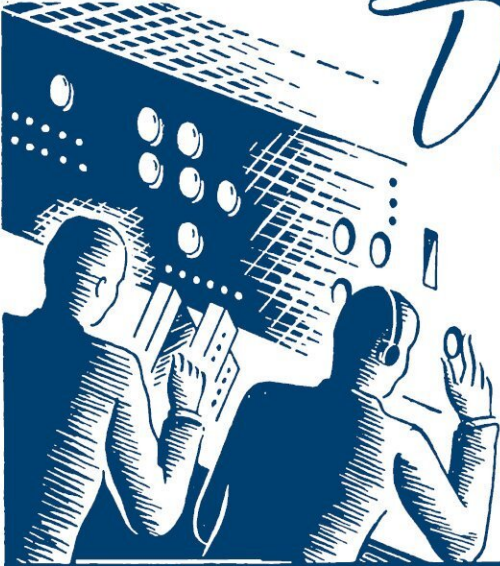
SCIENCE ET VIE

AOÛT 1946

N° 347

20 FRANCS





Devenez un spécialiste

compétent en quelques mois grâce à nos méthodes personnelles d'Enseignement.

Jeunes gens, jeunes filles, même à temps perdu, vous pouvez vous créer une situation enviée.

Préparez votre avenir
Ecrivez-nous dès aujourd'hui



Demandez le Guide des Carrières gratuit

ECOLE CENTRALE DE TSF

12, RUE DE LA LUNE - PARIS
COURS DU JOUR, DU SOIR OU PAR CORRESPONDANCE

" LE DESSIN FACILE "

enseigne PAR CORRESPONDANCE

Tous les genres de dessin



" LE DESSIN FACILE "
Croquis, paysage, portraits, nu académique, perspective, anatomie, caricature, etc., magnifiques planches photographiques inédites accompagnant les leçons.



" LA PEINTURE FACILE "
Mélanges et harmonie de couleurs. Technique de l'aquarelle, la gouache et la peinture à l'huile avec planches hors-texte en couleurs.



DESSIN DE MODE
Charmante carrière pour les femmes et jeunes filles, la mode offre des débouchés lucratifs dans la figurine, le catalogue, la création de modèles, etc.

" JE DESSINE "
Ce petit cours amusant et instructif pour les enfants de 6 à 12 ans donne au petit élève le goût du dessin.



DESSIN D'ILLUSTRATION
Cours spécial préparant au métier très attrayant d'illustrateur de livre, revue, journaux, etc.



DESSIN DE PUBLICITÉ
Affiche, catalogue, imprimé, annonces de journaux, tels sont les multiples débouchés offerts au dessinateur publicitaire.



DESSIN ANIMÉ
Ce cours, le premier du genre en Europe, enseigne à fond le dessin animé de cinéma.



★ Tous ces cours sont conçus suivant les principes qui ont valu tant de succès à Marc SAUREL, le créateur de l'enseignement du dessin par correspondance qu'il pratique depuis 35 ans. Les témoignages enthousiastes de ses élèves prouvent chaque jour leur efficacité.



Demandez aujourd'hui la brochure de renseignements illustrée en indiquant le genre qui vous intéresse.

" LE DESSIN FACILE " 11, RUE KEPPLER, PARIS-16

LE DESSIN INDUSTRIEL

MÉTIER D'AVENIR

Chez vous, à temps perdu, apprenez par correspondance le DESSIN INDUSTRIEL par les célèbres méthodes de l'Ecole du " Dessin Facile ". Outre les principes du dessin industriel l'enseignement comporte les applications à la mécanique, architecture, topographie, chemin de fer, électricité, aviation, etc. Aucune connaissance scientifique n'est exigée, aucun talent n'est nécessaire pour tirer un profit complet du Cours de Dessin Industriel. Il ouvre l'accès aux bureaux d'étude de toutes les industries et permet d'obtenir des situations très intéressantes et bien payées.

Demandez la Notice-programme SV 85 (Section dessin industriel) 11 rue Keppler, Paris-16. (Joindre 10 fra en timbres)

Les cours par correspondance

DE L'ÉCOLE UNIVERSELLE

permettent à ses élèves d'effectuer le maximum de progrès dans le minimum de temps. Ceux de ces cours qui préparent aux examens et aux concours publics conduisent chaque année au succès plusieurs milliers d'élèves.

Vous pouvez faire CHEZ VOUS, QUELLE QUE SOIT VOTRE RÉSIDENCE, sans déplacement, sans abandonner l'emploi qui vous fait vivre, en utilisant simplement vos heures de loisirs, avec le MINIMUM DE DÉPENSES, quel que soit votre âge, en toute discrétion si vous le désirez, toutes les études que vous jugerez utiles pour compléter votre culture, pour obtenir un diplôme universitaire, pour vous faire une situation dans un ordre quelconque d'activité, pour améliorer la situation que vous pouvez déjà occuper ou pour changer totalement d'orientation.

L'École Universelle vous adressera gratuitement, par retour du courrier, celle de ses brochures qui vous intéresse et tous renseignements qu'il vous plaira de lui demander.

BROCHURE L. 96.980. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, etc.

BROCHURE L. 96.981. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.

BROCHURE L. 96.982. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.

BROCHURE L. 96.983. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.

BROCHURE L. 96.984. — POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE : Administrations financières, P. T. T., Police, Ponts et Chaussées, Génie rural, etc...

BROCHURE L. 96.985. — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS, Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

BROCHURE L. 96.986. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.

BROCHURE L. 96.987. — COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc... Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

BROCHURE L. 96.988. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.

BROCHURE L. 96.989. — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc...

BROCHURE L. 96.990. — CARRIÈRES de l'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.

BROCHURE L. 96.991. — CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.

BROCHURE L. 96.992. — CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE (Pont, Machines, Commissariat).

BROCHURE L. 96.993. — CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariat, bibliothèque, etc...).

BROCHURE L. 96.994. — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.

BROCHURE L. 96.995. — ARTS DU DESIN : Professorats, Métiers d'art, etc...

BROCHURE L. 96.996. — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc...

BROCHURE L. 96.997. — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.

BROCHURE L. 96.998. — CARRIÈRES DU CINÉMA.

ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS

APPRENEZ UNE NOUVELLE LANGUE DANS UN TEMPS RECORD



ANGLAIS - ALLEMAND-ESPAGNOL-RUSSE

Choisissez la langue que vous voudriez très rapidement connaître, et vous vous apercevrez que vous la parlez couramment et avec un accent parfait. C'est là le côté merveilleux de cette nouvelle façon d'apprendre les langues, instaurée par l'Institut Linguaphone, et qui s'est révélée si efficace, qu'elle est adoptée par d'innombrables élèves dans le monde entier.

Voyez comme c'est facile

Vous placez un disque sur votre phono et vous écoutez la voix des professeurs linguistes qui vous parlent dans leur propre langue. Tout en écoutant, vous suivez sur le livre illustré les mots prononcés par les professeurs. Très vite, vous maîtrisez si bien les sons et les mots que vous commencez à parler, lire et écrire sans aucun effort. La prononciation correcte vous vient tout naturellement parce que vous n'avez jamais entendu prononcer un mot incorrectement.

Essai gratuit d'une semaine

Nous vous invitons à nous écrire et vous recevrez gracieusement notre brochure qui vous indiquera le moyen de faire un essai gratuit chez vous, pendant une semaine, d'un cours de conversation Linguaphone dans la langue de votre choix.

INSTITUT LINGUAPHONE

(Dépt. D 1), 12, rue Lincoln (Ch.-Élysees), PARIS (8^e)

JEUNES GENS III
sans quitter votre emploi actuel
ASSUREZ VOTRE AVENIR I
CHOISISSEZ UNE CARRIERE REMUNERATRICE I
LA RADIO manque de spécialistes

Il faut des RADIOTECHNICIENS dans
L'ARMEE, L'AVIATION, la MARINE
L'INDUSTRIE, le COMMERCE, L'ARTISANAT

Nos élèves sont suivis par des Professeurs de valeur
 Cours de tous les sous leur direction
D E G R E S vous monterez un
 Préparation aux P O S T E
 diplômes officiels Envoi du
PLACEMENT matériel
A S S U R E à
D O M I C I L E



ÉCOLE PRATIQUE
D'APPLICATIONS SCIENTIFIQUES
39, rue de Babylone - PARIS-VII^e
Cours par correspondance
Demandez notre documentation gratuite N° 45

Je n'ai pas perdu mes vacances

« J'ai bien profité de mon repos et, en même temps, j'ai résolu de suivre les cours de l'Institut PELMAN qui me permettront d'acquérir la pleine maîtrise de moi-même. »
 Voilà ce que vous direz si, en profitant de vos loisirs actuels, vous étudiez notre documentation n° VI-15-1 qui vous expliquera comment vous pourrez développer des qualités qui sommeillent en vous : ténacité, initiative, jugement, esprit d'organisation, assurance, volonté de devenir un chef.

INSTITUT PELMAN

176, boulevard Haussmann, PARIS (8^e)
 LONDRES, DUBLIN, AMSTERDAM, STOCKHOLM
 NEW-YORK, MELBOURNE, DELHI, CALCUTTA, etc.



LES MEILLEURES ÉTUDES PAR CORRESPONDANCE

se font à l'ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS où les meilleurs maîtres, appliquant les meilleures méthodes d'enseignement par correspondance, forment les meilleurs élèves. Demandez, en la désignant par son numéro, la brochure qui vous intéresse. Envoi gratuit par courrier.

- | | |
|--|--|
| N° 30640. CLASSES SECONDAIRES COMPLÈTES : Baccalauréats. | N° 30650. DUNAMIS (Culture mentale). |
| N° 30641. CLASSES PRIMAIRES COMPLÈTES : Brevets. | N° 30651. PHONOPOLYLOTTE (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol). |
| N° 30642. ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licence ès Lettres. | N° 30652. DESSIN ARTISTIQUE. |
| N° 30643. COURS D'ORTHOGRAPHE. | N° 30653. COURS D'ÉLOQUENCE. |
| N° 30644. COURS DE RÉDACTION. | N° 30654. COURS DE POÉSIE. |
| N° 30645. FORMATION SCIENTIFIQUE : (Math., Phys., Chimie). | N° 30655. FORMATION MUSICALE. |
| N° 30646. DESSIN INDUSTRIEL. | N° 30656. INITIATION AUX GRANDS PROBLÈMES PHILOSOPHIQUES. |
| N° 30647. INDUSTRIE : Certificats d'aptitude professionnelle. | N° 30657. COURS DE PUBLICITÉ. |
| N° 30648. RADIO, CERTIFICATS DE RADIO DE BORD (1 ^{re} et 2 ^e classes). | N° 30658. CARRIÈRES DES P. T. T. et des TRAVAUX PUBLICS. |
| N° 30649. COMMERCE ET COMPTABILITÉ : Certificats d'aptitude professionnelle. | N° 30659. ÉCOLES D'INFIRMIÈRES et ASSISTANTES SOCIALES, ÉCOLES VÉTÉRINAIRES. |

Plus de mille succès aux examens officiels en 1945

ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

16, rue du Général-Malterre, PARIS (16^e).

JEUNES GENS ET JEUNES FILLES L'ÉCOLE des TECHNIQUES MODERNES 14, rue Volta — TOULOUSE

peut faire votre situation

DANS LA RADIO

Sans quitter vos emplois habituels, suivez ses cours par correspondance préparant à :

L'Industrie : monteur, dépanneur, metteur au point.

L'Administration : opérateur radio des P. T. T. (diplôme d'État).

L'Aviation Militaire : opérateur et mécanicien radio.

(Programme approuvé par le Ministère de l'Air)

Sous certaines conditions, nos élèves seront admis à des **stages pratiques dans une École Radio de l'Aviation Militaire.**

Pour tous renseignements, écrire au Directeur de l'École, 14, r. Volta, TOULOUSE

APPRENEZ

L'ÉLECTRICITÉ

PAR CORRESPONDANCE

sans connaître les mathématiques!



Tous les phénomènes électriques ainsi que leurs applications industrielles et ménagères sont étudiés dans le cours pratique d'électricité sans nécessiter aucune connaissance mathématique spéciale. Chacune des manifestations de l'électricité est expliquée à l'aide de comparaison avec des phénomènes connus. En dix mois vous serez à même de résoudre tous les problèmes pratiques de l'électricité industrielle. Ce cours s'adresse aux praticiens de l'électricité, radio-électriciens, mécaniciens, vendeurs de matériel électrique et à tous ceux qui sans aucune étude préalable désirent connaître réellement l'électricité, tout en ne consacrant à ce travail que quelques heures par semaine.

↓ Demandez la documentation en envoyant ou en recopiant le bon ci-dessous. — Joindre 6 frs en timbres.

BON 15 D

COURS PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ

222, Bd. Péreire - Paris 17^e



LE DESSIN PAR LA MÉTHODE A.B.C.

Voir juste, noter l'essentiel en quelques traits, c'est la marque des croquistes formés par l'École A. B. C.

Cette méthode, qui a révolutionné l'enseignement du dessin, utilise l'habileté graphique que vous avez acquise en apprenant à écrire et vous permet d'exécuter dès la première leçon des croquis vivants et expressifs, d'après nature.

COURS PAR CORRESPONDANCE

Peu important votre âge, votre lieu de résidence, vos occupations. Vous pouvez apprendre à dessiner en recevant par la poste les leçons particulières d'un professeur de l'École A.B.C. qui suivra et guidera vos progrès.

SPÉCIALISATION DES ÉLÈVES PAR DES ARTISTES RÉPUTÉS

En plus de l'enseignement général du dessin, l'École A.B.C. permet à chaque élève de se spécialiser à son choix dans l'illustration, le dessin humoristique, la décoration, le paysage, la publicité.

Un luxueux album abondamment illustré de dessins d'élèves a été édité spécialement pour vous renseigner d'une manière complète sur la méthode et le programme de l'École A.B.C. Écrivez pour le demander et vous

le recevrez par retour, gratuitement et sans engagement. (Joindre Frs. 12 pour frais), et surtout, dites-nous quel but vous poursuivez, posez-nous des questions, et précisez-nous s'il s'agit d'un adulte ou d'un enfant, car il existe un cours spécial pour enfants de 8 à 13 ans.



ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN (Studio F. 7)
12, rue Lincoln
(Champs-Élysées) Paris

Excellent croquis par un de nos élèves à sa huitième leçon



Stephens'
LA
MEILLEURE
DES ENCRÉS
ANGLAISES
fabriquée en FRANCE



STYLO
Stephens'

ROYAL

Le stylo qui à du style

Stephens'

37, RUE DEGUINGAND
LEVALLOIS-PERRET
(SEINE)

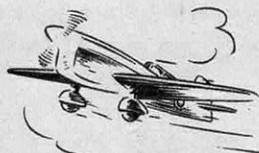
JEUNES GENS !

Occupez vos loisirs en suivant par correspondance les cours qui feront de vous, en peu de temps, des hommes de valeur. Faites-vous une situation d'avenir dans l'une des branches suivantes :



DESSIN INDUSTRIEL

Situations agréables dans toutes les industries sans exception : Aviation, Automobile, Constructions mécaniques et électriques, Travaux publics, Grandes Administrations d'État. Partout, il y a place pour des milliers de dessinateurs, hommes et femmes.



AVIATION

Le développement formidable que prendra l'Aviation demain offrira de nombreuses et excellentes situations à un personnel spécialisé. L'Aviation vous attire ? Alors devenez à votre choix Electro-Mécaniciens ou pilotes.



RADIOÉLECTRICITÉ

Industrie à l'avenir illimité, qui, avec ses actuelles applications du Cinéma sonore et de la Télévision, fait appel à des techniciens de tous grades : du monteur à l'ingénieur, elle réserve à ces techniciens un travail aussi passionnant que bien rémunéré.

TRAVAUX PRATIQUES

Avec le matériel que l'École mettra GRATUITEMENT entre vos mains et quelle que soit votre résidence, vous deviendrez un **TECHNICIEN VRAIMENT COMPLET**

Notre documentation illustrée vous sera adressée GRATUITEMENT sur simple demande. (Bien spécifier la branche choisie.)

ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE

51, boulevard Magenta, PARIS (10^e)

SCIENCE ET VIE

Tome LXX - N° 347

Août 1946

SOMMAIRE

- * La culture motorisée en France, par J. Engelhard..... 51
- * Le navigateur « Decca », par Robert Leprêtre..... 60
- * Les mines terrestres et le problème du déminage, par J. Garancher..... 67
- * L'électrification des chemins de fer français, par J. Marchand. 75
- * Comment voyagent les vins d'Algérie, par Henri Le Masson. 81
- * Le poids, ennemi de l'automobile, par Jean Bonnet..... 87
- * A côté de la Science, par V. Rubor..... 96



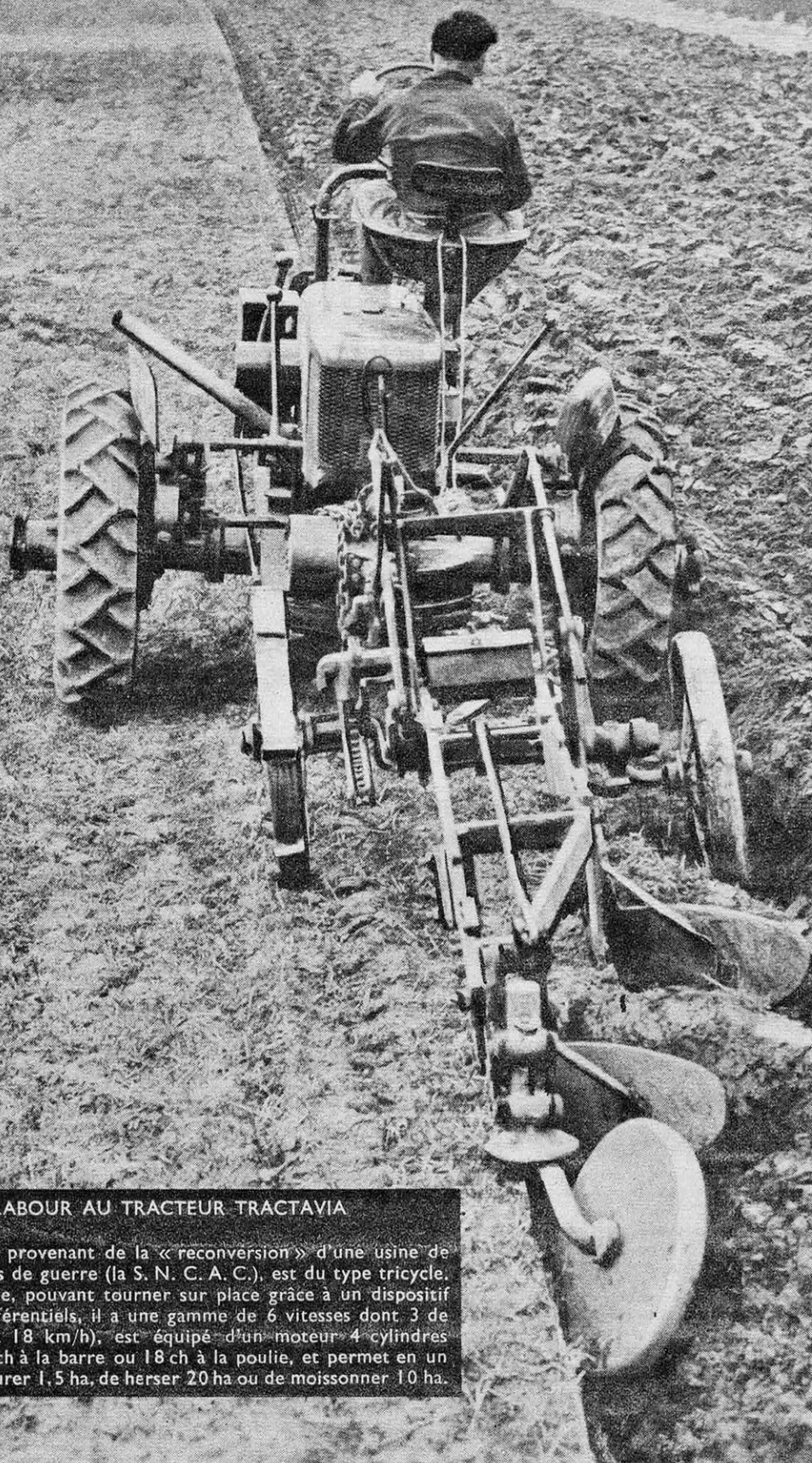
On estime actuellement à 150 000 tracteurs les besoins de l'agriculture française alors que les fabrications de l'année ne dépasseront pas 9 000 unités et les importations 30 000. On voit qu'à ce rythme il faudra encore longtemps pour que puisse être considéré comme résolu dans ses grandes lignes un des problèmes les plus urgents et les plus délicats du machinisme agricole en France, celui de la traction. Étant donné la prédominance de la petite et moyenne culture, il exige des engins de grande mobilité, aptes à des tâches diverses. La couverture de ce numéro représente un tracteur en action. Économie de main-d'œuvre, rendement accru par la possibilité de multiplier les façons culturales et de mettre en action des machines modernes plus puissantes, extension des cultures utiles aux terres jusqu'ici consacrées à l'entretien des animaux de trait, tels sont quelques-uns des avantages attendus de la motorisation systématique des travaux agricoles grâce à laquelle apparaît seule possible, en notre siècle de machines, l'obtention de la production maximum (voir l'article page 51 de ce numéro).

« Science et Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la Vie moderne. Administration, Rédaction : 5, rue de La Baume, Paris (VIII^e). Téléphone : Élysées 26-69 ; Publicité : 24, rue Chauchat Paris (IX^e). Téléphone : Provence 70-54. Chèque postal : 91-07 Paris. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « Science et Vie », Août mil neuf cent quarante-six.

ABONNEMENTS. — Affranchissement simple : France et Colonies, 200 francs ; Recommandé, 270 francs ; Étranger, 350 francs ; Recommandé, 450 francs.

Seuls, les règlements par chèques postaux (mandats roses ou virements) sont acceptés. Compte de chèques postaux : PARIS 91-07.

Tout changement d'adresse doit être accompagné de 5 francs en timbres et de la dernière bande d'envoi. La table générale des matières des vingt premières années (n° 1 à 186) est envoyée franco contre 25 francs.



LABOUR AU TRACTEUR TRACTAVIA

Ce tracteur, provenant de la « reconversion » d'une usine de constructions de guerre (la S. N. C. A. C.), est du type tricycle. Très maniable, pouvant tourner sur place grâce à un dispositif de freins différentiels, il a une gamme de 6 vitesses dont 3 de route (3,6 à 18 km/h), est équipé d'un moteur 4 cylindres donnant 13 ch à la barre ou 18 ch à la poulie, et permet en un jour de labourer 1,5 ha, de herser 20 ha ou de moissonner 10 ha.

LA CULTURE MOTORISÉE EN FRANCE

par J. ENGELHARD

Entièrement vidée de sa substance par six années de guerre et d'occupation, la France ressent durement aujourd'hui les conséquences du pillage systématique de ses richesses : champs demeurés cinq années sans engrais, en beaucoup d'endroits tout au moins, machines détruites ou généralement très usées, six cent mille chevaux tués ou volés, etc. Seul un outillage moderne de qualité, adapté aux besoins du pays, permettra de suppléer au manque sans cesse accru de main-d'œuvre et de relever le niveau de la production. Dans cet ordre d'idées, nos besoins immédiats sont de deux sortes : d'une part les moyens de traction, d'autre part les machines agricoles ; les uns et les autres doivent être de mécanisme robuste, facilement réparables et de prix de revient et d'exploitation peu élevé. Les tracteurs, en particulier, doivent être utilisables à toutes fins : labourage, hersage, moissons, charrois, etc. Déjà l'afflux des demandes de tracteurs de la part des agriculteurs annonce un grand développement de la construction de matériel agricole, auquel doivent participer certaines usines d'armement dont on a annoncé la « reconversion ».

Le travail de la terre exige une dépense d'énergie considérable. Dans la haute antiquité, alors qu'on ne connaissait que le moteur humain, l'agriculture ne fut possible sur de grandes surfaces que par l'esclavage, qui s'est maintenu dans le Sud des États-Unis jusqu'en 1865. Le souci des agriculteurs de toutes les époques fut de disposer d'autres sources d'énergie plus puissantes, plus économiques et plus maniables, utilisables à l'aide d'un outillage approprié à des travaux déterminés. D'où la domestication des animaux de trait employés comme moteurs, soit à la traction de charrues, herses, rouleaux, voitures, soit, à l'aide de manèges, à l'entraînement de norias, moulins...

Cet équipement, progressivement perfectionné, n'a pas varié depuis les Pharaons jusque vers 1850. A cette époque apparurent de nombreuses machines tractées ou mues par les animaux, déchargeant de tâches multiples les hommes défaillants. Citons les cultivateurs, extirpateurs, scarificateurs, rouleaux « croskill », épandeurs d'engrais, semoirs à grains, faucheuses, faneuses, râteliers à traction, moissonneuses, machines à battre les grains, etc.

A partir de 1883 commence dans l'Utah la mise en culture du Far-West, qui prendra une extension formidable vers la fin du siècle. « Il est très douteux, écrit le Dr Widsoe, que la mise en valeur des grandes régions arides ou semi-arides du monde eût pu être entreprise avant l'invention et l'introduction des machines agricoles, économisant le travail. »

Or, depuis longtemps, l'Angleterre, déjà surpeuplée et surindustrialisée, souffrait de la pénurie de main-d'œuvre agricole. Aussi avait-on songé dans ce pays à utiliser les moteurs inanimés pour les travaux des champs ; et, vers 1860, Howard et Sir John Fowler réalisèrent pratiquement le labour à vapeur. C'est là l'ori-

gine de la motoculture. Les matériels Fowler sont venus jusqu'à nous sans modifications importantes et fonctionnent encore en France au nombre d'une centaine. Le chantier se compose de deux locomobiles-treuil entre lesquels une charrue-balance double à quatre ou cinq corps, halée par câbles, fait la navette. Chrétien et Félix en 1867, puis Siemens, la Société Générale Agricole, l'ingénieur Estrade et plusieurs constructeurs italiens reprennent ce système en utilisant des treuils électriques, tandis que de Dion-Bouton met en œuvre des moteurs à explosions.

Dès 1895, l'extension des défrichements pose le même problème dans le Far-West américain ; Fowler construit des matériels au Canada. Mais l'échec est complet en raison des différences de milieux, la longueur du câble ne peut guère dépasser 600 m, alors que les champs s'étendent parfois sur dix lieues. La traction directe par locomotives-routières à larges roues, également mises au point par Fowler, est plus indiquée. Mais ces machines, comme les locomobiles des « chantiers », consomment chaque jour entre 4 à 5 tonnes d'eau, ce qui est prohibitif en régions arides. De plus, la lourde locomotive en traction directe tasse le sol et le rend compact sur son passage, annulant ainsi un des plus importants avantages de la culture. Aussi un ingénieur de la firme Fowler fait-il volte-face, et l'on en vient à la conception du tracteur automobile léger, susceptible d'exécuter tous les travaux et charrois sous la conduite d'un seul homme, pour une superficie de 80 à 100 ha.

En France, les tracteurs font leur apparition à Chelles, en 1907, et n'obtiennent qu'un succès de curiosité. C'est le blocus sous-marin et la nécessité de produire, malgré la pénurie de bras et d'attelages provoquée par la guerre, qui les imposent à partir de 1915. Des tracteurs sont importés d'Amérique, dont s'inspirent les cons-

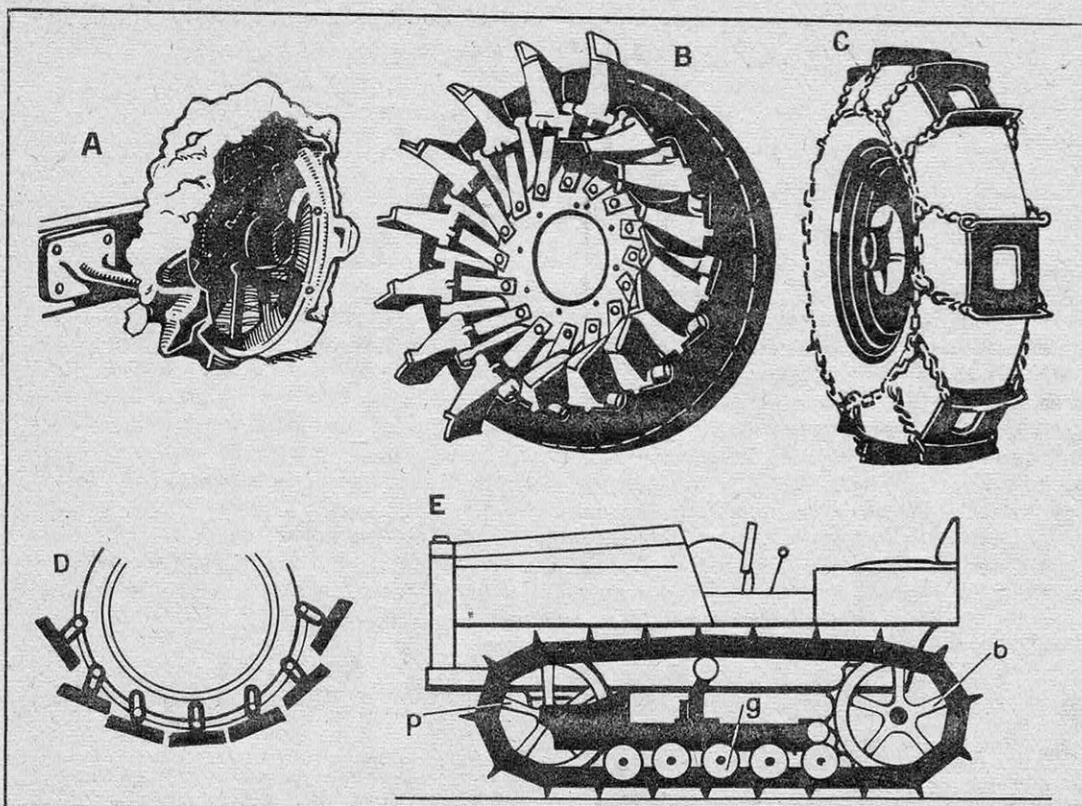


FIG. 1. — LES DIFFÉRENTES SOLUTIONS AU PROBLÈME DU TERRAGE ET DE L'ADHÉRENCE

A, dispositif de débottage d'une roue à crampons; — B, roue Latil à pneumatique et à bèches repliables; — C, roue de tracteur Allis-Chalmers avec pneumatique et ceinture de bèches retenues par des chaînes; — D, roue Guerrini à patins (genre Cingoli); — E, tracteur à chenilles (b, barbotin; p, poulie de renvoi; g, galets de roulement).

tracteurs français. Mais, conçus pour un milieu différent, ils ne donnent pas tous les résultats escomptés, en raison du climat humide, de la lourdeur et du morcellement des terres et de la complexité des cultures; en outre, les carburants que la France doit importer sont coûteux, et l'État, toujours à court d'argent, les rend plus onéreux encore, en les surchargeant les uns après les autres de taxes nouvelles. En conséquence, dès 1929, la motorisation ne progresse plus que très lentement, malgré la mise au point d'appareils économiques, grâce aux moteurs à huile lourde, aux pneumatiques agraires, et à la multiplicité de leurs adaptations.

La guerre mondiale et ses conséquences remettent tout en cause; les bras manquent à nouveau. Et l'agriculture française, quoique protégée, doit abaisser notablement ses prix de revient si elle veut soutenir la concurrence des nations équipées de façon moderne. Ce qui ne veut pas dire qu'il faille transplanter purement et simplement la motoculture américaine ou soviétique en France. A milieux différents, sans renoncer au principe fondamental reconnu bon, méthodes et outillages différents. Il s'agit de trouver par la motorisation non pas une

impossible identité, mais une équivalence économique.

Économies réalisées par la motoculture

Si la motoculture présente des inconvénients agronomiques particulièrement sensibles dans les milieux européens et auxquels on s'efforce de remédier sans encore y avoir totalement abouti, ses avantages économiques par contre, sont manifestes. N'influant qu'assez peu sur le volume maximum des récoltes, elle accroît cependant le volume moyen de production par la sécurité que confère la rapidité d'exécution des travaux. Et, surtout, la motoculture multiplie le rendement de la main-d'œuvre et diminue les frais incombant à ce poste si important de l'exploitation agricole.

Dès l'origine, le chantier Fowler avec trois hommes laboure de 3 à 5 ha par jour. Or trois hommes conduisant trois attelages labourent de 1 à 1,5 ha dans le même temps: rendement multiplié par trois.

Aux U. S. A., de 1880 à 1910, l'économie de main-d'œuvre atteint 40 %, libérant 3 400 000 travailleurs, d'ailleurs réemployés dans les défrichements qui absorbent encore 3 millions de nouveaux immigrants. De 1900 à

1927, une autre statistique accuse une économie de 38 %, l'ouvrier de 1927 cultivant une fois et demie la superficie cultivée par celui de 1900. Non seulement le rendement de la main-d'œuvre est doublé et triplé, mais il atteint souvent le centuple : il faut 5 h 48 mn pour labourer 1 acre (0,4 ha) avec une charrue à deux chevaux ; 30 mn suffisent à un tracteur de 15 à 30 ch effectifs. Pour tous les travaux de préparation du sol et de semaille, le temps passé par acre s'abaisse de 10 h 24 mn en 1850 à 7 mn 8 s en 1920, ce chiffre ayant pour base le rendement d'un train composé d'un pulvérisateur à disques et d'un semoir remorqués par un tracteur. Pour la culture du maïs, on note 3 h 36 mn en 1924 contre 13 h 48 mn en 1850. La récolte d'un acre de céréales exige 8 h en 1865 avec la faucheuse munie d'un appareil à moissonner, 6 h après l'adoption de la javeuse à râteaux automatiques, 2 h avec la moissonneuse-lieuse, enfin 30 mn avec la « combine » ou moissonneuse-batteuse qui, livrant le grain en sac, économise en plus environ 1 h de battage.

Pour la totalité des opérations culturales, on peut noter entre 1850 et nos jours une réduction de :

182 h à 30 h	pour le maïs ;
167 h à 45 h	pour le coton ;
62 h à 1 h 36 mn	pour le blé ;
109 h à 50 h	pour les pommes de terre ;
21 h à 1 h 36 mn	pour le foin (fauchaison).

Encore ce dernier rendement est-il très éloigné de celui obtenu par les motofaucheuses soviétiques porteuses de 9 m de barres coupeuses, qui doivent couper entre 3 à 4 ha par heure.

Conceptions de l'appareil tracteur

De ce qui précède, deux conceptions très différentes de l'appareil tracteur apparaissent, l'une née en Europe, l'autre en Amérique.

Ce n'est pas sans raison que Fowler, qui mit également au point la locomotive routière, utilisa le *treuil* pour le labourage. Sans doute, à l'époque, on ignorait le moteur léger. Mais il paraît anormal, quand il s'agit d'ameublir la terre, de faire circuler sur le champ un véritable rouleau compresseur, surtout dans des sols gras et humides se prêtant au pétrissage et jouant alors, vis-à-vis des organes tracteurs, le rôle de véritable lubrifiant. Dans le chantier de labourage, les treuils tirant à poste fixe et ne se déplaçant que sur les « fourrières » ou rives du champ peuvent être d'un poids considérable sans inconvénients. Ils ont ainsi une adhérence excellente, renforcée par la résultante verticale de la trac-

tion et au besoin par des jantes tranchantes appliquées aux bandages des roues. Mais de tels chantiers coûtent fort cher à l'achat, ont une capacité très grande de travail, et ne peuvent être utilisés économiquement, en dehors d'immenses exploitations, qu'en coopération. En outre, leur principe « funiculaire » ne se prête qu'aux travaux « en navette », ce qui limite leurs applications au labour, à la culture du sol, et éventuellement à la semaille (1).

Pour ces différentes raisons, les Américains ont opté pour le *tracteur automobile léger*, susceptible d'exécuter tous les travaux et charrois sous la conduite d'un homme, ce qui multiplie les applications, accroît les services rendus, et facilite l'amortissement du matériel. La mise au point des moteurs légers, l'aridité du milieu, devaient conduire à cette solution, d'autant plus que tasser le sol par la compression due à de lourdes masses est absolument contraire aux données du « dry-farming ». Mais, n'ayant

(1) Le même défaut s'applique au « tracteur-toueur » dépourvu de roues motrices, mais muni d'un treuil, au moyen duquel il progresse en se halant sur un câble ancré aux deux extrémités. Il n'y a ici qu'un moteur, mais trois hommes sont encore nécessaires (un au tracteur et un à chaque extrémité pour déplacer l'ancrage à mesure de l'avancement). De plus, ce tracteur ne peut se déplacer par ses propres moyens en dehors de son travail.

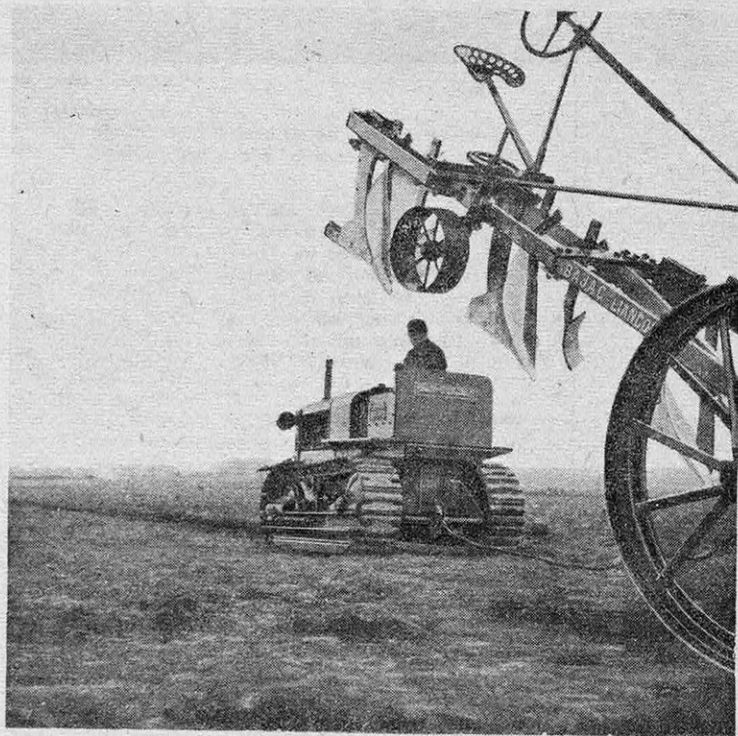


FIG. 2. — TRACTEUR ALLIS CHALMERS A CHENILLES MÉTAL

Ce tracteur, d'un poids de 3 100 kg, est représenté remorquant une charrue balance Bajac trisoc labourant à plat. Le moteur 4 cylindres (133 × 165, 1 050 tours/mn, 58 ch) est alimenté en fuel-oil domestique.

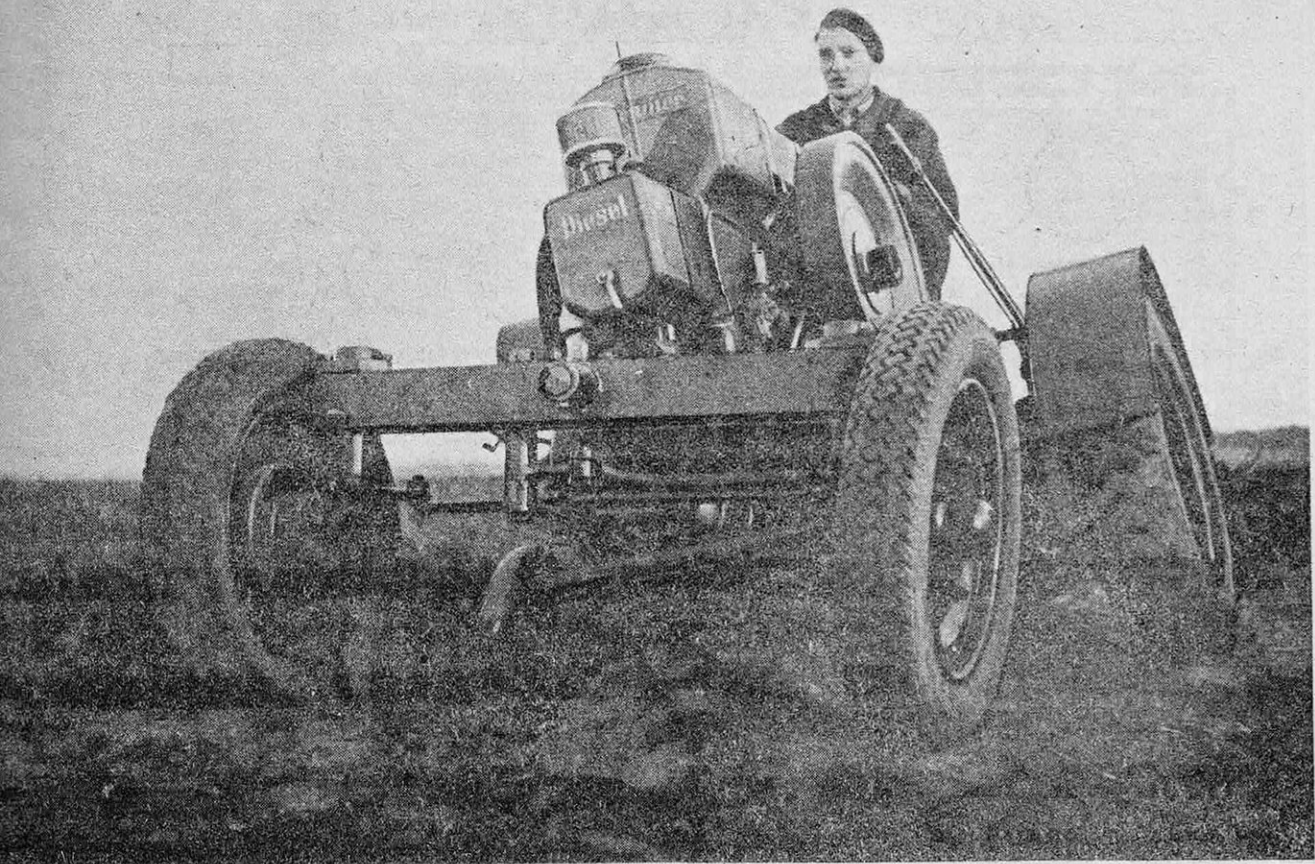


FIG. 3. — VUE D'UN TRACTEUR KRAMER-DIESEL AU TRAVAIL

Ce tracteur est muni d'un moteur véritable diesel 12 ch, 4 temps, horizontal, à 6 vitesses et prise de force; les roues pneumatiques sont à basse pression. Le « déhanchement » de l'appareil, dû à la suspension en trois points par articulation de l'essieu avant est tout à fait remarquable sur cette photographie.

plus le poids, on s'est trouvé aux prises aussitôt avec le problème de l'adhérence, même en sol aride, et beaucoup plus encore quand les tracteurs ont été introduits en Europe. Il en résulte deux catégories d'appareils qui sont les tracteurs à roues et les tracteurs à chenilles dérivés du Caterpillar de Holt. Chacune de ces catégories comporte d'ailleurs de nombreuses solutions.

Solutions au problème de l'adhérence

Le mécanisme porteur et propulseur le plus simple et le plus robuste est évidemment la roue, connue depuis la plus haute antiquité. C'est sur roues que se déplacent à peu près tous les véhicules, dont certains, telles la locomotive, l'automobile, la bicyclette, sont moteurs. Mais alors que le rail, le macadam et le goudron constituent des surfaces idéales de roulement, il n'en va pas du tout de même de la terre. Par surfaces idéales, on entend les surfaces dures, élastiques, capables de supporter avec des déformations non permanentes et très faibles de lourdes charges, ne tolérant pas le glissement, c'est-à-dire ayant une parfaite adhérence. Or la terre cultivée, même durcie par la sécheresse, n'a aucun de ces caractères : il suffit de rouler à bicyclette dans un champ pour s'en rendre compte; on note aussitôt le « terrage » des roues qui freine l'avancement, la déformation

permanente et la compression du sol qui en résulte, puis, d'autant plus que le sol est plus meuble, plus glaiseux et plus humide, le « patinage » de la roue motrice, supprimant toute adhérence et provoquant le « malaxage » ou « pétrissage » de la terre qui, en séchant, prendra en briques très difficiles à briser, ce qui est contraire au but visé; finalement, la terre pétrie colle au bandage de la roue, « botte », l'alourdissant considérablement. Et, à l'extrême, les argiles très diluées, comme la bentonite, constituent un lubrifiant.

Contre le *terrage*, le premier remède consistait à accroître la surface portante, en élargissant les roues. A l'extrême, comme dans le vieux « Gray », ces roues sont devenues deux rouleaux de grand diamètre, jointifs, et occupant toute la voie de l'appareil.

De même, contre le *patinage*, la première solution fut de munir les roues d'aspérités s'imprimant dans le sol, et s'y engrenant à la façon des dents d'un engrenage dans une crémaillère. Les dispositifs les plus couramment adoptés sont les *cornières*, les *palettes*, les *têtes d'obus*, les *bèches*. Mais, sur sol humide, le *botlage* est rapide, de telle sorte que les aspérités disparaissent, la roue redevenant ronde malgré les systèmes de débottage prévus parfois à cet effet. La *roue Stock* à jantes minces et bèches échappe à cet inconvénient. Son adhérence est très

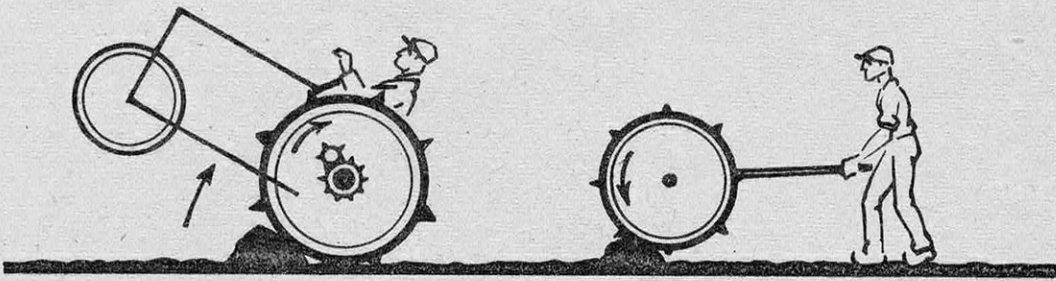


FIG. 4. — LA RÉACTION MOTRICE SUR LE TRACTEUR A TRACTION ARRIÈRE ET SUR L'AVANT-TRAIN TRACTEUR

Quand la roue arrière se trouve bloquée, le moteur tend à faire tourner le tracteur autour de cette roue et, par conséquent, à le faire « cabrer », les roues directrices quittant le sol; le retournement peut s'ensuivre si le conducteur ne débraye pas à temps. Avec l'avant-train tracteur, la roue motrice aborde l'obstacle, s'y accroche et se hisse sur lui en raison de la force tangentielle appliquée au point d'accrochage

forte, car, ne s'opposant pas au terrage, elle va chercher son équilibre profondément; mais l'arrachement des bèches consomme une énergie considérable. Enfin, ces roues dentées ne permettent pas de circuler sur route, ce qui interdit tout charroi, sinon après démontage de nombreux organes. Landrin a remédié à cet inconvénient par des *bèches coulissantes*, passant par des fentes de la jante, et reliées à un *excentrique orientable*, système trop complexe pour l'agriculture.

Nous arrivons alors à deux solutions ouvrant des voies nouvelles. Latil, dès 1918, conçoit un tracteur agricole et routier, à roues montées sur pneumatiques, munies de *bèches articulées* aisément repliables sur le moyeu. D'autre part, le *cingoti*, suite de patins articulés sur la jante

de telle façon que trois d'entre eux au contact du sol forment rail, dispositif employé depuis longtemps par l'artillerie lourde, portait en germe la conception de la *chenille*. Celle-ci, bien connue de tous par le large emploi qu'en ont fait les chars de combat, ne supprime pas la roue. Elle interpose entre elle et la terre un rail à large surface portante, cranté comme une crémaillère dans une de ses parties de façon à assurer sans patinage l'avance de la machine au moyen d'un barbotin denté. L'adhérence devient totale, le poids de la machine étant entièrement appliqué à l'engin propulseur; par contre, la pression sur le sol, répartie sur une large surface, n'excède pas celle produite par le pas d'un homme (fig. 2). L'inconvénient du système ne réside pas tant dans l'énergie

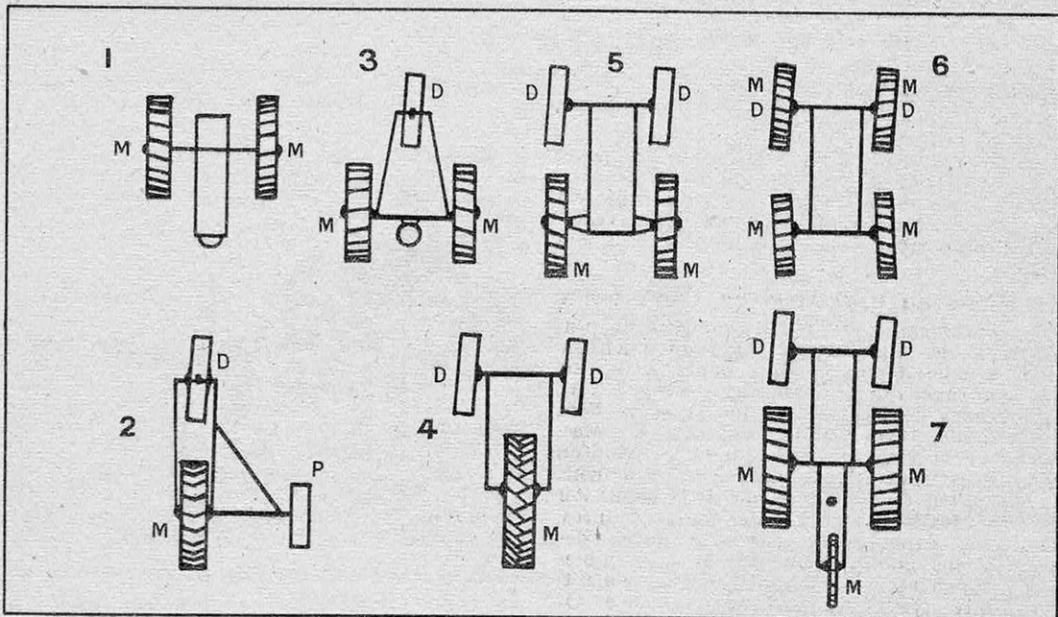


FIG. 5. — LES DIFFÉRENTS TYPES DE TRACTEURS A ROUE

1, avant-train tracteur; — 2, type side-car; — 3, type tricycle; — 4, type triporteur; — 5, type automobile; — 6, type adhérence totale; — 7, tracteur à 5 roues. — M, roue motrice; — D, roue directrice; — P, roue porteuse.



FIG. 6. — TRACTEUR BRUNEAU-ROCHER TRAINANT UNE CHARRUE BRABANT DOUBLE

Ce tracteur de 1 400 kg, 12 ch, 4 vitesses, est du type automobile à roues pneumatiques basse pression, pouvant être garnies de chaînes d'adhérence; le moteur est à explosions (essence et gas-oil), à 4 cylindres (110 × 120, 1 600 tours/mn).

absorbée par le relevage du rail au fur et à mesure de la progression de l'engin, que dans l'usure du « track », dont les articulations non lubrifiables travaillent dans un milieu chargé de corps rodants. Kégresse-Citroën en France, Bristol en Angleterre, ont réalisé des chenilles, le premier en caoutchouc, le second en métal articulé sur blocs de gomme. Le problème de la direction est résolu par le blocage ou le freinage d'une des chenilles, l'autre tournant autour de celle-ci; le virage peut s'effectuer sur place, mais la chenille bloquée subit un effort de torsion.

Position des organes propulseurs

Avec le tracteur à chenilles, l'adhérence est totale. Les tracks sont placés à droite et à gauche, sur toute la longueur de l'appareil. La machine est portée par un certain nombre de doubles galets de roulement, circulant sur les rails. A l'avant

se trouvent les poulies de renvoi des chenilles, et, à l'arrière, afin de tendre celles-ci au contact du sol, les barbotins propulseurs. Cette disposition obligée est fâcheuse, car elle tend, par suite de la réaction motrice, à faire cabrer la machine, en soulevant son avant. Seul ou à peu près, Kégresse-Citroën a prévu des roues directrices supplémentaires, nécessaires en raison des vitesses atteintes par les chenilles souples et qui permettent la circulation rapide sur route.

Pour les tracteurs à roues, la première solution inspirée de l'automobile fut l'emploi de deux roues avant directrices et deux roues arrière motrices. Mais une articulation du train avant était indispensable, la suspension en trois points permettant seule le contact permanent des roues avec le sol (fig. 3). D'autres constructeurs optèrent résolument pour trois roues. De toute façon, une partie du poids de la machine supportée par l'appareil de direction et nécessaire à son efficacité, n'est pas utilisée pour l'adhérence. En outre, la réaction motrice tend à provoquer le cabrage et à paralyser l'action des roues directrices. Les roues avant inertes butent contre les obstacles qu'elles franchissent péniblement (fig. 4). Aussi d'autres

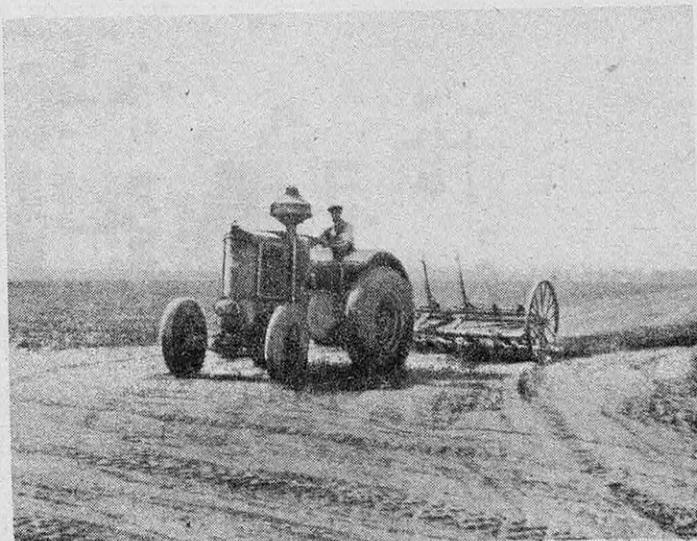


FIG. 7. — TRACTEUR SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MATÉRIEL AGRICOLE ET INDUSTRIEL A VIERZON

Ce tracteur de 3 tonnes est du type automobile à roues pneumatiques basse pression. D'une puissance de 33/44 ch, il a 6 vitesses, dont une de route, et prise de force à l'arrière; le moteur est un semi-diesel horizontal, monocylindre deux temps (225 × 260), sans soupapes, allumage par bougie chaude, régime 600 tours/mn.

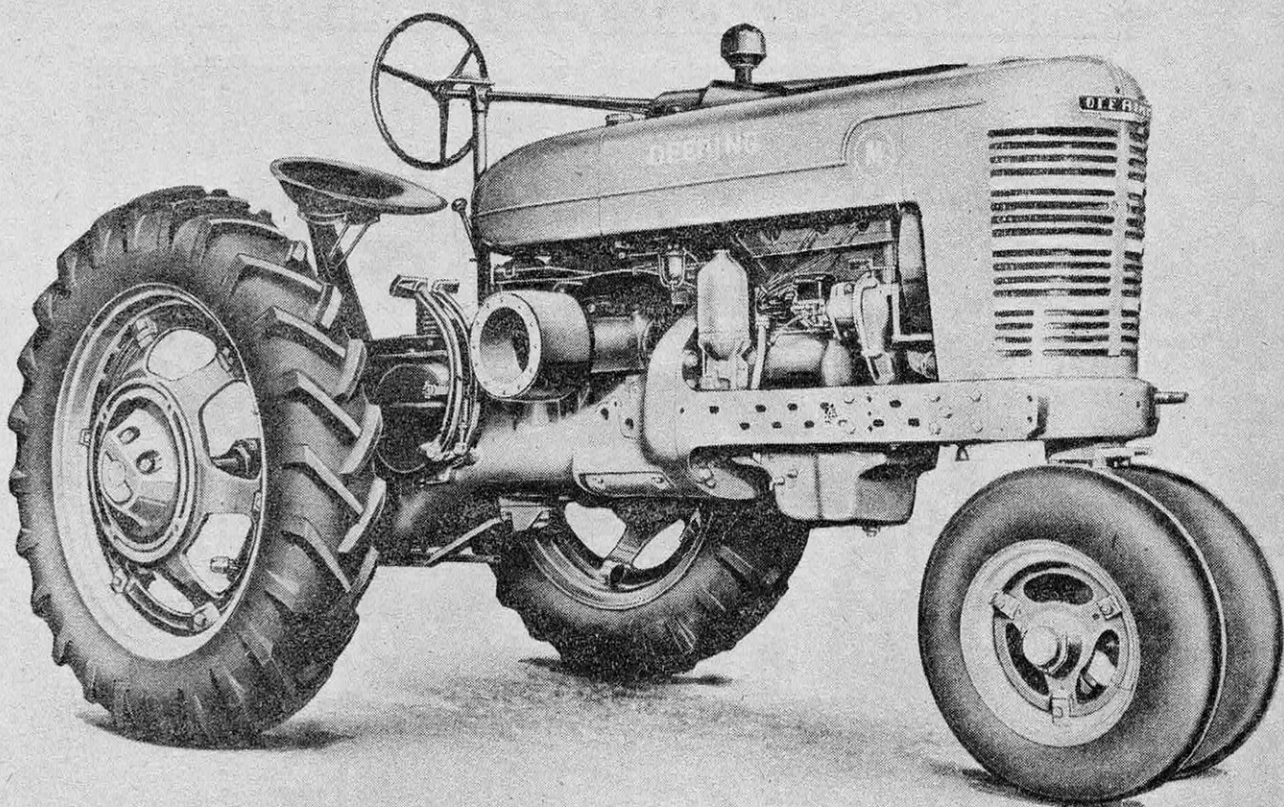


FIG. 8. — TRACTEUR DEERING « FARMALL M »

C'est un tracteur puissant (32/36 ch) du type tricyle, à roues pneumatiques, jumelées à l'avant; il permet de labourer avec une charrue à 3 ou 4 socs, possède 4 vitesses de travail (4 à 8 km/h) et une de route (18 à 26 km/h); moteur à explosions (essence et gas-oil léger ou pétrole lampant) tournant à 950/1 450 tours/mn.

constructeurs se limitèrent à l'*avant-train tracteur*, comprenant seulement deux roues motrices et directrices qui abordaient l'obstacle en développant une force tangentielle les hissant sur lui (fig. 4). Le tracteur à quatre roues avec *roues avant motrices et directrices* suivit. Puis le tracteur à adhérence totale à *quatre roues motrices et directrices*. Citons encore les *cing roues Delieuvin*, solution très ingénieuse, une cinquième roue arrière à palettes renforçant l'adhérence de l'appareil du type automobile, en s'enfonçant plus ou moins dans le sol sous l'effet de la traction (fig. 5).

Afin de tirer encore quand le glissement détruit toute adhérence, certains tracteurs comportent un treuil auxiliaire et une bêche d'ancrage. On procède alors par bonds successifs, le tracteur gagnant un point fixe en déroulant son câble, puis tirant l'appareil remorqué jusqu'à lui en le halant

Le pneumatique agraire et les vitesses élevées

Ce qui fit le succès des tracteurs Latil et Kégresse-Citroën, c'étaient les vitesses élevées qu'ils pouvaient atteindre grâce à l'emploi de

bandages élastiques en caoutchouc combinés avec des démultiplications bien comprises. Il ne faut pas perdre de vue que les terres, surtout quand elles sont morcelées, exigent des déplacements parfois importants, que l'agriculture est faite davantage de charrois que de travaux de sol, et qu'il y a lieu de réduire autant que possible les temps morts. Un tracteur à chenilles ou à roues, dont la vitesse dans le champ ne peut excéder 5 à 8 km/h, utilise très mal sa puissance s'il ne lui est pas possible de l'accélérer sur la route. Or, la chenille, par son principe même, s'oppose aux vitesses élevées; et un tracteur à roues métalliques ne peut les supporter sans dislocation. On en vint donc, afin de bien utiliser la puissance, de gagner du temps pour aller et revenir aux champs, d'accélérer les charrois, à étudier l'emploi de la solution simple que constitue le pneumatique. Les avantages en sont nombreux: la gomme par elle-même — l'automobile en est la preuve — n'a qu'un faible coefficient de glissement. Elle se moule parfaitement, donnant des aspérités facilitant l'accrochage. Par le matelas d'air que comporte le pneumatique, la suspension excellente supprime chocs, trépidations, diminuant la fatigue du mécanisme et du conducteur. Enfin, au point

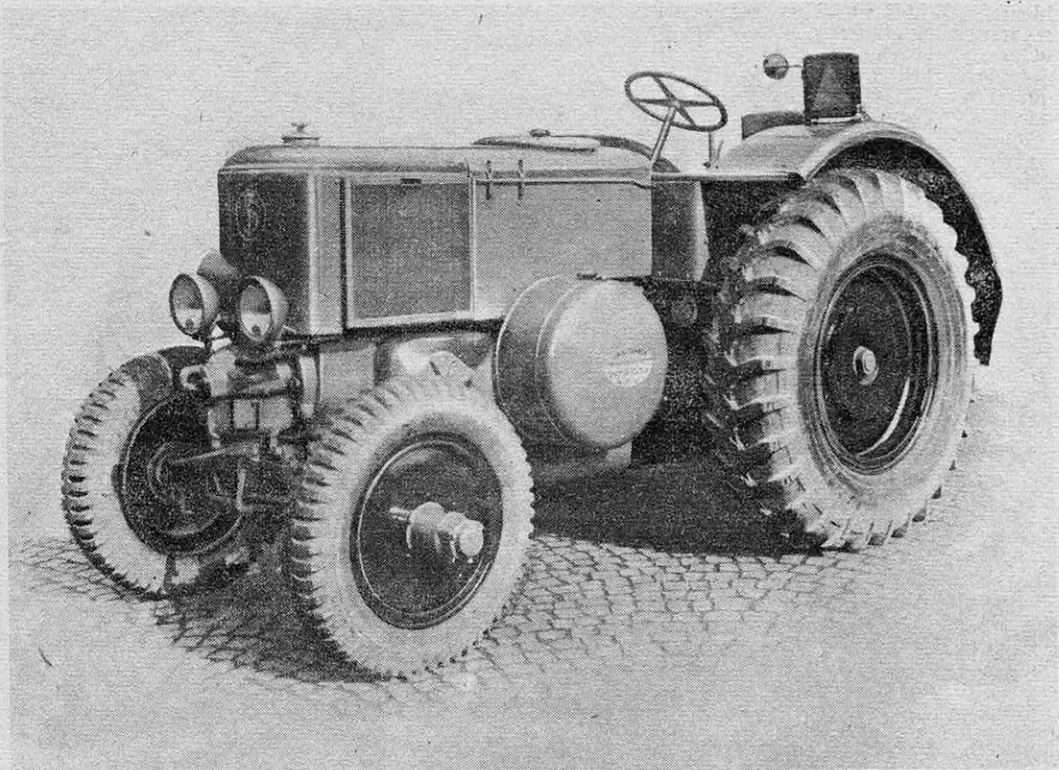


FIG. 9. — TRACTEUR « LA FRANÇAISE »

Ce tracteur, lourd, puissant (3 300 kg, 38/45 ch), construit par l'Atelier de Construction de Roanne, comporte un moteur semi-diesel monocylindre, horizontal, à deux temps, sans soupapes, fonctionnant au fuel-oil ou au gas-oil, ou, avec dispositif spécial, à l'alcool ou aux huiles de goudron de houille ou de bois; il a 5 vitesses avant (3,5 à 20 km/h).

de vue agronomique, la pression transmise au sol ne peut pas dépasser celle de l'air inclus dans le bandage; en utilisant des pneus à basse pression, le tassement du sol se trouve limité, en même temps que s'améliorent adhérence et suspension: quels que soient le poids de la machine et la réaction de l'appareil tracté, la pression demeure constante, le pneumatique se déformant et accroissant sa surface portante pour trouver son équilibre (fig. 7).

On obtient ainsi des tracteurs simples, ayant une adhérence satisfaisante dans la terre et atteignant sur route des vitesses élevées, utilisant parfaitement leur puissance en toutes circonstances, et par suite très économiques. Deux gammes de vitesses sont généralement prévues: 2 à 8 km/h pour la terre, 12 à 40 pour la route. Le champ distant de 4 km est joint en moins de dix minutes au lieu de trente; trois charrois de fumier ou de récolte sont faits, au lieu d'un dans le même temps.

La plupart des machines actuelles sont de type automobile à roues arrière motrices, supportant environ les deux tiers du poids total, ce qui oblige à deux dimensions de pneus. Les puissances et les poids tendant à s'accroître, on arrive à de très grandes sections de pneus arrière moteurs, d'où un grave inconvénient pour le labour; de tels pneus ne trouvant plus

à se loger dans la raie de la charrue dont la largeur ne peut être augmentée, ils tassent et malaxent latéralement la terre. La solution préconisée par M. Tony Ballu est celle des quatre roues motrices répartissant également le poids; elle est mécaniquement la seule rationnelle et donnerait en outre la possibilité de tirer alternativement en marche avant et en marche arrière, sans virage. On fonctionnerait ainsi en « navette », ce qui permettrait de labourer à plat, pratique dont l'expérience a prouvé la valeur en France, et les temps morts que constituent les parcours à vide sur fourrières se trouveraient supprimés. Ainsi, le tracteur automobile léger rejoindrait l'initial treuil de labourage, sans présenter les mêmes inconvénients.

Les moteurs de tracteur

Ici, les considérations d'économie interviennent. On s'en inquiétait peu à l'origine et, tout naturellement, le moteur à explosions comportant 1,2 à 4 cylindres avait été adopté. Mais l'Etat, par ses taxations qui visaient l'automobile considérée comme « signe extérieur de richesse », et qui atteignaient indirectement l'agriculteur, s'est chargé de lui rappeler l'économie.

L'adaptation de gazogènes a paru la solution

idéale. Elle fut un échec, parce que les moteurs n'étaient pas prévus pour utiliser ce carburant ; la perte de puissance était de l'ordre de 40 %, à quoi s'ajoutait le poids mort de l'appareil à transporter ; sauf cas exceptionnels, l'emploi du gazogène à la traction agricole paraît une erreur. Seul, le *Latil* construit spécialement pour ce mode d'alimentation a donné de bons résultats.

On s'est orienté alors vers les moteurs à combustion interne, diesel et semi-diesel, consommant des huiles lourdes de faible valeur et en volume réduit. Ces moteurs très simples, qui ne comportent pas de dispositif d'allumage et, dans le cas des deux temps, pas de soupapes, conviennent particulièrement à l'agriculture.

Quelques constructeurs, dont Lanz et la Société Française de Vierzon, recherchant avant tout la simplicité, ont adopté le gros monocylindre semi-diesel deux temps (fig. 7). D'autres plus nombreux ont préféré des 2- et surtout 4-cylindres. Mais l'État, en dépit de ses promesses, a taxé les gas-oils et les fuel-oils, d'où l'abandon progressif du tracteur à partir de 1929 par les agriculteurs, qui ont préféré les animaux de trait, malgré le gros inconvénient que constitue pour ceux-ci l'obligation de les soigner et de les nourrir pendant toute l'année, pour une période de travail relativement courte.

La reprise actuelle

Aujourd'hui, les conditions ne sont plus les mêmes. Une large extension de la motoculture s'impose en France. Des appareils très au point existent : chantiers de labourage employés collectivement, tracteurs à chenilles utilisés de la même manière pour les gros travaux et individuellement par les très grandes exploitations, tracteurs à roues pneumatiques à deux gammes de vitesses, convenant dans presque tous les cas pour tous travaux et charrois, enfin avant-trains tracteurs et motoculteurs pour les petites exploitations maraichères, fruitières, horticoles et viticoles. Ces matériels, employés par temps propice, donnent toute satisfaction ; il est souhaitable néanmoins qu'ils soient progressivement mieux adaptés aux besoins de la terre française, notamment en ce qui concerne les tracteurs de type automobile par la généralisation des quatre roues motrices et directrices, et l'inversion du sens de la marche.

Citons parmi les dernières réalisations, la plupart produites par les usines d'armement : le tracteur « La Française » (fig. 9) de 40 ch, construit à l'atelier de Roanne, le « Tract-Continental » dont les pièces détachées proviennent

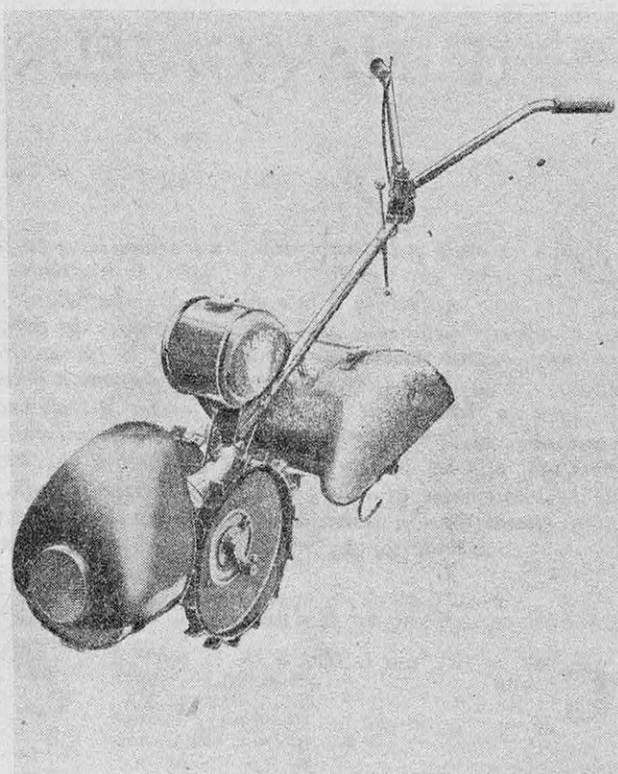


FIG. 10. — MOTOCULTEUR « MABEC »

Ce tout petit moloculteur, d'une voie normale de 25 cm, pouvant être réduite à 14 cm hors tout par retournement des roues, convient pour des cultures en jardin, en serre ou en pépinière ; le mancheron peut être placé dans n'importe quelle position, de face ou de côté ; un seul levier pernel d'embrayer ou débrayer le moteur et la fraise ; d'un poids de 50 kg, et d'une puissance de 2 ch, sa vitesse est de 700 m/h, permettant de fraiser 200 à 300 m² par heure, avec une consommation d'un litre d'essence.

de l'atelier de Lyon, les nombreux modèles « Tractavia » tricycles de la Société nationale de Constructions aéronautiques du Centre (p. 50), et, dans le domaine des avant-trains tracteurs, le motoculteur « Mabec » de 2 ch permettant, avec une voie normale de 25 cm pouvant être réduite à 14 cm par retournement des roues, de travailler dans les serres ou les pépinières, aux travaux de labour, binage, sarclage, battage, soit avec une fraise, soit avec d'autres appareils appropriés (fig 10).

Un tracteur moyen ne coûte guère plus que le prix actuel de deux chevaux, dont l'amortissement est incertain, et l'entretien coûteux, mais n'oublions pas que le succès dépend avant tout de la stabilité du prix des carburants, qui est une question dépendant à la fois de la stabilité du franc et des charges fiscales.

J. ENGELHARD.

LE NAVIGATEUR " DECCA "

par Robert LEPRÊTRE

Chef de la section Recherches et Documentation au S. T. S.

Dans les mois qui ont suivi la Libération, le secret a été partiellement levé sur la nouvelle technique du « radar » (1), dont les multiples applications d'ordre militaire avaient joué un rôle capital dans la conduite des opérations et qui semblait appelée à révolutionner de nombreux domaines de l'activité humaine du temps de paix. Mais ce n'est pas la seule technique issue de la guerre intéressant la navigation maritime et aérienne. Alors que le radar met en œuvre des impulsions extrêmement brèves appliquées à des ondes très courtes, le système Decca fait appel à des ondes entretenues de grande longueur, émises par des stations fixes, et fournit au pilote d'un navire ou d'un avion l'indication très précise de sa position par la lecture de deux compteurs du tableau de bord. L'utilisation pratique de ce navigateur apparaît remarquablement simple. Il a servi pour la première fois, avec plein succès, lors du débarquement de Normandie, à un personnel qui n'avait pas été instruit à l'avance du maniement de cet instrument tenu jusqu'alors secret.

Le débarquement de Normandie

C'est en 1942 que la société Decca, surtout connue jusqu'alors du grand public par son activité dans le domaine du phonographe, apporta au Bureau des Recherches Scientifiques de l'Amirauté britannique son système de navigation qui était l'œuvre de l'un de ses ingénieurs, M. W.-J. O'Brien. Les essais entrepris furent couronnés de succès et, en novembre 1943, l'Amirauté britannique décida que ce système serait utilisé pour assurer le succès des opérations du jour J de débarquement en Europe. Deux ingénieurs de la Société Decca furent alors mis dans le secret des plans de l'État-major et chargés de faire le nécessaire pour mettre tous les navires munis du système Decca en mesure d'arriver, après un parcours de quelque 200 km dans l'obscurité de la nuit ou à travers les brouillards naturels ou artificiels, à moins de 100 m des points choisis sur les plages de Normandie.

En grand secret, les stations mobiles nécessaires furent installées sur la côte sud d'Angleterre et tous les navires choisis par le haut commandement, à savoir les dragueurs de mines de protection, les conducteurs de flottilles et des forces de débarquement, furent munis du matériel récepteur.

Une flotte de dragueurs de mines devait, dans l'obscurité complète, nettoyer les chenaux à travers les barrières de mines de protection posées par l'ennemi : de cette tâche devait dépendre la réussite du passage des énormes forces expéditionnaires alliées vers leurs points de débarquement exacts.

La simplicité de fonctionnement était chose capitale pour ces opérations, car le personnel ne devait avoir qu'en mer, le jour J, connaissance de la méthode employée. Les ordres reçus furent exécutés sans erreur et la précision fut telle que pas un navire ne fut perdu du fait des mines, et que les points d'accostage furent, à 50 m près, ceux qui avaient été préalablement fixés.

(1) Voir « Le radar » (Science et Vie, n° 338, novembre 1945).

Le principe du navigateur Decca

Le navigateur Decca est un appareil radio-électrique destiné à donner le « point », d'un principe tout différent de la technique radar. Alors que celle-ci utilise des impulsions sur ondes très courtes (décimétriques et centimétriques), le navigateur Decca utilise des ondes entretenues pures de grande longueur.

Son fonctionnement est fondé sur la comparaison, à la réception, des ondes électromagnétiques qui sont émises en synchronisme par plusieurs stations fixes distantes de quelques centaines de kilomètres.

On voit sur la figure 1 deux telles stations, A et B, émettant, en synchronisme rigoureux, deux ondes électromagnétiques entretenues identiques. Les ondes, qui se propagent avec la vitesse de la lumière, parviennent au récepteur M avec un certain décalage relatif, fonction de la différence des chemins parcourus, AM et

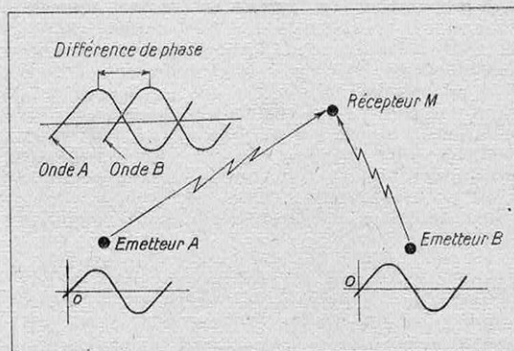


FIG. 1. — LA RÉCEPTION SIMULTANÉE DE DEUX ONDES ENTRETENUES SYNCHRONES

En M parviennent les ondes émises synchroniquement par les émetteurs A et B. On observe un décalage entre les deux ondes, décalage fonction de la différence des distances AM et BM.

BM. Si le point M est tel que la différence des distances AM et BM est un multiple de la longueur d'onde, ce décalage est nul; les ondes sont dites « en phase ». Le point M est alors situé sur un réseau d'hyperboles (fig. 2) ayant pour foyers A et B (il y a autant d'hyperboles dans ce faisceau que la distance AB contient de fois la demi-longueur d'onde de l'émission) (1).

Entre ces hyperboles de concordance des émissions, on observe un décalage plus ou moins accentué, ou *déphasage* (2). Pour une même valeur du déphasage, tous les points M se placeront sur un nouveau réseau d'hyperboles, tel que celui représenté en pointillé sur la figure 2. La mesure de ce déphasage, effectuée grâce à un « phasemètre », permet donc de déterminer à quel réseau appartient le point M; l'indéter-

(1) On sait en effet que, de même que l'ellipse est le lieu géométrique des points dont la somme des distances à deux points fixes est constante, l'hyperbole est le lieu géométrique des points dont la différence des distances à deux points fixes est constante. En faisant varier la valeur de cette somme ou différence, on obtient toutes les ellipses ou hyperboles ayant ces deux points pour foyers.

(2) Deux oscillations de même période sont dites « en phase » si elles passent au même instant par leur amplitude maximum. Si la simultanéité n'est pas réalisée, il y a « déphasage », et cette « différence de phase » s'exprime en fractions de la période à laquelle, puisqu'il s'agit d'un phénomène cyclique, il convient d'attribuer la valeur de 360°. On aura ainsi des différences de phases, ou déphasages, de 10°, 30°, 90° (quand les oscillations sont en « quadrature »), 180° (quand les oscillations sont en opposition), etc.

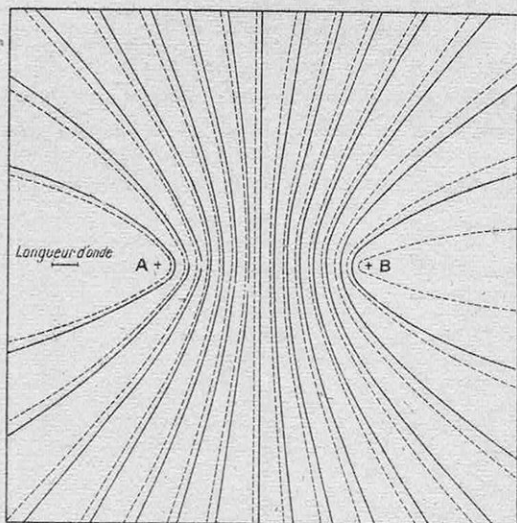


FIG. 2. — LE RÉSEAU DES HYPERBOLES DE DÉPHASAGE CONSTANT ENTRE LES ONDES ÉMISES SYNCHRONIQUEMENT PAR DEUX STATIONS

A et B représentent les deux stations émettrices d'ondes en phase; les hyperboles tracées en trait plein représentent les lieux où les ondes sont reçues en phase, c'est-à-dire dont la différence des distances aux émetteurs A et B est égale à la longueur d'onde de l'émission ou à un multiple de cette longueur d'onde (il y a autant d'hyperboles que la demi-longueur d'onde est comprise de fois dans la distance AB); les hyperboles tracées en pointillé représentent les lieux où les ondes sont reçues avec un déphasage donné, non nul.

mination existant entre les différentes hyperboles d'un même réseau sera levée grâce à un *compteur* marquant les tours de phasemètre, c'est-à-dire le nombre de passages sur les hyperboles de concordance de phase.

On utilisera donc en pratique une carte sur laquelle ces hyperboles auront été tracées et numérotées. Il suffira de régler le compteur au départ, en lui faisant marquer le chiffre correspondant à l'hyperbole de déphasage nul, la plus proche du point (connu) de départ.

L'appareil fonctionnant de façon continue, il sera possible à tout moment et en tout lieu de se situer, grâce au compteur, entre deux hyperboles de déphasage nul, et la lecture du phasemètre (qui n'est pas à régler puisqu'il mesure directement le déphasage à un angle de 360° près) donne le numéro de l'hyperbole subdivisionnaire.

En utilisant un troisième émetteur C distinct des deux premiers, et employé concurremment avec l'un d'eux A (fig. 4), on pourra, grâce à un second compteur et un second phasemètre, se situer sur un autre faisceau d'hyperboles de foyers A et C. Par suite, le « point » cherché sera à l'intersection des deux hyperboles obtenues.

Cas particuliers de navigation

Si un avion se déplace sur l'hyperbole réduite à la droite perpendiculaire au milieu de la base AB, pour laquelle les distances aux émetteurs A et B sont égales, on réalise un radioalignement (aiguille d'un des cadrans indicateurs maintenue sur la graduation zéro).

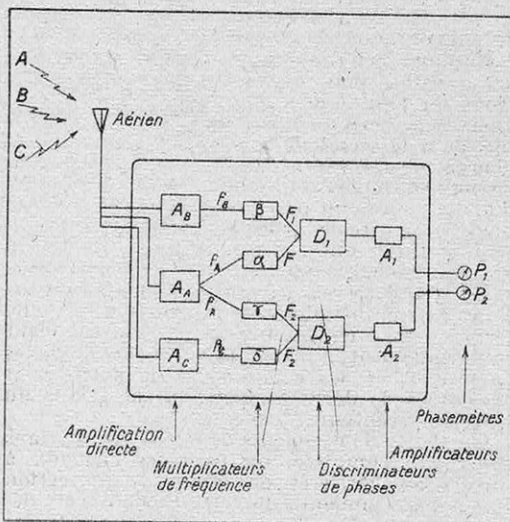


FIG. 3. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN RÉCEPTEUR DECCA FONCTIONNANT SUR TROIS POSTES ÉMETTEURS A, B ET C OPÉRANT SYNCHRONIQUEMENT

Ce récepteur comporte : trois chaînes d'amplification directe à trois étages, A_a, A_b et A_c sur les fréquences f_a, f_b et f_c des stations émettrices; quatre multiplieurs de fréquences donnant les deux nouvelles fréquences F₁ (multiple commun de f_a et f_b, F₁ = n f_a = m f_b) et F₂ (multiple commun de f_a et f_c, F₂ = p f_a = q f_c); deux discriminateurs de phases : D₁ pour les ondes de fréquence F₁, et D₂ pour les ondes de fréquence F₂; deux amplificateurs à courant continu : A₁ et A₂; deux phasemètres à cadrans indicateurs P₁ et P₂.

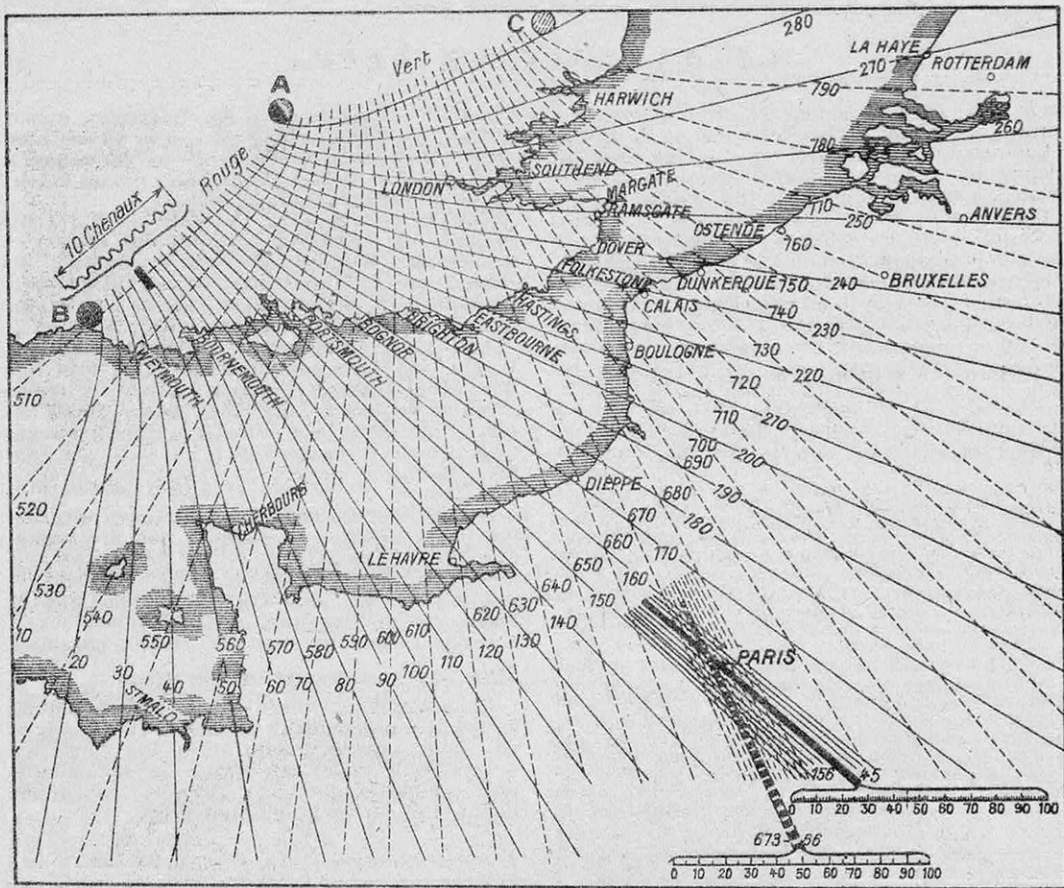


FIG. 4. — CARTE D'ENSEMBLE DE NAVIGATION DECCA A DEUX RÉSEAUX D'HYPERBOLES

Cette carte représente la chaîne à trois émetteurs actuellement en service sur la côte sud de l'Angleterre; étant donnée la petitesse de l'échelle, ne sont figurées que les hyperboles de concordance de phase dont les numéros d'ordre sont multiples de 10. Dans la région de Paris, toutes les hyperboles de concordance de phase sont représentées, et deux échelles montrent comment serait effectuée la subdivision de la zone comprise entre deux de ces hyperboles en cent parties égales, définies par la mesure du déphasage, sur une carte locale à plus grande échelle. Les coordonnées de Paris seraient dans ce système : rouge 156,45 (trait plein), vert 673,66 (traits interrompus). Ces nombres sont affichés sur le compteur et relevés sur la carte.

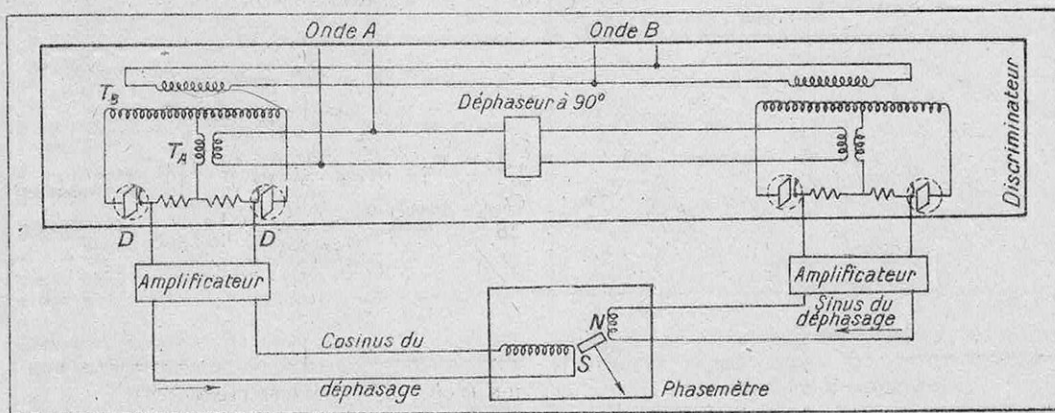


FIG. 5. — SCHÉMA D'UN DISCRIMINATEUR D'ONDES A ET B

Dans la partie gauche du discriminateur, l'onde B est partagée en deux ondes symétriques grâce à un transformateur T_B à prise médiane; chacune de ces ondes est ajoutée à l'onde A, grâce au transformateur T_A , pour donner deux nouvelles ondes détectées par les diodes D en opposition, entre lesquelles on recueille une tension continue proportionnelle au cosinus du déphasage. Dans la partie droite du discriminateur, la même opération est effectuée, avec cette différence que l'onde A est déphasée de 90° , la tension recueillie étant alors proportionnelle au sinus du déphasage. Après amplification, ces deux tensions sont appliquées à deux bobines perpendiculaires, dont le champ résultant oriente un aimant, relié à l'aiguille indicatrice, dans une direction indiquant le déphasage.

D'une façon générale, on peut suivre des routes qui se rapprochent beaucoup de droites et faire ainsi par exemple du « homing » en se déplaçant sur une hyperbole donnée (aiguille d'un des cadrans indicateurs maintenue sur une graduation déterminée).

Si un avion se déplace sur la droite joignant les stations d'émission, les hyperboles coupent alors la route en des points équidistants, réalisant ainsi sur elle une série de « bornes » analogues aux bornes kilométriques des grandes routes.

Réalisation pratique de l'appareil

Tel est le principe du navigateur Decca. La réalisation pratique des appareils est compliquée en particulier par le fait qu'il est impossible de séparer, dans un récepteur unique, deux ondes de même fréquence et, par suite, de mesurer leur différence de phase. On utilise donc des ondes de fréquence f_A , f_B , f_C distinctes, mais choisies de telle sorte que f_A et f_B aient un multiple commun F_1 et que f_A et f_C aient un multiple commun F_2 . Les fréquences f_A , f_B et f_C sont reçues dans trois voies distinctes du récepteur,

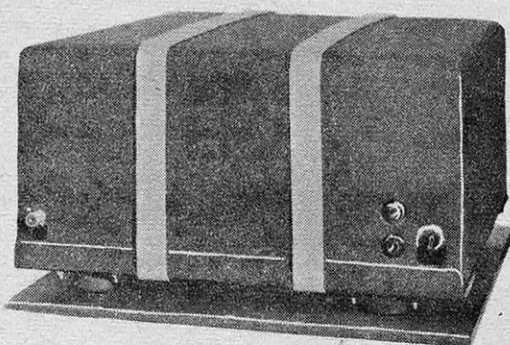


FIG. 6. — LE NAVIGATEUR DECCA (MODÈLE AVIATION)

Ce coffret, de poids total 12 kg, contient les divers organes figurés sur le schéma de la figure 4, à l'exception des phasemètres qui sont placés sur le tableau de bord. Il existe un autre modèle comportant dans un seul coffret la totalité des organes, y compris les cadrans de lecture, destiné aux petits avions à équipement mobile.

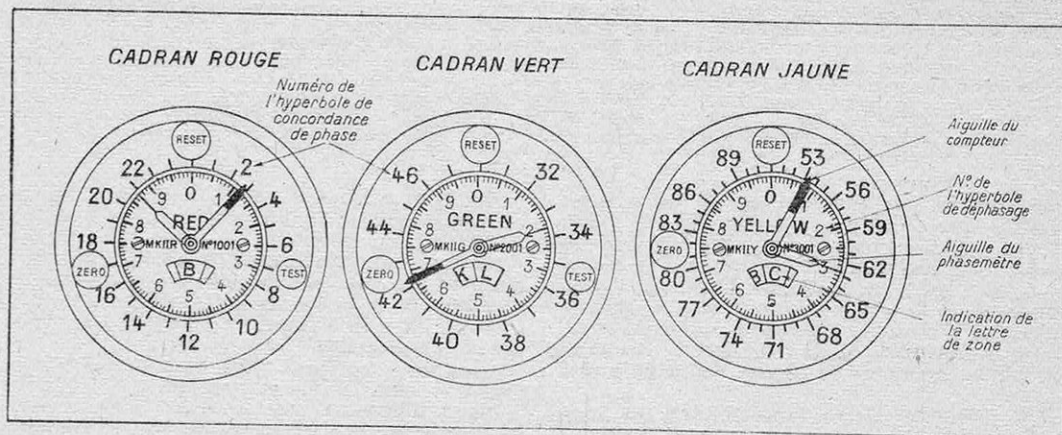
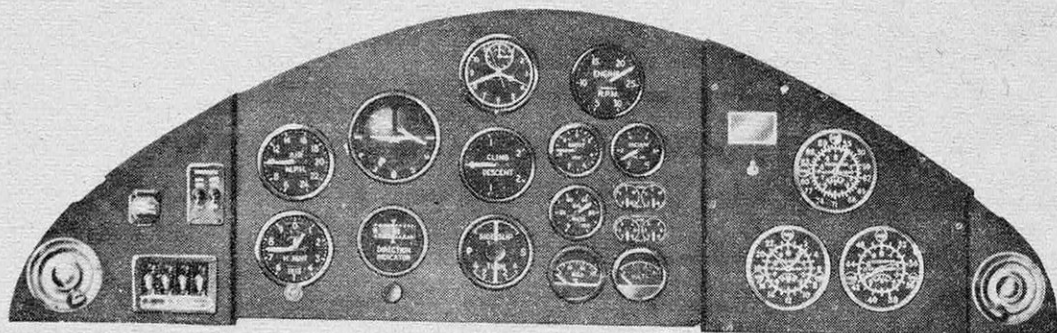


FIG. 7. — TABLEAU DE BORD D'UN AVION ÉQUIPÉ DES COMPTEURS DECCA

On voit sur la droite du tableau de bord trois cadrans, chacun portant les indications d'un phasemètre et de son compteur de tours. Il y a ici trois cadrans parce que l'appareil est prévu pour fonctionner avec quatre stations disposées en étoile suivant le schéma de la figure 8. Au-dessous, détail des cadrans conçus pour la nouvelle disposition de quatre stations émettrices en étoile (fig. 8) donnant trois réseaux d'hyperboles, correspondant chacun à un des trois cadrans. Sur chaque cadran, la petite aiguille, directement liée à l'aimant du phasemètre, mesure le déphasage sur le cercle central gradué en centièmes de circonférence ; ses tours sont comptés par la grande aiguille sur une graduation périphérique allant de 0 à 24 pour le cadran rouge, de 30 à 48 pour le cadran vert, de 50 à 92 pour le cadran jaune ; à un tour complet de cette grande aiguille correspond le passage d'une lettre sur le royalet central. Pour les dispositions des cadrans représentés sur cette figure, les lectures seront : cadran rouge : B 2,87 ; cadran vert : L 42,20 ; cadran jaune : C 53,30.

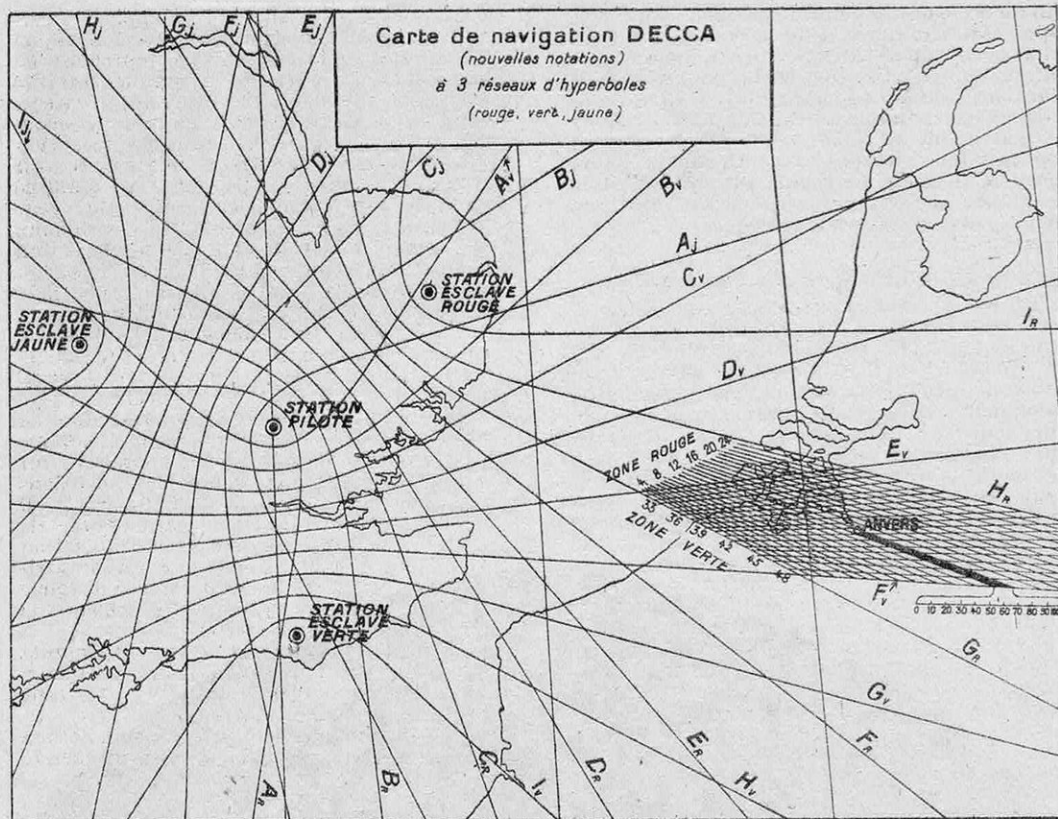


FIG. 8. — CARTE D'ENSEMBLE DE NAVIGATION DECCA (NOUVELLE NOTATION) A TROIS RÉSEAUX D'HYPERBOLES

Afin de couvrir 360° en azimut, le système Decca utilisera dans l'avenir une station centrale et trois stations disposées en étoile autour de la première et pilotées par elle. A chacune de ces stations asservies, associées à la station centrale, correspond un réseau d'hyperboles reporté sur la carte dans une couleur donnée (réseau rouge, vert ou jaune). Les hyperboles de concordance de phase de chaque réseau sont groupées en zones définies par des lettres (groupes de 24 hyperboles pour le réseau rouge, 18 pour le réseau vert, 42 pour le réseau jaune), et, dans chaque zone, sont numérotées de façon différente suivant les couleurs afin d'éviter les erreurs de réseau dans le report des indications des cadrans sur la carte (numérotage de 1 à 24 pour le réseau rouge, de 31 à 48 pour le réseau vert, de 51 à 92 pour le réseau jaune). Enfin, la distance entre chaque hyperbole de concordance de phase est divisée en 100 parties égales par des hyperboles intermédiaires (non portées sur cette carte d'ensemble). C'est ainsi que les coordonnées d'Anvers, affichées sur les cadrans et lues sur la carte sont : rouge G 13,56; vert E 41,88.

mais, comme une comparaison de phases n'est possible que pour des signaux séparés, mais de même fréquence, des multiplicateurs de fréquence transformeront les fréquences reçues f_a , f_b et f_c en leurs multiples F_1 et F_2 ; sur la fréquence F_1 le premier phasemètre mesure la différence de phases des deux ondes A et B, et, sur la fréquence F_2 , le deuxième phasemètre mesure la différence de phases des deux ondes A et C.

Un récepteur Decca fonctionnant sur trois postes émetteurs comprend donc en principe (fig. 3) : trois chaînes d'amplification directe à quatre étages sur les fréquences f_a , f_b , f_c , chaînes spécialement étudiées pour ne pas introduire de distorsions de phase; quatre multiplicateurs de fréquence donnant les nouvelles fréquences F_1 et F_2 ; deux discriminateurs de phases des deux ondes de fréquence F_1 et des deux ondes de fréquence F_2 ; deux amplificateurs à courant continu.

La figure 5 représente le discriminateur des

ondes A et B dont les deux tensions de sortie continues sont amplifiées et respectivement appliquées aux bornes de deux bobines perpendiculaires qui constituent le phasemètre proprement dit. Les deux tensions créent un champ résultant dont la direction varie suivant le déphasage et qui oriente un aimant lié à une aiguille indicatrice.

Un petit générateur local, dont le but est de régler le zéro du phasemètre, émet des impulsions extrêmement brèves dont certains harmoniques ont les fréquences f_a , f_b , f_c . Du fait de la brièveté des impulsions, les harmoniques sont en phase. Il faut donc, à leur réception, que les phasemètres indiquent des déphasages nuls. Deux boutons sont prévus pour ce réglage.

Les différents types de récepteurs Decca

Il existe plusieurs types d'appareils récepteurs: dans le type marine, les phasemètres et les cadrans indicateurs sont situés à l'extérieur du coffret principal et peuvent être placés aussi

loin qu'on le désire de celui-ci ; dans un des deux types aviation (modèle pour petit avion : installation non permanente), il n'y a qu'un seul coffret ; dans l'autre (fig. 6 et 7), les compteurs sont placés sur le cadran de bord.

Les valeurs lues sur les cadrans indicateurs des compteurs (fig. 7) sont reportées sur des cartes spéciales carroyées en réseaux d'hyperbole (fig. 4 et 8). Le report est facilité par le choix de couleurs respectivement identiques pour les réseaux et les cadrans.

La précision de la lecture est de l'ordre du 1/5000 de la distance, chaque intervalle entre hyperboles voisines de concordance de phase étant divisible en 100 parties égales.

Les émetteurs Decca

Les valeurs des fréquences d'émission adoptées pour la chaîne de Grande-Bretagne à trois émetteurs sont :

$$f_A = 87,5 \text{ kilocycles ;}$$

$$f_B = 131,2 \text{ kilocycles ;}$$

$$f_C = 116,6 \text{ kilocycles.}$$

Les coefficients de multiplication des fréquences ont pour valeurs respectives, d'une part 3 et 2, d'autre part 4 et 3, les deux fréquences F_1 et F_2 , sont de 262,5 kc et 350 kc. Les ondes f_A , f_B , f_C , les seules intéressantes au point de vue propagation, ont été choisies volontairement longues pour éviter les réflexions sur les couches ionisées et avoir une grande portée (longueur d'ondes aux environs de 3 000 m).

Les émetteurs A, B, C sont distants de quelques centaines de kilomètres. Leur synchronisation en phase est obtenue par pilotage des émetteurs B et C, appelés « stations esclaves »

ou « asservies », par l'émetteur A, appelé « émetteur maître » ou « émetteur pilote ». La station A est conduite par une unité comprenant un maître-oscillateur à cristal à grande stabilité de fréquence (± 10 kc) et un préamplificateur. Les stations asservies B et C captent le signal venant de A à travers un cadre de réception qui est orienté de manière à ne rien recevoir de leur propre émission. Ce signal est amplifié et multiplié par le coefficient convenable pour exciter ensuite l'antenne d'émission des signaux B ou C. Une commande manuelle de phase, qui a pour but d'amener les émissions en A et B ou C en synchronisme de phase est insérée entre le cadre de réception et l'antenne d'émission.

Pour réaliser ce synchronisme à l'aide de la commande, on a adjoint aux circuits précédents un demi-circuit de récepteur de bord Decca. C'est ainsi qu'un troisième aérien dit « cadre de mise en phase », orienté au maximum de réception de la station asservie, permet, comme dans le récepteur de bord, la comparaison, sur un cadran indicateur, des phases des émissions de la station pilote et de la station asservie. Il suffira donc de manœuvrer la commande de phase de façon à lire sur le cadran l'indication correspondant à la phase de l'onde A à son arrivée en B ou C (que l'on calcule d'après la distance AB ou AC). La figure 9 donne le schéma de principe d'une station asservie.

La chaîne actuellement en service en Grande-Bretagne (trois stations sur le littoral sud) fournit une puissance moyenne de 2 kW permettant une portée de 1 000 km environ.

De nouvelles chaînes sont prévues ou à l'étude tant en Angleterre que dans le reste du monde (fig. 10).

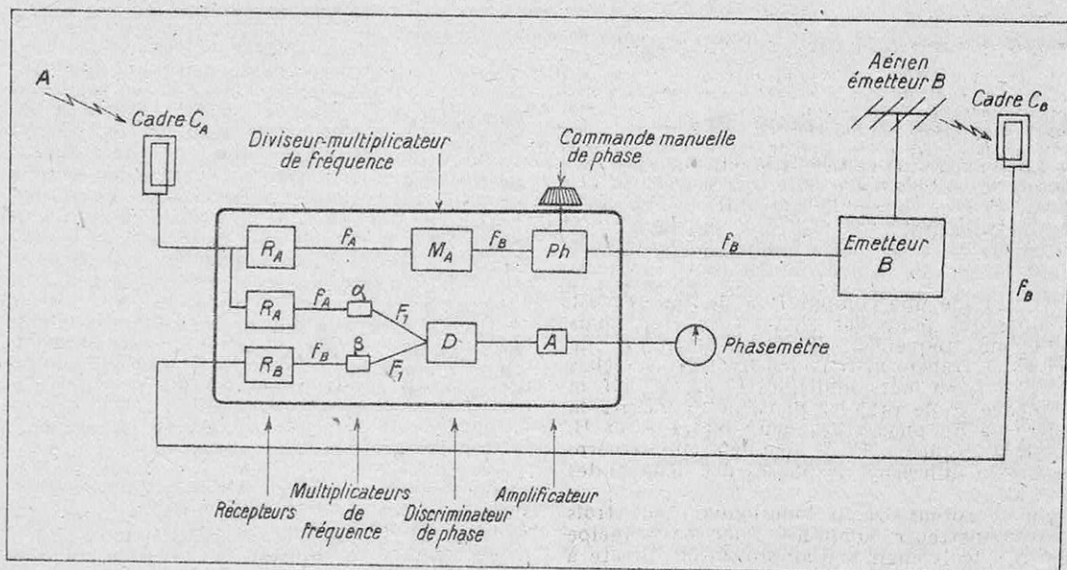


FIG. 9. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE STATION D'ÉMISSION ASSERVIE

Le cadre C_A reçoit l'émission de la station pilote A et est orienté au minimum de réception de l'antenne d'émission locale B. La fréquence f_A , convenablement divisée et multipliée pour l'amener à la valeur f_B est utilisée pour le réglage de fréquence de l'émetteur B. La différence de phase entre les deux émissions A et B est mise en évidence par le phasemètre au moyen du cadre C_B (orienté au maximum de réception de l'émission locale B), de multiplicateurs de fréquence et d'un discriminateur de phase, disposés comme dans le récepteur de la figure 3. Au moyen de la commande manuelle de phase Ph, interposée avant l'émetteur B, on ramène le phasemètre au zéro, ce qui assure la concordance rigoureuse de phase des émissions A et B.

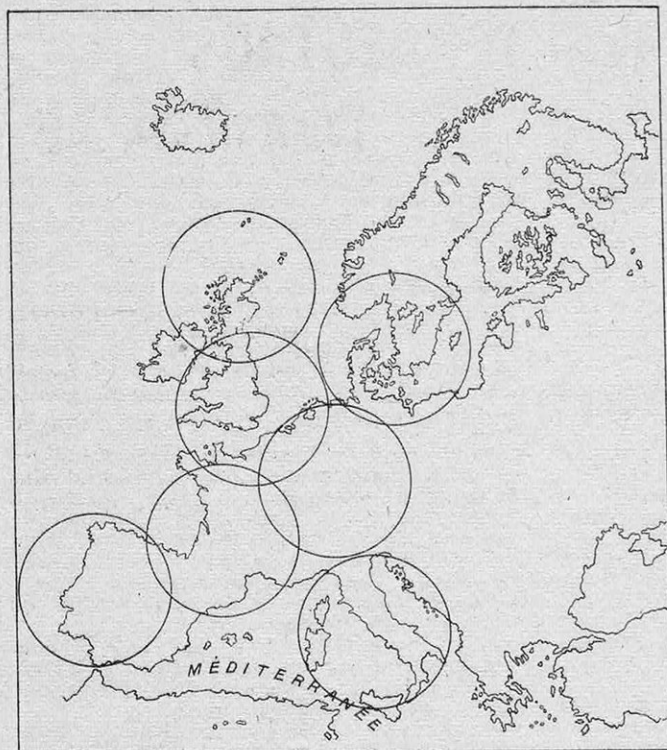


FIG. 10. — PROJET DE COUVERTURE DE LA ZONE EUROPÉENNE PAR DES DISPOSITIFS DECCA

Chaque zone circulaire serait couverte par quatre émetteurs disposés en étoile comme sur la figure 8.

Les qualités du système Decca

La précision de 1/5000 de la distance que nous avons mentionnée est celle que permet la lecture ; c'est en somme la sensibilité de l'appareil. Malheureusement, la précision pratique de la méthode est bien moins bonne, car, en admettant même que la synchronisation à l'émission soit maintenue parfaite, il faut compter avec les erreurs de fidélité du récepteur de bord (glissement de phase), malgré le soin apporté à sa construction, avec les erreurs dues à la propagation (surtout la nuit), enfin avec les incertitudes sur les points d'intersection des hyperboles dans les zones défavorables où elles se coupent sous des angles très aigus (1).

C'est ainsi qu'on pourrait compter sur une

(1) C'est pour parer à cet inconvénient qu'on emploie maintenant un triple réseau d'hyperboles correspondant à trois stations esclaves disposées en étoile autour de la station pilote, avec trois compteurs (fig. 8 et 9).

précision de l'ordre de 100 à 200 m de jour, et 500 à 1 000 m de nuit, à une distance de 500 km.

On constate donc que la précision du Decca est malgré tout excellente et bien supérieure non seulement aux procédés par observations astronomiques, assujetties d'ailleurs à la visibilité des astres, mais encore aux procédés modernes tels que la radiogoniométrie et même les systèmes Gee et Loran (2) utilisant la technique radar.

Les autres avantages sur ces derniers systèmes résident dans la plus grande portée du Decca (3), due à la longueur d'onde utilisée et surtout dans le peu d'encombrement et la simplicité d'utilisation de l'appareillage de bord, que l'on peut mettre entre les mains d'un opérateur non spécialisé. De ce fait, le système Decca pourra convenir en particulier aux avions civils et aux yachts. L'aviation commerciale, la marine marchande l'utiliseront très probablement.

Quant au rôle qu'il aura à jouer en temps de guerre, il semble qu'il soit restreint par la facilité de brouillage des récepteurs. Cette question de brouillage doit être étudiée également pour le temps de paix, car il y a lieu de se préoccuper des brouillages atmosphériques par orages magnétiques.

Enfin, divers perfectionnements sont à l'étude. C'est ainsi que, par une manœuvre simple de commutateur mettant en circuit des condensateurs de valeurs différentes, on pourra passer d'une chaîne à une autre, et qu'un dispositif permettra de retrouver sa position (recalage des compteurs) si, pour une raison quelconque, le récepteur a interrompu son service ou si un avion venant de loin entre dans le réseau en un point mal défini. Et surtout un dispositif « traceur de route » est à l'étude, qui permettra au pilote d'avoir à chaque instant sous les yeux sa position et sa route inscrites mécaniquement sur une carte.

Il reste à réaliser à grande échelle, sur la surface du globe terrestre, les multiples installations d'émetteurs nécessaires. Une telle organisation est d'ordre international.

Robert LEPRÊTRE

(2) Voir les systèmes de navigation Gee et Loran (*Science et Vie*, n° 338, novembre 1945).

(3) La portée du Decca va jusqu'à 2 500 km, mais la portée de rendement optimum est de 500 km (précision inférieure à 100 m).

Savoir s'étonner est le premier pas sur la voie de la découverte.

PASTEUR.

LES MINES TERRESTRES ET LE PROBLÈME DU DÉMINAGE

por J. GARANCHER
Ingénieur des Arts et Manufactures

Les mines terrestres ont été, au cours de la dernière guerre, très largement utilisées par tous les belligérants. Leur emploi a provoqué de profondes modifications dans la technique du combat défensif. Maîtres incontestés dans l'usage de ces engins, les Allemands avaient fait des champs de mines l'un des éléments essentiels de défense de la « Forteresse Europe ». Utilisant cette arme avec une habileté et une libéralité incroyables, l'ennemi infesta près de 500 000 ha de notre territoire métropolitain, sur toutes les côtes et tout au long de ses lignes de retraite. Il sut rendre dangereux sur tous ces terrains les gestes les plus naturels; trop de Français ont payé de leur vie une curiosité téméraire, ou le désir de rentrer trop vite dans leurs terres, sans attendre le passage des équipes spécialisées dans l'exécution des travaux de déminage.

UNE mine terrestre est un engin explosif soigneusement dissimulé, que l'adversaire fera exploser lui-même en exécutant les mouvements nécessaires à sa progression.

On peut reconnaître dans une mine, si simple soit-elle, les trois éléments constitutifs de tout engin explosif :

1° l'allumeur qui, déclenché par une action extérieure, produit une flamme ou une petite explosion ;

2° le détonateur, formé d'une petite masse d'explosif puissant et très sensible (1 à 2 g de fulminate de mercure en général), qui explose sous l'effet de la flamme produite par l'allumeur ;

3° la charge explosive, élément actif de l'installation, qui produit, grâce à sa combustion très rapide et à l'augmentation de pression qui en résulte, les effets destructeurs recherchés. Cette combustion ne peut se produire que sous l'action d'un phénomène extérieur violent, en l'occurrence l'explosion du détonateur.

L'allumeur et le détonateur sont souvent réunis en une seule pièce, dite fusée, que l'on fixe sur la mine au moment de l'amorçage.

Ces trois éléments constitutifs se retrouvent immédiatement dans les deux mines simples représentées par les figures 1 et 3.

Les mines antipersonnel

Ces mines, utilisées dans l'intention de causer des pertes au personnel circulant à pied, peuvent avoir été placées à des fins précises, par exemple

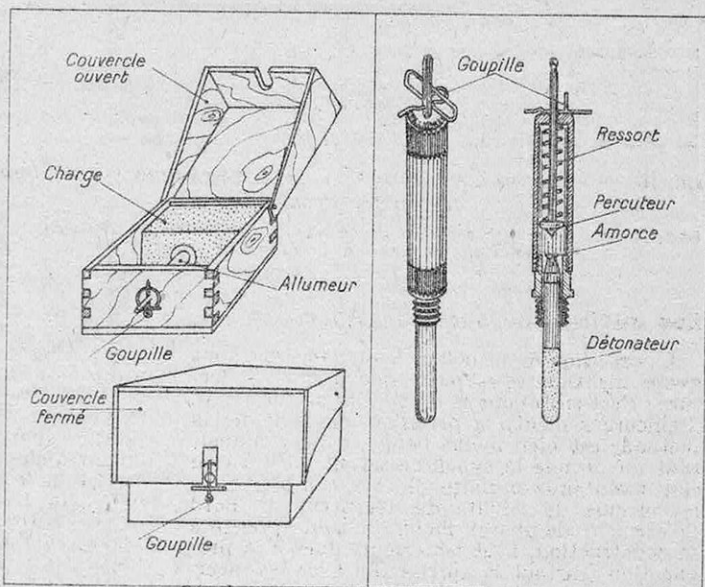


FIG. 1 ET 2. — LA « SCHUMINE » 42 ET SON ALLUMEUR-DÉTONATEUR Z Z 42

La figure de gauche montre la « Schumine » ouverte et prête à l'emploi. Elle mesure 11 cm de long, 8 cm de large et 4 cm de haut. Un effort d'au moins 5 kg exercé sur le couvercle de la boîte chasse la goupille de l'allumeur, libérant le percuteur qui, projeté par son ressort, fait exploser, par l'intermédiaire d'un détonateur, la charge standard de 200 g sur laquelle il est vissé. Le détail de l'allumeur est figuré à droite.

en vue de la défense rapprochée d'une position. Dans d'autres cas, elles sont placées sans aucune autre intention que celle de harceler et de décourager l'adversaire, soit sur le terrain, soit dans les locaux d'habitation, où les ouvertures, les planchers et les objets d'ameublement sont parfois piégés avec une ingéniosité diabolique. La charge explosive d'une mine anti-

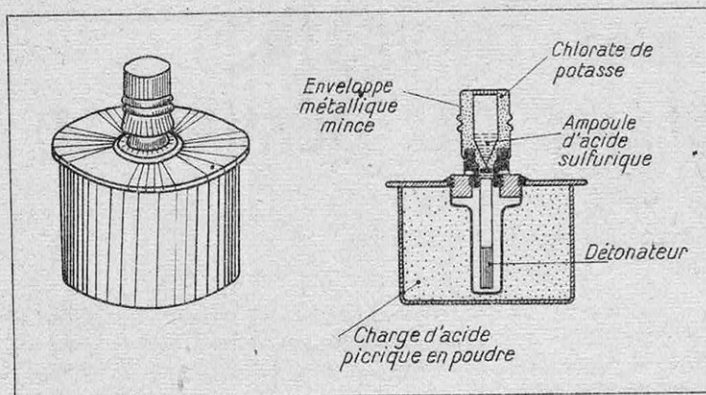
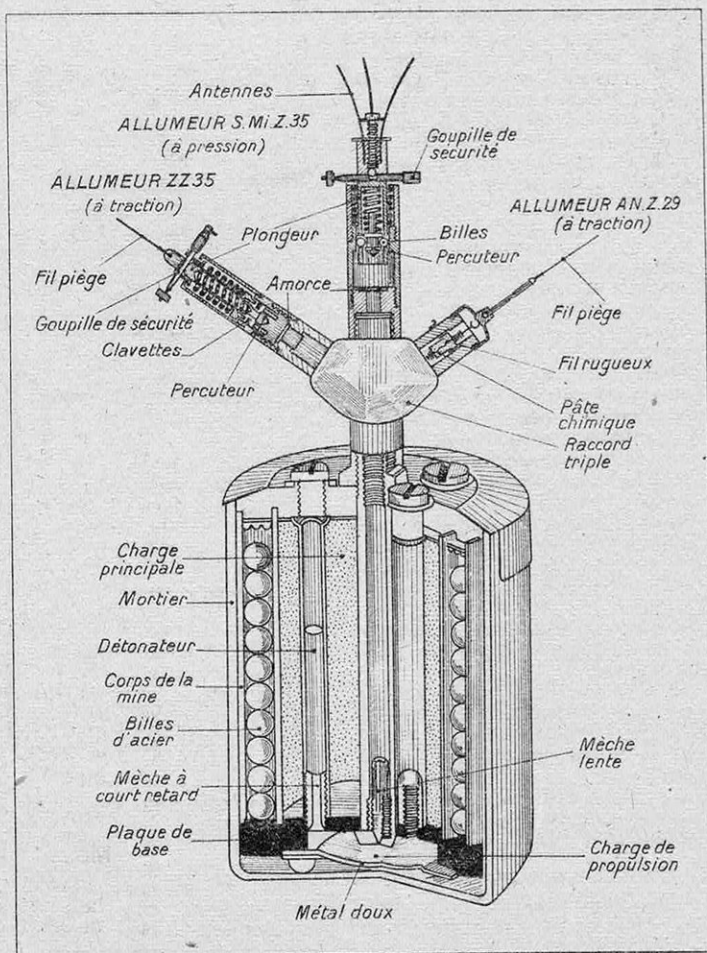


FIG. 3. — LE « POT A MOUTARDE » ALLEMAND A 200

Lorsqu'un effort de plus de 18 kg environ s'exerce au sommet de l'allumeur, l'enveloppe extérieure de celui-ci se déforme (des gorges y sont creusées pour faciliter cette déformation) et l'ampoule se brise. L'acide sulfurique entre au contact du chlorate de potasse et la réaction chimique qui en résulte fait exploser la charge par l'intermédiaire d'un détonateur. Cette mine mesure seulement 5 cm de hauteur (sans allumeur) et 7 cm de diamètre.

FIG. 4. — LA MINE S.MI. 35

C'est une mine bondissante, la plus meurtrière des mines connues. Elle est haute de 15,5 cm (sans allumeur) et son diamètre mesure 10 cm. Elle se compose d'un cylindre en tôle formant mortier, dans lequel est enfoui un deuxième cylindre qu'une charge propulsive de quelques grammes de poudre noire projettera vers le haut. Un raccord spécial permet d'équiper la mine de trois allumeurs. Le fonctionnement de l'un d'entre eux enflamme la mèche lente centrale qui, après un retard de 4,5 s, enflamme la charge de propulsion située à la partie inférieure et maintenue par une plaque de métal doux. Cette charge projette le corps proprement dit en dehors du mortier et communique le feu aux trois mèches à court retard qui font exploser la charge principale de 250 à 490 g de trinitrotoluène 1/7 de seconde plus tard. L'explosion se produit à une hauteur de l'ordre de 1,5 m au-dessus du sol. Des billes d'acier de 5 mm de diamètre, dispersées à la périphérie au nombre de 350, sont projetées dans toutes les directions et leur action s'étend jusqu'à 150 m à la ronde. Avec l'allumeur S.Mi. Z 35 (supérieur), une fois la goupille de sécurité retirée, un effort de 3 kg sur les antennes, qui seules sortent du sol, enfonce le plongeur; les billes s'échappent dans un évidement et libèrent le percuteur qui agit sous l'action de son ressort. Avec l'allumeur Z Z 35 (à gauche), une fois la goupille de sécurité retirée, une traction de 3 kg sur le fil-piège remonte le plongeur; les clavettes s'échappent dans un évidement et libèrent le percuteur. Avec l'allumeur AN.Z. 29 (à droite), c'est la traction d'un fil risqueur au travers d'une pâte chimique qui en provoque l'inflammation.



personnel est en général comprise entre 100 et 1 000 g; son explosion ne cause aucun dommage au matériel blindé.

Nous décrivons ici quelques types de mines parmi celles qu'on rencontre le plus fréquemment sur notre territoire.

La Schumine, en bois, a la forme d'une boîte (fig. 1). Elle est munie d'un allumeur ZZ 42 (fig. 2) entrant en fonction lorsqu'une pression exercée sur le couvercle de la boîte chasse la goupille qui retient le percuteur en position d'armement. Elle contient 200 g d'explosif, et son poids total est de 500 g. Elle est détectable seulement par les appareils très sensibles.

La figure 3 représente la mine A-200, appelée pour sa forme « pot à moutarde », et qui est munie d'un allumeur chimique Buck. Elle consiste en un corps cylindrique en tôle emboutie contenant environ

100 g d'acide picrique en poudre constituant la charge explosive. L'allumeur comporte une enveloppe extérieure légère dans laquelle est logée une ampoule en verre à moitié remplie d'acide. Cette ampoule est brisée lorsqu'un effort s'exerce sur le sommet de l'allumeur, le liquide se répand dans le chlorate de potasse qui l'entoure, et la réaction chimique produit une flamme qui actionne le détonateur et fait exploser la mine.

La mine allemande à shrapnels S.Mi. 35 (*Schrapnell Mine 35*) mérite une mention spéciale comme la plus meurtrière des mines connues. C'est une mine bondissante (fig. 4). Elle peut, grâce à un raccord spécial, être équipée de trois allumeurs semblables ou différents, par exemple d'un allumeur à pression (S.Mi. Z 35) et de deux allumeurs à traction (ZZ 35 et ANZ 29). Le fonctionnement de l'un d'eux met le feu à une mèche lente centrale qui, après un retard de 4 s 1/2, enflamme une charge de propulsion. Cette charge projette le corps de la mine hors du mortier qui le contient et communique le feu à trois mèches à court retard, qui font exploser 1/7 de seconde après la charge principale par l'intermédiaire de trois détonateurs. L'explosion se produit ainsi lorsque le corps de la mine a bondi au-dessus du sol à une hauteur de l'ordre de 1,5 m. Des billes disposées à la périphérie de la mine sont projetées dans toutes les directions.

La mise de feu peut être provoquée par un allumeur électrique (E.S.Mi. Z 40), dont le mécanisme est très analogue à celui du S.Mi. Z 35 ; le percuteur, au lieu de frapper une amorce, brise une ampoule de verre ; le liquide électrolytique qu'elle contient se répand dans une cuvette et donne naissance à un courant dans le circuit qui relie l'allumeur à la mine. Ce courant, par l'intermédiaire d'une pâte fusible, enflamme la mèche lente centrale. Chaque mine S peut être reliée, grâce à un adaptateur spécial, à deux groupes de 9 de ces allumeurs montés en parallèle.

Citons encore la mine S 44, analogue à la S 35, et la *Stockmine* en ciment ou « mine piquet » de plus petites dimensions, montée sur un piquet et équipée d'un allumeur à traction.

Les allumeurs

Cette étude de quelques mines antipersonnel nous a montré les divers types d'allumeurs que l'on est susceptible de rencontrer et que l'on peut classer :

— soit d'après le système de mise de feu :

Allumeurs à percussion : allumage par choc d'un percuteur sur une amorce (ZZ 42, fig. 2 ; S.Mi. Z 35, fig. 4 ; ZZ 35, fig. 4 ; T.Mi. Z 42, fig. 6 ; T. Mi. Z 43, fig. 6).

Allumeurs à friction : allumage par frottement d'un fil de fer sur une pâte chimique (AN Z 29, fig. 4) ;

Allumeurs chimiques : allumage par mise au contact de deux corps réagissant violemment l'un sur l'autre (Buck, fig. 3 ; To.Mi. Z 44, fig. 7) ;

Allumeurs électriques : allumage sous l'action d'un courant (E. S.Mi. Z 40) ;



FIG. 5. — MINE ALLEMANDE ANTIPERSONNEL EN VERRE

Dans un récipient en verre de 15 cm de diamètre au sommet, sont logés 200 g d'explosif. L'allumeur est en général un allumeur chimique Buck (fig. 3) dont l'ampoule est brisée par l'écrasement du couvercle, épais en sa partie centrale et très fin sur les bords.

— soit d'après l'action qui doit être exercée sur l'allumeur pour en provoquer le fonctionnement :

Fonctionnement par *pression* (S.Mi. Z 35, E.S.Mi. Z 40, Buck, T.Mi. Z 42, T.Mi. Z 43, To.Mi. Z 44) ;

Fonctionnement par *traction* (ZZ 42, ZZ 35, AN. Z 29) ;

Fonctionnement par *relâchement de pression* (T.Mi. Z 43) ; « livre de messe », fig. 8).

Les mines antichars

Les mines antichars renferment des masses d'explosif beaucoup plus considérables (entre 3 et 6 kg en général). Elles sont utilisées dans l'intention d'interdire certains itinéraires aux blindés et aux véhicules ennemis. Leur explosion ne détruit pas toujours complètement un blindé, mais elle l'immobilise en endommageant ses chenilles ou ses roues.

Ces mines n'étant pas conçues dans le but d'occasionner des dommages aux piétons, ne fonctionnent que sous des efforts relativement considérables. Cependant des causes étrangères (explosions dans le voisinage, long séjour en terre) peuvent avoir réduit cet effet et la prudence exige, lorsqu'on en rencontre, de toujours les considérer, pour le danger qu'elles présentent, comme des mines antipersonnel.

La mine antichars allemande dite *Pilz 43* (champignon) (fig. 6) est la dernière en date de la série des *Tellerminen* (mines-assiettes). Sous une charge d'au moins 100 kg transmise par le couvercle, la goupille de l'allumeur se brise et le percuteur libéré fait exploser la mine par l'intermédiaire d'une amorce et d'un détona-

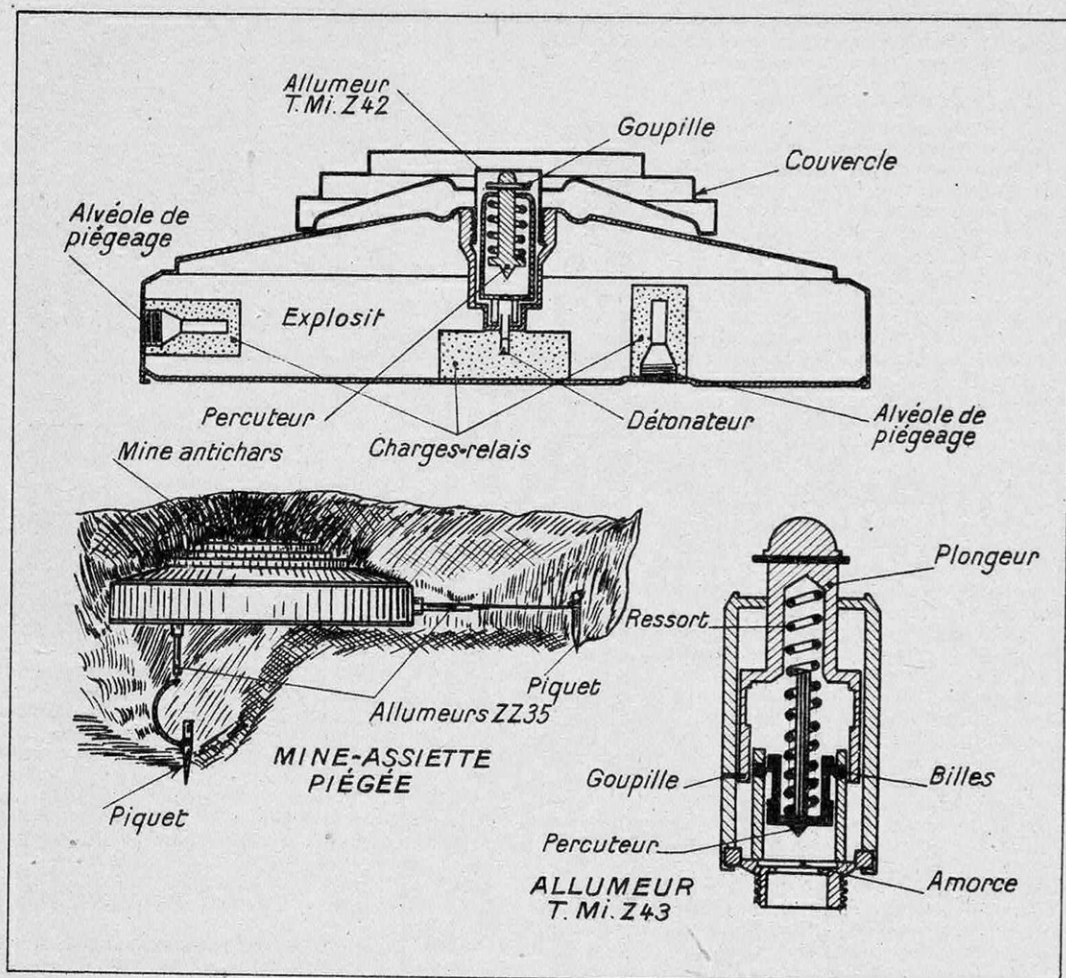


FIG. 6. — « TELLERMINE PILZ » 1943 (MINE-ASSIETTE ANTICHARS)

C'est la dernière en date de la série des « Tellerminen », mines-assiettes, de quelque 30 cm de diamètre, en tôle emboutie. Elle peut être munie d'un allumeur T. Mi. Z 42, dont la goupille se brise sous une charge d'au moins 100 kg, transmise par le couvercle de la mine. Avec l'allumeur T. Mi. Z 43 figuré au-dessous, l'enfoncement du couvercle permet aux billes, après cisaillement de la goupille, de libérer le percuteur, qui frappe l'amorce. Si la goupille a déjà été cisailée en vissant le couvercle, les billes qui bloquent le percuteur s'effaceront non seulement sous l'effet d'une pression transmise comme précédemment par le chapeau, mais également par relâchement de pression, si l'on dévisse le chapeau. Ces mines peuvent également être piégées par des allumeurs secondaires Z Z 35 à traction (fig. 4) placés dans des alvéoles réservés à cet effet. La mine est chargée de 4,5 kg d'amatol 50/50 (mélange en parties égales de trinitrotoluène et de nitrate d'ammonium); pour faciliter l'explosion de l'amatol, les logements des détonateurs sont entourés de relais de penthrite (tétranitrate de pentaérythrite).

teur. Mais la mine peut être piégée : elle explose alors si un démineur imprudent l'enlève de terre sans précaution, exerçant ainsi une traction sur des allumeurs secondaires Z Z 35 placés dans des alvéoles où ont été préalablement introduits des détonateurs. La mine risque aussi d'exploser si quelque imprudent dévisse le couvercle qui recouvre peut-être un allumeur T.Mi. Z 43 (fig. 5) : la pression initiale exercée sur le plongeur en vissant le couvercle a cisailé la goupille intérieure; l'allumeur peut alors fonctionner par effacement des billes qui bloquent le percuteur, soit comme précédemment sous l'action d'une pression transmise par le chapeau, soit par relâchement de pression, lorsqu'on dévisse le chapeau.

Une autre mine antichars allemande, la *Topfmine* (fig. 7) est remarquable par sa fabrication. Alors que les mines précédentes comportent d'assez importantes quantités de métal (la *Schumine*, qui en renferme le moins, contient un allumeur dont le percuteur, le ressort et la goupille sont métalliques), cette mine n'en renferme aucune trace afin de la faire échapper aux détecteurs électriques : un détonateur spécial en bakélite a même été conçu pour elle. Comme pour les *Tellerminen*, il existe un alvéole destiné au piégeage de la mine.

Ces alvéoles se rencontrent sur nombre de mines antichars. Même si l'engin rencontré n'en comporte pas, on soupçonnera toujours un piège;

un allumeur à relâchement de pression (fig. 8) peut en effet être installé sous toute mine, qu'elle soit antichars ou antipersonnel.

Le problème du déminage

Nous ne parlerons pas des méthodes de déminage utilisées au cours même des combats. Le succès d'une opération dépend très souvent de l'enlèvement rapide des mines posées par l'ennemi. On sera parfois obligé de sacrifier à cette rapidité la sécurité des exécutants.

Les méthodes à employer pour le déminage systématique de vastes étendues, en vue de permettre au public d'y accéder de nouveau, doivent reposer sur les deux principes suivants :

- a) Tout doit être fait pour retirer du terrain la totalité des mines qu'il renferme ;
- b) La sécurité du personnel démineur l'emporte sur la rapidité des opérations.

Tous les engins que nous avons examinés sont le plus souvent enfouis à fleur du sol. L'épaisseur de terre qui les recouvre est en général juste suffisante pour les dissimuler. Il est assez rare qu'elle atteigne 15 cm. Le problème le plus fréquent à résoudre est donc un problème de détection à faible profondeur.

On sera souvent aidé par la possession de documents laissés par les unités qui ont procédé au minage. Situait les engins à 10 cm près grâce à un enchaînement précis de bornes et de piquets-repères, ces plans fournissent une aide précieuse, mais ne peuvent dispenser d'avoir recours à un procédé de détection. Celui-ci est indispensable pour préciser l'emplacement désigné par le document. Il y a lieu d'autre part de ne pas limiter les recherches aux seuls alignements consignés sur les plans, car le commandement a pu donner l'ordre, au moment du repli de ses troupes, de parsemer de mines le terrain hors des panneaux régulièrement établis.

Détection par sondage à main

Cette méthode est utilisable quelle que soit la nature des mines dont on soupçonne la présence. C'est le procédé le plus long, mais aussi le plus sûr. La détection s'effectue par groupes de quatre

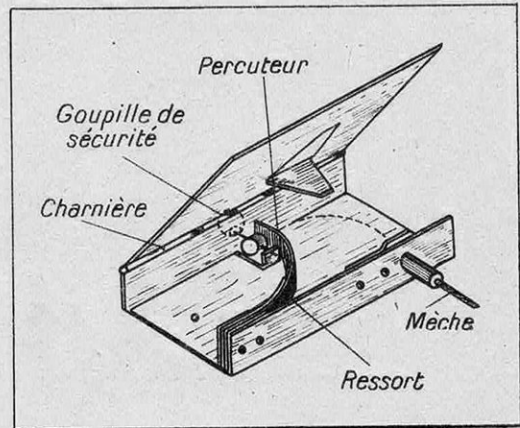


FIG. 8. — ALLUMEUR A RELACHEMENT DE PRESSION, DIT « LIVRE DE MESSE »

Cet allumeur fonctionne lorsqu'on retire la charge sous laquelle il est placé. Le percuteur, porté à l'extrémité d'une lame de ressort, vient alors frapper une amorce qui enflamme une charge par l'intermédiaire d'une mèche.

hommes placés à genoux sur une même ligne. A chaque station, chaque homme explore méthodiquement le terrain situé immédiatement devant lui jusqu'à une distance d'environ 50 cm et sur une largeur de 1 m. Cette exploration comporte l'accomplissement de trois mouvements précis qui doivent être exécutés par les quatre hommes avec une simultanéité complète.

1° Balancement léger devant soi d'une tige métallique tenue entre deux doigts, l'extrémité de la tige affleurant au ras du sol. On s'assure ainsi de l'absence de tout fil de piégeage.

2° Passage de la main étendue à plat sur le sol. Ce mouvement décèle les engins situés à fleur de terre, en particulier l'allumeur à antennes de la mine S 35.

3° Sondage effectué dans le sol tous les 5 cm, jusqu'à une profondeur d'au moins 20 cm, avec une baïonnette.

Cette manœuvre doit être exécutée sous un angle nettement inférieur à 45° pour ne pas risquer d'effectuer sur un allumeur la pression qui le ferait fonctionner. Elle permet de mettre en évidence la présence des hétérogénéités (mines, pierres, racines) situées à l'intérieur du sol. Dès que l'un des exécutants constate la présence d'une mine, les trois autres s'éloignent et s'abritent ; l'homme resté sur place achève avec ses seules mains de dégager la mine sans la remuer, neutralise les allumeurs principaux et marque très visiblement l'emplacement de l'engin. Le travail reprend alors comme précédemment. Le terrain pros-

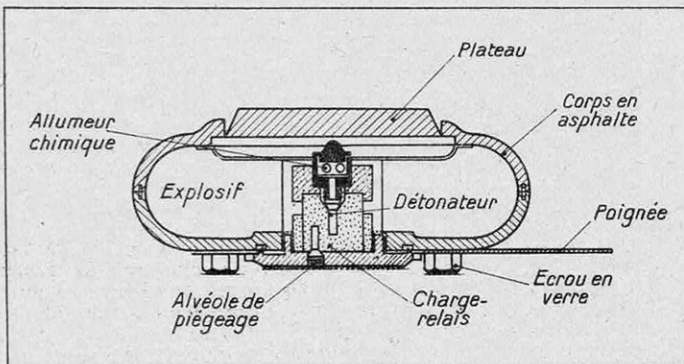


FIG. 7. — MINE ALLEMANDE ANTICHARS « TOPFMINE »

Cette mine ne contient aucune partie métallique, dans le but d'en éviter la détection par les procédés courants. Elle est munie d'un allumeur chimique en bakélite, le To. Mi. Z 44, qui a été spécialement conçu pour elle. Un effort de 150 kg enfonce le plateau, le chapeau de verre de l'allumeur écrase deux ampoules (potassium et eau), dont le mélange produit une flamme qui, par l'intermédiaire d'un détonateur, fait exploser la mine. Un alvéole de piégeage est prévu.



FIG. 9. — DÉMINAGE AVEC L'APPAREIL LMT

L'opérateur promène au ras du sol, par un geste de fauchage, un plateau contenant les bobines émettrices et réceptrices. Une boîte portée en bandoulière contient l'oscillateur et l'amplificateur. Sur le manche de l'appareil se trouve le galvanomètre dont les variations indiqueront la présence de corps métalliques.

pecté est soigneusement balisé par des bandes de tresse blanche que déroulent les hommes situés aux deux extrémités de la ligne.

On ne procède à l'enlèvement des mines du sol qu'après avoir opéré leur détection complète dans la totalité du secteur que l'on s'est assigné. Si l'extraction des mines risque d'être dangereuse (engins particulièrement délicats, altérés par leur séjour dans le sol ou par les bombardements), on les fait exploser sur place, à moins que la proximité de bâtiments ne l'empêche. Dans les autres cas, les mines sont retirées du sol par l'intermédiaire d'une corde d'au moins 50 m. Les mines piégées explosent au moment de leur extraction, les autres sont rassemblées dans des foyers où l'on opère leur destruction par explosion. Si le voisinage de bâtiments interdit l'éventualité d'une explosion, on procède au dépiégeage complet de l'engin qu'on examine soigneusement sur toutes ses faces. Tous les allumeurs secondaires sont neu-

tralisés avant qu'aucun mouvement ne soit imprimé à la mine.

Détection par les détecteurs électriques

Les appareils actuellement utilisés sur les chantiers détectent le métal entrant dans la composition de la mine. Ce sont des appareils individuels portatifs à alimentation autonome par piles. L'organe d'exploration est déplacé au-dessus du sol avec un geste de fauchage. Une différence de réponse du détecteur localise à l'aplomb de cet organe l'engin mis en évidence. L'appareil est à la fois émetteur et récepteur. La masse métallique agit par les courants de Foucault dont elle devient le siège, et, éventuellement, par sa perméabilité paramagnétique et ferromagnétique, en provoquant une modification du couplage dans les circuits, décelée par le mouvement de l'aiguille d'un galvanomètre et par un signal sonore émis par un écouteur (fig. 9, 10, 11 et 12). La détection s'effectue par groupes de deux hommes. Lorsque le porteur du détecteur signale un endroit suspect, son aide le précise à l'aide d'une sonde. Dès qu'on a reconnu la présence d'une mine, le porteur du détecteur s'éloigne. Mise en évidence, neutralisation et enlèvement de la mine du sol se poursuivent ensuite comme dans le cas de la détection par sondage à main.

La sensibilité des détecteurs utilisés est consi-

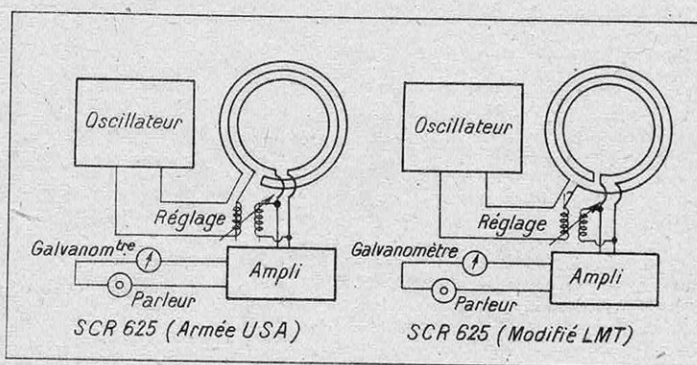


FIG. 10. — SCHÉMA DE PRINCIPE DES DÉTECTEURS SCR 625

Dans le SCR 625, un oscillateur alimente deux bobines émettrices, en opposition; deux boutons de réglage compensent la tension recueillie aux bornes d'une bobine réceptrice, par induction en présence du sol. L'approche d'un métal modifie la répartition des flux et modifie la tension induite, cette modification donnant, après amplification, une indication visuelle (aiguille du galvanomètre) et un signal sonore. La modification LMT, où il y a deux bobines réceptrices en opposition pour une bobine émettrice, supprime l'effet de sol, qui est important sur l'appareil d'origine.

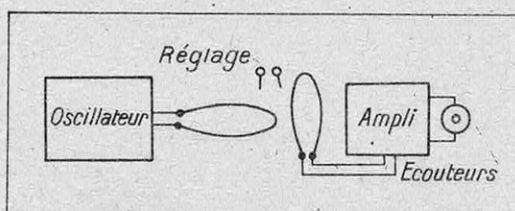


FIG. 11. — SCHÉMA DU DÉTECTEUR SFR 1945

Dans ce détecteur, deux bobines, l'une émettrice, reliée à un oscillateur, l'autre réceptrice, reliée aux écouteurs, par l'intermédiaire d'un amplificateur, sont placées à un couplage nul, grâce à deux boutons de réglage. L'approche d'un métal, modifiant la répartition des flux, se traduit par un signal sonore.

dérable puisqu'on arrive à repérer une plume en acier à plus de 10 cm. Or les sols vierges de métal sont rares et l'on trouve souvent un clou ou un fragment d'outil. La détection devient très difficile sur les terrains qui ont été bombardés ou sur lesquels il y a eu combat. Des indications sont données par le détecteur à chaque pas et le travail de recherche conduit à effectuer un véritable labour de la totalité du terrain à explorer.

On a voulu obvier à ces difficultés.

Nous citerons notamment deux des solutions proposées :

a) La baïonnette de M. d'Alton. Cet appareil (fig. 13) effectue la discrimination entre les hétérogénéités naturelles (pierres, racines) ou fortuites (éclats, débris métalliques) du sol et les corps dont la présence est effectivement recherchée.

b) Les détecteurs qui recherchent, non le métal de la mine, mais l'hétérogénéité même qu'elle constitue. Ces appareils possèdent un « seuil » de fonctionnement : ils n'entrent pas en action en présence d'hétérogénéités de trop faible importance (petites pierres ou éclats métalliques) qui auraient cependant donné une réponse à la sonde ou aux détecteurs électriques. Citons en particulier un appareil utilisé par l'armée américaine. C'est un émetteur d'ondes courtes à haute fréquence où l'on observe les variations d'énergie rayonnée. Cet appareil détecte cependant surtout la terre remuée et ne fonctionne avec assez d'efficacité que dans les premiers jours qui suivent l'enfouissement des engins. Des études sont actuellement poursuivies dans ce domaine, et les premiers essais permettent d'augurer des réalisations satisfaisantes.

Le déminage mécanique

Les méthodes classiques ont l'inconvénient d'exposer le personnel démineur sans protection aux dangers d'une explosion accidentelle.

Au cours de récentes hostilités, des chars ont été équipés de divers systèmes mécaniques ; le plus répandu est constitué par un ensemble de chaînes qui battent vigoureusement le sol (*flail tanks*). De tels dispositifs ne peuvent être employés que dans le cadre d'opérations militaires, car ils sont endommagés au bout de quelques explosions, et leur action n'est pas absolument certaine. Leur emploi est limité à la réalisation d'une trouée dans un champ de mines. Il ne pourrait être étendu au déminage de vastes espaces.

Des études conduites sous l'autorité du ministère de la Reconstruction, qui a pris en charge le déminage du territoire métropolitain, ont abouti à la réalisation d'un rouleau (fig. 14) dont l'emploi s'est révélé satisfaisant pour le déminage de champs de mines importants. Il résiste



FIG. 12. — DÉMINAGE AVEC L'APPAREIL SFR

L'appareil, qui a la forme d'un cylindre allongé, contient les bobines d'émission et de réception. L'approche d'un métal modifiant le couplage il en résulte un signal sonore perçu grâce aux écouteurs.

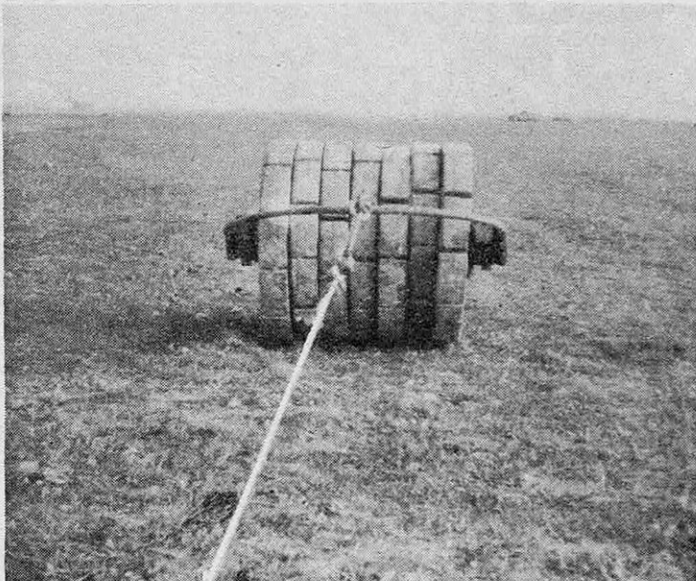
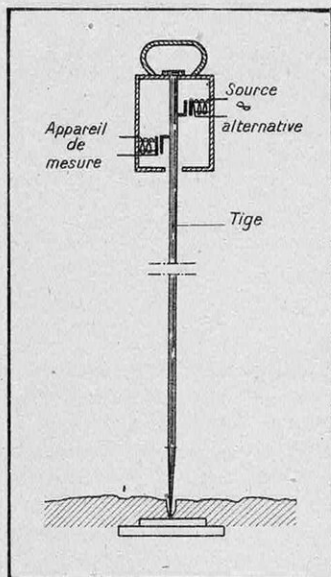


FIG. 13 ET 14. — BAIONNETTE DE M. D'ALTON ET ROULEAU DÉMINEUR

Le sondage à la baïonnette à fusil a pour défaut de ne pas discriminer les substances métalliques des corps durs naturels (pierres, racines) se trouvant dans le sol. Avec la baïonnette de M. d'Alton (à gauche), un système d'ondes stationnaires est produit dans la tige et est analysé par un appareil de mesures, dont l'indication varie suivant l'impédance du corps rencontré. Le rouleau démineur (à droite), formé d'éléments indépendants montés sur un même arbre, épouse parfaitement toutes les formes du terrain. Chaque élément possède à la périphérie des segments amovibles. Ce rouleau subit sans aucun dommage l'explosion de toutes les mines antipersonnel. Un nouveau modèle actuellement en construction assurera la destruction des mines antichars.

bien à l'explosion des mines, même antichars, et l'on est pratiquement certain après son passage que les engins qui n'auraient pas explosé sont désormais inoffensifs, soit qu'ils présentent des malfaçons, soit qu'ils aient subi des détériorations du fait de leur séjour dans le sol. Ces rouleaux sont déplacés sur le terrain par l'intermédiaire de câbles grâce à des treuils montés sur véhicules blindés. Souvent d'ailleurs la propulsion est assurée par un mouvement de va-et-vient que ces véhicules exécutent en bordure du terrain miné. Des essais se poursuivent actuellement en vue d'équiper avec ces rouleaux des chars qui se déplaceront directement sur le terrain miné.

L'opération de déminage est suivie d'une opération de détection classique en vue de mettre en évidence les engins qui n'auraient pas explosé pour les raisons qui ont été indiquées. Le passage d'un rouleau peut d'ailleurs être utilisé comme contrôle d'une opération de déminage à la sonde ou au détecteur. A défaut, une seconde prospection du terrain est effectuée avant de le remettre à la disposition de son propriétaire. Nous signalerons enfin que, quelle que soit la méthode de déminage employée, un labour de contrôle est effectué chaque fois que la nature du terrain rend possible cette opération.

Des circonstances particulières peuvent apporter un supplément de difficultés à la réalisation des travaux. Citons l'abondance de la végétation poussée sur des terrains qui ont pu être minés depuis de nombreuses années : il est souvent nécessaire de la détruire par le feu après l'avoir préalablement desséchée par une aspersion avec une solution de chlorate de soude. Dans d'autres cas, les mines, placées dans

des dunes mouvantes, sont recouvertes par une épaisse couche de sable et il peut être nécessaire de les dégager en affouillant le sol par un jet d'eau puissant. Cette méthode peut être employée sans trop de difficultés lorsqu'on possède les plans de minage. Des détecteurs spéciaux sont actuellement à l'étude pour rechercher les engins qui peuvent être enfouis sous 1 ou 2 m de sable dans les terrains dont on ne possède pas les plans. Citons aussi certaines mines qui, placées sur le littoral et recouvertes par les eaux, nécessitent l'emploi de scaphandriers.

Les résultats acquis en France

Les premières opérations de déminage furent entreprises par les unités spécialisées des armées alliées au cours même des combats. Dès septembre 1944, le service du Génie rural, au ministère de l'Agriculture, faisait procéder aux premiers travaux d'ensemble. A cet effort, l'armée et les services de Défense passive apportèrent un concours précieux. Devant l'ampleur du problème à résoudre, il apparut nécessaire, en février 1945, de coordonner ces activités ; la Direction du Déminage, créée au sein du ministère de la Reconstruction, prit en charge l'ensemble des travaux dont la réalisation se poursuit à une cadence sans cesse accrue.

A la date du 1^{er} juin 1946, 40 000 prisonniers de guerre placés sous le commandement de 3 300 démineurs français ont déjà prospecté 345 000 hectares de terrains suspects, détruisant plus de 12 millions de mines et rendant à l'agriculture 185 000 hectares de prairies, de vignobles et de terres labourables.

J. GARANCHER.

L'ÉLECTRIFICATION DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS

par Jean MARCHAND

Ingénieur I. E. G.

Pour réduire la consommation de charbon qui dépasse largement, en France, les possibilités de production et oblige à de coûteuses importations, deux méthodes peuvent être mises en œuvre : substituer dans la plus large mesure possible l'énergie d'origine hydraulique à l'énergie d'origine thermique et accroître le rendement des centrales thermiques conservées. Ces deux méthodes ne s'excluent d'ailleurs nullement et l'exploitation ferroviaire constitue à cet égard un exemple remarquable de l'efficacité de la coordination des efforts. L'électrification des lignes permet, en effet, non seulement de profiter de l'incomparable facilité avec laquelle l'énergie électrique peut être transportée à longue distance et, par suite, de faire appel pour sa production aux régions riches en houille blanche, mais encore de supprimer ces centrales thermiques à très faible rendement que sont les locomotives à vapeur. C'est pourquoi un vaste programme décennal (1946-1955) est actuellement en voie d'exécution en France. L'électrification de plus de 2 000 km de voies ferrées — en plus des 3 500 km déjà électrifiés — doit permettre une économie de un million et demi de tonnes de charbon par an.

Avantages de l'électrification

UN million deux cent mille tonnes, telle est l'économie nette de charbon — aux conditions de 1938 et compte tenu de la consommation des centrales thermiques — réalisée par l'exploitation des 3 531 km de lignes électrifiées du réseau de chemins de fer français, dont les besoins se chiffrent par ailleurs à 940 millions de kWh par an. Cette économie peut même être évaluée à 1 300 000 t, étant donnée la consommation spécifique *actuelle* des locomotives à vapeur. Un avantage aussi marqué, surtout en raison de l'insuffisance de nos ressources en charbon, devait naturellement inciter la S. N. C. F. à étendre le champ d'application de la traction électrique.

Mais les importants investissements nécessités par les travaux d'électrification d'une part, et, d'autre part, la répercussion de cette électrification sur l'amortissement des locomotives à vapeur exigent un programme de longue durée. Aussi sa réalisation a-t-elle été répartie sur dix années (1946 à 1955).

Les lignes à électrifier

Ce programme comprend essentiellement l'électrification de la ligne Paris-Marseille, en deux tronçons ; Paris-Lyon, 512 km (1946-1950) et Lyon-Marseille, 351 km (1951-1955). Les études relatives au premier tronçon sont achevées, le projet a été approuvé en août 1944, certains travaux préparatoires ont été entrepris et les travaux eux-mêmes commenceront cette année, si les attributions de matières premières sont suffisantes. En outre, sont prévues, pour être électrifiées, les lignes : Macon-Bourg-Ambérieu-Culoz, 117 km (1951-1952) ; Lyon-Genève, 104 km (1951-1952) ; Bordeaux-Montauban, 206 km (1947-1949) ; Sète-Tarascon,

105 km (1946-1949). De plus, des lignes des banlieues Nord et Ouest de Paris et la Ceinture Sud sont inscrites au programme.

Au total, 2074 km de lignes seront électrifiées en dix ans, ce qui correspond d'ailleurs à peu près aux 2 123 km de lignes équipées de 1928 à 1938.

Il en résultera une nouvelle économie de 1 400 000 t de charbon par an, presque exclusivement remplacées par de l'énergie d'origine hydraulique.

Si la dépense prévue est élevée, de l'ordre de 20 milliards de francs, non compris le coût des locomotives et des automotrices, on estime que les économies d'exploitation permettront de renter ce programme à un taux très rémunérateur.

Ainsi, dans dix ans, le réseau électrifié comprendra 5 600 km de lignes, 1 507 locomotives (309 voyageurs, 1 094 marchandises, 104 manœuvres), 714 automotrices.

L'électrification se fera à 1 500 V continu

L'importance d'un tel programme méritait que soient étudiés les divers systèmes d'électrification. C'est ainsi que furent envisagés les courants à 15 000 V monophasés et 3 000 V continu. C'est au courant continu à 1 500 V, déjà mis en œuvre sur le réseau français, que l'on s'est rallié. En effet, les points de contact des diverses lignes, spécialement dans la région parisienne, entraîneraient de grosses difficultés d'exploitation.

Toutefois, le monophasé 15 000 V à 50 périodes par seconde pourrait être envisagé pour étendre le champ de la traction électrique à certaines lignes dont le trafic n'est pas suffisant pour justifier l'application du courant continu 1 500 V.

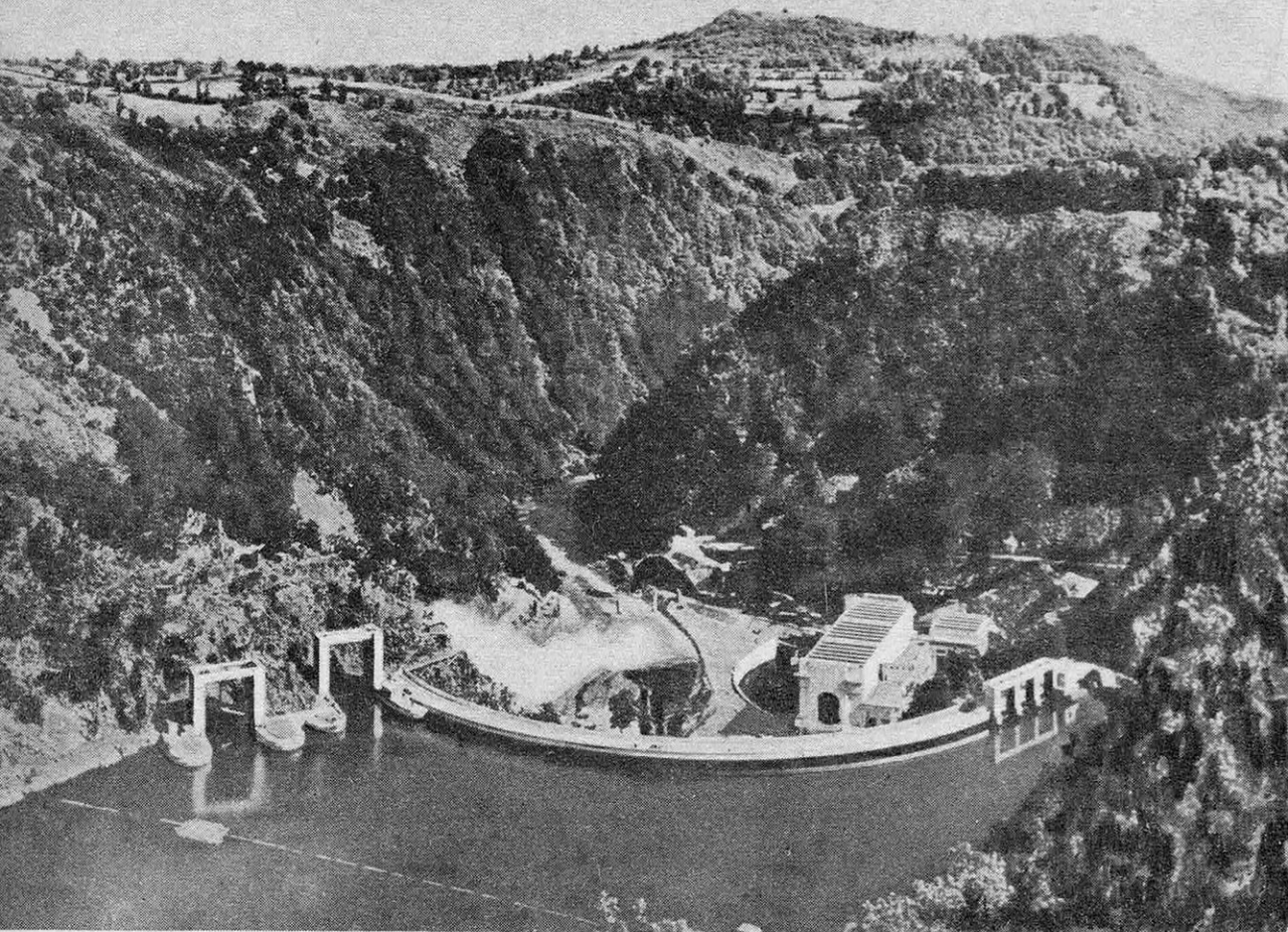


FIG. 1. — LE BARRAGE ET LA CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE DE MARÈGES SUR LA DORDOGNE

Cette photographie a été prise au moment des hautes eaux et l'on voit, à gauche, la poussière d'eau provenant du déversoir par où s'écoule le trop-plein du bassin de retenue. La création, à Bort, en amont de Marèges, d'un réservoir de 470 millions de mètres cubes permettra non seulement d'alimenter une centrale capable de fournir 350 millions de kWh par an, mais encore d'éviter les pertes d'eau — et par suite d'énergie — par le trop-plein de Marèges. De ce fait, cette dernière centrale verra sa capacité accrue de 18 millions de kWh par an.

Les besoins d'énergie électrique

Au moment où la France traverse une période de pénurie d'énergie électrique, la réalisation d'un tel programme pourrait paraître paradoxale. En matière de prévision, on ne peut cependant se baser sur quelques années exceptionnelles, soit par leur sécheresse, soit par un manque de combustible provoqué par la guerre. En fait, si la S. N. C. F. a besoin actuellement d'environ un milliard de kWh par an, cette consommation correspond à la production, en année moyenne, de ses centrales hydroélectriques (dont 100 millions de kWh, nécessaires à la région Sud, sont fournis par les lacs aménagés dans les Pyrénées). Quant à la région Sud-Ouest, alimentée par le Massif Central, elle ne possède pas de réservoir suffisant pour régulariser sa production d'énergie. Aussi fait-elle appel aux centrales thermiques de la région parisienne de l'Union d'électricité. D'ailleurs, si, grâce aux lignes à haute tension installées, la S. N. C. F. peut acheter l'énergie qui lui manque, elle en vend une quantité à peu près équivalente à certaines époques de l'année, et ce transfert d'énergie lui a rapporté, en 1945, environ 80 millions de francs.

Le programme décennal devant, *grosso modo*, doubler le nombre de kilomètres de lignes électrifiées, il reste donc à trouver environ un nouveau milliard de kWh par an pour faire face à la nouvelle exploitation. L'aménagement rationnel des trois grandes régions productrices de houille blanche (Pyrénées, Massif Central, Alpes) doit permettre de se les procurer.

La production de l'énergie

La production de l'énergie étant le problème de base de l'électrification, dont le développement comporte également les aménagements pour le transfert et l'utilisation de cette énergie, nous limiterons cette étude à l'exposé du programme décennal d'exploitation de la houille blanche par la S. N. C. F. Celle-ci a déjà équipé de nombreuses centrales hydroélectriques et elle demeure encore concessionnaire d'aménagements non encore réalisés. Le maximum de rendement étant évidemment fonction de l'utilisation rationnelle des eaux d'une vallée, travaillant successivement dans les turbines des centrales installées, il a été décidé non de faire appel à de nouvelles concessions, mais de poursuivre l'exploitation de celles qui sont susceptibles de nouvelles réalisations pratiques inté-

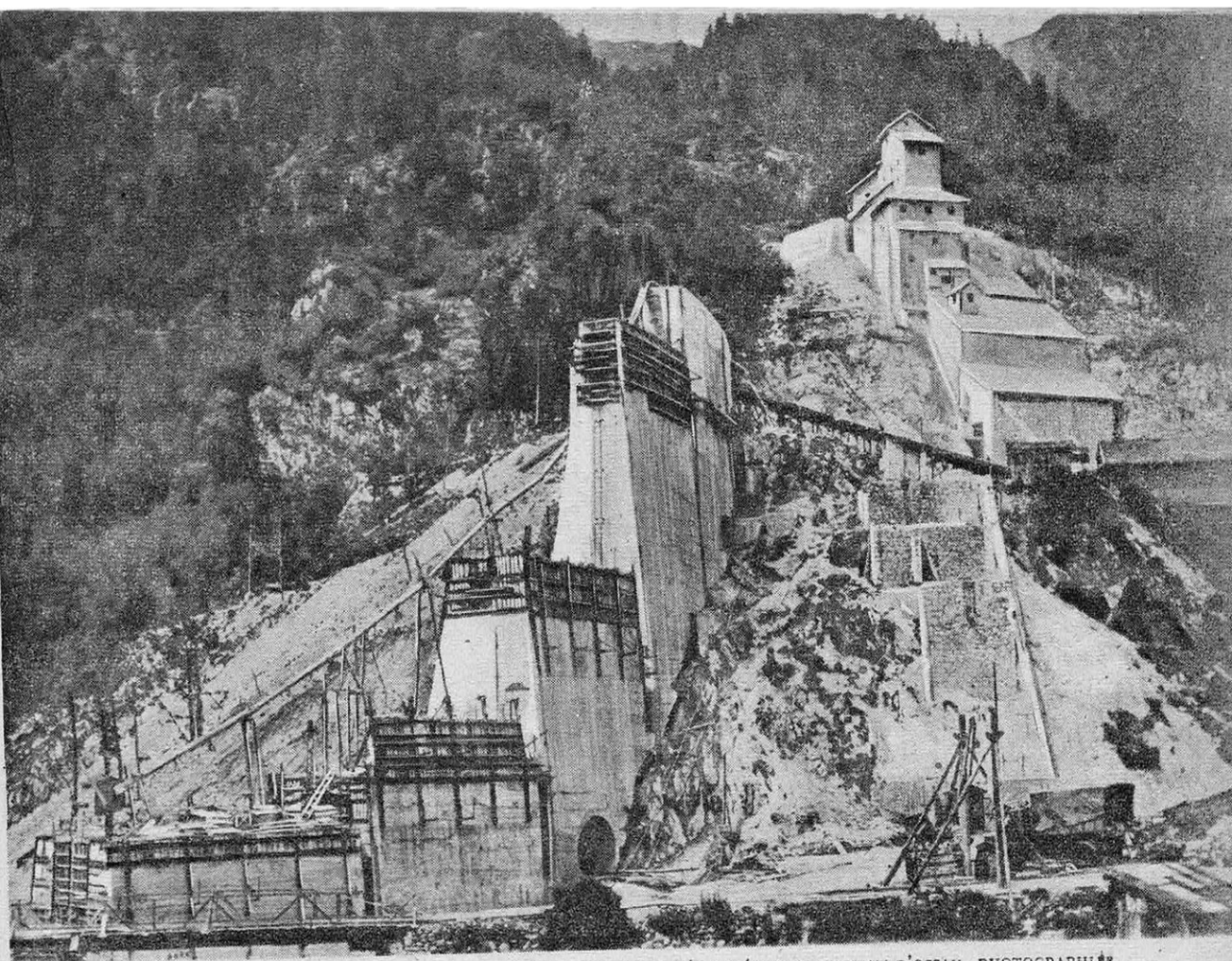


FIG. 2. — L'USINE HYDROÉLECTRIQUE DE FABRÈGES, DANS LA VALLÉE SUPÉRIEURE DU GAVE D'OSSAU, PHOTOGRAPHIÉE EN JUILLET 1944, A LA LIBÉRATION

Les travaux sont activement poussés. Cette centrale, qui sera mise en service en 1947, produira 50 millions de kWh.

ressantes : Dans les Pyrénées, celles de la Têt et d'Ossau ; dans le Massif Central, celles de la Haute Dordogne ; dans les Alpes, celles de l'Arve.

Pyrénées

Dans la vallée de la Têt existent déjà les usines de La Cassagne et de Fontpédrouse dont la production d'énergie est régularisée par le barrage des Bouillouses ; tout d'abord équipées pour la production de courant triphasé à 25 périodes pour la première, monophasé à 16 2/3 périodes pour la seconde, elles ont été modernisées en 1944.

L'aménagement complémentaire de la vallée comporte la construction des usines de Thuès et d'Olette qui fourniront, par an, la première 40 millions de kWh, la seconde, alimentée par la Têt et son affluent le Cabrils, 50 millions de kWh. La mise en service de Thuès est escomptée pour 1946 et celle d'Olette pour 1948.

Une surélévation du barrage des Bouillouses portera, en 1946, sa capacité de 13 à 16 millions de mètres cubes.

Enfin, l'aménagement de la Carança, affluent de la Têt, et celui d'une partie du cours de cette dernière non encore équipée, au Pla d'Aveillans, fourniront chacun 20 millions de kWh.

Dans la vallée d'Ossau fonctionnent les trois

usines en cascade d'Artouste, de Miégebat et du Hourat, régularisées par le réservoir d'Artouste.

Des travaux sont entrepris pour la construction, dans la vallée supérieure, du barrage et de l'usine de Fabrèges qui produira 50 millions de kWh en 1947.

D'autre part, une partie de l'énergie des eaux du lac d'Artouste, qui n'alimentent pas directement la chambre de mise en charge de l'usine d'Artouste, pourra être récupérée et la centrale du Pic d'Artouste donner un appoint de 3 millions de kWh.

En outre, les aménagements du Biou et du Bitet, affluents du gave d'Ossau, et la récupération d'une chute de 22 m à la sortie de la centrale du Hourat donneront respectivement 13, 18 et 10 millions de kWh.

Enfin, la surélévation du réservoir de l'Oule et celle du réservoir d'Oredon permettront d'installer une usine utilisant la différence de niveau entre les deux lacs qui procurera 5 millions de kWh.

Au total, une production supplémentaire de 229 millions de kWh par an est prévue.

Massif Central

L'aménagement de la Haute Dordogne par la S. N. C. F. comportait les usines de Coindre, de Marèges et du Chavanon,

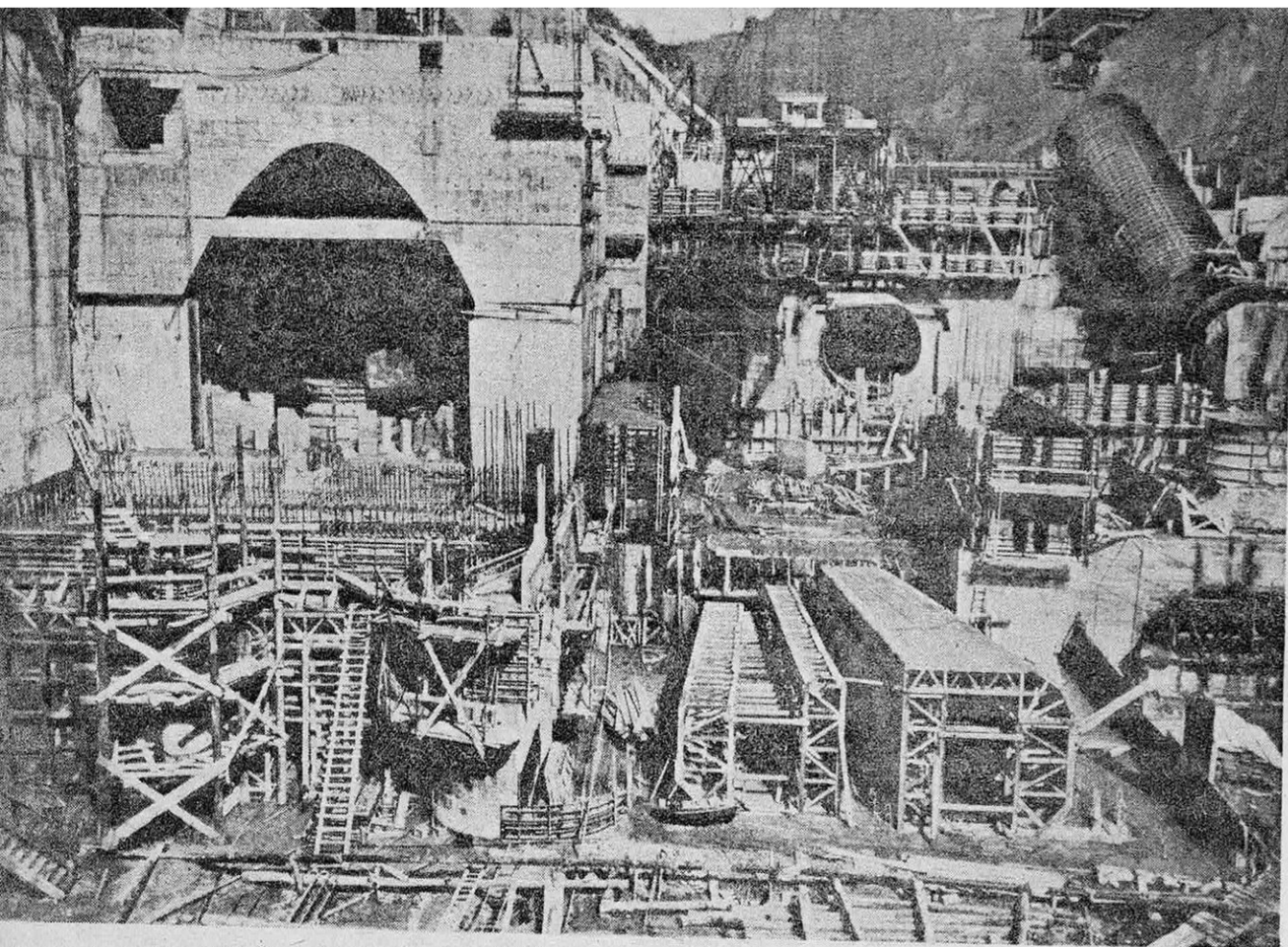


FIG. 3. — ÉTAT ACTUEL (MAI 1946) DES TRAVAUX DE LA CENTRALE DE GÉNISSIAT SUR LE RHONE

Une partie de l'énergie produite par cette centrale de grande puissance, exploitée par la Compagnie nationale du Rhône, sera réservée à la S. N. C. F. On voit, à gauche de la photographie, le montage de la première turbine qui actionnera l'alternateur situé au-dessus de la voûte. On sait que la puissance installée doit atteindre 500 000 kW, ce qui correspond à la production de 4 milliards de kWh par an.

Des difficultés techniques imprévues ont empêché la réalisation de cette dernière, mais on sait que Coindre et Marèges fonctionnent depuis un certain nombre d'années. Ces centrales se complètent d'ailleurs : en effet, Coindre, grosse productrice d'énergie, est inapte à fournir les besoins des pointes journalières et ne possède pas de réservoir saisonnier, tandis que Marèges, très suréquipée, comporte un réservoir journalier lui permettant de faire face aux plus fortes pointes.

Ce qui manque donc dans cet aménagement, c'est un réservoir capable de régulariser les eaux entre les diverses saisons. C'est à Bort, immédiatement au-dessus des remous du barrage de Marèges, que sera créé un réservoir de 470 millions de mètres cubes, dont 400 millions utilisables. L'usine, située au pied du barrage, pourra produire 350 millions de kWh par an. Mais, du fait de la mise en réserve dans le bassin de Bort des hautes eaux que ne peut retenir le barrage de Marèges, la production de l'usine de Marèges pourra être accrue de 18 millions de kWh.

Cinq ans sont prévus pour l'exécution complète de ces ouvrages, dont les travaux préparatoires, tatardeau, dérivation provisoire, maisons ouvrières, sont à peu près terminés.

Alpes

Les centrales de Servoz et des Chavants, construites en 1901, ne possèdent qu'un matériel vieux et usé et leur équipement, partie en courant continu, partie en triphasé 25 périodes ne se prête donc pas à l'interconnexion ; il est d'ailleurs insuffisant pour utiliser l'énergie hydraulique disponible de la vallée de l'Arve.

C'est à un réaménagement complet de cette vallée qu'il doit être procédé pour utiliser l'énergie des glaciers abondants de cette région. Les projets comportent :

- une usine à la Plaine Saint-Jean (aval de Chamonix) utilisant les eaux de l'Arve et de la Diosaz ;
- la modernisation de la chute des Chavants ;
- une usine au Bouchet alimentée par la Diosaz et le Souay.

Leur concession est demandée et la production escomptée est de 242 millions de kWh.

Trois ans seront nécessaires pour les travaux des deux premiers aménagements, puis deux ans pour le dernier.

Enfin 35 millions de kWh doivent être fournis par l'usine du torrent de l'Eau Noire.

Soit, pour les Alpes, 277 millions de kWh par an.

Au total, pour les trois régions, Pyrénées,



FIG. 4. — LES GRANDES RÉGIONS FRANÇAISES RICHES EN HOUILLE BLANCHE OU LA S. N. C. F. POURSUIT L'AMÉNAGEMENT HYDROÉLECTRIQUE. LES CHIFFRES INDIQUENT LA PRODUCTION D'ÉNERGIE SUPPLÉMENTAIRE DESTINÉE À L'ALIMENTATION DES 2 000 KM DE VOIES DONT L'ÉLECTRIFICATION EST PRÉVUE DANS LE PROGRAMME DÉCENNAL 1946-1955

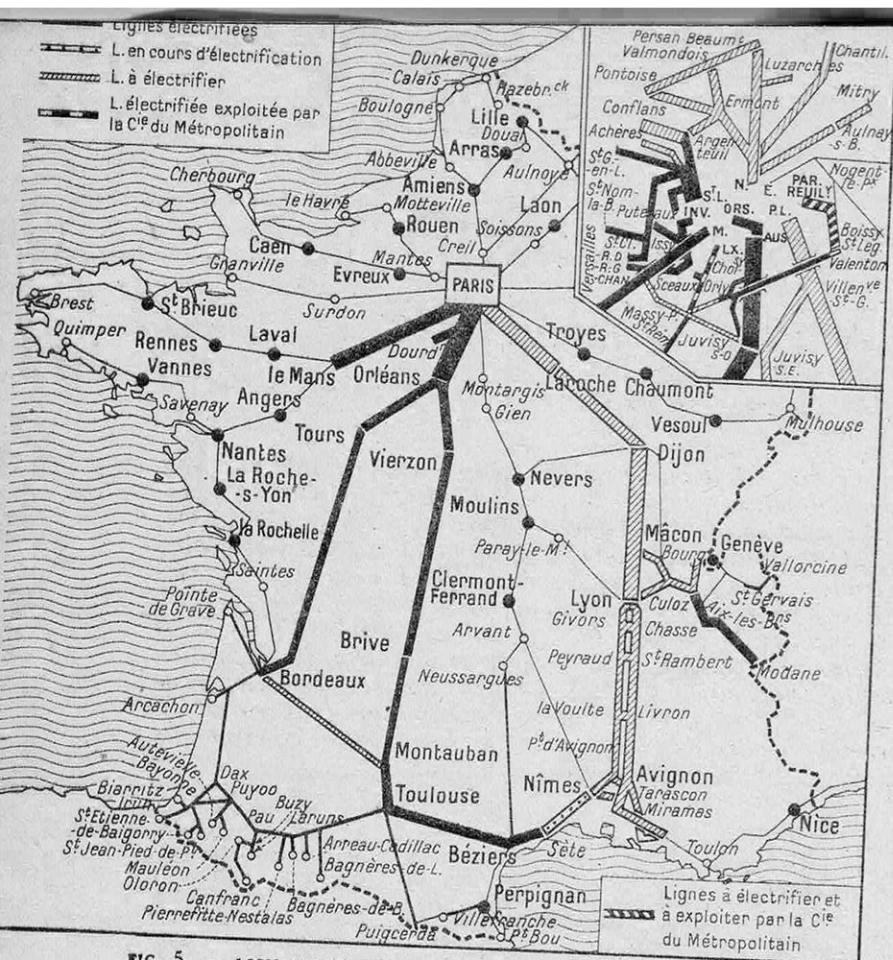


FIG. 5. — LIGNES FERROVIAIRES FRANÇAISES ÉLECTRIFIÉES, EN COURS D'ÉLECTRIFICATION OU À ÉLECTRIFIER

de 200 millions de kWh par an, elle atteint 880 g pour les productions comprises entre 25 et 50 millions de kWh et 2 659 g quand la production est inférieure à 1 million de kWh.

A la centrale de Battersea, dont la puissance moyenne annuelle est d'environ 120 000 kW, ce qui correspond à environ 1 140 millions de kWh, cette consommation spécifique descend à 400 g de charbon par kWh.

Aussi peut-on constater que les machines à vapeur, même avec condenseur, sont de moins en moins employées dans les petites centrales.

Or il ne faut pas oublier que les locomotives à vapeur sont à échappement libre dans l'atmosphère et que les machines à vapeur, de ce type présentement, toutes choses égales d'ailleurs, une consommation double de celles des machines avec condenseur de vapeur. Comme, d'autre part, une locomotive constitue une centrale à vapeur de puissance extrêmement réduite, on comprend aisément que le rendement moyen pour une utilisation moyenne de 7 % (quatre à cinq heures par jour sur dix jours d'allumage et dé-

Massif Central, Alpes, on escompte une production de 874 millions de kWh par an.

Mais la S. N. C. F. participera aussi à l'équipement de l'usine des trois glaciers (du Tour, de l'Argentière, de la Mer de Glace), elle disposera d'une partie de l'énergie des autres aménagements de l'Arve et elle s'est également réservé le quart de la production de Génissiat. De même, elle pourra se réserver une partie de la production des autres usines du Rhône inscrites au programme de la Compagnie Nationale du Rhône.

Ses besoins futurs paraissent donc couverts et toute sécurité de l'exploitation sera assurée par la signature de contrats de secours avec les centrales thermiques voisines des lignes électrifiées.

Les grandes centrales et l'économie de charbon

L'économie de charbon due à l'électrification que nous avons signalée plus haut ne provient pas seulement de l'équipement hydroélectrique de nos ressources en houille blanche. On sait en effet que le rendement des centrales à vapeur croît avec leur puissance moyenne. Les statistiques de l'« Electricity Commission » de Londres, portant sur 214 centrales à vapeur, mettent nettement en évidence cette affirmation. Elles montrent en effet que, tandis que la consommation de charbon par kWh est d'environ 590 g pour les centrales produisant plus

de développement d'une puissance moyenne égale environ au tiers de la puissance maximum) soit seulement de l'ordre de 3 p. 100, alors qu'il ressort à 27,63 p. 100 pour la centrale anglaise de Battersea.

Ainsi, si la totalité des lignes de chemins de fer était électrifiée et si la totalité du courant était fournie par des centrales thermiques modernes de grande puissance, la quantité de charbon consommée, pour assurer le même service que les locomotives à vapeur, serait au moins quatre fois plus petite que celle actuellement consommée. Le rendement d'une installation de traction électrique à courant continu, du départ des centrales aux crochets d'attelage des locomotives étant de l'ordre de 55 %, et en prenant un rendement de 28 % pour les centrales (admissible par suite de l'interconnexion améliorant le facteur de charge des centrales), le rendement global serait d'environ 15 %, donc bien supérieur à celui des locomotives.

Ainsi, l'électrification des chemins de fer concourt à économiser le charbon non seulement par la mise en œuvre d'énergie d'origine hydraulique, mais encore par une utilisation plus rationnelle du combustible.

J. MARCHAND.

N. D. L. R. — Les cartes de la figure 4 ont été dressées d'après l'Atlas hydroélectrique de France, magnifique ouvrage où a été rassemblée la documentation la plus complète sur les résultats déjà obtenus, les réalisations prochaines et les possibilités lointaines de l'exploitation de la houille blanche en France. (Édité par la Chambre syndicale des Forces hydrauliques, de l'Électrometallurgie, de l'Électrochimie et des Industries qui s'y rattachent.)

COMMENT VOYAGENT LES VINS D'ALGÉRIE

par Henri LE MASSON

La production des vins français, bien que la plus considérable du monde, ne suffit pas pour satisfaire les besoins de la population française en vins ordinaires. Elle doit être complétée par des importations de vins d'Afrique du Nord, d'Algérie en particulier. En 1938, par exemple, la France a importé d'Algérie 15 665 000 hl, représentant en poids 1 900 000 t, auxquelles il faut ajouter le tonnage provenant des vignobles tunisiens. Le transport (principalement à destination de Rouen et de Sète) s'effectuait surtout au moyen de cargos ordinaires qui étaient chargés de futailles, lesquelles, vides, constituaient le fret de retour de France en Algérie. Les pertes lourdes de cette flotte au cours de la guerre, la disparition presque complète des futailles imposent aujourd'hui des solutions nouvelles : utilisation de wagons et de camions-citernes pour le transport aux ports d'embarquement, affrètement et construction de navires-citernes spécialisés et spécialement aménagés pour effectuer des « rotations » rapides entre les ports algériens et français.

LES transports des vins algéro-tunisiens représentaient avant la guerre la plus grosse part du trafic Afrique du Nord-France qui nécessitait l'exploitation d'une flotte de charge comprenant 110 bâtiments représentant un « port en lourd » (1) total de 449 000 t, dont :

- 44 cargos naviguant à destination des ports français de la Méditerranée ;
- 14 cargos à destination des ports de l'Atlantique ;
- 52 cargos à destination des ports français de la Manche et de la Mer du Nord.

En 1938, le tonnage total transporté d'Algérie et Tunisie en France a représenté 4 362 697 t auxquelles se sont ajoutées 382 000 t acheminées par des cargos étrangers.

Si l'on tient compte du tonnage expédié sous pavillon français par quelques cargos supplémentaires utilisés pendant les périodes de pointe, on peut estimer que les 110 cargos affectés régulièrement aux services de l'Algérie et de la Tunisie ont transporté environ 3 100 000 t, dont la totalité des 2 millions de tonnes (futailles comprises) représentées par le trafic des vins (2).

Les premiers navires-citernes

C'est en 1935 que l'armement français Soffumar eut l'idée d'utiliser un navire-citerne pour le transport des vins d'Algérie et fit aménager dans cette intention le cargo *Bacchus*, construit en 1922 (1 810 tx), qui fut suivi bientôt d'un

(1) Le « port en lourd » (ou tonnage *deadweight*) représente, évalué en tonnes anglaises de 1 016 kg. le poids admissible pour les passagers, la cargaison, l'équipage, le combustible... Il est défini plus exactement comme différence entre le déplacement à pleine charge, qui correspond aux marques de franc-bord placées sur la coque, et le déplacement léger. Le tonnage brut est la capacité intérieure totale du navire évaluée en tonneaux (ou tonnes) de jauge, de 100 pieds cubes (2,83 m³).

(2) D'après une communication faite à l'Association des grands Ports français, le 10 octobre 1945, par le Directeur-adjoint de la S. A. G. A.

second, le *Sahel*, bâtiment neuf à Diesel de 2 470 tx, construit en 1938 pour la Société Anonyme de Gérance et d'Armement (S. A. G. A.).

Les premiers essais furent très concluants. En utilisant des cuves émaillées à chaud, le vin était transporté sans perdre aucune de ses qualités et il pouvait être chargé et déchargé très rapidement par pompage. Cette méthode de transport moderne était infiniment plus économique que le procédé archaïque du transport en futailles, car elle simplifiait le problème de la manutention dans les ports. Elle souleva cependant une violente opposition chez les dockers qui craignaient de perdre leur travail et il s'en fallut de peu qu'on fût obligé d'y renoncer.

L'avantage du cargo-citerne sur le cargo ordinaire chargé de futailles est pourtant évident et peut être évalué de la façon suivante : avant la guerre, un cargo du type courant sur les lignes d'Algérie-Tunisie chargeait, en moyenne, à chaque voyage, 5 000 fûts pleins à l'aller et vides au retour, la durée moyenne de rotation étant à cette époque d'un mois environ entre l'Afrique du Nord et Rouen ; la jauge brute moyenne de ces navires étant, en moyenne, de 3 700 tx et les 5 000 futailles contenant environ 31 000 hl de vin, on voit que chaque tonneau de jauge servait à transporter mensuellement 8,4 hl. Par contre, un navire-citerne comme le *Sahel*, qui avait une capacité de 24 500 hl pour une jauge brute de 2 470 tx, pouvait, en raison de la rapidité du chargement et du déchargement par pompage, effectuer deux voyages par mois ; il transportait, par conséquent, dans ce laps de temps, 49 000 hl, ce qui représentait, pour un tonneau de jauge, environ 20 hl.

La flotte française des navires-citernes en 1940 et en 1945

Au début de la guerre, la demande de tonnage créée par les besoins militaires fit que l'on décida de passer outre aux objections des dockers. On entreprit aussitôt d'aménager de nouveaux car-

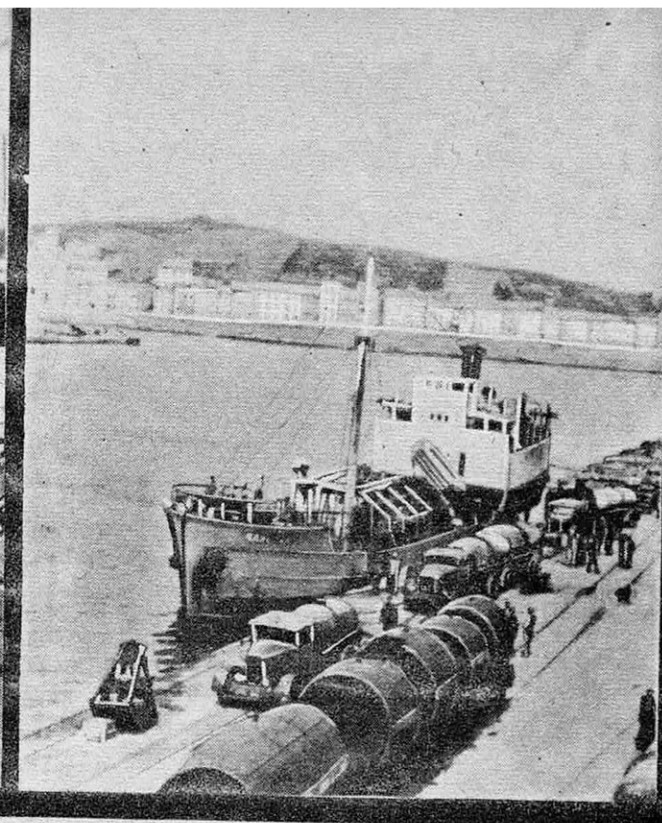
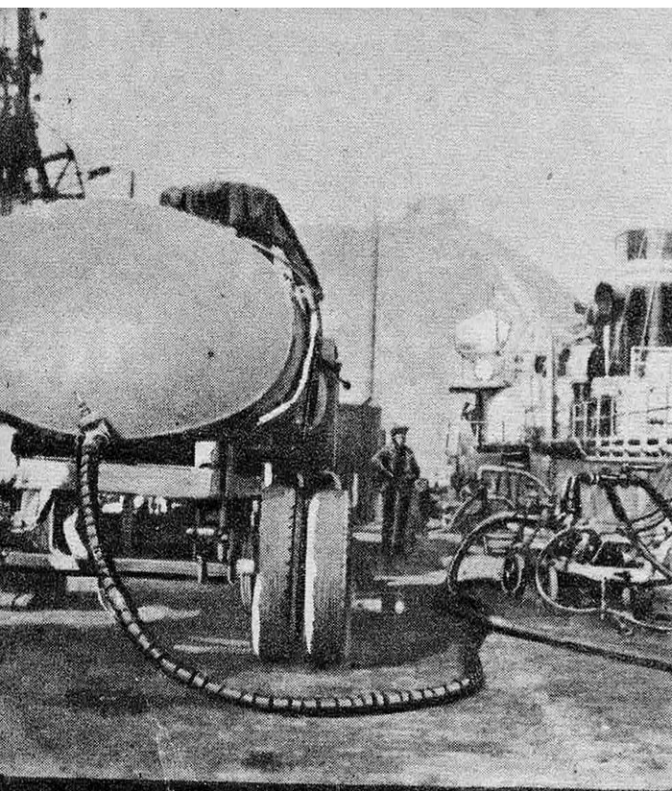


FIG. 1 ET 2. — LE « FIRBRANCH » EN COURS DE CHARGEMENT A ORAN. — A DROITE, LE « MASCARA » EN COURS DE DÉCHARGEMENT A PORT- VENDRES

Le Firbranch est un bâtiment canadien affrété par la France pour transporter le vin, d'une capacité de 34 350 hl. Comme il avait servi précédemment à des transports d'essence, il fallut le désodoriser et l'aménager spécialement. Aucun moyen de stockage à quai n'existant encore à Oran, le transbordement du vin des camions-citernes dans les tanks du « pinardier » se fait par pompage au moyen de pompes électriques mobiles. Le Mascara et son « sistership », le Miliana, sont deux pétroliers achetés en Grande-Bretagne contenant 6 670 hl. Le Mascara n'ayant contenu que de l'eau, son aménagement en « pinardier » a été relativement simple.

gos en navires-citernes. Cette flotte comprit, alors les : *Bacchus* (1 810 tx, 17 000 hl), *Sahel* (2 470 tx, 24 500 hl), *Cap-Cantin* (3 317 tx, 27 100 hl), *Cap-Blanc* (3 317 tx, 27 100 hl), *Finière* (1 158 tx, 9 444 hl), et en outre deux cargos partiellement aménagés : *Ville-de-Djidjelli* (1 131 tx, 2 997 hl), *Prosper-Schiassino* (1 699 tx, 3 227 hl), et deux vapeurs naviguant sous pavillon tunisien : *Tunisien* (1 126 tx, 12 000 hl), *Sainte-Bernadette* (1 596 tx, 20 000 hl).

Cette flotte a été malheureusement très éprouvée pendant la guerre. Compte tenu des unités qui ont pu être relevées ou qui sont en cours de renflouement, il n'en subsiste que le *Sahel* et le *Cap-Cantin*, coulés tous les deux, mais renfloués et qui seront bientôt réutilisables, et le *Sainte-Bernadette*, récupéré en Italie.

Or on ne peut plus songer à utiliser des cargos ordinaires en raison de la disparition presque complète des futailles qui existaient au nombre de 512 000 en 1939. On évalue en effet le stock immédiatement disponible à quelques milliers de demi-muids seulement, et à 150 000 le nombre des futailles récupérables dans un avenir plus ou moins lointain, mais après des réparations qui demanderont du temps, si toutefois la tonnellerie dispose du bois et des ouvriers nécessaires.

Le même problème se pose d'ailleurs du point de vue terrestre : il faut, en effet, transporter le vin dans les ports d'embarquement, ce qui implique, à défaut de tonneaux, l'utilisation de wagons et de camions-citernes.

La nouvelle flotte

Quoi qu'il en soit, une seule solution demeure donc possible pour le transport maritime : le navire-citerne, et c'est dans cette voie que les services de la Marine marchande française se sont orientés définitivement.

Les deux solutions possibles immédiatement, en attendant la construction de navires spéciaux : achat de tonnage existant et affrètements, ont été envisagées et la flotte des cargos « pinardiers » — car tel est le nom familier déjà donné à ce type de bâtiment — actuellement en train de se constituer, comprendra des navires de cette double origine.

Trois petits pétroliers ont été achetés en Grande-Bretagne. Ce sont :

Les *Miliana* (ex-*Empire-Mull*) et *Mascara* (ex-*Empire-Cadet*) (fig. 2), deux « sisterships » construits en 1944 (813 tx). Ils peuvent transporter chacun 6 670 hl en six citernes. Leur vitesse atteint 10 nœuds. Pour le chargement et le déchargement, ces bâtiments peuvent utiliser les pompes à vapeur du bord ;

Le *Medea* (ex-*Empire-Bull*) de 1 246 t, construit en 1936 en Allemagne, et également propulsé par Diesel.

Quant aux affrètements, ils se répartissent ainsi : a. Au Canada : pétrolier *Myken*, capacité 10 000 hl ; *Sprucebranch* (ex-*Otterburn-Park*) de 3 600 t ; *Elmbranch* (ex-*Billington-Park*) de 3 600 t ; *Firbranch* (ex-*Millican-Park*) de 3 670 t (fig. 1 et 3) ;

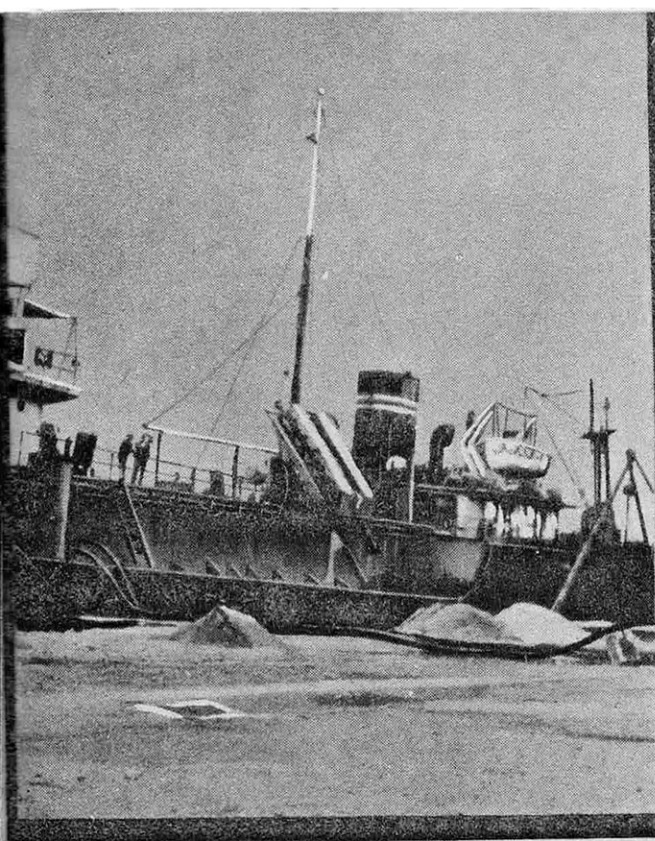


FIG. 3 ET 4. — LE « FIRBRANCH » EN COURS DE DÉCHARGEMENT A SÈTE. — A DROITE, UNE RAME DE WAGONS-FOUDRES AU CHARGEMENT A L'ENTREPOT DE SÈTE

Les installations du port de Sète ont été gravement endommagées par les Allemands. L'entrepôt à vins de la chambre de commerce de Sète est relié au quai par deux canalisations souterraines de 80 mm de diamètre en cuivre rouge, branchées sur le « pinardier » par des « flexibles » en caoutchouc de même diamètre et de 25 m de longueur. A l'entrepôt de Sète, dont la capacité atteint 27 000 hl, le vin est refoulé par le navire dans des cuves de réception où il est réparti dans les deux étages de cuves de stockage. Le chargement des wagons-foudres se fait directement par gravité.

La capacité de ces derniers atteint 34 350 hl, en huit citernes principales de 4 200 hl environ et deux citernes d'été de 400 hl. Le *Firbranch* est équipé avec deux pompes spéciales à corps en bronze, rotors en acier inoxydable, accouplées directement sur moteurs électriques de 20 ch, qui peuvent débiter chacune 800 hl de vin par heure ;

b. A la Norvège : pétrolier *Kloveren* (650 tx, 5 500 hl) ; *Kloverto* (1 050 tx, 9 000 hl) ; *Klovertre* (1 050 tx, 9 000 hl) ;

c. Aux Pays-Bas : pétrolier *Doorman* (1 000 tx, 9 000 hl) ;

A l'exception du dernier qui a été affrété pour une durée de six mois, les affrètements ont été conclus en janvier et février derniers pour une durée de un an par la Direction des Transports maritimes.

Aménagements spéciaux de ces bâtiments

Tous ces navires, dont les réservoirs avaient servi jusque-là à transporter soit de l'eau, soit de l'essence, ont dû être réadaptés pour le transport du vin.

Des solutions différentes ont été adoptées.

Dans le cas du *Mascara*, par exemple, qui avait jusque-là transporté de l'eau et que l'on voulait pouvoir utiliser dans le plus bref délai en attendant que soient terminées les transformations des autres bâtiments, on s'est contenté d'un simple enduit de lait de ciment qui, pour

n'avoir été qu'une solution provisoire, tenait cependant, au bout des deux premiers voyages, dans des conditions satisfaisantes.

Les citernes du *Firbranch*, par contre, qui avaient servi précédemment à des transports d'essence, ont dû être d'abord désodorisées à la lessive de soude, puis passées au jet de sable, travail délicat, obligeant les ouvriers à se munir de masques avec a rivée d'air frais, et qui doit être très soigneusement fait jusque dans les plus petits orifices. Les surfaces des parois, ainsi parfaitement décapées, ont ensuite été passées à l'Antiox D-64, produit phosphatant adopté par les services techniques de la S. N. C. F. et du Métropolitain parisien. La phosphatation par l'Antiox consiste à recouvrir la surface des tôles d'une couche de cristaux de phosphate de fer les protégeant contre l'oxydation ultérieure. La rouille se forme éventuellement par points et elle est très longue à apparaître ; il n'y a plus de placards de rouille sous la peinture, qui ne risque plus de tomber par plaques. Combiné avec un enduit adhérent et imperméable, ce revêtement, réalisé à froid, a une tenue et une durée très remarquables. Les surfaces des parois sont ensuite enduites de trois couches d'un revêtement spécial, insoluble dans les alcools, inattaquable par les acides, les jus de fruits, le lait, etc., et soluble seulement dans la benzine et ses dérivés. Il est fabriqué à base de résines synthétiques françaises ; ses propriétés thermoplastiques le font adhérer fortement sur la tôle ; il est imperméable et élastique, ce qui lui per-

met de suivre les déformations de la coque sans se détacher.

Les six citernes du *Kloveren* ont été traitées de façon analogue, mais avec une seule couche d'enduit spécial et deux couches de gomme laque dissoute dans l'alcool.

Le décapage des citernes au jet de sable a été fait dans certains cas au Havre, dans d'autres à Rotterdam, la couche plastique de protection des tôles de citernes a été en général appliquée en France ; cependant, les travaux du *Firbranch* ont été effectués en totalité à Rotterdam avec du matériel et du personnel envoyés de France. La densité du vin étant plus grande que celle de l'essence, il n'est pas nécessaire dans tous les cas d'adapter la totalité des compartiments.

Dans l'ensemble, ces bâtiments ont, en général, une capacité individuelle de transport assez faible : on estime, néanmoins, que l'exportation des vins d'Algérie pourra passer rapidement de 250 000 hl à 500 000 hl par mois.

L'aménagement des ports

La généralisation de ce mode de transport pour les vins d'Algérie suppose, en outre, l'aménagement des ports réceptionnaires en France. On ne sera pas gêné à cet égard par les installations qui pouvaient exister avant 1939, en raison de l'état de dévastation dans lequel les ports français ont été trouvés, pour la plupart, après la Libération. Aussi bien, le débarquement des vins en futailles exige-t-il des surfaces considérables de terre-pleins, des hangars, des voies ferrées de desserte et un puissant équipement en moyens de levage. A Rouen, par exemple, la surface des quais et des terre-pleins réservés aux manutentions de futailles était d'une quinzaine d'hectares, correspondant à quinze postes de déchargement.

L'utilisation de navires-citernes implique seulement l'aménagement de stations de pompage raccordées par pipe-lines à des chais qu'il n'est pas indispensable d'installer directement sur les quais. Il en résulte par conséquent une économie très importante de la surface utilisée sur les quais et par les installations de stockage. On peut d'ailleurs, et c'est une solution fréquemment utilisée actuellement dans les ports français, décharger directement dans des camions ou dans des wagons-citernes.

Il n'existe encore, en effet, qu'un petit nombre d'installations spéciales dans les ports algériens ou français pour le stockage des vins en citerne avant ou après débarquement, et d'importants travaux seront à effectuer pour augmenter les capacités nécessaires.

A Oran, par exemple, il n'existe pas encore de moyens de stockage à quai et le chargement se fait directement de wagons ou camions citernes (fig. 1). Il existe, par contre, un chai de 25 000 hl à Alger, mais l'obligation pour les navires de se tenir l'arrière debout au quai complique le chargement.

A Marseille, il existe un chai en bon état appartenant aux Docks vinicoles, d'une capacité de 21 000 hl.

A Sète, l'entrepôt de la Chambre de commerce, qui est relié par des canalisations souterraines en cuivre rouge de 80 mm (pipe-line) au quai de déchargement (fig. 3) a une capacité de 27 000 hl seulement et comprend deux files de cuves superposées en deux étages avec, dans l'axe de l'entrepôt, une voie ferrée permettant

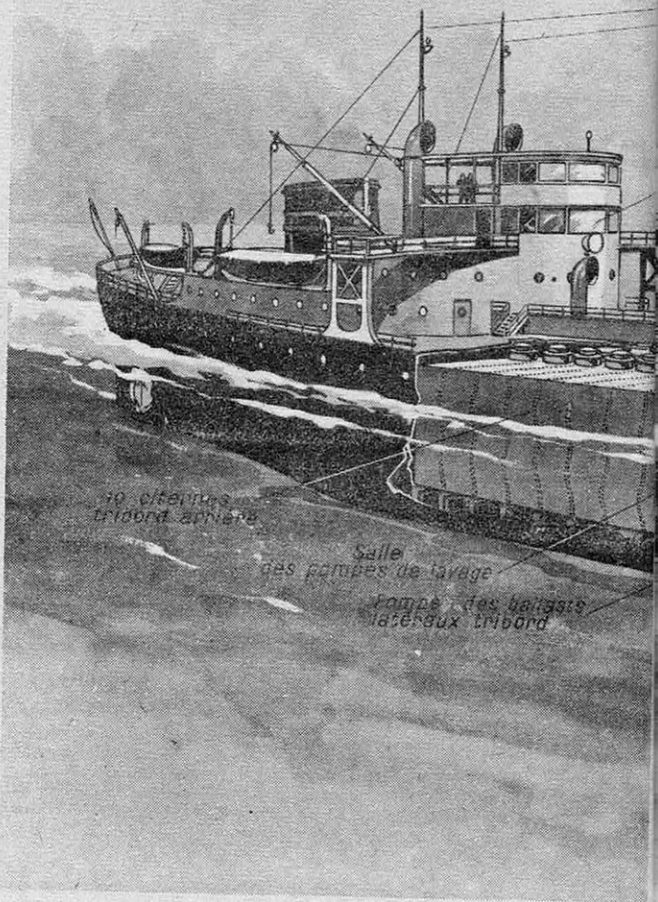


FIG. 5. — PROJET DE CARGO MODERNE SPÉCIALEMENT AMÉNAGÉ

Ce cargo comprend 40 citernes en deux rangées séparées par une coursive dans l'axe du navire. Les citernes de la même rangée sont elles-mêmes séparées par des cloisons en tôle d'acier présentant de larges ondulations dans le sens de la hauteur. Les citernes sont desservies par des collecteurs circulant à la partie inférieure

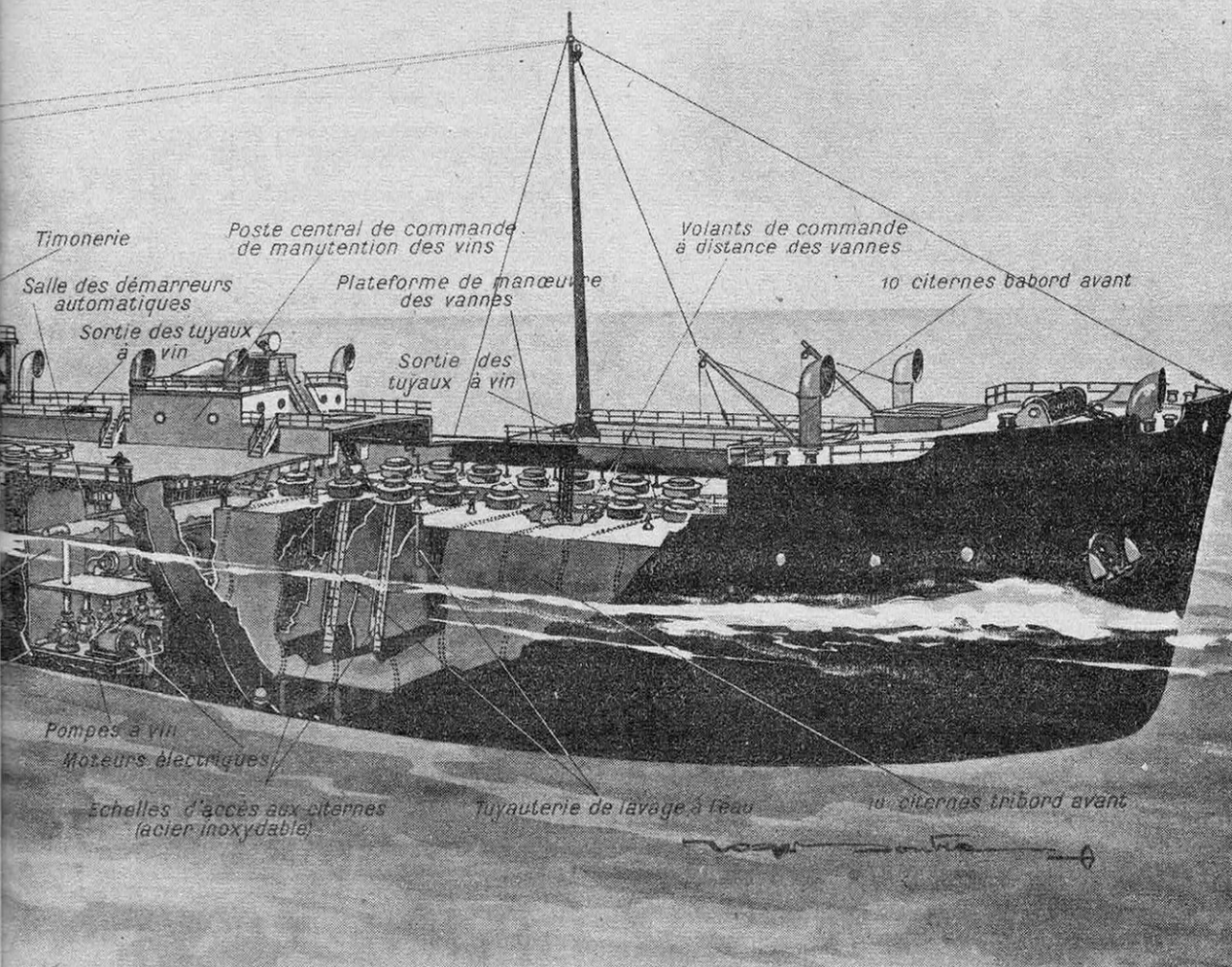
le chargement par gravité (fig. 4). Plusieurs négociants de Sète possèdent également des chais privés capables de loger environ 70 000 hl.

A Port-Vendres, le chai de Violet frères (Byrrh), d'une capacité de 30 000 hl, rend actuellement de grands services pour le ravitaillement général.

A Port-Saint-Louis du Rhône, le chai de 21 000 hl de l'armement Daher a été retrouvé intact à la Libération.

A Brest, un chai public de 34 000 hl est en construction sur le môle de la Santé ; son achèvement est prévu pour le début de septembre 1946. Les services de l'Intendance maritime disposent encore de 20 000 hl de chais sur les 45 000 hl existant avant la guerre. Malheureusement, la destruction du Pont National reliant les deux rives de la Penfeld et l'insuffisance des camions-citernes rendent difficile l'évacuation des vins entreposés dans ce chai.

A Rouen, le chai public de stockage de 45 000 hl du bassin des prairies Saint-Gervais est en état de marche. L'appontement utilisé avant guerre par le *Bacchus* et le *Sahel* n'a pas subi d'avaries.



POUR LE TRANSPORT DES VINS ET DESTINÉ AU TRAFIC ENTRE

de la coursive et les faisant communiquer avec les pompes (1 pompe pour 5 citernes voisines) groupées dans une salle centrale. Ces pompes refoulent le vin par des tuyauteries de déchargement vers les deux panneaux de sortie situés au milieu de chacun des ponts avant et arrière. Un poste central de commande,

La flottille de 42 chalands-citernes automoteurs de 38,50 m en service sur la Seine a également peu souffert, de sorte qu'il est possible, à partir de Rouen, de ravitailler Paris, la région parisienne et les zones voisines des canaux.

D'une manière générale et étant donné l'urgence des besoins, les transports de vins effectués par navires-citernes ont lieu actuellement entre les ports algériens et les ports français de la Méditerranée. Ces parcours maritimes étant courts, la rotation des navires est rapide et leur rendement atteint le maximum possible.

C'est ainsi, par exemple, qu'un bâtiment comme le *Mascara* effectue régulièrement un voyage par semaine entre Oran ou Mostaganem et Port-Vendres. Le *Firbranch*, qui a fait son premier voyage sur Sète le 12 avril dernier, effectue un voyage tous les dix jours entre Oran ou Mostaganem et Sète. Sa grande capacité (34 350 hl) rend un peu longues (trois jours) les opérations de chargement en Algérie, par suite de l'insuffisance du nombre des camions-citernes disponibles, le mauvais état des pneus et le manque de pièces de rechange pour moteurs de camion.

L'AFRIQUE DU NORD ET LA MÉTROPOLE (SOFLUMAR)

au-dessus de la salle des pompes, groupe les différents organes de contrôle et de commande (lampes-témoins d'ouverture des vannes, indications de niveau des citernes, boutons-poussoirs de commande des pompes). Longueur du cargo : 96 m, largeur : 14,40 m, capacité : 34 700 hl.

Des mesures viennent d'être prises pour remédier à une situation devenue urgente par suite de l'imminence de la mise en service des sisterships *Elmbranch*, en achèvement d'adaptation au Havre, et du *Sprucebranch*, en cours d'adaptation à Marseille. Ces navires pouvant effectuer chacun trois voyages mensuels en Méditerranée, transporteront en effet, à eux trois, 300 000 hl par mois, ou plus de 3 500 000 hl par an.

L'évacuation d'une telle quantité de vin par la seule voie ferrée au départ des ports méditerranéens posant de sérieux problèmes de rotation accélérée des wagons-réservoirs existants, voire de construction de nouveaux wagons-réservoirs, on réutilisera bientôt les ports de l'Ouest, au prix d'un allongement de quatre jours du transport maritime.

Les cargos « pinardiers » en construction

L'emploi de navires pétroliers affrétés ne représente toutefois qu'une opération de dépannage provisoire, imposée par les circonstances.

Les besoins du commerce normal exigent des navires spécialement construits comportant un

nombre considérable de citernes de capacité réduite, permettant le transport de lots de vins de qualités très différentes tels que vins rouges courants de 12°, de 13°, vins blancs, vins mutés, vins rosés, vins d'apéritifs, mistelles, etc.

En prévision de la reprise du trafic normal et aussi pour éviter les sorties de devises en France par l'affrètement de cargos étrangers, la Direction des Transports maritimes a décidé de faire installer sur deux cargos de 4 200 t en construction des citernes permettant de transporter 35 000 hl de vins.

L'un de ces navires est en construction à La Ciotat. Ses travaux activement poussés permettent de prévoir sa mise en service vers le début 1947.

Entre temps, les armements spécialisés ont étudié le remplacement des navires-citernes disparus par faits de guerre. Des études longues et minutieuses poursuivies sous l'occupation ont permis la mise au point d'une formule de navires-citernes modernes bien adaptés au transport spécial des vins.

Les navires-citernes construits avant guerre étaient pourvus de citernes d'abord rectangulaires (*Bacchus, Sahel*), puis cylindriques (*Sainte-Bernadette, Finistère*), dont l'intérieur était recouvert de quatre couches d'émail à base de résines synthétiques du type phénol-formol, polymérisées au four vers 120° C. Cet enduit, parfait pour la conservation des vins, était difficile à réparer sur place en cas d'avaries graves, toujours possibles sur un navire de mer. Dans ce cas, le débarquement des citernes, leur passage au

four, posaient des problèmes complexes de transport et risquaient d'immobiliser longtemps le navire.

En vue d'éviter ces inconvénients, et aussi pour diminuer le poids mort des citernes, le précurseur du transport maritime des vins, l'armement Soffumar, a fait étudier et breveter un type de navire qui comporte des files de citernes juxtaposées, directement soudées sur le plafond du water-ballast de double-fond, et disposées exactement comme les chais terrestres (fig. 5).

Le revêtement intérieur des tôles est assuré, après leur sablage, par une métallisation au pistolet ou une phosphatation (par suite du manque actuel d'étain) suivie de l'application à froid d'un enduit à base de résines de coumarone et polyvinylées. Ce procédé simplifié a été appliqué en grand sur la plupart des pétroliers affrétés récemment par l'Etat et a permis le transport actuel, accéléré, des vins d'Algérie. Les résultats obtenus jusqu'à présent sont satisfaisants et l'expérience acquise par le transport en masse des vins va permettre de perfectionner le procédé. Il semble donc que l'on disposera bientôt en France d'un type de navire de mer particulièrement bien adapté au transport économique des vins.

La capacité moyenne des « pinardiers » futurs semble devoir être voisine de 35 000 hl, répartis en une quarantaine de citernes de 150 fûts chacune, correspondant aux besoins du commerce normal d'après guerre.

Henri LE MASSON.

Le bombardement intense auquel a été soumise la Grande-Bretagne pendant cinq ans a causé, dans l'ensemble, moins de dommages qu'on n'avait pu le craindre au réseau de distribution d'énergie électrique à haute tension. L'incident le plus sérieux se produisit en septembre 1940, lorsque des bombes firent explosion dans la chambre des machines de la centrale de Fulham, mettant hors de service une puissance installée de 190 000 kW. Grâce à l'interconnexion, la distribution ne fut interrompue que très peu de temps, mais plusieurs mois furent nécessaires pour réparer complètement cette perte. Les statistiques montrent cependant que, sur 1 979 interruptions dues à l'état de guerre, relevées entre le début des hostilités et la fin de 1943, seulement 14 % ont été provoquées par l'action directe de l'ennemi. Un nombre presque égal, 13 %, a été causé par des avions anglais volant bas, des éclats de projectiles de D. C. A., ou des exercices militaires d'entraînement. De beaucoup le nombre le plus élevé, 73 %, provenait des ballons de barrage, qui se sont révélés les plus acharnés ennemis des lignes de transport de force, qu'ils accrochent avec leurs câbles d'amarrage lorsque, libérés accidentellement, ils sont entraînés par le vent. En novembre 1939, des ballons arrachés par la tempête dans le Nord-Ouest des Iles Britanniques, parcoururent tout le pays dans le sens de la longueur, endommageant les conducteurs de seize entreprises de distribution, dont ceux qui franchissent la Tamise, avant de disparaître au-dessus de la mer. Les contacts directs entre phases qui en résultèrent se traduisirent par de violents courts-circuits qui mirent à dure épreuve les dispositifs de protection, non sans provoquer en plusieurs cas des déplacements dans les enroulements des transformateurs soumis à des efforts mécaniques excessifs. En Grande-Bretagne, la longueur des lignes de distribution fut d'ailleurs sensiblement accrue dès le début de la guerre, par suite du déplacement de nombreuses industries vers l'ouest. A la fin de 1943, 870 km de lignes nouvelles à 132 000 V avaient été équipés.

LE POIDS ENNEMI DE L'AUTOMOBILE

par Jean BONNET

On chercherait vainement problème plus méconnu du public que celui de l'allègement en automobile. Alors que l'histoire de son évolution technique offre de nombreux exemples de questions passionnément discutées par les experts et suivies avec intérêt par les profanes, il semble que l'indifférence accueille ce qui, cependant, constitue un de ses plus grands progrès. C'est que, d'une part, l'allègement ne conduit à aucune solution spectaculaire, comme ce fut le cas, il y a quelques années, des formes profilées dites, bien à tort, aérodynamiques. D'autre part, l'allègement n'apporte par lui-même aucun avantage; mais tous les progrès dont peu à peu l'automobile s'est enrichie concluent, en définitive, à en proclamer la nécessité. Comme tout mode de locomotion, l'automobile tend vers de plus grandes vitesses et une économie d'emploi sans cesse améliorée. Ainsi a-t-on été conduit, d'une part, au moteur à grande puissance massique et haut rendement volumétrique et, d'autre part, aux formes de meilleure pénétration dans l'air, puisqu'il est bien inutile de posséder toujours de plus en plus de chevaux disponibles à la jante s'ils ne doivent servir qu'à vaincre une résistance à l'avancement qui croît beaucoup plus rapidement que la vitesse. Aucune de ces deux solutions ne donne satisfaction si, dans le même temps, on néglige d'alléger au maximum : le moteur, parce que c'est le seul moyen efficace de lutter contre l'effet pernicieux des forces d'inertie aux régimes élevés; la voiture dans son ensemble, parce qu'il est illusoire d'augmenter en valeur absolue la vitesse limite sans améliorer l'accélération, la souplesse (aptitude à monter les côtes) et la reprise, trois qualités qui dépendent directement du poids.

Le problème de l'allègement intéresse à la fois le moteur et l'ensemble du véhicule. Logiquement, les deux aspects sont liés et l'on ne saurait concevoir le développement de l'un sans une progression parallèle de l'autre. Pratiquement, on s'est préoccupé d'alléger les différents organes constitutifs du moteur bien avant d'avoir compris l'absolue nécessité de réduire au maximum le poids non suspendu de la voiture, et cela pour une raison très simple : l'allègement n'est pas une fin en soi, il n'est qu'une condition nécessaire pour permettre l'avènement et la réalisation pratique d'une solution que la théorie indique comme génératrice de progrès. Un exemple illustrera cette thèse : lorsqu'on décide d'accroître la vitesse de régime d'un moteur, on réalise un progrès, puisque la puissance par litre de cylindrée est, du même coup, augmentée; mais cet accroissement n'est possible que si, en même temps, on allège l'équipage en mouvement alternatif, c'est-à-dire l'ensemble piston-bielle. On ne peut pas dire qu'il y ait là un progrès puisque, toutes choses étant égales d'ailleurs, le fait de substituer à un équipage donné un autre poids moindre n'a aucune influence sur la valeur de la puissance; mais cette substitution est nécessaire à l'accroissement du régime qui, lui, permet d'augmenter la puissance.

Si cette évolution d'ensemble a subi un certain décalage dans le temps, en ce qui concerne le châssis, c'est qu'une loi psychologique, ne souffrant nulle exception, veut que tant qu'il existe une possibilité d'accroître la vitesse d'un

véhicule, toute autre considération demeure secondaire. C'est donc sur le moteur d'abord qu'ont été réalisées les premières tentatives réellement sérieuses d'allègement.

Les matériaux

Reconnaître la nécessité d'un allègement est une chose, posséder les moyens de le réaliser en est une autre. Dans le domaine de l'automobile, rien n'a pu être fait de réellement utile, tant que les métallurgistes n'ont pu mettre à la disposition des ingénieurs les nuances d'acier et les différents alliages légers à haute résistance qui sont ici indispensables et que l'avenir perfectionnera certainement encore.

On connaît une quinzaine de corps simples solides, dont la densité est inférieure à 3. Si on supprime ceux qui ne sauraient convenir à cause de leur affinité pour l'air ou l'eau, même à température ordinaire, on se trouve, en définitive, en présence des trois métaux suivants : glaucinium (densité, 1,94); magnésium (1,74) et aluminium (2,58). Le glaucinium (ou béryllium), en dépit de ses qualités, est d'un prix de revient très élevé en raison de son affinité pour l'oxygène qui complique les opérations de préparation; restent donc l'aluminium et le magnésium.

L'aluminium conduit à deux groupes d'alliages, où il entre pour une proportion importante; les alliages corroyés et les alliages de fonderie.

Les alliages corroyés ont subi une déformation plastique après coulée. De ce fait, la valeur du rapport de leur résistance à leur densité est très

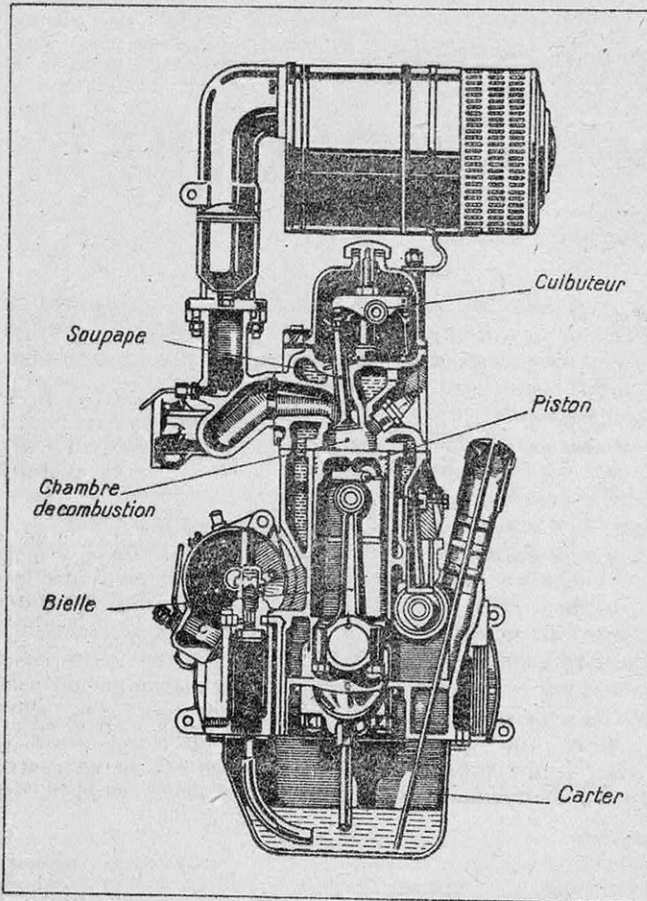


FIG. 1. — POINTS PRINCIPAUX DU MOTEUR BÉNÉFICIAIRE DE ALLÈGEMENT

Piston en alliage d'aluminium avec dispositif de compensation de dilatation. Bielle en acier ou en duralumin. Soupape à tête et tige allégées avec incorporation éventuelle d'un bain de sel répartiteur de chaleur. Culbuteurs et poussoirs à inertie réduite. Chambre de combustion en alliage d'aluminium évitant la détonation.

élevée ; ils présentent la plupart des caractéristiques mécaniques de l'acier doux, pour une densité trois fois moindre ; toutefois la limite de fatigue et la résilience (1) sont légèrement inférieures. Le duralumin à base d'aluminium, de cuivre, de magnésium et, éventuellement, de manganèse, durcit sous l'influence de la trempe avec élévation de la charge de rupture et de la limite élastique. Les *alumas* sont des alliages aluminium-magnésium, à 5,5 % de magnésium ; ils sont dits à moyenne résistance et ils se travaillent facilement ; leur résistance à la corrosion est considérable et ils se prêtent à l'oxydation superficielle, ce qui donne une adhérence parfaite de la peinture.

Les alliages de fonderie, que l'on utilise à l'état coulé, sont très nombreux ; ils contiennent soit du cuivre, soit du silicium ; dans ce dernier genre, l'*alpac*, à 13 % de silicium, dont la coulée est facile, donne des pièces de petites et moyennes

(1) La résilience caractérise la non-fragilité.

dimensions, ne nécessitant aucune retouche après sortie du moule, que l'on utilise le procédé en coquille ou le procédé à pression. Pour ces alliages, l'adjonction de nickel est particulièrement utile pour toute pièce travaillant à chaud. La meilleure dureté se rencontre dans l'alliage courant à 4 % de cuivre, 2 % de nickel et 1,5 % de magnésium, qui se traite thermiquement par une trempe suivie d'un revenu à 100/150° C.

Le nickel — dont la première utilisation remonte à la plus haute antiquité, puis qu'il était adopté à l'âge de fer en provenance des masses météoriques — est un métal précieux pour les alliages. Rappelons qu'il est employé en automobile, d'abord dans toute la série des fontes : *perlitiques*, *martensitiques* à 5 %, dures à l'état coulé, utilisables après recuit, ou douces de coulée et durcies par trempe ; *austénitiques* de 13 à 20 %, à grande résistance aux agents corrosifs et à la chaleur ; *fontes blanches* dont la dureté est considérable.

Viennent ensuite les aciers de construction qui, pour une limite élastique et une dureté données, présentent une résilience plus élevée que celle des aciers ordinaires, et qui possèdent une pénétration de trempe facilitant le traitement thermique des pièces massives. Outre les aciers ordinaires au nickel (0,5 à 5 % de nickel), on utilise aussi des aciers au nickel-chrome-molybdène (1,5 à 3 % de nickel) qui sont soudables et participent à trois types : de cémentation, auto-trempant, ou ordinaire pour traitement thermique. Enfin on rencontre des aciers inoxydables qui se prêtent à l'assemblage des tôles par la soudure dite « par points », et qui résistent à un certain nombre d'acides. N'insistons pas sur la gamme des aciers au carbone, qui sont encore utilisés dans

la constitution de certaines pièces du châssis, mais dont on tend de plus en plus à améliorer ou, plus exactement, à modifier, selon les besoins, les caractéristiques mécaniques par adjonction de nickel. De même, nous rappellerons le procédé dit « de nitruration », que l'on préfère depuis quelques années à la cémentation, et qui a pour objet de durcir le métal par pénétration d'azote. La tendance actuelle est à l'atténuation du durcissement de la couche nitrurée, au profit de l'adhérence sur la couche sous-jacente ; car, si cette adhérence est imparfaite, il se produit des crevais préjudiciables à la qualité du matériau.

Enfin, nous devons citer les métaux antifrottement dont l'importance croît dans la mesure même où s'élèvent pressions de chocs, températures et vitesses de frottement. Les organes devant résister dans ces conditions — les coussinets en particulier — sont contraints à posséder deux qualités *a priori* inconciliables : dureté et plasticité. On a prétendu, naguère,

résoudre le problème avec un mélange de bronze et de plomb, qui a dû céder la place aux alliages spéciaux dits antifriction, obtenus à partir de métaux plastiques comme le plomb ou l'étain, avec addition d'un métal dur, en général cuivre ou antimoine.

Nous arrêtons là cette nomenclature sommaire qui donne une idée très incomplète des tâches qui se sont imposées aux métallurgistes.

L'allègement du moteur

Obtenir d'un moteur de cylindrée donnée le maximum de puissance est une des préoccupations classiques de l'ingénieur. On peut dire qu'en France cette recherche a marqué profondément, dès les origines, l'évolution du moteur à combustion interne, et ce, avec d'autant plus d'acuité que l'on prétendait, dans le même temps, réduire de plus en plus la valeur propre de cette cylindrée ; thèse absolument opposée à celle des Américains qui cherchaient dans les gros « cubes » le secret des énormes puissances. Il est probable que cette recherche, qui n'avait pas d'équivalent chez les nations productrices de l'indispensable pétrole, est due au régime très particulier auquel notre pays a toujours été soumis pour l'essence.

Quoi qu'il en soit, on avait établi, dès les environs de 1910, la véritable « charte » du moteur à grande puissance massique : détente des gaz courte dans le temps, longue dans l'espace ; réduction de la surface des parois, de la contre-pression à l'échappement et de la dépression à l'aspiration ; compression élevée et réchauffage des gaz carburés avant leur admission au cylindre. Remarquons que la conclusion pratique résidait dans l'accroissement proportionnel de la vitesse de régime et dans la recherche des meilleures formes de culasse susceptibles de favoriser une haute compression. « Petits moteurs tournant vite et à taux de compression élevé dans la limite où n'apparaît pas le phénomène de la détonation » demeure une formule toujours valable, même de nos jours ; ce sont les procédés qui ont évolué, non la théorie.

Accroître la vitesse de régime, c'est accroître en même temps les forces d'inertie développées proportionnellement au carré de cette vitesse. Avec les solutions de naguère, — notamment le classique piston de fonte — on trouvait vite la limite au-delà de laquelle il était impossible

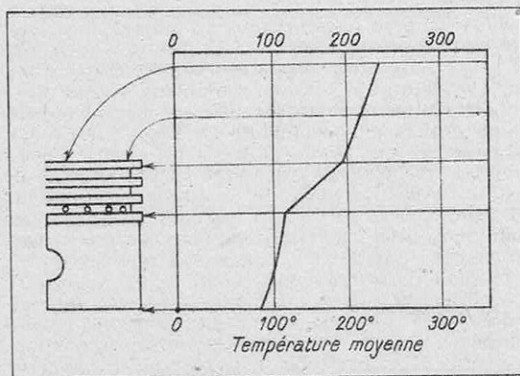


FIG. 2. — COMMENT SE RÉPARTISSENT LES TEMPÉRATURES DANS UN PISTON

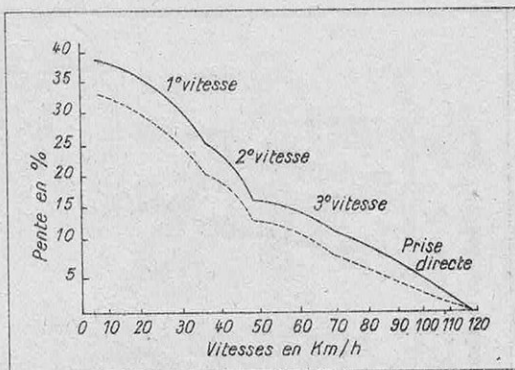


FIG. 3. — PERFORMANCES EN CÔTE COMPARÉES ENTRE UNE VOITURE DE POIDS NORMAL PROFILÉE (TRAITS POINTILLÉS) ET UNE VOITURE ALLÉGÉE (TRAITS PLEINS), SELON LES DIFFÉRENTES COMBINAISONS DE LA BOÎTE

d'augmenter la vitesse de rotation du moteur : c'était affaire non seulement d'équilibrage, mais aussi de forces d'inertie secondaires contre lesquelles la lutte était impossible. Fort heureusement, comme c'est souvent le cas en mécanique appliquée, le remède était à côté du mal, car ces mêmes forces d'inertie sont également proportionnelles au poids de l'équipage en mouvement alternatif (piston, bielle), de sorte qu'une judicieuse politique de balance rétablissait la situation. Diminuer le poids de l'équipage pour pouvoir augmenter le régime en mouvement alternatif, telle est la règle qui nous a menés aux pistons et aux bielles actuelles en alliage léger.

Les pistons modernes

Le premier progrès consista, pour le piston, à remplacer la fonte par l'acier ; on songea ensuite aux alliages à base d'aluminium, mais on ne retira au début aucun bénéfice de cette substitution. C'est que le piston se déplace à l'intérieur d'un cylindre qui, pour raison de résistance, est en général chemisé d'acier ; or, le coefficient de dilatation est différent pour les deux matériaux, de sorte que, si le piston était « monté dur » au départ, il « serrait » à la température normale de fonctionnement, et, si son fonctionnement était correct à cette température, un manque d'élasticité se produisait aux basses allures, d'où « claquement » caractéristique au ralenti.

Il fallut adopter les formes de piston qui nous sont aujourd'hui familières, dont l'ajustement est indépendant du régime de fonctionnement, c'est-à-dire des températures atteintes ; nous avons aujourd'hui le piston dit « bimétal » qui combine une jupe en fonte avec une tête en aluminium ; le piston monobloc en alliage à faible dilatation — en France, on fait appel aux alliages hypersilicés — ; le piston à dilatation compensée, où le réglage se fait par des plaquettes de métal ou des bagues ancrées à la coulée dans l'alliage ; et enfin le piston autorégleur, pour lequel la forme même amène la correction nécessaire, cette dernière solution paraissant la plus évoluée.

L'autoréglage est obtenu par le jeu d'un tracé d'ensemble qui comporte : une tête portesegments à haute résistance et grande conductibilité thermique pour évacuer rapidement la chaleur du fond de piston ; une jupe de guidage

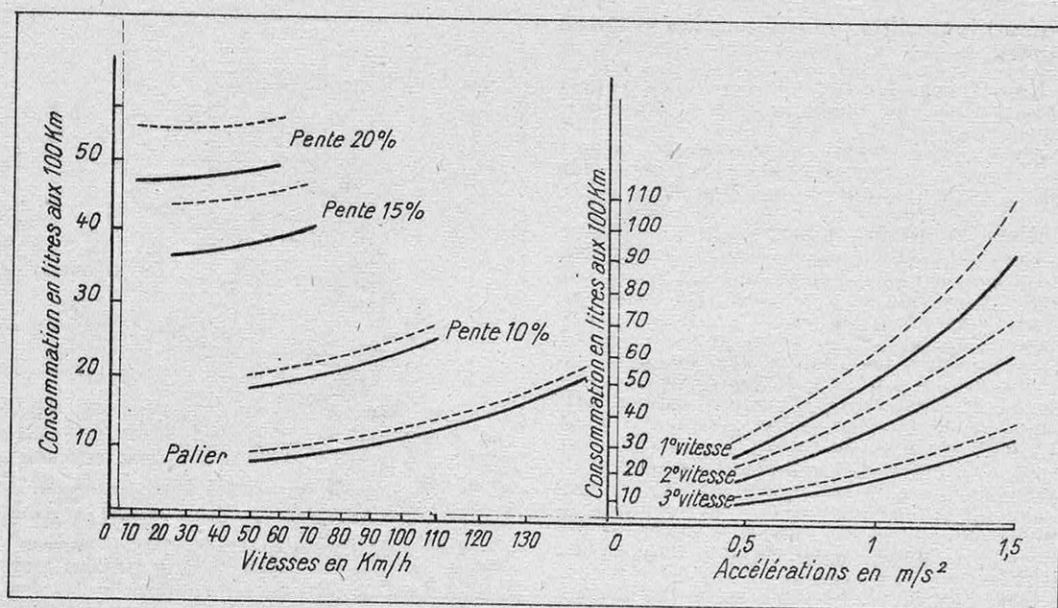


FIG. 4. — ÉCONOMIE SUR LA CONSOMMATION D'ESSENCE DUE A L'ALLÈGEMENT

Les traits pointillés se rapportent à une voiture de poids normal et les traits pleins à la voiture allégée. A gauche, on voit l'économie réalisée en palier et en côte; à droite, celle que l'on rencontre en période d'accélération sur les trois combinaisons de la boîte.

qui doit être à la fois — paradoxe — résistante et élastique et qui, par conséquent, combine à un alliage choisi pour cette résistance obligatoire un artifice dit « d'élasticité », consistant en une jupe mince, fendue verticalement et séparée de la tête porte-segments par deux fentes horizontales, et un attache-jupe porte-segments constitué par des bossages d'axe reliés au fond du piston par des fortes nervures intérieures. A l'usinage, il est nécessaire de rectifier extérieurement la jupe de guidage en exécution combinée « ovale » et « conique », ce qui revient à obtenir le plus faible diamètre dans le sens de l'axe du piston et le plus grand dans le sens perpendiculaire, qui est celui des zones principales de guidage.

L'autoréglage s'obtient de la manière suivante : en marche, les différentes parties du piston ne sont pas à la même température (fig. 2) et la dilatation de la tête porte-segments est plus importante que celle de la jupe de guidage. Cette dernière a donc tendance à se déformer progressivement et à se mettre « en rond » par augmentation du diamètre plus grand dans le plan des attaches (sens de l'axe du piston) et par diminution du diamètre dans le sens perpendiculaire ; donc, dans les zones principales de guidage, les jeux sont conservés et sont prévus initialement faibles ; alors que, dans le sens de l'axe du piston, qui est perpendiculaire au premier, il se produit une réduction progressive du jeu, prévu plus large pour cette raison. Au fur et à mesure que la température s'élève, les contacts jupe-cylindre se trouvent automatiquement améliorés.

Nous avons insisté sur ce point pour prouver que le problème du piston en alliage léger est loin d'être — comme on le supposait primitivement — un problème simple ; ceci explique aussi pourquoi l'adoption de tels pistons a conduit au

développement d'usines spécialisées qui, seules, possèdent l'outillage et les spécialistes nécessaires pour mener à bien cette tâche difficile.

Bielles et soupapes

Pour la bielle, on est limité par des questions de résistance et d'obliquité qui ne permettent pas d'obtenir un taux d'allègement aussi considérable qu'on pourrait le désirer ; on a essayé maintes combinaisons, alliées à des formes quelquefois extraordinaires, où les nervures de renforcement jouaient le rôle principal. Actuellement, on s'en tient à la bielle matriciée en acier ou en duralumin qui donne des résultats intéressants surtout avec des coussinets régulés minces.

La lutte contre l'inertie ne porte pas sur le seul équipage piston-bielle ; partout où se trouvent des organes en mouvement alternatif, il y a intérêt à en diminuer le poids. C'est le cas des soupapes qui doivent d'autant moins présenter d'inertie que le temps qui leur est imparti pour effectuer leur levée et leur retombée sur les sièges est plus court, au fur et à mesure que le régime du moteur augmente ; c'est encore le cas de toute la timonerie de commande lorsque les soupapes sont en tête de culasse et qu'elles sont actionnées par culbuteurs et poussoirs, ceux-ci faisant largement appel aux alliages légers.

Signalons qu'en dépit de la haute conductibilité calorifique de ces alliages, il arrive que les têtes de soupape, lorsqu'elles sont de grand diamètre, présentent des dilatations inégalement réparties sur leur surface. On y remédie avec le « bain de sel », procédé qui consiste à introduire une masse de sel fusible dans la tête creuse de la soupape ; en fondant, le sel forme un bain conducteur, donc répartiteur de chaleur.

La conductibilité calorifique des alliages légers

Nous venons d'écrire que des alliages légers présentent une haute conductibilité calorifique, ce qui signifie, en d'autres termes, qu'ils évacuent rapidement la chaleur et que celle-ci est répartie très également dans toute leur masse. On aurait pu s'étonner que, dans notre exposé des organes de moteur bénéficiant de l'emploi de métaux de moindre poids, nous ne fassions pas allusion aux culasses en aluminium qui constituent un perfectionnement important dont on constate les pleins effets de nos jours.

C'est qu'en fait il ne s'agit pas ici d'un problème d'allègement, mais uniquement d'une question de conductibilité calorifique, liée à l'augmentation du taux de compression exigée par la recherche des hauts rendements. Si l'on n'utilise pas des carburants spéciaux à haut indice d'octane et contenant du plomb tétraéthyle ou toute autre substance classée « anti-détonante », on se trouve rapidement limité dans cet accroissement par le phénomène de détonation, qui devait donner lieu pendant des années à de multiples controverses. La première condition à remplir est d'éviter la création de « points chauds » à la surface de la chambre d'explosions. Il n'est pas étonnant de constater que, sans faire appel à des carburants spéciaux, uniquement en substituant à la culasse de fonte un spécimen à base d'alliage d'aluminium, on puisse adopter des taux de compression élevés sans observer de détonation.

La conductibilité des alliages légers est susceptible de conduire à des développements fort intéressants. C'est ainsi que, dans la voiturette étudiée et réalisée par l'ingénieur français Andreau, la constitution du moteur par un bloc d'alliage léger a permis de réaliser un refroidissement auxiliaire en ventilant directement le carter par une ouverture centrale, ce qui enlève 20 % du total des calories à évacuer sans absorption corrélative de puissance, puisqu'il n'y a pas de ventilateur.

Pour terminer ce chapitre de l'allègement du moteur, signalons les résultats extraordinaires obtenus dans cette voie par la société américaine Crossley, qui vient de réaliser un 750 cm³, donnant 26 ch à 5 200 tours/mn, le bloc complet ne pesant que 6,350 kg. C'est un quatre-cylindres, dont le bloc-cylindres est constitué de portions de tubes en acier type « allié » à faible épaisseur de parois pour les cylindres et les guides de poussoirs des soupapes, lesquelles sont en tête et commandées par un arbre à cames à cinq paliers, recevant son mouvement à partir du vilebrequin au moyen d'un arbre intermédiaire et de pignons coniques; les fonds de cylindre ainsi que les conduits d'admission et d'échappement et l'enveloppe d'eau de refroidissement sont en tôle d'acier emboutie. Le carter du vilebrequin est en alliage « allié » coulé; les cames agissant sur des poussoirs trempés et rectifiés en tubes d'acier fermés à une extrémité par une rondelle d'acier brasé, les soupapes ont une tête en acier au chrome-nickel avec tige creuse, et les pistons sont en alliage « allié » coulé en moules permanents. Ce moteur a déjà été utilisé par l'aviation américaine pour des groupes de mise en marche des avions lourds; il est destiné à équiper une voiturette qui ne sera légère que par suite de son encombrement réduit, et non par une étude systématique de la réduction du poids

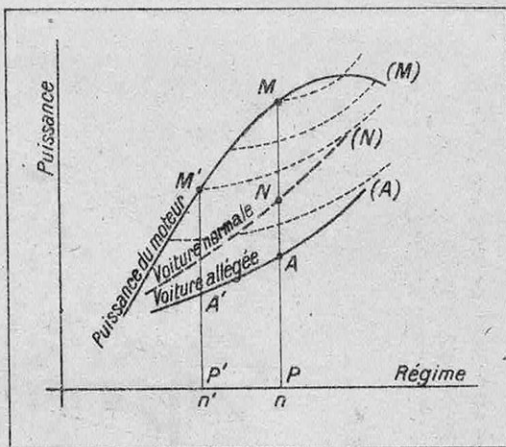


FIG. 5. — ÉCONOMIE D'ESSENCE PAR L'EMPLOI DE DÉMULTIPLICATIONS PLUS FAIBLES SUR UNE VOITURE ALLÉGÉE

A une même vitesse en palier et pour une « souplesse » égale ($NM = A'M'$), le moteur de la voiture allégée tourne à un régime (n') inférieur à celui de la voiture normale (n). On utilisera donc une démultiplication plus faible et on bénéficiera d'une économie de carburant. (Les courbes en pointillés sont les courbes d'égale consommation.)

suspendu, ce qui est dommage, car il y avait un travail d'ensemble intéressant à conduire avec, pour base de départ, un moteur qui, complet avec ses accessoires (dynamo et démarreur), ne pèse pas plus de 55 kg (68,700 kg avec un radiateur contenant 4,75 l d'eau et d'antigel).

L'allègement du châssis

Après l'allègement du moteur, envisageons maintenant celui de l'ensemble, et, plus précisément, de ce qu'il est convenu d'appeler les masses non suspendues, dont on affirme depuis de nombreuses années déjà qu'elles doivent être réduites au minimum. Pour le châssis, comme pour le moteur, l'allègement n'a pu se faire que lorsque les développements concomitants de la technique purement automobile eurent montré qu'il était indispensable de s'engager dans cette voie.

Ce fut un constructeur de pneumatiques qui lança le slogan : « Le poids c'est l'ennemi ». Il avait quelque mérite à cela, puisqu'une voiture lourde consomme — c'est le terme exact — plus de pneus qu'un modèle allégé, toutes choses égales d'ailleurs. Il est vrai que le problème est à double face, puisqu'on peut profiter du poids amélioré, soit pour adopter un pneumatique d'une dimension moindre, soit pour réduire la pression de gonflement et que, précisément à cette époque, il était fort question d'imposer le pneumatique à basse pression dont l'avenir a confirmé l'excellence. Sans nous étendre sur ce sujet, indiquons seulement que, dans le premier cas, — réduction des dimensions du pneu — on réalise une économie d'usure telle qu'au bout de 150 000 km on aura gagné un train de pneumatiques, et que, dans le second cas, — réduction de pression —, ce gain s'établit au bout de 160 000 km.

C'est l'avènement de la carrosserie profilée qui devait, en conséquence directe, imposer

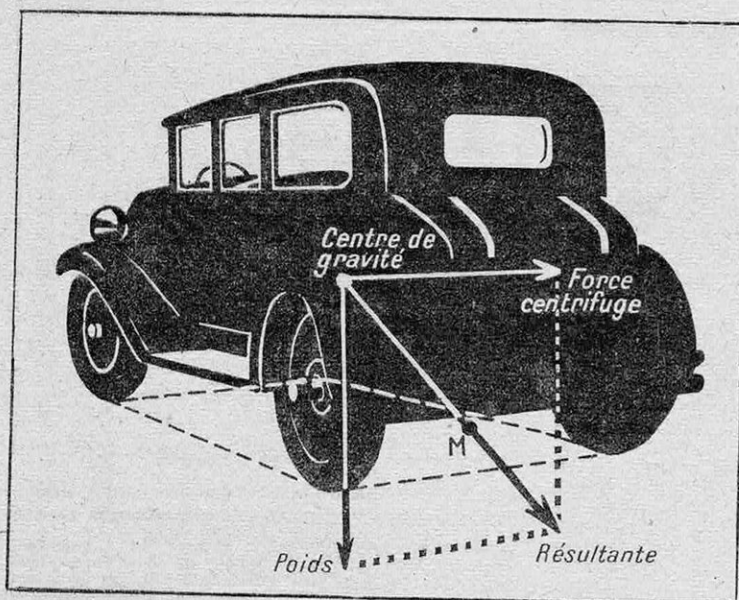


FIG. 6. — UN CENTRE DE GRAVITÉ PLACÉ TROP HAUT PROVOQUE LE RETOURNEMENT DANS UN VIRAGE

Poids et force centrifuge, appliqués au centre de gravité, se composent en une force unique qui rencontre le sol au point M. Lorsque ce point sort du rectangle des points de contact des quatre roues, il y a retournement.

l'allègement total tel qu'il est pratiqué de nos jours. Ce profilage était lui-même une conséquence inévitable de l'évolution de la technique. Ne pouvant plus en effet faire progresser ni le moteur (dont on ne pouvait plus guère améliorer ni la consommation spécifique, ni le rendement au litre), ni le châssis et la carrosserie (qui assuraient tout à la fois rigidité, sécurité et tenue de route avec des châssis à fortes entretoises en profilés tubulaires ou les carrosseries coques), ni la suspension (qui marquait un progrès décisif avec les roues indépendantes), ni enfin le freinage (avec les servo-freins et les systèmes hydrauliques ou autoserreurs), on n'espérait plus guère de progrès que dans la réduction de la consommation en carburant, ce qui était poser nettement le problème des formes de pénétration maximum dans l'air.

Or, les avantages obtenus avec une caisse profilée demeurent discutables, sinon illusoire, tant que le poids n'a pas été réduit dans une large mesure. Le graphique de la figure 3 montre bien qu'à vitesse maximum en palier égale, une voiture à caisse profilée est moins « souple » qu'une voiture allégée. Et, comme toutes les recherches aérodynamiques ont conduit à augmenter le poids, on conçoit la nécessité impérieuse de l'allègement.

Consommation en carburant

Quelle est la part exacte de réduction que peut apporter l'allègement dans le domaine de la consommation ? La réponse est fournie par les deux graphiques de la figure 4. Le premier graphique donne la consommation en palier et en côte d'une voiture ordinaire et d'une voiture du même type allégée de 200 kg. On trouve que le gain en palier à l'actif de la voiture

allégée est à peu près indépendante de la vitesse et d'une valeur faible — 1,2 % environ, — mais qu'en côte les 200 kg d'allègement font gagner 2,8 % sur une pente à 5 % ; 4,6 % sur une pente à 10 % et 6,3 % sur une pente à 15 %. Le deuxième graphique indique les différences de consommation en période d'accélération sur les différentes combinaisons de la boîte de vitesse ; on trouve que, pour un rapport déterminé de la boîte, le gain obtenu pour une voiture allégée de 200 kg croît au fur et à mesure que l'accélération augmente ; ceci est remarquable surtout pour la première vitesse, car plus on monte la gamme des rapports, plus le gain tend à s'uniformiser, la limite étant atteinte pour la prise directe.

Enfin, un troisième graphique (fig. 5) montre comment l'allègement permet de diminuer la démultiplication pour économiser l'essence. La courbe (M) étant la courbe de puissance du moteur, la courbe (N) représente l'absorption de puissance pour une voiture normale en palier et la courbe (A) la même absorption rapportée à une voiture allégée : la courbe (A) se trouve entièrement en dessous de la courbe (N).

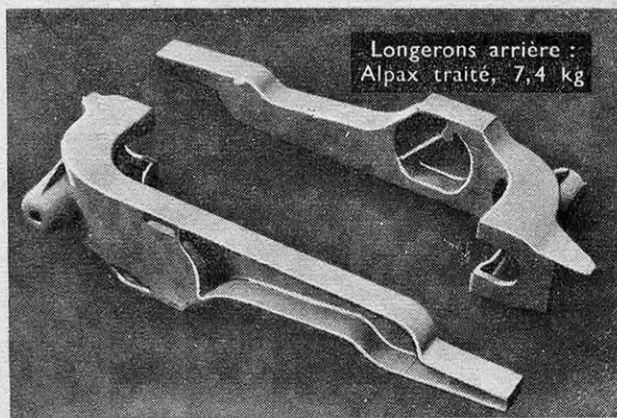
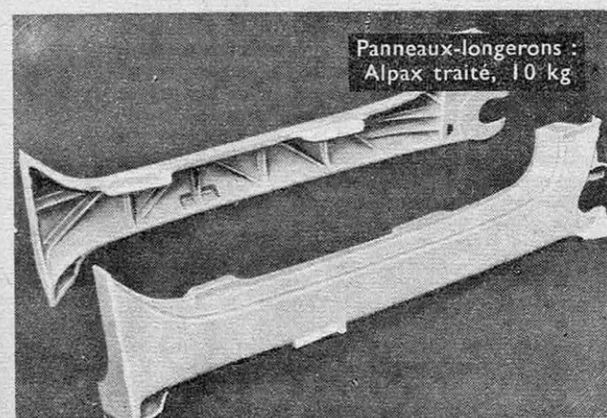
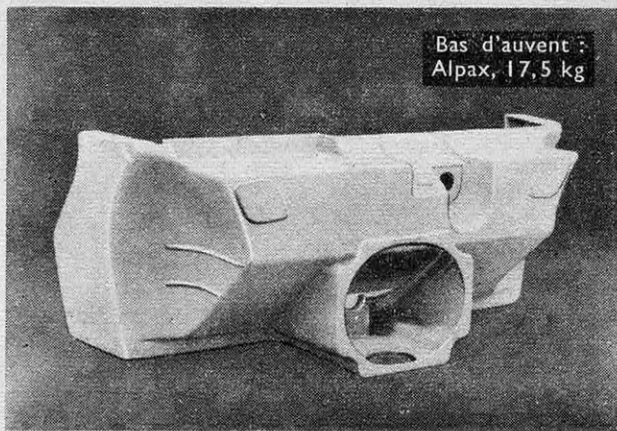
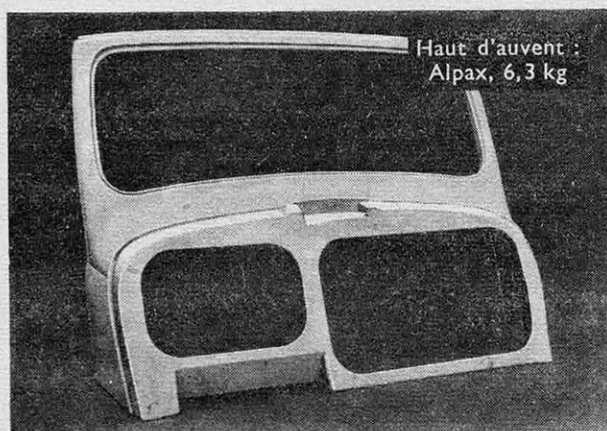
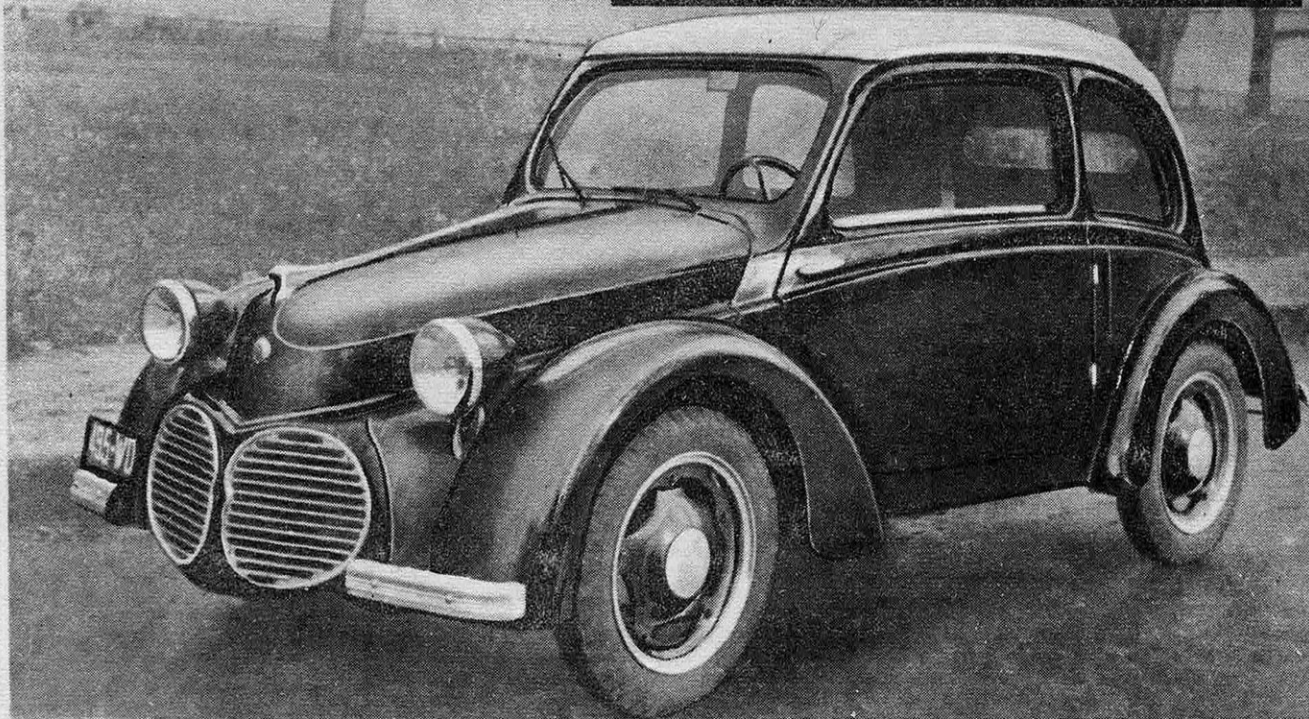
Lorsque le moteur tourne à n tours/minute, la puissance disponible étant mesurée par PM et la puissance absorbée en palier par PN pour la voiture normale, par PA pour la voiture allégée, la souplesse est représentée par NM pour la voiture normale, AM pour la voiture allégée ; si l'on veut se contenter pour la deuxième d'une souplesse égale à celle de la voiture normale, on voit qu'on pourra faire tourner le moteur à un régime n' (inférieur à n), pour lequel la souplesse sera représentée par le segment A'M' égal à NM. L'examen des courbes d'égale consommation (représentées en pointillé) montre alors que ce passage de la puissance PM à la puissance P'M' correspond au passage sur une courbe de consommation moindre, d'où la conclusion : alléger la voiture permet de garder la même souplesse avec une moindre consommation de carburant, par diminution de la démultiplication.

Tenue de route

Mais le principal argument des détracteurs de l'allègement est la mauvaise tenue de route (supposée) des voitures allégées. Un raisonnement très simple montre que cet argument ne « tient » pas à l'examen. Un véhicule prenant une courbe est sollicité, en plus de son poids, par une force centrifuge appliquée comme le poids au centre de gravité, proportionnelle à la masse et au carré de la vitesse, et inversement proportionnelle au rayon du virage. Cette force tend soit à renverser le véhicule, soit à le

VOITURE A. F. GRÉGOIRE :

4 roues, 4 places, 4 vitesses, moteur à 2 cylindres opposés,
poids : 430 kg, vitesse moyenne : 72 km/h, 5,4 l aux 100 km

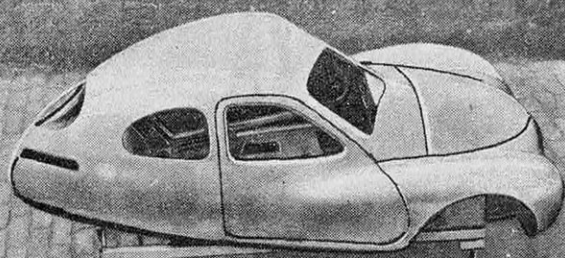


VOITURE ANDREAU (MATHIS VL 333) :

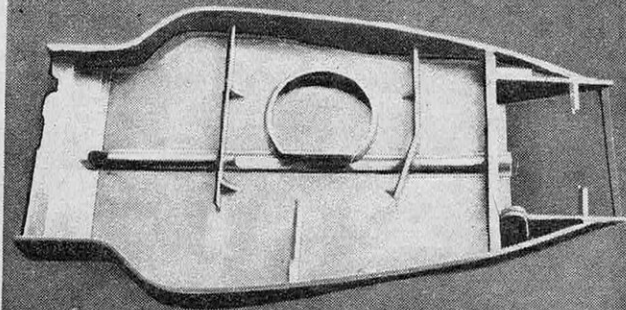
3 roues, 3 places, 4 vitesses, moteur à 2 cylindres opposés, poids à vide : 385 kg, vitesse moyenne : 65 km/h, 3,475 l aux 100 km



Caisse-coque



Embase caissonnée



faire dérapager vers l'extérieur de la courbe.

Il y a *renversement* si la résultante du poids et de la force centrifuge (appliquée au centre de gravité) rencontre le sol en un point extérieur aux roues (polygone de sustentation); la direction de cette résultante étant indépendante de la masse, la tendance au renversement n'est pas modifiée par l'allègement total de la voiture, mais elle est diminuée par un abaissement du centre de gravité. Or, l'allègement de la voiture a le plus souvent comme conséquence un abaissement du centre de gravité, parce que les parties hautes (carrosserie) sont plus faciles à alléger que les parties basses (châssis).

Il y a *dérapiage* si la force centrifuge est supérieure à la somme des forces d'adhérence transversale des pneumatiques au sol. Force centrifuge et adhérence étant proportionnelles à la masse, la tendance au dérapage n'est pas modifiée par une variation de celle-ci.

L'erreur commise lorsqu'on prétend qu'une voiture allégée est plus difficile à conduire qu'une voiture lourde a probablement pour point de départ cette remarque courante qu'un véhicule à quatre places occupées et chargé de bagages tangue moins et réagit moins aux inégalités de la route que s'il est à vide. Ce n'est pas une question de poids, mais de répartition des masses.

Rappelons que l'équilibrage des masses principales d'une voiture se fait le long d'un axe du châssis dans le sens de l'empattement et aussi près que possible du centre de poussée pour réduire les effets de l'inertie dans les virages. Par contre, pour éviter le tangage, on a intérêt à reporter ces masses vers l'avant et vers l'arrière du véhicule. En effet, lorsque les roues avant abordent un obstacle, il y a soulèvement de l'essieu avant — sauf en cas de suspension à roues indépendantes — puis

de l'essieu arrière, ce qui crée un mouvement ondulatoire d'amplitude d'autant moins grande que la suspension est plus efficace. En réparant les masses aux deux extrémités, ce mouvement ondulatoire sera peu perceptible, ces masses opposant leur inertie à l'effet des irrégularités de la route.

L'inverse se produit en virage : il existe, en effet, au moment de son entrée, une période de transition pendant laquelle on passe de la ligne droite à la courbe, cette période se reproduisant à la sortie du virage ou lorsque la courbure varie (cas d'un virage en « S ») ; à ce moment, le véhicule amorcé ou termine une rotation autour d'un axe vertical virtuel passant par le centre de gravité. Si les masses sont loin du centre, la manœuvre s'effectue avec moins d'aisance.

Le poids total du véhicule n'intervient en aucune façon dans cette succession de phénomènes, bien que, au point de vue agrément de la conduite, l'effort musculaire que doit développer le conducteur soit sensiblement moindre sur la voiture allégée. Il n'en est pas moins vrai — et c'est la théorie qui a présidé à l'établissement des voitures très allégées de MM. Grégoire et Andreau — qu'avec un poids réduit il est indispensable de prévoir une suspension à flexibilité variable, et que, pour une transmission correcte des efforts de traction, il faut choisir entre le « tout-avant » ou le « tout-arrière », car la partie mécanique n'étant pas allégée dans les mêmes proportions que l'ensemble châssis-carrosserie, on risquerait avec une traction arrière dont le bloc moteur-boîte de vitesse serait disposé en avant, de n'avoir pas en côte une charge suffisante sur l'essieu arrière. La règle est de charger l'essieu moteur, ce qui peut amener, avec une traction avant, à placer le moteur en avant de la caisse, c'est-à-dire en porte-à-faux.

Réalisations pratiques de l'allégement châssis-carrosserie

Tout comme pour le moteur, l'allégement de l'ensemble châssis-carrosserie s'est fait par étapes successives, que nous allons résumer rapidement.

Les métaux légers entrèrent d'abord peu à peu dans la constitution du cadre du châssis, la rigidité étant obtenue au moyen d'entretoises en forme d'X appelées *entretoises de rigidification*. Un autre progrès fut accompli le jour où l'on entreprit de monter sur ce châssis une carrosserie ultra-légère avec jonction souple entre les deux organes, solution séduisante en théorie, décevante en pratique en raison d'une robustesse très discutable.

Un progrès décisif fut la réalisation de la carrosserie entièrement métallique, prise dans la masse grâce à l'emboutissage de la tôle d'acier, donc tout à fait légère et résistante et qui s'assemble au cadre par soudure électrique. Ce procédé a nécessité la mise au point d'une technique spéciale de la soudure avec constitution d'une chaîne de montage ne se livrant qu'à des opérations de soudure électrique ; toutes les pièces constituant le châssis et le plancher, d'une part, les pièces constituant l'auvent, le capot, la calandre et les montants de pare-brise, d'autre part, et enfin toutes les pièces constituant la carrosserie sont soudées ensemble.

Mais il semble que, dans cette voie, on ne puisse aboutir que par une véritable spéciali-

sation et que par une étude systématique, dans le sens très particulier de l'allégement, de toutes les pièces constituant la carrosserie. Cette remarque sous-entend que l'on se préoccupera, tout d'abord, du matériau de constitution. On a pensé à l'emploi des matières plastiques, qui peuvent être en effet une solution d'avenir, lorsqu'on se sera rendu maître des conditions matérielles d'exécution et lorsqu'on aura résolu les problèmes délicats de résistance posés par le fait que le module d'élasticité dépend de la charge.

On a pensé aussi au bois, dont l'utilisation n'est pas récente, puisqu'on a eu et qu'on a encore des exemples d'adaptation du contre-plaqué ; l'exemple de l'aviation avec ses constructions en feuilles de bois collées mises en formes sur moules métalliques à chaud (De Havilland « Mosquito ») est encourageant. Mais, jusqu'à présent, le facteur résistance paraît opposer un « veto » formel à de telles réalisations, qui sont d'ailleurs délicates en automobile en raison de la complexité des formes.

Une fois encore, on en revient aux métaux légers. Les deux productions les plus récentes dans ce domaine sont celles de MM. Grégoire d'une part, Andreau d'autre part, qui se sont servis des alliages légers à haute résistance et qui en ont étudié l'emploi avec une minutie exceptionnelle. Leurs deux conceptions sont, du reste, absolument opposées.

M. Grégoire fait appel (fig. page 93) à une carrosse en alu composée d'un auvent inférieur sur lequel on boulonne les panneaux-longerons qui supportent des longerons arrière, l'auvent supérieur et le support avant auquel se fixent suspension avant et bloc moteur. Les roues arrière sont portées par des bras en alliage léger tourillonnant sur des blocs en caoutchouc ; la carrosserie est en « Duralinox H 3 ».

M. Andreau a conçu pour la voiture Mathis VL 333 une coque totale en tôles de AG 3 soudées électriquement par points et comportant à l'avant une pièce en alliage coulé qui supporte, en répartissant les efforts, la suspension avant et le bloc moteur. Cette coque pèse 80 kg (130 kg si elle est réalisée en bois mis en forme) ; soumise à une charge de 1 415 kg, elle n'accuse qu'une flèche élastique de 2,8 mm (fig. page 94).

Troisième solution possible, celle du taxi de la Compagnie Générale des Voitures avec châssis en AG 5 soudé électriquement par points (28 kg au total), auquel s'adjoint une carrosserie à ossature en AG 3 supportant des panneaux de même alliage. Cet ensemble est nécessité par l'obligation où l'on se trouve de pouvoir remplacer immédiatement une carrosserie victime d'accident.

Si nous examinons les performances, nous constaterons qu'avec la voiture Grégoire — quatre places, quatre roues — la consommation est de l'ordre de 5,5 l aux 100 km pour une vitesse moyenne de 75 km/h. Pour la voiture d'Andreau — deux places, trois roues — cette consommation est inférieure à 4 l aux 100 km pour une vitesse moyenne de 65 km/h. Enfin, avec le taxi dont l'allégement est de 40 % environ, la consommation représente 38 % de la consommation d'un taxi de poids ordinaire.

Il y a là plus qu'un point de départ, une véritable orientation de la voiture légère de demain, des résultats analogues pouvant être pronostiqués sans grand risque d'erreur sur des voitures de cylindrées supérieures.

J. BONNET

A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DECOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

BEURRE ET SAVON DE CHARBON

DE nombreuses recherches ont été entreprises, surtout en Allemagne, pour reproduire industriellement par synthèse les acides gras saturés naturels, soit pour leur utilisation en savonnerie, soit pour les substituer aux matières grasses alimentaires. On a beaucoup parlé en particulier, pendant la dernière guerre, du beurre synthétique fabriqué « à partir du charbon. » En réalité, la matière première est un hydrocarbure lourd, sous-produit du charbon.

Les figures 1 et 2 montrent une partie de l'installation actuellement en fonctionnement à la savonnerie Imhausen, à Witten dans la Rhur, qui produisait pendant la guerre entre 150 et 200 tonnes de beurre par mois et en livre actuellement 350, la quantité de matière première disponible étant devenue plus abondante. Le principe de fabrication est

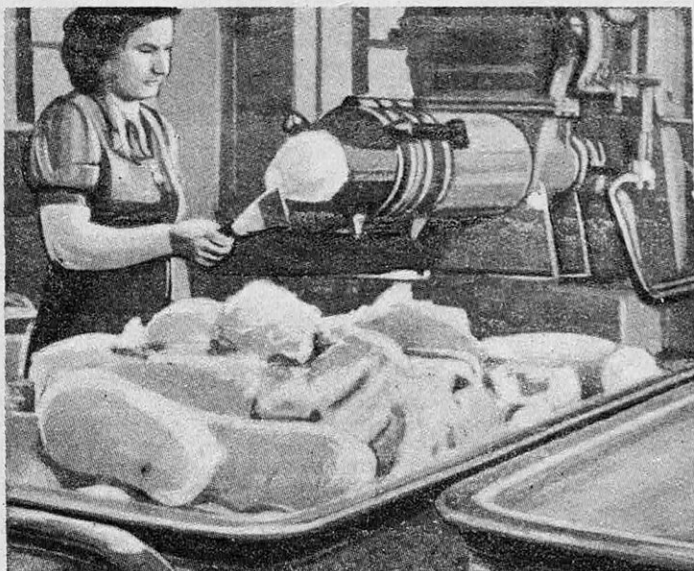


FIG. 2. — LE BEURRE DE CHARBON SORTANT DES MACHINES A L'USINE IMHAUSEN, DANS LA RUHR

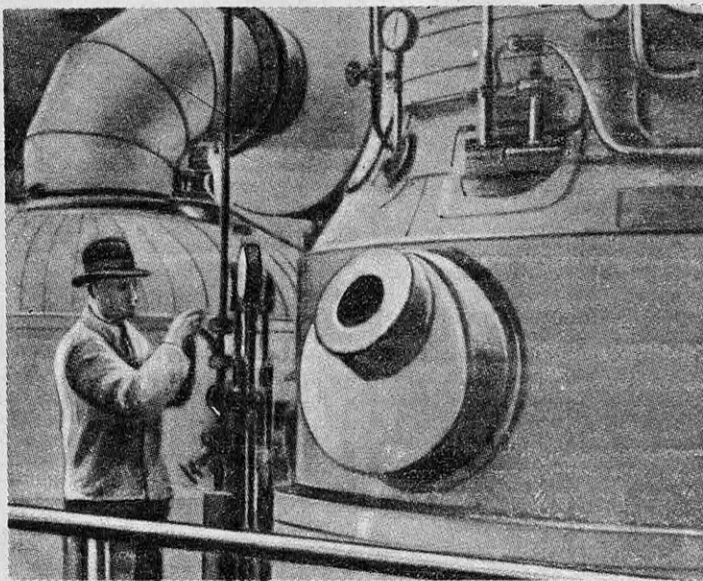


FIG. 1. — LES TANKS D'ACIDES GRAS AVEC, AU-DESSUS, LE DISPOSITIF D'AMENÉE DE LA GLYCÉRINE

l'oxydation de cet hydrocarbure suivie de l'extraction des acides gras ainsi formés par chauffage dans de grandes cuves. Ces acides gras peuvent servir à leur tour de point de départ des opérations ultérieures, soit pour la production du savon, soit pour celle du beurre.

Dans ce dernier cas, on distille à nouveau les acides gras précédemment obtenus et on leur ajoute de la glycérine et du carotène, qui donne au beurre sa coloration et est une précieuse provitamine A. On obtient environ 80 tonnes d'acides gras pour 100 tonnes de matière première, quantité suffisante pour produire 40 tonnes de beurre ou de savon.

Pour fabriquer du savon, on supprime la distillation des acides gras et on leur ajoute de la soude. A l'usine de Witten, on prépare ainsi en particulier un savon spécial, à 80 p. 100 de matières grasses, contre les dermatoses, réservé aux ouvriers mineurs.

V. RUBOR

SCIENCE ET VIE PRATIQUE

10 A 15.000 FRANCS PAR MOIS !

Salaire officiel du Chef Comptable. Préparez chez vous, vite, à peu de frais, le diplôme d'Etat qui vous assurera une situation commerciale ou libérale. Demandez le guide gratuit N° 15 « Comptabilité, tremplin du succès », à l'Ecole Préparatoire d'Administration, 4, r. des Petits-Champs, Paris.

CE QU'EST L'ÉLECTROCUTEUR H. F. DESTRUCTEUR DE MOUSTIQUES

Cet appareil est composé d'un double cylindre de métal perforé dont l'axe est constitué par un tube lu mine ux de faible wattage et une car touche d'un p r o d u i t spécial attirant insecte.



Le socle, en matière moulée, contient le mécanisme transformateur de courant. Dans le cylindre passe un haut voltage qui, par simple contact, électrocute instantanément tout insecte.

C'est véritablement, à l'heure actuelle, le procédé de destruction le plus moderne, le seul infailible.

L'ÉLECTROCUTEUR H. F. est une invention brevetée de S. E. V. U.

12 bis, avenue des Gobelins, Paris, à qui vous pouvez écrire en demandant la notice S1.

REVUES CIRCULANTES 75% D'ÉCONOMIE

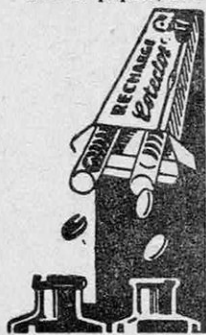
Toutes vos revues préférées littéraires, illustrées, artistiques et scientifiques à prix réduit. Pour une dépense équivalente à un seul abonnement ordinaire. Vous pouvez lire deux ou trois revues.

Demandez le catalogue K. 170 revues. MON FOYER, 63, rue Bourgogne, ORLÉANS.

RETENEZ BIEN CECI : AVEC CORECTOR ON EFFACE COMME ON ÉCRIT

Sur le papier, le bois, les mains, les étoffes blanches, CORECTOR enlève les taches d'encre, de fruits, de teinture d'iode.

Par suite de la pénurie de flacons, refaites vous-même un Corector frais et efficace en utilisant les étuis de recharge CORECTOR. Garanti sans chlore, ne jaunit pas et ne brûle pas. En vente partout.



ÉTUDES ET PROJETS

Dessinateur, licencié es sciences, entreprend tous travaux de dessin : mécanique, électricité, études, travaux pour brevets, épures et perspectives diverses.

Renseignements : GRANGER, 2, rue de Vanves, Clamart (Seine).

POUR COLLER PHOTOS PAPIERS, ÉTOFFES, etc.

Les Éts CORECTOR, fabricants de l'ADHÉSINE, la colle blanche parfumée, attirent l'attention des usagers sur la qualité de sa nouvelle fabrication dont le pouvoir adhésif triple se remarque rien qu'au toucher.

Pour le BUREAU,

Pour l'ATELIER,

Pour l'ÉCOLE,

Adhésine est la colle idéale, car elle est solide, propre et économique.

EN VENTE PARTOUT.

UNE GRANDE DÉCOUVERTE LA RADIESTHÉSIE PHYSIQUE

De récentes découvertes techniques, excluant tout occultisme, ont permis de mettre au point un COURS PRATIQUE DE RADIESTHÉSIE MODERNE, objective, par procédés physiques à la portée de tous, sans don spécial. 30 leçons, 150 exercices judicieux vous initieront en un mois pour vos résultats professionnels pratiques. Brillants succès garantis, déjà acquis par milliers d'élèves enthousiastes. Brochure importante, avec attestations de résultats étonnants de prospecteurs, commerçants, ingénieurs, scientifiques, médecins, physiciens, contre 6 francs timbres pour frais d'envoi. ECOLE INTERNATIONALE DE RADIESTHÉSIE par correspondance, 37-26, rue Rossini, Nice.



FILTRES SOFRANCE " VÉGÉTAL "

Après leur application à l'épuration des huiles de moteurs et du gasoil-diesel, (voir *Science et Vie* de février, mars, avril, mai et juin), les procédés SOFRANCE ont trouvé un nouveau champ d'activité dans le domaine des huiles végétales de toutes origines, en particulier celles destinées à l'alimentation, la parfumerie, la pharmacie, le compoundage, etc.

Le SOFRANCE « VÉGÉTAL » a été conçu spécialement pour la filtration des huiles à viscosité élevée, tout en conservant rigoureusement les principes d'automatisme, de simplicité, de sécurité et de durée qui sont de règle dans toutes les productions SOFRANCE ; et sans omettre la finesse de filtration au 1/20 de micron, le nettoyage automatique des éléments filtrants, etc.

Mais toutes les huiles végétales n'ont ni les mêmes caractéristiques, ni les mêmes utilisations ; aussi les appareils SOFRANCE « VÉGÉTAL » sont-ils étudiés pour répondre aux exigences diverses des usagers.

Ainsi, pour les huiles destinées à l'alimentation, un dispositif spécial pour la désodorisation et la décoloration est prévu pour un traitement rationnel par produits adsorbants et actifs divers.

Description. — L'appareil comporte les dispositifs suivants : bac de remplissage A, cuve à huile sale B, corps de filtre C avec éléments filtrants et résistances chauffantes C, et pompe électrique à marche automatique E actionnant un compresseur d'air.

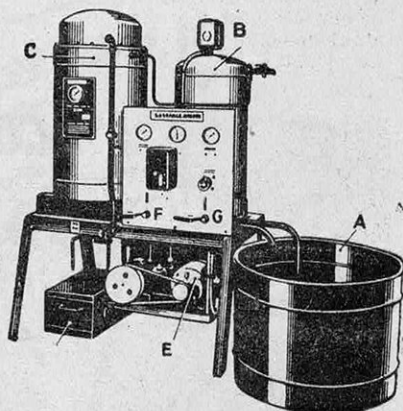
Utilisation. — Pour obtenir la désodorisation et la décoloration avec les poudres préalablement essayées au laboratoire, celles-ci sont ajoutées à l'huile à traiter dans le bac de remplissage A.

Pour réaliser le mélange intime nécessaire pour mener à bien l'opération, il suffit, par un simple jeu des robinets F et G, de faire passer le liquide chargé de poudre dans un circuit de brassage que l'on maintient, avant filtration, aussi longtemps qu'il est nécessaire pour que l'effet recherché soit produit. On peut alors filtrer.

Ces opérations, comme celle du nettoyage, se font également par une simple manœuvre de robinets, et toujours automatiquement. Le débit moyen est de 50 à 1 000 l à l'heure suivant la nature des huiles et le type d'appareil.

Ces appareils conviennent parfaitement pour l'épuration des vaselines semi-liquides et produits analogues utilisés en parfumerie et en pharmacie.

Ces épurateurs sont fabriqués par la Société des Filtrés français SOFRANCE, 1, boulevard de Fleurus, LIMOGES, et à PARIS, 206, boulevard Pereire. Tél. ÉTOile 35-19. — DOCUMENTATION sur demande.



Dans la Radio et l'Electricité

"En moins d'un an j'ai pu gagner
12.000 frs. par mois"...

Très vite, j'ai su faire des dépannages et des installations diverses. Maintenant, je construis des postes et je gagne bien ma vie...

Voilà ce que nous dit un de nos anciens élèves.

Des centaines de références semblables nous parviennent chaque mois de tous pays.

SANS QUITTER VOTRE EMPLOI

suivez notre méthode
moderne
d'enseignement
professionnel.

Le pratique et la
théorie chez vous par
correspondance.

C'est en vous exerçant sur un
matériel véritable que vous
ferez des progrès rapides.

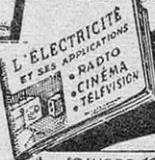
4 coffrets
d'expérience
sont envoyés
à tous nos
cours des
études.



Dès aujourd'hui demandez
notre Album
l'Electricité et ses Applications:
Radio, Cinéma, Télévision

Nom: _____

Adresse: _____



JOINDRE 10f
pour tous frais

INSTITUT ELECTRO-RADIO
6, RUE DE TEHERAN, PARIS, 8^e



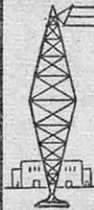
Dans L'AVIATION

Dans la MARINE



**IL FAUT des RADIOS
des DESSINATEURS**

ASSUREZ VOTRE AVENIR
EN PREPARANT, SANS
QUITTER VOTRE EMPLOI,
PAR NOS ETUDES
TECHNIQUES VOTRE
SITUATION DANS
L'INDUSTRIE, L'AVIATION,
L'ARMÉE, LA MARINE, ETC.



TRAVAUX PRATIQUES CHEZ SOI

**ECOLE DES SCIENCES
INDUSTRIELLES**
2, Rue des Tanneries, PARIS

LEÇONS CONFORMES AUX
PROGRAMMES OFFICIELS

RENSEIGNEMENTS GRATUITS



L'ÉCOLE INTERNATIONALE
PAR CORRESPONDANCE
DE DESSIN ET DE PEINTURE
SERVICE R.S.5 PRINCIPAUTÉ DE MONACO

★ Album de renseignements
sur simple demande à l'a-
dresse ci-dessus. Joindre
6 frs pour tous frais.

UNE GRANDE ÉCOLE D'ART MODERNE
UNE MÉTHODE INCOMPARABLE
UNE ATMOSPHÈRE D'AMITIÉ ET DE CONFIANCE

CROQUIS
D'ÉLÈVE

Devenez ÉCRIVAIN

*Vous doublerez votre
valeur professionnelle*



Quoi que vous vous proposiez d'écrire, ce petit livre vous apportera des informations inattendues et même une sorte de révélation.

Savoir bien rédiger est une condition essentielle de réussite non seulement dans la presse et l'illustration, mais dans l'administration, les affaires, la publicité.

Un bon rédacteur se fera toujours une place de premier plan quelle que soit la carrière où le portent ses préférences.

LES BONS RÉDACTEURS SONT RARES

L'art d'écrire comporte un métier qui, comme tous les autres, s'apprend en travaillant. Apprenez votre métier d'écrivain par une méthode éprouvée et attrayante. Ce sera pour vous une garantie permanente de succès dans l'avenir.

La brochure *L'Art d'écrire* a été spécialement éditée pour vous renseigner d'une manière très complète, sur la méthode et le programme de l'École A. B. C. de rédaction.

Quel que soit le genre littéraire que vous désirez adopter, vous lirez cette brochure avec profit. Demandez-la sans tarder en joignant 6 fr. pour frais d'envoi. N'hésitez pas à nous écrire et à nous dire quel but vous poursuivez, nous pourrions vous conseiller utilement et sans aucun engagement.

ÉCOLE A. B. C. (RÉDACTION B. 5)
12, rue Lincoln (Ch.-Élysées), PARIS

Avez-vous une bonne instruction ?
Voulez-vous vous créer rapidement
dans une carrière nouvelle une

brillante situation

vous assurant une vie agréable
dans une confortable aisance ?

**DEVENEZ
EXPERT FISCAL**

On compte à peine quelques centaines d'experts fiscaux pour des centaines de mille d'entreprises recherchant leur collaboration. Et cette considération n'est pas unique, il y en a d'autres ; notre brochure vous les révélera. Elle vous documentera aussi sur nos cours de fiscalité par correspondance.

— DEMANDEZ-LA —

Préciser brochure **A F** Envoi gratuit

Administration du **TABLEAU FISCAL**
65 et 67, rue de la Victoire, Paris 9^e

Jeunes gens!

ASSUREZ VOTRE AVENIR
EN DEVENANT
RADIO-TECHNICIEN
sans quitter votre emploi

CONSTRUISEZ VOUS-MÊME UN POSTE QUI RESTERA VOTRE PROPRIÉTÉ
AVEC MATÉRIEL FOURNI GRATUITEMENT PAR L'ÉCOLE



PUB. DOUILLET

PUBL. BONNANGE

LIBRAIRIE
SCIENCE et LOISIRS

AUTOMOBILE - AVIATION - CINÉMA - MARITIME
ELECTRICITÉ - ÉLEVAGE - ENSEIGNEMENT
RADIO - TÉLÉVISION
MÉCANIQUE - PHOTO
DESSIN - DICTIONNAIRE

LE PLUS GRAND CHOIX D'OUVRAGES TECHNIQUES DE VULGARISATION SCIENTIFIQUE ET D'UTILITÉ PRATIQUE.

ENCYCLOPÉDIES - GÉNÉRAL - JEUX DE SOCIÉTÉ - ASTROLOGIE - YACHTING - MENUISERIE - TÉLÉ - PHILOSOPHIE - RADIESTHÉSIE - D'AMATEURS - SCIENCES - LANGUES ÉTRANGÈRES - JARDINAGE

CATALOGUE N° 12 CONTENANT SOMMAIRES DE 750 OUVRAGES, FRANCO CONTRE 10 FRANCS EN TIMBRES.

EXPÉDITIONS IMMÉDIATES FRANCE ET COLONIES.

17, AV. de la RÉPUBLIQUE
PARIS (XI^e) Métro : République

La Librairie de Paris
au service de toute la France!

Devenez REPORTER ou CORRESPONDANT de Presse

SPORTIF - THÉÂTRAL - CINÉMA
INFORMATION - CRIMINEL - VOYAGES

En suivant notre cours de **JOURNALISME**

Si vous aimez le **DESSIN**, le **CROQUIS**
Suivez notre cours de **CARICATURISTE**

TOUS CES COURS PAR CORRESPONDANCE PEUVENT ÊTRE SUIVIS SANS QUITTER VOS OCCUPATIONS HABITUELLES

SITUATIONS D'AVENIR INDEPENDANTES ASSURÉES

Pour tous renseignements gratuits écrire à l'

ÉCOLE TECHNIQUE DE REPORTAGE
8, boulevard Michelet, 8
TOULOUSE

Une Situation d'avenir en étudiant chez soi

DESSIN INDUSTRIEL RADIO

Méthode d'enseignement **INÉDITE, EFFICACE et RAPIDE** sous la direction de professeurs de valeur.

Préparation aux diplômes de :
DESSINATEUR CALQUEUR
DESSINATEUR DÉTAILLANT
DESSINATEUR PROJEVEUR
C. A. P.
BACCALURÉATS TECHNIQUES
... des carrières séduisantes et bien rémunérées.

Méthode d'enseignement technique et pratique comportant des travaux à domicile et à l'école.

Préparation aux diplômes de :
MONTEUR
CHEF MONTEUR
SOUS-INGÉNIEUR, etc.
PRÉPARATION AUX EXAMENS OFFICIELS
... un métier nouveau aux perspectives illimitées.

Nos services d'Orientation Professionnelle et de placement sont à la disposition de nos élèves.

DOCUMENTATION GRATUITE
S'adresser LA BRANCHE CHOISIE

INSTITUT PROFESSIONNEL POLYTECHNIQUE 11, RUE CHALGRIN - PARIS (16^e)

POUR LA BELGIQUE, s'adresser I. P. P., 33, rue Vandermaelen, à BRUXELLES-MOLENBEECK



AVEC VOUS
jusqu'au *Succès final*

RADIO-CINÉMA-AVIATION

JEUNES GENS... JEUNES FILLES...
Ces carrières modernes répondent bien à vos aspirations... **PRÉPAREZ-LES PAR CORRESPONDANCE**

Notre organisation spécialisée sera tout entière avec vous jusqu'au succès final. Elle groupe sous la direction d'une élite de professeurs les ÉCOLES suivantes :

ÉCOLE GÉNÉRALE RADIOTECHNIQUE
(Monteurs-dépanneurs, dessinateurs, opérateurs, sous-ingénieurs et ingénieurs.)

ÉCOLE GÉNÉRALE CINÉMATOGRAPHIQUE
(Opérateurs photographes, de projection, de prise de vue, du son.)

ÉCOLE GÉNÉRALE AÉRONAUTIQUE
(Préparation technique du pilote d'avion, navigateurs, radios, mécaniciens, techniciens.)

Documentation S. V. gratuite



CENTRE d'ÉTUDES TECHNIQUES de PARIS
69, rue Louise-Michel, LEVALLOIS

— PUBLÉDITEC-DOMENACH —

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

152, avenue de Wagram - Paris (17^e) et 3, rue du Lycée - Nice

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

MATHÉMATIQUES Les Mathématiques sont accessibles à toutes les intelligences, à condition d'être prises au point voulu, d'être progressives et d'obliger les élèves à faire de nombreux exercices. Elles sont à la base de tous les métiers et de tous les concours.

Candidats, apprenez les Mathématiques par la méthode de l'École du Génie Civil.

Cours à tous les degrés, de même que pour la Physique, la Chimie.

MÉCANIQUE ET ÉLECTRICITÉ

De nombreuses situations sont en perspective dans la Mécanique générale, les Constructions aéronautiques et l'Électricité. Les cours de l'École s'adressent aux élèves des lycées, des écoles professionnelles, ainsi qu'aux apprentis et techniciens de l'Industrie.

Les cours se font à tous les degrés : Apprenti, Monteur, Technicien, Dessinateur, Sous-Ingénieur et Ingénieur.

AVIATION CIVILE Brevets de navigateurs aériens, de Mécaniciens d'aéronefs et de Pilotes. Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs adjoints.

ÉCOLE DE T. S. F.

JEUNES GENS !

Les meilleures situations, les plus nombreuses, les plus rapides, les mieux payées, les plus attrayantes...

sont dans la **RADIO**

P. T. T., AVIATION, MARINE, NAVIGATION AÉRIENNE, COLONIES, DÉFENSE DU TERRITOIRE, POLICE, DÉPANNAGE, CONSTRUCTION INDUSTRIELLE, TÉLÉVISION, CINÉMA.

Les élèves reçoivent des devoirs qui leur sont corrigés et des cours spécialisés. Enseignement conçu d'après les méthodes les plus modernes, perfectionnées depuis 1908.

Tous nos cours comportent des exercices pratiques chez soi : lecture au son, manipulation, montage et construction de poste.

COURS DE BATIMENT

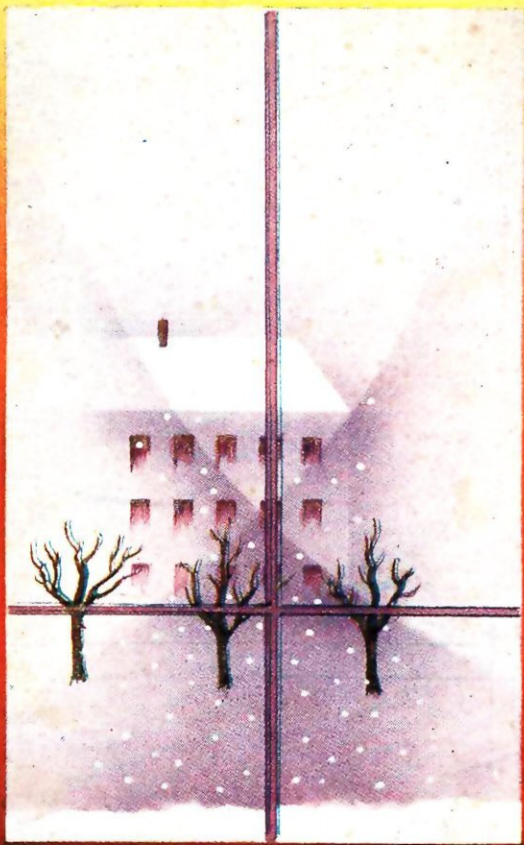
UNE CARRIÈRE D'AVENIR

Commis, métreurs, techniciens.

Envoi franco de programme de chaque section contre 10 francs en timbres.

René
Ravo

CHALEUR SAIN ET ECONOMIQUE



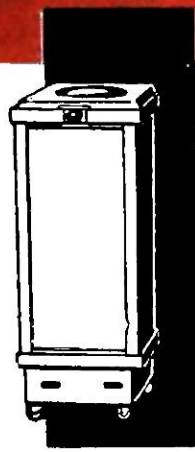
Vous adopterez le chauffage à l'électricité, car c'est le plus sain, le plus souple, le plus économique. Vous choisirez les radiateurs NORDIA - brevetés - pour leur technique rationnelle, leur rendement élevé, et leur garantie de 3 années.

RENSEIGNEMENTS ET PRIX SUR DEMANDE

A partir de 10 ampères

NORDIA

4, Cité Griset. PARIS - XI^e
OBERKAMPF 10-27



RADIATEUR NORDIA
à accumulation