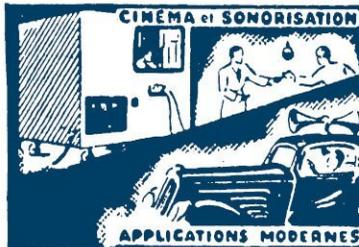


SCIENCE ET VIE





- 24 années de fonctionnement et d'expériences.
- 25 Professeurs-Ingénieurs, parmi lesquels figurent les grands noms de la Radio.
- 24.000 Élèves instruits et placés.
- 1919, depuis cette date, ses Méthodes d'Enseignement, ont classé l'Ecole Centrale de T.S.F., indiscutablement à la 1^{re} Place.

Telles sont quelques-unes des Références que nous vous apportons en zone non-occupée où nous avons créé pour vous une annexe.

Demandez-nous dès aujourd'hui, le "GUIDE GRATUIT DES CARRIÈRES"



ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F

12 rue de la Lune PARIS 2^e  Téléphone Central 78-87
"Annexe, 8 rue Porte de France - VICHY (Allier)"

Publicités Réunies

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 N° L. 9.582. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, classes de vacances, Diplôme d'études primaires préparatoires, Certificat d'études, Bourses, Brevets, Certificat d'aptitude pédagogique, etc.

BROCHURE N° L. 9.583. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, classes de vacances, Examens de passage, Certificat d'études classiques ou modernes du premier cycle, Diplôme de fin d'études secondaires, Baccalauréats, etc.

BROCHURE N° L. 9.584. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats (Lettres, Sciences, Langues vivantes, Classes élémentaires des Lycées, Collèges, Professorats pratiques), Examens professionnels, P.C.B., etc.

BROCHURE N° L. 9.585. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES : Agriculture, Industrie, Travaux publics, Mines, Commerce, Police, Enseignement, Beaux-Arts, Assistance, etc.

BROCHURE N° L. 9.586. — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS : Ingénieur (diplôme d'Etat), Sous-Ingénieur, Dessinateur, Conducteur, Chef de chantier, Contremaître, etc.

BROCHURE N° L. 9.587. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural, etc.

BROCHURE N° L. 9.588. — CARRIÈRES DU COMMERCE (Administrateur commercial, Secrétaire, Correspondancier, Sténo-dactylo, Représentant, Services de publicité, Teneur de livres), de l'INDUSTRIE HOTELIÈRE, des ASSURANCES, de la BANQUE, de la BOURSE, etc.

BROCHURE N° L. 9.589. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, DESSIN, ÉCRITURE, etc.

BROCHURE N° L. 9.590. — LANGUES VIVANTES (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol, Arabe, Annamite), TOURISME (Interprète), etc.

BROCHURE N° L. 9.591. — AIR, RADIO, MARINE : Pont, Machine, Commissariat, T.S.F., etc.

BROCHURE N° L. 9.592. — SECRÉTARIATS, BIBLIOTHÈQUES, JOURNALISME (Rédaction, Administration, Direction), etc.

BROCHURE N° L. 9.593. — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Flûte, Clarinette, Instruments de jazz, Professorats, etc.

BROCHURE N° L. 9.594. — ARTS DU DESSIN : Dessin pratique, Anatomie artistique, Dessin de Mode, Illustration, Composition décorative, Aquarelle, Gravure, Peinture, Fusain, Pastel, Professorats, Métiers d'art, etc.

BROCHURE N° L. 9.595. — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE : Petite main, Seconde main, Première main, Vendeuse, Retoucheuse, Modéliste, Professorats, etc.

BROCHURE N° L. 9.596. — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ : Coiffeuse, Manucure, Pédicure, Masseur, etc.

BROCHURE N° L. 9.597. — CARRIÈRES FÉMININES dans toutes les branches d'activité.

BROCHURE N° L. 9.598. — TOUTES LES CARRIÈRES ADMINISTRATIVES : Secrétariats d'Etat, Administrations financières, Inspection du Travail, Banques, Magistrature, Police nationale et régionale, P.T.T. Ponts et Chaussées, Chemins de fer, Préfectures, Mairies, etc.

ÉCOLE UNIVERSELLE

12 place Jules-Ferry, LYON

59 boulevard Exelmans, PARIS

LES MATHÉMATIQUES

enseignées par correspondance

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Cet enseignement est donné par

L'ÉCOLE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET APPLIQUÉES

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

Envoi gratuit du programme

Joindre un timbre pour la réponse.

LES MÊMES COURS ONT LIEU A PARIS,
152, Avenue de Wagram, 152 — PARIS (XVII°)

SEULE la Méthode A. B. C.

permet à un débutant de réussir des CROQUIS
D'APRÈS NATURE, dès la première leçon.

**L'ÉCOLE A. B. C. EST LA
PLUS IMPORTANTE ÉCOLE
DE DESSIN DU MONDE, car :**

elle comporte plus de 23 ans d'existence et plus de 60.000 élèves répartis dans le monde entier.



Dessin décoratif d'un élève

**L'ÉCOLE A.B.C. EST, PAR SA MÉTHODE INÉGALABLE,
LA PLUS MODERNE DES MÉTHODES DE DESSIN, car :**

répudiant le procédé archaïque et décevant de la copie, elle fait de ses élèves de véritables professionnels.

**L'ÉCOLE A.B.C. EST L'ÉCOLE DE CEUX QUI VEULENT
SAVOIR DESSINER ET EN TIRER PARTI, car :**

ses élèves sont recherchés par les agences de publicité, les décorateurs, les imprimeurs, les maisons de mode, en un mot par tous ceux qui recherchent des artistes spécialisés de valeur.

L'École A. B. C. doit sa réputation mondiale à la probité de son enseignement, aux résultats sans égaux atteints par ses élèves, à sa méthode qui lui a valu le parrainage enthousiaste des maîtres modernes de l'Art français.

BROCHURE GRATUITE

Écrivez à l'adresse ci-dessous pour demander la brochure de renseignements (joindre 5 francs en timbres pour tous frais).



Croquis de caractère d'un de nos élèves aujourd'hui notre collaborateur.

ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN (Section C. B. 10)

12, Rue Lincoln - PARIS (VIII^e)

6, Rue Bernadotte - PAU (Basses-Pyrénées)

une belle situation

Il y a trop d'ingénieurs, trop de médecins, trop d'avocats : **LES VOIES CLASSIQUES SONT FERMÉES.**

Mais... DES VOIES NOUVELLES SONT LIBRES... La brochure 120z que nous vous enverrons sur simple demande, accompagnée de 3 fr. pour frais d'envoi, vous prouvera que la **FISCALITÉ** est la science pratique dont la connaissance vous permettra de faire la plus brillante des carrières.

Les Cours T.F.J.

PAR CORRESPONDANCE

65 et 67, rue de la Victoire - PARIS (IX^e)

La déclaration des matériels ferrillables

Le Gouvernement a décidé la mobilisation des vieux matériels en fer, fonte et acier pour approvisionner la sidérurgie et la fonderie françaises.

Ces industries, jadis tributaires du minéral, doivent aujourd'hui, faute de charbon, être alimentées surtout en ferraille.

Une tonne d'acier n'exige en effet que 500 kg de charbon avec 1 000 kg de ferraille, au lieu de 1 500 kg de charbon avec 3 000 kg de minéral.

Il faut donc activer la mise au riblon de toutes les vieilles machines et installations arrêtées et hors d'usage qui sont disponibles.

INDUSTRIELS

C'est votre vieux matériel qui sauvera notre industrie menacée par la crise du fer. Signalez-le à :

MOBIFER (O.F.F.A)

1, boulev. Haussmann, 4, rue Paul-Lantier,
PARIS LYON

MOBIFER se chargera, avec le minimum de formalités pour vous, de le faire enlever et riblonner.

FAITES VOTRE SITUATION DANS LA RADIO!

PARENTS, JEUNES GENS !... Sachez regarder par-dessus les difficultés du présent. L'avenir appartient aux spécialistes, à tous ceux qui auront su se mettre en mains le meilleur atout, le meilleur capital qu'il soit... **UN BON METIER DANS LA RADIO...**

SUIVEZ NOS COURS PAR CORRESPONDANCE

ou sur place. Notre Ecole, dirigée par le Cdt DUPONT, ancien professeur aux Ecoles militaires, vous donnera le maximum de chances de succès aux examens officiels. **PRÉPAREZ LES CARRIÈRES INDUSTRIELLES OU ADMINISTRATIVES DE LA RADIO.**

N'hésitez pas à nous demander conseil. **ÉCRIVEZ-NOUS !**

ÉCOLE de RADIOÉLECTRICITÉ et de TÉLÉVISION de LIMOGES

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

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

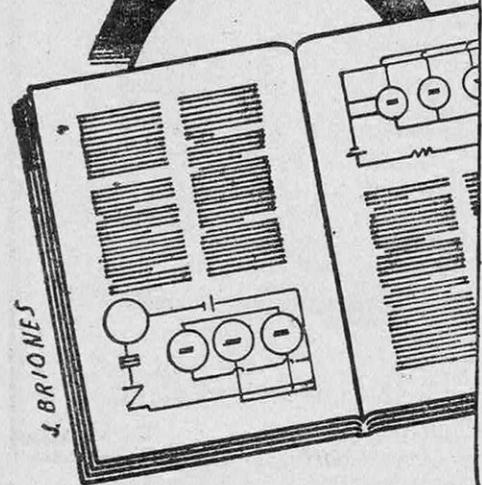
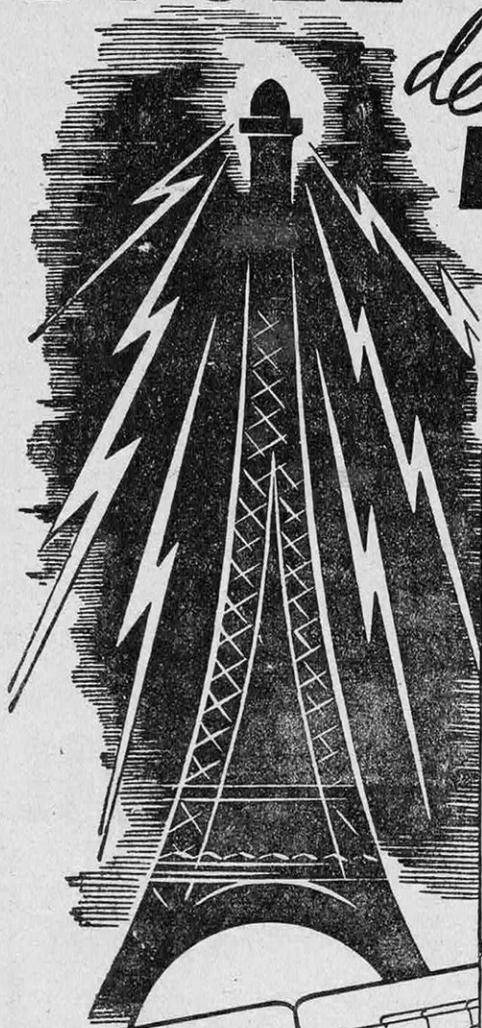
NOM..... PRÉNOMS.....

ADRESSE.....

P.F.F. 1

ECOLE SPECIALE

de t s f



J. BRIONES

COURS PAR CORRESPONDANCE

Depuis 1917, l'E. S. de T. S. F. de Paris prépare sur place et par correspondance à toutes les situations dans la T.S.F.

Durant la guerre, tous les examens sont préparés à Nice par correspondance, c'est-à-dire :

Brevets d'Etat délivrés par les P.T.T. :
Certificat spécial, opérateurs de 2^e et de 1^{re} classe, opérateurs de postes privés, opérateurs radiotéléphonistes.

Emplois administratifs : opérateurs radios de la Sécurité du territoire, opérateur-radio du Ministère de l'Air, du Ministère des Colonies, sous-ingénieur des P.T.T., inspecteurs radios de Police.

Situations industrielles : cours de monteur-dépanneur, d'opérateur technique, de radiotechnicien, de sous-ingénieur et d'ingénieur.

Divers : cours d'amateur radio, d'électricien en télévision et cinéma.

Enseignement : les élèves reçoivent des cours très complets et des séries de devoirs qui leur sont corrigés.

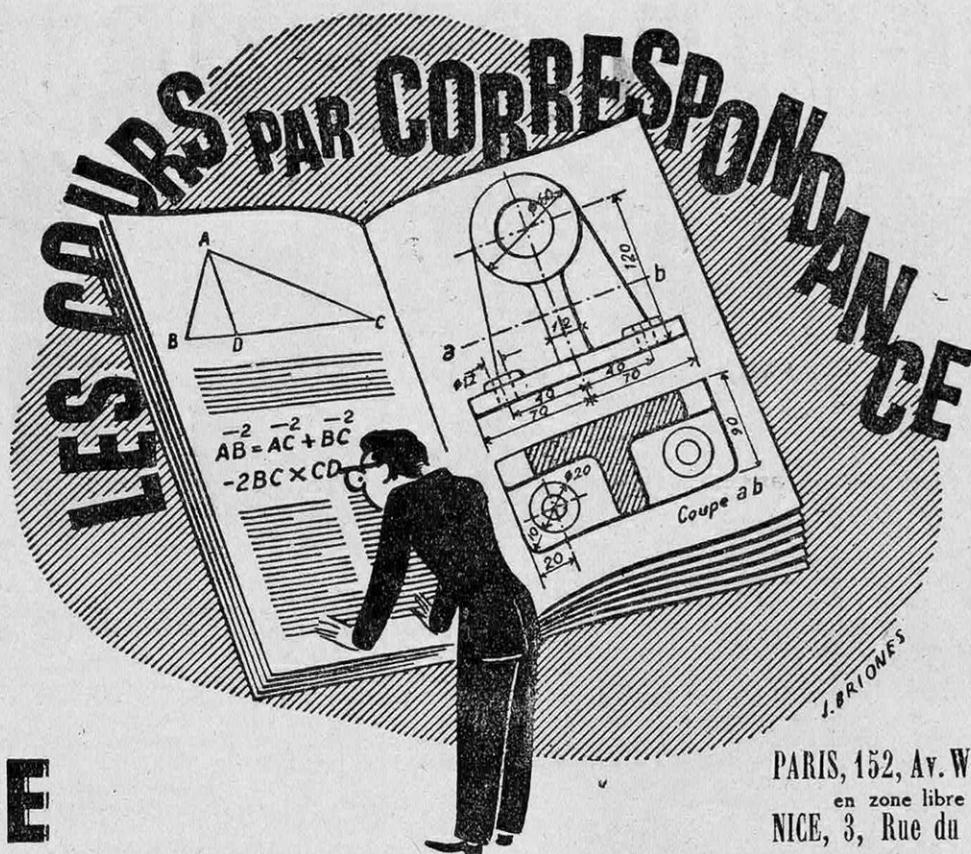
Tous les renseignements sont donnés dans une brochure de 44 pages expédiée sur demande. Joindre 5 fr. en timbres pour frais d'envoi.

Inscriptions : les inscriptions sont reçues à toute époque.

COURS SUR PLACE

Les élèves préparant les brevets de 2^e ou 1^{re} classe des P.T.T. peuvent suivre les cours sur place à l'Ecole privée d'enseignement maritime, 21, boulevard Frank-Pilatte, Nice.

ECOLE SPECIALE DE TSF-3, RUE DU LYCEE NICE



DE L'ECOLE DU GENIE CIVIL

PARIS, 152, Av. Wagram
en zone libre :
NICE, 3, Rue du Lycée

(INSCRIPTIONS A TOUTE ÉPOQUE)

INDUSTRIE

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

COMMERCE - DROIT

Secrétaire, comptable et Directeur, capacité en droit, études juridiques, brevet d'expert comptable de l'Etat.

AGRICULTURE

Agriculture générale, Mécanique et Génie agricole, Sylviculture, Industries agricoles.

ADMINISTRATIONS

PONTS ET CHAUSSES ET GENIE RURAL (adjoint technique et ingénieur adjoint); P.T.T. (opérateurs radio, surnuméraires, vérificateurs, dessinateurs, etc.); DIVERS : Tous les concours techniques, géomètres compris, des diverses administrations France et Colonies. Les élèves de nos cours Armée, Air, Marine, pourront se préparer à des Administrations de niveau équivalent.

LYCÉES - ÉCOLES NATIONALES

Préparation à l'entrée à toutes les Ecoles nationales, secondaires, techniques et supérieures et aux Baccalauréats. Brevets Mathématiques générales. Licences.

AVIATION CIVILE

Brevets de Navigateurs aériens. Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs adjoints, Météorologistes. Opérateurs radioélectriciens, Chefs de Poste, Radios et Mécaniciens d'aéronefs.

MATHÉMATIQUES

Enseignement des Mathématiques, Physique, Mécanique, Chimie, Astronomie, à tous les degrés.

MARINE MARCHANDE

Entrée dans les Ecoles nationales de la Marine marchande. Pour la préparation directe aux Brevets d'Elèves officiers, Pont, Officiers mécaniciens de 2^e classe, Capitaines M. M.

S'adresser à l'Ecole privée d'Enseignement maritime, 21, boulevard Frank-Pilate, Nice.

(Cours sur place ou par correspondance.)

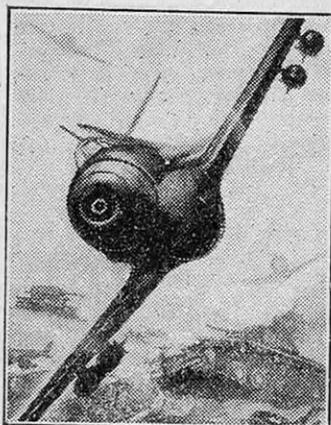
SCIENCE ET VIE

Tome LXIII - N° 303

SOMMAIRE

Mai 1943

- ★ La combinaison des armes, art des grands capitaines, par le général Brossé, du cadre de réserve..... 197
- ★ Les tendances actuelles de la radiodiffusion, par Pierre Hémardinquer 208
- ★ La cellulose dans l'alimentation humaine, par Jean Francis 218
- ★ L'avion contre le char, par René Maurer..... 222
- ★ L'industrie des produits opothérapiques, élixirs de vie, par Jean Labadié..... 228
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor..... 240

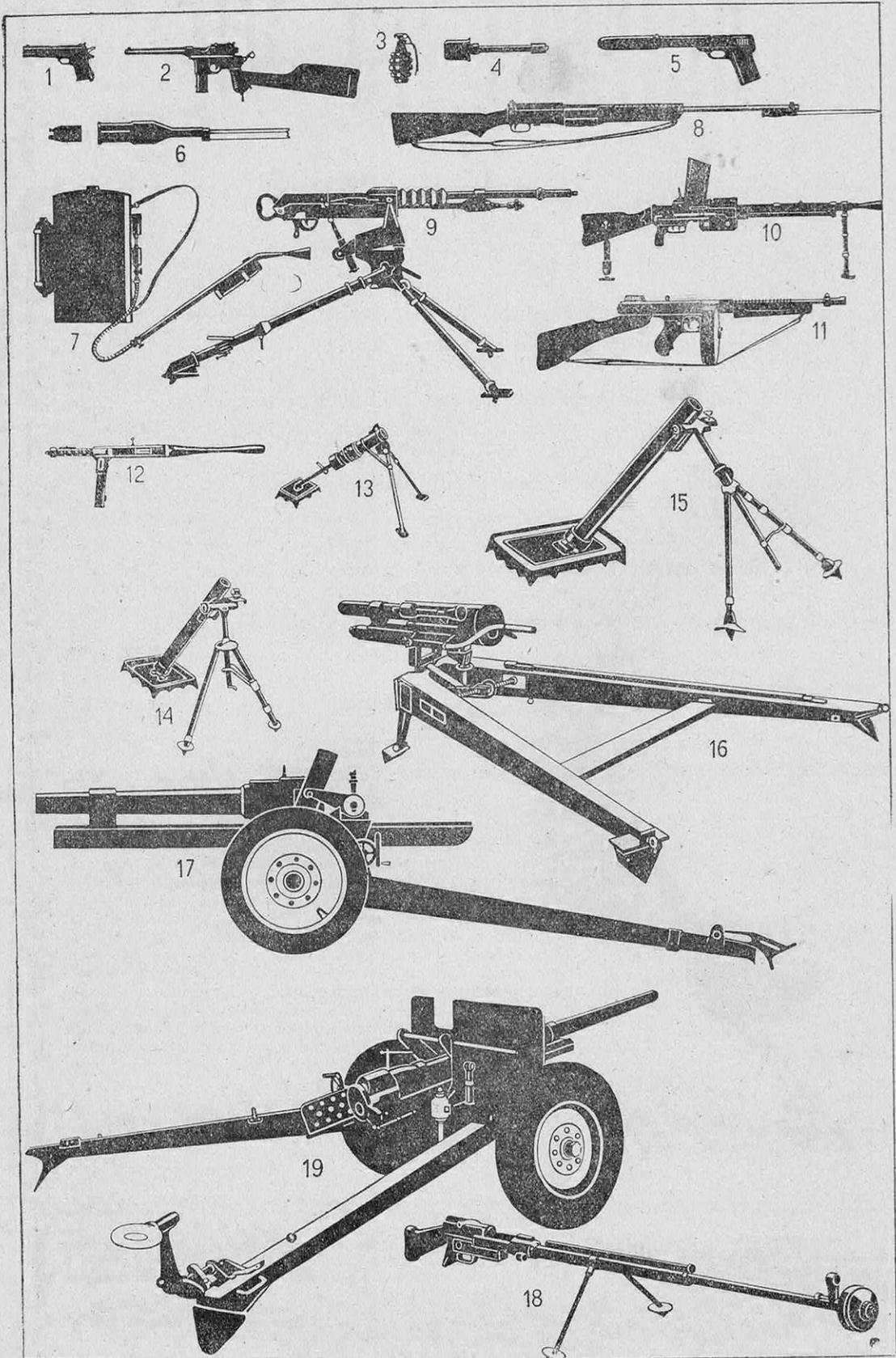


T W 23821

Au début de cette guerre, les divisions blindées progressaient sans rencontrer de résistance efficacement coordonnée. Trois ans et demi de combats ont permis de mettre au point la défense antichars et, si les engins blindés sont toujours l'élément essentiel de la rupture d'un front, celle-ci est rendue plus coûteuse par la multiplication de l'artillerie antichars, des mines terrestres, l'action des blindés et de l'aviation adverses. La couverture du présent numéro représente l'attaque d'un groupe de chars par une formation d'avions d'assaut armés de bombes légères. L'avion constitue en effet un des plus redoutables adversaires du char qu'il peut attaquer aussi bien lors de sa progression loin du champ de bataille qu'au cours même de l'action; dans chaque pays sont apparus des appareils et un armement aérien appropriés à cette mission. (Voir l'article page 222 de ce numéro.)

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

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



LA COMBINAISON DES ARMES ART DES GRANDS CAPITAINES

par le général BROSSÉ
du cadre de réserve

Le progrès technique a fait naître une grande diversité d'armes dont chacune répond à un besoin particulier, offensif ou défensif, du combattant. Une des parties les plus essentielles de la tactique consiste à coordonner au mieux l'action de toutes ces armes, de façon qu'elles se complètent mutuellement, l'une battant aisément des objectifs que l'autre ne peut atteindre, celle-ci réalisant tout son rendement dans une phase de la lutte où celle-là ne peut agir. A aucun moment de l'histoire, la combinaison des armes n'a joué un rôle aussi capital que dans le conflit actuel où les engins de tout genre issus du moteur à explosions se sont multipliés sur terre, sur mer et dans les airs en modifiant complètement le caractère de la lutte. L'action concertée des divisions de chars et des formations aériennes dans la guerre mécanique, celle des troupes de toutes armes dans l'attaque et la défense des positions fortifiées, celle des forces navales et de l'arme aérienne dans la guerre sur mer, celle des éléments terrestres, navals et aériens les plus divers dans les opérations de débarquement, constituent autant de mécanismes dont la mise au point minutieusement réglée, sous l'impulsion personnelle du chef, conditionne le succès.

L'évolution historique

La supériorité des premières armées associant des catégories variées de combattants

PLUS de mille ans avant le début de notre ère, l'armée assyrienne employait dans la bataille une infanterie lourde, composée de piquiers et d'archers, des formations de chars, une infanterie légère et de la cavalerie. Des unités du génie assiégeaient les places, ouvraient des brèches dans les enceintes fortifiées à l'aide de béliers et transportaient des échelles pour escalader les murailles. Grâce à cette diversité de troupes et d'engins, les Assyriens écrasèrent tous leurs rivaux et se rendirent maîtres de l'Orient.

Dans l'armée macédonienne de Philippe et d'Alexandre, l'élément principal était la phalange, masse de plusieurs milliers d'hoplites, armés de l'épée et d'une longue lance, et serrés en un bloc compact et profond, qui pénétrait comme un coin dans les rangs opposés, grâce aux flets irrésistibles de la forêt de piques dont son front était garni. Elle était précédée, avant l'engagement, d'un rideau de tirailleurs, archers et frondeurs, et ses ailes étaient couvertes par des unités d'infanterie légère. La cavalerie lourde coopérait par ses charges à l'effort de rupture, tandis que des formations de cavalerie légère se lançaient à la poursuite. Enfin, un corps de siège traînait des catapultes, qui écrasaient les murailles des villes avec de lourdes pierres et des béliers qui abattaient les remparts. Cette multiplicité de moyens de lutte surprit et décontença les Grecs, cependant énergiques et courageux.

Une armée romaine combattait généralement sur trois lignes. Chaque ligne était fractionnée en dix manipules comprenant respectivement

sur trois lignes. Chaque ligne était fractionnée en dix manipules comprenant respectivement

FIG. 1. — LA MULTIPLICITÉ DES ARMES DU FANTASSIN MODERNE

La diversité des armes du fantassin lui permet d'agir dans les différentes phases du combat d'infanterie, depuis le corps à corps où interviennent l'arme blanche, le pistolet (1, pistolet américain Colt; 2, pistolet espagnol Astra avec rallonge), la grenade lancée à la main (3, grenade ovoïde; 4, grenade à manche), au pistolet (5, pistolet lance-grenade Brandt) ou au fusil (6, fusil V.B. lance-grenade) et le lance-flammes (7) jusqu'au combat à distance où, mieux que le fusil (8, fusil Johnson américain), la mitrailleuse (9, mitrailleuse française Hotchkiss de 8 mm) crée des zones de feu presque infranchissables. Pour concilier la densité de feu avec la légèreté, on a créé le fusil mitrailleur (10, fusil mitrailleur français), la mitrailleuse (11, mitrailleuse légère américaine Thompson) et le pistolet mitrailleur (12, pistolet mitrailleur allemand) dont le poids décroît en même temps que la puissance. Le fantassin ne peut pas toujours compter sur l'artilleur pour neutraliser les résistances qui lui sont opposées, soit que celui-ci soit occupé ailleurs, soit que le fantassin soit trop près de l'objectif, soit qu'il faille agir instantanément. Aussi a-t-on doté le fantassin d'engins d'accompagnement : mortiers lance-grenades (13), mortiers lance-bombes (14, mortier Brandt de 60 mm; 15, mortier Brandt de 80 mm) et canons d'accompagnement (16, canon de 37 mm français; 17, canon de 105 mm allemand). Enfin, le char et l'avion sont des ennemis contre lesquels le fantassin doit se défendre lui-même, et pour cela il dispose de fusils et de canons antichars (18, fusil antichars russe; 19, canon antichars américain) et de mitrailleuses de D.C.A.

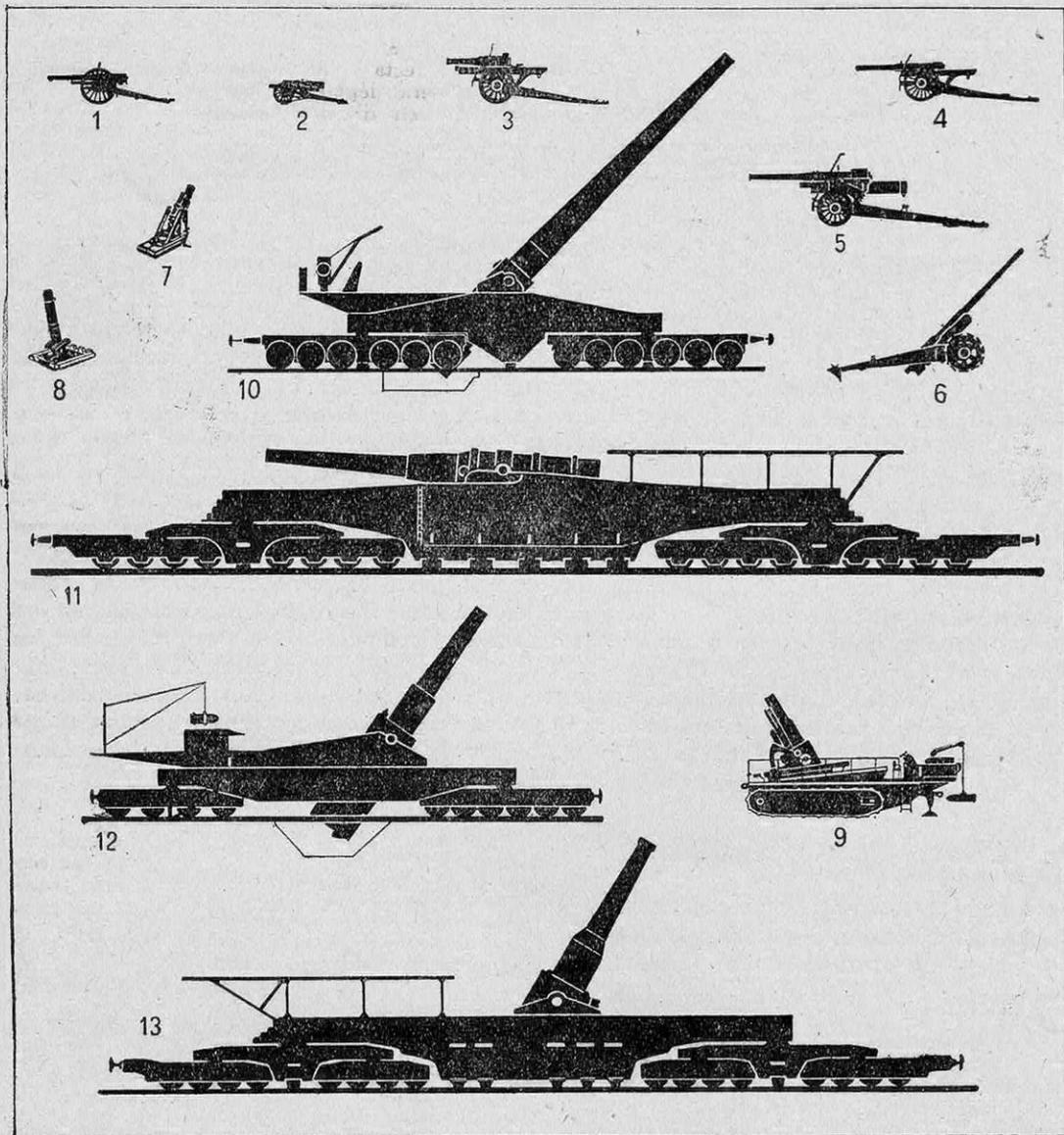


FIG. 2. — LES PRINCIPALES PIÈCES DE L'ARTILLERIE FRANÇAISE APRÈS 1918

T W 23829

L'artillerie est appelée, sur le champ de bataille, à remplir des missions diverses et nombreuses. Elle doit avant tout donner l'appui direct de ses feux à l'infanterie en préparant ses attaques, en les protégeant et les accompagnant, et aussi en aidant le fantassin à repousser les attaques de l'ennemi. Appui direct, contre-batterie, destruction des diverses organisations ennemies exigent une spécialisation très poussée des divers matériels qui se différencient par leurs propriétés balistiques. En France, l'adoption du canon de 75 mm modèle 1897, arme qui, après quarante ans d'existence, est encore en service, avait fait négliger la fabrication de pièces d'artillerie lourde dont l'absence devait avoir des conséquences graves en 1914. Des solutions de fortune durent être adoptées, de sorte que les nécessités de la combinaison des armes n'expliquent pas seules le foisonnement des types de matériels à la fin de 1918, dont une nomenclature à peu près complète grouperait au moins quarante-cinq modèles et dont le tableau ci-dessus ne rassemble que les plus caractéristiques. On peut ainsi distinguer : l'artillerie légère représentée par les matériels de 75 mm (1) et de 65 mm de montagne (2) à trajectoires tendues et tir rapide, très mobiles, ayant pour rôle principal l'appui direct de l'infanterie et accessoirement la contre-batterie, l'interdiction, etc.; l'artillerie lourde courte, représentée ci-dessus par le 155 mm C Schneider (3), matériel très mobile effectuant du tir plongeant à grand débit, suffisamment puissant pour opérer des destructions et contre-batterie l'artillerie ennemie, et capable éventuellement d'appuyer l'infanterie (portée maximum de 12 km environ); l'artillerie lourde longue, du type du 105 mm L Schneider (4), du 155 mm L Schneider (5) et du 155 mm GPF (6), tirant à grande vitesse initiale des obus de 17 kg (pour le 105 L) à 45 kg (pour les 155), à des portées comprises entre 12 et 20 km (mission principale : contre-batterie); l'artillerie de tranchée, avec les deux mortiers de 150 mm (7) et 240 mm (8); enfin l'artillerie lourde puissante, comprenant une gamme très étendue de matériels n'existant qu'à un nombre très restreint d'exemplaires : mortier de 280 mm sur chenilles (9), dont la mobilité fait une véritable artillerie lourde d'accompagnement; canon de 340 mm sur voie ferrée (10) tirant à 40 km des obus pesant 450 kg; obusier de 400 mm sur voie ferrée (11) obtenant des effets d'écrasement entre 7 et 16 km par son projectile de 900 kg; canon de 370 mm sur voie ferrée (12) tirant à 23 km un projectile de 700 kg; et enfin mortier de 520 mm (13) d'un emploi tout à fait exceptionnel, lançant son projectile de 1 600 kg à quelque 17 km.

deux centuries. La cavalerie, assez peu nombreuse, couvrait les flancs ou se plaçait en réserve. Des archers et des frondeurs préparaient l'attaque. Les légionnaires de la première ligne chargeaient l'ennemi au pas de course, puis lançaient le *pilum* (javelot), efficace jusqu'à vingt-cinq ou trente mètres. La seconde ligne suivait en renfort. Les hommes de la troisième, munis d'une lance, intervenaient quand les circonstances l'exigeaient. Dans le corps à corps, le légionnaire, pourvu de la cuirasse, se servait d'une épée courte et d'un bouclier. La légion l'emporta sur la phalange parce qu'elle était mieux articulée, plus souple, plus apte à associer l'effort de sous-unités bien commandées et manœuvrières.

Au début de la Guerre de Cent Ans, la noblesse française méprisait les gens de pied, arbalétriers, archers, routiers de toute espèce, et allait toujours au combat sans se soucier d'eux. A la bataille de Crécy, leur cohue indisciplinée est venue se briser contre les obstacles qui protégeaient la position tenue par les hommes d'armes anglais, qui avaient mis pied à terre. Les archers d'Edouard III criblèrent les assaillants de flèches, puis les coutilliers se glissèrent dans leurs rangs et égorgèrent ceux qui gisaient, empêtrés dans leur armure. La cavalerie acheva ensuite le désastre des Français. Ainsi, en présence de la petite armée anglaise, qui combinait judicieusement l'emploi de ses combattants de toute catégorie, la masse beaucoup plus considérable des contingents féodaux subit une série de défaites qui ouvrit le pays à l'invasion.

La tactique linéaire (dix-septième et dix-huitième siècles)

Au XVII^e siècle, l'infanterie, armée du mousquet, à tir très lent, s'établissait en bataille sur six rangs. Elle se trouvait en outre alourdie par la présence de groupes de piquiers munis de longues piques ferrées. La cavalerie était l'arme de la décision. Mais sa capacité de choc était faible : elle chargeait au trot et se servait, non de l'arme blanche, mais du pistolet. L'artillerie, difficile à déplacer, était peu nombreuse et agissait disséminée.

Le corps de bataille comprenait en principe deux lignes successives. Dans chacune d'elles, les bataillons, disposés sur le même front, étaient séparés par de faibles intervalles. Une réserve était maintenue en troisième ligne. Cet ensemble formait un bloc extrêmement rigide, qui n'était capable que de progresser droit devant soi. Le fractionnement en grandes unités ne comportait que des brigades d'infanterie et de cavalerie. Chaque armée combattait généralement pour son propre compte.

Cette tactique compassée et l'absence d'une coopération effective des armes expliquent la nature dilatoire des combats de cette période et le caractère traînant des opérations qui ne recherchaient jamais la décision.

La guerre de mouvement du siècle dernier

La Révolution avait créé la division mixte, qui réunissait sous un même commandement des brigades d'infanterie, des brigades de cavalerie et de l'artillerie. Cette organisation judicieuse se prêtait fort bien à un emploi combiné des trois armes. Pendant la campagne de 1796, en Italie, Bonaparte montra tout le parti qu'on pouvait en tirer. Quand il eut à manier des

effectifs plus considérables, il adopta une unité d'ordre supérieur à la division, le corps d'armée. Il affecta à chacun de ceux-ci une brigade de cavalerie légère et groupa le reste de sa cavalerie en divisions lourdes et de dragons, qu'il utilisait comme une réserve puissante et rapide, à sa disposition personnelle. Il constitua aussi des réserves d'artillerie, qui lui servaient à exercer des actions massives par le feu.

Le type ordinaire de la bataille napoléonienne comporte une pression exercée sur le front de l'adversaire et l'enveloppement d'un de ses flancs. L'effort de rupture est réalisé par une concentration de toutes les armes sur le secteur à enfoncer.

L'attaque est toujours précédée de tirs intenses de grandes batteries qui cherchent à disloquer le dispositif adverse. Puis les divisions d'infanterie se portent en avant, refoulant l'adversaire par le feu et à la baïonnette. Les divisions de cavalerie coopèrent à l'action en chargeant les objectifs principaux.

Cependant, à partir de 1809, les succès sont devenus plus laborieux : la qualité des troupes avait baissé. L'Empereur imagina alors des procédés tactiques plus puissants, mais aussi plus lourds. Ses unités n'ayant plus la souplesse qu'exige la manœuvre, il a recours à l'attaque directe et brutale, confiée à des colonnes denses et profondes. La combinaison des armes devenant ainsi elle-même moins exacte et moins étroite, les résultats obtenus sont moins décisifs.

En 1870, l'armée française, qui a perdu toutes les traditions de la Grande Armée, néglige complètement la liaison des armes. Se fiant aux qualités de l'excellent fusil d'infanterie, le commandement se contente de déployer ses bataillons sur de belles positions. L'artillerie, dotée de canons fort bons, mais tirant de médiocres projectiles, choisit elle-même ses objectifs et souvent demeure en réserve. Elle est rapidement dominée par les batteries adverses et quitte ses emplacements sans chercher à soutenir jusqu'au bout son infanterie.

Du côté allemand, au contraire, règne une doctrine tout entière inspirée par le désir d'assurer une coopération étroite des armes. L'artillerie, devant les troupes à pied, se porte hardiment en avant. Elle agit d'abord en masse contre les batteries françaises dispersées, puis, celles-ci réduites à l'impuissance, elle concentre des feux violents contre les points que le commandement a assignés à l'attaque. L'assaut général, de face et de flanc, est donné seulement quand la préparation d'artillerie a profondément ébranlé le moral des défenseurs.

Le rôle de la cavalerie au combat n'a cessé de décroître, au cours du XIX^e siècle, à cause de sa vulnérabilité toujours plus grande aux effets des tirs d'infanterie, dont la puissance a été constamment en augmentant. En 1870, nos divisions de cavalerie, qui ne pratiquaient pas l'exploration et demeurèrent toujours en réserve, avant l'action, furent lancées à la charge dans des situations désespérées et leur sacrifice ne fut jamais payé que d'avantages éphémères.

Le mécanisme de l'attaque avant l'apparition du char (1914)

Pendant la phase initiale de guerre de mouvement, qui s'étendit d'août à novembre 1914, l'armée française n'était pas pénétrée de l'ab-

solue nécessité d'une étroite union des armes. Le commandement ne songeait que rarement à choisir ses objectifs de façon telle que les batteries pussent les voir et régler leurs tirs avec la précision indispensable. Il arriva normalement que l'infanterie partait à l'assaut sans que l'artillerie eût été en mesure de frapper les points d'appui à enlever.

Par contre, nos adversaires pratiquaient une coopération intime de tous les éléments susceptibles de renforcer la solidité d'une position défensive : les mitrailleuses, les tranchées, les réseaux de fils de fer et les tirs de barrage de l'artillerie légère et lourde s'associaient d'une façon très efficace, et il fut rapidement évident que tout effort tenté pour s'emparer était voué à un échec total, si les organisations à conquérir n'avaient pas été auparavant soumises à des bombardements parfaitement ajustés et suffisamment prolongés.

L'attaque devint alors un mécanisme extrêmement minutieux, où l'action des projectiles et celle de la première vague d'infanterie devaient s'accorder étroitement. Au cours de la préparation, qui durait plusieurs heures, l'artillerie lourde effectuait des destructions contre les batteries ennemies, les ouvrages les plus résistants et les abris à l'épreuve. En même temps, l'artillerie de campagne battait les tranchées à ciel ouvert et les organisations démolies par les gros obus, pour faire subir des pertes au défenseur et neutraliser ses armes automatiques, en forçant les servants des pièces à s'abriter. A la faveur de cette accalmie passagère, la troupe d'assaut s'approchait aussi près que possible des points de chute.

A l'heure « H », le rideau de feu d'artillerie se levait d'un seul coup et se reportait sur la position suivante, tandis que l'infanterie se jetait sur les ouvrages à enlever. Si elle arrivait avant que les mitrailleuses eussent pu être remises en action, l'objectif était occupé avec des sacrifices minimes ; si, au contraire, elle laissait aux machines adverses le temps de rouvrir le feu, l'attaque avortait.

Cette méthode réussissait généralement à faire tomber la première ligne, mais elle était très souvent en défaut contre les seconde et troisième, par suite de la difficulté d'assurer la concomitance des obus et de la vague d'assaut, après une progression plus ou moins pénible de celle-ci, à travers un terrain battu par les rafales de balles et de projectiles.

Le barrage roulant avait pour objet de réaliser en permanence la simultanéité de l'avance des tirs d'artillerie et de la marche de l'infanterie. Le rideau de feu se déplaçait régulièrement, à une vitesse relativement lente, et la première vague collait sur lui, de façon à saisir les mitrailleuses ennemies alors qu'elles étaient encore neutralisées par le canon.

Cependant, la seule arme offensive du début de la guerre, le canon de 75 mm, se révéla vite insuffisant, en particulier à cause de la tension de sa trajectoire et du poids trop faible de ses obus, pour satisfaire à tous les besoins du champ de bataille. Il était incapable d'atteindre un objectif placé à contre-pente et de détruire des casemates et des abris tant soit peu résistants. Il fallut associer en permanence aux canons de campagne des obusiers, tirant des projectiles beaucoup plus puissants, pour lesquels, grâce à la courbure de la trajectoire, les angles morts étaient sensiblement plus réduits.

Dans la période de stabilisation, à l'action

de l'artillerie lourde s'ajouta celle de l'artillerie de tranchée qui, avec ses trajectoires fortement incurvées, parvenait à atteindre les organisations très rapprochées de la base de départ.

La multiplication des spécialités

A mesure que la guerre s'est prolongée, les belligérants des deux camps ont eu recours à une spécialisation toujours plus grande des moyens de lutte. Des engins multiples ont été créés pour tous les usages et chaque arme est devenue un amalgame d'éléments ayant des propriétés très différentes.

C'est ainsi que l'infanterie, en 1918, disposait d'une riche variété d'armes à tir tendu — fusil, fusil-mitrailleur, mitrailleuse, canon de 37 mm — mais possédait encore en propre toute une gamme d'engins à tir courbe — grenades, lance-grenades, mortiers Stokes — conférant aux unités d'attaque la possibilité d'atteindre des adversaires défilés, soit dans une tranchée, soit derrière une pente, et leur permettant en outre, dans certaines conditions, de neutraliser par leurs propres moyens un objectif, tout en s'avancant contre lui, sous les trajectoires.

L'artillerie comprenait de nombreux matériels de tous modèles et de tous calibres, chargés de remplir des tâches différentes : le 75 mm formait les groupements d'appui direct de l'infanterie ; les mortiers de tranchée et l'artillerie lourde courte divisionnaire effectuaient les destructions rapprochées ; l'artillerie lourde longue de corps d'armée était affectée à la contre-batterie ; les artilleries lourdes à grande puissance et sur voie ferrée, à la disposition des commandants d'armée, prenaient à leur compte les destructions lointaines.

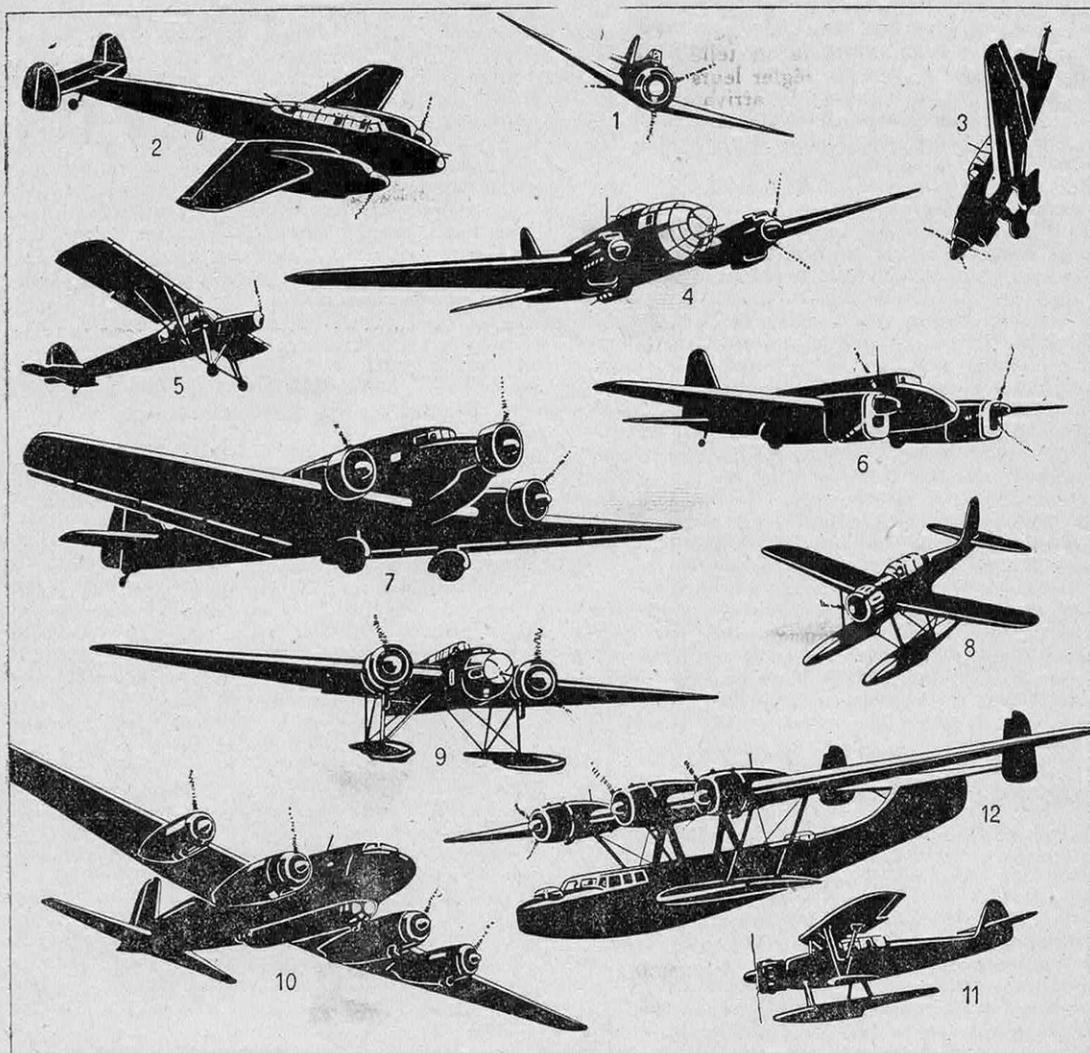
De même, le génie constitua plusieurs catégories nouvelles ou renouvelées de la guerre de siège d'autrefois : ballons captifs d'observation, lance-flammes, sapeurs mineurs, etc...

La cavalerie disparut complètement du champ de bataille, en tant qu'arme combattant à cheval. Dès les premières semaines de la guerre, les tentatives faites par quelques escadrons pour intervenir dans la lutte se terminèrent rapidement par leur mise hors de cause. Cependant, la cavalerie ne fut pas supprimée. Mais les divisions furent utilisées uniquement comme réserves mobiles d'infanterie montée.

L'aviation de coopération dans la guerre 1914-1918

En août 1914, nous possédions seulement quelques avions de reconnaissance, à faible vitesse et à rayon d'action peu étendu. Malgré leur petit nombre et leurs performances modestes, ces appareils rendirent au commandement des services éminents, en lui signalant la marche des colonnes ennemies, dans plusieurs circonstances graves, en particulier avant la bataille de la trouée de Charmes et celle de la Marne. Mais l'intérêt de faire participer l'arme de l'air à l'action des combattants terrestres, infanterie et artillerie, se fit bientôt sentir.

Au cours des premiers mois de 1915, un progrès de très grande importance fut accompli, grâce à la mise au point de la photographie aérienne. Elle permit de reconstituer complètement le réseau des travaux de la défense et de connaître exactement l'emplacement de la plupart des batteries. Le commandement, en possession de plans directeurs détaillés, eut dès



T W 23831

FIG. 3. — LES DIFFÉRENTS TYPES D'AVIONS DONT DOIT DISPOSER UNE GRANDE PUISSANCE AÉRIENNE

Dans le tableau ci-dessus, la « Luftwaffe » a été prise comme exemple. Bien que cette planche soit manifestement incomplète, car il est impossible de grouper tous les modèles existants, dont chacun présente des qualités particulières de vitesse, d'armement, de rayon d'action, etc..., qui le désignent spécialement pour telle ou telle mission, elle met en évidence la diversité des rubriques sous lesquelles peuvent se classer les types actuellement en service. Pour chacune d'elles n'a été retenu que l'appareil paraissant le plus caractéristique. Ce sont : monoplace de chasse : Focke Wulf Fw 190 (1); destroyeur bimoteur : Messerschmitt Me 110 (2); bombardement en piqué : Junkers Ju 87 (3); avion de combat bimoteur (bombardement) : Heinkel He 111 K (4); quadrimoteur de combat lointain : Heinkel He 177 non représenté (étant donné son rayon d'action de 11 000 km, cet appareil est supposé pouvoir bombarder New York depuis les côtes européennes et revenir à son point de départ); reconnaissance terrestre : Fieseler 156 « Storch » (5); assaut, appui direct de l'infanterie : Henschel Hs 129 (6) (appareil puissamment blindé sous toute la face inférieure); transport, remorquage de planeurs : Junkers Ju 52 (7); éclaireur catapultable pour navires de guerre : Arado Ar 196 (8); torpillage, pose de mines : Heinkel He 115 (9); reconnaissance lointaine, attaque des cargos : Focke Wulf « Kurier » (10); reconnaissance côtière : Heinkel He 114 (11); sauvetage en mer : Dornier Do 24 (12).

lors tous les éléments nécessaires pour régler la coopération des deux armes principales sur tous les ouvrages adverses, fussent-ils complètement invisibles des observatoires.

Puis l'aviation, comme tout organisme qui se dégage de la phase de formation, se subdivisa en différentes spécialités. Les appareils de reconnaissance et d'observation recherchaient des renseignements, précisaient la progression de l'infanterie pendant une attaque, observaient certains tirs d'artillerie lointains ou exécutés contre des buts cachés. Des escadrilles de bom-

bardement, organisées avec des moyens d'action assez précaires, réussirent parfois à agir avec leurs bombes sur des objectifs que les trajectoires d'artillerie ne pouvaient atteindre.

Mais ces diverses catégories d'aviation n'étaient en mesure d'obtenir des résultats que si elles n'étaient pas poursuivies par la chasse opposée. Elles devaient donc opérer sous la protection des patrouilles de chasseurs amis. Or, celles-ci n'avaient qu'une durée de vol très limitée et ne pouvaient par suite pénétrer profondément au-dessus des positions adverses. Elles étaient em-

ployées exclusivement à surveiller l'air au voisinage de la première ligne. Les possibilités des formations de bombardement demeuraient donc très réduites.

Le char lent en combinaison avec l'infanterie et l'artillerie (1917 et 1918)

Le char de combat est venu apporter, à partir de 1917, au difficile problème de la protection de l'infanterie contre les mitrailleuses ennemies, une solution neuve. Mais lui-même avait besoin d'être défendu efficacement contre l'action du canon. Son emploi a donc mis en jeu une combinaison à trois éléments : l'artillerie, par ses rafales d'explosifs, ses engagements de fumigènes, l'aveuglement des observatoires, enfin ses tirs de contre-batterie, protégeait les chars contre les projectiles. Les véhicules blindés, progressant sous la pluie de balles, forçaient les mitrailleuses ennemies à cesser le feu et faisaient ainsi tomber la barrière qui arrêtait la troupe d'assaut. Enfin celle-ci, profitant de cette impuissance momentanée des armes automatiques, capturait les défenseurs et occupait le terrain.

Dans les dernières phases de la guerre, le char, malgré sa lenteur et son faible armement, rendit des services décisifs, les Allemands n'ayant pas encore organisé une défense anti-chars complètement adaptée aux nécessités de cette forme de la lutte.

Les modalités nouvelles de la combinaison des armes dans le conflit actuel

Le char et l'avion

Au cours de la guerre précédente, les efforts combinés de toutes les catégories de troupes avaient tendu à faciliter la progression du combattant à pied, forcé, pour conquérir le terrain tenu par l'ennemi, de s'avancer, la poitrine découverte, sous les nappes de balles et d'obus. Pendant la période qui sépare l'armistice de 1918 du conflit présent, les armes récentes, chars et aviation, ont accompli des progrès tels que leur emploi s'est complètement transformé, imposant à la coopération des armes des modalités absolument nouvelles.

Les chars modernes s'avancent normalement à l'allure de 20 km/h, à travers tous terrains. La liaison immédiate de machines aussi rapides avec l'infanterie ne pouvait plus être admise. De même, la puissance des moteurs d'aviation s'est accrue considérablement et les appareils de toute nature possèdent aujourd'hui, comme vitesse, rayon d'action, tonnage, capacité de transport, des possibilités incomparablement supérieures à celles qui caractérisaient les engins d'il y a vingt-cinq ans.

En même temps, la spécialisation s'est affirmée dans de nombreux domaines. C'est ainsi que la gamme des chars comprend aujourd'hui des automitrailleuses, des chasseurs de chars, des chars légers, moyens, lourds, lance-flammes, etc... En outre, la défense contre les véhicules cuirassés a été mise au point : les anti-chars, devenus très puissants, constituent des groupements motorisés.

De leur côté, les subdivisions aériennes se sont multipliées : les chasseurs ne comprennent plus seulement des monoplaces. Les ap-

pareils de bombardement sont de types très divers, depuis les avions de combats légers et rapides, jusqu'aux « forteresses volantes ». Une catégorie particulièrement intéressante s'est développée et a pris une place de première importance dans la lutte terrestre : celle des Stukas ou bombardiers piqueurs. Les avions de transport sont d'un tonnage de plus en plus élevé et leur utilisation devient toujours plus fréquente. Des combattants d'une nature spéciale ont montré toute leur valeur pour certaines opérations : les parachutistes, transportés par la voie des airs et lâchés en arrière des positions de l'adversaire.

L'association des armes à moteur : divisions blindées et avions piqueurs dans la « guerre mécanique »

Toutes ces innovations ont fait véritablement craquer le cadre étroit de l'association des armes terrestres, telle qu'elle a été pratiquée dans les guerres du passé. Les chars rapides ont été groupés en grandes unités blindées, où les différentes espèces de véhicules à chenille furent appelées à faire agir en intime union leurs moyens variés. Ces organismes d'ordre supérieur se disposent par vagues successives qui s'appuient l'une l'autre. Elles possèdent de l'artillerie tractée et opèrent en liaison avec des divisions de toutes armes motorisées.

Cependant, les chars rapides sont, eux aussi, vulnérables aux coups des canons antichars et de l'artillerie. Les groupements blindés ne peuvent réaliser pleinement leur capacité de choc et d'exploitation que grâce à la coopération constante des formations d'avions volant bas et surtout des bombardiers piqueurs. Par la précision avec laquelle ces derniers parviennent à placer leurs bombes, ils réussissent remarquablement à neutraliser les défenseurs et particulièrement les antichars. La combinaison de l'aviation de bombardement en piqué et des divisions cuirassées a donné, sur tous les champs de bataille, des preuves éclatantes de sa valeur.

Les escadres de Stukas obtiennent aussi des effets extrêmement déprimants sur l'adversaire en s'attaquant à ses formations de l'arrière, en désorganisant son système de communications et de commandement, en décimant ses réserves et en rendant inutilisables les routes suivies par ses convois de ravitaillement.

Enfin, ces redoutables machines se sont montrées aptes à associer directement leurs efforts à ceux de l'infanterie. Elles sont en mesure de remplacer, dans l'appui des unités de parachutistes, l'artillerie absente.

Mais, à leur tour, les bombardiers piqueurs ne disposent de la liberté d'évolution qui leur est indispensable que s'ils sont protégés contre les attaques aériennes. La chasse est donc tenue d'assurer, pendant les opérations des groupements blindés, la maîtrise du ciel, et aussi d'écarter les avions de combat adverses, spécialement agencés pour détruire les chars. Enfin, l'aviation de reconnaissance doit en permanence renseigner le commandement sur les mouvements de l'ennemi, dans un rayon donné.

Ainsi la manœuvre des grandes unités mécaniques entraîne une combinaison très complexe d'éléments variés : véhicules blindés de toute nature, aviation de combat, de reconnaissance, de bombardement en piqué, antichars, infanterie, artillerie.

La forme nouvelle de la guerre à l'Est

L'association des Panzerdivisionen et des essais de « Stukas » avait emporté la décision dans les campagnes de Pologne, de France, de Serbie et de Grèce. Les troupes de toutes armes n'avaient eu qu'à s'avancer sur les traces des colonnes mécaniques pour refouler les débris dispersés du défenseur et s'installer sur le terrain conquis. Les conditions bien différentes dans lesquelles se sont déroulées les opérations de Russie ont montré que les armes moder-

nes, chars et aviation, ne suffisent pas à elles seules pour résoudre tous les problèmes qui se présentent quand le parti opposé a su utiliser, lui aussi, les puissants moyens qu'offre aujourd'hui l'industrie pour renforcer les champs de bataille défensifs. Les Allemands ont trouvé devant eux, sur le plateau moscovite, une succession de lignes de fortins bétonnés, se flanquant les

uns les autres, des fleuves, dont l'obstacle était doublé de retranchements cuirassés, des massifs forestiers transformés en immenses zones de chicane, des marécages étendus battus par des feux partant d'emplacements bien dissimulés, des positions précédées de champs de mines profonds. Contre tous ces objectifs, les grandes unités blindées et les Stukas n'ont pu obtenir que des résultats superficiels. Il fallut attendre l'arrivée des troupes de toutes armes pour entreprendre des actions de force méthodiques. Dès lors, la coopération des armes anciennes, artillerie lourde et légère, infanterie, génie, aviation de reconnaissance, chars d'appui, a repris toute son importance et les attaques ont retrouvé un rythme et une forme qui se rapprochaient de ceux des batailles de 1918.

Les grandes unités blindées étaient d'ailleurs toujours maintenues dans le sillage des corps d'armée lancés dans l'offensive, prêtes à exploiter sans délai les succès remportés. Les « Stukas » et les avions de bombardement participaient activement à la lutte, doublant et prolongeant l'action de l'artillerie. En même temps, on vit apparaître ou se développer un grand nombre de spécialités nouvelles ou demeurées jusqu'à d'un usage peu fréquent : les chars lance-flammes devinrent des auxiliaires indispensables ; les parachutistes furent couramment employés pour la con-

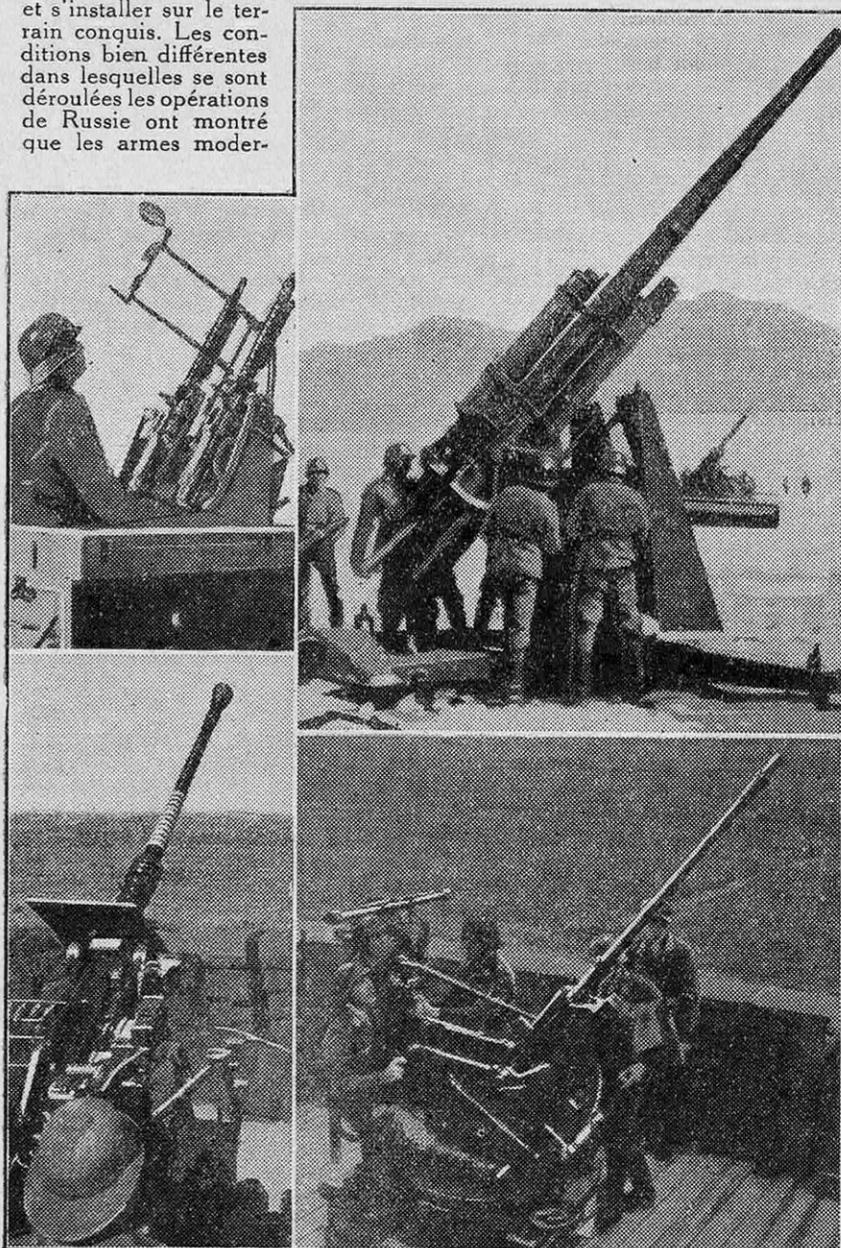


FIG. 4. — LES MATÉRIELS DE BASE DE LA DÉFENSE CONTRE AVIONS

T W 23827

L'artillerie de D.C.A., pour répondre aux divers modes d'attaque des avions modernes, doit faire appel à une gamme étendue de matériels. Voici les quatre matériels types de la D.C.A. allemande : en haut à gauche, mitrailleuses légères jumelées, alimentées par bandes et tirant une balle pleine : elles conviennent pour la défense rapprochée ; en bas à droite, canon automatique de 20 mm ; à gauche, canon automatique de 37 mm : comme le précédent, il tire un projectile percutant, est alimenté par chargeurs et convient pour la défense rapprochée ; en haut à droite, canon de 88 mm de défense éloignée : il tire un projectile fusant et est particulièrement efficace contre les avions volant entre 1 500 et 5 000 m.

quête des points d'appui fortifiés; les pionniers durent pénétrer à travers les réseaux de fils de fer pour aller déposer des charges explosives au pied des massifs bétonnés. La traversée des champs de mines devint une opération si complexe et si difficile qu'il fallut consacrer d'importants effectifs au désarmement d'un grand nombre de ces engins et que de véritables batailles se livrèrent sur les avancées des positions pour pratiquer des brèches.

Le matériel de franchissement des fleuves, déjà très perfectionné en 1939, fut encore amélioré. Des batteries de mortiers d'un calibre dépassant toutes les dimensions jusqu'alors usitées, cherchèrent à renverser les fortins ou à détruire, par la violence des explosions, les servants dans leurs casemates. Des bataillons « de marais » opérèrent dans les régions couvertes d'eau. L'aviation de transport fut quotidiennement chargée de jeter des munitions et des vivres aux premières lignes, dont les camions et les fourgons à chevaux ne pouvaient pas s'approcher, à cause du mauvais état des pistes. Des ensembles organisés complètement encerclés ont pu être ainsi ravitaillés pendant des mois entiers.

Ainsi la combinaison des armes, toujours plus étroite et plus riche en éléments divers, joue actuellement à deux échelons différents : au premier degré, les formations rapides se coalisent pour détruire les organismes ennemis en rase campagne; au second, les armes terrestres lentes de toute nature associent leurs moyens à ceux des engins à moteur pour renverser les obstacles constitués par la fortification et les barrières naturelles fortement organisées. Enfin les grandes unités rapides et les armées unissent en permanence leurs efforts.

La combinaison des armes terrestres, aériennes et navales

L'élément qui sert de théâtre aux opérations maritimes étant totalement différent de celui qu'empruntent les combats sur le continent, l'association directe des belligérants des deux catégories navale et terrestre n'a, semble-t-il, que de rares occasions de se rencontrer. Cependant, elle s'est produite pendant toute l'antiquité, le moyen âge et le début de l'époque moderne.

Chez les anciens, les flottes de guerre portaient toujours d'importantes forces d'infanterie. Les batailles étaient gagnées quelquefois par des moyens purement navals, mais le plus souvent par des luttes corps à corps, livrées à la suite d'abordages. C'est ce qui a permis aux Romains, médiocres marins, de remporter cependant des victoires sur mer décisives, contre des peuples de navigateurs, grâce à la supériorité des légionnaires.

Ce n'est qu'aux XV^e et XVI^e siècles que les méthodes de guerre navale furent transformées à la suite des progrès de la navigation à voile et de l'adoption de l'artillerie de bord. La bataille consiste alors en de furieuses canonades, échangées à faible portée et suivies d'abordages exécutés contre des bâtiments désemparés.

Mais la puissance toujours accrue de l'artillerie donna peu à peu la prépondérance à l'action par le canon et les assauts bord à bord cessèrent d'être pratiqués.

Cependant, le développement des flottes de guerre entraîna des possibilités nouvelles qui eurent des incidences importantes sur les conflits terrestres : une nation put conquérir la maîtrise de la mer. Elle parvint à empêcher les convois adverses de circuler et, par suite, à rendre impossible toute tentative de débarquement sur son propre territoire. C'est ainsi, comme on le sait, qu'en 1805, Napoléon, qui avait réuni au camp de Boulogne une armée considérable et une immense flottille, dut renoncer à son projet de descente en Angleterre, après la destruction de la flotte française à Trafalgar. La Puissance qui disposait ainsi de la supériorité navale en profitait pour effectuer le blocus des côtes ennemies.

Les opérations combinées avant le sous-marin et l'avion

Les transformations successives subies par les forces navales, au cours du XIX^e siècle jusqu'à l'invention du sous-marin — emploi de la propulsion à vapeur, adoption du cuirassement et de l'artillerie sous tourelle, mise en service de la torpille — provoquèrent l'apparition de types variés de bâtiments spécialisés — cuirassés, croiseurs, torpilleurs, contre-torpilleurs — mais ne modifièrent pas profondément les conditions générales de la guerre. Un parti, pour tenter un débarquement de grande envergure sur le territoire d'un pays ennemi, devait posséder comme auparavant la maîtrise de la mer. Dès lors, une opération de cette nature comportait une série logiquement concertée d'actions navales et terrestres. Avant 1914, l'exemple le plus connu de ce système d'opérations mixtes est celui de la guerre russo-japonaise de 1904-1905. Les Nippons, qui n'avaient pas, au début, la supériorité navale dans les mers de Chine, ouvrirent les hostilités par une agression inopinée contre la flotte russe de Port-Arthur, puis aussitôt après firent débarquer une armée en Corée. Ensuite, le passage de convois importants fut toujours précédé de tentatives d'embouteillage contre cette base navale, jusqu'à ce que sa conquête eût amené la destruction complète de l'escadre russe d'Extrême-Orient.

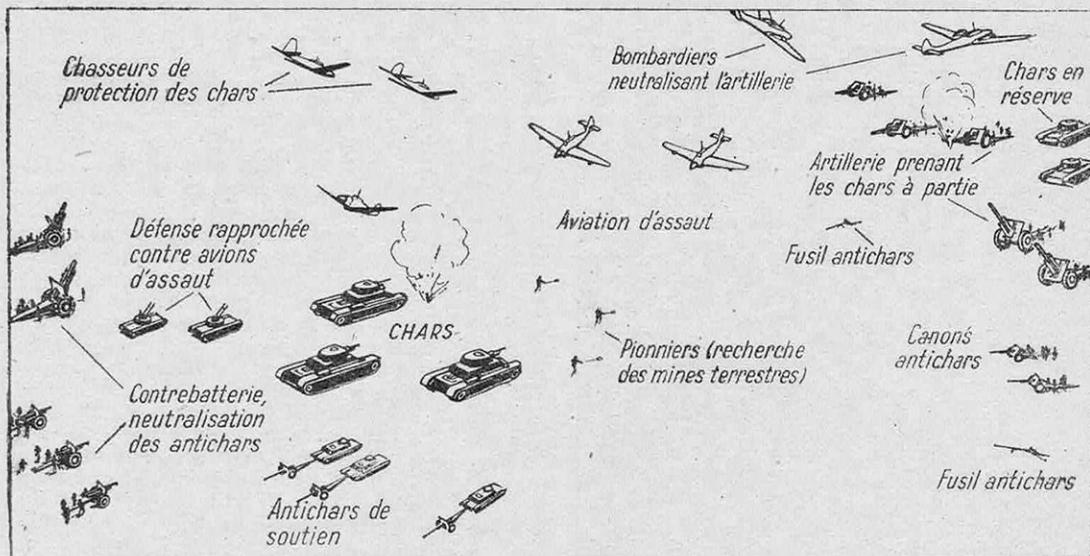
La combinaison immédiate des armes navales et terrestres s'exerce normalement dans le domaine mixte constitué par un littoral. Au XIX^e siècle, tout débarquement, qui était nécessairement l'œuvre d'un belligérant ayant la maîtrise de la mer, fut appuyé par l'artillerie de ses bâtiments de guerre. L'action de ceux-ci fut souvent utilisée pour l'attaque des places maritimes. En revanche, il arriva que les défenseurs terrestres, menaçant de destruction totale la flotte de l'envahisseur, forcèrent celui-ci à abandonner sa conquête : chacun sait qu'en 1793, Bonaparte assura la reprise de Toulon en s'emparant d'un fort qui dominait la rade et en contraignant, par ce succès, la flotte britannique à se retirer.

A notre époque, les navires de guerre, qui forment des objectifs très visibles et très vulnérables aux coups de la grosse artillerie, évitent de s'avancer dans le rayon d'action des batteries de côtes. L'impuissance des cuirassés eux-mêmes à lutter contre celles-ci fut démontrée, en 1915, par l'échec total de la tentative de forçement des Dardanelles, à la suite de la destruction de plusieurs unités importantes par les canons turcs.

La maîtrise de la mer et le sous-marin

L'apparition des sous-marins vint modifier profondément les possibilités des adversaires dans la lutte navale. La maîtrise de la mer ne fut plus jamais que partielle, les submersibles gardant la liberté de circuler à peu près partout. Au blocus de surface, le parti dont la flotte était dominée pouvait opposer le contre-

a introduit dans la lutte sur mer des éléments absolument nouveaux, qui en ont changé complètement la physionomie. Le navire, quelles que soient sa puissance et sa protection, s'est révélé un objectif extrêmement sensible aux coups des appareils aériens. Le danger couru de ce fait par les flottes de guerre comme de commerce n'a pas paru extrêmement grave, tant que les avions ont laissé tomber leurs bombes



T W 23836

FIG. 6. — UN EXEMPLE DE COMBINAISON DES ARMES : L'ATTAQUE ET LA DÉFENSE DU CHAR.

Si le char demeure l'engin dont la puissance offensive est la plus évidente, il ne peut néanmoins prétendre attaquer impunément une position organisée sans être lui-même protégé. Il est en effet menacé par les armes antichars à tir tendu (fusils et canons) qui l'obligent, d'une part, à se garnir d'un blindage latéral d'épaisseur respectable, et, d'autre part, à faire appel à l'artillerie d'appui direct et à l'aviation de bombardement en piqué pour contrebattre les canons antichars et les batteries légères et lourdes adverses qui se revêtent agressives. Pour donner à son blindage latéral son maximum d'épaisseur, il faudra sacrifier le plancher et le plafond, ce qui le rend vulnérable au tir des canons automatiques des avions d'assaut qui, de plus, menacent de leurs bombes légères l'intégrité de ses chenilles. Une défense antiaérienne rapprochée par mitrailleuses lourdes et canons automatiques lui est alors indispensable; elle sera utilement complétée par des escadrilles de chasseurs qui s'efforceront de conserver la maîtrise de l'air au-dessus des unités de chars. Les défenses antichars passives et les grenades incendiaires (cocktails « Molotov ») n'étant citées que pour mémoire, il faut encore éliminer la menace des mines terrestres que des équipes de pionniers spécialisés détecteront et neutraliseront sous le feu. Enfin, en prévision d'une contre-attaque des unités blindées adverses, des canons antichars suivront de près la progression, servis par l'infanterie prête à occuper le terrain. On conçoit la difficulté d'assurer la liaison harmonieuse de tous les exécutants; elle ne peut être obtenue avec la rapidité et la sûreté nécessaires que par radio, le chef responsable suivant les phases du combat d'un poste de commandement classique, à moins que, comme il arrive fréquemment, il ne prenne place lui-même à bord d'un char ou d'un avion d'observation pour mieux suivre le déroulement des opérations.

blocus par sous-marins. La chasse de ces petits bâtiments devint une des formes les plus essentielles de l'activité maritime, qui s'exerçait ainsi indirectement au profit des opérations terrestres.

Dans la guerre de 1914-1918, les alliés ont utilisé des engins très variés pour écarter la menace sous-marine : des ballons dirigeables repéraient les sous-marins en plongée; des hydravions les frappaient à l'aide de grenades éclatant sous l'eau; d'importantes flottilles ont été employées en permanence à cette lutte.

En même temps, l'usage des champs de mines sous-marines prit une extension considérable. Un très grand nombre d'autres petits bâtiments furent spécialisés dans le dragage de ces engins.

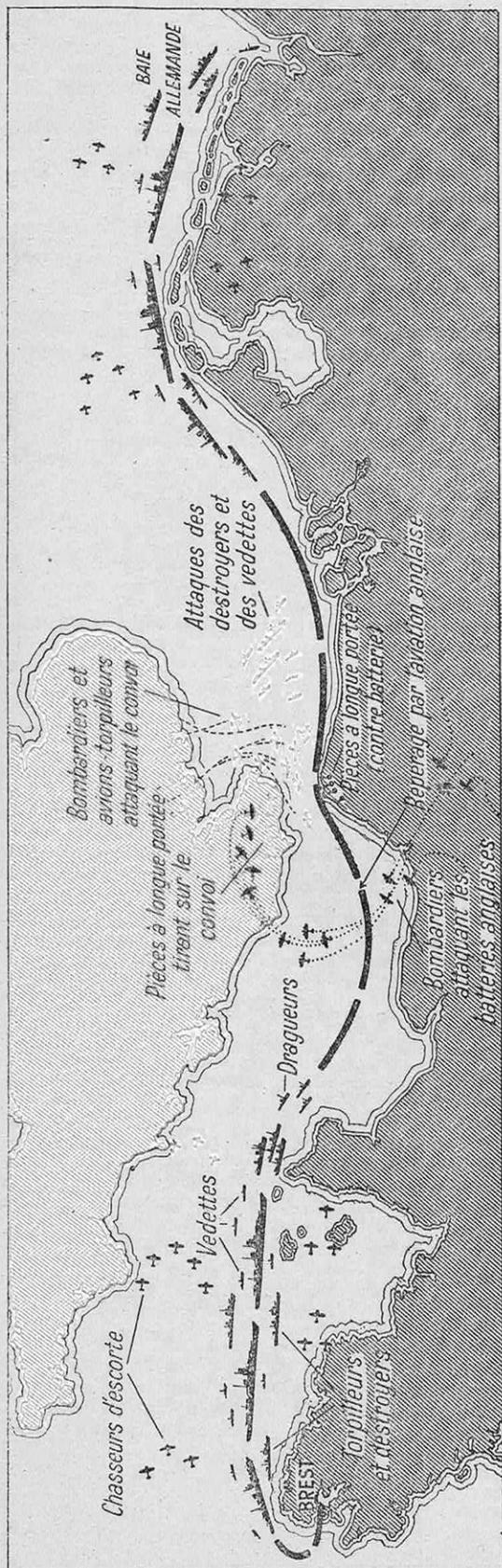
L'aviation dans la lutte maritime

Depuis 1918, l'amélioration des possibilités de tout genre de l'aviation de bombardement

en vol horizontal, à haute altitude, à cause du manque de justesse de ce procédé. Le péril, au contraire, est devenu des plus grands lorsque les bombardiers piqueurs et torpilleurs ont pratiqué le lancement en piqué, d'une extrême précision. Les mesures de défense prévues sur les navires de guerre contre un adversaire d'une espèce jusqu'alors inconnue, se sont montrées insuffisantes (1). Les bâtiments spécialement armés pour agir contre l'aviation n'ont pas donné les résultats escomptés. La seule protection véritablement efficace provient de la présence d'escadrilles de chasse assez puissantes et manœuvrières pour détruire les formations menaçantes avant que celles-ci aient pu remplir leur mission.

Cette situation a entraîné un accroissement

(1) Voir : « La défense anti-Stukas des navires de combat », dans *La Science et la Vie*, n° 298, de juin 1942.



T W 23828

FIG. 7. — UN EXEMPLE D'OPÉRATION COMBINÉE : LE FRANCHISSEMENT DU PAS DE CALAIS PAR L'ESCADRE ALLEMANDE (FÉVRIER 1942)

Le 11 février 1942, à 23 heures, les croiseurs de bataille *Scharnhorst* et *Gneisenau*, et le croiseur lourd *Prinz Eugen* quittèrent leur base de Brest; ils parvenaient dans la Baie allemande dans la soirée du 12 février. L'opération, minutieusement réglée, exigeait une coopération étroite entre les forces navales de toutes sortes qui accompagnaient les grosses unités : dragueurs, torpilleurs et vedettes rapides; les forces aériennes de chasse qui survolèrent l'escadre durant tout son déplacement et prirent le départ successivement en temps voulu des aérodromes répartis de la Bretagne aux îles Frisones; les escadrilles de bombardement qui prirent à partie les batteries côtières et les aérodromes britanniques; l'artillerie côtière allemande qui ouvrit le feu sur les canons à longue portée britannique. Le succès de l'opération est à rapporter, d'une part, à l'excellence de la liaison entre tous les exécutants, d'autre part, aux insuffisances évidentes de la collaboration entre l'aviation, l'artillerie et la marine du côté adverse.

important du rôle des navires porte-avions, mais ceux-ci, larges terrasses flottantes, sont eux-mêmes des objectifs excellents pour les adversaires aériens.

Quel que soit d'ailleurs l'intérêt de l'aviation embarquée, l'expérience a prouvé que les chasseurs attachés ainsi aux escadres et aux convois ne sont pas en état de soutenir avantageusement la lutte contre des unités généralement beaucoup plus nombreuses, basées sur des aérodromes terrestres. D'autre part, le rayon d'action relativement faible de cette catégorie d'appareils les rend impropres à accompagner loin de leurs terrains d'envol des forces navales. Il en résulte une conséquence importante, sur laquelle on a déjà souvent insisté (1), c'est que le parti qui possède une région côtière est en mesure de faire subir des pertes extrêmement lourdes aux bâtiments de toute espèce qui pénètrent dans la zone littorale où peuvent agir ses avions de chasse. Ainsi les données du problème de la maîtrise de la mer se trouvent aujourd'hui complètement bouleversées : la supériorité des flottes de surface ne suffit plus pour assurer la liberté de la navigation dans le voisinage des côtes tenues par l'ennemi, quand celui-ci y possède des aérodromes contenant en nombre important des escadrilles de chasse et de bombardement.

D'autre part, l'arme aérienne, associant son action à celle des sous-marins, a apporté à ceux-ci une aide extrêmement précieuse, sur toutes les parties de l'océan que le rayon d'action étendu des appareils de bombardement leur permet d'atteindre. Les bombardiers piqueurs et torpilleurs, en concentrant leurs efforts contre les navires de guerre qui escortent le convoi, les dispersent et les contraignent à manœuvrer en vue d'assurer leur propre défense. Pendant ce temps, les sous-marins, agissant non plus isolément comme dans la guerre de 1914-1918, mais en groupes commandés par T.S.F., attaquent les cargos soit à la torpille, soit même au canon. D'où la nécessité de faire escorter les convois importants par des moyens navals puissants, comprenant une forte proportion de navires porte-avions.

(1) Voir : « Un an de guerre mondiale », dans *La Science et la Vie*, n° 306 (février 1943).

Les flottilles d'embarcations légères

Le conflit actuel a vu naître et se développer une nouvelle catégorie de formations navales qui, bien que constituées d'unités de faible tonnage, ont joué déjà un rôle nullement négligeable dans les opérations de défense et d'attaque des côtes. Les puissances belligérantes utilisent, en nombre de plus en plus grand, les embarcations légères à moteur. Ces vedettes rapides, armées de torpilles, se sont révélées des adversaires redoutables pour les navires faiblement dotés de canons automatiques. Mais ce type de petits bâtiments a trouvé un autre mode d'emploi de haute valeur dans les débarquements. Grâce à leur rayon d'action et à leur mobilité, ils peuvent transporter en peu de temps sur d'assez longs parcours les premiers éléments destinés à occuper certaines plages favorables. Ils sont, dans ce cas, accompagnés de chalands automobiles portant des chars. Ces flottilles assurent ainsi un concours extrêmement utile aux troupes terrestres, dans une tentative contre une côte tenue par l'ennemi. Comme on le sait, les Japonais en ont fait un fréquent usage, au cours même des rencontres qui se déroulaient à proximité de la mer. Ils ont amené ainsi par surprise, en arrière des lignes ennemies, des groupements plus ou moins importants, dont l'intervention a forcé l'adversaire à rétrograder.

La combinaison des armes de toute nature dans un débarquement de vive force

L'opération, qui exige au plus haut degré la coopération des armes terrestres, navales et aériennes, est le débarquement de vive force à gros effectifs qui, plus exactement, peut être dénommé « offensive de grand style au delà d'un bras de mer » (1).

L'aviation y joue un rôle de premier plan. Tout d'abord, elle permet de jeter sur le littoral ennemi d'importantes formations de parachutistes qui, en liaison avec les forces débarquées par les flottilles d'embarcations légères, peuvent s'emparer d'un certain nombre d'aérodromes, dont la possession est nécessaire pour la prompt installation d'escadrilles de chasse et l'atterrissage d'avions amenant des troupes. Puis les unités de Stukas, protégées par les chasseurs, appuient la progression de toutes les fractions mises à terre, avant l'arrivée de l'artillerie portée sur les cargos. Les patrouilles de chasse sont tenues également de garantir la protection aérienne des flottes et des convois, tandis que les bombardiers écartent les navires ennemis de surface.

Aux forces navales incombe la lourde tâche

(1) Voir : « Une armée de plusieurs millions d'hommes peut-elle franchir la Manche de vive force ? », dans *La Science et la Vie*, n° 304 (déc. 1942).

de transporter des effectifs considérables à travers une bande marine infestée de sous-marins et de bâtiments hostiles, et de présider à de gros débarquements, dans des conditions précaires.

Enfin, les armées ont à prendre pied sur le littoral, à se regrouper en présence de l'ennemi, puis à remporter des victoires qui assurent au parti offensif l'occupation définitive d'une zone continentale profonde.

L'harmonieuse combinaison des armes : art des grands capitaines

L'utilisation d'armes variées et bien adaptées aux conditions de la lutte a toujours été un des principaux moyens d'action mis en œuvre par les peuples conquérants pour dominer leur rivaux. De tout temps, une combinaison intime et habile des combattants de différentes espèces a permis aux grands capitaines de tirer le rendement maximum de leurs ressources militaires. Mais, jusqu'au XIX^e siècle, le problème s'est borné à l'emploi judicieusement concerté de trois éléments : l'infanterie, l'artillerie et la cavalerie.

A l'époque actuelle, les progrès de la technique, le perfectionnement du machinisme, les immenses possibilités de l'industrie, ont permis de créer des engins nouveaux, terrestres, aériens et navals, possédant des propriétés très diverses et développant une puissance beaucoup plus grande que celle du matériel dont disposaient les belligérants des époques antérieures. En particulier, les appareils de tout genre issus du moteur à explosion ont donné aux opérations un dynamisme et une complexité insoupçonnés jusqu'alors.

La combinaison des armes s'exerce aujourd'hui sur des plans multiples : dans la guerre mécanique, entre grandes unités de chars et formations aériennes ; dans les attaques contre des positions fortifiées, entre troupes de toute nature, chars, infanterie, artillerie, génie, aviation ; dans les manœuvres stratégiques, entre vastes ensembles de forces à moteur et armées terrestres ; dans la bataille navale, entre bâtiments de surface allant des types les plus volumineux aux modèles les plus réduits, sous-marins et escadres aériennes ; dans les grandes opérations de débarquement, entre tous les éléments séparés, aptes à combattre sur terre, sur mer, sous l'eau et dans les airs.

Ainsi l'importance de la combinaison des armes s'est accrue dans d'immenses proportions depuis le début du siècle, et on peut dire que l'habileté à associer, dans toutes les circonstances, les catégories d'engins les plus variées et les troupes qui les font agir est devenue une des qualités principales du chef moderne.

Général BROSSÉ,
du cadre de réserve.

De plus en plus se manifeste chez les belligérants une pénurie grave en métaux non ferreux et en éléments d'addition indispensables à la métallurgie des aciers spéciaux. Par contre-coup se développent les applications industrielles de l'argent. Les fabrications de guerre l'utilisent comme « ersatz » du nickel et autres métaux auxiliaires de la sidérurgie, pour la confection des appareils de chirurgie et certaines pièces de l'appareillage électrique.

LES TENDANCES ACTUELLES DE LA RADIODIFFUSION

par P. HÉMARDINQUER

Les nécessités de la guerre ont amené l'interdiction de la fabrication des radiorécepteurs d'usagers en Europe. Aux États-Unis également, la construction des appareils radioélectriques est aujourd'hui réglementée et doit être peu à peu supprimée. Pourtant, les recherches de laboratoire se poursuivent; si elles sont exclusivement orientées vers des fins militaires, elles contribueront au perfectionnement général de la technique des radiocommunications. Et si nous sommes condamnés à garder les anciens récepteurs jusqu'à des temps meilleurs, les organismes officiels se sont préoccupés d'améliorer la qualité des émissions. Pour une même puissance dépensée, on cherche, en adaptant exactement l'émission à la zone desservie, en dirigeant l'énergie rayonnée par les stations, à augmenter la portée des émetteurs dans certaines directions, à supprimer les phénomènes d'évanouissement. Ces perfectionnements, qui sont aujourd'hui aux mains des belligérants les armes de la « guerre des ondes », permettront, une fois la paix revenue, de lutter par une bonne « police » des ondes contre les brouillages provoqués par la multiplication des stations émettrices européennes.

D'UNE manière très élémentaire, on compare généralement la production et la propagation des ondes hertziennes aux phénomènes constatés lorsqu'on jette une pierre à la surface d'une eau tranquille. Tout autour de l'endroit où la pierre est tombée, on voit des rides et des creux circulaires, qui semblent se déplacer à la surface de l'eau, et déterminent sur leur passage des phénomènes mécaniques, tels que la mise en oscillation de bouchons de liège.

Tout autour de l'antenne d'émission d'un poste radiophonique, il se produit des ondes hertziennes se propageant à la manière des ondes élastiques précédentes. Ces ondes viennent frapper tous les obstacles, et, en particulier, les collecteurs d'ondes des récepteurs disposés dans un rayon plus ou moins grand suivant la puissance mise en jeu.

Un émetteur radiophonique est ainsi, en principe, placé au centre de la région à desservir. Son champ d'action, c'est-à-dire la zone dans laquelle on le perçoit, est en principe la surface d'un cercle, mais il se produit normalement, suivant la direction de l'émission et à égalité de distance à l'émetteur, d'assez grandes variations de l'amplitude de l'onde captée.

Les courbes caractéristiques des émetteurs

Pour permettre une étude précise des émetteurs, on construit, d'après les résultats des expériences, une *courbe caractéristique de l'action à distance* obtenue en mesurant l'amplitude des ondes émises à une distance déterminée de l'émetteur, et dans les diverses directions. La courbe est tracée en portant en vecteurs les valeurs de ces amplitudes dans la direction pour laquelle chacune d'elles a été mesurée, et en réunissant les extrémités de ces vecteurs par une ligne continue (fig. 1).

Ce diagramme polaire horizontal donne immédiatement une idée d'ensemble sur l'utilisation possible de l'émetteur. Dans le cas ordinaire, lorsque l'émission se transmet régulièrement tout autour de l'antenne, le diagramme est un cercle, et ce résultat peut être obtenu avec une simple antenne unifilaire verticale. La caractéristique dépend cependant essentiellement de la distance à laquelle l'amplitude est mesurée, et elle peut varier suivant cette distance, comme on le voit, par exemple sur la figure 1.

Les ondes dirigées et leurs avantages

Dès les débuts de la radio, et même avant 1900, les techniciens avaient compris l'intérêt des *émissions dirigées* dans une direction déterminée, qui permettent de *concentrer*, en quelque sorte, toute l'énergie disponible dans la direction de récepteurs privilégiés (fig. 2). Ce dispositif permettait également d'éviter les brouillages, deux émissions dirigées dans des directions différentes, ne pouvant, en principe, être reçues que dans leurs zones d'action respectives.

Dès 1898, André Blondel avait proposé d'effectuer la transmission dans deux antennes verticales placées à une distance l'une de l'autre égale à une demi-longueur d'onde de l'émission considérée, la longueur des antennes elle-même devant être choisie avec précision, et égale à un quart de longueur d'onde. Le système envoie alors des ondes dans une direction privilégiée, perpendiculaire au plan des antennes; sa caractéristique peut être représentée par une courbe à deux boucles.

En 1902, Blondel généralisait ses idées antérieures, et démontrait que l'on pouvait combiner les radiations simultanées de plusieurs antennes espacées à une certaine distance, et recevant des oscillations présentant des différences de

phase, de façon que les effets de ces antennes s'ajoutent, suivant une certaine direction, et s'annulent suivant la direction perpendiculaire.

Le principe nouveau indiqué était analogue à celui des réseaux en optique, et les chercheurs qui devaient continuer ces expériences s'appuyèrent désormais sur ces idées initiales. On citera, en particulier, les travaux de Marconi, qui devaient donner naissance à l'établissement des grandes stations mondiales de communications transcontinentales à ondes dirigées.

Pourtant, les premiers résultats n'étaient pas très concluants. Les émissions de ce temps étaient, en effet, effectuées sur de grandes longueurs d'onde, et on ne savait pas construire des générateurs de courants permettant d'obtenir des oscillations entretenues, de fréquence à la fois très élevée et absolument régulière.

La direction des ondes courtes

Les premiers essais réalisés par Hertz, et même les premières radiocommunications de Marconi, avaient été effectués au moyen d'ondes courtes de l'ordre du mètre; pourtant au début de la T.S.F., on croyait que seules les ondes de grandes longueurs pouvaient être reçues à grande distance. Les essais de radiocommunications transatlantiques organisés dès 1922 montrèrent la possibilité des liaisons à grande distance, avec des puissances relativement faibles, en employant des longueurs d'ondes courtes et très courtes, supérieures cependant à une dizaine de mètres environ.

L'emploi des ondes courtes pour les radiocommunications, en général, et, plus spécialement, pour la radiodiffusion, a pris un immense essor. Comme nous venons de le rappeler, les dispositifs utilisés pour la direction des ondes doivent avoir des dimensions en rapport avec la longueur de ces ondes; plus celle-ci est réduite, plus le dispositif employé est facile à établir, et plus la concentration est efficace. C'est ainsi que les grandes stations à ondes dirigées utilisent des ondes de l'ordre de 6 à 25 m environ.

Les ondes ultracourtes, de l'ordre du mètre, ont des propriétés qui se rapprochent de celles des ondes lumineuses; on les appelle des ondes « quasi-optiques ». On peut les diriger avec un système d'antennes verticales, ou avec un réflecteur métallique de forme parabolique, tout à fait analogue aux réflecteurs des phares lumineux. Avec une puissance très réduite, de moins de 0,5 W, il devient alors possible d'assurer une communication téléphonique sur

une distance de plusieurs dizaines de kilomètres avec des ondes ultracourtes de longueur inférieure au mètre.

La concentration n'est pas seulement envisagée dans le plan horizontal, mais aussi dans le plan vertical. Pour les grandes ondes, de longueur supérieure à 2 000 m, par exemple, la propagation se fait surtout par le rayonnement qui suit la surface de la terre; c'est ce qu'on appelle l'onde de surface. Pour les ondes courtes, même de quelques centaines de mètres, il faut faire entrer en ligne de compte, dans une grande proportion, les ondes indirectes ou ondes d'espace se réfléchissant sur les couches ionisées, par cela même conductrices, de l'atmosphère et qui vont atteindre les récepteurs à grande distance (fig. 3).

Suivant que les rayons hertziens partant de l'antenne d'émission sont plus ou moins inclinés, la réflexion varie, et, simultanément, les conditions de réception à grande distance. Le dispositif de direction des ondes devra ainsi permettre la direction dans le plan horizontal, aussi bien que dans le plan vertical.

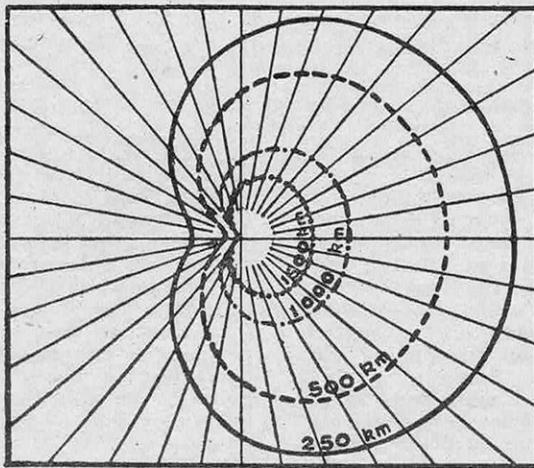
La direction des ondes courtes a permis d'assurer des radiocommunications régulières dans les meilleures conditions, avec des puissances très réduites. L'emploi des ondes ultracourtes a reçu de nombreuses applications particulières: la détection des obstacles, et spécialement le repérage des avions, les émissions de télévision, etc...

La direction des ondes courtes et très courtes n'est pas encore directement utile, pour le moment, aux

auditeurs de la radio, car elle n'est pas employée pour la radiodiffusion, mais la réalisation des réseaux de télévision qui suivra, sans doute, la fin des hostilités et la mise en application de nouveaux procédés de diffusion à haute fidélité à modulation de fréquence, déjà commencée en Amérique, mettront en relief les avantages de la concentration de ces ondes.

Comment on adapte l'émission en ondes moyennes à la zone à desservir

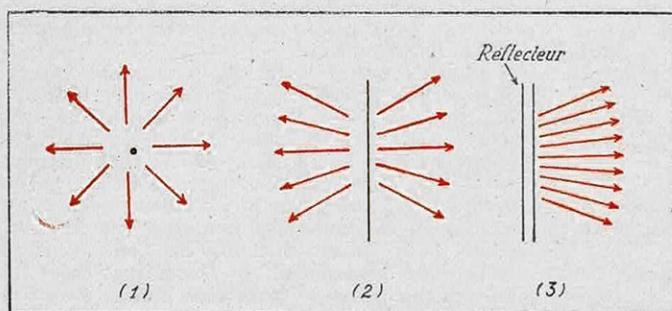
La direction des ondes courtes avait été spécialement étudiée pour les raisons exposées plus haut, et employée pour les radiocommunications, dans lesquelles on considère uniquement un émetteur et des récepteurs professionnels fixes. La multiplication du nombre des émetteurs de radiodiffusion, la nécessité d'augmenter la régularité et la qualité de la réception radiophonique ont amené à considérer depuis peu dans d'autres conditions un problème tech-



T W 23960

FIG. 1. — LE DIAGRAMME DES PUISSANCES REÇUES DANS LES DIFFÉRENTES DIRECTIONS ATOUR D'UNE STATION D'ÉMISSION

L'espace qui entoure la station d'émission n'étant pas partout aussi favorable à la propagation de l'onde rayonnée, celle-ci, pour une même distance du récepteur à la station ne garde pas la même amplitude dans toutes les directions. Pour étudier les variations de l'amplitude avec la direction, on construit pour diverses distances du récepteur à l'émetteur le diagramme en coordonnées polaires de l'amplitude des ondes mesurées au sol. On a marqué sur la figure les diagrammes correspondant aux distances 250 km, 300 km, 1 000 km, 1 500 km.



T W 23957

FIG. 2. — LES PLUS SIMPLES DES ANTENNES DIRECTIVES

Une antenne simple d'émission rayonne la plus grande part de son énergie dans son plan médiateur. Si on la dispose verticalement (1), elle rayonne autant d'énergie dans toutes les directions. Si, au contraire, on la dispose horizontalement (2), elle émet presque toute son énergie dans deux directions opposées. Si on la munit d'un réflecteur (3), elle émet dans une seule direction.

nique de principe analogue, la direction des ondes moyennes de radiodiffusion.

Un émetteur radiophonique doit normalement desservir une zone circulaire; mais cette région présente bien rarement cette forme idéale, même pour une émission locale. La propagation des ondes, même courtes, est rarement régulière; certaines zones sont plus ou moins favorisées, et le contour exact n'est plus circulaire, si l'on considère les facteurs radioélectriques.

Il y a de nombreux cas, d'autre part, où, par son tracé géographique même, la région à desservir n'offre pas un contour circulaire régulier. Ainsi, dans une région resserrée comprenant une longue ligne de côtes, la transmission au-dessus de la mer donne de meilleurs résultats qu'une propagation purement terrestre. L'intérêt de certaines parties de la région couverte peut dépendre aussi de facteurs non géographiques, techniques ou démographiques, économiques ou politiques. La population n'est pas répartie d'une manière régulière, sa densité varie, certaines régions sont agricoles, et d'autres industrielles. L'intérêt d'une répartition correspondante de l'intensité radiophonique est donc évident.

On n'obtient, d'ailleurs, jamais, en pratique, le champ horizontal circulaire théorique. Il se produit des pertes plus ou moins accentuées dans certaines directions, par suite de la propagation au-dessus de terrains particuliers, ou de conditions spéciales : présence de montagnes, de grandes villes, d'ouvrages d'art, etc...

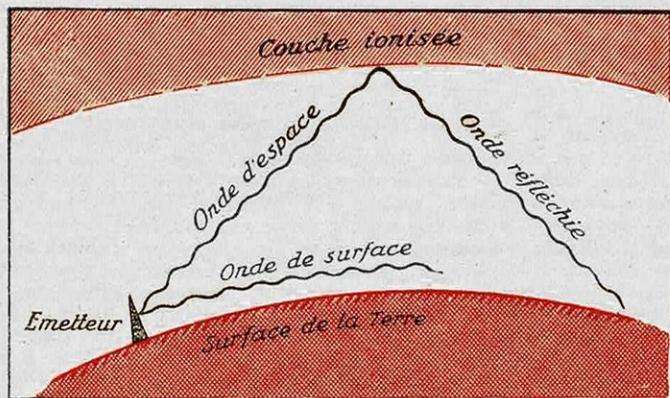
Traçons le diagramme d'une antenne de radiodiffusion à une certaine distance de l'émetteur; nous pouvons constater toujours une déformation et un affaiblissement plus ou moins considérables dans certaines directions. Même dans le cas classique, si nous voulons obtenir une réception régulière, nous avons donc intérêt à modifier à volonté le rayonnement dans certaines directions de façon à compenser, le plus

possible, un affaiblissement inévitable déterminé par des causes locales dans ces mêmes directions.

La notion de rayonnement dirigé, même pour les ondes de radiodiffusion de 200 à 2 000 m, soit de 150 à 1 500 kilocycles, présente donc un grand intérêt. Le but recherché peut être double : on cherche à obtenir, dans certaines directions, des intensités particulièrement élevées, en comparaison de la puissance d'émission. On réduit également le rayonnement dans certaines directions, pour éviter les brouillages, et permettre la réception dans certaines zones d'une émission relativement faible, grâce à la protection obtenue contre le rayonnement d'un émetteur puissant.

Le problème de la protection contre les brouillages est essentiel, dans l'état actuel de la radiodiffusion, et les dernières conférences tenues avant la guerre en 1939 à Montreux l'avaient bien démontré. Dans les cas pratiques les plus importants, la zone à protéger contre les brouillages et la région qui doit être favorisée peuvent être choisies dans des directions opposées, par rapport au poste brouilleur, et il suffit alors de considérer des actions unidirectionnelles.

La direction de l'onde dans le plan vertical ne doit pas être négligée, comme nous l'avons noté. Jusqu'à 40 ou 50 km de l'émetteur, et pour les ondes moyennes, l'onde de surface intervient seule; pour des distances supérieures, de 1 000 à 1 500 km, l'onde d'espace est seule à considérer. Cette onde d'espace présente un intérêt essentiel en ce qui concerne la régularité de la réception, et spécialement le phénomène d'évanouissement; d'où, la néces-



T W 23958

FIG. 3. — LES DEUX MODES DE PROPAGATION DU RAYONNEMENT HERTZIAN

Dans le rayonnement d'une antenne, on peut distinguer, d'une part, la fraction qui se propage sensiblement horizontalement et parvient directement aux récepteurs si ceux-ci ne sont pas trop éloignés; d'autre part, la fraction rayonnée dans tout l'espace, vers le ciel. Celle-ci se réfléchit sur la couche ionisée de la haute atmosphère, vers 80 km d'altitude environ, et revient vers le sol où des récepteurs même très éloignés peuvent la recevoir, étant donné la faible absorption dans la haute atmosphère. Entre ces deux cas extrêmes s'étend une zone où les deux rayonnements sont reçus à la fois par le récepteur. Comme ils présentent entre eux une différence de phase, ils peuvent interférer plus ou moins complètement, d'où le fading. Pour le supprimer et améliorer ainsi la réception dans une zone assez large autour de l'émetteur, on peut supprimer ou affaiblir l'onde d'espace en rendant l'antenne directive dans le plan vertical.

sité d'étudier en correspondance les dispositifs d'émission, et spécialement les antennes.

Les émetteurs dirigés

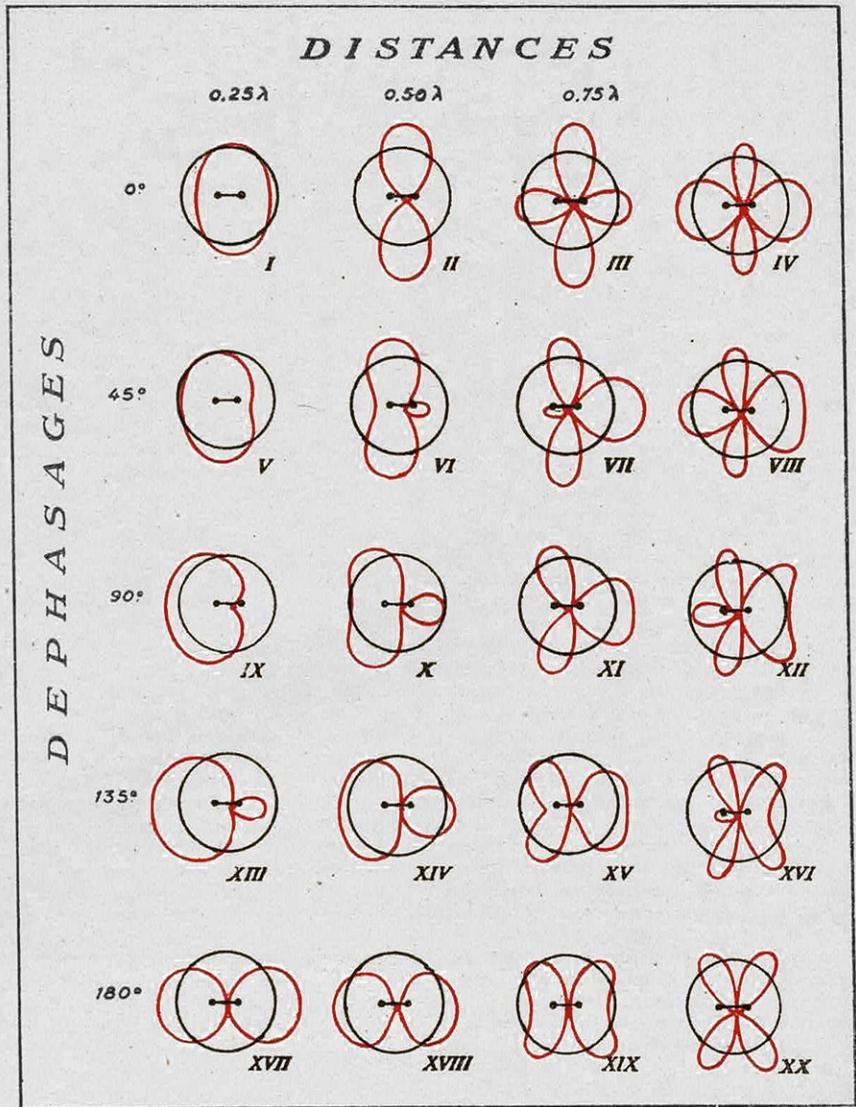
Tous les dispositifs préconisés pour la réalisation des systèmes d'émetteurs à ondes dirigées reviennent, en réalité, à utiliser un nombre d'oscillateurs plus ou moins grands, et à faire en sorte que, suivant une direction privilégiée, toutes les émissions provenant des différentes antennes émettrices se composent en phase au poste récepteur, c'est-à-dire que leurs actions puissent se combiner en s'ajoutant, et non en se retranchant les unes les autres.

Si l'on emploie un deuxième oscillateur en arrière du premier, il devra, dans ces conditions, être parcouru par un courant décalé en avant du temps nécessaire à l'oscillation pour franchir la distance séparant les deux antennes: certains éléments peuvent recevoir également l'énergie rayonnée par d'autres éléments et servir ainsi de réflecteurs.

Les ondes émises dans les réseaux de radiocommunications régulières peuvent être reçues aussi dans une direction privilégiée par un poste récepteur muni d'un collecteur d'ondes spécial destiné à concentrer l'énergie reçue, et permettant d'obtenir encore une intensité d'audition plus grande, avec une puissance moindre.

Les dispositifs employés pour la direction des ondes moyennes ne peuvent être identiques à ceux utilisés pour la concentration des ondes courtes, et surtout ultracourtes. On ne peut, et on ne veut, d'ailleurs, obtenir un effet directionnel aussi accentué; il devient possible d'adopter des antennes très simples assurant les résultats désirés.

Deux antennes verticales éloignées l'une de l'autre d'une certaine distance, parcourues par des courants dont la phase et l'amplitude sont déterminées au moyen d'impédances convenables, permettent normalement toutes les combinaisons désirées. On emploie des mâts rayon-



T W 23954

FIG. 4. — DIAGRAMMES DES PUISSANCES RAYONNÉES DANS LES DIFFÉRENTES DIRECTIONS PAR UNE ANTENNE DOUBLE

La forme de ces diagrammes dépend de la différence de phase des oscillations électriques qui se produisent dans les antennes et du rapport de la distance qui sépare les antennes à la longueur d'onde de l'émission; on pourrait aussi introduire un troisième facteur: le rapport des intensités dans les deux antennes.

nants, ou des antennes suspendues entre des mâts.

Ce système simple assure un diagramme polaire dont la forme est symétrique, suivant la ligne reliant les antennes. Ces dernières peuvent être excitées directement et par des courants égaux, la première seule peut aussi être excitée, et l'autre indirectement par radiation. Dans ce cas, l'antenne non excitée est comparable à un récepteur; son éloignement et sa disposition sont choisis de façon à assurer une relation convenable de phase et d'amplitude.

Suivant l'éloignement des antennes, leur longueur par rapport à la longueur d'onde, et la relation de phase, on obtient, dans certaines directions, une addition des champs séparés produits par les antennes, et, dans d'autres

directions, une suppression partielle ou complète de ces champs.

En employant des courants égaux dans chaque antenne (fig. 4), il est possible, en choisissant convenablement la distance des deux antennes et leur décalage dans le temps, d'obtenir une ou deux directions au minimum correspondant à des valeurs nulles, autour de la ligne des antennes; on peut, de la même manière, déterminer la position des maxima. Ces minima et ces maxima sont plus ou moins nets.

De cette façon, on augmente l'intensité du champ dans la région à desservir, et on réduit cette intensité dans les directions où l'on craint les interférences. Cette réduction entraîne une amélioration correspondante de l'efficacité dans les régions privilégiées, pour la même puissance totale rayonnée.

Les diagrammes polaires de ce genre sont très simples, et dépendent seulement de la distance des antennes et du déphasage.

On en voit des exemples assez divers sur la figure 4. Si les antennes sont distantes d'une longueur égale au quart de la longueur d'onde, et si l'on réalise, par exemple, un déphasage de 90° , on obtient une courbe cardioïde bien connue; s'il y a pas de déphasage, la courbe est elliptique. Le rayonnement est produit dans chaque cas dans un secteur voisin de l'antenne, et il est accru dans une certaine direction.

Un espacement de l'ordre d'une demi-longueur d'onde, et un déphasage de l'ordre de 45° , assurent une courbe allongée perpendiculairement à la ligne des antennes; l'accroissement obtenu dans cette direction peut alors correspondre au doublage de la puissance de transmission.

Avec des distances de l'ordre de trois quarts, ou égales à la longueur d'onde, on obtient, suivant les déphasages, des courbes beaucoup plus complexes répondant à des besoins particuliers.

Au lieu d'appliquer sur les deux antennes des intensités égales, on peut appliquer sur l'une, une intensité plus grande, double par exemple, ce qui détermine une déformation plus faible, on obtient alors des diagrammes moins aplatis. En principe, il est donc possible de faire varier à volonté, et de façon très simple, le diagramme à obtenir.

Les premiers résultats obtenus

Le procédé a déjà été appliqué en France, et il a été étudié tout particulièrement pour l'exploitation des stations coloniales. Il s'agit, en quelque sorte, d'adapter exactement l'émission aux particularités géographiques, techniques, ou même démographiques de la région à desservir, de la mouler sur le terrain étudié, suivant les résultats d'écoute.

Les résultats obtenus ne peuvent manquer d'intéresser tous les auditeurs de T.S.F., de même que les constructeurs de radiorécepteurs. Les améliorations obtenues feront disparaître les irrégularités de réception constatées dans de nombreuses régions, justifiant les plaintes formulées trop souvent par les auditeurs. Elles assureront des auditions plus régulières, avec des appareils plus simples, transformeront les conditions de réception des émissions faibles ou lointaines, malgré les brouillages des émissions locales.

Cet emploi des antennes directionnelles a été envisagé dans les conférences internationales

destinées à réglementer les émissions de radio-diffusion, par suite de la superficie relativement faible de l'Europe, et de la nécessité d'affecter la même fréquence à deux ou plusieurs stations étrangères insuffisamment éloignées les unes des autres. Quarante-sept stations, d'après le plan de Montreux le plus récent, devaient ainsi être équipées avec des antennes directrices, alors que le plan de Lucerne n'en prévoyait que six.

Le dispositif adopté peut encore réduire plus spécialement le rayonnement indirect dans une direction donnée; il agit alors comme écran, et sur l'onde d'espace seulement, le rayonnement de l'onde de surface n'étant pas affecté. Ce cas concerne plutôt les stations établies au centre de la région à desservir, et ne pouvant être installées aux limites de cette dernière.

Au début de l'application de ces procédés, on a mis en doute l'efficacité des antennes directrices pour la protection à grande distance; les observations minutieuses effectuées en janvier 1939 par l'Union Internationale de Radio-diffusion ont réussi à montrer l'efficacité complète des mesures appliquées.

Deux stations d'une puissance de l'ordre de 100 kW, ou même de 50 kW, distantes de 2 000 à 3 000 km se gênent mutuellement en hiver, une séparation complète exigeant une distance de l'ordre de 5 000 km. L'emploi des antennes directrices permet une modification de cette situation. La puissance apparente de chaque station sur sa zone propre correspond alors à une puissance de 200 kW, alors que la puissance apparente de la station brouilleuse correspondante s'abaisse à 4 kW. Le rapport des puissances des émissions à séparer passe ainsi de 1 à 1/50.

Il est possible de prévoir des combinaisons directionnelles plus complexes, pour obtenir des concentrations ou des effets d'écran dans plusieurs directions simultanément. On peut adjoindre un système d'antennes directrices à une antenne non dirigée ayant un rayonnement très incliné dans le plan vertical; on crée ainsi un véritable cône d'ombre dans une direction déterminée, et sous un angle peu élevé au-dessus de l'horizon, selon la distance de la zone à protéger; on obtient de cette façon une réduction au 1/10 de la puissance de brouillage.

Une étude de ce genre, très complète à déjà été faite pour l'émetteur d'Alger fonctionnant sous 100 kW par la Radiodiffusion Nationale. Les stations d'Alger et de Göteborg en Suède ont la même fréquence, et la distance entre ces stations est insuffisante pour éviter le brouillage; il est donc indiqué de créer une direction protégée, et le diagramme théorique le plus satisfaisant est celui dit « en cardioïde » déjà indiqué précédemment.

Avec ce diagramme, et étant donné la position de l'émetteur aux « Eucalyptus », l'agglomération d'Alger est en dehors de la zone de rayonnement minimum, et il était nécessaire d'obtenir un champ d'intensité au moins égale à celle obtenue avec l'émetteur de 15 kW. On a dû étudier ainsi un rapport des courants dans les antennes différent de 1, et de l'ordre de 0,6, afin d'améliorer le rayonnement de l'onde de sol dans la région urbaine.

Le diagramme de rayonnement réel de l'onde de sol est modifié, évidemment, par la nature du sol dans la zone de service; celle-ci varie fortement suivant les directions, par suite de la chaîne de l'Atlas et de ses contreforts. Vers Oran, la propagation se fait uniquement au-dessus de la plaine côtière; vers le Sud, au

contraire, on atteint rapidement les hauts plateaux.

Ces modifications sont indiquées sur le schéma de la figure 6; le résultat final n'est pas défavorable dans la pratique, puisque la population est concentrée, en grande partie, le long de la côte.

De nombreuses études de ce genre ont été faites à l'étranger; une des particularités les plus curieuses réside dans la possibilité de placer l'émetteur dans une position très excentrique par rapport à la zone couverte; dans le cas où celle-ci est une zone côtière, on peut utiliser les avantages de propagation au-dessus de la mer, où l'affaiblissement est faible.

Un exemple caractéristique peut être donné par l'établissement de l'antenne de la station de Start Point dans les Cornouailles en Angleterre. On

voit sur la figure 8 le diagramme théorique et pratique obtenu par la combinaison d'antennes directionnelles; la quantité d'énergie rayonnée vers la mer est considérablement réduite; dans la direction la moins favorisée, vers le Nord, le champ est encore aussi élevé qu'avec une antenne non directionnelle rayonnant la même puissance. Les champs obtenus dans les principales agglomérations à desservir sont alors rigoureusement les mêmes.

Les « îles » radiophoniques

La disposition et l'alimentation des antennes ne jouent pas seules un rôle essentiel pour déterminer les conditions de propagation; il faut également considérer la nature du sol et des obstacles entourant l'émetteur à une distance plus ou moins grande. Les techniciens américains ont récemment étudié, tout spécialement, ces facteurs; ils ont pu démontrer que la disposition de l'antenne d'émission dans des conditions particulières permettant d'éviter la présence des obstacles environnants, et d'obtenir une propagation directe au-dessus de la

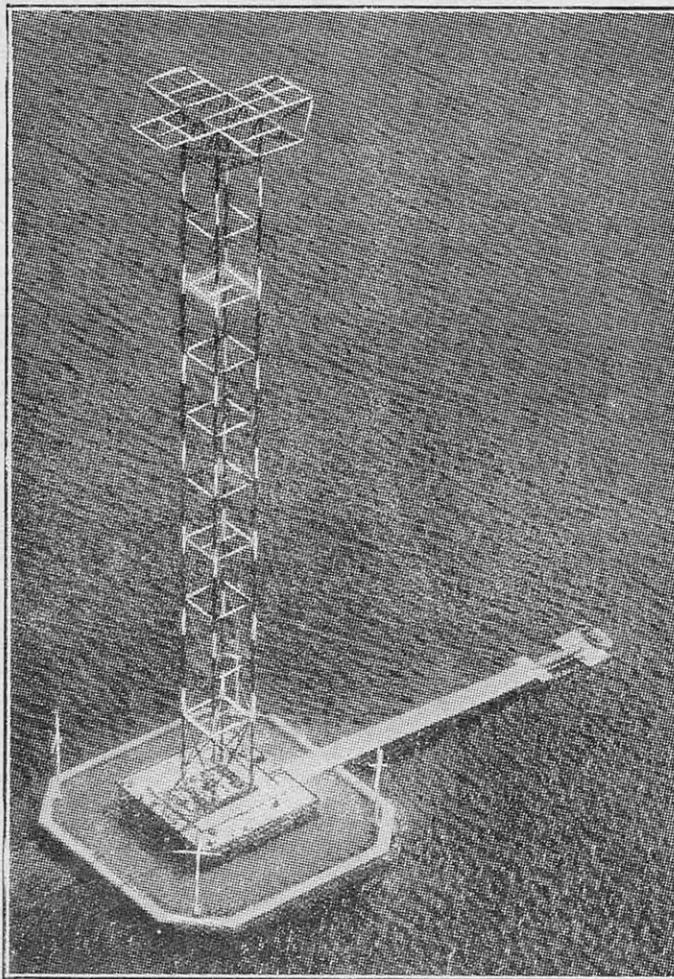


FIG. 5. — L'ÎLE RADIOPHONIQUE DE LA COLUMBIA BROADCASTING CO DANS LA BAIE DE MANHATTAN (ÉTATS-UNIS)

En plaçant l'antenne émettrice sur une île, on élimine les obstacles rencontrés par l'onde dans les premières centaines de mètres de son parcours et on améliore ainsi nettement sa transmission.

mer, améliorerait, dans des proportions remarquables, la qualité et la portée des transmissions.

C'est ainsi que la Columbia broadcasting Co a fait établir sur un petit rocher de la baie de Manhattan (le « Petit Pois ») une île artificielle de 150 m² de superficie, dont la construction a exigé 16000 tonnes de ciment, de rocs et de poutrelles d'acier. L'île est protégée par une digue de 200 m de long; elle comprend une tour d'émission et un immeuble destiné au personnel doté de tous les perfectionnements de la technique moderne.

Il faudra, sans doute, attendre la fin de la guerre pour être fixé sur les résultats obtenus ainsi dans les diverses parties du monde. Dès à présent, ils semblent déjà remarquables, et il faut s'attendre à voir les techniciens porter

spécialement leur attention vers l'emplacement géographique local des stations à établir.

Le développement des antennes antifading

Un des inconvénients les plus graves de la radiodiffusion est constaté par les auditeurs sous la forme d'une variation d'audition plus ou moins profonde, et plus ou moins irrégulière, se manifestant spécialement pour les ondes moyennes, et auquel on a donné le nom de *fading* (ou évanouissement). Ce phénomène est dû uniquement à des causes radioélectriques et atmosphériques.

Ainsi que nous l'avons indiqué, l'émetteur transmet deux sortes de rayonnements, les ondes de surface et les ondes d'espace, réfléchies plus ou moins complètement, ou réfractées dans les zones ionisées de l'atmosphère. Suivant la longueur d'onde des émissions, l'angle d'incidence des rayons d'espace varie, et la distance du poste émetteur à laquelle les rayons réfléchis viennent toucher la surface de la terre pour la première fois varie également (fig. 3).

Dans une certaine zone autour de l'émetteur, on reçoit uniquement des ondes de surface et la réception demeure à peu près constante. Dans une zone plus lointaine, on peut recevoir, à la fois, l'onde de surface et l'onde d'espace. Suivant le décalage entre les rayons directs et réfléchis, il y a addition ou soustraction des amplitudes, et, par conséquent, augmentation ou diminution d'intensité de réception.

Les modifications d'intensité demeurent constantes pour une position déterminée du ré-

moins, à reculer la zone dans laquelle les rayons indirects sont réfléchis vers le sol pour la première fois.

On obtient ce résultat avec une antenne inclinant, autant que possible, vers l'horizontale le rayonnement indirect. L'emploi des ondes courtes et moyennes a amené la réduction générale de la partie horizontale des antennes, alors que les premières stations d'émission étaient pourvues de nappes horizontales de grandes dimensions. La solution actuelle pour

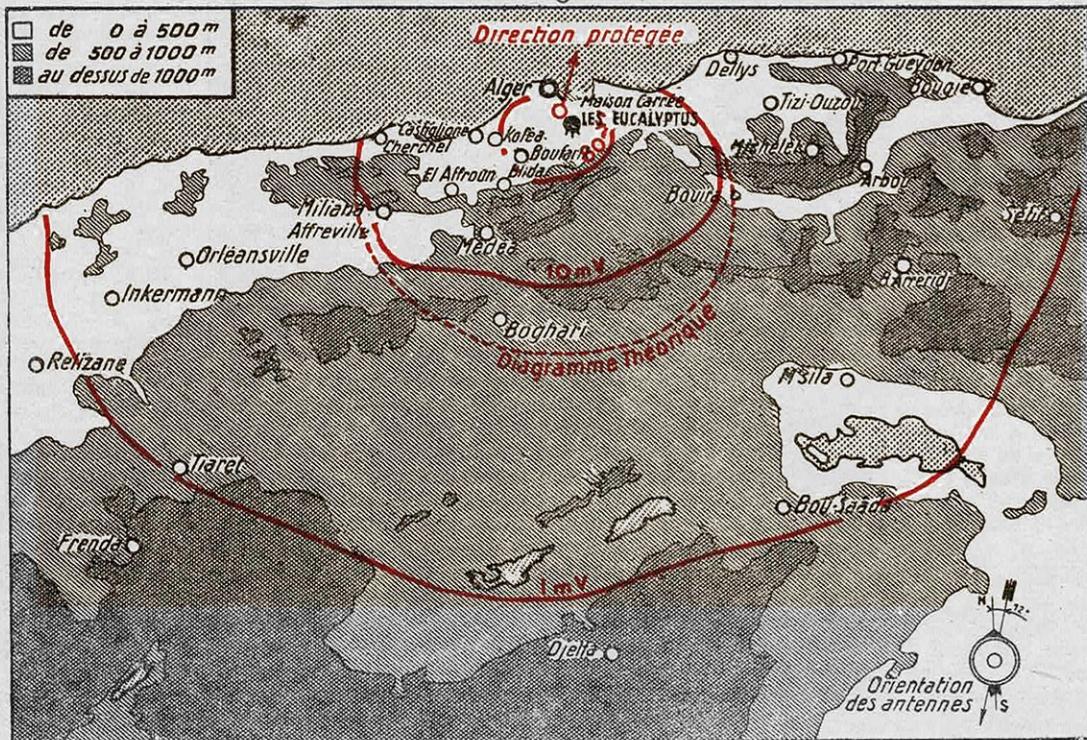


FIG. 6. — L'INFLUENCE DU SOL SUR LA PROPAGATION DES ONDES HERTZIENNES AUTOUR DE LA STATION D'ALGER

La station d'Algier, située aux Eucalyptus, est dotée d'une antenne directive dont le diagramme est une cardioïde (fig. 4 V). Le minimum d'émission se trouve dans la direction de la station de Göteborg, avec laquelle on a voulu éviter les brouillages. Si on trace autour de la station des Eucalyptus la ligne des points où l'amplitude de l'onde a conservé une valeur donnée, on devrait théoriquement obtenir une courbe d'allure régulière et symétrique par rapport à cette direction protégée. Il n'en est rien et on voit l'influence des différences de conductibilité du sol sur la propagation des ondes.

cepteur, si les couches réfléchissantes de l'atmosphère se comportaient comme des miroirs indéformables; la réalité est différente. On constate constamment des modifications plus ou moins marquées de ces couches déterminant des variations correspondantes de propagation des ondes réfléchies.

Ces variations se manifestent sous forme de fading plus ou moins irrégulier, et l'on a tenté d'y remédier par les dispositifs compensateurs antifading bien connus adaptés sur les radio-récepteurs.

Il est pourtant préférable de supprimer la cause même du fading à la source, autant que possible, au lieu de chercher à en atténuer les effets. S'il est impossible de faire varier les conditions de propagation, on peut construire l'émetteur de façon à réduire le phénomène.

La solution de principe consiste à augmenter la zone de rayonnement direct, et à supprimer, en partie, les rayons d'espace, ou, tout au

diminuer le rayonnement indirect amène à utiliser des antennes de plus en plus hautes par rapport à la longueur d'onde, et dont la partie horizontale est supprimée.

Au lieu de l'antenne vibrant en quart d'onde, c'est-à-dire émettant une onde dont la longueur est égale à 4 fois sa longueur métrique, on emploie des antennes demi-onde, produisant des ondes doubles de leur longueur métrique. Le rayonnement horizontal est ainsi augmenté d'environ 30 % (fig. 7).

Alors qu'avec une antenne ordinaire, le fading apparaît à une distance de 75 km par exemple, avec une antenne demi-onde, la zone d'audition régulière s'étend jusque vers 150 km. Une des difficultés d'établissement de bonnes antennes antifading demi-onde provient de la présence de pylones métalliques, et de leurs supports, qui rendent le rayonnement plus complexe, et c'est pourquoi on a souvent utilisé des pylones en bois.

On adopte couramment une autre solution, en employant comme antenne un pylone métallique lui-même de grande hauteur, constituant une antenne-mât, ou pylone rayonnant. Ce pylone comporte à son extrémité supérieure un mât coulisant télescopique d'accord, permettant de déterminer exactement la hauteur du pylone suivant la longueur d'onde de l'émetteur.

Les difficultés de construction augmentent pourtant avec une longueur d'onde croissante, et les résultats obtenus dépendent de la forme de l'antenne, de sa hauteur, et aussi de son mode d'alimentation. Les premières antennes verticales antifading ont été établies vers 1932 avec une capacité au sommet, mais on utilise maintenant souvent des ensembles de bobinages intercalés permettant de déterminer plus exactement le diagramme de rayonnement.

A mesure que la longueur d'onde est plus élevée, la réduction de la hauteur de l'antenne présente plus d'avantages, et on est amené à imaginer des combinaisons de bobines plus ou moins complexes. On peut ainsi obtenir des hauteurs de mâts réduites, de l'ordre de 0,35 à 0,40 par rapport à la longueur d'onde. Les diagrammes directionnels des antennes les plus basses sont les plus favorables. Les antennes dites « en câbles » présentent des avantages en ce qui concerne le réglage; on voit sur la figure 9 un certain nombre de variantes des formes que l'on peut adopter.

Des dispositions additionnelles permettent, avec un rayonnement auxiliaire, d'améliorer encore la régularité des résultats obtenus; telles sont les combinaisons de mâts-radiateurs comportant des fils rayonnants auxiliaires, disposés en cercle autour de l'antenne verticale.

On ne considère plus ainsi, en principe, que le rayonnement direct dans une zone relativement faible autour de l'émetteur; il s'agit donc de diffusions régionales, ou, en tous cas,

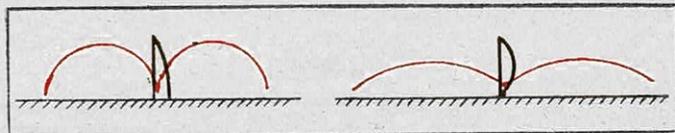


FIG. 7. — DIAGRAMME DE L'ÉNERGIE RAYONNÉE DANS UN MÊME PLAN VERTICAL PAR L'ANTENNE QUART D'ONDE ET L'ANTENNE DEMI-ONDE

On a ici tracé le diagramme en coordonnées polaires de l'amplitude des radiations suivant les différents angles du rayonnement avec l'horizontale. On voit qu'avec l'antenne demi-onde, on rayonne moins d'énergie vers les couches supérieures de l'atmosphère et plus d'énergie parallèlement au sol. On recule ainsi la zone de fading de la station.

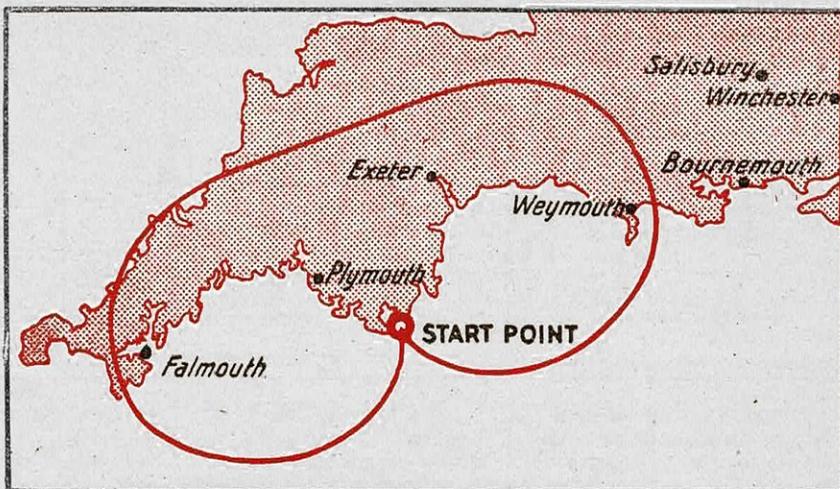


FIG. 8. — DIAGRAMME DE L'ÉNERGIE RAYONNÉE PAR LA STATION DE START POINT (ANGLETERRE)

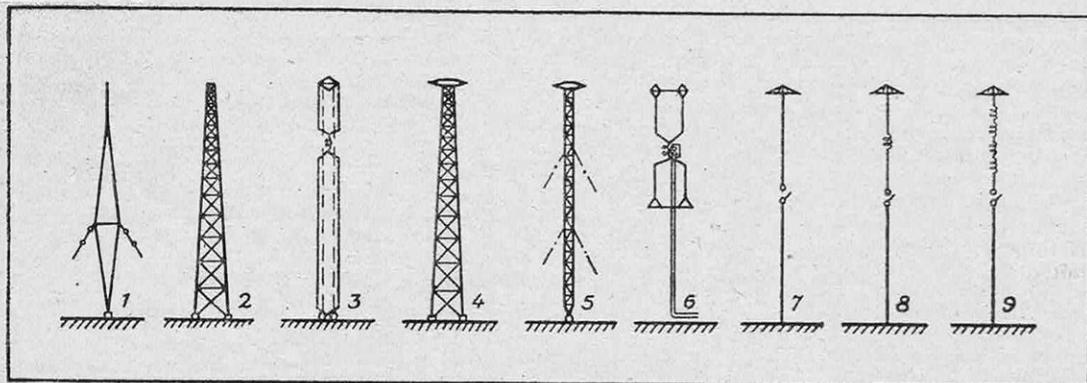
Ce diagramme qui correspond à des oscillations électriques d'égal intensité, d'un déphasage de 45° et se produisant dans des antennes distantes des trois huitièmes de la longueur d'onde, s'adapte particulièrement bien à l'étroite bande de terre qui constitue la région à desservir. L'énergie rayonnée est maximum dans les deux directions longitudinales. Elle a une valeur suffisante pour couvrir la zone dans le sens de la largeur. Enfin l'énergie rayonnée vers la mer, qui peut être considérée comme perdue, a été réduite au minimum.

nationales. Dans ce cas, les réceptions à très grandes distances n'ont plus qu'une importance relativement secondaire, ou peuvent même devenir nuisibles, en gênant les transmissions locales sur longueurs d'onde voisines. Bien entendu, lorsque les stations sont destinées à la diffusion à très grande distance, pour les colonies ou les transmissions intercontinentales, les dispositifs d'antennes antifading n'offrent plus le même intérêt.

Une nouvelle méthode d'émission : la modulation en fréquence

Les dispositifs que nous venons d'étudier permettent seulement d'améliorer les résultats obtenus avec les procédés d'émission classiques, et leur intérêt n'en est pas moins essentiel. Un nouveau procédé de transmission radiophonique déjà employé aux Etats-Unis modifie, au contraire, complètement le principe même de la transmission radiophonique. C'est le procédé de modulation en fréquence opposé aux procédés actuels de modulation en amplitude. Il n'est pas encore employé en Europe pour la radiodiffusion.

Nous n'en rappellerons ici que le principe. On sait qu'une émission radiophonique, suivant le procédé ordinaire de modulation en amplitude actuel, est caractérisée par l'existence de deux bandes latérales égales, correspondant à la fréquence de modulation, et s'étendant ainsi sur une bande de fréquences dont l'importance dépend de la hauteur des sons à transmettre, et de leurs harmoniques. Pourtant, en raison de la nécessité d'éviter les brouillages, on a été obligé de réserver à chaque station une bande de l'ordre de 9 kilocycles seulement, ce qui ne



T W 23959

FIG. 9. — REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DE DIFFÉRENTES FORMES D'ANTENNES ANTIFADING

1 : Antenne mât dite « à ventre de poisson » ; 2, 3, 4, 5 : Tours simples avec bobine ou capacité au sommet, ou avec bobine et capacité ; 6 : Dipôle avec bobine et capacité ; 7, 8 et 9 : Antennes unifilaires avec capacité et une ou plusieurs bobines.

permet pas, en principe, de transmettre des sons de fréquence supérieure à 4500 périodes/seconde (fig. 10).

Le taux de modulation est, d'autre part, limité par le principe même du procédé, ce qui oblige à réduire l'intervalle de puissance sonore qui devient inférieur à 30 ou 40 décibels. L'intervalle de puissance naturel est, rappelons-le, de 130 décibels, alors qu'il atteint déjà 50 à 60 décibels dans les dispositifs de musique mécanique les plus perfectionnés, ceux de la cinématographie sonore.

Dès que le niveau des parasites est élevé, il faut ainsi renoncer à une réception de qualité encore diminuée par la présence du bruit de fond provenant du récepteur lui-même.

Le procédé de modulation en fréquence consiste à faire varier la fréquence de l'onde porteuse en laissant son amplitude constante. La modulation détermine à chaque instant la variation de la fréquence de base de la transmission. Cette variation de fréquence assure la profondeur de modulation. Si la variation de fréquence est faible, le signal reçu est faible ; si la variation est importante, le signal reçu est intense.

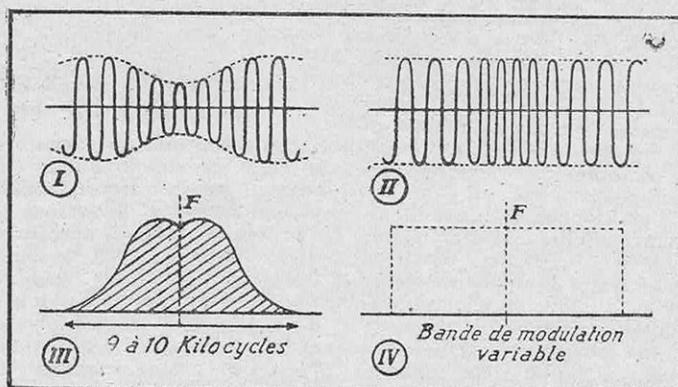
Si l'on veut recevoir des sons intenses, le décalage des fréquences doit être très important, et la bande de fréquences

occupée par une émission modulée de cette façon exige une largeur sensiblement plus considérable qu'une émission de même longueur d'onde modulée en amplitude ; elle est de dix ou douze fois plus large, en pratique, que celle des émissions classiques correspondantes.

La seule solution possible consiste, alors, dans l'emploi des ondes très courtes et ultracourtes de longueur inférieure à 10 mètres, et, en fait, d'une longueur d'onde de l'ordre de 7 mètres, avec une fréquence de 42 mégacycles, en pratique entre 39 et 44 mégacycles ; des essais ont même été effectués jusqu'à 2,5 m de longueur d'onde.

On bénéficie ainsi des avantages des émissions sur ondes

très courtes : influence très faible des parasites industriels, en général, et même atmosphériques, effet de fading rapide, moins gênant, haute qualité musicale, possibilité de transmettre une bande de fréquences correspondant à une bande musicale de 10000 à 15000 périodes/seconde. En effet, l'amplitude de l'onde porteuse est constante, et l'on est ainsi dans les meilleures conditions possibles pour augmenter le rapport signal parasites, c'est-à-dire obtenir une audition satisfaisante malgré les brouillages.



T W 23956

FIG. 10. — LES DEUX PROCÉDÉS DE MODULATION D'UNE ONDE DE RADIODIFFUSION : MODULATION EN AMPLITUDE ET MODULATION EN FRÉQUENCE

Dans le système de modulation en amplitude, la fréquence musicale à transmettre s'inscrit sur l'onde porteuse par une modification de l'amplitude de celle-ci, modification dont la fréquence est précisément égale à la fréquence à transmettre. La profondeur des variations d'amplitude de l'onde porteuse dépend de l'amplitude du son que l'on veut transmettre. Dans le procédé de modulation en fréquence, le son à transmettre s'inscrit sur l'onde porteuse sous la forme d'une variation de la fréquence de cette onde, variation périodique dont la période est celle du son à transmettre. Plus l'amplitude des vibrations sonores à transmettre est grande et plus les variations de la période de l'onde porteuse sont considérables. Tandis que dans le cas de la modulation en amplitude, il faut réserver à chaque station une bande de 9 à 10 kilocycles, dans le cas d'une onde modulée en fréquence la largeur de la bande nécessaire s'élève à 100 kilocycles.

Par contre, l'emploi indispensable des ondes très courtes ne permet d'envisager la diffusion que dans un rayon réduit. Il devient indispensable d'envisager un grand nombre d'émetteurs locaux répartis sur le territoire. La solution a pu être étudiée pratiquement aux Etats-Unis; elle est sans doute plus difficile à envisager en Europe. Pourtant, la modulation de fréquence a la propriété d'éliminer plus facilement les signaux brouilleurs, à l'exception des plus forts. La séparation des émissions voisines paraît donc plus facile, et la portée de service des nouvelles stations, bien limitée, est plus

grande que celle de la zone de service classique des stations normales de radiodiffusion. La surface couverte est, de plus, pratiquement la même de jour et de nuit.

De telles stations n'offrent donc pas un intérêt essentiel dans une région rurale; elles paraissent spécialement indiquées pour desservir des centres peuplés, et des régions commerciales. A ce point de vue, l'établissement de ces stations à haute fidélité dans de grands centres, même en nombre restreint, est, dès à présent, très désirable.

P. HÉMARINQUER.

Le travail du diamant faisait avant la guerre la prospérité d'Anvers et d'Amsterdam qui le pratiquaient depuis le quinzième siècle. Cette technique, qui emploie un outillage rudimentaire, exige une grande habileté des spécialistes qui la pratiquent et repose entièrement sur la qualité de la main-d'œuvre (1). La taille de certains diamants de grande valeur est une opération pleine de risques que l'on étudie pendant plusieurs mois avant de l'entreprendre, puisque son échec signifierait une perte de plusieurs millions de francs. Le travail du diamant industriel demande, lui aussi, une main-d'œuvre de qualité et, grâce à la Belgique et à la Hollande, l'Europe continentale détenait avant la guerre la totalité de l'industrie du diamant, industrie qui employait avant la guerre 30 000 ouvriers dont 20 000 à Anvers, 4 000 à Amsterdam, 5 000 en Allemagne et 600 en France. La conquête de ces pays par les Allemands a fait tomber aux mains des puissances de l'Axe les grands centres diamantaires, ainsi qu'un stock important, mais, en même temps, elle privait ces centres de leur approvisionnement en matières premières : l'Afrique produit, en effet, 96 % des gemmes brutes du monde. Parmi les principaux pays miniers, le Congo belge arrivait en tête en 1939 avec une production de 7,2 millions de carats (1,4 tonne); puis venaient l'Union Sud-africaine, avec 1,25 millions de carats, la Côte de l'Or avec 1,09 millions de carats, l'Angola portugaise avec 682 000 carats, la Sierra Leone avec 600 000 carats. Les possessions françaises d'Afrique produisaient environ 72 000 carats. Les Anglo-Saxons détiennent donc aujourd'hui le monopole du diamant brut, et s'efforcent d'en prohiber l'exportation et de mettre sur pied, avec l'aide de diamantaires belges réfugiés à Londres, une industrie anglaise du diamant. Cette pierre est, en effet, d'une grande importance industrielle. Elle sert à la fabrication de meules et de foreuses. La technique moderne exige pour certaines fabrications et en particulier pour les fabrications de guerre, des outils d'une dureté exceptionnelle. Si dans certaines applications on est arrivé en Allemagne et en Amérique à remplacer le diamant par le carborundum ou les carbures de tungstène (2), de titane ou de bore ou par des aciers spéciaux très durs (3), dans beaucoup de cas on ne peut renoncer au diamant. Pour son réarmement, l'Amérique a dû doubler ses importations de diamants industriels entre 1938 et 1941 et la demande s'est sans doute notablement accrue en 1942 et 1943. Pour y satisfaire, on a sans doute cherché à accroître la production des mines, mais on a aussi augmenté le pourcentage des pierres qui sont utilisées par l'industrie aux dépens de la taille du diamant de luxe. Le pourcentage du diamant employé par l'industrie, qui était avant guerre de 15 %, était déjà de 30 % en 1941. Ici encore l'Europe voit lui échapper d'une façon qui sera sans doute durable un monopole qu'elle devait à l'expérience séculaire de ses ouvriers.

(1) Voir : « La taille du diamant », dans *La Science et la Vie*, n° 4 (juillet 1913), et « La taille mécanique du diamant », dans *La Science et la Vie*, n° 46 (septembre 1919).

(2) Voir : « Les alliages extradurs », dans *La Science et la Vie*, n° 167 (mai 1931), et n° 289 (septembre 1941).

(3) Voir : « Aciers spéciaux, alliages nouveaux », dans *La Science et la Vie*, n° 308 (avril 1943).

LA CELLULOSE DANS L'ALIMENTATION HUMAINE

par Jean FRANCIS

La cellulose joue un rôle essentiel dans notre alimentation. En accélérant la traversée du tube digestif par le bol alimentaire, elle assure en effet une véritable chasse mécanique des microbes et des substances toxiques. Toutefois, son ingestion en quantité excessive, à laquelle nous sommes soumis actuellement par suite du taux de blutage de la farine et de la grande quantité de légumes que nous devons absorber pour satisfaire notre appétit, est à la base de troubles certains. A cet excès peut être imputé en particulier un amaigrissement consécutif à l'entraînement, par les fibres cellulosiques, d'une importante partie d'éléments nutritifs avant leur assimilation, notamment de protéines, sources de l'azote albuminoïde nécessaire à notre organisme et dont notre ration est déjà trop faiblement pourvue. Peut-on concilier l'apaisement de notre faim et ces effets opposés de la cellulose? A valeur énergétique égale 225 g de pain à base de farine blutée à 80 % équivaldraient aux 275 g qui nous sont alloués (farine à 98 %); mais des raisons d'ordre psychologique prévalent encore pour le maintien de la ration actuelle. Quant à l'entraînement des principes nutritifs par les fibres cellulosiques, on pourrait l'atténuer en évitant d'absorber au même repas les aliments azotés et les légumes riches en cellulose. L'ingestion de ceux-ci après l'assimilation complète de ceux-là résoudrait ce problème paradoxal : comment ne pas maigrir en mangeant beaucoup.

LA pénurie d'aliments d'origine animale fait actuellement des végétaux la base pondérale de notre alimentation. Comme par surcroît la farine dont est fait notre pain actuel est blutée à un taux élevé, ce qui lui confère une forte teneur en cellulose, on voit combien ce constituant tient une place importante dans notre ration alimentaire. L'expérience montre même que la quantité de cellulose que nous ingérons est trop considérable pour n'avoir pas de répercussions sur notre état de santé, et l'on doit se préoccuper de la limiter dans la mesure où faire se peut sans nous priver du même coup d'éléments nutritifs.

La cellulose, colloïde « osogène »

On sait que les *glucides* (autrefois appelés « hydrates de carbone ») comprennent les sucres simples ou *oses* (tels que glucose, fructose, galactose), les sucres complexes ou *osides*, dont l'hydrolyse donne des oses (et parmi lesquels les plus connus sont le saccharose, le maltose et le lactose) et enfin les *colloïdes osogènes*, aux molécules plus complexes encore, et dont l'hydrolyse ménagée aboutit aux osides, l'hydrolyse totale aux oses. Les colloïdes osogènes sont des substances d'une importance primordiale au point de vue biologique, soit qu'ils jouent un rôle de réserve comme l'amidon et l'inuline dans le règne végétal, le glycogène dans le règne animal, soit qu'ils constituent le soutien des tissus dont ils font partie : la cellulose est ainsi le support de tout tissu végétal jeune, et il n'est pas jusqu'à certains animaux marins (tuniciers) dont elle ne constitue la carapace ou tunique.

La structure chimique de la cellulose est à présent bien connue et permet d'expliquer notamment les propriétés textiles des fibres cellulosi-

ques naturelles et artificielles; on sait, en effet, qu'à la différence de la chaîne carbonée de l'amidon, qui est incurvée, celle de la cellulose est rectiligne et peut s'unir au moyen de valences secondaires à des chaînes voisines et parallèles en formant les micelles qui sont les éléments des fibres constituant le squelette du tissu végétal.

La cellulose, que les végétaux annuels contiennent en quantité particulièrement importante, cède la place à la *lignine*, corps mal connu, dans les plantes à plus longue durée de vie et particulièrement dans les tissus dits ligneux. Dans les plantes jeunes, au contraire, la cellulose est précédée par l'*hémicellulose* qui est le terme de passage entre les sucres et les colloïdes osogènes et qui se trouve particulièrement en grande abondance dans les parties « tendres » des légumes verts.

La digestion des aliments cellulosiques

Les osides auxquels conduit l'hydrolyse de la cellulose (procellose, puis cellobiose) sont proches de ceux que donne celle de l'amidon. Mais, tandis que ce dernier se trouve dédoublé par certaines diastases des sucs digestifs (amylase, puis maltase), aucune d'entre elles n'attaque la cellulose, que seule hydrolyse la *cytase* d'origine microbienne. Ce fait que les sucs digestifs des animaux soient impuissants à digérer la cellulose (1) implique qu'il sera réservé à cette dernière dans les phénomènes de la digestion un sort différent de celui que subissent les autres colloïdes osogènes : alors que l'amidon de nos aliments dits « féculents », le gly-

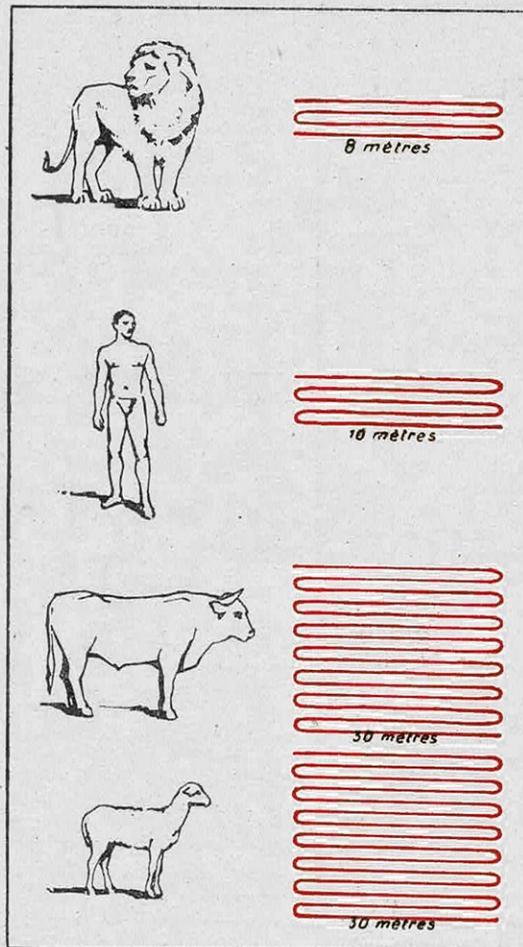
(1) Seule la roussette, chauve-souris exotique, sécréterait dans son suc intestinal une cytase non microbienne capable de dédoubler la cellulose.

cogène des foies d'animaux et des mollusques, et l'inuline des topinambours et fonds d'artichauts sont finalement hydrolysés, en glucose pour les deux premiers, en fructose pour le dernier, et qu'ils entrent ainsi dans le cycle général du métabolisme des glucides, la cellulose parviendrait inaltérée au rectum si elle ne subissait dans l'intestin l'action de la flore bactérienne que contient ce dernier.

C'est en effet la cytase sécrétée par les microbes de l'intestin qui fait que puisse être assimilée une fraction de la cellulose ingérée dont l'importance varie selon les espèces animales. Ce sont surtout les herbivores et singulièrement les ruminants qui, grâce à la longueur considérable de leur intestin grêle et par conséquent à l'importance de la flore bactérienne qui s'y développe, peuvent tirer un parti appréciable d'une alimentation cellulosique. Chez l'homme, qui est un omnivore et se place, du point de vue de sa longueur intestinale, à la limite entre les herbivores et les carnivores (fig. 1), seule une fraction peu importante de la cellulose ingérée peut être assimilée, compensant ainsi à peine les pertes d'énergie dues aux fermentations acides d'aliments hydrocarbonés dans l'intestin (1). Les hémicelluloses se prêtent particulièrement bien au doublement par la cytase, et c'est pourquoi l'on apprécie toujours particulièrement les parties tendres des légumes.

Mais si la cellulose peut être partiellement assimilée par notre organisme, là n'est point son rôle principal. Les aliments cellulosiques sont en effet avant tout des aliments de *lest*, c'est-à-dire ayant un rôle *mécanique*, celui de main-

(1) Metchnikoff étant parvenu à élever des animaux en préservant l'asepticité prénatale de leur tube digestif par le maintien autour d'eux d'une atmosphère aseptique, on a pu se demander dans quelle mesure la production d'acide lactique par les fermentations microbiennes du tube digestif était utile ou nuisible. Elle est en réalité d'une grande utilité, car, d'une part, l'acide lactique peut suppléer à une hypochlorhydrie ou sécrétion insuffisante d'acide chlorhydrique dans l'estomac et, d'autre part, il contribue à créer dans l'intestin un milieu peu favorable aux putréfactions qui libèrent des composés toxiques.



T W 23975
FIG. 1. — LONGUEUR COMPARÉE DE L'INTESTIN DE L'HOMME ET DE QUELQUES ANIMAUX

On voit que l'homme occupe une position intermédiaire entre les carnivores et les herbivores, dont l'intestin très développé, spécialement chez les ruminants, est capable d'assimiler la cellulose grâce à sa flore microbienne. L'homme se rapproche beaucoup plus des carnivores que des herbivores.

de sa masse spongieuse.

La cellulose dans la ration alimentaire

Nous avons vu les troubles qu'entraîne ce que Fiessinger a appelé une « carence de lest ». Mais s'il y a ingestion d'une quantité excessive de cellulose, un trouble se produira dans l'autre sens. En effet, d'une part, les fibres cellulosiques retiendront entre les mailles de leur réseau une partie importante des aliments, qui sera ainsi soustraite à l'action des sucs digestifs et ne sera donc pas absorbée par la paroi intestinale et, d'autre part, ces mêmes fibres adsorberont une grande quantité de produits solubles et nutritifs qui, eux aussi, seront retenus dans le bol fécal. Ces inconvénients, qui s'accroissent encore du fait de l'accélération du transit intestinal que provoque l'abondance de cellulose dans le bol alimentaire, se font principalement sentir en ce qui concerne les protéines, dont nous avons grand'peine à trouver une ration cor-

tenir au bol fécal un volume et une consistance convenables. Nous ne pourrions nous nourrir d'aliments ne laissant aucun déchet. Des pigeons soumis à un tel régime n'ont pas tardé à mourir d'occlusion intestinale, leurs parois intestinales s'étant accolées. L'utilité de la cellulose, qui assure par sa traversée relativement rapide du tube digestif une véritable *c.-asse* mécanique des microbes et substances toxiques que contient le bol fécal, s'accroît encore de ce fait que, brassées par le péristaltisme intestinal, les fibres cellulosiques se dilatent en s'imbibant de liquide et provoquent l'excitation physiologique de l'intestin. Maré et Petit ont soumis des lapins à un régime synthétique ne laissant pas de déchet et ont constaté que l'addition d'une certaine quantité de cellulose (de la poudre de liège en l'occurrence) était nécessaire pour éviter que l'animal ne succombe avec des phénomènes intestinaux et des manifestations d'hépatonéphrite. Par ailleurs, chacun connaît le rôle médicamenteux des aliments cellulosiques dans la constipation, qui est dû à ce qu'elle active la circulation du bol alimentaire en excitant la muqueuse intestinale par le gonflement

respondant aux 12 grammes d'azote albuminoïde qui nous sont journalièrement nécessaires, selon la loi de Bidder et Schmidt. La preuve qu'un excès de cellulose dans l'alimentation entraîne une déperdition d'éléments nutritifs est donnée par l'expérience suivante : si l'on donne à des animaux une « ration d'entretien » juste suffisante pour maintenir leur poids à une valeur constante, puis qu'on augmente ce régime d'une grande quantité de cellulose, leur poids diminue sensiblement. Il est d'ailleurs patent que, d'autre part, un excès cellulosique amène la *diarrhée* aussi bien qu'un excès amylicé ou protéinique.

Les troubles provoqués par notre alimentation « hypercellulosique » actuelle (amaigrissement et diarrhée) ont amené récemment MM. Richet et Duhamel à formuler à ce sujet d'intéressantes considérations théoriques. Si l'on compare, en effet, les quantités de cellulose absorbées par un Parisien moyen avant et depuis les restrictions, on constate qu'on arrive dans les deux cas au même chiffre, soit environ 15 grammes. Mais si nous ingérons autant de cellulose qu'autrefois, c'est que nos aliments sont singulièrement plus riches en cette substance, car notre ration journalière, évaluée à 1 800 calories, ne correspond plus qu'à 360 grammes de matière sèche, alors que notre ration d'avant guerre, évaluée à 3 000 calories, contenait une masse alimentaire sèche de 650 grammes environ. La valeur du rapport :

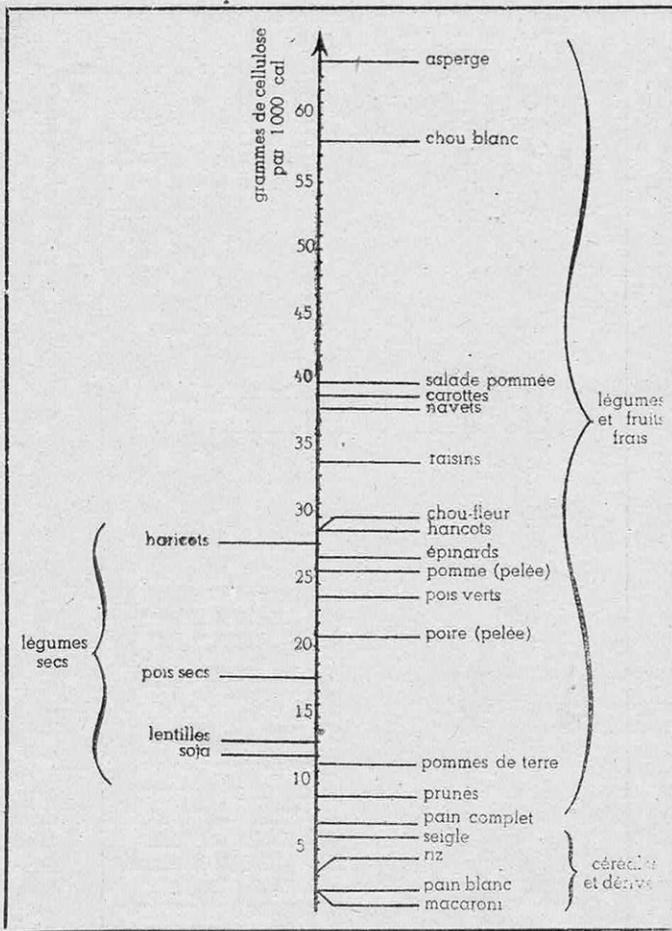


FIG. 2. — COEFFICIENTS CELLULOSIQUES DE QUELQUES ALIMENTS

Si l'on définit comme « coefficient celluloseux » le poids de cellulose contenu dans la quantité d'un aliment qui dégage théoriquement 1 000 calories et qu'on range les aliments suivant l'échelle des valeurs ainsi calculées, on voit qu'à certains légumes correspondent des valeurs si considérables que les phénomènes digestifs peuvent être troublés par leur absorption à doses trop importantes. Ainsi la quantité de chou blanc, qui apporte à l'organisme 1 000 calories, contient 57 grammes de cellulose, soit plus de cinq fois autant que la quantité correspondante de pommes de terre. Il existe probablement un coefficient celluloseux limite au delà duquel la valeur calorigène des aliments devient négative et qu'il serait intéressant de déterminer. Les valeurs indiquées pour carottes et navets se rapportent aux espèces comestibles et non aux espèces fourragères actuellement répandues et auxquelles correspondent des valeurs bien supérieures.

cellulose
matière sèche totale ingérée
qui était autrefois de 2 à 2,5 %, passe donc à présent à 4,5 %, et l'on conçoit que l'équi-

libre mécanique puisse être perturbé.

Outre cette notion de rapport :

cellulose
matière alimentaire sèche

liée à un équilibre fonctionnel, MM. Richet et Duhamel ont été amenés à en établir une autre, tout aussi importante. On peut, en effet, concevoir que certains aliments celluloseux retiennent entre leurs fibres, lorsqu'ils se trouvent dans l'intestin, plus de substances nutritives qu'ils n'en contenaient avant leur ingestion. Ainsi l'on peut se demander si l'absorption de 100 grammes de radis, qui apporte théoriquement à l'organisme une vingtaine de calories, ne risque pas d'amener des pertes digestives excédant ce faible apport calorifique. La valeur calorigène de certains aliments peut donc être négative, et il serait important de fixer le seuil au delà duquel l'apport nutritif d'un aliment est positif (fig. 2). On peut espérer que des chercheurs s'at-

tacheront prochainement à la détermination de ce seuil, ce qui nous permettrait d'enrichir notre ration alimentaire d'une façon fort paradoxale, c'est-à-dire en en supprimant certains éléments.

Enfin, l'on peut rapprocher les notions précédemment formulées de celle, plus générale, de diétotoxicité introduite en 1926 par Mouriquand. Les diétotoxiques sont des aliments qui ne sont pas toxiques par eux-mêmes, mais manifestent leur toxicité lorsqu'ils sont introduits dans un régime déséquilibré; ils sont des *toxiques conditionnels*. Par exemple, il semble que l'alcool, toxique par lui-même seulement s'il est absorbé en grande quantité, le soit déjà en-dessous de cette limite chez les sujets hypo-alimentés. De même des intoxications alimentaires minimes d'origine quelconque, ordinaire-

ment inapparentes peuvent atteindre aux manifestations cliniques en cas de régime déséquilibré. Certaines substances médicamenteuses, l'huile de foie de morue par exemple, peuvent enfin développer une certaine toxicité du fait d'un déséquilibre nutritif du sujet à qui elles sont administrées. Les « méfaits » de la cellulose peuvent vraisemblablement se placer dans le cadre général de cette notion de diétotoxicité.

Comment ne pas maigrir en mangeant beaucoup

L'application de principes rationnels à notre alimentation peut, dans une certaine mesure, diminuer les effets des restrictions quantitatives que nous subissons actuellement (1). Elle doit également nous conduire à éviter les inconvénients qu'il y a à vouloir compenser la pénurie de certains aliments par l'ingestion sans discernement de grandes quantités d'aliments cellulose destinées à nous « remplir le ventre ». Deux catégories d'aliments introduisent dans notre organisme des quantités appréciables de cellulose : le pain et les légumes, et chacune d'elles nous pose son problème propre.

En ce qui concerne le pain, il serait évidemment possible de bluter la farine à un taux moins élevé, 80 % par exemple au lieu de 98 %, pour diminuer la quantité de cellulose qu'elle contient. La ration de pain de 275 grammes serait corrélativement réduite à 225 grammes sans préjudice pour sa valeur calorifique (2). On comprend néanmoins que pour des raisons d'ordre psychologique, la solution actuelle soit préférée comme fournissant pondéralement et volumétriquement la quantité la plus importante. Aussi MM. Richet et Duhamel préco-

(1) Voir : « Comment ne pas maigrir en mangeant peu », dans *La Science et la Vie*, n° 278, oct. 1940.

(2) Voir : « Les Ersatz alimentaires », dans *La Science et la Vie*, n° 304, décembre 1942.

nisent-ils de laisser au consommateur le choix entre un peu plus de pain complet ou un peu moins de pain blanc. On pourrait même exiger un certificat médical pour l'obtention de ce dernier. Une certaine quantité de son serait du même coup rendue disponible pour l'alimentation du bétail. Nul doute cependant que les complications d'ordre administratif qu'entraînerait l'adoption d'un tel système l'aient jusqu'ici empêchée.

C'est bien différemment que se pose le problème de la cellulose des légumes, puisque dans ce domaine libre cours est laissé à l'initiative privée en ce qui concerne la façon de les utiliser. Nous avons vu à quels troubles conduit l'ingestion désordonnée de grandes quantités de cellulose — sans tenir compte des dangers que l'on court à vouloir préparer des légumes inédits avec des végétaux dont on ignore les propriétés (on signale par exemple plusieurs cas d'empoisonnements, parfois mortels, causés par la consommation de légumes de feuilles de rhubarbe). Il s'agit principalement d'éviter la déperdition de principes nutritifs par rétention entre les fibres cellulose, et les pertes d'aliments azotés sont le plus à craindre. Aussi peut-on préconiser de rassembler en un même repas, celui de midi par exemple, tous les aliments dont on craint une déperdition, et en particulier ceux riches en protéines, tandis qu'on réserverait pour le repas du soir les légumes tels que navets, carottes, épinards, etc..., dont on pourrait ainsi ingérer de grandes quantités sans nuire au rendement des aliments d'origine animale. Rien ne s'opposerait alors à ce que nous nous « remplissions l'estomac » à ce second repas. Ainsi l'étude du mécanisme de la digestion des aliments cellulose et des troubles qu'entraîne leur excès nous aura donné le moyen de ne pas maigrir tout en mangeant beaucoup.

Jean FRANCIS.

Contrairement à ce que l'on suppose généralement, le coton est susceptible d'être cultivé sur une grande échelle dans un certain nombre de pays d'Europe. Si notre continent importait avant la guerre, principalement de l'Égypte et des États-Unis, la plus grande partie de sa consommation en coton, il n'en a pas moins produit 81 800 tonnes en 1940 — non compris la production de la Russie d'Europe — chiffre en légère régression sur ceux d'avant guerre (98 000 tonnes environ). Pour la même année 1940, la Russie d'Europe a produit 40 000 tonnes. Ces chiffres sont évidemment très faibles, comparés à ceux des États-Unis (2,7 millions de tonnes), des Indes (1,049 million de tonnes), de l'U.R.S.S. (0,8 million de tonnes), du Brésil (0,5 million de tonnes), de la Chine (0,5 million de tonnes) et de l'Égypte (0,4 million de tonnes). Mais ils pourraient sans doute être notablement améliorés. L'extension récente de ces cultures, dans l'Italie et l'Espagne méridionale, ainsi que dans les Balkans et en Turquie, a déjà permis d'obtenir entre 90 000 et 100 000 tonnes en 1941. En 1942, on estimait que l'on atteindrait 120 000 tonnes, ce qui est encore loin d'épuiser toutes les possibilités, puisque l'Italie, en particulier, pense produire bientôt à elle seule 50 000 tonnes par an sur son propre territoire et 25 000 tonnes dans le sud de l'Albanie. Les cultures cotonnières européennes pourront ainsi fournir un contingent non négligeable en fibre textile, et en même temps en graines oléagineuses dont l'huile peut être utilisée, comme elle l'est déjà aux États-Unis, pour les besoins alimentaires.

L'AVION CONTRE LE CHAR

par René MAURER

L'avion est l'un des adversaires les plus dangereux du char : il attaque efficacement au canon les engins à protection faible, et ses bombes peuvent détruire ou immobiliser les plus lourdement blindés. Le char constitue pour lui une cible pratiquement fixe, mais qui, étant données ses dimensions relativement faibles, oblige l'assaillant à effectuer son tir ou à lâcher ses bombes à distance rapprochée, soit en rase-mottes, soit en piqué. L'emploi de plus en plus généralisé de l'aviation d'assaut contre les colonnes blindées attire l'attention sur le problème jusqu'ici presque partout négligé de leur protection par une D.C.A. spécialisée. Celle-ci peut être conçue sous la forme d'un matériel automoteur lui-même blindé et capable d'accompagner les chars dans toutes leurs évolutions sur le champ de bataille. Il est également possible et sans doute plus séduisant d'affecter une partie de la puissance de feu des chars lourds eux-mêmes à des mitrailleuses ou canons sur affûts multiples analogues à ceux qui garnissent les tourelles d'étambot des bombardiers lourds ou les superstructures des navires de guerre, ce qui rendra plus étroite encore l'analogie qu'on a souvent soulignée entre les blindés de la terre et de la mer.

PLUS la guerre s'avance, plus les combats s'ajoutent aux combats et plus s'avère et se renforce l'importance du char et de l'avion dans la bataille moderne. Si l'infanterie continue à souffrir pour occuper et défendre, si l'artillerie retrouve à chaque instant l'occasion de manifester sa présence et son pouvoir, il est indéniable que la prédominance appartient à l'avion et au char.

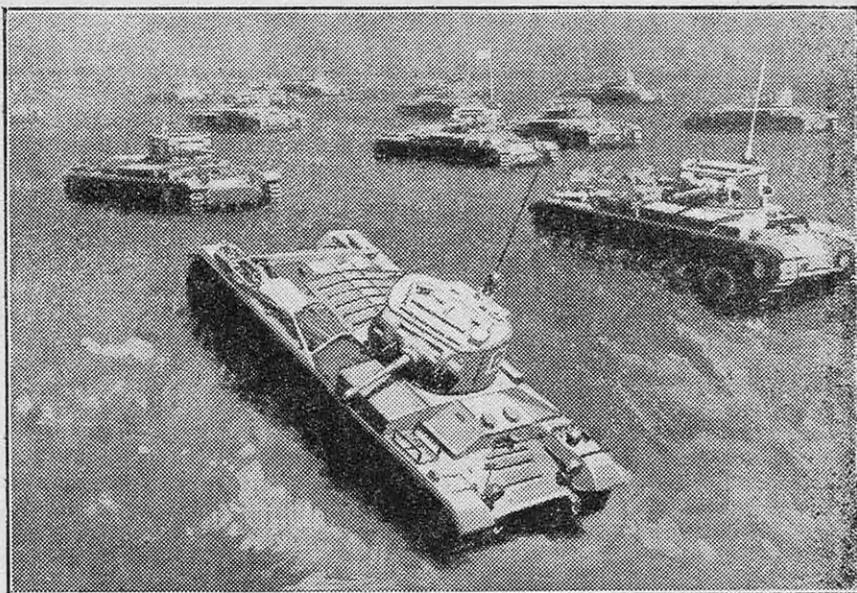
Nous assistons quotidiennement à des batailles, que jadis on eût dites rangées, entre chars d'une part, entre avions de l'autre. Mais, en outre, il est constant de noter l'attaque du char par l'avion. Nous disons du char par l'avion, car il est bien évident, eu égard à l'immense différence de vitesse, qu'on ne peut pas parler de l'attaque de l'avion par le char.

Quoi qu'il en soit, la bataille entre ces deux types d'engins de guerre est journalière et ses résultats ne sont pas sans influence sur l'issue militaire des opérations engagées.

Et pourtant il est difficile d'imaginer deux armes aussi éloignées l'une de l'autre que le sont le char et l'avion : celui-ci, génie ailé,

virevoltant à quelque 150 m/s dans l'espace sans limite; celui-là, tortue puissante, puissamment protégée par sa carapace, mais rivée au sol, sur lequel elle se traîne à 20 mètres par seconde seulement.

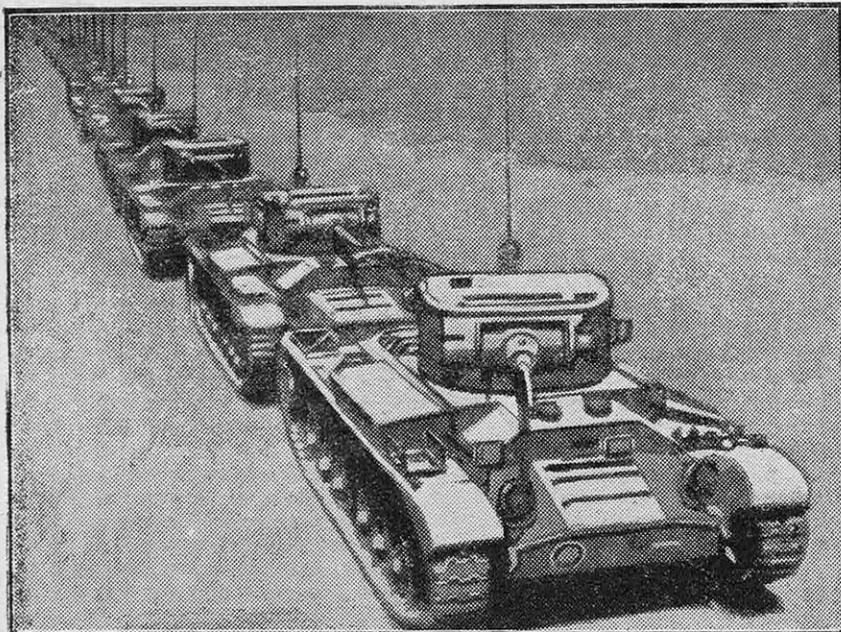
Il n'en est pas moins certain qu'en maintes occasions l'avion a pu, sinon avoir raison du char, tout au moins lui infliger des blessures dangereuses au point de le mettre hors de com-



T W 23838

FIG. 1. — RASSEMBLEMENT DE CHARS ANGLAIS DU TYPE « VALENTINE »

De tels rassemblements peuvent être efficacement bombardés à grande altitude, car un tir sur la zone qu'ils occupent a des chances assez grandes d'obtenir des atteintes directes détruisant complètement le char ou indirectes l'immobilisant par l'action des éclats sur les chenilles.



T W 23839

FIG. 2. — UNE COLONNE DE CHARS ANGLAIS DU TYPE « VALENTINE »

Quand ils se déplacent sur une route, les chars sont vulnérables aussi bien aux attaques à grande altitude qu'aux attaques en rase-mottes. Dans les deux cas, la dispersion latérale du bombardement est très faible et l'objectif s'accommode d'une grande dispersion longitudinale.

bat. Et puisque obligatoirement c'est lui l'assaillant, comment donc l'avion peut-il s'en prendre à son ennemi du moment?

Attaque en piqué et attaque en vol rasant

L'objectif que représente un char, même lourd, est bien petit, vu de l'avion qui le découvre et même s'en rapproche. Il n'est pas question de l'attaquer à la bombe lancée de haute ou moyenne altitude, à moins d'avoir affaire à une concentration importante de chars, auquel cas on peut espérer un résultat en « tapant dans le tas ». Sur le char attaqué isolément, on ne peut espérer un résultat positif qu'en agissant de près, à basse altitude, c'est-à-dire en piqué ou en vol rasant. Comment choisir entre ces deux modes d'action?

L'attaque en piqué, qui expose moins l'avion que le rase-motte, exige le tir à une distance suffisante pour que l'avion ait encore le loisir d'exécuter la ressource nécessaire : distance qui ne peut guère descendre au-dessous de 500 à 600 m. En vol rasant, le tir peut être déclenché d'aussi près que l'on veut.

En piqué, l'objectif, le char en l'espèce, a comme contour apparent, sensiblement sa surface horizontale, alors qu'en vol rasant, la surface vulnérable a comme tracé l'élévation du véhicule. Il n'y a pas une grande différence entre les deux surfaces ainsi définies, la hauteur d'un char étant peu différente de sa largeur. Ce ne sont donc pas les dimensions apparentes de l'objectif qui peuvent intervenir dans le choix du mode d'attaque.

Avant tout, la distance minimum d'action varie largement d'un cas à l'autre, puisqu'elle peut passer de 500 m à quelque 25 m. Il semble donc que le vol rasant qui permet ce tir à distance réduite soit préférable. Mais ce n'est

pas évident si l'on tient compte de la nature de l'arme mise en jeu par l'avion : canon automatique ou bombe larguée.

Attaque au canon ou attaque à la bombe

Pour l'attaque à la bombe, même légère, on ne peut guère songer à choisir exactement la partie du char qui sera atteinte; nous sommes encore loin d'une pareille précision.

Pour le canon, il en est autrement, car, dans la grande majorité des cas, l'épaisseur du blindage est sensiblement plus faible sur le toit de tourelle ou le dessus de carcasse que sur les parois plus voisines de la verticale, du fait que l'ennemi majeur, le canon anti-chars, ne peut guère

atteindre que ces dernières.

De ce fait, là où, de tout près, l'arme légère d'avion peut encore espérer percer le blindage de toit, elle doit s'avouer impuissante sur les cuirassements latéraux établis pour résister à plus puissante qu'elle.

Le canon d'avion n'a donc qu'une efficacité fort réduite dans le tir voisin de l'horizon, c'est-à-dire en vol rasant : il n'en a pas beaucoup plus en vol piqué, car la moindre résistance du blindage de toit est compensée par la distance de tir, obligatoirement beaucoup plus élevée.



T W 23842

FIG. 3. — APPAREIL D'ÉMISSION DE FUMÉE SUR UN CHAR ANGLAIS

La fumée, employée pour masquer les chars aux observations terrestres, peut aussi rendre imprécises les attaques dirigées contre un rassemblement de chars et obliger l'avion à faire contre ceux-ci du bombardement sur zone d'un rendement moindre.

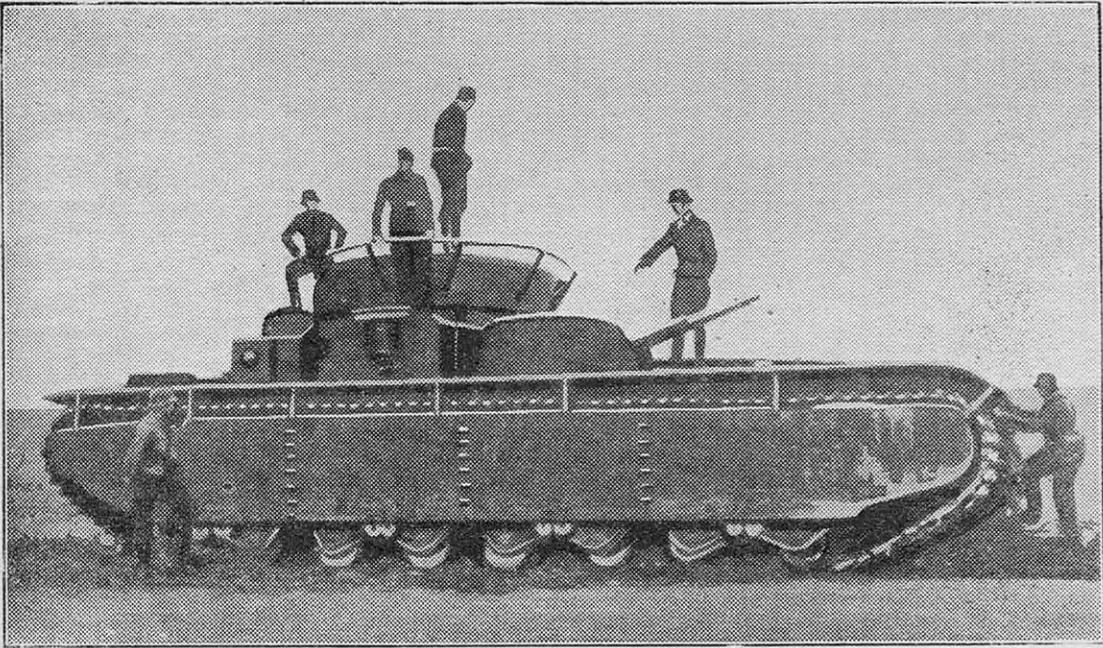


FIG. 4. — UN CHAR LOURD SOVIÉTIQUE DE 45 TONNES

T W 23833

Ce char, construit sur le modèle du char Vickers de 45 tonnes « Independent » a 9,6 m de long, 3,2 m de large et 3,2 m de haut. Sa vitesse est de 30 km/h. Il est conduit par un équipage de onze hommes. Son blindage a 30 mm d'épaisseur. Son armement contre les objectifs terrestres est constitué par un canon de 76 mm, deux canons de 45 mm et trois ou cinq mitrailleuses. Son armement antiaérien est constitué par une seule mitrailleuse. Si toutes ses armes à tir rapide (45 mm et mitrailleuses) pouvaient être employées contre les avions en même temps que contre les objectifs terrestres, ce char constituerait pour l'avion d'assaut un adversaire redoutable.

Donc, — pour le moment du moins et tant que l'avion d'assaut ne pourra être équipé d'armes automatiques beaucoup plus puissantes —, ce n'est pas le canon d'avion qui représente le danger principal pour le char, alors qu'il l'est, indubitablement et pour de multiples raisons, pour les autres véhicules, moins fortement protégés que le char véritable, celui dont la cuirasse latérale atteint et dépasse l'épaisseur de 50 mm.

C'est donc actuellement la bombe qui menace le plus dangereusement le char lourd, en agissant sur lui, **non pas** par son pouvoir perforant qui demeure bien réduit en raison de la faible vitesse d'impact, mais, bien par son explosif dont la détonation a des répercussions dangereuses à l'intérieur. En outre, même manquant le char, si l'explosion a lieu au sol à courte distance, ses effets sont certains sur les organes de propulsion et souvent importants même sur les mécanismes.

Or, suivant qu'elle est lancée en piqué ou en vol rasant, la bombe va se comporter de manières très différentes vis-à-vis du char. Il est entendu que, si elle porte en plein, le résultat est atteint de toute manière. Mais le plus souvent le char sera manqué, fût-ce de peu.

Si la bombe arrive sous un grand angle, l'explosion au sol aura lieu tout près et le char a de grandes chances d'être au moins immobilisé par les éclats rasants atteignant ses chenilles. Lancée horizontalement, la bombe qui manquera

le char touchera terre sensiblement plus loin, surtout si l'erreur de pointé est positive, et son action sera faible ou nulle.

Si l'on ajoute encore qu'en cas d'atteinte directe, la bombe lancée en piqué a plus de chances de perforer le toit moins résistant, on voit que c'est encore la bombe de petit calibre lancée en vol piqué qui représente l'arme d'avion la plus dangereuse pour le char.

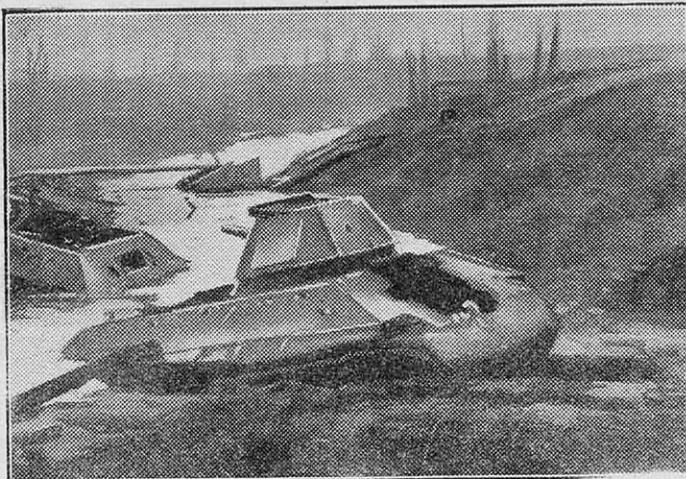
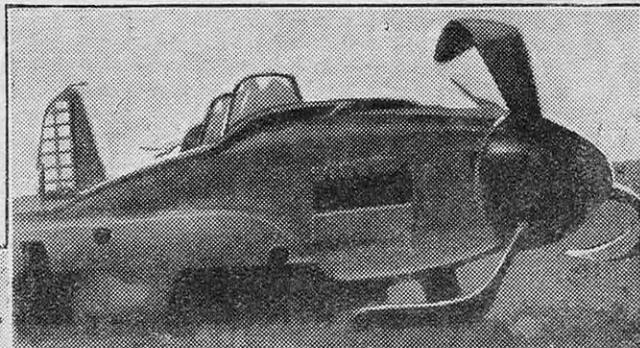


FIG. 5. — CHARS SOVIÉTIQUES DÉTRUITS PAR LES « STUKAS » ALLEMANDS AU PASSAGE D'UNE RIVIÈRE

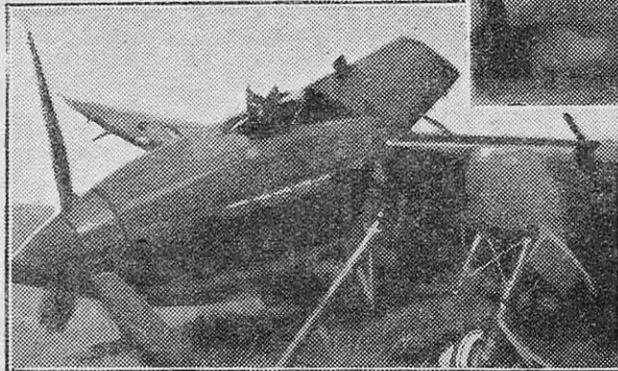
T W 23841

Tout ceci ne s'entend, bien entendu, que pour le char isolé ou tout au moins assez éloigné de ses voisins. S'il en est autrement, et notamment s'il s'agit d'attaquer une colonne de chars en ligne de file à courts intervalles, le lancement horizontal dans l'axe de la colonne redevient supérieur, car il y a certitude d'at-



T W 23840

FIG. 6. — DEUX « STORMOVIK » ABAT-TUS DANS LES LIGNES ALLEMANDES



qu'il ne peut l'attaquer, c'est-à-dire le chercher délibérément.

Il faut reconnaître que dans cette lutte la plupart des chars actuels sont assez mal pourvus vis-à-vis de cet adversaire essentiellement mobile et qui de jour en jour se blinde davantage.

teinte de l'un ou l'autre véhicule pour peu — et c'est alors facile — qu'il n'y ait pas d'erreur de direction.

Indubitablement donc — et l'expérience journalière le confirme — l'avion est un adversaire dangereux pour le char, surtout en groupe, ce qui est presque toujours le cas. Il l'est d'autant plus que son écrasante supériorité de vitesse et de rayon d'action permet à l'aviation d'aller chercher ses objectifs fort loin en arrière des lignes de feu, précisément là où les chars, pour de multiples raisons de service, sont en général assez étroitement groupés.

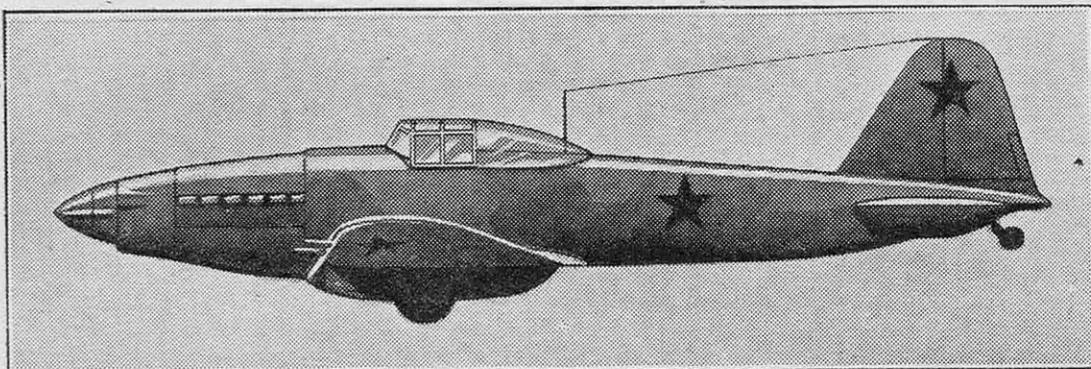
L'insuffisance de la défense antiaérienne des chars actuels

Il reste à voir maintenant comment le char se défend contre l'avion, puisqu'il est entendu

les chars ont vu croître la puissance de leurs armes et surtout de leur canon principal. Mais il est exceptionnel que ce dernier soit monté de façon à pouvoir tirer contre avion, sauf dans le cas du vol rasant.

Certes, on a pensé à cette action et nombreux sont les modèles récents de chars qui comportent un armement antiaérien. Mais c'est un armement purement illusoire. La D.C.A. rapprochée de terre, dans ses modèles récents, ne comporte plus guère d'armes non accouplées et de calibre inférieur à 20 mm. Or, la plupart des chars n'ont comme armement propre contre avions que des calibres de 7,5 mm ou 13 mm, représentés seulement par une arme unique, montée sur rotule et d'un maniement fort malaisé.

Défense évidemment moins que précaire. Ce n'est certes pas avec un armement de ce genre



T W 23835

FIG. 7. — LE CHASSEUR DE CHARS SOVIÉTIQUES IL 2 « STORMOVIK »

Cet engin, dû à l'ingénieur Iliouchine, est spécialisé dans les attaques au sol et les attaques en piqué. C'est un monoplace, à train d'atterrissage semi-escamotable, mû par un moteur de 1 300 ch. Il est armé de deux canons de 32 mm et de deux mitrailleuses de 13 mm montés sur le bord d'attaque de l'aile. Le moteur et le siège du pilote sont entièrement blindés. Cet avion attaquerait les chars non seulement au canon, mais encore à la bombe fusée, employée également contre les navires anglais par les avions de l'axe en Méditerranée. La bombe fusée combine les avantages de la bombe de « Stuka » : précision du lancement et forte charge d'explosif, avec une grande vitesse restante du projectile et une faible durée de trajet. Elle rend complètement impossible les manœuvres de dérobement du char, et permet d'effectuer le largage à une altitude plus grande, ce qui diminue les risques de l'attaque.

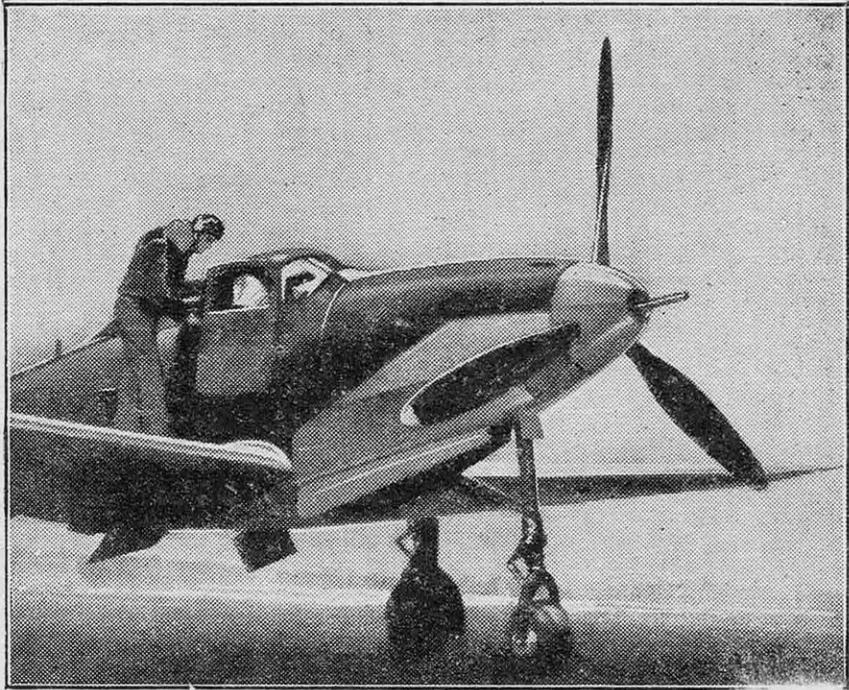
que des chars peuvent se défendre efficacement contre les attaques aériennes.

La défense des chars par les engins antiaériens tous terrains

Il devient donc obligatoire de protéger les formations de chars par des engins antiaériens spéciaux, eux aussi automoteurs et tous terrains bien entendu. Ces engins sont en général constitués par un châssis à chenilles portant des mitrailleuses sur affût multiple, de calibre allant de 13 mm à 25 mm.

Certes, de tels engins sont loin d'être sans efficacité contre les attaques aériennes rapprochées, mais leur emploi donne lieu à certains reproches parfaitement motivés.

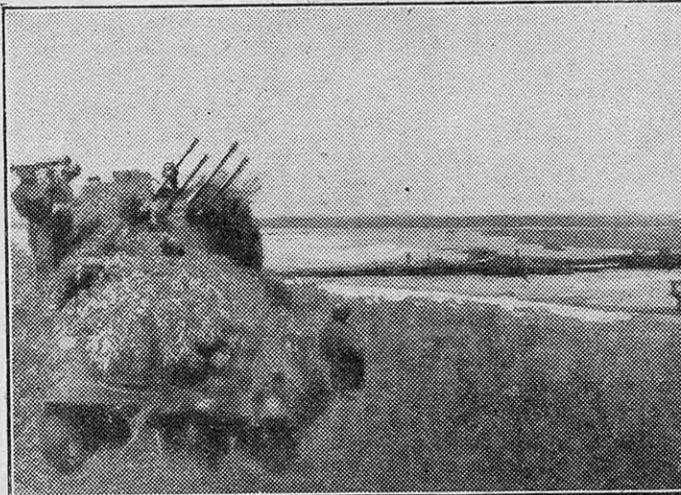
D'abord, comme chacun sait, les armes à tir percutant n'ont une réelle efficacité que contre des avions se dirigeant vers elles-mêmes ou à leur voisinage immédiat : cela tient à ce que dans ce seul cas la composante radiale de leur vitesse propre est très faible



T W 23834

FIG. 9. — L'AVION TUE-CHARS AMÉRICAIN BELL « AIRACOBRA »

Cet appareil, qui fut présenté lors de ses essais comme le chasseur le plus rapide du monde, ne semble pas avoir donné tout ce qu'on attendait de lui. Sa conception est très originale. Le moteur est placé derrière le siège de celui-ci, actionne l'arbre de l'hélice par l'intermédiaire d'un réducteur. Cette solution qui présente des avantages au point de vue de la maniabilité de l'appareil facilite le montage d'une arme lourde dans l'axe de l'hélice, mais elle oblige à protéger le pilote par un blindage avant. L'arme lourde primitivement prévue pour le Bell Airacobra était un canon de 37 mm. Mais le 37 mm a été remplacé par un canon de 20 mm parce que l'appareil ne pouvait pas emporter plus de trente projectiles de 37 mm qui, à la cadence d'environ 100 coups/mn, étaient épuisés en 20 secondes. Dans sa version utilisée en Angleterre, l'Airacobra est armé, en plus de son canon de 20 mm dans l'axe de l'hélice, de deux mitrailleuses de 12,7 mm et de quatre mitrailleuses de 7,6 mm placées dans les ailes. Son moteur Allison de 1 150 ch refroidi par liquide lui permet d'atteindre une vitesse de 570 km/h et un plafond de 12 000 m. Il peut emporter également une bombe légère sous le fuselage. On a mentionné également son emploi possible dans la chasse aux sous-marins.



T W 23832

FIG. 8. — MITRAILLEUSE QUADRUPLE ALLEMANDE DE D.C.A. SUR CHENILLES PROTÉGÉANT LES COLONNES BLINDÉES AU PASSAGE DU DON

et, par conséquent, les corrections de pointage qui en résultent, ce qui facilite grandement le tir, car alors l'avion se jette littéralement dans les trajectoires dangereuses.

Dès qu'il en est autrement, les vitesses angulaires de pointage deviennent considérables, vu le peu de distance du but et partant les corrections à faire : les chances d'erreur s'accroissent démesurément et l'efficacité diminue d'autant.

C'est dire que ces automoteurs antiaériens d'accompagnement assureront une défense notable pour eux-mêmes, pour les chars stationnés ou progressant à leur voisinage immédiat, pour les colonnes dont ils font partie si l'attaque est dans l'axe de la route, mais non autrement, notamment pour un stationnement très dilué ou en dispositif d'attaque.

En outre, ces engins antiaériens sont loin d'avoir une protection même voisine de celle du char.

En général, le blindage des pièces se réduit à un simple masque, parfois assez enveloppant, mais toujours mince, qui ne protège que très imparfaitement le personnel. C'est dire qu'en cas d'attaque aérienne massive, ces défenseurs sont sensiblement plus vulnérables que les chars qu'ils ont à protéger et, si l'averse de bombes est assez dense, ils risquent d'être les premiers annihilés par les éclats.

Vers un armement polyvalent contre l'avion et les objectifs terrestres

En réalité, ce qu'il faudrait, c'est que le char lui-même possédât sa

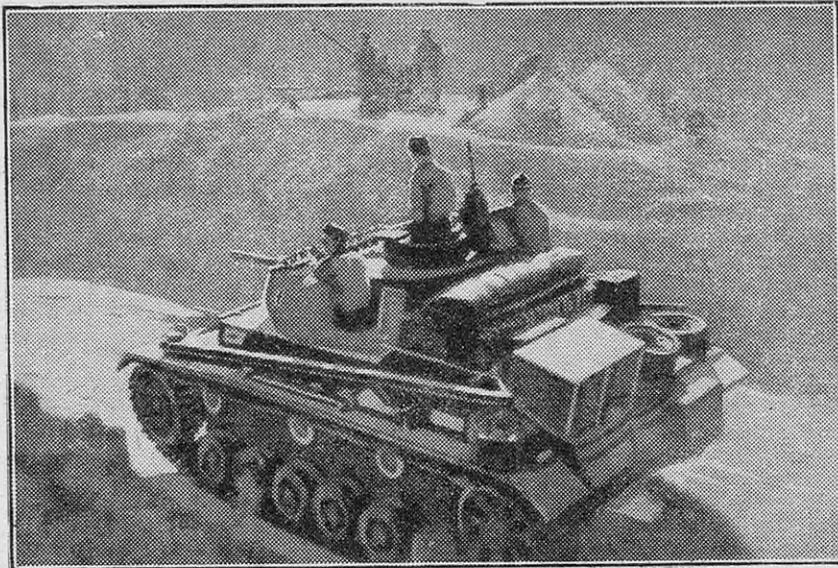


FIG. 11. — CANON DE D.C.A. DE 20 MM PROTÉGANT LES CHARS ALLEMANDS SUR UNE ROUTE DE SERBIE

T W 23837

propre protection sous la forme d'un armement antiaérien sérieux au point de vue du calibre, de la densité de feu, de la facilité de pointage et même de la protection.

Ce n'est pas une utopie, car ces armes antiaériennes sont toujours utilisables contre d'autres objectifs que le char aura à combattre : infanterie, artillerie de campagne surprise en position et tous les véhicules non protégés ou faiblement blindés (automitrailleuses).

Il y a là un problème technique certainement ardu : nous ne savons pas s'il a déjà été résolu par l'un ou l'autre des belligérants. Mais, s'il ne l'a pas été déjà, on peut affirmer qu'il le sera à échéance plus ou moins brève.

Le char, comme le navire de guerre, doit posséder en propre son armement contre l'attaque à courte distance des avions ennemis.

René MAURER.

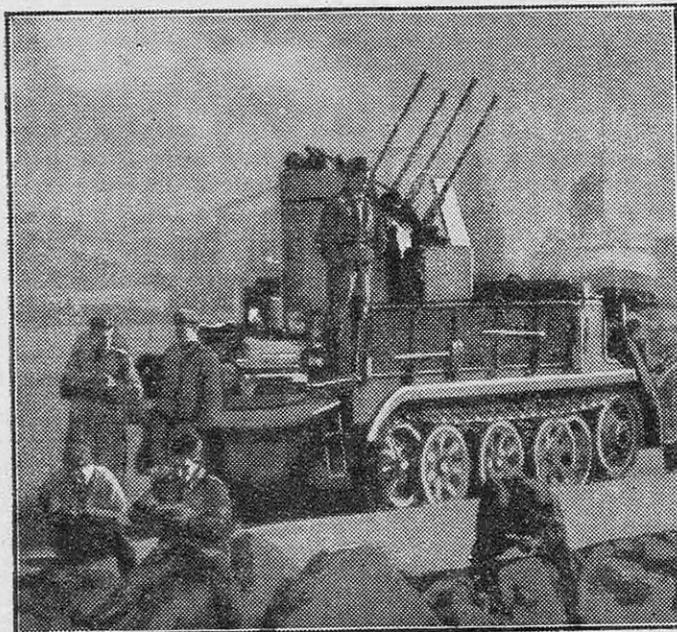


FIG. 10. — UNE MITRAILLEUSE QUADRUPLE ALLEMANDE DE D.C.A. SUR CHENILLES EN BATTERIE DANS LE PORT DE MARSEILLE

T W 23836

constitue actuellement leur protection active la plus puissante. Elle présente l'inconvénient de ne défendre efficacement qu'une petite zone autour d'elle-même et d'être vulnérable aux attaques aériennes, puisque les servants ne sont protégés que par un masque léger.

Un gisement de schistes bitumineux d'une teneur en huile de 6 % en poids fut exploité l'année dernière à Norke (Suède), d'après un procédé nouveau. Six corps cylindriques électriques chauffants de chacun 22 kW furent enfoncés en terre autour d'un tube central et à une distance de 4 à 5 m de ce tube. Après deux mois et demi de chauffage, les schistes se trouvaient portés à plus de 400° C et 75 % de l'huile qu'ils contenaient purent être extraits.

L'INDUSTRIE DES PRODUITS OPOTHÉRAPIQUES ÉLIXIRS DE VIE

par Jean LABADIÉ

L'idée de suppléer aux déficiences des organes malades de l'homme par l'ingestion des organes correspondants d'animaux sains est vieille comme la médecine. Elle a reçu une justification partielle par les découvertes modernes de la biologie sur le rôle des hormones, substances que déversent dans notre sang les glandes à sécrétions internes, et qui règlent l'assimilation des aliments, la croissance et le fonctionnement harmonieux de notre organisme. Les animaux supérieurs possèdent, eux aussi, des glandes à sécrétions internes, et, chose remarquable, elles produisent les mêmes hormones que celles de l'homme. Aussi peut-on traiter les déficiences glandulaires humaines et les maladies qui en résultent par des extraits des glandes animales correspondantes. Une industrie spéciale s'est créée pour fabriquer ces extraits, ainsi que pour recueillir les diastases et les vitamines (autres catalyseurs des phénomènes vitaux) contenues dans certains viscères ou dans certains végétaux. La principale difficulté de cette préparation réside dans l'extrême fragilité des principes actifs qui se détruisent rapidement après la mort de l'organe qui les produit ou dans lesquels ils s'accumulent, si celui-ci n'est pas immédiatement « stabilisé » par le froid. L'industrie des produits opothérapiques fait usage de techniques très particulières pour préparer les poudres d'organes : distillation à froid et sous vide, séchage par atomisation dans l'air chaud, etc. Toutes les ressources de la physique et de la chimie sont ensuite mises en œuvre pour extraire des glandes séchées les doses infinitésimales de principes actifs qu'elles renferment. Dans certains cas, on est parvenu à faire l'analyse et la synthèse de ces produits, et l'on peut donc espérer que les progrès de la chimie mettront au point des méthodes moins onéreuses pour la production des médicaments opothérapiques. D'un autre côté, il est possible qu'un jour, un « élevage » de tissus glandulaires sélectionnés, vivant sur des milieux nutritifs appropriés, permette de recueillir leurs sécrétions sans les détruire et avec un rendement bien supérieur.

GRACE aux hormones, substances que secrètent à doses infinitésimales nos glandes endocrines (1), notre organisme jouit d'une unité aussi profonde que mystérieuse (2). Tout organisme vivant, ayant pour destination de croître, de se nourrir et de fonctionner, est, ce faisant, le siège d'un grand nombre de réactions chimiques très délicates dont les mécanismes sont loin d'être élucidés. La « biochimie », dont les réactions dépassent (sans, naturellement, les contredire) les lois de l'ordinaire chimie organique, est tout entière dominée par les phénomènes de « catalyse » : les réactions biochimiques (digestion, assimilation, métabolismes divers distribuant et fixant les matières de construction ou d'entretien des organes) doivent s'effectuer, pour si complexes qu'elles soient, à des températures voisines de

37° C, température normale du corps de l'homme et ne se réalisent qu'en présence de corps agissant par leur seule présence, sans participer à la réaction proprement dite, bref de catalyseurs — mais de catalyseurs d'un type spécial à la vie, des biocatalyseurs.

Les catalyseurs biologiques sont de trois espèces : les diastases présidant à la digestion ; les vitamines sans lesquelles l'assimilation est toujours incomplète ; les hormones, enfin, qui dominent de haut toutes les autres opérations fonctionnelles (nutritives, constructives et même psychiques) qu'elles conditionnent sans, bien entendu, les déterminer entièrement. En sorte que la possession technique de tous les « biocatalyseurs » et leur administration artificielle, en cas de déficience, constitueraient une base thérapeutique théoriquement souveraine. L'idéal serait, par conséquent, de rassembler un jour dans la pharmacopée toutes les hormones, toutes les vitamines, toutes les diastases (ferments solubles) avec la manière de s'en servir qui, d'ores et déjà, s'avère délicate — l'excès étant, parfois, pire que le mal de déficience.

Cependant, la manière de s'en servir ne peut guère s'acquérir qu'à l'usage. Et pour cela, il

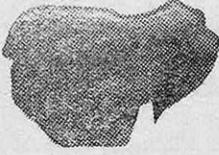
(1) On distingue les sécrétions « endocrines » directement versées par la glande dans le sang et les sécrétions externes rejetées hors de l'organisme ou dans ses cavités en relation avec l'extérieur. La même glande peut offrir les deux aspects, remplir les deux fonctions.

(2) Voir : « L'unité de l'organisme », dans *La Science et la Vie*, n° 305, janvier 1943.

a fallu qu'une industrie délicate, l'industrie des produits « opothérapiques », qui, malgré sa nouveauté, a d'ores et déjà triomphé des principales difficultés, les unes prévues, les autres inattendues, se donnât pour objet la préparation des différentes hormones à partir des glandes animales correspondantes. Elle en assure la collecte méthodique dans les grands abattoirs, elle les traite, ensuite, par des procédés très spéciaux. Notons,

FIG. 1. — LES EMPLOIS MÉDICAUX DES POUDRES ET EXTRAITS D'ORGANES DIVERS

La rate d'un bœuf ou d'un porc pèse entre 0,5 et 0,75 kg. Il en faut 10 pour 1 kg de poudre. Chez le bœuf, la moelle épinière pèse entre 200 et 250 g. Il en faut 50 pour 1 kg de poudre. La poudre de moelle osseuse et ses extraits se préparent à partir du veau mort-né. Il en faut une centaine pour 1 kg de poudre. Le cerveau du bœuf pèse entre 300 et 400 g, celui du mouton entre 75 et 100 g. On en tire des poudres (1 kg de poudre exige 20 bœufs ou 80 moutons), des extraits, de la cholestérine et de la lécithine. La poudre de poumon exige un bœuf ou 10 moutons pour 1 kg de produit sec. Le poumon du bœuf pèse entre 3,5 et 5 kg, celui du mouton entre 0,5 et 0,75 kg. L'estomac de porc pèse entre 0,75 et 1 kg. Outre la poudre (1 kg pour 5 porcs), il sert à l'isolement de la pepsine. Les reins pèsent environ 1 kg chez le bœuf. 1 kg de poudre de rein exige 5 bœufs, 50 porcs ou 50 moutons. Le poids des mamelles, chez la vache ou la truie, est de 2,5 à 3 kg, de 0,25 à 0,40 kg chez la brebis. Le poids du cœur de bœuf varie en moyenne entre 1,5 kg et 2,5 kg, celui du mouton entre 150 et 300 g. Tous ces organes servent à la préparation, non seulement de poudres, mais aussi d'extraits aqueux, alcooliques ou glycinés.

ORGANES	EMPLOIS MÉDICAUX
 RATE	Rachitisme, anémie, asthénie, maladies infectieuses.
 MOELLE EPINIÈRE	Epuisement nerveux.
 MOELLE OSSEUSE	Anémies, rachitisme, chlorose.
 CERVEAU	Epuisement physique et nerveux, asthénie.
 POUMON	Affections pulmonaires.
 ESTOMAC	Insuffisance sécrétoire, gastrique, anémie.
 REIN	Insuffisance rénale, néphrite.
 MAMELLE	Lactation insuffisante, métrorragies.
 CŒUR	Troubles cardiaques, myocardite infectieuse.

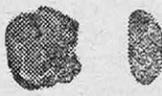
en passant, qu'elle récolte aussi des diastases, telles que la pepsine, la trypsine, l'amylase, la lipase, éléments précieux de la thérapeutique des troubles digestifs.

Le caractère universel des biocatalyseurs

La réussite était suspendue avant tout à une condition ne dépendant elle-même de personne, sinon de la nature. Il fallait que les hormones ne fussent entachées d'aucun caractère spécifique interdisant l'application à l'homme des biocatalyseurs empruntés aux animaux : les bœufs, les moutons et surtout les porcs qui sont les plus riches porteurs du genre.

La providence fait bien les choses. Aucune des trois grandes classes de biocatalyseurs n'est entachée de spécificité — toutes réserves faites, insistons-y, sur leurs dosages utiles. Les hormones ont cela de commun avec les vitamines que les unes et les autres sont identiques chez tous les êtres vivants. L'insuline extraite d'un pancréas d'éléphant est active contre le diabète d'un rat et réciproquement ; l'adrénaline recueillie dans les capsules surrénales du mouton ne sera pas moins efficace que celle du lion pour réaliser la vasoconstriction et l'accélération du cœur, bref tous les syndromes de la colère. L'extrait « posthypophysaire » fourni par des souris serait aussi efficace que celui venant d'une génisse pour hâter la naissance d'un petit d'homme, en aidant la maman aux couches difficiles.

Au reste, il advient parfois que le biochimiste tranche la question du caractère universel de l'hormone en réalisant la synthèse, totale ou partielle, de certaines hormones. C'est le cas de la thyroxine (hormone de la thyroïde); de l'adrénaline (des capsules surrénales); de la corticostérone (du cortex des mêmes surrénales) que l'on prépare synthétiquement de manière

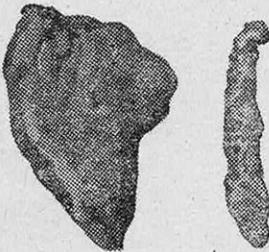
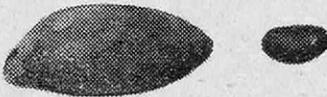
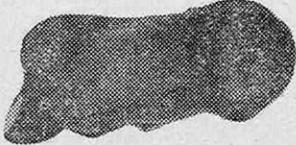
GLANDES	EMPLOIS MEDICAUX
 <p>THYROÏDE</p>	Myxœdème, obésité, troubles de la puberté.
 <p>PARATHYROIDES</p>	Crises tétaniques, maladie de Parkinson.
 <p>SURRENALES</p>	Maladie d'Addison, maladies infectieuses, intoxications.
 <p>HYPOPHYSE</p>	<p>Lobe antérieur : Insuffisance génitale, troubles sexuels, syndrome adipo-génital, stérilité.</p> <p>Lobe postérieur : Diabète insipide, choc hémorragique, maladie de Basedow, inertie utérine.</p>
 <p>THYMUS</p>	Croissance difficile, faiblesse musculaire.

T W 23963

FIG. 2. — LES EMPLOIS MÉDICAUX DES POUDRES ET EXTRAITS DE GLANDES ENDOCRINES

La thyroïde est une glande située à la base du cou, en avant du larynx. Chez le bœuf (à gauche), elle pèse entre 15 et 20 g; chez le porc (à droite), entre 5 et 12 g; chez le mouton, entre 1,5 et 3 g. Un kilogramme de poudre de thyroïde nécessite 300 bœufs, 450 porcs ou 2 000 moutons. La synthèse de l'hormone thyroïdienne a été réalisée. Les parathyroïdes sont deux paires de glandules situées au voisinage immédiat de la thyroïde. Leur poids ne dépasse pas, chez le bœuf, 0,45 g et, chez le cheval, 0,25 g. Il faut 25 000 chevaux ou 12 000 bœufs pour obtenir 1 kg de parathyroïde délipodée. Les capsules surrénales forment deux glandes au voisinage de chaque rein. Chez le bœuf (à gauche), elles pèsent entre 12 et 20 g; chez le porc, entre 3 et 4 g (à droite). Il faut 350 bœufs ou 1 500 porcs pour obtenir 1 kg de poudre de surrénale. On prépare séparément des poudres et des extraits de la zone médullaire dont l'hormone est l'adrénaline (synthèse réalisée) et de la zone corticale, dont l'hormone est la cortine (synthèse non réalisée). L'hypophyse est une glande située dans une niche de la base du crâne. Son poids moyen est, chez le bœuf (à gauche), de 2,5 à 3,5 g et, chez le porc (à droite), de 0,4 à 0,5 g. Un kilogramme de poudre d'hypophyse totale exige 1 700 bœufs ou 10 000 porcs. On distingue les poudres et extraits des lobes antérieurs et postérieurs de l'hypophyse (il faut 10 000 bœufs pour 1 kg de poudre de lobe postérieur). Les synthèses des multiples hormones hypophysaires, mal connues, n'ont pas été réalisées. Le thymus (celui du veau est vulgairement connu sous le nom de riz de veau) pèse en moyenne entre 250 et 500 g chez le veau, dix fois moins chez le mouton. Il faut 25 veaux ou 250 moutons pour obtenir 1 kg de poudre de thymus.

courante. L'androstérone, la testostérone, la progestérone et la folliculine, hormones gonadotropes (excitatrices des glandes sexuelles mâles et femelles) peuvent également se préparer par synthèse, mais à un prix de revient commercialement rédhibitoire. Du reste, même l'adrénaline et la thyroxine synthétiques ne peuvent suffire à la demande. En attendant que se généralise, que s'industrialise la synthèse des hormones et des autres biocatalyseurs thérapeutiques, c'est aux abattoirs qu'il convient de demander la matière première de l'opothérapie.

GLANDES	EMPLOIS MÉDICAUX
 <p data-bbox="279 459 391 484">PANCREAS</p>	<p data-bbox="548 320 911 349">Diabète, troubles de la digestion.</p>
 <p data-bbox="272 633 400 658">TESTICULES</p>	<p data-bbox="528 562 962 610">Insuffisance génitale, neurasthénie, asthénie génitale.</p>
 <p data-bbox="292 759 385 784">OVAIRES</p>	<p data-bbox="528 701 962 768">Insuffisance génitale, ménopause, troubles de la grossesse, obésité, chlorose.</p>
 <p data-bbox="313 971 368 996">FOIE</p>	<p data-bbox="528 875 962 923">Anémies, cirrhoses atrophiques, ic- tères.</p>
 <p data-bbox="286 1155 400 1180">PROSTATE</p>	<p data-bbox="555 1097 676 1126">Mélancolie.</p>

T W 23962

FIG. 3. — LES EMPLOIS MÉDICAUX DES POUDRES ET EXTRAITS DE GLANDES EXO-
ENDOCRINES

Le pancréas du bœuf (à gauche) pèse 200 à 250 g; celui du porc (à droite) pèse 70 à 80 g. On en extrait divers produits, entre autres une diastase, la trypsi-
ne, et surtout l'insuline, dont 100 g exigent 15 000 porcs. Les testicules de porc
(à gauche) pèsent de 350 à 500 g; ceux de mouton (à droite), de 70 à 75 g. Un
kilogramme de poudre de testicules nécessite 25 porcs, 30 taureaux, 85 moutons
ou 300 veaux. Les hormones testiculaires (androstérone, testostérone) ont été
obtenues par synthèse. Les ovaires de vaches (comme ci-dessus) pèsent entre
10 et 17 g, ceux de truies entre 5 et 10 g. Ils servent à la préparation de poudre
d'ovaire total ou seulement de poudre de corps jaune (il faut 1 500 vaches ou
3 000 truies pour 1 kg de poudre) ou d'extraits divers. La synthèse des hormones
ovariennes a été réalisée. Le poids d'un foie de bœuf est de 5 à 7 kg, celui
d'un veau (comme ci-dessus) de 1,250 à 1,750 kg, celui d'un porc de 1 à 1,750 kg.
Un bœuf fournit 1 kg de poudre de foie desséchée. La prostate du porc ou du
taureau pèse entre 250 et 300 g. Il faut 20 animaux pour 1 kg de poudre desséchée.

Le titrage des produits opothérapiques à la « balance » physiologique

Par la finesse des dosages, la science des
opérations, la faible quantité enfin des pro-
duits obtenus relativement aux masses traitées,
la nouvelle industrie a pu se comparer à celle
de l'extraction du radium qui utilise, comme
on sait, des masses colossales de minerai. Il
faut traiter une tonne de pechblende pour obte-

nir un gramme de
radium. Le rende-
ment de certaines
glandes animales en
leurs produits actifs
purs serait du même
ordre de petitesse si
le produit en ques-
tion pouvait être iso-
lé. Mais, sauf de
très rares exceptions,
le produit hormoni-
que actif n'est pas
accessible aux mesu-
res pondérales, et
c'est son activité que
l'on dose par des
mesures biologiques.

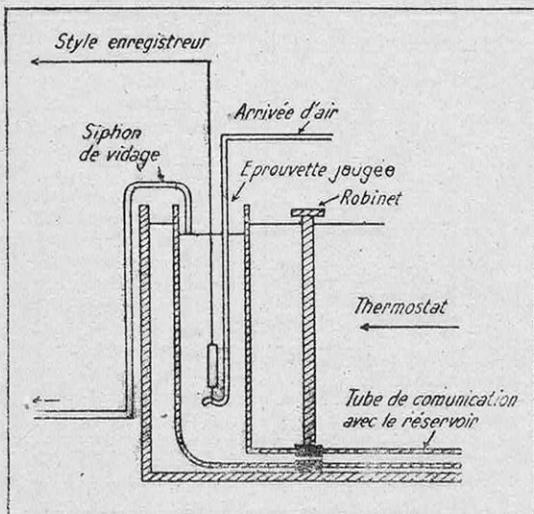
La « balance »
dont se sert le spé-
cialiste pour en four-
nir le titrage exact
qu'exigent la vente
et l'usage médical
n'est autre qu'un ani-
mal spécialement éle-
vé dans ce but : un
cobaye, une souris,
un lapin; plus exac-
tement, toute une sé-
rie d'animaux du
même type. Car une
seule réaction biolo-
gique fournie par un
individu ne signifie
rien par elle-même :
il faut opérer par
des moyennes, et ces
moyennes doivent
être déduites de réac-
tions biologiques ob-
tenues sur des ani-
maux d'une même
race, élevés et nour-
ris dans des condi-
tions bien définies.

Voici un exemple :
Les hormones (il
faut employer le plu-
riel, dans l'impossi-
bilité où nous som-
mes d'isoler les élé-
ments actifs) que
fournit le seul lobe
postérieur d'hypo-
physe ont, entre au-
tres propriétés, celle
d'activer les contrac-
tions de l'utérus au
moment de l'accou-
chement. Voici donc
« l'extrait posthypo-
physaire » tel que le
livrent les opérations
terminées. Il s'agit
de doser son acti-
vité. Comment va s'y
prendre notre biochi-
miste? En trois coups
de ciseaux, sans avoir
même à sacrifier l'animal
choisi pour le test,
il extrait l'utérus d'une
souris, le fixe à l'in-
térieur d'une éprouvette
où il baigne dans une
solution physiologique
(n'oublions pas qu'il
reste vivant) et relie ses
« cornes antérieures »
à deux bras de levier très
sensibles inscrivant
leurs mouvements ampli-
fiés sur un cylindre en-
registreur. Il mélange
alors, par doses progres-

sives, des doses de l'ex-
trait jusqu'à ce que l'on
voit apparaître une réac-
tion caractéristique.
C'est ainsi que l'on a pu
doser l'activité de l'ex-
trait de testicules de porc
sur des souris, celle de
l'extrait d'ovaire de vache
sur des truies, celle de
l'extrait de foie de bœuf
sur des veaux. On a pu
aussi doser l'activité de
l'extrait de prostate de
porc sur des souris.

sives, l'extrait « posthypophysaire » au liquide physiologique jusqu'à ce qu'une première contraction de l'utérus soit révélée par l'appareil enregistreur. La quantité d'hormone hypophysaire correspondant à ce « seuil inférieur » d'excitation est notée. Puis on recherche la dose correspondant à l'autre point critique, le « seuil supérieur », c'est-à-dire la dose pour laquelle l'utérus contracté à bloc (tétanisation) ne répond plus à un accroissement de la dose d'extrait hypophysaire. La distance des deux seuils enregistrés sur le graphique et l'allure de la courbe par laquelle on passe de l'un à l'autre (fig. 4) mesurent l'activité de l'extrait essayé.

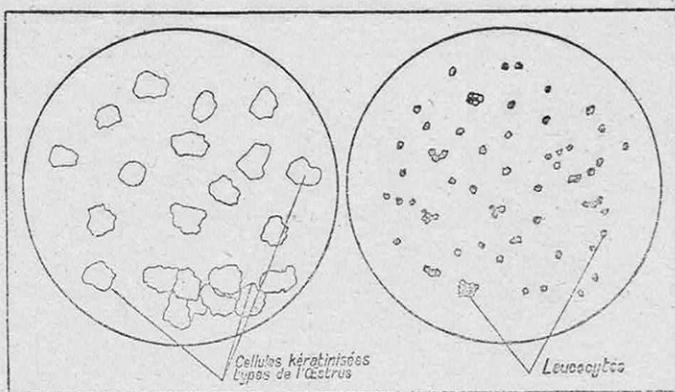
Entre deux ou plusieurs essais de l'extrait en question, l'expérimentateur fait intervenir l'extrait étalon (que le bureau français de Paris met à sa disposition) lui-même titré sur un extrait type (étalon international) fabriqué par l'un des meilleurs spécialistes de l'hormone étudiée (ils sont deux ou trois en Europe pour chaque hormone). Quand les réactions étalon et les réactions d'essai donnent le même graphique, alors seulement on dit que l'extrait fabriqué contient le même nombre « d'unités internationales » posthypophysaires (ou, pour donner un nom, d'hormone ocytocique) que la solution-étalon.



T W 23973

FIG. 4. — UN TEST BIOLOGIQUE DE L'ACTIVITÉ DE L'HORMONE POSTHYPOPHYSAIRE : LES DEUX « SEUILS » DE CONTRACTION D'UN UTÉRUS DE COBAYE

Entre autres actions biologiques, l'hormone posthypophysaire a la propriété de provoquer les contractions de l'utérus au moment de l'accouchement. Cette propriété est utilisée pour la doser. Pour cela, l'utérus d'un cobaye, maintenu vivant dans un liquide convenable, est soumis à l'action de doses croissantes d'hormone. La dose inférieure, qui déclenche les contractions et la dose supérieure qui tétanise les muscles utérins, fournissent, par comparaison avec une solution étalon de l'hormone, le nombre d'unités internationales renfermées dans la solution d'hormone que l'on veut titrer.



T W 23972

FIG. 5. — LE TEST BIOLOGIQUE DE L'ACTION D'UNE HORMONE GÉSTROGÈNE : L'EXAMEN MICROSCOPIQUE DES CELLULES VAGINALES

A droite, l'examen microscopique des cellules d'un frottis vaginal de rat ovariectomisé avant l'administration d'hormone gestrogène. On observe principalement des globules blancs. A gauche, l'aspect microscopique du frottis vaginal après administration d'hormone. L'œstrus se traduit par l'apparition de cellules kératinisées de structure caractéristique.

Il importe en outre non seulement que la souris donneuse d'utérus soit vierge, cela va de soi, mais encore qu'elle ait été élevée hors de la simple vue d'un mâle! Sinon l'activité de sa propre glande hypophysaire aurait déjà faussé la sensibilité des muscles utérins qui tiennent lieu ici d'instruments de mesure.

Insistons enfin sur les précautions nécessaires à l'obtention d'un bon étalon. Pour l'établir, il faut procéder par moyennes statistiques, donc par répétitions patientes. La détermination de l'étalon international concernant chaque hormone du type hypophysaire exige l'intervention d'au moins 150 animaux-témoins (Guilbert); au laboratoire industriel, on se contente de bien moins d'opérations-tests, pour le titrage commercial. Mais l'évaluation ne procède plus, dans ce cas, de manière absolue: elle est fondée sur la similitude des deux courbes enregistrées: celle qui concerne l'étalon et celle qui dépend du produit fabriqué.

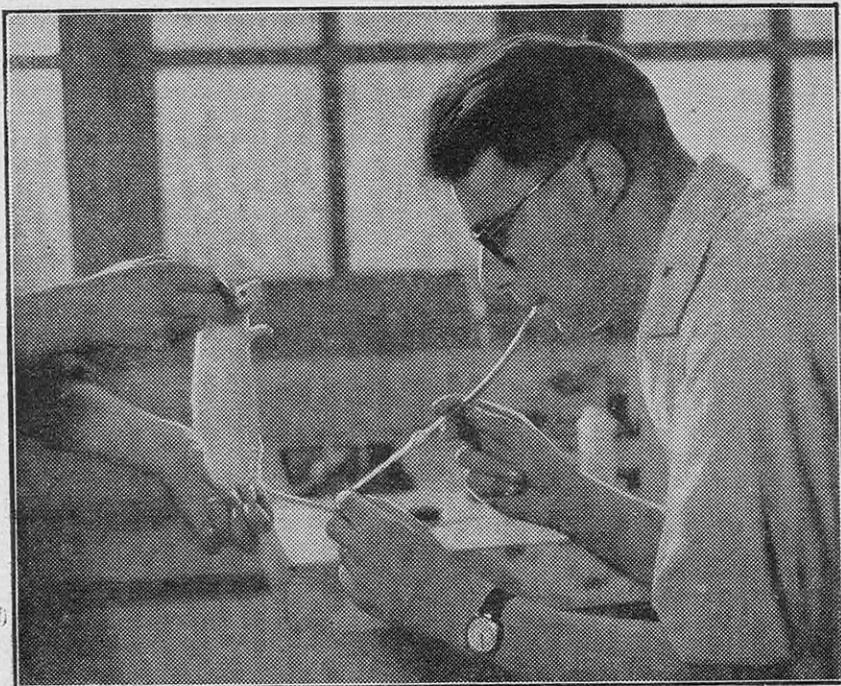
Il va sans dire que les ressources de la balance pondérale ordinaire, d'ultra-précision, sont mises en œuvre chaque fois qu'il est possible, c'est-à-dire quand les doses actives des extraits ont des « seuils » supérieurs au centième de milligramme, et que l'hormone étudiée est isolée chimiquement.

L'exemple précédent touchant l'hormone ocytocique pourrait être multiplié.

Citons rapidement la méthode pratiquée pour titrer les solutions de folliculine, hormone caractéristique de la fonction génitale femelle. Le test consiste dans l'apparition du rut (œstrus) chez la femelle du rat préalablement ovariectomisée (privée de ses ovaires), le déclenchement artificiel du rut étant provoqué par des injections huileuses de folliculine.

On opère sur deux lots de 25 rates femelles. On leur injecte des doses comparatives qui, d'excès en défaut, permettent finalement d'aboutir à une dose étalon fixant « l'unité rat » pour l'extrait éprouvé, avant sa livraison aux pharmaciens. C'est la dose minimum d'excitation pour le test physiologique choisi.

Le titrage des hormones mâles (androstérone, testostérone) se fait par des procédés similaires. L'insuline, hormone du pancréas, est titrée



T W 23971

FIG. 6. — PRISE DE SANG SUR UN RAT POUR LA NUMÉRATION DE SES GLOBULES ROUGES

Ce test biologique a pour objet la « mesure » de l'action des extraits de foie qui servent à lutter contre l'anémie. On compte le nombre de globules rouges contenus dans le même volume de sang avant et après l'absorption des extraits de foie; l'augmentation de ce nombre mesure l'activité de l'extrait étudié.

en étudiant l'abaissement de la teneur en sucre (hypoglycémie) du sang de lapins, une heure et demie et deux heures et demie après l'injection du produit fabriqué. Cette chute de la teneur en sucre du sang est comparée à celle qui fait suite à l'injection d'une unité de l'étalon international. On opère sur des lots de six lapins, d'environ 2 kg chacun.

Terminons cet exposé des caractères particuliers aux méthodes d'étalonnage utilisées dans l'industrie organothérapique en donnant maintenant l'ordre de grandeur de ses rendements quantitatifs.

Mille bœufs pour un gramme et demi de substance

Dans la fabrication des hormones hypophysaires, chaque hypophyse de bœuf qui pèse

FIG. 7. — APPAREIL DE CONGÉLATION ASSURANT LA STABILISATION DES ORGANES PAR LE FROID DANS UN ABATTOIR DE MOYENNE IMPORTANCE (L.M.T.)

Cet appareil permet la congélation et la conservation sur place, à basse température, de différents organes. Si l'on se borne aux hypophyses, ovaires, surrénales, thyroïdes et pancréas de bovins, il peut absorber 50 bêtes par jour aux fins de congélation et effectuer l'accumulation et la conservation des organes correspondant à deux semaines d'abatage. Le froid est obtenu au moyen d'un petit compresseur placé à la partie inférieure et fonctionnant au fréon (dichlorodifluorométhane, ininflammable, non corrosif et bouillant à -30° sous la pression atmosphérique). La congélation s'effectue au contact de trois plaques (-28° à -35° C) dans les compartiments supérieurs, le compartiment inférieur, plus grand (-20° C), servant à la conservation des organes préalablement congelés.

2,5 g environ donne de 1 à 2 mg de produit actif, « l'activité » générale étant, ici, tantôt lactogène (excitatrice des glandes mammaires), tantôt gonadotrope (excitatrice des glandes séminales), tantôt thyrotrope (excitatrice de la thyroïde), etc...

Nous savons, en effet, que la sécrétion hypophysaire commande certainement la plupart et probablement toutes les autres sécrétions endocrines (1).

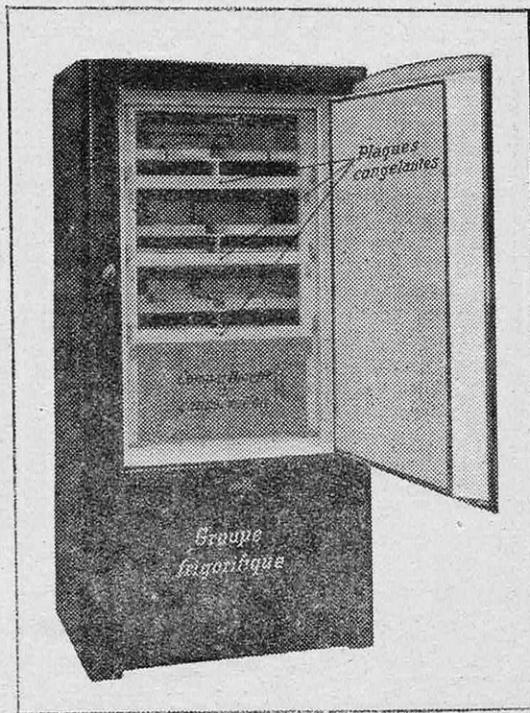
De cet exemple, nous concluons qu'il faut abattre mille bœufs pour obtenir en moyenne 1,5 g de substance active!

Il faut 2 tonnes de pancréas pour extraire 100 g d'insuline : le rendement pondéral ressort ici à 1 pour 20 000.

La fabrication de 100 g de folliculine exige le traitement d'une trentaine de tonnes d'urine de jument gravidé. Pour la folliculine, on a

plus d'avantage à récupérer le produit de sé-

(1) Voir : « L'unité de l'organisme », dans *La Science et la Vie*, n° 305, janvier 1943.



T W 23966

création lui-même qu'à l'extraire du tissu ovarien. Chez l'animal gravide, un excès de folliculine est sécrété dans le sang où il atteint une concentration suffisante pour entraîner son excrétion par le rein dans l'urine où on le retrouve. L'obtention des vitamines accuse, du reste, les mêmes rapports pondéraux : 15 t de levure fraîche ne rendent que 100 g de vitamines B. Le rendement est ici de 1 pour 150 000.

Les quantités de produits auxiliaires mis en œuvre pour l'extraction des produits actifs ne sont pas moins impressionnantes. La fabrication de 100 g d'insuline en poudre exige l'intervention de 4 000 à 5 000 l d'alcool. Le chapelet des dissolutions et distillations évoque encore, *mutatis mutandis*, les « cristallisations fractionnées » dont le patient enchaînement conduisit les Curie à l'isolement du premier centigramme de radium.

L'usine organothérapique est une « usine froide »

Passons outre au prélèvement des glandes après l'abatage des animaux, concomitant d'ailleurs, du prélèvement d'autres organes utiles, tel l'estomac des porcs, la caillette des ruminants, matière première des diastases; la moelle épinière, matière à fabriquer le cholestérol, — et venons-en au traitement proprement dit des tissus soigneusement triés : foies, pancréas, lobe hypophysaire antérieur, lobe hypophysaire postérieur, capsules surrénales, disséquées en « corticales » et « médullaires ». Soulignons seulement que ces prélèvements doivent être faits dès la mort de l'animal et suivis d'une congélation immédiate. Les traitements qui vont intervenir sont assez étrangers au chimiste de l'industrie

organique courante. Ici les « chaudières » travaillent à froid et « sous vide », et n'en dépensent pas moins de calories que l'usine chimique travaillant à chaud.

L'industrie opothérapique ayant pour but « de saisir sur le vif et de fixer les propriétés biologiques de l'organisme animal », comme dit l'excellent et éminent spécialiste M. Guilbert, les précautions que nécessite cette biochimie industrielle la rangent dans un cadre tout à fait à part.

D'abord, les tissus endocriniens (plus encore que les autres) subissent cette loi qu'ils meurent plus ou moins lentement à la suite de leur prélèvement. Théoriquement, la glande devrait donc être saisie toute chaude et traitée aussitôt. Une heure après l'abatage, sa teneur en hormones actives a baissé de 20 %. Cette baisse se poursuit progressivement suivant une loi exponentielle. Or, on ne peut mettre l'usine en branle si l'on n'a pas rassemblé une masse suffisante de matières premières. Et cette récolte exige, suivant les circonstances, parfois la semaine entière, tout au moins la journée, comme laps de temps minimum. La difficulté a été résolue grâce à la préservation par le froid.

Les organes étant à pied d'œuvre, deux traitements sont à envisager : 1° dessiccation complète pour obtenir une poudre sèche qui renfermera la totalité des principes actifs; 2° extraction chimique et isolement de ces principes.

Examinons les conditions du traitement physique de dessiccation.

La dessiccation doit s'effectuer à la plus basse température possible, pour les motifs déjà invoqués, à propos de la conservation et d'autres encore, dont celui-ci : la teneur des tissus animaux en

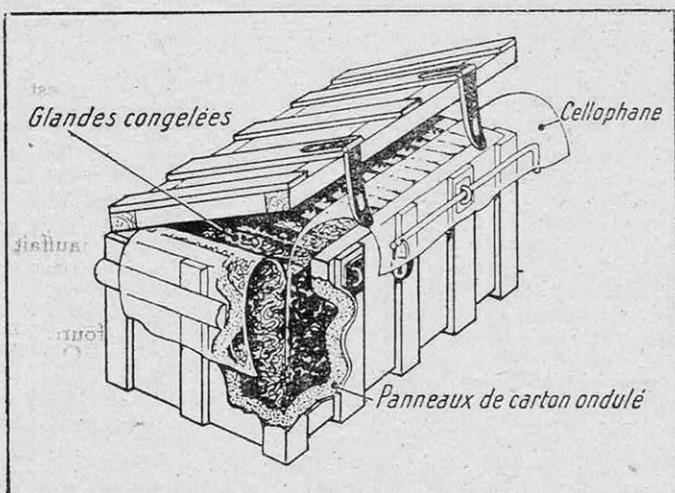


FIG. 9. — MALLE ISOTHERME POUR LE TRANSPORT DES ORGANES DES CENTRES DE RÉCOLTE AUX LABORATOIRES

Cette malle peut recevoir 30 kg de glandes congelées : l'expédition se faisant vers -15°C , elle doit arriver à destination à une température inférieure à -5°C grâce à son calorifugeage spécialement étudié.

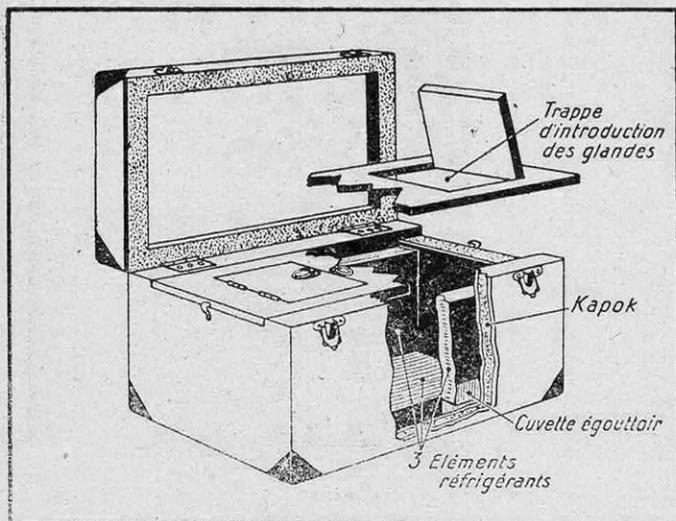


FIG. 8. — MALLETTTE DE RÉCOLTE DES ORGANES (L.M.T.)

La source de froid de cette mallette transportable est constituée par des récipients remplis d'alcool hydraté gelant vers -20°C . Ces briquettes sont refroidies au contact des plaques congelantes du meuble précédent (fig. 7) et disposées ensuite dans la mallette.

certaines principes complexes baisse sitôt que la dessiccation se fait à des températures même relativement basses, comprises entre 0° et 40° C. C'est ainsi que le glutathion, inclus dans les surrénales vivantes du cheval à raison de 152 mg pour 100 g, tombe à 146 mg si la dessiccation est faite à 0°; à 106 mg pour la dessiccation à 15°; et à zéro mg pour la dessiccation faite à 40°. Le taux d'acide ascorbique, qui est de 220 mg par 100 g à l'état vivant, tombe pareillement à 215 mg, 140 mg et 52 mg pour les mêmes températures de traitement.

On en conclut que la dessiccation doit s'effectuer entre 0° et 15°. Naturellement, toutes les autres manipulations (extractions, concentrations, précipitations) devront s'effectuer dans le même cadre thermique.

L'usine organothérapique sera donc une usine froide, dans laquelle il faudra réaliser les mêmes transformations physiques ou chimiques qui s'effectuent d'ordinaire à chaud.

Les données du problème semblent contradictoires. Comment les concilier?

Le problème de la dessiccation à froid

Le physicien répond : « Vous avez le choix : ou bien entraîner la vapeur d'eau par un courant d'air sec à basse température (0 à 15° C) et à la pression normale, ou bien l'évaporer

sous un vide poussé et à une température compatible avec la rapidité minimum de travail qu'exige tout rendement commercial. »

Quels seront ce vide et cette température?

C'est le prix du charbon (ou de tout autre source d'énergie) qui va répondre. Car l'« usine froide » consomme pratiquement autant et souvent plus de calories que toute autre. Il faut, en effet, chauffer, par exemple, les chaudières où se dessèchent les pancréas sous un vide de quelques centimètres de mercure. Si l'on ne chauffait pas, les organes se refroidiraient peu à peu et la distillation s'arrêterait. C'est qu'à 0° comme à 100° C, le passage de l'eau à l'état de vapeur exige des calories qu'il faut fournir (chaleur latente de vaporisation).

Or, cette « quantité de chaleur » à fournir croît à mesure que l'évaporation s'effectue à plus basse température. A 100° C, un litre d'eau s'évapore contre 539 cal; à 15° C, il exige 587 cal, etc...

Quant au facteur « pression », il est déterminé, une fois choisie la température à laquelle s'effectue la vaporisation de l'eau. La pression d'équilibre de l'eau et de sa vapeur est, en hauteur de mercure :

De 3,1 cm à 30° C; de 0,9 cm à 10° C; de 0,5 cm à 1° C.

Une fois choisie la température de distillation (et, par suite, le degré de vide), tout n'est pas fini; il faut penser à évacuer la « vapeur »

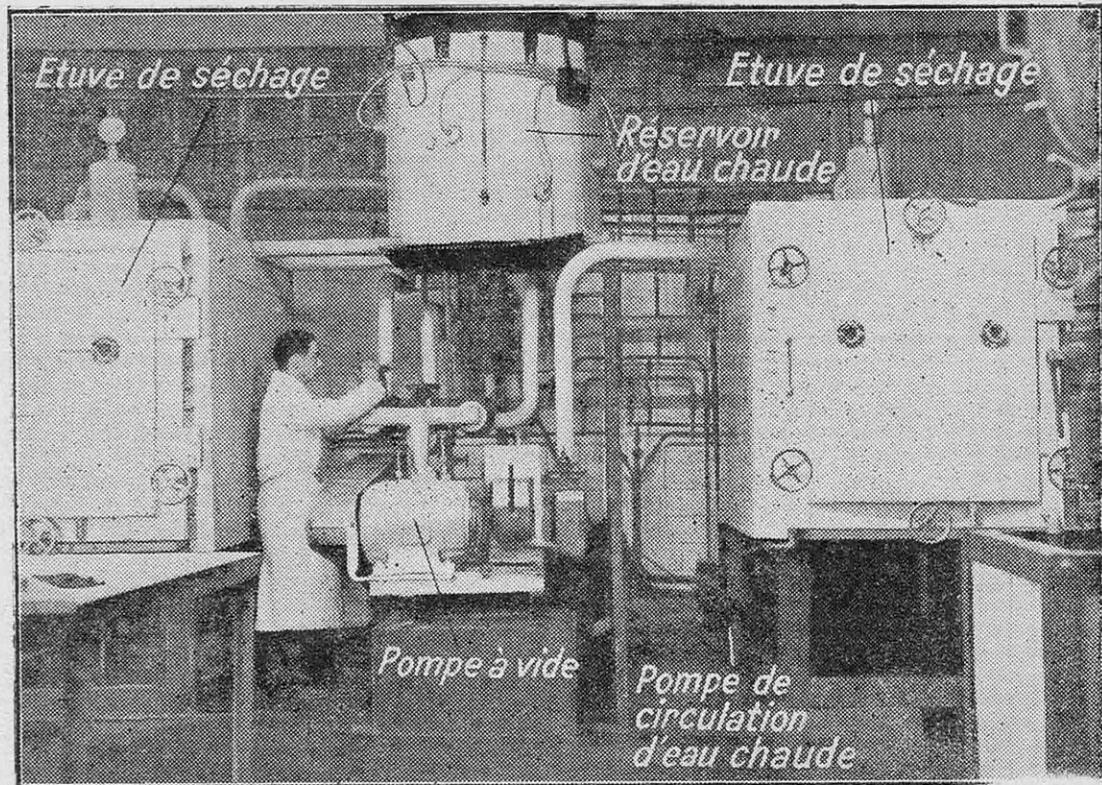
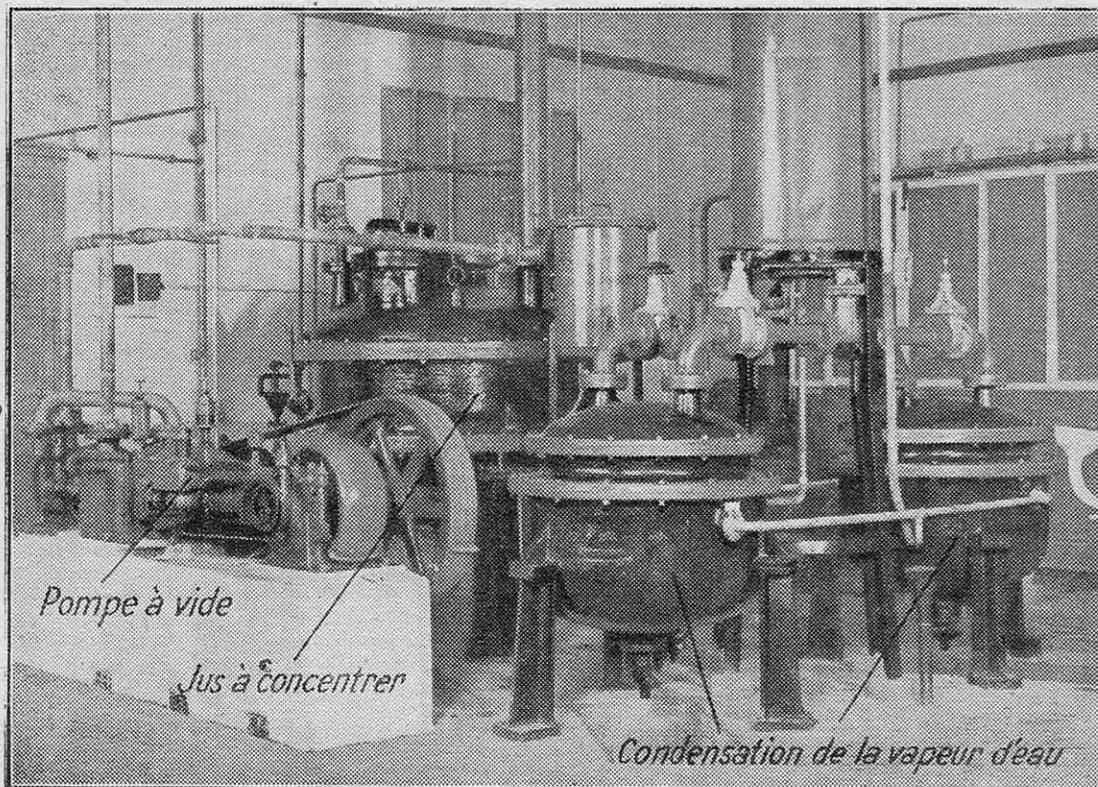


FIG. 10. — UNE BATTERIE DE DESSICCATION SOUS VIDE PROFOND ET A BASSE TEMPÉRATURE (USINES ORGA, AVIGNON)

Les organes congelés sont broyés, puis placés dans les armoires étanches situées de part et d'autre de la pompe à vide. Une circulation d'eau chaude fournit les calories nécessaires à la vaporisation de l'eau contenue dans les organes. L'accouplement des deux armoires permet une marche continue de la pompe et des appareils de chauffage. Les organes séchés sortent de l'armoire de dessiccation sous la forme de galettes très minces évoquant la consistance d'un carton parfaitement sec.

T W 23969



T W 23970

FIG. 11. — LA DESSICCATION DES PANCRÉAS A BASSE TEMPÉRATURE ET SOUS VIDE POUSSÉ (ORGA, AVIGNON)

La pâte d'organes broyés est placée dans une grande cuve de fonte émaillée de grande surface d'évaporation. La vaporisation de l'eau se fait à -24° sous vide poussé. La vapeur d'eau est recueillie dans deux récipients de condensation (au premier plan) qui fonctionnent alternativement pour permettre à l'installation de fonctionner de façon continue. Cette vapeur d'eau est fixée chimiquement sur un corps avide d'humidité.

produite. Et c'est tout le problème des tuyauteries, serpentins et condenseurs qui met en jeu le rapport des surfaces de refroidissement et du volume de la vapeur à éliminer par condensation sur ces surfaces. Il faut déterminer économiquement ce rapport, sous peine de faillite de l'usine.

Par exemple, si on opère à 100° C et à la pression normale (760 mm), il suffit d'évacuer $1,67$ m³ de vapeur à une certaine vitesse. A 30° C sous 31 mm de mercure, il faudra évacuer 33 m³ de vapeur pour distiller à la même vitesse que ci-dessus. A 0° C sous 4,6 mm de mercure, il faut évacuer 205 m³!

Un autre motif d'éviter les tuyauteries et les grandes surfaces métalliques apparaît du reste aussi péremptoire que ceux du prix de revient et de la rapidité de fabrication. Le voici : même les aciers inoxydables de nuances les plus diverses abandonnent toujours au distillat un peu de nickel, de chrome ou de fer. Or, à elles seules, les traces métalliques, en tant que « catalyseurs minéraux », suffisent à neutraliser totalement les biocatalyseurs. C'est ainsi qu'un cent millième de gramme de cuivre rend inactives les diastases d'une solution. On conçoit qu'une machinerie métallique ne puisse garantir d'une souillure critique aussi minime, et c'est pourquoi toute l'usine travaille avec des récipients en bois ou en fonte émaillée là où il faut chauffer, en grès ou en fonte recouverte de caoutchouc, s'il s'agit d'une opération froide.

Ces quelques aperçus suffisent pour faire entrevoir l'originalité d'une « usine froide » d'organothérapie.

Où l'on évapore de la glace pulvérisée

Certains procédés ont touché, dans ce domaine du froid et du vide, à une réelle virtuosité. Voici, par exemple, celui de MM. Sauvage et Montceau.

L'organe à dessécher est refroidi dans l'air liquide et pulvérisé à une température très inférieure à 0° C. En sorte que la pulvérisation d'un bloc aussi dur peut atteindre la finesse des porphyrisations minérales (talc, charbon). La surface d'évaporation de tels grains de poussière sera donc immense relativement à la masse traitée. Un vide très poussé permet alors de distiller la glace contenue dans ces grains sans la fondre! Il y faut seulement, pour de la glace, (à -15° C) un vide correspondant à un vingtième de millimètre de mercure, ce qui ne dispense pas de fournir les calories représentées par la chaleur latente d'évaporation de la glace. Et cette quantité de chaleur est plus grande (répétons-le) aux basses températures (ici la glace à -15° C) qu'aux températures élevées, de l'eau bouillante, par exemple.

Pour condenser « la vapeur de glace » à -15° C, on pourrait songer à la refroidir dans l'air liquide par exemple (à -150°), mais on préfère la faire absorber dans de l'acide sulfurique concentré à 98 %. L'afflux de vapeur

d'eau fait tomber la teneur à 85 % en échauffant le mélange jusqu'à + 5° C. Tant et si bien qu'ici c'est le « condenseur » qui est plus chaud que la « chaudière » d'évaporation, ce qui est possible parce que l'affinité de l'acide sulfurique pour l'eau est d'ordre chimique.

L'évaporation par « atomisation » colloïdale

Non moins ingénieux est le procédé de dessiccation dit « par atomisation ».

Ici encore, on pulvérise à l'extrême la matière à dessécher, mais à l'état fluide. Les organes étant broyés à l'état humide, la pâte obtenue est pulvérisée, par des gicleurs, à l'intérieur d'une chambre où circule un violent courant d'air sec et chaud (de 60° à 100° C).

Voilà de l'air brûlant! Cependant, cet air ne va rien brûler. La surface d'évaporation des grains du brouillard colloïdal — tout comme celle des poussières de glace — est immense, elle aussi, relativement à la masse traitée. L'air chaud aura donc desséché chaque grain avant de pouvoir le cuire, car les calories qu'il lui apporte sont intégralement utilisées pour la vaporisation de l'eau qu'il renferme. Naturellement, il faudra bien régler l'apport de calories.

Séchée, mais toujours froide, la poudre organique tombe au fond de la chambre, d'où elle est évacuée de façon continue, tandis que le courant d'air résiduel emporte la vapeur dégagée. Ce procédé permet de retrouver, après

dessiccation, 200 mg d'acide ascorbique sur les 220 mg que contiennent les glandes surrénales du cheval et 98 mg de glutathion sur les 152 mg initiaux des mêmes glandes.

A l'atomisation, les testicules du bélier fournissent 20 mg sur 22 d'acide ascorbique; 106 mg sur 143 de glutathion. Les foies de bœuf, 22 mg sur 26 d'acide ascorbique et 203 mg sur 234 de glutathion.

La solution actuellement la plus pratique

Les photographies illustrant cette étude, obligeamment fournies par la Société Orga, concernent l'une des installations rationnelles les mieux étudiées existant actuellement en France. On y travaille à cent mètres d'un très important abattoir industriel. Les méthodes de virtuosité ont été écartées pour des traitements de dessiccation plus classiques : les organes broyés se concentrent en galettes solides qu'il est ensuite loisible de pulvériser soit pour l'extraction chimique, soit pour la livraison aux pharmacies réclamant le produit tel quel.

L'avantage de ce mode de dessiccation c'est que les « armoires à vide » — ou étuves froides — et les appareils distillatoires y afférents, moins délicats à conduire que les appareils d'atomisation, peuvent être établis en série et, éventuellement, remis à tous les abattoirs qui se préoccuperaient de dessécher les organes endocrines. Réduits à l'état de galettes (légères et imputrescibles parce que déshydratées), ceux-ci

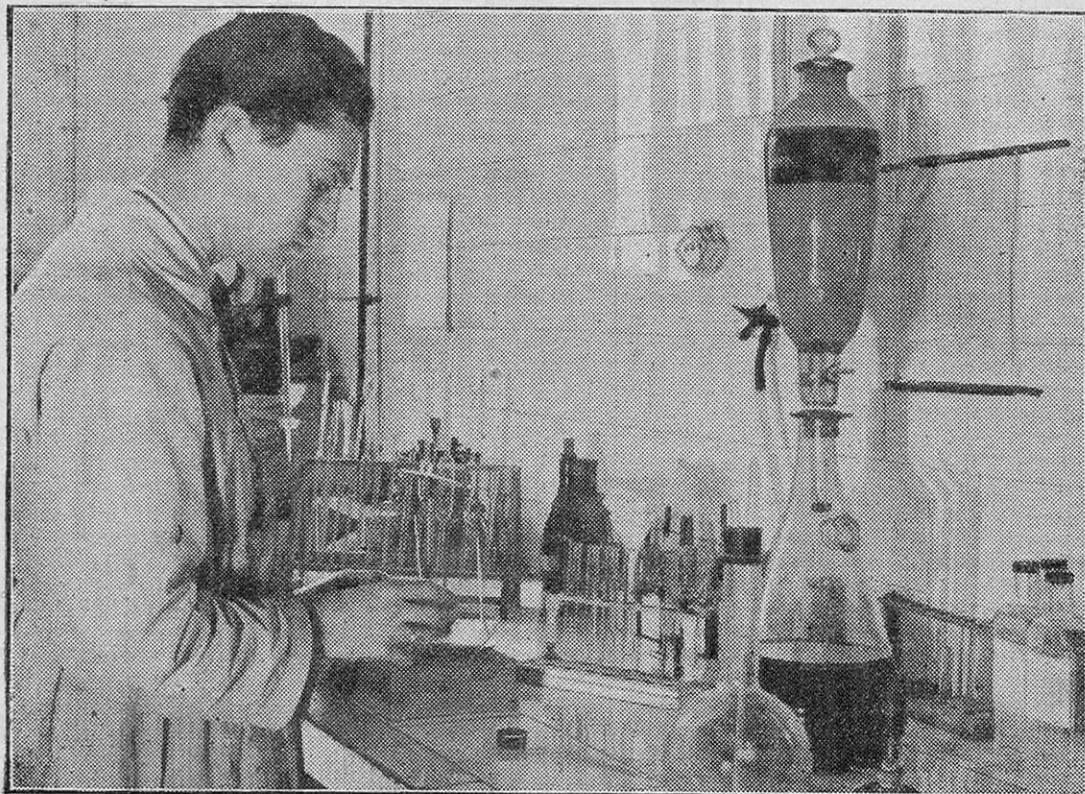


FIG. 12. — LA CONCENTRATION DANS UN SOLVANT D'UNE HORMONE DU CORPS JAUNE DE L'OVAIRE

Le solvant est versé sur une poudre du produit séché et tombe dans le flacon du bas après s'être chargé du principe actif de l'organe traité.

peuvent alors s'expédier au loin, sans d'autres précautions qu'un emballage suffisamment isotherme, pour garantir contre un échauffement accidentel (au-dessus de 25° C). Ainsi la concentration de la matière première opothérapique peut se réaliser dans les meilleures conditions techniques, autour des usines où se fera le traitement définitif. Sinon les emballages frigorifiques les plus parfaits deviennent une nécessité.

L'extraction chimique des hormones

La poudre d'organes obtenue par la dessiccation en galettes suivie de broyage (ou par l'atomisation) constitue, avons-nous dit, un premier produit commercial. Les « poudres » opothérapiques peuvent s'administrer par ingestion buccale ou par prise nasale (entre autres les poudres hypophysaires). Mais à la plupart des hormones qui sont détruites par les diastases (notamment l'insuline), le tube digestif se trouve interdit. L'injection hypodermique devient alors la règle.

C'est le traitement chimique appliqué aux poudres qui va donner le produit injectable (dosé avec la minutie que nous avons dite).

Nous n'entrerons pas dans les détails de cette phase, la plus délicate, des fabrications, car, à chaque hormone correspond une ou plusieurs méthodes d'extraction qui tiennent compte des caractéristiques physiques et chimiques du produit.

Exemples : les extractions par « voie aqueuse » s'appliquent à l'ocytocine et à la vasopressine des lobes postérieurs d'hypophyses à condition d'opérer en milieu acide. Il faut opérer, au contraire, en milieu alcalin, si l'on extrait les hormones du lobe antérieur ou, encore, celles du thymus (acide thymonucléinique).

L'extraction « alcoolique » a l'avantage de s'appliquer aux produits liposolubles (solubles dans les graisses) qui refusent la dissolution aqueuse et, aussi, aux produits hydrosolubles, l'alcalinité ou l'acidité étant respectées comme il vient d'être dit. Mais tel principe, insoluble dans l'alcool au début du traitement (à cause du substrat auquel il a fallu le lier) peut devenir soluble à mesure qu'il se purifie ou lorsqu'il est fixé à un autre support.

Que cela nous suffise pour comprendre l'extrême complexité des problèmes rencontrés au cours de la fabrication : leurs données varient en cours de route ! En somme, comme l'écrit M. Guilbert, la technique de fabrication d'une

hormone est la résultante de paramètres dont les trois quarts sont inconnus.

Toute modification, anodine en apparence, peut aboutir à un échec complet.

« Mais, ajoute l'éminent chimiste, dans ce domaine, les échecs sont fructueux, car ils enseignent ce qu'il ne faut pas faire. »

L'avenir incertain de la fabrication synthétique des hormones

« Il ne faut pas se dissimuler, écrit M. Guilbert, que les procédés d'extraction actuels sont tout à fait primitifs. »

Et comment en serait-il autrement aux débuts d'une industrie toute neuve, travaillant à l'extraction de principes actifs dont la formule chimique reste, la plupart du temps, à déterminer ? C'est l'action pharmacodynamique, nous l'avons dit, qui détermine toute la valeur du produit inconnu.

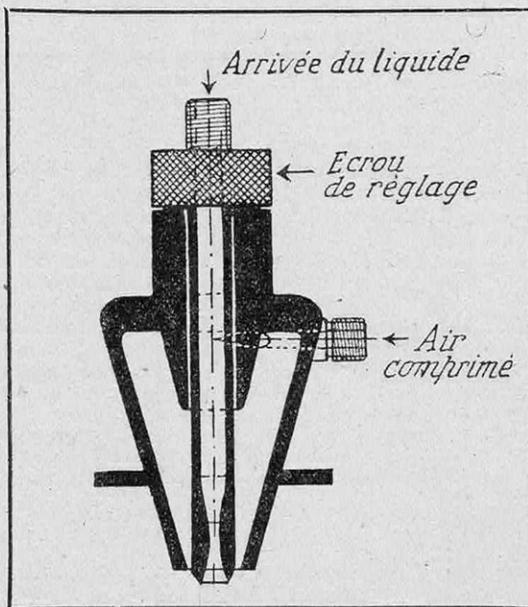
Pour l'isoler, on tâche d'adsorber (de lier superficiellement) le produit actif sur des supports physiques étrangers de plus en plus réduits, ce qui équivaut à une purification. Les supports en question étant colloïdaux dès l'origine, c'est par floculations, dialyses et ultrafiltrations à travers des membranes, toutes opérations successives, indéfiniment répétées, que l'on arrive à isoler le principe actif en le pesant à chaque stade de sa concentration à la balance physiologique du type cobaye. Le maximum de concentration possible étant obtenu, avec une sélection pharmacody-

namique aussi poussée que possible, c'est alors que le chimiste analyste intervient. Afin de préparer les synthèses à venir, il lui faut déterminer la formule d'un corps supposé.

Ce stade définitif du travail, 1° de préparation, 2° d'analyse, 3° de synthèse, a été franchi pour les hormones de formule simple, telles que l'adrénaline.

Récemment, les hormones du groupe « phénanthrénique » ont pu être réalisées par synthèse (1). Ce sont les testostérone, androsterone (hormones sexuelles) et la désoxycorticostérone (surrénale). Et, dans une complexité croissante, tout le groupe des « diméthyl-perhydro-cyclopentano-phénanthrène ».

On voit que des formules chimiques commencent à définir les « hormones » avec précision, comme elles l'ont fait pour la « vertu dormitive » de l'opium. Les médecins de l'ave-



T W 23967

FIG. 13. — COUPE SCHÉMATIQUE D'UN GICLÉUR D'ATOMISATION DES PRODUITS LIQUIDES POUR LA DESSECCATION RAPIDE DE L'AIR CHAUD

Le liquide à atomiser arrive par le tube central. L'air est introduit tangentiellement dans l'espace annulaire qui entoure ce tube et prend un mouvement de rotation extrêmement rapide. A l'extrémité du tube, l'air, animé d'une grande vitesse, rencontre le liquide qu'il aspire et pulvérise en très fines gouttelettes. On règle le fonctionnement du gicleur en abaissant plus ou moins le tube central au moyen d'un écrou fileté.

(1) Voir : « La synthèse des hormones », dans *La Science et la Vie*, n° 295 (mars 1942).

nir, aux prises avec une carence physiologique donnée, auront, le moment venu, à composer leurs injections avec une telle multiplicité de ces « principes » qu'elles ne le céderont pas, en complexité, aux mixtures de la pharmacopée courante. Autrement dit, après avoir reçu leur étiquette chimique, les « hormones » analytiques et, par la suite « synthétiques » (quand on aura pu les obtenir) devront être recomposées en produits physiologiques, de manière à rétablir la fonction primitive qui les avait fait découvrir.

Le plus souvent d'ailleurs les hormones soi-

concurrente du traitement des pancréas. Comment espérer reconstruire par synthèse l'édifice moléculaire de l'insuline, où le moindre écart de position des douze constituants aminés dans cet édifice précis peut entraîner des effets pharmacodynamiques totalement différents?

Enfin, si nous remontons à la glande elle-même, est-on sûr, au cours des prélèvements livrés à l'analyse, d'avoir recueilli la totalité de ses principes actifs?

La culture des glandes « in vitro »

L'avenir d'une biochimie rationnelle des hormones est peut-être autre part que dans la synthèse de laboratoire quel qu'en soit l'intérêt théorique.

L'industrie des produits opothérapiques telle qu'elle existe actuellement prélève les glandes qu'elle utilise sur des animaux dont la viande suffit, il est vrai, à amortir à elle seule l'opération. Mais, du point de vue du rendement en hormones, l'opération est désastreuse. Pour extraire l'hormone, on tue la glande! On ne recueille donc qu'une infime portion de l'hormone que cette glande est capable de sécréter au cours de son existence. Tout se passe comme si on tuait une vache pour lui prendre son lait. Il est plus rationnel de la traire. L'équivalent de la traite serait, pour les glandes endocrines, de recueillir les produits qu'elles ont déposés dans le sang

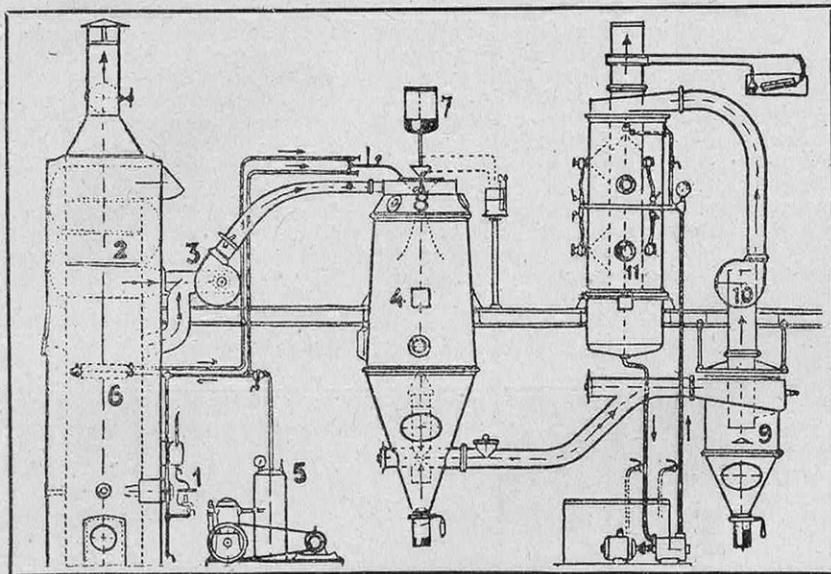
qui vient de l'irriguer. Cette opération est irréalisable sur l'animal vivant (sauf toutefois pour la folliculine).

Mais Alexis Carrel a poussé la technique de la culture des tissus jusqu'à entretenir un ovaire de poule en « fonction » vivante, dans la fameuse « pompe » circulatoire, à sang artificiel, qu'il inventa de concert avec Lindbergh (1). De là, à recueillir la sécrétion hormonale totale de cet ovaire, il n'y a qu'un pas.

Et puis ce pourrait être au tour d'autres glandes, d'être placées en bocal pour y sécréter, « hypersécréter » peut-être (grâce aux excitants hypophysaires), les principes pharmacodynamiques, intégraux cette fois, que réclame la thérapeutique.

Jean LABADIÉ.

(1) Voir : La culture artificielle de tissus et d'organismes vivants », dans *La Science et la Vie*, n° 224 (février 1936).



T W 23968

FIG. 14. — SCHÉMA D'UNE INSTALLATION DE SÉCHAGE PAR ATOMISATION

La chaleur nécessaire au séchage est fournie par les brûleurs à mazout (1). Les gaz chauds de la combustion cèdent leurs calories dans l'échangeur (2) à l'air aspiré par le ventilateur (3) qui l'insuffle dans la chambre de séchage. L'air comprimé est fourni au gicleur par la station de pompage (5). Une portion réglable de cet air est réchauffée dans l'échangeur (6), et l'autre reste froide, ce qui permet de régler la température de cet air comprimé. La station de pompage fournit également l'air des brûleurs. Le liquide à sécher introduit dans le réservoir (7) est projeté par le gicleur (8) dans la chambre de séchage. Le produit séché sous forme de poussière fine doit être recueilli. Pour cela, l'air qui sort de la chambre de séchage passe dans un dépoussiéreur à grand rendement (9). Il est ensuite rejeté dans l'atmosphère par le ventilateur (10) après passage dans un laveur (11) qui le débarrasse de ses dernières traces de poussières.

disant synthétiques dérivent seulement d'extraits biochimiques, tels que le cholestérol (extrait de la moelle épinière). Mais, pour le moment, les rendements de fabrication sont encore minimes et fugaces : ils oscillent entre 1 % et 10/100 avec un « enchaînement » moléculaire tellement fragile que les moindres excès (ou défauts) de traitement livrent des produits aussi voisins chimiquement que la progestérone (hormone sexuelle) et la désoxycorticostérone (hormone surrénale) dont l'action pharmacodynamique est très différente. A force de virtuosité, les analystes sont parvenus à montrer que les glandes les plus diverses fabriquent des hormones très voisines chimiquement.

Et, d'ailleurs, quand cette analyse met en évidence (dans les hormones à molécules « protidiques ») des assemblages aussi complexes que l'insuline, par exemple, où elle révèle la présence de douze composés aminés différents, on pense bien que la fabrication synthétique de l'insuline n'est pas près de s'installer en

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

La voiture de demain sera-t-elle en matières plastiques ?

LE grand industriel américain Henri Ford a depuis longtemps cherché à employer dans la construction de ses voitures le maximum de produits de l'agriculture américaine. Cet effort, qu'il poursuit surtout depuis la crise économique de 1929, a trouvé une éclatante justification quand le réarmement américain a contraint les constructeurs d'automobiles à restreindre la consommation de leurs usines en matières premières stratégiques (acier, aluminium, etc.) et à trouver pour celles-ci des matériaux de remplacement.

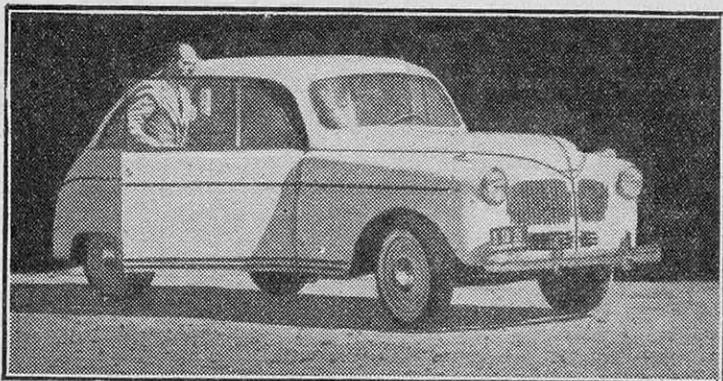
Entre 1939 et 1941, l'industrie automobile américaine a dû, en cherchant à réduire le moins possible sa production, s'efforcer de faire des économies de matières premières. Bien que depuis le 1^{er} février 1942 la fabrication des véhicules particuliers soit complètement arrêtée, des études et des expériences n'en continuent pas moins, dans les sections de recherches de chaque firme, pour développer les modèles qui, une fois la paix revenue, seront offerts sur le marché. Une des réalisations expérimentales les plus intéressantes est la voiture à carrosserie en résine synthétique que Ford a présentée en août 1941 (fig. 1) (1).

L'emploi des matières plastiques dans la construction automobile n'est pas une nouveauté. Un grand nombre d'accessoires : instruments, tableaux de bord, cadres de portes, cendriers, etc., sont depuis longtemps fabriqués en matières plastiques. Par contre, des essais pour fabriquer les ailes avaient

jusqu'ici donné des résultats peu satisfaisants. Le problème de la carrosserie en matière plastique avait fait l'objet d'études très poussées de la part des constructeurs de la voiture populaire allemande (1), mais le prix de la carrosserie fut jugé à cette époque trop élevé.

Une des difficultés de la réalisation des pièces de carrosserie en matières plastiques est que, contrairement à ce qui se passe dans l'emboutissage des tôles, on doit éviter, dans le travail à la presse de ces pièces, les

tendait à supplanter. Il réalise d'ailleurs ce châssis de manière à obtenir avec le minimum de poids le maximum de résistance à la torsion et à la flexion. Le squelette de la voiture est constitué par des tubes d'acier que l'on assemble par soudeure. Ces tubes se croisent sous le plancher et sur le toit de la voiture, ce qui permet à la carcasse de résister aux efforts de torsion. Le squelette de tubes d'acier a été étudié de façon à permettre l'emploi d'un revêtement à grands rayons de



T W 23978

FIG. 1. — LA VOITURE EXPÉRIMENTALE FORD, A CARROSSERIE EN MATIÈRE PLASTIQUE

petits rayons de courbure et les angles vifs. Les pièces que l'on traite doivent en somme se rapprocher le plus possible de surfaces planes. Cette servitude entraîne l'emploi de procédés de construction spécialement appropriés au nouveau matériau.

Les pièces en résines synthétiques ne sont pas destinées à résister à des efforts mécaniques, mais jouent seulement un rôle de remplissage et de protection contre les intempéries. Aussi Ford a-t-il dû revenir à la solution de la voiture à carrosserie résistante monocoque

courbure. Il en est résulté que la carrosserie, si elle n'est pas sans analogie avec les formes pratiquées par les constructeurs américains pour la voiture de 1942 a un profil plus aérodynamique que la plupart d'entre elles.

Les organes de propulsion sont empruntés sans modification à la Ford V 8. Le bloc moteur est solidement fixé dans sa partie avant aux tubes longitudinaux et dans sa partie arrière à un tube transversal. Pour les essieux avant et arrière, qui sont toujours de construction rigide et avec une suspension par ressort transversal, on a adopté le même dispositif de fixation que

(1) *Schweizerische Bauzeitung*, vol. 119, n° 7.

(1) Voir : « La Voiture populaire allemande », dans *La Science et la Vie*, n° 263 (mai 1939).

dans les voitures classiques à châssis.

Ford a développé pour la fabrication des pièces en résine un procédé original qui s'écarte sensiblement du procédé classique à haute pression. Il comprend trois phases principales : préparation du matériau, fabrication d'une ébauche, puis passage à la presse accompagné d'un traitement thermique qui donne à la pièce sa dureté et ses dimensions définitives.

Les résines phénoliques (produits de condensation de la formaldéhyde et du phénol) sont mises en suspension dans une bouillie aqueuse à laquelle on mélange de la fibre de bois, de lin, de coton et de chanvre jusqu'à ce qu'on obtienne une répartition régulière de la fibre dans la bouillie.

Le mélange humide est alors placé sur une forme qui lui donnera à peu de chose près la surface désirée. Cette forme est constituée par un tissu de fils métalliques derrière lequel on fait le vide. L'ébauche reste collée à la forme par l'effet de la pression atmosphérique et elle subit sous l'action du vide une dessiccation intense (fig. 3). Quand on arrête l'action du vide, l'ébauche tombe d'elle-même et on peut alors la traiter à la presse (la pression, même pour les grandes pièces, ne doit pas dépasser $3,5 \text{ kg/cm}^2$ à une température modérée); elle acquiert ainsi sa solidité et

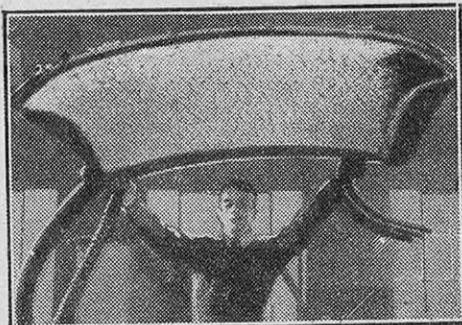
ses dimensions définitives, cependant que son épaisseur se réduit au quart de sa valeur initiale. Le procédé a l'avantage d'éviter l'emploi de presses trop puissantes, et l'outillage s'en trouve considérablement allégé sans que la solidité du produit s'en ressent. Le traitement thermique pourra sans doute être amélioré en remplaçant le chauffage à la vapeur primitivement employé par le chauffage au moyen de courants de haute fréquence.

Pour la fabrication en grande série, on étudie une presse qui pourra traiter d'un seul coup un empilement d'un grand nombre de pièces du même modèle.

La voiture expérimentale avait été peinte après coup. C'est une opération que l'on pourrait éviter avec les résines synthétiques en incorporant un colorant à la bouillie qui constitue le point de départ de la fabrication.

Mais il n'est pas évident que cette simplification soit désirable, car des pièces de couleurs différentes ne sont plus interchangeable, et perdent par conséquent un des principaux avantages de la fabrication en série.

La voiture présentée en 1941 pesait 1 050 kg environ, ce qui représentait une

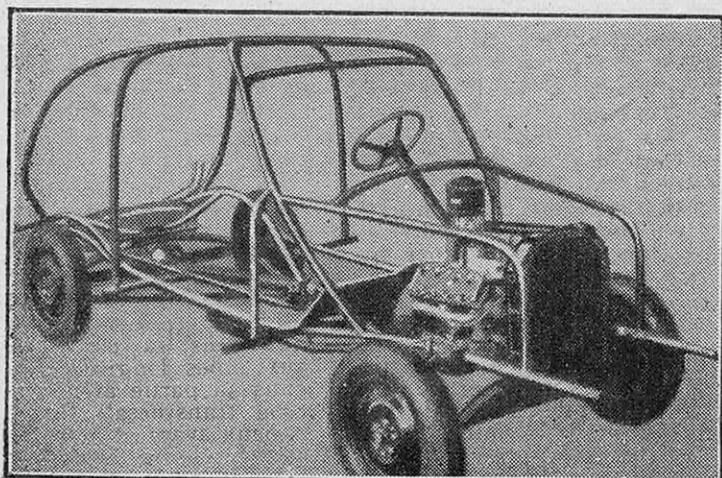


T W 23980

FIG. 3. — LE MOULAGE ET LE SÉCHAGE PAR LE VIDE D'UNE PORTION DU TOIT DE LA VOITURE FORD

économie de poids de 33 % par rapport aux anciennes méthodes de construction. On espère d'ailleurs pouvoir encore abaisser ce poids au-dessous de 900 kg.

Cet allègement peut être utilisé de deux façons différentes : si on conserve l'ancien appareil propulsif, la nouvelle voiture sera supérieure à l'ancienne au point de vue performances. Si, au contraire, on recherche d'abord l'économie de carburant, on peut, en conservant les performances des anciennes voitures, adopter un moteur moins puissant. Le prix de revient de la nouvelle voiture sera provisoirement plus élevé que celui de la voiture tout acier. Mais la construction en très grande série et des méthodes de fabrication plus économiques permettront sans doute à Ford d'offrir, quelques années après la guerre, sa nouvelle voiture à des prix inférieurs à ceux des voitures classiques.



T W 23979

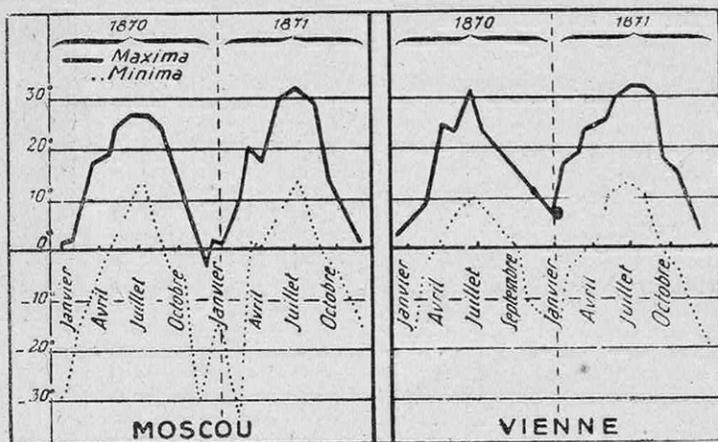
FIG. 2. — LE « SQUELETTE » DE TUBES D'ACIER SOUDÉS DE LA NOUVELLE FORD

Le climat de l'U. R. S. S.

L'U. R. S. S. offre, du moins dans la majeure partie de son territoire, très éloignée de la mer, un climat typiquement continental, aux températures extrêmes. Certes, il est normal qu'à la latitude de Moscou (environ 56°) le froid soit plus intense qu'à Vienne ou à Paris (latitudes voisines de 48°), mais cette situation géographique ne suffit pas à expliquer les écarts de température constatés régulièrement entre l'hiver et l'été. Ainsi le graphi-

que des maxima et minima enregistrés à Moscou et à Vienne à 2 m du sol au cours des mois correspondants de 1870 (année normale) et 1871 (année très froide) montre (fig. 4) que, si dans la capitale de l'Autriche, le thermomètre dépasse 20° C pendant 6 mois, ce chiffre tombe à 3 mois pour Moscou. D'ailleurs, au fur et à mesure que l'on s'éloigne vers l'est, les minima sont de plus en plus bas et, autre caractéristique du climat continental, le passage des hivers les plus rudes aux étés les plus chauds devient extrêmement brusque. En Sibérie occidentale les minima atteignent de -40° à -50° et à Verkojansk (Sibérie orientale) ils peuvent descendre à -60° C.

Enfin, le climat continental se prête fort mal aux prévisions générales du temps d'après les observations météorologiques. La neige peut tomber dès le début d'octobre et recouvrir tout le pays au commencement de novembre. La fonte des neiges peut se produire soit au début, soit à la fin d'avril



T W 23767

FIG. 4. — GRAPHIQUE DES TEMPÉRATURES MAXIMA ET MINIMA ENREGISTRÉES A MOSCOU ET A VIENNE

et dure de 3 à 4 semaines. De même, la débacle des fleuves se situe en avril ou mai. La soudaineté du changement de saison fait qu'à Samara, ville située au point extrême est du cours de la Volga, le niveau du fleuve au moment des hautes eaux dépasse de 12 m celui de l'étiage d'hiver. Quant aux terrains profondément gelés

en hiver, ils se transforment en marécages interdisant tout trafic routier entre les villes et les villages. Seul le mois de juin pour le nord de l'U.R.S.S. et ceux de juin, juillet et août pour le sud sont exempts de gelées nocturnes. Enfin, les vents dominants soufflent d'ouest dans le nord et du nord-est dans le sud du pays.

TARIF DES ABONNEMENTS

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis..... 1 an..... 80 fr.
Envois recommandés 1 an..... 110 fr.

ÉTRANGER (Suisse, Espagne, Portugal)

Envois simplement affranchis..... 1 an..... 150 fr.
Envois recommandés 1 an..... 200 fr.

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

Rédaction et Administration : actuellement : 3, rue d'Alsace-Lorraine - Toulouse (H^e.G.) Chèques Postaux : Toulouse 14.405

BULLETIN D'ABONNEMENT (309)

Nom (en majuscules) et prénoms :

Adresse :

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

Apprenez le dessin chez vous par correspondance pendant vos loisirs



Dessin d'élève.

EN un an la merveilleuse méthode de "LE DESSIN FACILE" fera de vous un vrai dessinateur.

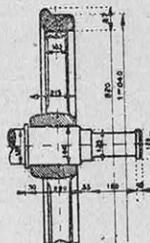
L'école du "DESSIN FACILE" est aussi l'école des progrès rapides. Ses cours par correspondance sont le fruit des 32 années de pratique et de succès de son créateur, Marc SAUREL, pionnier de ce genre d'enseignement. L'extrême variété des sujets traités renouvelle à chaque leçon l'attrait de cette passionnante étude. Les corrections et les conseils personnels de l'artiste professeur donnent à ce cours la valeur

d'un véritable enseignement particulier.

A chaque courrier, Marc SAUREL reçoit des lettres qui reflètent l'enthousiasme de ses élèves. Et si son école a enregistré en deux ans des milliers d'inscriptions, c'est parce que chaque élève devient un ardent propagandiste de la méthode Marc SAUREL. En outre, pour ceux qui envisagent dans le dessin une carrière lucrative, "LE DESSIN FACILE" a créé des cours techniques spécialisés. Une récente exposition d'œuvres d'élèves a montré que l'école du "DESSIN FACILE" était une véritable pépinière d'artistes.

LE DESSIN INDUSTRIEL s'apprend par correspondance

IL est souvent difficile de consacrer la totalité de son temps pendant des mois à l'étude du dessin industriel ou de se rendre plusieurs soirs par semaine à des cours souvent fort éloignés. Le nouveau cours de dessin industriel créé par Marc SAUREL, l'animateur de la célèbre école par correspondance "LE DESSIN FACILE" permet à tous ceux qui le désirent de recevoir chez eux à leurs moments de loisir la formation complète exigée de ceux qui veulent entrer dans les bureaux d'études de n'importe quelle industrie. A cet effet, chaque leçon est complétée par un exposé de technologie qui familiarise les élèves avec les problèmes qu'ils rencontreront le plus souvent dans la pratique.



Fidèle à une méthode qui lui a valu un prodigieux succès dans l'enseignement du dessin par correspondance, l'Ecole du "DESSIN FACILE" donne au cours de dessin industriel la valeur d'un véritable enseignement particulier. Chaque élève envoie des devoirs à intervalles réguliers, et ces devoirs lui sont retournés corrigés et accompagnés de conseils personnels qui le maintiennent dans la voie des progrès les plus rapides.

BON pour une documentation illustrée SV 33

qui vous sera envoyée par retour, contre 3 frs en timbres postes. Soulignez le genre de dessin qui vous intéresse.

CROQUIS	DESSIN DE MODE	DESSIN INDUSTRIEL
PAYSAGE	DESSIN DE PUBLICITÉ	DESSIN ANIMÉ
PORTRAIT	DESSIN D'ILLUSTRATION	DESSIN DE LETTRES
COURS DE DESSIN POUR LES ENFANTS DE 6 A 12 ANS		

"LE DESSIN FACILE"

11, rue Keppler, 11 - Paris (16^e)
Ecole Annexe: "LE DESSIN FACILE" à Bandol (Var)

LES INVENTIONS MATHÉMATIQUES LAFAY

R. M. Lyon 21.945

brevetées S. G. D. G. et honorées des plus hautes récompenses dans les concours d'inventions, **rendent tout calcul rapide, facile, précis.**

1^o **LES HÉLICES A CALCUL**, grâce à leur précision incomparablement supérieure, remplacent très avantageusement les meilleurs règles et cercles à calcul. Actuellement seule l'hélice n^o 2, à échelles logarithmiques de 2 m 50, est en vente; son prix est de 300 fr.

En passer commande au plus tôt, le stock étant limité et les difficultés actuelles de fabrication très grandes.

2^o **LA TABLE DE MULTIPLICATION A TIRETIES**, dont le prix n'est que de 35 fr., permet, à défaut des si pratiques mais si coûteuses machines à calculer modernes, d'obtenir, avec le minimum d'effort, de longues multiplications et divisions rigoureusement exactes.

Les commandes sont à adresser, en se recommandant de Science et Vie, à **A. LAFAY**, mathématicien à NEUVILLE-sur-SAONE (Rhône), C. C. postal Lyon 73-10.

Contre timbre réponse il enverra des renseignements complémentaires seuls. Contre 10 fr. versés à son C. C. postal, il y joindra de petites tables facilitant déjà bien des calculs.

SÉRIES de TIMBRES

provenant
d'ŒUVRES et d'ÉCHANGES
FORTE REMISE



ÉCRIRE :

Ab. DENIS

LA COQUILLE (Dordogne)

R. C. Seine 3.541

Apprenez CHEZ VOUS LE DESSIN ET LA PEINTURE

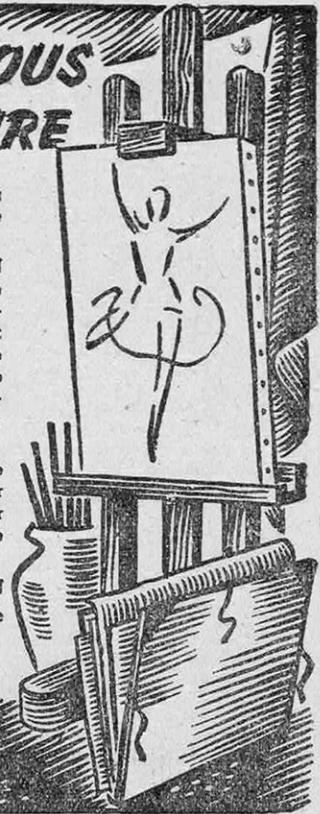
Si vous voulez apprendre chez vous et sérieusement à dessiner et à peindre non pas comme un modeste amateur mais comme un Artiste capable de gagner sa vie, il faut que vous sachiez ceci :

L'ÉCOLE INTERNATIONALE PAR CORRESPONDANCE DE DESSIN ET DE PEINTURE est actuellement la plus grande École Moderne par correspondance des Arts Graphiques; sa Méthode d'Enseignement "Voir, Comparer, Traduire" est une vraie méthode, rapide et sérieuse; l'École Internationale compte le plus grand nombre de Professeurs, tous artistes connus et réputés, enfin l'École Internationale réserve à ses élèves des avantages exceptionnels: nombreuses expositions de Peinture, communiqués dans la Presse et à la Radio, appuis de toutes sortes, Voyages gratuits sur la Riviera, etc... etc...

Pour recevoir sans aucun engagement pour vous un album de renseignements sur les carrières du Dessin et de la Peinture et sur l'ÉCOLE INTERNATIONALE, il vous suffit de découper et d'envoyer le bon ci-dessous aujourd'hui même en y joignant votre nom et votre adresse, ainsi que 4 frs. 50 en timbres, pour frais d'envoi.

Adressez votre lettre à l'ÉCOLE INTERNATIONALE de DESSIN et de PEINTURE, Service D (Renseignements), 11, Avenue de Grande-Bretagne, Principauté de Monaco.

BON POUR UN ALBUM GRATUIT
sur le DESSIN et la PEINTURE



Réalisez votre rêve....



Grâce à la
LOTÉRIE NATIONALE

AVIS IMPORTANT NUMÉROS DISPONIBLES

Voici la liste des numéros disponibles actuellement. Tous ces numéros sont expédiés franco contre 7 fr. 50 par exemplaire et 15 francs franco pour les numéros 280, 284 et 292.

Reliures. — Tomes III, IV, de X à XXVIII, XXX, de XXXVII à XLVI. Prix franco : 15 fr. par reliure.

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

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

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

223 - 224 - 225 - 227 - 228 - 230 - 231 - 232 - 241
242 - 243 - 244 - 245 - 246 - 249 - 250 - 251 - 252
253 - 254 - 255 - 256 - 257 - 258 - 276 - 277 - 278
279 - 280 - 281 - 282 - 283 - 284 - 285 - 286 - 288
289 - 290 - 291 - 292 - 303 - 307 - 308

Les abonnements ne peuvent commencer avant le numéro 307.

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

LA RADIO

Manque

DE SPECIALISTES !

JEUNES GENS !...

Pour répondre aux besoins sans cesse grandissants de la Radio française en cadres spécialisés, nous conseillons vivement aux jeunes gens de s'orienter délibérément vers les carrières de la T. S. F.

AVIATION CIVILE ET MILITAIRE, INDUSTRIE, MARINE MARCHANDE ET MARINE NATIONALE, COLONIES, MINISTÈRES ET ADMINISTRATIONS

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

PRÉPAREZ CES CARRIÈRES
en suivant nos cours spécialisés

PAR CORRESPONDANCE

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

INSCRIPTIONS

à toute époque de l'année.

TOUS NOS COURS COMPORTENT DES
EXERCICES PRATIQUES A DOMICILE.

PLACEMENT

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

L'École délivre des **CERTIFICATS DE FIN D'ÉTUDES** conformément à la loi du 4 août 1942.



RADIO VOLANT



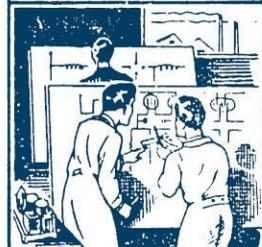
PRD 1
SOUS-INGENIEUR



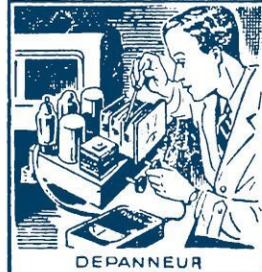
CHEF-MONTEUR



MARINE MARCHANDE



INGENIEUR



DEPANNEUR

Demander nos notices envoyées

gratuitement sur demande

ECOLE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE

RUE DU MARECHAL LYAUTEY-VICHY-(ALLIER)

Adresse de repli

NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



Des millions
de
mètres carrés
de références

