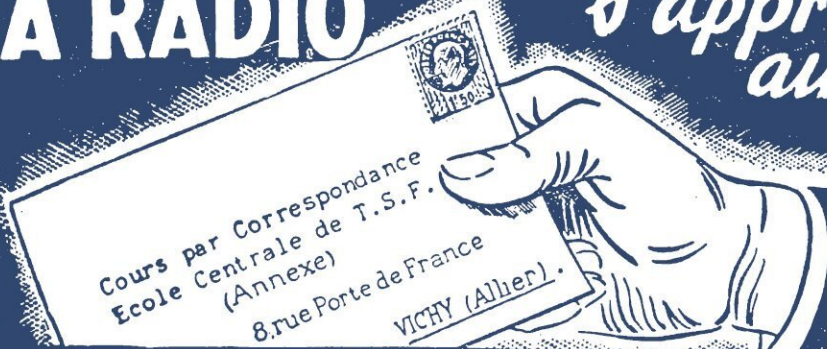


# SCIENCE ET VIE



# LA RADIO

*s'apprend  
aussi..*



*...par* **CORRESPONDANCE**



## ÉCOLE CENTRALE DE T-S-F

12 rue de la Lune PARIS 2<sup>e</sup> Téléphone Central 78-87

"Annexe, 8 rue Porte de France - VICHY (Allier)"

*Publicités Réunies*

**Marc SAUREL** est le promoteur  
de l'enseignement du **DESSIN**



Marc SAUREL

De l'expérience jaillit le succès !... de l'expérience est née la nouvelle méthode : **LE DESSIN FACILE**

Son Inventeur, Marc SAUREL, fut, il y a 32 ans, le premier en France à enseigner le dessin par correspondance.

Jeune, vivant, actif, "LE DESSIN FACILE" prouve l'efficacité de son enseignement et en montre les résultats par ses expositions publiques et ses concours organisés périodiquement.

Chez vous, dans la joie, "LE DESSIN FACILE", vous apprend à dessiner avec une facilité encore accrue par la collection de ses 36 magnifiques planches-modèles photographiques. Brochure illustrée contre Bon ci-dessous et 4 fr. 50 en timbres.

### CONCOURS 1944

Comme en 1943, LE DESSIN FACILE organise un grand Concours de Dessin, doté de nombreux prix. Demandez le règlement qui vous sera envoyé sans engagement pour vous, avec une belle brochure illustrée contre ce bon et 4 timbres à 1.50.

**BON**  
SV. 47

### LES COURS DE L'ÉCOLE MARC SAUREL

#### LE DESSIN FACILE

Cours de dessin pour adultes. - Croquis, portrait, paysage, etc.

#### COURS SPÉCIAUX :

Mode, Illustration, Publicité, Lettres, Dessin animé.

#### COURS DE DESSIN INDUSTRIEL.

JE DESSINE. Cours pour enfants de 6 à 12 ans.

**LE DESSIN FACILE** 11, rue Keppler  
PARIS XVI

# ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL NICE | ÉCOLE DE T. S. F.

3, rue du Lycée

## ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

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

**INDUSTRIE** CONTREMAÎTRE, Dessinateur, Technicien, Sous-ingénieur, Ingénieur en Mécanique générale, Constructions aéronautiques, Electricité, Electromécanique, Chimie industrielle, Bâtiment, Travaux publics, Constructions navales, Géomètres.

**COMMERCE - DROIT** Comptable, Secrétaire, 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** Tous les concours des diverses administrations France et Colonies.

**AVIATION CIVILE** Brevets de navigateurs aériens et de Pilotes. Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs adjoints, Météorologistes. Opérateurs radioélectriciens, Chefs de Poste et Mécaniciens d'aéronefs.

**BACCALAURÉATS, ÉCOLES NATIONALES** Préparation à l'entrée à toutes les Ecoles nationales, secondaires, techniques et supérieures et aux Baccalauréats. Brevets Math.-Géné.

Ces cours ont également lieu à Paris, 152, avenue de Wagram.

Envoi du programme désiré contre 5 francs en timbres. (INSCRIPTIONS A TOUTE ÉPOQUE)

Pour la Section Radio, adresser les demandes à : M. J. GALOPIN, aux Cordeliers, Issoudun (Indre).

## JEUNES GENS !

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

## sont dans la RADIO

P. T. T., AVIATION, MARINE, NAVIGATION AÉRIENNE, COLONIES, DEFENSE DU TERRITOIRE, POLICE, DEPANNAGE, CONSTRUCTION INDUSTRIELLE, TELEVISION, CINEMA.

## COURS SCIENTIFIQUES, TECHNIQUES, PRATIQUES, PAR CORRESPONDANCE

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

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

Préparation à l'entrée aux écoles privées d'Enseignement maritime.

Devenez  
**DESSINATEUR  
et PEINTRE!**



Renseignez-vous aujourd'hui même sur l'ÉCOLE INTERNATIONALE et sur les lucratives et passionnantes carrières auxquelles vous pourrez prétendre lorsque vous saurez dessiner. L'ÉCOLE INTERNATIONALE vous offre gratuitement un très bel Album qui vous expliquera comment vous pouvez apprendre rapidement et agréablement, chez vous, à dessiner et à peindre. Pour recevoir cet Album, sans aucun engagement pour vous, il vous suffit de découper le bon ci-dessous, d'y joindre 5 Frs, à votre gré, ainsi que votre nom et adresse, et d'adresser aussitôt votre lettre à

**L'ÉCOLE INTERNATIONALE**

PAR CORRESPONDANCE

**DE DESSIN ET DE PEINTURE**

SERVICE DJ ——— PRINCIPAUTÉ DE MONACO



# Si vous pouvez écrire Vous pouvez **DESSINER**

**CETTE FORMULE N'EST PAS UNE SIMPLE AFFIRMATION, LA PREUVE EN EST FAITE PUISQUE, GRACE A LA METHODE A. B. C., PLUS DE 60.000 PERSONNES ONT, DEPUIS 24 ANS, APPRIS A CONNAITRE LES JOIES DU DESSIN**



Croquis d'élève à sa 3<sup>e</sup> leçon.

Voulez-vous réaliser dès la première leçon des croquis expressifs, personnels? Une méthode vous est offerte: la méthode A. B. C. grâce à laquelle vous apprendrez rapidement à dessiner d'après nature.

Le succès de l'École A. B. C. n'est pas dû uniquement à sa remarquable méthode, mais aussi à la haute notoriété des artistes auxquels sont confiés les élèves.

Voulez-vous être dirigé par un maître dont l'expérience et le talent répondent exactement au but que vous désirez atteindre? L'École A. B. C. s'est assuré le concours d'artistes réputés dont chacun occupe une première place dans la branche où il s'est spécialisé. Dirigé par un de ces maîtres, vous êtes assuré d'acquies rapidement les connaissances d'un véritable professionnel dans la branche de votre choix: Dessin appliqué à la Publicité, à l'illustration, à la Mode, à la Décoration etc...

**BROCHURE GRATUITE, (spécifiez bien N° C. B. 23)**

Demandez la brochure de renseignements n° C. B. 23 en joignant 5 francs en timbres pour tous frais. Indiquez le cours qui vous intéresse: Cours pour Adultes ou Cours pour Enfants.

## ECOLE A. B. C. DE DESSIN

12, rue Lincoln, PARIS (8<sup>e</sup>) - 6, rue Bernadotte, PAU (Basses-Pyr.)

## LES MEILLEURES ETUDES PAR CORRESPONDANCE

se font à l'ECOLE DES SCIENCES ET ARTS où les meilleurs maîtres, appliquant les meilleures méthodes d'enseignement par correspondance, forment les meilleurs élèves.

### LA CELEBRE METHODE DE CULTURE MENTALE DUNAMIS

... permet à chacun, moyennant vingt à trente minutes par jour d'exercices attrayants, de développer au maximum son attention, son intelligence, sa mémoire, son imagination, sa volonté, d'acquies la confiance en soi et, selon l'expression d'un éminent pédagogue, de FORCER LE SUCCES EN TOUS DOMAINES. Elle s'adresse à tous ceux, hommes et femmes, qui veulent non seulement conserver intact, mais encore accroître, chaque jour, le trésor de leurs facultés mentales. Demandez la notice gratuite numéro R. 454.

### LA METHODE PHONOPOLYGLOTTE

... unit les avantages de l'enseignement par correspondance et du phonographe, et surclasse tous les autres systèmes actuellement en usage; professeur impeccable, Phonopolyglotte ne vous fait entendre que des accents parfaitement purs, et vous permet, à la suite d'études agréables, de comprendre, de parler, de lire et d'écrire l'allemand, l'anglais, l'espagnol ou l'italien, selon la langue choisie. Demandez la brochure gratuite numéro R. 455.

### LE COURS DE DESSIN

... où, pour la première fois dans l'histoire de l'enseignement des arts graphiques, a été appliqué le principe: « APPRENDRE A DESSINER, C'EST APPRENDRE A VOIR; QUI SAIT VOIR, SAIT DEJA DESSINER », vous rendra capable de dessiner paysages, natures mortes et portraits; en

outre, il vous permettra, le cas échéant, de vous spécialiser dans une des nombreuses carrières ouvertes aux dessinateurs. Demandez la notice gratuite numéro R. 456.

### LE COURS DE LOQUENCE

... vous rendra maître de votre langage, vous affranchira de la funeste timidité, vous donnera le moyen de vous exprimer dans les termes les plus choisis et les plus persuasifs; vous permettra, d'une part, d'improviser compliments, speeches ou allocutions dans toutes les circonstances de la vie familiale ou professionnelle, et, d'autre part, de préparer aisément des conférences, des discours selon les meilleures et les plus sûres traditions de l'art oratoire. Demandez la brochure gratuite numéro R. 457.

### LE COURS DE PUBLICITE

... essentiellement pratique, mettra à votre disposition tous les secrets de la technique publicitaire sous toutes ses formes, et vous permettra soit de vous créer une situation dans la publicité, soit de développer dans des proportions inespérées le volume de vos affaires, quelle qu'en soit l'importance actuelle. Demandez la notice gratuite numéro R. 458.

Si vous désirez faire des ETUDES PRIMAIRES OU SECONDAIRES, n'oubliez pas que l'efficacité de l'enseignement de l'ECOLE DES SCIENCES ET ARTS est consacrée par les nombreux et brillants succès que remportent ses élèves au BREVET ELEMENTAIRE, au B.E.P.S., au CERTIFICAT D'ETUDES CLASSIQUES ou MODERNES et au BACCALAUREAT. Demandez l'envoi gratuit de la brochure numéro R. 459 (études primaires) ou numéro R. 460 (études secondaires).

## ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

81, boulevard des Belges, LYON (Rhône).

16, rue du Général-Malletterre, PARIS (10<sup>e</sup>).

# SCIENCE ET VIE

Tome LXV - N° 322

## SOMMAIRE

Juin 1944

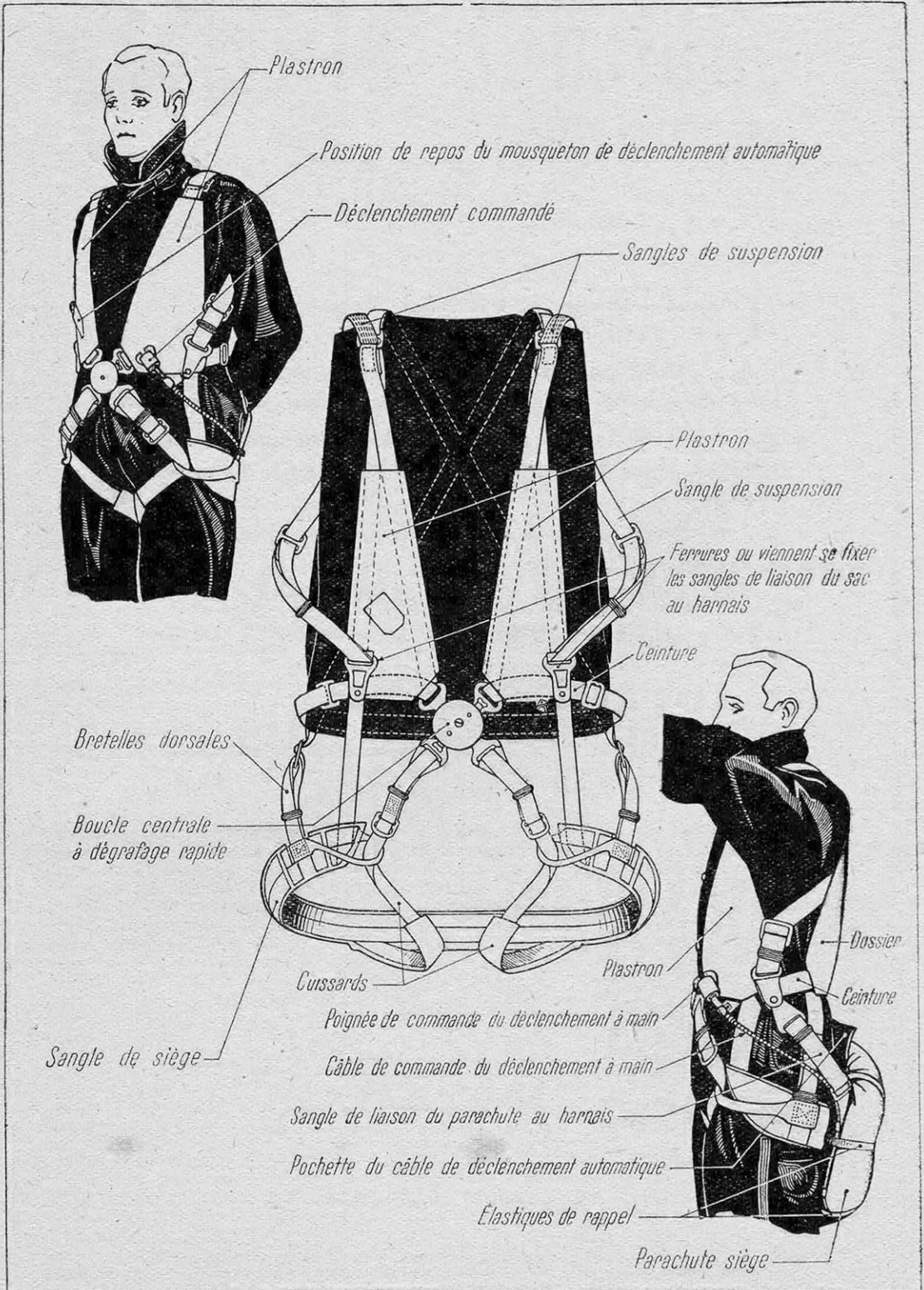
- ★ Le saut en parachute aux grandes vitesses et aux hautes altitudes, par Pierre Sarlac..... 223
- ★ Une nouvelle application de la microbiologie agricole : l'inoculation des graines, par Jean Francis..... 234
- ★ De la mitrailleuse au canon-mitrailleuse, au canon automatique et au canon semi-automatique, par Charles de Glatigny ..... 238
- ★ Comment on tourne un film de maquettes animées, par Pierre Brard ..... 251
- ★ Les vitamines jouent un rôle capital dans l'alimentation du sportif et du travailleur de force, par T. Lacabarède ..... 255
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor..... 263



Les avions à hautes performances atteignent et dépassent fréquemment 600 km/h en vitesse horizontale et 12 000 m en altitude. Sauter en parachute dans de telles conditions, suivant la technique classique d'ouverture immédiate de la voilure, imposerait à l'organisme humain des épreuves (efforts d'accélération, privation prolongée d'oxygène, froid intense) qu'il ne saurait normalement supporter. Aussi, l'ouverture retardée, autrefois pur exploit sportif, doit-elle devenir maintenant pratique courante. La couverture du présent numéro montre, dans un tel saut, le début de l'ouverture du parachute. Le petit parachute extracteur s'est déployé dès que le mécanisme d'ouverture a été déclenché et extrait la grande voilure et les suspentes du sac-siège. (Voir page 223 l'article sur le saut en parachute aux grandes vitesses et aux hautes altitudes.)

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

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



DISPOSITION D'ENSEMBLE D'UN PARACHUTE A HARNAIS (LEMERCIER TYPE L-200)

Le sac à parachute peut être « siège » ou « dorsal » sans que le harnais soit modifié. Dans le cas de la figure de droite, le parachute est du type siège.

# LE SAUT EN PARACHUTE AUX GRANDES VITESSES ET AUX HAUTES ALTITUDES

par Pierre SARLAC

*L'accroissement rapide des vitesses et des altitudes couramment atteintes par les avions — et particulièrement par les appareils militaires — pose chaque jour au technicien des problèmes nouveaux et ardu. Parmi ceux-ci, il en est un qui intéresse au premier chef la sécurité du personnel navigant et, par voie de répercussion sur son moral, sa valeur combattive : c'est le problème de l'utilisation du parachute aux grandes vitesses et aux hautes altitudes. A grande vitesse, le choc qui se produit au moment de l'ouverture dépasse rapidement la limite supportable par l'organisme humain. A haute altitude, le manque d'oxygène et le froid font courir au parachutiste des dangers extrêmement graves, voire mortels. Dans ces deux cas, c'est une limite d'ordre physiologique qui intervient et, l'organisme humain étant incomparablement moins perfectible que le matériel, on pouvait craindre que le problème restât, longtemps peut-être, sans solution. Il en est une cependant, incomplète et imparfaite sans doute, mais qui n'en a pas moins suffisamment fait ses preuves puisqu'elle a permis, au cours de la présente guerre, le sauvetage de dizaines de milliers d'aviateurs. C'est l'« ouverture retardée », regardée naguère comme un exercice acrobatique, attractif sans doute dans les meetings, mais de portée pratique réduite, et qui tend au contraire à devenir de plus en plus le mode normal d'utilisation du parachute à bord des avions modernes.*

**A**VANT d'étudier l'emploi du parachute aux grandes vitesses et aux hautes altitudes, il n'est sans doute pas inutile de rappeler sommairement sa constitution et son fonctionnement.

Schématiquement, le parachute se présente comme l'ensemble de trois éléments reliés entre eux, mais dont les rôles sont bien distincts : le harnais, le sac et la voilure.

Le harnais est l'ensemble des éléments résistants fixés sur l'homme et destinés à le supporter à l'ouverture et pendant la descente.

Plus ou moins compliqué, il comprend toujours une large ceinture abdominale et des bretelles, fréquemment des cuissards, le tout fixé dans une boucle unique qui permet le largage rapide nécessaire, en particulier, pour éviter le traînage au sol lors d'une descente par fort vent.

Ce harnais est relié — soit en permanence, soit par un dispositif amovible suivant les types — au sac qui contient la voilure et qui est dit « siège », « dorsal » ou « ventral » suivant la position qu'il occupe par rapport à l'homme (le parachute ventral n'est généralement utilisé que comme parachute de secours pour suppléer le parachute principal en cas de défaillance, aussi est-il plus petit. Il ne fait pas partie de l'équipement normal des aviateurs militaires).

La voilure, autrefois en coton, aujourd'hui le plus souvent en soie, constituée par des fuseaux diversement assemblés, est munie de « chemi-

nées » ou orifices de différentes formes — pour amortir l'effort à l'ouverture et les balancements durant la descente — et est reliée au sac dans lequel elle est soigneusement pliée suivant un processus bien déterminé pour chaque type par un ensemble de « suspentes ». A sa partie supérieure est fixé un petit parachute, dit « extracteur », monté sur des baleines en croix ou disposé sur un ressort éjecteur et qui se déploie instantanément lorsqu'il est libéré du sac (fig. 1).

Le sac est maintenu normalement fermé par une ficelle sur laquelle est enfilé un couteau solidaire d'un câble. Lorsqu'une traction est exercée sur celui-ci, le couteau coupe la ficelle, le sac s'ouvre sous l'action d'élastiques, le parachute extracteur est projeté et se déploie, entraînant la voilure principale qui sort du sac et se déploie à son tour.

La manœuvre du couteau peut être commandée soit automatiquement, lorsque l'extrémité du câble est fixée à l'avion, soit à la main, au moyen d'une poignée (liée au harnais pour éviter qu'elle s'échappe au moment du saut.

Le parachute ne s'est pas présenté d'emblée sous cet aspect quelque peu complexe. C'est ainsi que les premiers parachutes utilisés dans l'aviation militaire française, vers 1924, ne comportaient comme harnais qu'une ceinture, avaient une voilure hémisphérique sans aucune cheminée et ne possédaient ni parachute extracteur, ni commande à main.

Ces perfectionnements n'ont été apportés progressivement que pour améliorer la sécurité de fonctionnement, considérée à l'origine comme le problème essentiel. Toutes les autres questions étaient alors regardées comme secondaires, soit parce qu'elles étaient réellement de peu d'importance, soit parce que leur solution paraissait aisée.

C'est ainsi, par exemple, que la question de la solidité du parachute, d'une importance évidente, ne s'est pas présentée, au début, comme difficile à résoudre dans les limites de poids et d'encombrement qui s'imposaient, parce que la vitesse des avions de l'époque était faible et que les efforts produits par le développement de la voilure pouvaient être supportés en toute sécurité, aussi bien par le matériel que par l'homme.

Plus tard, les vitesses augmentant, les efforts sont devenus assez importants pour qu'il soit nécessaire de prévoir des moyens propres à les limiter. C'est ainsi, par exemple, qu'on a disposé au sommet de la voilure une « cheminée dilatable » qui, en s'ouvrant sous l'action de la forte tension initiale, diminuait la résistance à l'avancement de la voilure et, par là, réduisait notablement les efforts.

Le parachute est ainsi, durant de longues années, demeuré inchangé dans ses grandes lignes, bien que continuellement perfectionné dans ses détails.

Mais l'accroissement récent et rapide des vitesses et des altitudes d'utilisation a posé des problèmes nouveaux, non pas seulement d'ordre technique, mais aussi relatifs à la méthode d'emploi du parachute.

Ces problèmes étant relativement peu connus encore, nous allons les étudier successivement sous leurs deux aspects essentiels, qui sont l'utilisation du parachute aux grandes vitesses et aux hautes altitudes.

## Le saut aux grandes vitesses

### Les efforts à l'ouverture du parachute

En quelques années, la vitesse des avions a fait un bond considérable, passant de 250 à 650 km/h, et a posé soudain dans toute leur ampleur le problème du matériel et celui de

l'homme, problèmes dont la solution complète s'est révélée difficile.

En ce qui concerne le matériel, toutefois, on a pu, en utilisant des matériaux spéciaux, augmenter notablement la résistance de tous les organes, harnais, suspentes, voilure, tout en luttant efficacement contre l'augmentation de poids et d'encombrement.

En ce qui concerne l'homme, par contre, les difficultés se sont avérées beaucoup plus grandes.

On sait, en effet, que l'accélération maximum que l'homme puisse supporter sans dommages graves — et pendant quelques instants seulement — est de 7 à 8 fois celle de la pesanteur, ce qui, pour un individu de poids normal revêtu de son équipement, correspond à une force de 600 à 700 kg.

Or, les efforts qui se manifestent pendant l'ouverture d'un parachute aux grandes vitesses sont beaucoup plus élevés et il n'est, pour s'en convaincre, que d'examiner la figure 2, qui indique les efforts réellement enregistrés au dynamomètre lors de lancements de parachutes à différentes vitesses, toutes autres conditions égales d'ailleurs.

On voit que les efforts sont très supérieurs à la limite de 600 à 700 kg.

Il est donc indispensable de limiter l'effort à l'ouverture, non pas tant pour le matériel (qu'on pourrait renforcer encore, en dépit des limites de poids et d'encombrement déjà mentionnées), mais surtout pour l'homme.

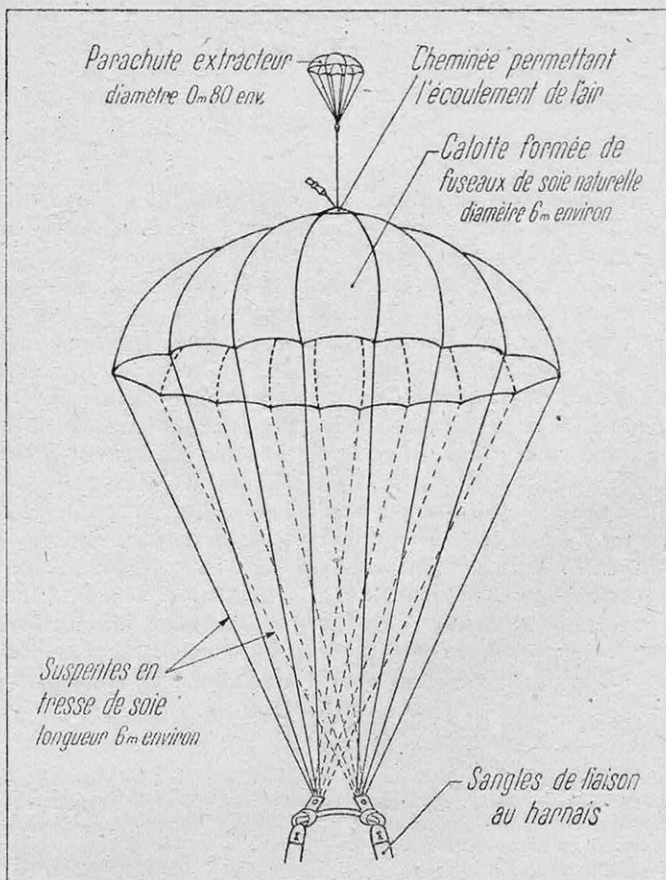


FIG. 1. — CROQUIS D'UN PARACHUTE DÉPLOYÉ SURMONTÉ DE SON PARACHUTE EXTRACTEUR

Ce croquis a pour objet de bien montrer la forme des deux parachutes et des deux cônes de suspension formés par les suspentes. En réalité, les deux parachutes ne se présentent jamais déployés en même temps dans cette situation, car, lorsque le parachute extracteur a rempli sa mission, qui consiste à extraire la grande voilure, et que celle-ci est complètement développée, ce parachute extracteur vient se reposer sur la grande voilure.



A cet effort violent s'exerçant pendant un temps relativement très court, l'idéal serait de substituer un effort modéré et constant, s'exerçant pendant des durées d'autant plus longues que la vitesse initiale — au moment du saut — est plus élevée.

Pratiquement, ceci conduirait à réaliser des parachutes à ouverture beaucoup plus progressive que les parachutes actuels, problème que la technique ne sait pas encore résoudre.

Une solution s'impose donc : puisque les efforts à l'ouverture sont trop élevés et qu'on ne peut réduire suffisamment l'effort correspondant à une vitesse donnée, il faut s'efforcer de réduire cette vitesse elle-même avant d'ouvrir le parachute.

Nous allons en voir le moyen.

Les courbes de la figure 3 montrent qu'il est possible, en appliquant à l'ensemble de l'homme et du parachute une force freinante d'intensité modérée, de réduire la vitesse de chute initiale, en quelques secondes et sur un assez court espace, à des valeurs relativement faibles.

Cette constatation a fait naître l'idée, lorsque la vitesse de lancement augmente, d'utiliser comme force freinante la résistance que l'air oppose au corps lancé lui-même.

Il suffit pour cela de retarder l'ouverture du parachute, c'est-à-dire de quitter l'avion sans y avoir fixé la commande de déclenchement automatique et de ne provoquer l'ouverture, au moyen de la commande à main, qu'après une

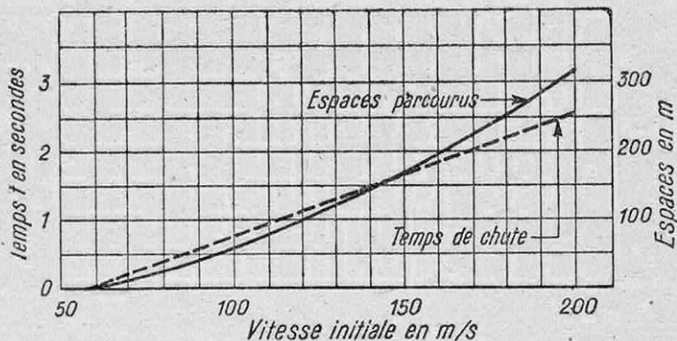


FIG. 3. — COMMENT VARIE AVEC LA VITESSE INITIALE DE CHUTE LE TEMPS NÉCESSAIRE POUR LE FREINAGE ET L'ESPACE PARCOURU JUSQU'À CE QUE LA VITESSE SOIT RÉDUITE À UNE VALEUR CONVENABLE. Ces courbes ont été calculées en négligeant le travail de la pesanteur et en supposant qu'au groupe homme-parachute est appliqué un effort de freinage de 500 kg. La vitesse finale de 200 km/h (55,5 m/s) est atteinte après une chute d'autant plus longue que la vitesse initiale est plus élevée. Mais dans les conditions où l'on se suppose placé, une vitesse initiale de 200 m/s se trouve ramenée à 55,5 m/s en seulement 2,5 secondes, sur un espace d'un peu plus de 300 m.

certaine durée de chute.

En effet, dès que la vitesse de l'avion dépasse nettement 300 km/h, le mouvement de l'homme qui se lance dans le vide, parachute fermé, n'est pas accéléré comme on pourrait le penser de prime abord, mais bien retardé, car sa « vitesse-limite » — c'est-à-dire la vitesse où l'action accélératrice de la pesanteur est équilibrée par l'action retardatrice de la résistance de l'air — est assez faible et ne dépasse qu'exceptionnellement 300 km/h.

Ce mode de freinage par ouverture retardée étant théoriquement possible, il reste à voir comment varie la vitesse sur la trajectoire jusqu'à la stabilisation et à déterminer :

- le point de cette trajectoire où il convient de provoquer l'ouverture du parachute ;
- la perte d'altitude correspondante ;
- la durée de retard à l'ouverture — ou de « chute libre » — qui en résulte.

### La chute du corps humain dans l'air

Pour déterminer ces éléments, il faut calculer les trajectoires du corps humain en chute libre :

- pour différentes vitesses de lancement ;
- pour différentes inclinaisons de ces vitesses sur l'horizontale.

Il est en outre nécessaire, dans ce calcul, de tenir compte de la vitesse-limite, ou vitesse de régime qui convient au corps lancé.

En effet, des expériences déjà anciennes (1929), effectuées aux Etats-Unis, avaient montré qu'un corps humain en chute libre, tombant avec une vitesse initiale nulle, atteignait en 12 secondes une vitesse limite de 190 km/h.

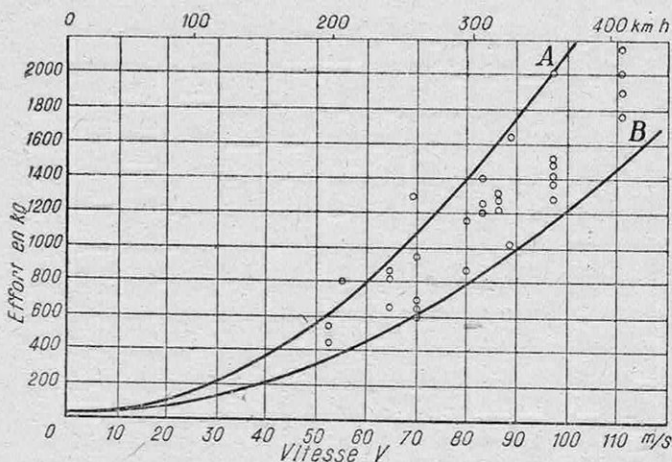


FIG. 2. — VALEUR DE L'EFFORT À L'OUVERTURE DU PARACHUTE POUR DIFFÉRENTES VITESSES DE L'AVION

Ces efforts ont été enregistrés au dynamomètre lors d'essais effectués en Italie avec un parachute « Salvator D. 37 » auquel était fixé un mannequin en bois pesant 85 kg, l'altitude de lancement étant de 300 m. Ces mesures permettent de définir une zone délimitée par deux courbes se rapportant, l'une aux efforts maxima (A), l'autre aux efforts minima (B) qui peuvent se produire lors d'ouvertures normales des parachutes aux différentes vitesses. Pour une même vitesse, on peut donc obtenir des efforts de valeurs notablement différentes : c'est ainsi qu'à 100 m/s (360 km/h), l'effort peut aller de 1 200 à 2 100 kg, soit une différence relative de 75 %. Ces variations dépendent essentiellement de la durée de la période de déploiement de la voile.

Mais d'autres expériences ont montré — comme il était aisé de le prévoir —, que la vitesse limite varie fortement suivant la forme, le poids et la rugosité du corps observé, et qu'elle peut aller, pour le corps humain, de 165 km/h (pour un homme gros muni d'un équipement complet) à 330 km/h, soit le double (pour un homme mince dont les vêtements n'offrent pas de prise à l'air).

La figure 4 indique, à titre d'exemple, la famille de trajectoires correspondant à une vitesse initiale de 200 m/s et une vitesse limite de 50 m/s.

La représentation graphique de la figure 5 indique la grandeur de la résistance de l'air en fonction de la vitesse instantanée pour différentes valeurs de la vitesse limite. On voit que cette résistance peut atteindre des valeurs considérables (plus de 1300 kg pour 200 m/s de vitesse initiale, cas du lancement à 720 km/h d'un homme gros et complètement équipé, de vitesse limite 50 m/s).

On conçoit donc aisément qu'elle puisse freiner la chute libre jusqu'à une vitesse limite relativement modérée et très inférieure à la vitesse au moment du lancement du bord d'un avion moderne.

### L'ouverture retardée

L'examen des réseaux de courbes analogues à celui que reproduit la figure 6 montre que l'ouverture retardée permet de résoudre le problème du lancement en parachute aux grandes vitesses, mais à la condition d'admettre des durées de retard à l'ouverture et des pertes d'altitude considérables.

En effet, si le retard nécessaire pour réduire suffisamment la vitesse du corps lancé varie beaucoup de l'un à l'autre des divers cas considérés dans ces réseaux, il atteint presque toujours des valeurs élevées, sinon même prohibitives.

C'est ainsi que, dans le cas de la figure 6, la vitesse de lancement étant de 200 m/s (720 km/h), l'angle initial étant de 45°, la vitesse du corps tombe à 100 m/s après environ 150 mètres de chute libre parcourus en une

seconde et demie. Mais ce cas est celui d'un homme dont la vitesse de régime n'est que de 50 m/s (180 km/h), qui se freine donc particulièrement vite.

Si, avec les mêmes conditions initiales, cette vitesse de régime était de 100 m/s (cas d'un homme mince), après 500 mètres de chute libre parcourus en 3 secondes, la vitesse du corps serait encore trop élevée pour permettre l'ouverture du parachute sans risque d'accident pour l'homme (140 m/s, soit 504 km/h).

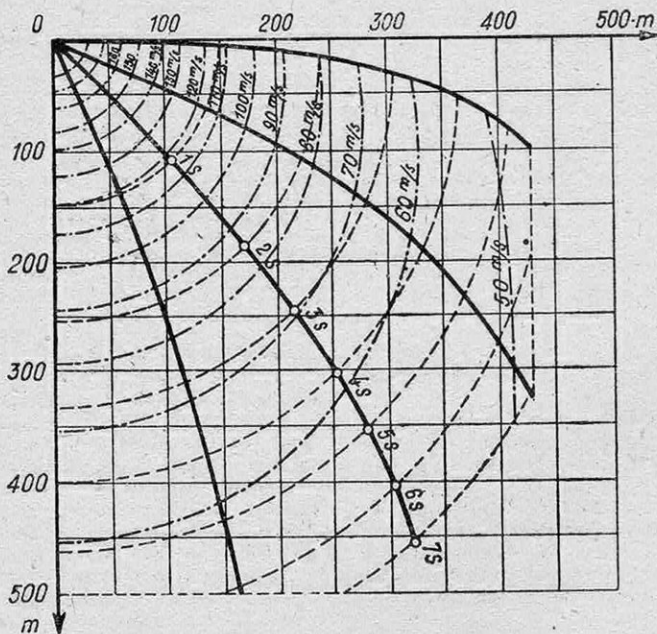


FIG. 4. — TRAJECTOIRES EN CHUTE LIBRE DE L'HOMME DANS L'AIR

Ces trajectoires ont été calculées en supposant la densité de l'air constante, étant données les faibles différences de niveau considérées. Elles correspondent au cas où la vitesse de lancement est de 200 m/s et la vitesse limite de 50 m/s. On voit également deux autres réseaux de courbes : les courbes d'isovitesse, c'est-à-dire celles qui unissent sur les diverses trajectoires les points où la vitesse a la même valeur; elles sont tracées de 10 m/s en 10 m/s; les courbes d'isodurées, qui unissent les points atteints sur les diverses trajectoires après le même temps; elles sont tracées de seconde en seconde.

clinaison de l'avion au moment du lancement.

D'autre part, la sécurité de fonctionnement que réclame un parachute ne permettrait guère d'appliquer aux dispositifs de retard un réglage automatique en fonction de la vitesse.

Il ne reste donc que la solution de *commander à la main l'ouverture retardée*.

Mais ce procédé, outre qu'il nécessite de tous les membres du personnel navigant de savoir effectuer cette manœuvre en se rendant compte de la valeur du retard (1), n'évite pas l'inconvénient d'élever d'une façon considérable l'altitude minimum de sauvetage.

L'ouverture retardée commandée à la main constitue cependant aujourd'hui le mode normal de sauvetage par parachute aux grandes vitesses

(1) En 1939-40, nos pilotes de chasse appliquaient généralement une règle empirique qui consistait à compter trois secondes après le saut dans le vide avant d'actionner la commande à main. Cette règle était suffisante, en raison de la vitesse relativement faible des avions dont ils disposaient alors.

D'autre part, les graphiques montrent que les pertes d'altitude sont admissibles, quelle que soit la vitesse de translation de l'avion, tant que le lancement se produit à une faible inclinaison sur l'horizontale.

Par contre, dès que l'inclinaison de l'avion est importante, les pertes d'altitude deviennent considérables (plusieurs centaines de mètres).

Ceci montre tout d'abord l'impossibilité d'introduire entre le câble de déclenchement automatique et le coupe-ficelle un dispositif qui retarderait l'ouverture d'un temps déterminé à l'avance, puisque le retard nécessaire varie grandement avec l'in-

et a sauvé au cours de la présente guerre des dizaines de milliers d'aviateurs.

Son efficacité est donc certaine, mais elle ne pourra être considérée comme résolvant complètement le problème tant qu'on n'aura pas trouvé le moyen de réduire considérablement les durées de retard et — surtout — les périodes d'altitude correspondantes.

C'est pourquoi les belligérants étudient actuellement, d'une part des *surfaces freinantes auxiliaires* pour freiner plus rapidement la chute libre, d'autre part des *parachutes à retard automatique* dans le déploiement de la grande voile, dispositifs sur lesquels les renseignements précis font — évidemment — complètement défaut, mais dont aucun ne paraît avoir dépassé jusqu'ici le stade des essais préliminaires.

## Le saut aux hautes altitudes

En même temps que les vitesses, les altitudes de vol ne cessent de s'accroître, posant pour le sauvetage en parachute un nouveau problème de grande importance et qui mérite une étude particulière.

Soulignons tout d'abord la différence fondamentale qui existe entre le saut exécuté avec l'aide d'un appareil respiratoire et le saut exécuté sans appoint d'oxygène.

Comme la réussite du saut avec apport d'oxygène dépend essentiellement du bon fonctionnement de l'inhalateur, nous laisserons ce cas de côté dans ce qui va suivre pour n'étudier que le cas normal de l'homme sautant en parachute d'une très haute altitude en laissant son inhalateur à bord de l'avion.

## Vitesses et durées de chute

Tout comme le saut à grande vitesse, celui que nous venons de définir pose une question d'un intérêt primordial :

*Vaut-il mieux déclencher l'ouverture du parachute immédiatement après avoir quitté l'avion, ou seulement après être descendu en chute libre jusqu'à des régions plus riches en oxygène?*

Pour répondre à cette question, il faut, avant tout, déterminer les temps nécessaires pour atteindre le sol dans les deux cas envisagés.

Pour éviter toute confusion de terminologie, nous emploierons dans cette étude les termes suivants :

- Descente freinée : descente avec parachute ouvert ;
- Chute libre : descente avec parachute fermé.

Les tableaux I et II, page 228, établis d'après les travaux allemands les plus récents, indiquent les vitesses limites atteintes, d'une part, dans une descente freinée, d'autre part, dans une chute libre aux différentes altitudes jusqu'à 12 000 m. Les durées de descente et de chute s'en déduisent en supposant que la vitesse limite est atteinte dès 12 000 m.

Dans le premier cas — descente freinée — on a supposé que la charge totale attachée au parachute était de 100 kg. En pratique, la somme du poids de l'homme, de l'appareillage habituel et des vêtements spéciaux n'atteint pas ce chiffre, de sorte qu'il faudrait réduire légèrement les vitesses et accroître les temps du tableau I.

Par contre, si l'on suppose que l'homme saute à 12 000 m avec une vitesse nulle, comme il tombe toujours durant 3 à 5 secondes (soit 100 m environ) avant l'ouverture du parachute, il mettra 7 secondes de moins que les temps portés sur ce tableau I, d'où une certaine compensation entre ces deux causes d'erreur.

Dans le second cas — chute libre — on remarque que la vitesse près du sol est de 57 m/s, soit 200 km/h, c'est-à-dire sensiblement le minimum de la vitesse limite d'un homme muni d'un équipement volumineux. Il conviendrait donc, dans la plupart des cas, d'augmenter légèrement les vitesses et de diminuer les temps du tableau II

Par contre il faudrait majorer ces temps de 5 secondes environ, parce qu'un homme tombant de 12 000 m d'altitude avec une vitesse nulle au départ n'atteint 107 m/s qu'après une chute de 11 secondes. Il y a donc également compensation approximative entre ces deux causes d'erreurs

Avant d'utiliser ces données théoriques, condensées dans le graphique de la figure 6, il n'est pas sans intérêt de les comparer avec les résultats de mesures pratiques faites en mars 1938, dans les environs de Chartres, lors des descentes en chute libre effectuées par le regretté champion français James Williams (1).

La figure 7, établie à cette occasion par M. P. Blu (2), indique les courbes caractéristiques de trois chutes libres. L'homme étant le même dans les trois cas, son équipement identique et les conditions atmosphériques prati-

(1) Ces descentes ont été faites avec inhalateur d'oxygène et n'intéressent par conséquent la présente étude qu'en ce qui concerne les vitesses et durées de chutes.

(2) *L'Aéronautique*, n° 229, juin 1938.

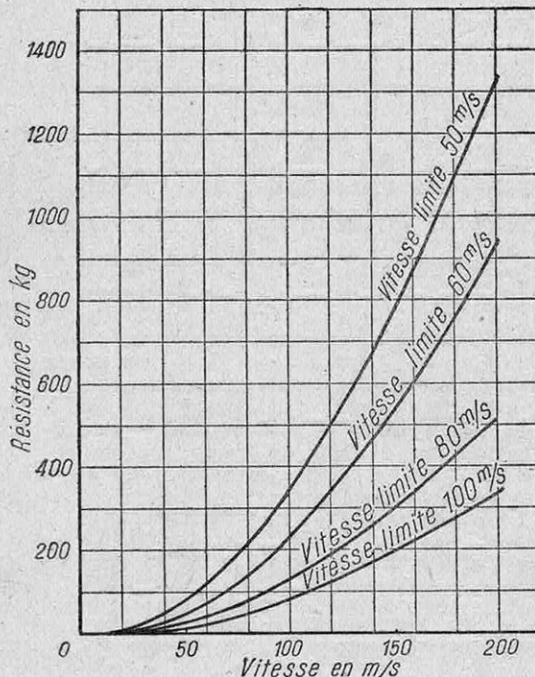


FIG. 5. — LES VALEURS DE LA RÉSISTANCE DE L'AIR SUR LE CORPS HUMAIN EN FONCTION DE LA VITESSE

| ALTITUDE (mètres) | VITESSE MOYENNE de descente freinée (m/s) | DURÉE de la descente freinée par 1 000 m/s | DURÉE TOTALE de la descente freinée (minutes) |
|-------------------|---|--|---|
| 12 000 à 11 000   | 13,2                                      | 75,8                                       | 1 mn 15,8 s                                   |
| 11 000 à 10 000   | 12,3                                      | 81,3                                       | 2 mn 37,1 s                                   |
| 10 000 à 9 000    | 11,5                                      | 86,9                                       | 4 mn 04,0 s                                   |
| 9 000 à 8 000     | 10,8                                      | 92,6                                       | 5 mn 36,6 s                                   |
| 8 000 à 7 000     | 10,2                                      | 98,0                                       | 7 mn 14,6 s                                   |
| 7 000 à 6 000     | 9,6                                       | 104,2                                      | 8 mn 58,8 s                                   |
| 6 000 à 5 000     | 9,1                                       | 110,0                                      | 10 mn 48,8 s                                  |
| 5 000 à 4 000     | 8,6                                       | 116,3                                      | 12 mn 45,1 s                                  |
| 4 000 à 3 000     | 8,2                                       | 122,0                                      | 14 mn 47,1 s                                  |
| 3 000 à 2 000     | 7,8                                       | 128,2                                      | 16 mn 55,3 s                                  |
| 2 000 à 1 000     | 7,4                                       | 135,1                                      | 19 mn 10,4 s                                  |
| 1 000 à 0         | 7   | 140,8                                      | 21 mn 31,2 s                                  |

TABLEAU I. — VITESSES MOYENNES ET DURÉES DE DESCENTE EN PARACHUTE

quement semblables, on aurait pu s'attendre à ce que les vitesses et temps de chute ne dépendissent que de l'altitude.

Or ces courbes accusent de nettes différences entre les trois descentes, différences qui paraissent résulter du freinage plus ou moins grand de la descente suivant la position du corps.

Ceci correspond d'ailleurs aux déclarations de James Williams qui, dans le saut du 2 mars, n'avait pu rester maître de sa position alors que, le lendemain, il avait pu descendre bien à plat et les bras en croix, réalisant ainsi le freinage maximum.

On voit (tableau III) que la concordance, particulièrement bonne pour le premier saut où le freinage était médiocre, reste suffisante dans les autres cas pour qu'on puisse admettre comme base du raisonnement les chiffres théoriques du tableau II.

Connaissant ainsi les temps nécessaires pour que le parachutiste atteigne, soit en descente freinée, soit en chute libre, les régions inférieures où l'air contient assez d'oxygène pour entretenir normalement la respiration, et connaissant les variations de la température et de la densité de l'air avec l'altitude (voir fig. 8), nous pouvons aborder l'étude de la question primordiale posée plus haut.

### Considérations théoriques sur la descente

Supposons, par exemple, que le parachutiste quitte l'avion à l'altitude de 12 000 mètres.

Trois cas peuvent alors se présenter, suivant :

- qu'il actionne immédiatement le mécanisme d'ouverture;
- qu'il retarde l'ouverture jusqu'à son arrivée dans les couches respirables;
- qu'il réalise un compromis entre ces deux méthodes en retar-

dant l'ouverture jusqu'à ce qu'il éprouve les premiers symptômes du « mal d'altitude ».

Nous allons passer successivement ces trois cas en revue.

**Premier cas.** — Le parachutiste actionne le mécanisme d'ouverture immédiatement après le saut.

Dans ce cas, le parachute sera ouvert quelques secondes à peine après le saut et, dans un délai très court — vraisemblablement de 30 se-

condes à 1 minute — l'homme sera en proie au « mal d'altitude » par défaut d'oxygène.

Le fait d'effectuer une inhalation massive d'oxygène juste avant de quitter le bord — et, par suite, son appareil respiratoire — et de retenir son souffle aussi longtemps que possible prolongera peut-être quelque peu ce délai (encore que l'effort corporel nécessaire pour se préparer et sauter consume rapidement cet oxygène), mais ne saurait le faire durer jusqu'à une altitude où la respiration puisse s'entretenir normalement.

Pratiquement, après une minute environ de descente freinée, l'homme se trouvera encore vers 11 000 mètres d'altitude et sera sujet à un mal d'altitude d'une violence telle que la mort pourra s'ensuivre.

En mettant les choses au mieux, et s'il résiste à ce mal, ce n'est que vers 6 000 mètres qu'il trouvera dans l'air une quantité d'oxygène suffisante pour que le danger mortel soit supprimé et que le mal d'altitude disparaisse graduellement.

On peut d'ailleurs se demander si, dans ce cas, le parachutiste aura retrouvé pleine conscience de ses actes au moment où il arrivera au sol et où il devra peut-être éviter un obstacle ou déboucler rapidement son harnais pour éviter d'être traîné par grand vent.

De plus, même s'il n'y avait pas danger de mort — danger que de tragiques exemples n'ont que trop mis en évidence —, il n'en demeu-

| ALTITUDE (mètres) | VITESSE LIMITE en chute libre (m/s) | DURÉE de la chute libre par 1 000 m/s | DURÉE TOTALE de la chute libre (minutes) |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|
| 12 000 à 11 000   | 107                                 | 9,4                                   | 9,4 s                                    |
| 11 000 à 10 000   | 99                                  | 10,1                                  | 19,5 s                                   |
| 10 000 à 9 000    | 92                                  | 10,9                                  | 30,4 s                                   |
| 9 000 à 8 000     | 86                                  | 11,6                                  | 42,0 s                                   |
| 8 000 à 7 000     | 81                                  | 12,3                                  | 54,3 s                                   |
| 7 000 à 6 000     | 76                                  | 13,2                                  | 1 mn 07,5 s                              |
| 6 000 à 5 000     | 72                                  | 13,9                                  | 1 mn 21,4 s                              |
| 5 000 à 4 000     | 68                                  | 14,7                                  | 1 mn 36,1 s                              |
| 4 000 à 3 000     | 65                                  | 15,4                                  | 1 mn 51,5 s                              |
| 3 000 à 2 000     | 62                                  | 16                                    | 2 mn 7,5 s                               |
| 2 000 à 1 000     | 60                                  | 16,6                                  | 2 mn 24,1 s                              |
| 1 000 à 0         | 57                                  | 17,5                                  | 2 mn 41,6 s                              |

TABLEAU II. — VITESSES LIMITES ET DURÉES DE CHUTE LIBRE

rerait pas moins les désordres graves que le manque d'oxygène peut provoquer dans l'organisme et dont il est reconnu que les essais au « caisson à dépression » (1) ne donnent qu'une faible idée.

C'est d'ailleurs pourquoi certains expérimentateurs se contentent de rechercher dans ces essais le moment exact où apparaissent les symptômes du mal d'altitude et, dès que le sujet n'a plus la possibilité d'écrire ou qu'il semble menacé d'évanouissement, lui fournissent immédiatement l'oxygène manquant et arrêtent l'essai.

Du point de vue théorique, l'ouverture immédiate du parachute paraît donc à rejeter pour les sauts à très grande altitude.

**Deuxième cas. — Le parachutiste se laisse simplement tomber.**

Dans ce cas, il est fort probable qu'il ressentira dans une certaine mesure le mal d'altitude, il pourra même perdre conscience de ses actes, mais il reviendra vraisemblablement à lui à une altitude variant entre 6 000 et 4 000 mètres et pourra actionner le déclenchement de son parachute.

Dans cette hypothèse, les durées de chute seront si courtes qu'il doit être possible de côtoyer la réalité par des essais dans le caisson à dépression.

**Troisième cas. — Compromis entre les deux cas précédents.**

On peut enfin, comme il arrive souvent, envisager un compromis entre ces deux procédés, le parachutiste se laissant tomber en chute libre aussi longtemps qu'il ne ressent pas les effets du mal d'altitude et actionnant au premier symptôme la commande d'ouverture.

Cette technique peut paraître intéressante du point de vue théorique, mais nous verrons plus loin ce qu'il convient de penser de sa valeur pratique.

### Les essais pratiques au caisson à dépression

Des essais systématiques ont été entrepris récemment en Allemagne pour déterminer, au caisson à dépression, les meilleures conditions pratiques du saut à très haute altitude.

(1) Chambre étanche dans laquelle on peut à volonté et très rapidement faire varier la pression, mettant ainsi — sous ce rapport — le sujet qui y est enfermé dans des conditions analogues à celles qu'il rencontre en altitude.

Le mode opératoire est le suivant :

Le médecin expérimentateur et le sujet, munis d'inhalateurs à oxygène individuels, sont enfermés dans le caisson. Celui-ci est mis en dépression à la vitesse correspondant à celle de la montée réelle, puis est maintenu un certain temps à la pression de 144,6 millimètres de mercure, qui est celle de l'altitude de 12 000 m.

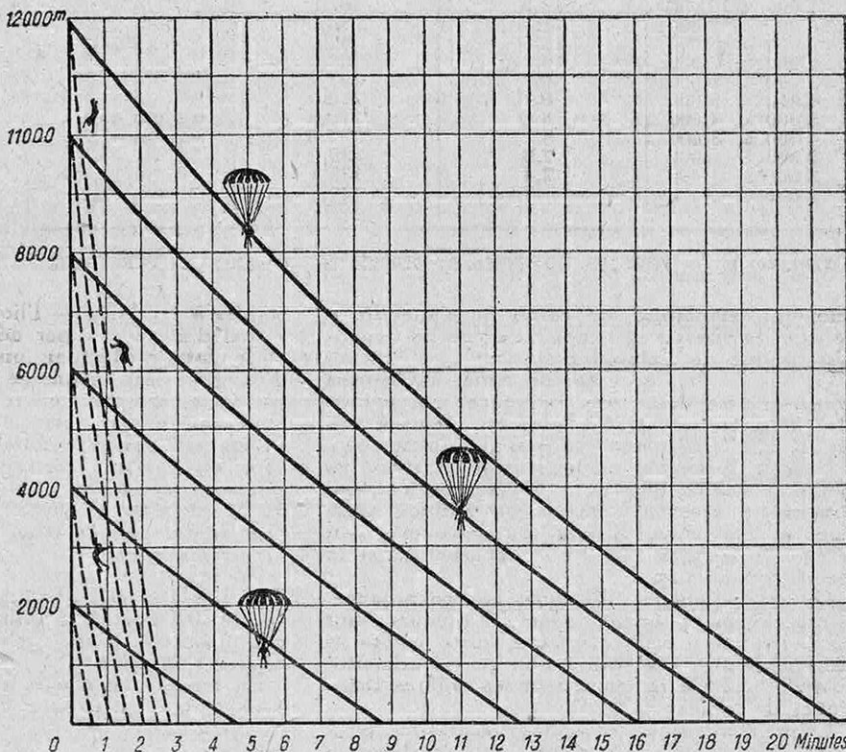


FIG. 6. — GRAPHIQUE DES DURÉES DE CHUTE LIBRE ET EN PARACHUTE A PARTIR DE DIFFÉRENTES ALTITUDES

Ce graphique a été tracé à l'aide des chiffres des tableaux I et II. Rappelons que la vitesse au départ n'est pas supposée nulle, mais égale à la vitesse limite à l'altitude correspondante. Les descentes freinées sont représentées en trait plein, les chutes libres en traits interrompus.

Le parachutiste effectue alors trois flexions de jambes, puis retire son masque d'inhalateur et refait trois flexions, gymnastique qui a pour objet de le contraindre à faire un effort analogue à celui qu'il aurait à fournir en pratique pour sauter et de l'empêcher de retenir exagérément sa respiration.

Après la sixième flexion commence la période, soit de descente freinée, soit de chute libre, commandée de l'extérieur du caisson à l'aide du chronographe, de l'altimètre et du variomètre (1).

Durant cette période, le parachutiste exécute le « test d'écriture » en inscrivant sur une feuille, après chaque kilomètre parcouru, la hauteur fictive lue sur l'altimètre, ou encore des séries de chiffres. La figure 9 donne trois exemples des tests ainsi enregistrés.

Le médecin expérimentateur, qui respire normalement grâce à son inhalateur, surveille son état général et les battements de son pouls.

(1) Sorte d'altimètre très sensible qui indique la vitesse verticale instantanée.

Dès que l'écriture s'altère et que le sujet donne des signes de faiblesse, on délivre aussitôt de l'oxygène.

Il va sans dire que le fonctionnement du caisson doit être irréprochable.

#### La descente freinée.

Aucun des essais de descente freinée à partir de 12 000 m ne put être terminé, car, dès que l'altitude de 11 400 à 11 300 m était atteinte, c'est-à-dire après une descente de 30 à 53 secondes suivant les cas, les divers sujets éprouvaient un mal d'altitude d'une violence extrême, avec perte de conscience, respiration lente et difficile et très forte cyanose (1), de sorte qu'il fallait envoyer rapidement de l'oxygène dans le caisson.

Encore certains sujets durent-ils, pour retrouver leurs sens, être soumis à des tractions rythmées et à des inhalations forcées d'oxygène par pressions sur la cage thoracique.

Le retour à l'état conscient se produisit entre 50 et 80 secondes, mais certains sujets donnèrent

mal d'altitude avec perte de connaissance où l'on donna de l'oxygène avant la fin de l'essai; mais ce fut par crainte que les très grandes vitesses de dénivellation provoquent, sur un sujet ne pouvant plus faire de mouvements de déglutition pour équilibrer les pressions intérieure et extérieure du corps, un déchirement du tympan, ce que l'on cherche évidemment à éviter au cours d'expériences.

Dans la pratique, au cours de chutes libres réelles, il faudrait sans doute s'attendre à cet accident, mais les fortes douleurs résultant de la différence des pressions interne et externe hâteraient probablement la reprise des sens.

C'est ainsi qu'on peut citer le cas d'un pilote qui, ayant perdu connaissance par suite du mal d'altitude, fut projeté hors de son appareil; il revint à lui vers 1 500 mètres sous le coup des intenses douleurs qu'il éprouvait dans les oreilles et les sinus, et put déclencher son parachute.

Les compromis entre la descente freinée et la chute libre.

Le moyen terme qui consiste à retarder l'ouverture jusqu'à l'apparition des symptômes du mal d'altitude et à la commander dès cette apparition est à rejeter.

En effet, au cours des essais, tous les parachutistes, sans exception, durent y renoncer.

Les moins résistants au mal d'altitude étaient si surpris par l'apparition brutale du malaise qu'ils restaient abasourdis et oubliaient de déclencher l'ouverture du parachute.

Les plus résistants préféraient la chute libre décrite plus haut, prolongée jusqu'aux altitudes respirables où ils savaient pouvoir reprendre leurs sens et actionner la commande d'ouverture. Ils étaient certains, en effet, si même ils avaient la possibilité de faire cette manœuvre à l'approche des malaises, que leur situation resterait néanmoins fort critique, car ils subiraient, dès l'ouverture, une sévère attaque de mal d'altitude, avec perte de connaissance, ce qui ne serait pas sans danger durant la longue période de descente freinée.

## Discussion et analyse des essais au caisson

### 1° Influence du manque d'oxygène.

De ces résultats d'essais systématiques au caisson à dépression, une conclusion se dégage nettement.

C'est que, dans le saut aux grandes altitudes sans appareil à oxygène, la meilleure méthode — et même, pratiquement, la seule viable — consiste à ne déclencher l'ouverture du parachute qu'au moment où, après une descente en chute libre, le parachutiste atteint la zone de l'atmosphère où l'oxygène est en quantité suffisante pour entretenir la respiration (6 000 mètres).

Pas un seul sujet, parmi tous ceux qui furent soumis aux essais, n'exprima de doute sur ce qu'il ferait en cas de danger grave. Le mal d'altitude, dans le cas de descente freinée, s'était montré si sérieux qu'on ne pouvait envisager qu'un dénouement fatal.

Par contre, ce mal prit un tout autre aspect

| DATE DU SAUT | DISTANCE en chute libre | TEMPS RÉEL de chute libre | DURÉE THÉORIQUE de la chute |
|--------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 2 mars 1938  | 5 500 m                 | 90 s                      | 88 s                        |
| 3 mars 1938  | 7 700 m                 | 140 s                     | 116 s                       |
| 8 mars 1938  | 11 175 m                | 170 s                     | 154 s                       |

TABLEAU III. — LA CONCORDANCE ENTRE LES DURÉES DE CHUTE THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE

rent l'impression d'être encore étourdis et présentèrent des symptômes d'égarement jusqu'au moment où la pression atmosphérique du sol fut atteinte.

Dans ces essais, le mal d'altitude se déclara d'une manière si soudaine et si brutale que les sujets, cependant choisis parmi ceux qui s'étaient montrés les plus résistants à ce mal lors d'essais en chute libre et qui, par expérience personnelle, en connaissaient tous les effets, n'eurent par le temps d'en s'en apercevoir.

Comme le malaise se déclara chaque fois entre 11 400 et 11 300 mètres d'altitude fictive, il faudrait s'attendre à quelque désastre dans la réalité car, pour revenir de cette altitude à celle de 6 000 mètres, il faut 8 minutes, et il en faut 12 pour atteindre 4 000 mètres.

Finalement, les conclusions tirées de ces essais au caisson et l'étude des divers malaises causés par le mal d'altitude donnèrent la certitude que, vouloir faire des essais complets sans apport d'oxygène, serait exposer le sujet à de très graves accidents pouvant même entraîner la mort.

#### La chute libre.

Dans la série d'essais en chute libre effectués dans les mêmes conditions, au contraire, on ne constata que des cas isolés de mal d'altitude ou de perte de connaissance. En général, on ne releva que quelques fautes d'écriture dans les séries de chiffres, et la majorité des parachutistes restèrent capables de faire preuve de jugement pendant toute la durée de la chute.

Ces essais ne justifèrent donc aucunement la crainte de voir apparaître des cas de mal d'altitude assez sérieux pour nécessiter l'envoi immédiat d'oxygène dans le caisson.

Il se produisit cependant quelques cas de

(1) Coloration bleue, noirâtre ou livide de la peau.

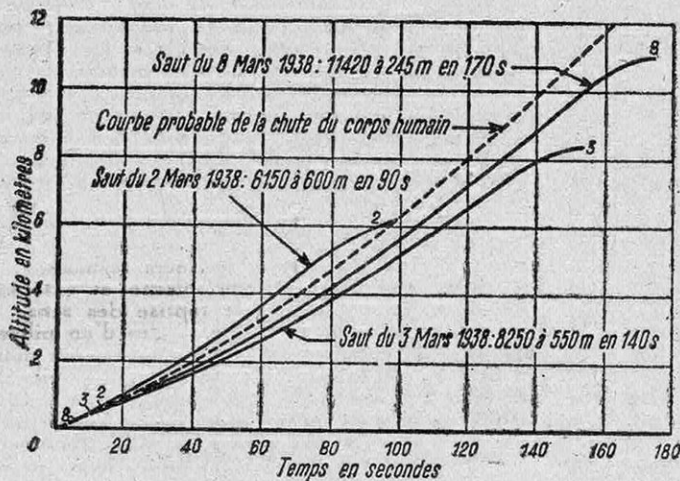


FIG. 7. — COURBES DE TROIS CHUTES LIBRES EFFECTUÉES PAR JAMES WILLIAMS

Ces courbes doivent se suivre de droite à gauche, les ordonnées représentant les distances qui restent à parcourir en chaque point de la chute et les abscisses le temps qui reste à s'écouler avant la prise de contact avec le sol. Les différences entre ces courbes résultent du freinage plus ou moins grand de la descente suivant la position du corps. La descente du 8 mars 1938 constitue le record du monde de chute libre. L'altitude moyenne du sol étant de 150 m (les altitudes de la figure sont comptées au-dessus du niveau de la mer), on voit que le Français Williams, après avoir parcouru 11 175 mètres en chute libre, n'a ouvert son parachute qu'à 90 mètres seulement au-dessus du sol. Il contrôlait sa chute au moyen d'un altimètre et d'un chronographe.

lors des essais en chute libre. Dans la plupart des cas, il n'apparut que petit à petit ou même pas du tout. Chaque parachutiste effectuant, juste avant le saut, une inspiration profonde, pouvait retenir cette réserve d'air pendant tout le temps qui s'écoulait entre 12 000 et 8 000 mètres (42 secondes environ).

Ceux mêmes qui paraissaient sensibles au mal d'altitude semblaient se rétablir vers 8 000 mètres, phénomène d'autant plus remarquable que, dans les essais de stationnement effectués à cette altitude, on constatait généralement l'apparition du mal après quelques minutes. Il serait donc intéressant de vérifier ce fait d'une façon plus précise au moyen de descentes en chute libre suivies d'un stationnement à 8 000 mètres, expérimentation qui n'a pas encore été entreprise à notre connaissance.

Cependant, si, comme nous venons de le voir, la plupart des essais en chute libre se sont montrés encourageants, il faut quand même tenir compte de certains malaises assez graves pour que, dans une chute libre réelle, le parachutiste n'ait plus eu suffisamment conscience de ses mouvements pour déclencher son parachute, ou l'ait fait trop tard.

Cette objection peut paraître sérieuse car il est, certes, préféra-

ble d'être gravement malade du mal d'altitude que de s'écraser au sol.

Mais, en réalité, une telle possibilité n'est à redouter que lorsque le sujet est très sensible au mal d'altitude, cas qui ne peut être qu'exceptionnel en raison de la sévérité avec laquelle se fait la sélection des équipages d'altitude.

D'ailleurs, les expérimentateurs allemands éliminent radicalement cette objection en affirmant formellement qu'aucun sujet de ce genre ne pourrait survivre à une descente freinée de 12 000 à 8 000 mètres.

Quant au compromis qui consiste à déclencher le parachute dès l'apparition des premiers symptômes du mal d'altitude, ce que nous en avons dit montre qu'il ne pourrait être d'aucun secours à un parachutiste très sensible à ce mal et qu'il ferait courir des risques supplémentaires graves à un homme qui y serait peu sensible.

2° Influence de la position du corps.

Il convient de considérer également l'influence de la position du corps durant la chute.

Dans la descente freinée, l'homme est suspendu au parachute dans une position verticale, ce qui est défavorable en cas d'éva-

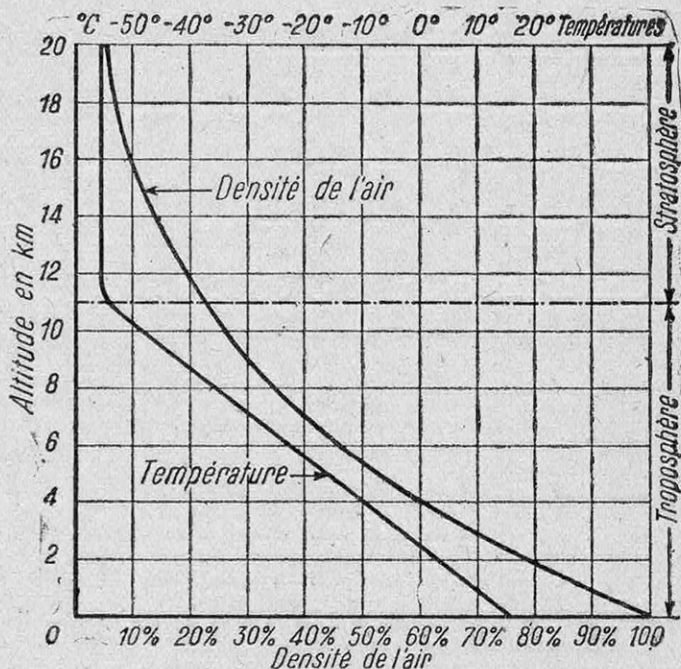


FIG. 8. — COMMENT VARIENT LA TEMPÉRATURE ET LA DENSITÉ DE L'AIR AVEC L'ALTITUDE

La température au sol est supposée égale à 15° C et les densités de l'air sont exprimées en fractions de la densité au niveau de la mer.

Au contraire, dans la chute libre, la circulation de l'homme qui tombe est indépendante de la pesanteur, condition qui s'oppose à l'évaouissement.

D'ailleurs, dans ce cas, le sujet ne tombe pas dans une position bien définie, il tourne sur lui-même et se renverse constamment. (Nous avons vu, en effet, que James Williams lui-même, malgré son entraînement exceptionnel et le fait qu'il était alimenté en oxygène, n'avait pu réussir à rester maître de sa position au cours d'une des descentes en chute libre préparatoires à son record.)

Or, de très nombreux essais — russes en particulier — ont prouvé indubitablement que le parachutiste ne ressentait de ce fait aucun malaise sérieux. (On pouvait d'ailleurs prévoir que ce changement continu de position durant la descente ne pourrait pas avoir d'influence fâcheuse, puisqu'il empêche la pesanteur d'agir constamment sur l'estomac du parachutiste.)

### 3° Influence du froid.

Nous n'avons étudié jusqu'ici la question que du point de vue du manque d'oxygène et — accessoirement — de la position du corps.

Il en est un autre facteur essentiel à considérer : l'influence du froid.

A 12 000 mètres d'altitude, on enregistre — 55° C environ (voir figure 8), température que le corps humain ne peut impunément supporter.

Il n'est donc pas indifférent que ces températures anormalement basses (1) agissent sur l'homme pendant 111 secondes, soit moins de 2 minutes, ou pendant 881 secondes, soit environ 15 minutes.

Ces basses températures, s'ajoutant au manque — même partiel — d'oxygène, risquent incontestablement de faire mourir de froid le pa-

(1) Ce n'est qu'en été et au-dessous de 3 000 m que la température est supérieure à 0° C.

rachutiste. Sa protection à cet égard s'avérera, en effet, presque toujours insuffisante car, les cabines des avions étant chauffées, les combinaisons légères ou à éléments électriques chauffants supplantent de plus en plus les embarrassantes combinaisons fourrées. D'ailleurs, même avec ces dernières, le visage n'est jamais complètement protégé du froid, et les bottes fourrées sont fréquemment arrachées par la vitesse

relative de l'air au moment du saut.

Cette remarque s'applique également au cas où le parachutiste est muni d'un masque à oxygène et on a vu le Russe Evdokimof — recordman de la chute libre avant Williams avec un saut de 8 100 à 200 mètres en 122 secondes — se tuer au cours d'une descente de 7 000 mètres parce que ses mains gelées ne purent actionner la commande d'ouverture de son parachute. Ceci montre, d'ailleurs, la nécessité pour tout aviateur d'altitude, même volant dans une cabine chauffée, d'être muni de gants suffisamment épais pour éviter la paralysie des mains par le froid au cours d'une descente en parachute.

### 4° Influence du vent.

Enfin, un autre fait milite encore contre le déclenchement immédiat du parachute :

Durant la longue période nécessaire pour atteindre le sol en descente freinée, le vent peut faire

dévier le parachutiste très loin de la verticale du point de lancement et même, éventuellement l'entraîner au-dessus de la mer.

Par contre, si son parachute n'est pas encore ouvert, l'homme reste maître, dans une certaine mesure (1), de choisir son lieu d'atterrissage en

(1) De nombreuses expériences ont prouvé qu'un corps humain tombant en chute libre peut être dirigé dans l'air à peu près comme un avion, les bras faisant office de gouvernes de gauchissement et les jambes de gouvernails de direction et de profondeur.

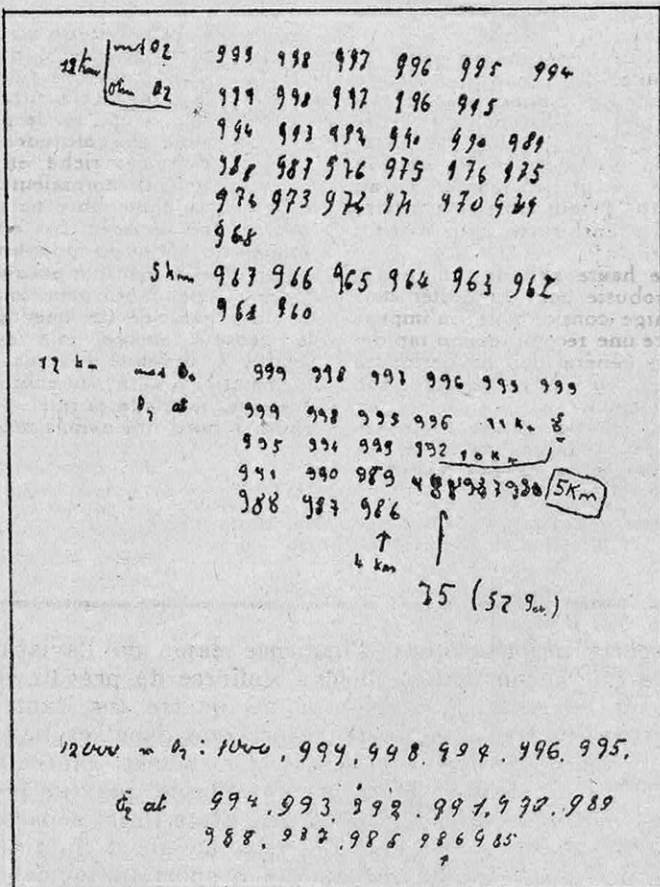


FIG. 9. — SPÉCIMENS DE TESTS D'ÉCRITURE AU CAISSON PNEUMATIQUE

Ces tests ont été rédigés par trois sujets différents effectuant des « descentes » figurées en chute, soit libre, soit freinée. Les fautes d'écritures sont symptomatiques d'un début de mal d'altitude. On notera pour les deux premiers enregistrements un rétablissement rapide du sujet, tandis que le dernier, correspondant à une descente freinée, traduit une apparition soudaine et violente du mal avec cessation de la numération et perte totale de connaissance après 39 secondes. Le sujet n'a repris ses sens qu'après pompage d'oxygène dans le caisson.



déclenchant plus ou moins tôt le mécanisme d'ouverture.

Comme la remarque relative à l'influence du froid, la présente s'applique d'ailleurs également à la descente avec inhalateur d'oxygène.

#### 5° Conditions physiologiques.

Tout ce que nous venons de dire sur la descente — freinée ou en chute libre — des hautes altitudes montre que l'homme qui veut l'affronter doit satisfaire à certaines conditions d'ordre physiologique.

La première est évidemment une « perméabilité tubaire » parfaite. En effet, la cavité de l'oreille moyenne étant en relation avec le milieu ambiant par la trompe d'Eustache, si celle-ci est obstruée, l'équilibre ne peut pas s'établir entre la pression intérieure et la pression extérieure qui, elle, s'accroît très rapidement au cours de la chute libre. Il peut alors se produire des distensions et des déchirures extrêmement douloureuses du tympan.

Le parachutiste de haute altitude doit avoir, en outre, un cœur robuste pour supporter sans défaillance la surcharge considérable qu'impose au système circulatoire une recompression rapide.

Enfin, son équilibre général doit lui permettre de conserver, pendant toute la chute libre, son sang froid et son jugement.

Mais ces conditions physiologiques, pour sévères qu'elles puissent paraître, ne sont, au fond, que celles auxquelles devrait satisfaire tout aviateur militaire.

## Conclusion

Au terme de cette étude, nous pensons avoir suffisamment dégagé la conclusion générale qui s'impose :

L'utilisation du parachute, tant aux grandes vitesses qu'aux hautes altitudes implique de commencer la descente par une chute libre assez longue :

— Soit pour réduire la vitesse dans des proportions telles que l'organisme humain puisse supporter alors sans dommage le choc à l'ouverture ;

— Soit pour gagner le plus rapidement possible des altitudes où l'air soit suffisamment riche en oxygène pour entretenir normalement la respiration.

Certes, la chute libre ne peut être considérée comme une panacée, car elle nécessite du personnel de sérieuses qualités physiques et morales et elle est inapplicable aux faibles altitudes. Cependant, bien loin de ne constituer qu'un « exercice de meeting » comme certains le pensent encore, elle est au contraire, et tendra à devenir de plus en plus, tant que le matériel n'aura pas subi de profondes modifications, le mode normal d'utilisation du parachute à bord des avions rapides et volant haut.

Pierre SARLAC.

Pour les experts aéronautiques, l'immense essor de l'aviation marchande après guerre ne fait aucun doute. Chacun s'efforce de prévoir son orientation en se fondant sur l'expérience acquise depuis quatre ans, tant dans le trafic intérieur des pays où celui-ci subsiste encore que dans les liaisons lointaines dont on connaît le développement actuel. On admet généralement que (1) l'avion ne peut être un moyen de transport efficace que sur les grandes distances. En effet, entre les grandes villes des Etats-Unis, séparées d'au moins 1 500 km, le trafic aérien a été, en 1940, égal au quart du trafic ferroviaire, alors que pour des distances de 350 km, la proportion tombe à un dixième. C'est que l'économie de temps est le principal facteur pour la clientèle de l'avion et qu'elle se manifeste surtout sur les longs voyages sans escales (un atterrissage intermédiaire, sans ravitaillement en carburant, prolonge la durée du voyage de 15 minutes au moins pour l'avion et de 3 minutes seulement pour le chemin de fer). Un autre élément capital pour une exploitation commerciale prospère est la fréquence des services. De ce point de vue, la capacité maximum économique des appareils, pour un trafic à des distances de l'ordre de 1 500 km, ne semble pas devoir dépasser quarante passagers, alors qu'au contraire l'avion à vingt ou dix passagers permettrait une multiplication des départs, mieux répartis à la fois dans le temps et dans l'espace, c'est-à-dire desservant sans atterrissage intermédiaire, donc plus rapidement, un plus grand nombre de cités lointaines. Ainsi se trouvera posé accessoirement le problème des aménagements au sol, en vue de permettre les décollages et les atterrissages successifs à cadence élevée. Sur les aérodromes des grandes villes, plusieurs centaines d'appareils de tous tonnages prendront l'air ou se poseront en vingt-quatre heures, avec des périodes de « pointe », vraisemblablement en début ou en fin de journée, où l'afflux des voyageurs exigera une accélération du trafic sur de multiples pistes d'envol.

(1) Voir le *Journal de la Marine Marchande* du 17 février 1944.

# UNE NOUVELLE APPLICATION DE LA MICROBIOLOGIE AGRICOLE : L'INOCULATION DES GRAINES

par Jean FRANCIS

L'azote, du point de vue chimique, est un gaz inerte, qui ne peut entrer en combinaison avec un autre corps sans une intervention extérieure. Biologiquement, ainsi qu'en témoigne son nom même (1), on l'a longtemps considéré comme impropre à l'entretien de la vie. On sait aujourd'hui quel rôle d'importance capitale il joue dans toutes les manifestations de la matière vivante. Il accomplit dans la nature un vaste cycle où se manifeste la solidarité étroite du monde matériel et du monde vivant, végétal et animal. A la perpétuelle dégradation des protéines des déchets animaux et végétaux fait suite leur reconstitution à partir des produits minéraux tant du sol que de l'atmosphère. De multiples bactéries président aux dégradations et aux synthèses dont la terre arable est le siège; parmi elles, une place à part doit être faite aux bacilles qui, vivant en symbiose avec les légumineuses, dans les nodosités de leurs racines, sont capables de fixer directement l'azote atmosphérique. Une sélection minutieuse de ces microorganismes spécifiques pour chaque légumineuse a permis, dans des essais de grande culture, des augmentations appréciables de rendement en même temps qu'elle apparaît aujourd'hui comme un des moyens les plus rationnels pour lutter contre l'apparition trop rapide de la fatigue du sol dans les cultures intensives.

## Le bilan d'azote des terres arables

**L**ES terres arables cèdent aux végétaux des quantités considérables d'azote : la récolte annuelle d'un hectare enlève au sol 70 à 100 kg d'azote pour les cultures de céréales et jusqu'à 200 kg pour les cultures fourragères. De plus, la quantité d'azote emportée par les eaux de drainage est loin d'être négligeable puisqu'elle s'élève en moyenne de 15 à 20 kg par hectare et par an et peut atteindre 45 kg. Enfin, des bactéries dénitrifiantes libèrent à l'état gazeux environ un dixième de l'azote contenu dans les résidus végétaux qui se décomposent dans le sol. Ces pertes d'azote, dont on peut en moyenne évaluer le total à une centaine de kilogrammes par hectare et par an, doivent être équilibrées par des gains équivalents pour que le sol conserve sa fertilité. Or, de nombreuses cultures peuvent prospérer indéfiniment sans aucune adjonction d'engrais azoté. Tel est notamment le cas des forêts. La nature a donc doté la terre d'un moyen de s'enrichir spontanément en azote et de fixer directement l'azote libre de l'atmosphère, car l'eau de pluie ne lui apporte qu'une quantité infime de nitrite, nitrate et carbonate d'ammonium formés par les décharges électriques de l'atmosphère. Les processus selon lesquels se fait cette fixation ont été mis en lumière, il y a cinquante ans, par Hellriegel et Wilfarth et sont aujourd'hui assez bien connus. D'une part, des microbes aérobies (*Azotobacters*) et anaérobies (*Clostridium pastorianum*) vivent dans les sols bien ameublés jusqu'à 80 centimètres de

profondeur et transforment l'azote libre de l'atmosphère en azote ammoniacal à partir duquel d'autres microorganismes élaborent les nitrates qu'absorbent les racines des végétaux. (Ce mode d'enrichissement du sol est utilisé dans la pratique de la jachère : le sol se repose parce qu'il accumule de l'azote sans le céder aux cultures). D'autre part, certaines bactéries fixatrices d'azote vivent en symbiose (1) avec des algues vertes (nostocs) auxquelles elles fournissent de l'azote en échange de glucides; l'azote ainsi fixé passe ensuite à des lichens et des mousses, puis à l'humus lorsque ces cryptogames se décomposent (ce mode de fixation est surtout important pour les terres à forêts). Mais, pour considérable que soit l'importance de ces deux processus, un troisième présente encore plus d'intérêt pour l'agriculteur qui peut plus facilement influer sur son évolution : la fixation de l'azote atmosphérique par les bacilles radicocoles.

## Les bactéries des nodosités des légumineuses et la « fatigue » du sol

C'est un fait d'expérience connu depuis fort longtemps qu'une terre sur laquelle on cultive des légumineuses (trèfle, sainfoin, etc.) s'enrichit en azote. Non seulement ces cultures n'épuisent pas la terre, mais elles agissent comme des engrais azotés et sont dites améliorantes pour cette raison. A quoi est due cette action? Si l'on retire du sol avec précaution la racine

(1) Du grec  $\alpha$ , privatif, et *zoe*, vie.

(1) Association de plusieurs organismes différents qui leur permet de vivre.

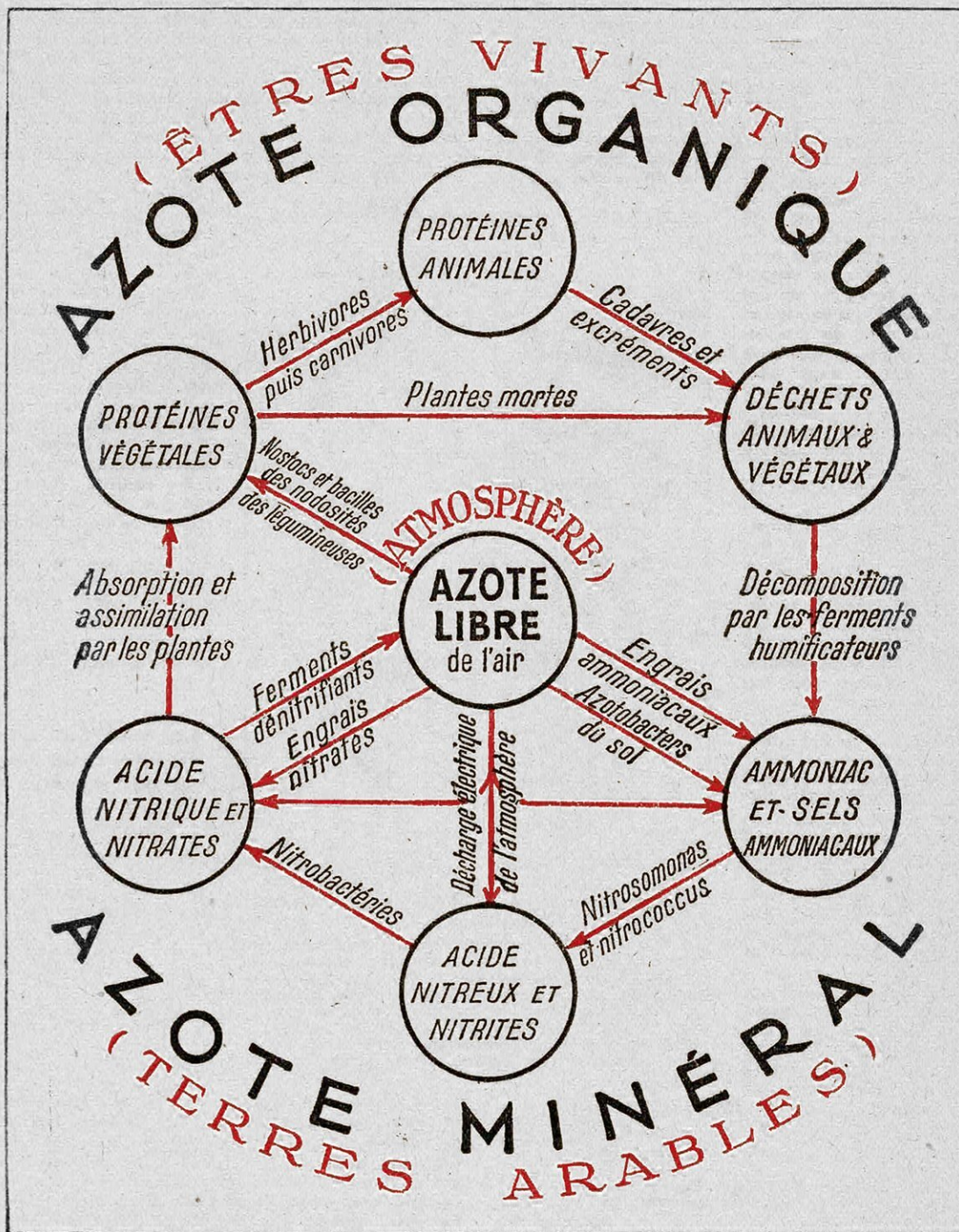


FIG. I. — LE CYCLE DE L'AZOTE

L'azote existe à l'état libre (dans l'atmosphère) et sous forme de combinaisons organiques (dans les êtres vivants et leurs déchets) et minérales (dans les terres arables). On a représenté ici les principaux échanges qui se produisent entre ces trois formes différentes. Leur ensemble constitue un cycle comprenant trois stades minéraux et trois stades organiques, avec des dérivations passant par le stade de l'azote libre. Il est à remarquer que l'homme a ajouté deux voies nouvelles au cycle naturel de l'azote en réalisant la synthèse industrielle des engrais ammoniacaux et nitrates à partir de l'azote atmosphérique. Ces divers échanges représentés ont des importances quantitatives très différentes : les décharges électriques de l'atmosphère ne transforment en nitrite et nitrate d'ammonium que de faibles quantités d'azote, tandis que les transformations ayant leur siège dans les êtres vivants inférieurs et supérieurs affectent des masses considérables de matière. La fixation de l'azote atmosphérique par les bactéries des nodosités des légumineuses est une des étapes du cycle de l'azote qui intéressent le plus directement l'agriculture. Le présent schéma la situe par rapport à l'ensemble des transformations subies par l'azote.

d'un plant de légumineuse, on distingue sur ses ramifications de petits tubercules, ou nodosités, gros comme des têtes d'épingles (fig. 2). Une coupe mince examinée au microscope (fig. 3 et 4) révèle que les cellules de ces nodosités sont remplies de bactéries présentant la forme de filaments ou de bâtonnets en V ou Y. Ce sont les *bacilles radicales*, agents de la fixation de l'azote, qui vivent en *symbiose* avec les légumineuses et leur fournissent de l'azote en échange de glucides. En effet, une graine de pois stérilisée cultivée sur un sol stérilisé reste chétive et dépourvue de nodosités; il suffit de piquer sa racine avec une aiguille préalablement plongée dans une nodosité pour que le plant de pois forme des nodosités et devienne vigoureux (M. Bréal).

Lorsque les nodosités se détachent des plantes que l'on arrache brusquement du sol, ou lorsque la racine reste dans le sol après qu'on a coupé les parties aériennes, les cadavres des bacilles subissent la nitrification, et c'est pourquoi une culture de trèfle ou de sainfoin équivaut à une fumure azotée. La fumure est encore plus copieuse si l'on enfouit dans le sol toute la récolte, ce qui constitue un engrais vert. La quantité d'azote apportée à la terre par la culture des légumineuses est considérable: les racines d'un hectare de luzerne enrichissent en un an le sol d'environ 300 à 350 kg d'azote, équivalant à plus d'une tonne d'engrais à base de sulfate d'ammonium.

### La « fatigue » du sol

Pour que la culture des légumineuses fertilise effectivement le sol, il faut que la symbiose bacille-légumineuse soit active. Le microbe devient-il déficient, la culture ne tarde pas à dépérir et le cultivateur dit que la terre se fatigue. On a observé de tout temps que la fatigue du sol est une conséquence fatale de la répétition d'une même culture sur une même terre, malgré tous les soins culturaux et apports d'engrais. C'est également pour lutter contre ce phénomène qu'est née la pratique immémoriale de la *jachère* et plus tard celle de l'*assolement*.

Il y a quelques siècles, il était possible de cultiver la luzerne pendant six années de suite sur le même sol avant que celui-ci présentât

des signes de fatigue. Mais les temps modernes ont connu une telle intensification des cultures que très souvent le même terrain ne supporte plus la culture de la luzerne pendant plus de deux années consécutives. Encore faut-il ensuite attendre jusqu'à une dizaine d'années avant de pouvoir reprendre avec succès cette culture. A quoi donc cette *fatigue* croissante du sol peut-elle être attribuée?

Divers expérimentateurs ont mis en évidence soit l'existence de substances excrétées par les racines des plantes et qui intoxiqueraient en quelque sorte la terre, soit la présence de protozoaires ennemis des bactéries bienfaisantes. Il est possible que ces deux facteurs jouent un rôle plus ou moins important, mais ils sont mal connus jusqu'à présent. Il en existe par contre un troisième sur lequel la lumière a été faite dans les dix dernières années et que l'on sait aujourd'hui combattre dans la pratique: la maladie du bacille radicole.

### La maladie du bacille radicole et son remède

C'est en 1933 que M. Demolon a montré que la limitation de la durée des cultures de légumineuses est due à une maladie des bacilles radicales et que l'agent pathogène de cette maladie est un bactériophage (1), c'est-à-dire un virus de dimensions submicroscopiques. « A partir du moment où le bactériophage a diffusé dans

toute la masse exploitée par les racines, écrit M. Demolon, on observe le déclin de l'activité fixatrice de la plante à l'égard de l'azote atmosphérique. Cet état de choses ne se produit pas avant la fin de la seconde année, époque où le système racinaire atteint son maximum, d'expansion. C'est précisément la durée assignée aux luzernières en agriculture intensive. »

La cause du mal étant connue, il devenait possible de le combattre. C'est ce qu'a entrepris le Centre National de Recherches Agronomiques de Versailles, en appliquant la méthode de la sélection des microorganismes qui donne de si bons résultats dans l'industrie alimentaire, en vinification notamment. On a en effet constaté qu'il existe autant de races de bacilles radicales que d'espèces de légu-

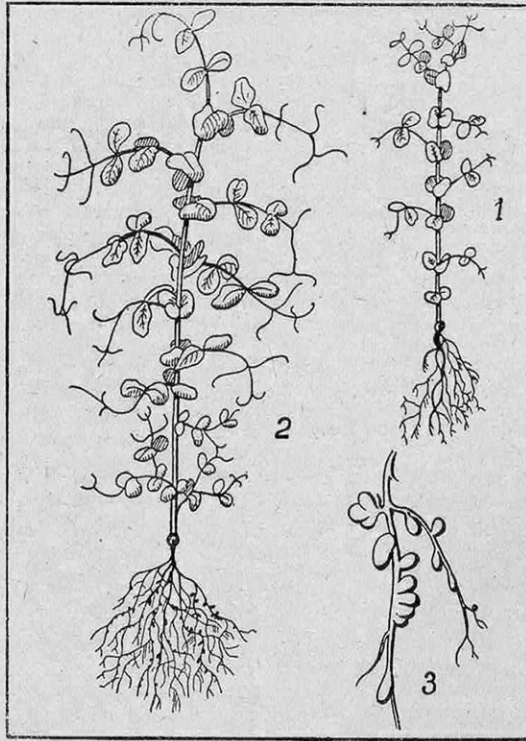


FIG. 2. — EXEMPLES DE NODOSITÉS SUR LES RACINES DE LÉGUMINEUSES

On voit ici, en 1, une jeune plante élevée dans du sable stérilisé et qui est demeurée chétive; ses racines ne montrent pas de nodosités; en 2, la jeune plante du même âge a été élevée dans du sable additionné de terre de jardin ou avaient poussé antérieurement des pois; les racines possèdent des nodosités, que l'on voit grossies en 3. (D'après Errera, Laurent, Guilliermond et Mangenot.)

(1) Voir: « Le bactériophage contre les bacilles virulents » (*Science et Vie*, n° 253, juillet 1938).

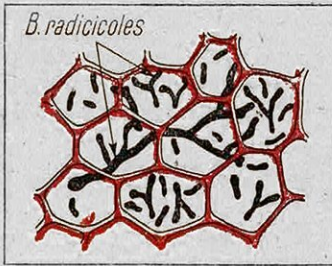


FIG 3. — COUPE DANS LE PARENCHYME D'UNE NODOSITÉ

ci à celles du sol, pour la plupart particulièrement sensibles au bactériophage.

Dès 1896, on avait essayé, en France, de substituer aux bacilles radicicoles du sol des bactéries sélectionnées, mais les résultats obtenus n'étaient favorables que dans la moitié des cas. Cela s'explique par l'ignorance où l'on se trouvait de la spécificité des races de bactéries à l'égard des diverses légumineuses. Il était par exemple impossible d'obtenir de bons résultats avec le soya, plante exotique dont la bactérie spécifique n'existait pas dans nos sols : cette légumineuse se comporte comme une non-légumineuse si l'on n'introduit pas dans la terre les bactéries spéciales qui lui permettent d'avoir une action *améliorante* en même temps qu'elles augmentent la récolte d'environ 50 %.

Aujourd'hui, au contraire, il y a quasimentité sur l'effet bienfaisant de l'inoculation des graines de légumineuses. En Amérique du Nord (Wisconsin), de vastes surfaces ensemencées en luzerne ont été ainsi traitées avec succès. En Angleterre, les expériences poursuivies à la veille de la guerre dans deux cents fermes par la station de Rothamstead ont permis d'enregistrer une proportion élevée de succès, et les augmentations de rendement ont atteint 150 %. En France, enfin, l'inoculation a porté en 1942 sur 500 hectares, en 1943 sur 1 500 hectares de cultures diverses : luzerne, trèfle, sainfoin, soya, haricots, pois, fèves, etc... Des augmentations de rendement de 25 à 50 % ont été obtenues, et il a été possible en Normandie de prolonger pendant cinq années consécutives des luzernières.

### L'inoculation des graines

Le commerce livre aujourd'hui des bactéries actives sélectionnées spéciales pour chaque espèce de légumineuse. Il suffit de diluer dans de l'eau ces cultures microbiennes et d'arroser les graines avec la suspension ainsi obtenue. Les graines sont ensuite brassées à la pelle pour homogénéiser le mélange, puis séchées par addition d'un peu de phosphate de chaux ou de scories.

Selon Thornton, on peut avantageusement diluer la culture bactérienne dans du lait écrémé additionné de 1 % de phosphate de chaux. Cette technique est aussi efficace et beaucoup plus simple que l'apport de 500 kg par hectare de terre contenant naturellement des germes actifs, tout en présentant l'avantage d'introduire des bactéries soigneusement sélectionnées.

Enfin, Bottomley a fait en Angleterre d'in-

mineuses : les bactéries du trèfle sont sans action sur le lupin ou la serradelle. Il est donc possible, en inoculant les graines des légumineuses avec des bactéries sélectionnées ayant une résistance accrue, de substituer celles-

téressants travaux sur la *tourbe bactérisée*. La tourbe acide est d'abord neutralisée par ammonisation microbienne, puis soumise à une culture aérobie solubilisant les matières humiques. Elle est ensuite stérilisée et finalement ensemencée de bacilles radicicoles.

Quelle que soit la technique adoptée, les résultats obtenus dépendent dans une large mesure de la qualité des cultures microbiennes employées. Il semble par ailleurs qu'une humidité excessive du terrain nuise à l'efficacité de l'inoculation.

L'inoculation des graines de légumineuses semble particulièrement avantageuse à l'heure actuelle où les végétaux fournissent un appoint d'une importance capitale à l'alimentation protidique humaine (légumes secs, soya) et animale (luzerne, trèfle, sainfoin). M. Demolon conseille principalement cette opération :

1° Quand le développement de la légumineuse est insuffisant et que la formation de nodosités est faible, les conditions de sol étant par ailleurs favorables au point de vue réaction, aération, teneur en phosphore et en potasse;

2° Dans le cas d'introduction d'une espèce nouvelle ou non cultivée depuis longtemps dans le milieu en question.

M. A. Dumez (1) résume ainsi les avantages de l'inoculation des graines :

« 1° L'inoculation permet de réussir la luzerne, avec une bonne implantation, en des points où cette culture, autrefois prospère, avait dû être abandonnée à la suite d'échecs répétés, en relation avec la disparition du bacille radicicole du milieu;

« 2° Combinée avec un choix judicieux de la provenance, l'inoculation permet de retarder l'apparition de la fatigue des luzernières au moins jusqu'à la troisième année;

« 3° L'inoculation assure une économie de semences, puisqu'on a pu constater qu'on peut se contenter de 17 à 18 kg de graines inoculées pour la luzerne, alors que dans la pratique on en utilise 25 kg.

« 4° L'inoculation assure une économie d'engrais azotés par la fixation de l'azote de l'air. Actuellement, ces engrais doivent être réservés à d'autres cultures qui en ont un besoin impérieux.

« 5° L'inoculation est favorable à toutes les légumineuses tant du point de vue de l'augmentation du rendement que de celui de l'accroissement de la fertilité du milieu. »

J. FRANCIS.

(1) *L'Armagnac Agricole et Viticole*, janvier-février 1944.

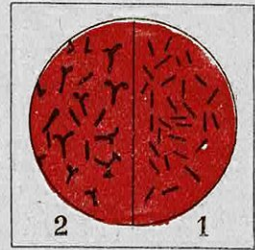


FIG. 4. — BACTÉRIES CONTENUES DANS LES NODOSITÉS DES LÉGUMINEUSES

Ces bactéries existent dans le sol. Elles sont attirées vers les racines par les sucres que celles-ci sécrètent (chimiotactisme) et pénètrent dans leurs tissus sous la forme bacillaire 1. Elles se multiplient ensuite et forment un filament gélatineux, ramifié, riche en azote. A ce moment apparaissent les nodosités. Puis le filament se fragmente et les bactéries prennent la forme bactéroïde 2.

# DE LA MITRAILLEUSE AU CANON-MITRAILLEUSE, AU CANON AUTOMATIQUE ET AU CANON SEMI-AUTOMATIQUE

par Charles DE GLATIGNY

*Qui a vu manœuvrer le peloton des sept hommes qui servent le canon de 75 mm de campagne n'a pu manquer d'être frappé par l'automatisme dont cet ensemble humain semble doué. Les mouvements de chaque servant sont précis, rapides : dans le circuit que parcourt chaque cartouche, depuis son prélèvement dans le coffre à munitions jusqu'au départ du coup, chaque homme fait exactement le geste qu'il faut, à l'instant précis qu'il faut. Une longue instruction préalable les a éduqués, séparément d'abord, puis en peloton. La « pièce », c'est-à-dire l'ensemble que forment les hommes et le canon qu'ils servent, constitue alors un tout dont le fonctionnement donne l'impression d'une machinerie exactement agencée, parfaitement efficace, c'est-à-dire adaptée au but poursuivi : le combat. Mais il faut sept hommes pour servir ce canon de 75 mm, et sa cadence de tir ne peut qu'exceptionnellement atteindre 15 à 20 coups à la minute. Les progrès des techniques industrielles permettent chaque jour de réduire le nombre d'hommes nécessaires au fonctionnement des machines et d'augmenter leur cadence. Comment et jusqu'à quel point l'artillerie a-t-elle pu faire de même? Chacun connaît l'effrayante efficacité de la mitrailleuse. Sur le même principe et par extrapolation on a pu construire des canons-mitrailleuses. Dans l'échelle des calibres croissants, où l'on se trouve vite limité au cours de cette extrapolation, le canon automatique prolonge le canon-mitrailleuse. Les principes mécaniques qu'il met en jeu sont différents, comme le sont ceux du canon semi-automatique qui marque dans cette échelle une nouvelle étape de la technique moderne du matériel d'artillerie, celle où, sous la pression des nécessités du combat, on s'est efforcé de rendre aussi automatique que possible, pour en accroître l'efficacité, le service de pièces dont la cartouche arrive à peser une cinquantaine de kilogrammes.*

**C'**EST à la fin du siècle dernier que sont nés les progrès de toutes sortes qui ont fait l'armement moderne. Le rayage des canons, l'invention des poudres colloïdales (dites sans fumée), l'apparition d'explosifs puissants et sûrs, les découvertes de la sidérurgie et de la métallurgie, ont permis la naissance de ces armes automatiques et de cette artillerie qui, dans leurs grandes lignes, sont actuellement ce qu'elles étaient il y a cinquante ans. La fabrication de l'armement est vite devenue une branche importante de la technique industrielle. On put imaginer et construire des canons comme on imaginait et réalisait des automobiles ou des locomotives, en utilisant les mêmes possibilités formidables d'une industrie qui avançait à pas de géants. Le canon du milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, simple tube de bronze sans culasse et porté par un affût de bois, devint un chef-d'œuvre de mécanique, de fabrication sans doute beaucoup plus complexe, mais combien plus efficace par sa cadence de tir, en particulier. Les divers organes d'une arme devinrent les pièces d'une machine compliquée, comme les soupapes ou les pistons d'un moteur; la cartouche métallique naquit,

et ses qualités de rigidité ne firent plus, de la munition tout entière, naguère si fragile et d'un maniement si délicat, qu'une pièce de plus dans cette machine.

Le tir vraiment rapide devint une réalité, avec ses innombrables conséquences, dont la plus grande souplesse d'emploi du matériel, et l'économie du personnel. C'est ainsi que la batterie de six pièces de 90 mm de Bange a cédé la place, en 1897, à la batterie à quatre pièces de 75 mm.

Mais là où le progrès fut le plus extraordinaire, dans cette voie, ce fut à la naissance de la mitrailleuse.

## La mitrailleuse, première née de la famille des matériels d'armement automatiques

L'idée de la première mitrailleuse semble due à Napoléon III. C'était en réalité un matériel multitube de même principe que les canons multitubes dont nous dirons un mot tout à l'heure. Le mauvais emploi tactique qui fut fait en 1870 des quelques exemplaires alors réa-

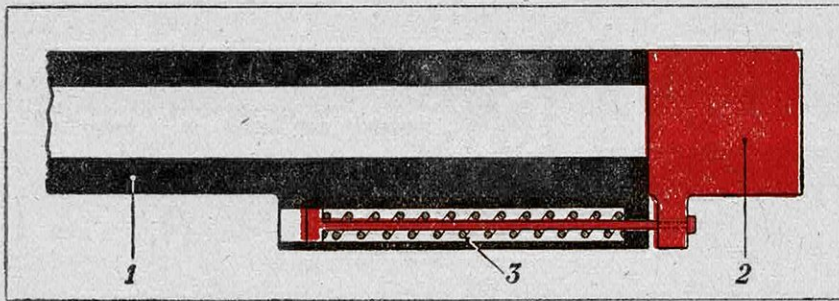


FIG. 1. — SCHÉMA D'UNE ARME AUTOMATIQUE A TUBE FIXE ET A CULASSE MOBILE NON VERROULLÉE

Le tube 1 est fixe; la culasse 2, de masse convenable, est seulement appuyée contre le tube par un ressort 3 : elle recule sous l'impulsion des gaz d'une longueur un peu supérieure à celle de la cartouche. (Dans tous les schémas suivants, quand elles sont vues en coupe, les pièces fixes tels que les bâtis sont figurés en noir, les culasses et leurs accessoires en rouge et les autres masses reculantes en gris.)

lisés de cette arme jeta un discrédit momentané sur cette idée. Il faut attendre 1884 pour voir naître la mitrailleuse Hotchkiss, premier spécimen de la mitrailleuse moderne.

Rien n'a plus tenté la cervelle des inventeurs que l'automatisme des canons de petit calibre. Aussi les principes de fonctionnement qui ont été proposés et réalisés dans cet ordre d'idée sont-ils innombrables. Mais les difficultés de réussite ne sont pas moins innombrables, comme on va voir. Une arme qui doit être mise en œuvre sur un champ de bataille ne peut être raisonnablement adoptée par une armée que si son fonctionnement est parfait. C'est dire qu'assez vite il se produisit une sélection sévère dans cette course au clocher et qu'en fait, les « systèmes » de mitrailleuses modernes sont en nombre relativement restreint.

Les inventeurs ont été conduits à appliquer, de façons différentes, quelques idées directrices très simples, que nous allons essayer de dégager. Et ce qui fait la valeur d'une arme, c'est la perfection avec laquelle elles ont été mises en œuvre.

Dans toute mitrailleuse, les différentes pièces de l'arme décrivent un cycle complet à chaque coup. Les cartouches sont généralement placées sur une bande continue, et le mécanisme doit

auquel on puisse s'adresser est le gaz de combustion de la poudre qui exerce une pression élevée dans le tube au départ de chaque coup.

Passons en revue, très rapidement, les dispositifs classiques qui sont, à l'heure actuelle, utilisés pour transmettre au mécanisme la force créée par cette pression. Nous serons ainsi amenés plus facilement à nous rendre compte de ce qui fait l'originalité de l'automatisme des mitrailleuses.

Le schéma de la figure 1 montre le principe d'une arme où seule la culasse recule. C'est elle qui, sans intermédiaire, constitue le piston qui se meut sous l'action de la pression des gaz. Cette culasse n'est donc pas verrouillée au départ du coup. Son poids doit être par conséquent assez considérable pour que, par inertie, son mouvement de recul ne commence à se faire pratiquement sentir qu'après que la balle a franchi la bouche du tube. Mais comme elle reçoit directement la pression des gaz, sans démultiplication, sa vitesse maximum de recul est encore suffisamment grande pour assurer une cadence élevée au mécanisme de l'arme. Ici, le canon de l'arme ne recule pas, ni le châssis qui le porte. Le type le plus connu des armes automatiques construites suivant ce principe est le pistolet Browning, largement diffusé par la

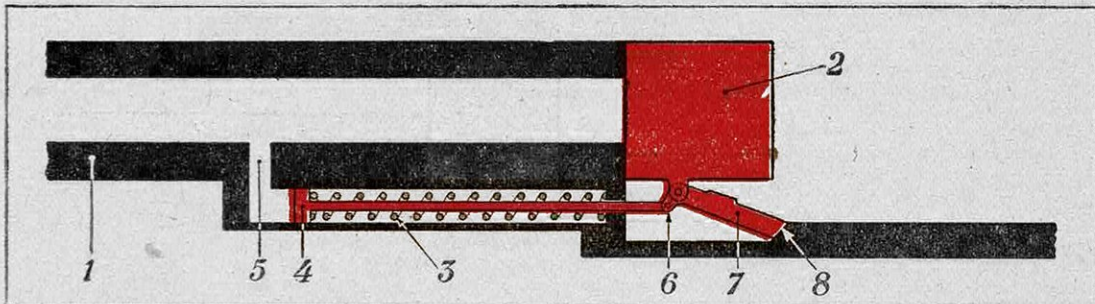


FIG. 2. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE ARME AUTOMATIQUE A « EMPRUNT DE GAZ »

Comme dans la figure précédente, le tube 1 est fixe et la culasse 2 est appuyée sur le tube par le ressort 3; mais la tige de ce ressort se termine par un piston 4 glissant dans un cylindre qui communique avec l'âme par l'orifice 5. La tige du piston attaque l'extrémité 6 d'un levier coudé 7, articulé sur la culasse et pénétrant dans l'encoche de calage 8. La culasse est ainsi verrouillée sur le tube jusqu'à ce que, la balle ayant dépassé l'orifice 5, la pression des gaz rejoue le piston 4. Dans ce mouvement, la tige du piston commence par agir sur le levier 7 pour le dégager de l'encoche 8 et libérer la culasse. Celle-ci est ensuite entraînée par la poussée subie par le piston 4. Après recul, le ressort 3 ramène la culasse en avant et l'enclenche en fin de course.

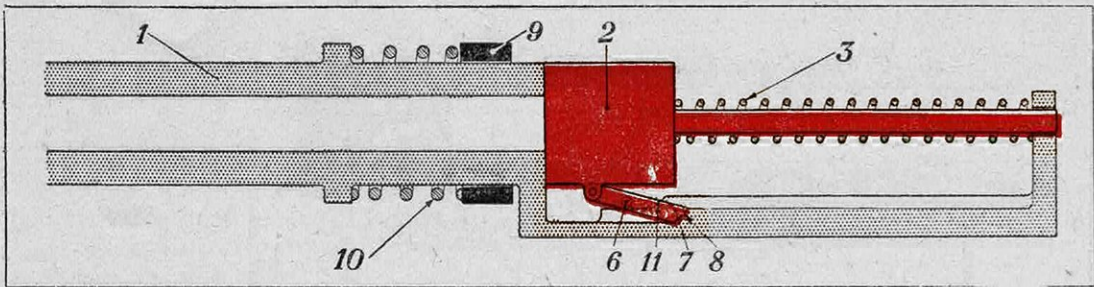


FIG. 3. — SCHÉMA D'UNE ARME AUTOMATIQUE A COURT RECU L DU TUBE ET CULASSE VERROUILLÉE

Le tube 1 recule d'une petite longueur dans le bâti 9; un récupérateur 10 le ramène à la position de tir. La culasse 2 est verrouillée par le levier 7 articulé sur elle et appuyé sur l'encoche 8 pratiquée dans une pièce liée au tube. Le ressort 3 ramène la culasse contre le tube. Au départ du coup, l'ensemble recule, la culasse restant verrouillée jusqu'à ce que le tenon 6, fixé au levier 7, monte sur la rampe 11 portée par le bâti fixe. La culasse ainsi libérée continue à reculer sous la poussée des gaz en éjectant la douille. Le ressort 3 la ramène en entraînant une cartouche neuve. En fin de rentrée, le levier 7 retombe dans l'encoche 8 et reverrouille la culasse.

firme belge d'Herstal. Nous verrons tout à l'heure qu'il est également utilisé sur certains canons-mitrailleuses modernes.

Dans les mitrailleuses à *emprunt de gaz*, dont la mitrailleuse Hotchkiss bien connue (1) est le type, un évent est pratiqué dans le tube; après le passage de la balle cet évent laisse passer une partie des gaz dans une chambre à l'intérieur de laquelle peut coulisser un piston (fig. 2). Ainsi la force produite par la pression des gaz peut être transmise, dans une proportion d'ailleurs réglable, à la culasse, qui reculera seule, après qu'elle aura été déverrouillée de sa position de fermeture par l'effort du piston au début de sa course. Le tube du canon reste donc immobile, ainsi que tout le châssis de la mitrailleuse. On obtient ainsi un mécanisme relativement très simple. La culasse est une pièce assez légère bien que sa masse soit augmentée de celles du piston et de sa tige; elle acquiert donc facilement, sous l'effort du piston, une vitesse élevée; la cadence du fonc-

tionnement du mécanisme complet peut être elle-même élevée. C'est ainsi qu'on arrive, à l'heure actuelle, en utilisant ce principe moteur, à dépasser facilement 1 000 coups à la minute.

Dans certains systèmes d'armes automatiques qui tirent également la cartouche du fusil d'infanterie, c'est le tube-canon qui recule, contrairement à ce qui a lieu dans les armes précédentes. La culasse est alors verrouillée au départ du coup sur le tube, et l'ensemble recule. Les armes de ce type peuvent être à *court recul* ou à *long recul du tube*. Avec les premières, après un petit parcours de l'ensemble « tube et culasse », la culasse se déverrouille et continue seule le mouvement (fig. 3). Elle est alors animée d'une vitesse assez grande et la cadence de tir peut atteindre les chiffres élevés qui sont les caractéristiques des mitrailleuses.

Avec les armes à long recul du tube (fig. 4), la culasse n'est désolidarisée du tube qu'en fin de recul. Celui-ci reprend sa place le premier sous l'action d'un ressort récupérateur, tandis que la culasse reste accrochée en position arrière pour l'éjection de la douille tirée et l'introduction d'une nouvelle cartouche. Elle ne

(1) Voir : « Les armes automatiques modernes de l'Infanterie » (*Science et Vie*, n° 285, mai 1941).

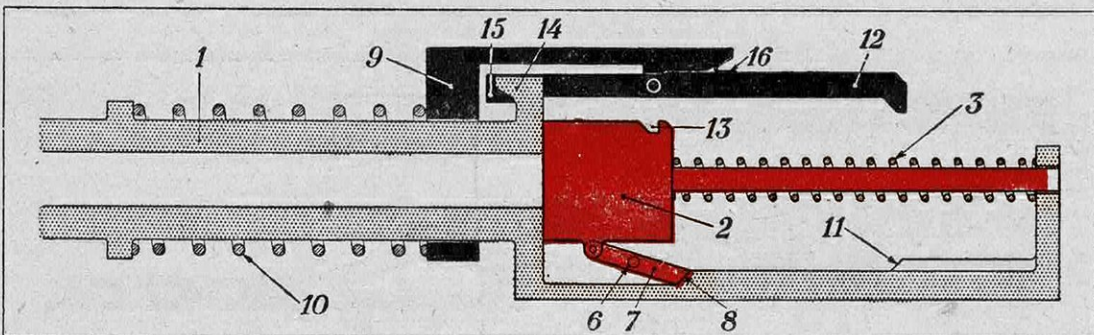


FIG. 4. — SCHÉMA D'UNE ARME AUTOMATIQUE A LONG RECU L DU TUBE

La culasse 2 est verrouillée sur le tube 1 comme précédemment par le levier 7 calé par l'encoche 8. L'ensemble recule d'une longueur supérieure à celle d'une cartouche en comprimant le récupérateur 10. En fin de recul, comme précédemment, le tenon 6 du levier 7 monte sur la rampe 11 du bâti et déverrouille la culasse. Le tube 1 et son prolongement reviennent en avant par l'action du récupérateur 10, mais la culasse 2 est retenue par le bec 14 qui entre dans l'encoche 13. Quand le tube arrive à sa position de tir, le bec 14 rencontrant la rampe 15 du levier 12, le force à s'incliner malgré le ressort 16 et libère la culasse qui repart en avant par le ressort 3 en entraînant une cartouche neuve, et en fin de course est de nouveau verrouillée par le levier 6. Tube et culasse reculent de la même longueur, mais le retour de la culasse est différé. La culasse reste verrouillée pendant tout le recul.



revient au contact du tube que lorsque ce dernier a repris sa place. Les masses en mouvement sont ainsi relativement considérables et par conséquent la cadence de l'arme est faible. Par contre, l'effort subi par les différentes pièces du mécanisme est assez faible, ainsi que leur vitesse relative de déplacement.

Les figures 5 et 6 donnent le schéma de fonctionnement de la mitrailleuse Maxim, utilisée par l'armée allemande en 1914. C'est une arme à court recul du tube, mais le mouvement de la culasse est impérativement commandé par le recul même du tube. Là encore, la vitesse

faible à côté des forces d'inertie que lui oppose cet ensemble pesant formé par l'arme et son affût : une mitrailleuse moderne d'infanterie, en effet, arrive à peser, en batterie, une quarantaine de kilogrammes.

### Peut-on appliquer les principes de la mitrailleuse aux calibres les plus élevés ? Le « canon-mitrailleuse »

Les avantages des armes automatiques sont

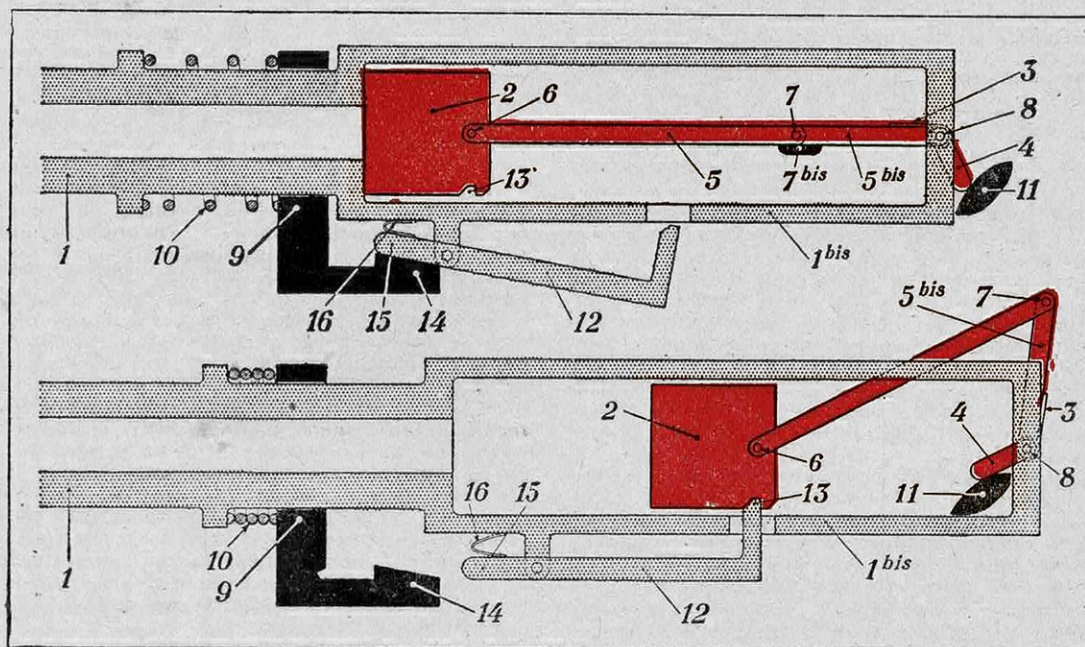


FIG. 5 ET 6. — SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE ARME A COURT RECU DU TUBE, AVEC COMMANDE IMPÉRATIVE DE RECU DE CULASSE (SYSTÈME MAXIM)

Le tube 1 et son prolongement 1 bis peuvent prendre dans le bâti 9 un court mouvement de recul en comprimant le récupérateur 10. La culasse 2 est, en position de tir, calée contre le tube par la genouillère formée des leviers 5 et 5 bis articulés sur la culasse en 6, entre eux en 7 et sur le prolongement en 8. L'ensemble est indéformable quand les trois centres d'articulation sont alignés et maintenus par l'appui sur la butée 7 bis. Le levier 5 bis comporte un bras 4, et un ressort spiral 3 tend toujours à ramener les leviers de la genouillère à l'alignement. Quand l'ensemble recule, le bras 4 rencontre la came 11 portée par le bâti fixe qui la force à pivoter en décalant la culasse et la faisant reculer d'une longueur supérieure à celle parcourue par le tube et son prolongement. En fin de course de recul, la culasse est accrochée par le bec d'un levier 12 entrant dans l'encoche 13 : elle est ainsi immobilisée au recul par rapport au tube, jusqu'à ce que, dans le mouvement de rentrée de ce dernier, le bras 15 du levier 12 rencontre la rampe 14 du bâti, ce qui oblige le levier 12 à sortir de l'encoche 13 en libérant la culasse. A ce moment, le ressort spiral 3 agit sur la genouillère 5, 5 bis, et ramène la culasse en avant jusqu'à verrouillage, obtenu quand les axes de la genouillère sont alignés. Dans ce dispositif, la genouillère constitue en même temps verrouillage et multiplicateur de course pour la culasse, dont le mouvement pendant le recul est impérativement commandé par celui du tube.

atteinte par la culasse est appréciable et on atteint une cadence de tir élevée.

Ainsi, un des principes généraux du fonctionnement des mitrailleuses apparaît clairement : les constructeurs ne font reculer que des pièces relativement légères — la culasse et quelques accessoires — afin d'obtenir les grandes vitesses de déplacement, propres à assurer les grandes cadences du cycle du mécanisme.

On ne trouvera pas, sur une mitrailleuse, ces dispositifs encombrants et lourds que sont les freins hydrauliques de recul, dont la présence caractérise les canons ; c'est que l'effort développé par le départ du coup de la cartouche (généralement la même que celle du fusil) est

immenses, le bon sens l'indique facilement : concentration d'une grande puissance de feu sur un espace restreint du champ de bataille, économie énorme de personnel. Une équipe de mitrailleurs a plus d'efficacité, dans un combat défensif, qu'une compagnie de voltigeurs armés du fusil ; elle est infiniment moins vulnérable. Mais c'est surtout dans le combat aérien que la mitrailleuse triomphe, avec ses cadences de tir qui atteignent le chiffre énorme de 1 500 coups à la minute.

Aussi a-t-on songé très tôt à augmenter le calibre des armes automatiques ; les nécessités de la D.C.A., en particulier, ont poussé les constructeurs impérieusement dans cette voie.

En même temps que la course à la cadence élevée, on assista donc à la course au calibre élevé.

Les constructeurs utilisèrent, tels quels, les différents mécanismes des mitrailleuses qui tiraient la cartouche d'infanterie. Ils procédèrent par similitude, c'est-à-dire dessinèrent les nouvelles armes à l'échelle de la nouvelle cartouche à tirer.

C'est ainsi que la maison Hotchkiss fit une mitrailleuse de 13,2 mm utilisée par la marine, en jumelage — pour la défense contre avions très rapprochés — puis une mitrailleuse de 25 millimètres — puis une mitrailleuse de 37 millimètres... Chacune n'est que l'extrapolation, par copie, de l'arme réalisée pour un calibre plus petit.

Les avantages de cette extrapolation sont évidents. Le constructeur bénéficie de la mise au point des armes antérieures pour dessiner la nouvelle. On peut donc aller vite.

Ou plutôt aller assez vite. Car une mitrailleuse n'est pas une machine simple. Le véritable travail d'élaboration d'une nouvelle arme, de calibre plus élevé que la précédente, ne se fait pas tant au bureau de dessin qu'au champ de tir, c'est-à-dire aux essais de tir réel. Il est difficile en effet de calculer *a priori* les dimensions de toutes les pièces du mécanisme, qui subit des efforts considérables et souvent difficiles à déterminer. C'est pendant la mise au point que se produisent ces innombrables incidents de tir, rupture de pièces, frottements anormaux, rebondissements intempestifs des masses en mouvement, auxquels il faut remédier en changeant les formes et la nature du métal des pièces.

La longueur et la difficulté de ce travail peuvent étonner. Mais il faut se rendre compte de la difficulté du problème. Une arme qui utilise les propriétés motrices de la poudre est le siège d'efforts considérables. Un simple fusil d'infanterie, qui tire une balle d'une dizaine de grammes, est en réalité un moteur de 1 500 chevaux. Une mitrailleuse de 25 millimètres, telle qu'elle existe à l'heure actuelle sur les champs de bataille, développe, par ses propriétés balistiques, une puissance de 45 000 chevaux, — c'est-à-dire qu'elle est équivalente à la juxtaposition d'une cinquantaine de ces moteurs qui sont montés sur les avions de chasse moderne.

Et nous touchons là du doigt une des raisons pour laquelle on ne peut se livrer indéfiniment à l'extrapolation pure et simple des principes de la mitrailleuse vers les calibres croissants. Les pièces du mécanisme deviennent énormes, pour résister aux efforts qu'elles subissent. Examinons, par exemple, le schéma des figures 5 et 6, qui explique le dispositif de verrouillage de la culasse de la mitrailleuse Maxim, dont nous avons parlé tout à l'heure. Les deux bielles qui, par leur arc-boutement, résistent à la pression des gaz sur la culasse, doivent supporter, à l'échelle du canon-mitrailleuse de 37 millimètres, au départ de chaque coup, un coup de poing de 30 tonnes. Et pendant qu'elles subissent ce coup de poing, elles amorcent le mouvement qui met en marche le mécanisme de l'arme, c'est-à-dire que leurs articulations elles-mêmes subissent cet effort de 30 tonnes.

Aussi a-t-on cherché à diminuer les efforts subis par les pièces annexes de la culasse, sans changer le principe du mécanisme des canons-mitrailleuses. Citons, par exemple, l'artifice du lancer de culasse, utilisé sur les canons-mitrailleuses Beker et Oerlikon. Dans ces armes, la

percussion de l'amorce se fait un peu avant que la culasse, qui pousse devant elle la cartouche, soit arrivée à fond de course; elle possède alors à cet instant une force vive qui viendra en déduction de celle qui lui sera communiquée par les gaz de la poudre. L'inconvénient évident de cet artifice mécanique est le risque grave qu'un long-feu de la cartouche peut faire courir à l'arme. Par contre, l'organisation générale du canon n'est guère modifiée par son application; et la cadence du tir y gagne.

De toute façon, les dimensions des pièces d'un canon-mitrailleuse seront toujours considérables. Déjà, pour les mitrailleuses d'infanterie Hotchkiss ou Maxim, dont la cartouche est grosse comme le petit doigt, le dispositif mécanique d'alimentation, qui fait avancer la bande, ne tient pas dans les deux mains; on imagine son poids, réalisé à l'échelle de la cartouche de 37 millimètres. L'intérêt pratique de canons aussi volumineux décroît donc très vite quand le calibre devient un peu considérable. Autrement dit, l'extrapolation du principe des mitrailleuses vers les calibres élevés est assez limitée; la remarque suivante, très simple, va nous en fournir une autre raison.

Ce qui conditionne la cadence, dans la plupart des armes automatiques du système « mitrailleuse », c'est principalement le temps que met la culasse pour effectuer son mouvement de va-et-vient, à chaque coup. Or, puisqu'elle pousse devant elle la cartouche, pour l'enfourner dans l'âme du canon, la culasse doit avoir reculé préalablement d'une quantité nettement supérieure à la longueur de cette cartouche; par exemple une fois et demie cette longueur. Mais la longueur des cartouches, toutes choses égales d'ailleurs, croît sensiblement comme croît le calibre du projectile. D'autre part, les pièces du mécanisme qui reculent sous l'effet de la pression des gaz, comme le fait la culasse d'une mitrailleuse, ont des vitesses de déplacement sensiblement indépendantes de ce calibre. Tous les artilleurs savent, par exemple, que leurs canons reculent sur les glissières avec une vitesse maximum qui est de l'ordre de 10 mètres à la seconde, que l'on ait affaire à un petit canon de 37 millimètres ou à un 380 mm d'artillerie principale d'un cuirassé. Et ce mouvement de recul sera amorti, dans le canon-mitrailleuse, par un ressort qui produira un effort croissant. Le mouvement de cette culasse sera donc retardé au recul et accéléré à la fermeture. Autrement dit, la culasse parcourra sa course (qui croît comme le calibre de l'arme, venons-nous de voir) dans un temps qui croîtra lui-même avec le calibre. La cadence de tir des mitrailleuses décroît donc fatalement quand le calibre augmente.

C'est ainsi que la mitrailleuse Hotchkiss, qui peut fournir une cadence de 700 coups/minute environ, ne donne plus qu'une cadence de 250 coups/minute quand elle est extrapolée au calibre de 25 mm, et 200 coups/minute extrapolée au calibre de 37 mm. Et la mitrailleuse de 25 mm pèsera, avec son affût, près de 700 kg; elle devra être montée sur un véhicule tous terrains pesant plusieurs tonnes, ou fixée à demeure, sur le pont d'un bâtiment, par exemple.

L'expérience a montré que c'est effectivement aux environs du calibre de 40 mm que se place cette limite au delà de laquelle l'utilisation du principe de fonctionnement de la mitrailleuse ne « pave » plus.

Au delà du calibre de 40 mm, il faut donc

réaliser autre chose qu'un « canon-mitrailleuse », pour obtenir des cadences relativement élevées.

Cette autre chose, c'est le « canon automatique » dont nous allons maintenant parler.

### Le canon automatique

La figure 7 donne la photographie du canon automatique de 40 mm suédois de la firme Bofors. C'est un canon destiné à la défense contre avions rapprochés. Son alimentation se fait par chargeurs de 10 cartouches, qui sont introduits, successivement, à la partie supérieure de l'arme.

*La cadence de tir d'un tel matériel est d'une centaine de coups à la minute.*

On voit que sa cadence est sensiblement la moitié de celle d'un canon-mitrailleuse de même calibre. Nous allons voir les raisons de cette diminution de l'efficacité de l'arme.

Dans un canon, en effet, la culasse est liée au tube par l'intermédiaire d'une pièce très robuste, qui fait même souvent partie du tube et qu'on nomme le « manchon de culasse ». L'ensemble ainsi constitué — tube et culasse — recule d'un bloc sous l'effet du tir. Des freins hydrauliques opposent à ce mouvement de recul un effort convenablement réglé; des ressorts (métalliques ou pneumatiques) ramènent l'ensemble à sa position initiale.

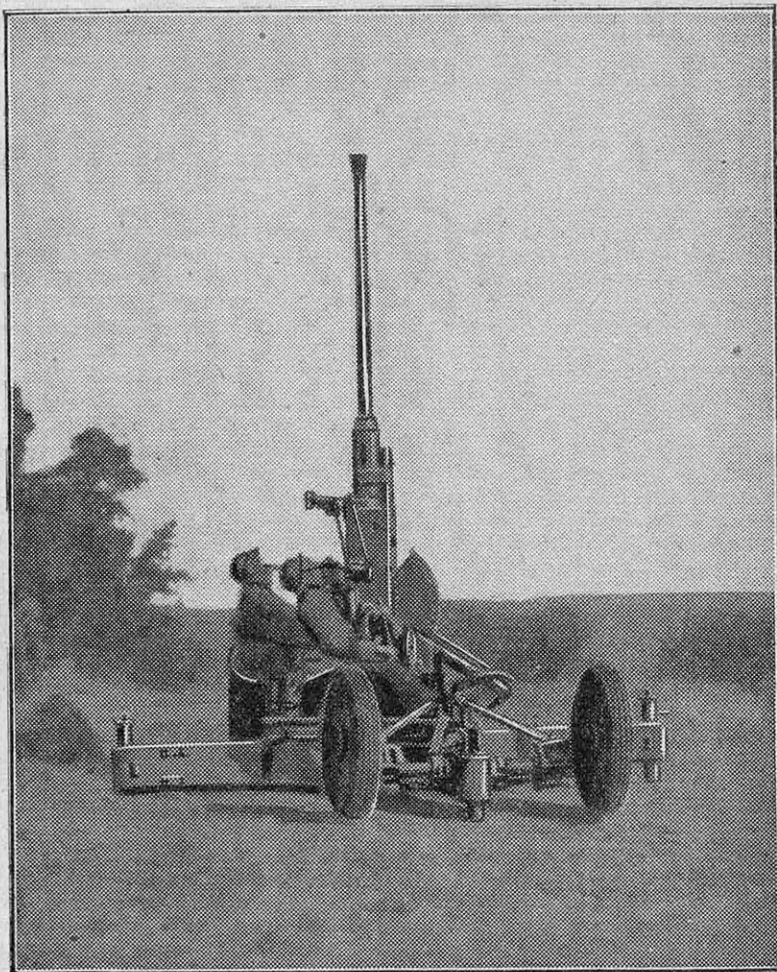
Mais cet ensemble est lourd; sa vitesse de recul n'est plus très élevée. De plus, pour diminuer les réactions sur l'affût, la longueur du mouvement de recul doit être relativement considérable. La durée du mouvement de va-et-vient du canon, à chaque coup, devient alors beaucoup plus forte que dans la mitrailleuse.

Un canon automatique a donc bien, inéluctablement, une cadence de tir beaucoup plus faible qu'un canon-mitrailleuse.

En fait, un canon automatique n'est qu'un canon ordinaire auquel on aura ajouté, comme après coup, certains dispositifs mécaniques qui remplacent plus ou moins les servants du peloton de pièce classique. L'automatisme peut être plus ou moins parfait, pourrait-on dire. Quand les servants se bornent, comme sur le canon Bofors de la figure 7 à introduire des chargeurs dans le mécanisme, cet automatisme est complet; sinon le canon est dit « semi-automatique » : nous en verrons des exemples plus loin.

C'est principalement dans le tir antiaérien que se fait sentir la nécessité des grandes cadences

de tir, donc de l'emploi des canons automatiques. Et l'on sait que la portée utile des projectiles est d'autant plus grande que ces projectiles sont plus lourds, c'est-à-dire de plus gros calibre. Pour pouvoir combattre, d'aussi loin que possible, des avions qui viennent attaquer, par exemple, un navire de guerre, il faut sentir un accroissement de calibre des armes. On est donc pris dans un dilemme : si l'on augmente le calibre, on augmente bien les pro-



T W 40084

FIG. 7. — CANON AUTOMATIQUE SUÉDOIS « BOFORS » DE 40 MM

*La vitesse initiale de cette arme est de 950 m/s. Elle tire des obus explosifs du poids de 1 kg à raison de 120 à 140 coups par minute. L'alimentation s'effectue par chargeurs de 10 cartouches.*

priétés balistiques de l'arme, mais on fait décroître sa cadence de tir.

On peut éluder la difficulté en multipliant le nombre des canons automatiques qui tirent ensemble sur le même objectif. Afin de simplifier le pointage on les groupe sur le même affût : on obtient le « jumelage » principalement utilisé à bord des bâtiments cuirassés, et dont le cinéma a répandu à profusion la silhouette bien particulière. On arrive ainsi à grouper, sur la même plate-forme, qui sera télécommandée en général, six ou même huit canons automatiques de 40 mm.

Un autre artifice fut essayé pour accroître

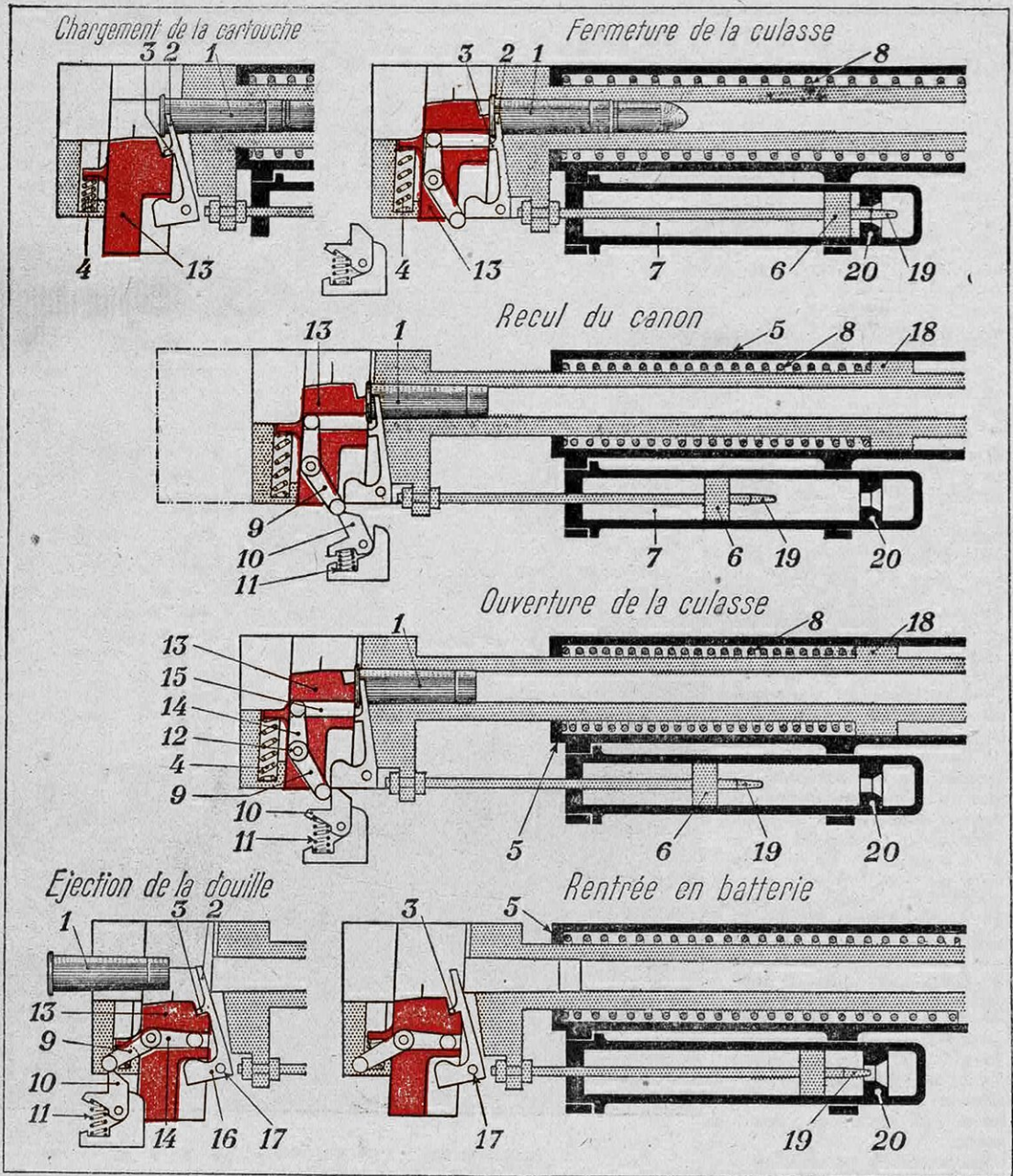


FIG. 8, 9, 10, 11, 12 ET 13. — SCHÉMA DE PRINCIPE MONTRANT LE FONCTIONNEMENT D'UNE CULASSE AUTOMATIQUE

Chargement de la cartouche : le bourrelet arrière de la douille 1 entraîne les doigts extracteurs 2 qui, pivotant autour de leur axe lié au tube libèrent le bloc culasse 13 de son crochet 3. Fermeture de la culasse : Ce bloc culasse remonte alors sous l'action du ressort 4 et dans ce mouvement pousse à poste la cartouche 1 grâce à sa forme en coin à la partie supérieure. Recul du canon : Le coup parti, le canon recule sur sa glissière 5, retenu par le piston 6 du frein à liquide 7 placé à sa partie inférieure, comprimant en même temps le ressort 8 récupérateur, avec la bague 18 fixée au canon. Au passage, le levier 9 d'ouverture de la culasse fait basculer sa butée d'ouverture 10, qui s'efface et est rappelée par son ressort 11. Ouverture de la culasse. Le canon rentre en batterie, rappelé par son ressort récupérateur 8. Au cours de ce mouvement, le levier 9 d'ouverture de culasse rencontre par sa partie inférieure la butée d'ouverture 10 qui le fait tourner sur son axe 12, entraînant vers le bas le bloc-culasse 13 par un levier 14. Ce dernier porte un galet qui roule dans une rainure 15 du bloc culasse. Ejection de la douille : Le bloc-culasse 13 descend et bute sur le talon d'extraction 16. Ce dernier oscille sur son axe 17 et les doigts supérieurs de l'extracteur 2 éjectent la douille 1. Rentrée en batterie : Le levier 9 échappe le butoir 10. Le bloc-culasse est rappelé par le ressort 4 (qu'il a comprimé dans sa descente) jusqu'au crochet 3. Le canon termine sa rentrée, freiné par le tampon de choc 19 pénétrant dans l'étranglement 20.

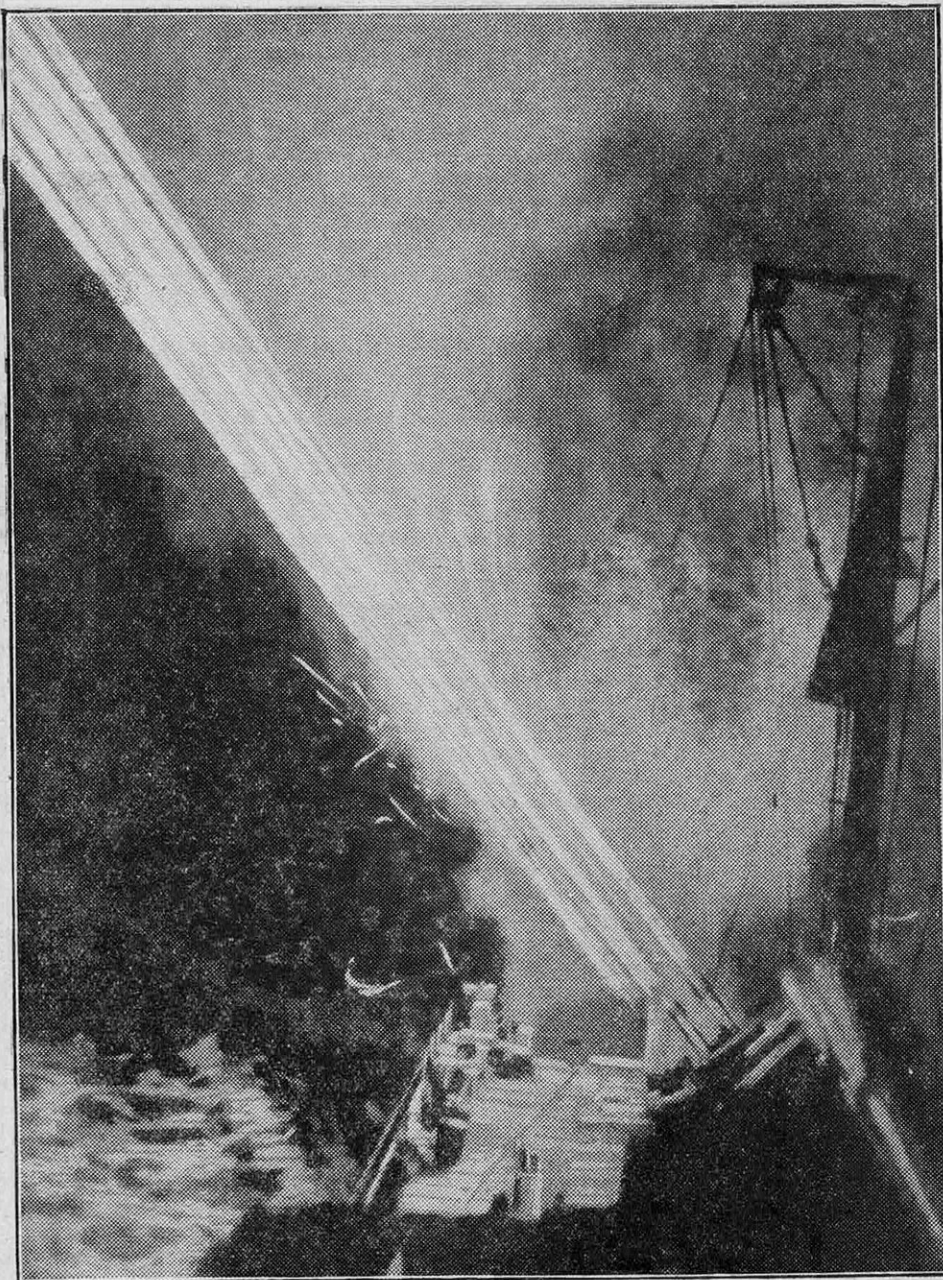
l'efficacité des armes contre avions : c'est le « canon multi-tube ». Imaginons un faisceau de seize tubes du calibre de 25 mm par exemple, juxtaposés de manière à former quatre rangées horizontales de quatre tubes. Si les axes de ces tubes sont non pas parallèles, mais légèrement divergents, on voit que les seize projectiles, partant simultanément, vont constituer une sorte de filet, à mailles suffisamment serrées, qui viendra s'abattre sur l'avion visé. Une décharge d'une telle arme est équivalente au tir d'un canon automatique, convenablement pointé, dont la cadence est suffisante pour que deux coups successifs rencontrent la trajectoire de l'avion en deux points distants l'un de l'autre d'une quantité inférieure à la longueur de cet avion.

### La culasse des canons à automatisme plus ou moins poussé

C'est donc de l'organisation générale du « canon » qu'il faudra partir pour établir un matériel automatique ou semi-automatique de calibre au moins égal à 40 mm; la culasse sera par conséquent invariablement liée au tube dans ses mouvements de recul et de rentrée en batterie.

L'expérience montre d'ailleurs que ce qui est le plus facile à réaliser sur un canon, dans la voie de l'automatisme, c'est le fonctionnement de la culasse. On dit que la culasse d'un canon est « automatique » quand elle se ferme d'elle-même, par le fait qu'on introduit la cartouche dans la chambre et que, après le départ du coup (qui peut être provoqué, très facilement aussi, par la fermeture de la culasse), elle s'ouvre d'elle-même en éjectant de l'âme la douille vide de la cartouche.

Les figures 8 à 13 indiquent le schéma de principe du fonctionnement de toutes les culasses automatiques existantes.



T W 40085

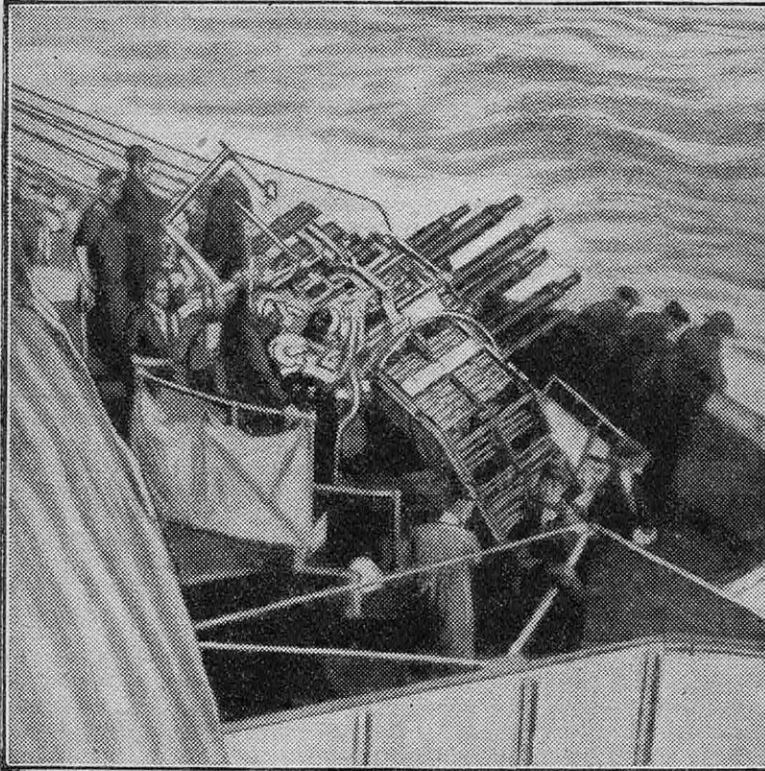
FIG. 14. — TIR DE NUIT D'UN GROUPE DE CANONS DE D. C. A. SUR AFFUT QUADRUPLE A BORD D'UN BATIMENT D'ESCORTE D'UN CONVOI ALLEMAND

La cartouche, chargée de provoquer le déclenchement de la culasse lors de son introduction dans l'âme, comporte ici une douille à bourrelet : le fond de la douille porte, à son extérieur, un épanouissement circulaire, qui fait saillie et qui accrochera, au passage, les bords des extracteurs. C'est cette poussée de la douille sur ces extracteurs qui va les faire basculer, et libérer le coin de culasse qui ne demande qu'à remonter sous l'effet de son ressort récupérateur.

A la rentrée en batterie, la rotation de la manivelle de culasse est provoquée par son choc sur une butée portée par le berceau du canon.

Au bas de sa course, le coin de culasse heurte les talons des extracteurs; ces derniers basculent, éjectent la douille par poussée sur le bourrelet et viennent accrocher le coin à cette position. Pendant ce mouvement d'ouverture du coin, le ressort récupérateur de culasse s'est comprimé; la culasse est prête à recevoir une nouvelle cartouche.

Bien entendu, la culasse peut être à déplacement vertical du coin, comme sur la figure 8, ou à déplacement horizontal, ou même orientée dans une position intermédiaire, comme sur certains canons de D.C.A. japonais.



T W 40086

FIG. 15. — « POM-POM » OCTUPLE SUR LE PONT D'UNE UNITÉ BRITANNIQUE  
Ces canons automatiques, d'un calibre de 40 mm, ont été groupés par la marine britannique par 4, 6 ou 8 sur un même affût. La puissance de feu d'un tel ensemble est considérable, mais exige des aménagements spéciaux, étant donnée son énorme consommation de munitions. On jugera, sur cette photographie, de l'encombrement des dispositifs d'alimentation. Aussi les pom-pom octuples ne peuvent-ils guère être installés que sur les grosses unités.

Un canon muni d'une telle culasse, et où, par conséquent, la manipulation des cartouches, jusqu'à leur introduction dans l'âme, nécessite la présence d'un servent (le servent chargeur), est dit « semi-automatique ».

Les avantages du semi-automatisme sont considérables, eu égard surtout à la très faible complication mécanique qu'il entraîne pour un canon de petit ou de moyen calibre. Il diminue la fatigue des servants, en leur évitant la manœuvre du bloc de culasse; il accélère la cadence du tir, par le fait que, lorsque le tube est revenu à sa position de batterie, la culasse est de nouveau prête à recevoir une autre cartouche. Enfin, on remarquera qu'il est très facile de mettre hors de circuit les quelques pièces du mécanisme qui assurent l'automatisme (ressort

récupérateur de culasse, butée et cames d'ouverture de coin), en cas d'incident, et de faire fonctionner à la main la culasse, comme une culasse ordinaire.

Les canons du calibre de 75 mm que l'on a munis d'une culasse semblable, *voient augmenter d'un tiers leur cadence de tir.*

### L'automatisme pour les canons de moyen calibre

Le canon semi-automatique est donc relativement facile à réaliser, quel que soit, à peu près, le calibre; il suffit que la munition soit encartouchée.

Il est par contre beaucoup plus délicat d'adjoindre à une culasse à ouverture et fermeture automatiques les mécanismes d'alimentation en cartouches qui caractérisent le canon automatique. Il faut en effet que, comme pour un canon-mitrailleuse, les cartouches se présentent l'une après l'autre d'une façon rigoureusement correcte devant le refouloir qui se charge de les enfourner dans l'âme. La complication mécanique de l'ensemble devient énorme et incompatible avec les nécessités du champ de bataille, pour les canons d'artillerie de campagne.

Mais il y a plus.

Alors que le canon du calibre de 40 mm ne tire que des obus percutants, le canon de calibre plus élevé devra en général tirer des projectiles fusants, du moins en D.C.A., qui est le domaine de prédilection des matériels automatiques. Ce calibre de 40 mm qui marque déjà une limite dans l'emploi des principes de la mitrailleuse, pour l'organisation du matériel, est aussi la limite pratique à partir de laquelle le tir contre avions nécessite des projectiles beaucoup plus compliqués.

Le canon de campagne de D.C.A. de moyen calibre ne sera donc, de ce fait, qu'un canon semi-automatique. On lui adjoint tout ce qui, sans trop de complication, sera susceptible d'augmenter sa cadence de tir, mais on ne pourra aller bien loin dans cette voie.

On posera, par exemple, la cartouche sur une sorte de civière, sans l'enfourner dans l'âme directement à bras. Cette civière, placée sur le côté du canon, une fois garnie d'une cartouche, sera poussée vers l'axe du canon par le servent. La fin de ce mouvement de basculement déclenchera un « refouloir » — piston poussé par un ressort qui s'est trouvé bandé par l'énergie du recul du coup précédent — qui poussera la cartouche dans le tube. La figure 16 montre un tel agencement de « refouloir ». Elle est analogue dans toutes ses autres

parties à la figure 8 dont on retrouve là les principaux organes, sous une forme légèrement différente.

C'est sur un schéma analogue que sont organisés les canons des véhicules blindés. Ils sont généralement montés en tourelle pour pouvoir battre le tour d'horizon complet. Or la place dont on y dispose est forcément restreinte, afin de faire une tourelle aussi peu vulnérable et aussi légère que possible. C'est donc le canon semi-automatique qu'on y trouvera en général.

pourra demander à la seule énergie développée par le départ du coup de canon d'assurer le fonctionnement de l'ensemble des systèmes d'approvisionnement des cartouches; il faudra avoir recours à des moteurs auxiliaires alimentés par des sources extérieures d'énergie. De plus un canon de 40 mm automatique, par exemple, forme un ensemble dont tous les organes délicats sont facilement protégés par des carters étanches, contre la pluie, la poussière, la boue, la rouille, tous ces ennemis de la mé-

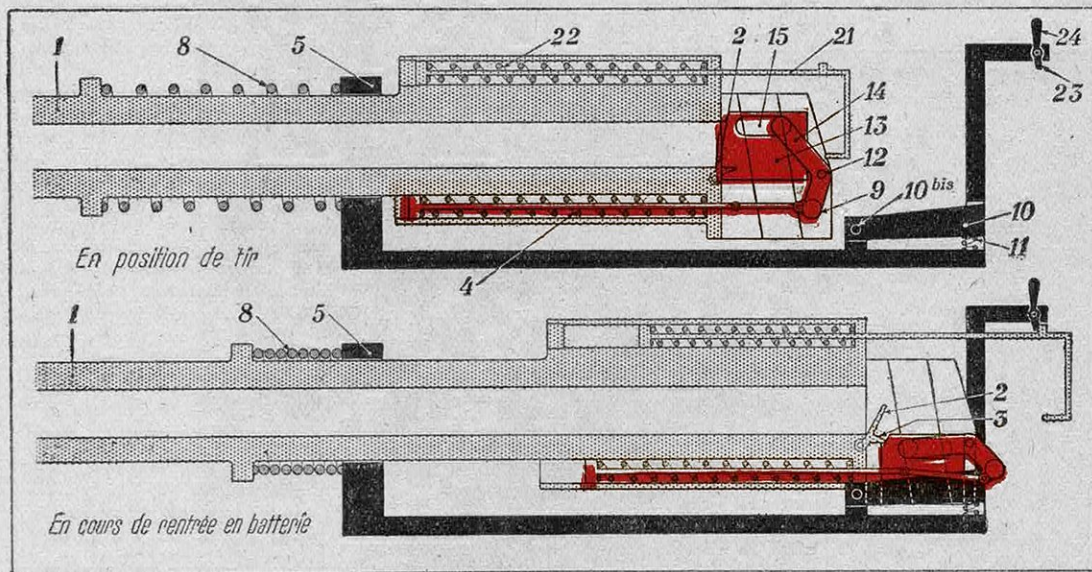


FIG. 16 ET 17. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN CANON SEMI-AUTOMATIQUE

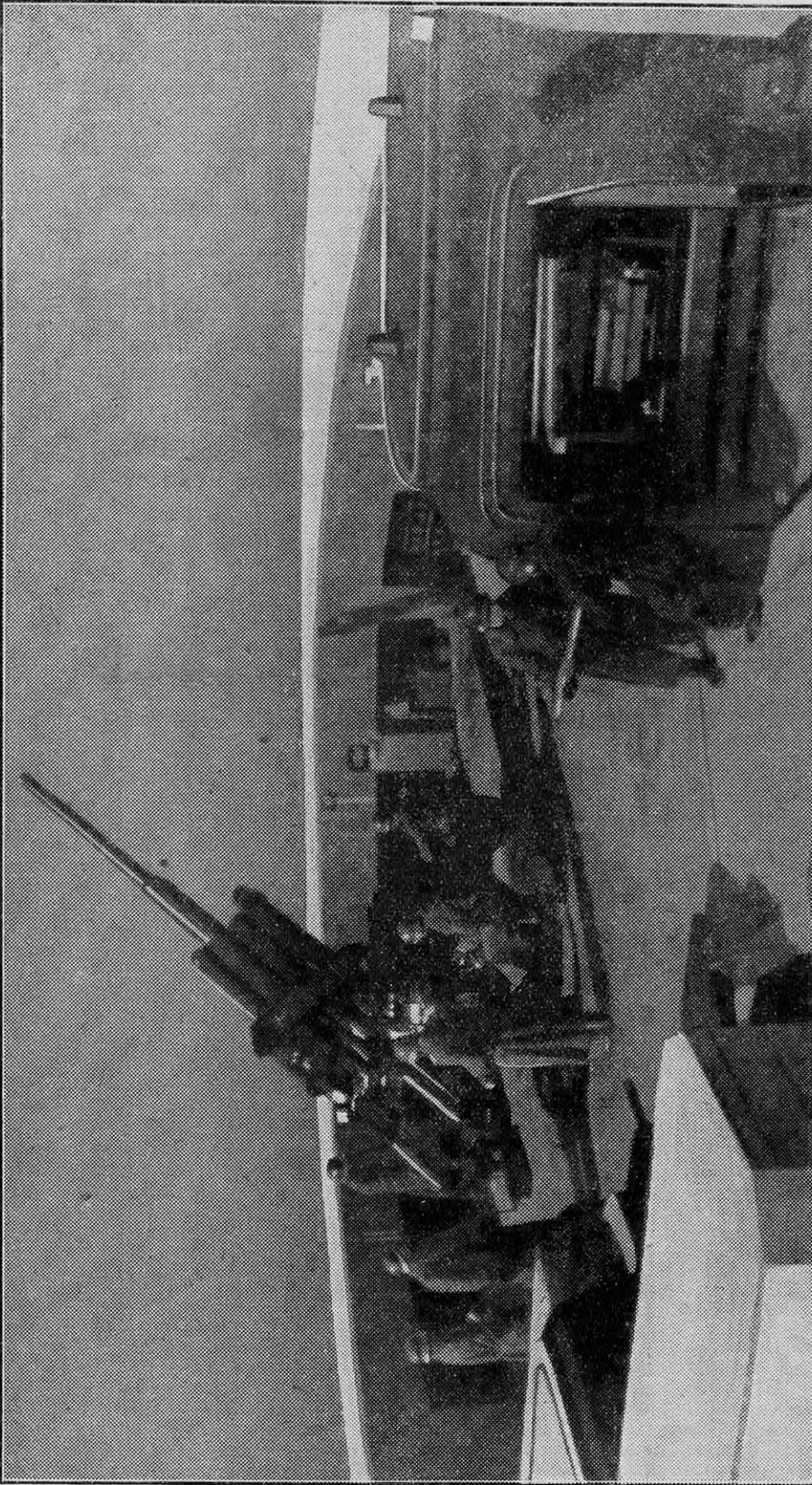
Le tube recule dans le bâti 5 en comprimant le récupérateur 8. La culasse 13 est un coin capable d'effectuer un mouvement transversal par rapport au tube. Ce mouvement est produit par l'action du levier 14, articulé en 12 sur le manchon porte-culasse fixé au tube. Le levier 14 porte une tête qui glisse dans la rainure 15 de la culasse et un galet 9 : il est constamment rappelé dans sa position haute par le ressort 4. Sur le tube est fixé un refouloir 21, rappelé par un ressort 22. Après le départ du coup, le tube recule, culasse fermée, jusqu'au bout de la course permise qui doit être supérieure à la longueur de la cartouche. Pendant le recul, le galet 9 du levier 14 rencontre la rampe de la came d'ouverture 10, articulée en 10 bis sur le bâti et la force à s'effacer : le ressort 11 ramène la came 10 vers le haut aussitôt après le passage du galet 9. Le refouloir 21 est entraîné avec le tube. Après recul complet, l'ensemble est ramené vers l'avant par le récupérateur 8, la culasse étant encore fermée. Dès le début de la course de rentrée, le galet 9 vient buter contre le talon de la came 10 qui l'immobilise : la continuation du mouvement de rentrée oblige alors le levier 14 à tourner en ouvrant la culasse, ce qui fait basculer l'extracteur 2 et expulse la douille. La culasse est alors accrochée par le bec 3 de l'extracteur, qui l'empêche de se refermer malgré l'action du ressort 4, et bien que le galet 9, ayant franchi la came 10, soit désormais libre. Le refouloir 21 a été accroché en fin de recul par le bec 23 du levier de chargement. L'ensemble se trouve en position de tir, culasse maintenue ouverte par l'extracteur et refouloir armé. On pose une cartouche sur une planchette d'attente non représentée, et on appuie sur la poignée 24 du levier de chargement. Le refouloir 21 ainsi libéré se porte en avant sous l'action du ressort 22 et lance la cartouche dans la chambre : son collet vient buter contre l'extracteur et le déplace en libérant la culasse 13 qui se ferme sous l'action du ressort 4 et du levier 14. Suivant les cas, le coup part automatiquement dès fermeture de la culasse ou seulement par l'action d'une gâchette à main. Les chiffres des figures ci-dessus sont à rapprocher de ceux des figures 8 à 13 et concernent des pièces jouant des rôles homologues dans les deux réalisations.

Et pourtant, il semble bien qu'un automatisme très poussé serait désirable pour ce genre d'artillerie. Le combat que livre un char contre d'autres chars, ou contre des canons antichars, est un duel à mort, forcément très bref, où il n'aura le dessus que s'il a pu expédier une bordée de quelques obus de rupture, à cadence très vive, bien ajustée, en profitant de l'effet de surprise et du désarroi qu'il produit en se démasquant tout à coup.

De toute façon, un matériel de moyen calibre — de 75 à 150 millimètres, pour fixer les idées — ne pourra être doté d'un dispositif complet d'automatisme que si certaines conditions sont réalisées. En premier lieu, on ne

canique qui forcent les combattants à n'utiliser que des armes d'un entretien très facile. Il ne saurait en être de même pour de plus gros engins, où tous les organes doivent rester très accessibles et sont très volumineux du fait des masses parfois énormes qui sont mises en mouvement pendant leur fonctionnement. Mais il est une catégorie de matériels — les matériels marins — où l'automatisme complet a pu être réalisé pour des calibres relativement considérables.

C'est en effet à bord d'un bâtiment cuirassé que se trouvent réunis, à la fois, la nécessité d'une grande cadence du tir et les facteurs favorables à sa réalisation. Ne considérons que



T W 40087

FIG. 18. — PIÈCE LOURDE ALLEMANDE DE 105 MM POUR LA D. C. A. ÉLOIGNÉE

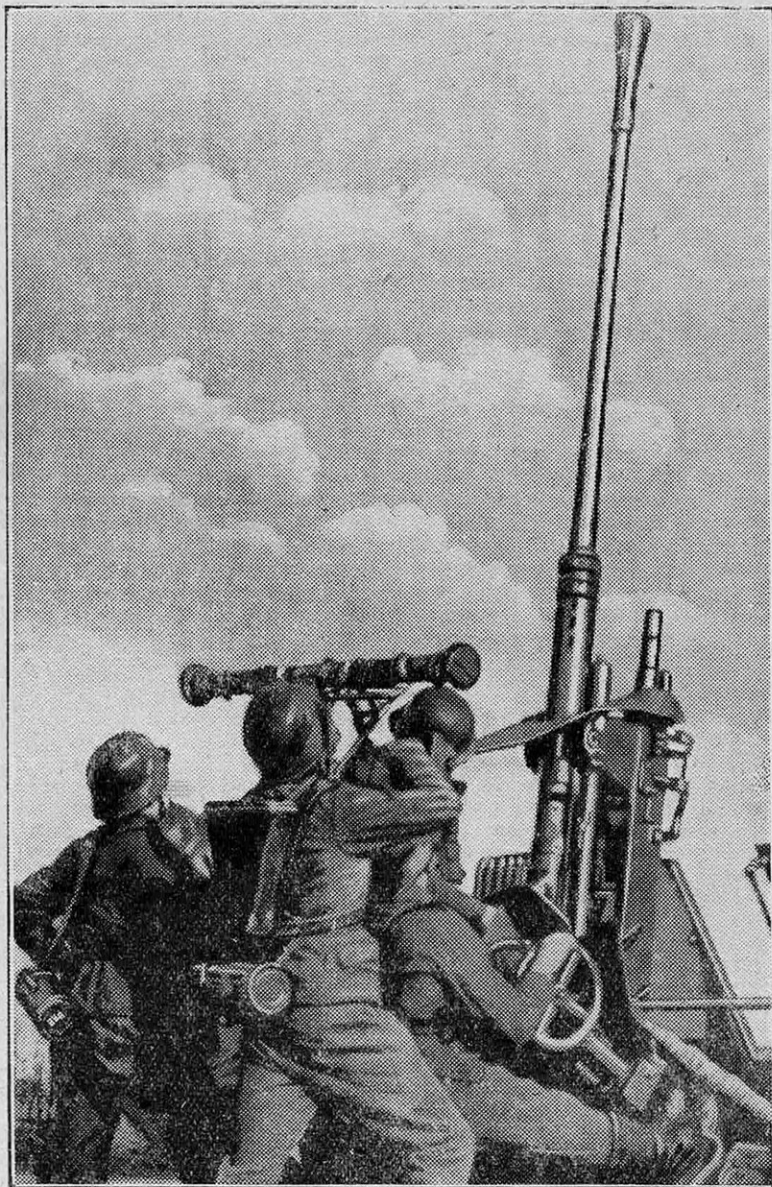
Le chargement de cette pièce s'effectue mécaniquement. La cartouche, qui pèse 24 kg environ, est posée sur une citière, à l'arrière et à gauche du canon. Elle est poussée par le servant vers l'axe du tube où un « refouloir » pousse la cartouche à poste. La fermeture automatique de la culasse provoque l'éjection sur le côté de la citière. On remarquera la présence d'une plate-forme qui est liée à la partie pivotante de l'affût; elle porte en particulier le servani-chargeur. Les indications d'angle de tir et d'azimut sont transmises électriquement aux pointeurs à partir d'un poste central de tir. Le « réglor » pour les fusées est sur le flanc gauche de l'affût. On voit au premier plan, à droite, l'arrivée du monte-charge apportant les munitions sur la plate-forme où la pièce ci-dessus est en batterie.



l'artillerie secondaire d'un vaisseau de ligne, un cuirassé de 35 000 tonnes par exemple, en laissant de côté l'artillerie principale, dont l'étude nous entraînerait trop loin. On sait que sur de tels navires, cette artillerie secondaire est placée en tourelles multiples. Son rôle actuel est double : elle doit tirer contre but flottant — bâtiments légers tels que torpilleurs, sous-marins — et contre avion. Le tir contre but flottant ne nécessite pas de très grands angles de tir en hauteur; la munition est relativement simple, puisque l'obus est un projectile de rupture dont la fusée n'a à subir aucun réglage avant le départ du coup. Par contre, la cadence du tir doit être aussi grande que possible, évidemment. Pour ce qui est du tir contre avions, les sujétions sont plus graves. Les tubes doivent pouvoir prendre des inclinaisons de 60 ou même de 70 degrés; ils devraient même pouvoir aller jusqu'à la verticale. Le projectile est fusant, c'est-à-dire que toute cartouche, en provenance des soutes, doit, avant d'être introduite dans l'âme du canon, passer dans le « régloir » qui ajustera la fusée de l'obus explosif, et la cadence du tir sera encore une des conditions essentielles de son efficacité.

Il est donc indispensable, tactiquement parlant, que l'automatisme des pièces de ces tourelles d'artillerie secondaire soit aussi complet que possible. Déjà, dans un char, la poussière et la boue sont moins à craindre que sur la position de batterie de l'artillerie non blindée du champ de bataille. Sur un bâtiment, elles le sont moins encore, et les marins disposent de plus de temps, d'un personnel plus nombreux et plus spécialisé pour l'entretien du matériel. Enfin, un bâtiment porte dans ses flancs une véritable usine productrice d'énergie. La difficulté du problème sera de réaliser une machinerie aussi peu volumineuse que possible dans la tourelle, car la place disponible est aussi marchandée aux ingénieurs chargés de l'organisation de l'artillerie, qu'elle l'est dans la chambre de tir d'un véhicule blindé.

Voici comment est organisée une des pièces des tourelles d'artillerie secondaire d'un navire de bataille moderne. Le calibre est voisin de 130 mm pour un bâtiment de 27 000 tonnes. La cartouche correspondante pèse environ 50 kg, et l'on voit que sa manœuvre à bras, surtout



T W 40088

FIG. 19. — UN CANON AUTOMATIQUE ALLEMAND DE 37 MM EN BATTERIE  
*Cette arme est approvisionnée en munitions, logées dans des chargeurs de six cartouches, par deux pourvoyeurs. Son plafond pratique est de 4 000 m.*

pour les grandes inclinaisons du tube nécessitées pour le tir contre avions, serait très difficile.

Chaque pièce de la tourelle est entièrement autonome.

Le mécanisme destiné au tir des obus de rupture est porté, par exemple, par la partie gauche de l'affût; celui des obus de D.C.A. par la partie droite.

L'approvisionnement de la pièce en munitions doit donc être double. Il est assuré, pour chaque genre de munition, par un « circuit d'alimentation », dont le point de départ est la soute aux munitions et le passage obligé par le centre de la cuve de la tourelle. Chaque cir-

cuit est constitué par une *noria* contenue dans un fourreau ayant sensiblement le diamètre maximum de la cartouche, et dont les plateaux sont espacés d'un peu plus de sa longueur. Cette première partie du circuit constitue « l'élévateur ». Dans la soute aux munitions, aussi isolée que possible de l'intérieur de la tourelle, pour des raisons évidentes de sécurité, des servants approvisionnent les plateaux de chaque élévateur. Si la tourelle est triple, il y a donc six élévateurs, deux par pièce.

Chaque *noria* est mue par un moteur électrique. Au départ de chaque coup de canon, pour la pièce considérée, un déclencheur met en marche ce moteur, qui s'arrête quand la chaîne de la *noria* a avancé de la longueur comprise entre deux plateaux : une cartouche nouvelle arrive dans la tourelle.

Au débouché de l'élévateur dans la tourelle, la cartouche est ainsi poussée par la *noria* dans un fourreau vertical dont la partie supérieure porte le « régloir ». L'ogive du projectile se trouve donc engagée, sans manœuvre spéciale, dans le mécanisme qui doit en régler la fusée. Le fourreau peut basculer autour d'un axe qui passe sensiblement par les tourillons de la pièce, sous l'effet d'un ressort qui se déclenche quand la *noria* de l'élévateur a poussé à fond la cartouche à poste. *C'est pendant ce mouvement de basculement, qui ne s'arrêtera que lorsque le fourreau sera parallèle au canon, que le mécanisme du régloir entraîne un ergot porté par la fusée du projectile, et lui donne ainsi le « réglage » voulu.* Ce « réglage » lui-même est donné au régloir, d'une façon continue, par le poste central de tir, qui calcule les éléments de tir pour les différentes pièces.

La fin du mouvement de bascule libère un ressort porté par ce fourreau, qui avait été comprimé par la cartouche elle-même au moment où elle était poussée par la *noria* de l'élévateur. Il expédie la cartouche dans la civière de chargement fonctionnant de la même manière que celle à laquelle nous faisons allusion plus haut, à propos du matériel de 105 mm (fig. 18), ainsi que la culasse, qui est automatique.

On voit que tout cet ensemble est assez compliqué. Tous les ressorts qui communiquent à la cartouche l'énergie nécessaire à sa course complète, depuis l'élévateur jusqu'à la culasse, doivent avoir été bandés au départ du coup précédent. L'énergie qu'ils emmagasinent ainsi doit être toujours suffisante, quels que soient l'angle de tir et les frottements dus au mouvement de la tourelle, pour que l'approvisionnement de la pièce soit toujours assuré. Aucun mouvement partiel ne doit commencer avant que le précédent ne soit terminé et *amorti* (les rebondissements des pièces sont les causes les plus fréquentes des ratés des mécanismes automatiques); il faut donc prévoir des *verrous* pour chacun de ces mouvements. On se doute facilement que la mise au point d'un tel ensemble ne soit pas simple. Mais la cadence de tir que procure cet automatisme est énorme, eu égard au calibre des pièces : une quinzaine de coups à la minute.

Le pointage est assuré mécaniquement par des moteurs, télécommandés à partir du poste central de tir contre avions du bord. Mais la présence d'un nombre assez grand de servants reste évidemment nécessaire dans la tourelle, ne serait-ce que pour effectuer les mouvements non automatiques (passage par exemple du tir à obus de rupture au tir de D.C.A., et inversement), surveiller le fonctionnement de la machinerie, etc...

### D.C.A. et automatisme

Il est certain que pour la défense contre avions d'objectifs particulièrement précieux — comme les bâtiments cuirassés d'une flotte, les écluses d'un canal de haut intérêt stratégique, — le besoin se fera toujours sentir d'une artillerie qui soit à la fois puissante par son calibre, sa vitesse initiale, sa forte cadence de tir et la mobilité de son pointage. Le rôle de l'artillerie antiaérienne d'un cuirassé n'est pas tant de détruire des bombardiers que de les empêcher de placer utilement leurs bombes. Et ce but sera d'autant mieux atteint que l'artillerie sera plus nombreuse. Il faut d'abord agir de loin, afin de désorganiser les escadrilles attaquant, les forcer à prendre de la hauteur, c'est le rôle d'une artillerie de calibre élevé, à grande vitesse initiale, à cadence de tir aussi rapide que possible. Il faudra aussi parer aux attaques rapprochées, venant d'avions qui ont réussi à passer les barrages de l'artillerie lourde, ou d'avions torpilleurs — c'est le rôle des canons-mitrailleuses, des canons automatiques, qui tirent des projectiles percutants à des cadences de plusieurs centaines de coups à la minute et qui sont suffisamment maniables pour avoir de grandes vitesses et de grandes accélérations dans les déplacements de leurs trajectoires.

L'accroissement de l'efficacité de l'artillerie de D.C.A. devra donc être réalisé par l'augmentation des cadences et par l'application de l'automatisme à des calibres de plus en plus considérables.

Les progrès dans cette double voie peuvent venir, d'abord, d'inventions nouvelles. Mais les techniques déjà existantes peuvent se perfectionner : la guerre actuelle en fournit la preuve par l'accroissement quotidien des performances des engins dont les hommes se servent pour se détruire mutuellement.

Les techniques de l'artillerie proprement dite sont évidemment les premières dont on attendra du nouveau : poudres et explosifs plus puissants, fusées à réglage instantané ou à fonctionnement télécommandé sur la trajectoire, freins de bouche plus efficaces, douilles combustibles...

Et les techniques industrielles doivent progresser de pair : amélioration des performances des moteurs, meilleure résistance à l'usure des aciers à canon, plus grande résistance des aciers spéciaux...

Tout se tient, en effet, dans le progrès technique, et doit marcher de front.

Ch. DE GLATIGNY.

Nos recherches n'ont point atteint les bornes de l'esprit humain; limitées par les connaissances actuelles, elles ont au-dessus d'elles l'immense région de l'inconnu. Le savant ne doit pas s'arrêter en chemin, il doit toujours chercher.

Cl. BERNARD.

# COMMENT ON TOURNE UN FILM DE MAQUETTES ANIMÉES

par Pierre BRARD  
Cinéaste diplômé E. T. C.

*Les films de « maquettes animées » transposent dans l'espace l'illusion du mouvement que procure le dessin animé. Aux personnages à deux dimensions tracés et coloriés sur les « cels » se substituent des personnages articulés à trois dimensions dont l'animation exige des précautions minutieuses et une dextérité hors de pair. Comme le cinéma ordinaire, cette technique se prête à tous les effets d'éclairage et, mieux que lui, aux trucages les plus audacieux. Le domaine des maquettes animées s'étend de la fantaisie la plus libre à l'illustration des thèmes musicaux et à la vulgarisation scientifique.*

**L**A technique du dessin animé présente de nombreux points communs avec celle des maquettes animées. Par contre, l'esprit, l'ambiance, les possibilités, l'effet cherché dans les films de maquettes et ceux de dessins animés sont très différents.

Dans le dessin animé, les personnages évoluent dans un plan, toujours plus ou moins plaqués contre un décor dessiné; par conséquent les ombres de ces personnages n'existent pas en fait et sont elles-mêmes dessinées avec plus ou moins de bonheur. Ces ombres synthétisées et simplifiées au maximum concourent à donner une certaine illusion de relief. Le dessin animé est donc d'abord un dessin, et seulement d'une manière accessoire de l'art photographique et de la cinématographie.

Au contraire, les films de maquettes animées sont aussi étrangers au dessin que les grands films ordinaires et font un appel beaucoup plus large à l'art photographique — à la technique cinématographique et tout particulièrement aux trucages. Ces films se rapprochent cependant des dessins animés par deux points :

1° L'échelle réduite des personnages et des décors;

2° La technique de prise de vues « image par image » nécessaire pour donner la vie aux poupées, héros de ces films lilliputiens.

Mais il ne s'agit plus seulement de tracer une simple série de dessins habilement coloriés et différents les uns des autres, il faut dresser des décors en « volumes » à une échelle réduite et créer de minuscules personnages articulés et expressifs.

On conçoit facilement les immenses difficultés qui attendent ceux qui se consacrent à une telle tâche. Les Russes se sont spécialisés dans ces travaux de grande patience.

Le créateur du genre est Starevitch qui, en 1913, présenta au Tsar sa première comédie de marionnettes animées : « La cigale et la fourmi ». Après quelques autres films d'une virtuosité prodigieuse, il présenta : « La petite chanteuse des rues », où un personnage humain, réel, apparaissait parfois dans un décor de féerie, peuplé d'animaux fantastiques évoluant dans des paysages sous-marins. Si l'on songe que le

personnage humain était évidemment cinématographié à la vitesse normale de 16 ou 24 images à la seconde, alors que les animaux fantastiques étaient photographiés « image par image » et que l'attitude de chacun d'eux était modifiée après chaque prise de vues d'une seule image, de manière à reconstituer l'illusion du mouvement, on ne s'étonnera pas qu'il ait fallu au patient Starevitch (aidé de toute sa famille) plus de 10 ans pour réaliser son « Roman de Renart » qui reste le chef-d'œuvre de ces films si particuliers.

## La technique et les trucages dans les films de « maquettes animées »

Les personnages de tels films sont généralement des poupées articulées susceptibles de prendre toutes les attitudes voulues par leur animateur. C'est ainsi que les yeux sont mobiles ainsi que les sourcils, les phalanges des doigts, etc., bref, tous les éléments physiques du corps ayant une valeur expressive. Mais on ne saurait remplacer à si peu de frais l'infinie souplesse du corps humain pour exprimer avec finesse les sentiments les plus divers.

On dispose par contre des immenses ressources de l'art des éclairages en vue de leur adaptation minutieuse à l'ambiance à créer, dramatique, joyeuse ou mystérieuse, et de la technique cinématographique pour la réalisation des trucages les plus audacieux. En voici un exemple :

Dans une salle de cinéma, deux personnages, le professeur Toc et son Robot assistent à une représentation. On les voit de dos, en premier plan; en dernier plan, l'écran sur lequel se déroule une scène représentant un homme et une femme se préparant à déguster un plantureux repas... Le Robot se lève, se dirige vers l'écran; arrivé à sa hauteur, il arrache à l'image animée le plat convoité, se retourne et le rapporte au digne professeur.

Autre exemple, plus simple celui-là : Le professeur Toc a envoyé son fidèle Robot à la recherche de fruits exotiques... De son laboratoire encombré d'appareils étranges, il suit les péripéties du voyage de son serviteur — nou-

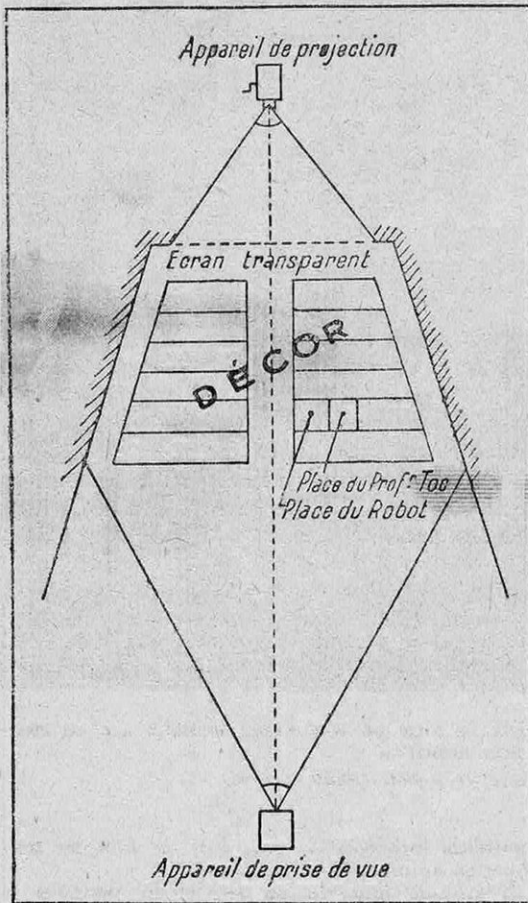


FIG. 1. — LA DISPOSITION DES APPAREILS DE PROJECTION ET DE PRISE DE VUES AINSI QUE DES PERSONNAGES ANIMÉS POUR UN TRUCAGE PAR TRANSPARENCE

vel explorateur — au moyen de son « Télé-Toc », appareillage en tous points admirable qui s'apparente à un récepteur de télévision perfectionné (fig. 2).

Voici comment ces deux trucajes ont été réalisés au moyen d'une « transparence » habilement combinée à des prises de vues normales et « image par image ».

Premier trucaje : un film représentant deux acteurs humains se préparant à déjeuner a été pris à la vitesse normale de 24 images à la seconde.

D'autre part, on a construit un décor lilliputien représentant l'intérieur d'une salle

de cinéma avec fauteuils, écran, etc. Mais cet écran est transparent (fig. 1).

Devant l'écran, l'appareil de prise de vues (image par image), et, tourné vers lui, l'ensemble du décor représentant l'intérieur de la salle de spectacle avec, assis sur deux fauteuils face à l'écran, le Robot et Toc. D'autre part, derrière le décor, un appareil de projection (image par image), lequel a été chargé avec le film précédemment impressionné, tiré, etc., représentant le repas des deux « humains ».

Une fois le rapport des éclaircissements entre la scène de la salle de cinéma et celle représentée par transparence sur l'écran de projection déterminé, l'animateur-metteur en scène s'est penché vers ses poupées minuscules (10 cm de hauteur environ), il a modifié très légèrement l'attitude du Robot assis, pour lui donner une position correspondant à l'effort que fournit quelqu'un qui se prépare à se lever de son siège, puis il s'est retiré du décor; l'appareil de projection chargé et éclairé projette sur l'écran une image du film. Enfin, une image cinématographique représentant à la fois l'ensemble de la scène et l'écran illuminé par l'image projetée est enregistrée par l'appareil de prise de vues.

De nouveau, l'animateur se penche vers le Robot, modifie très légèrement son attitude pour accentuer sa position. Puis il tourne très légèrement la tête du professeur vers son Robot afin de lui donner l'attitude de quelqu'un d'étonné. Enfin l'animateur se retire du décor. A ce moment, une deuxième image du film de l'appareil de projection est substituée à la première, puis une deuxième image est enregistrée à la prise de vues et ainsi de suite jusqu'à la fin de la scène... Une suite de scènes composant la totalité du film aboutira à environ 20 000 manœuvres de ce genre!

Le trucaje que nous venons de décrire est « une transparence synchrone image par image ».

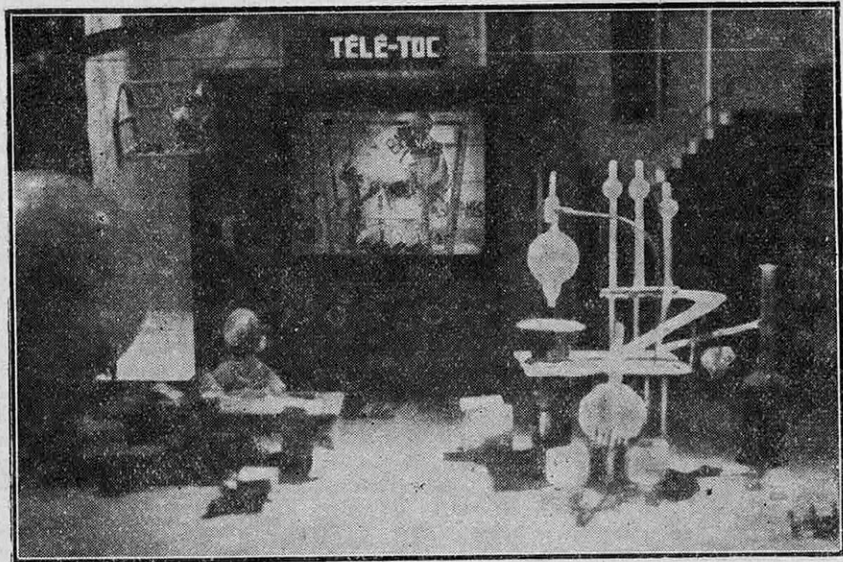


FIG. 2. — LE RÉSULTAT D'UN TRUCAGE PAR TRANSPARENCE : LE LABORATOIRE DU PROFESSEUR TOC

Sur l'écran du Télé-Toc apparaît l'image animée du Robot dont le professeur suit les aventures à distance. (Photo Brard.)

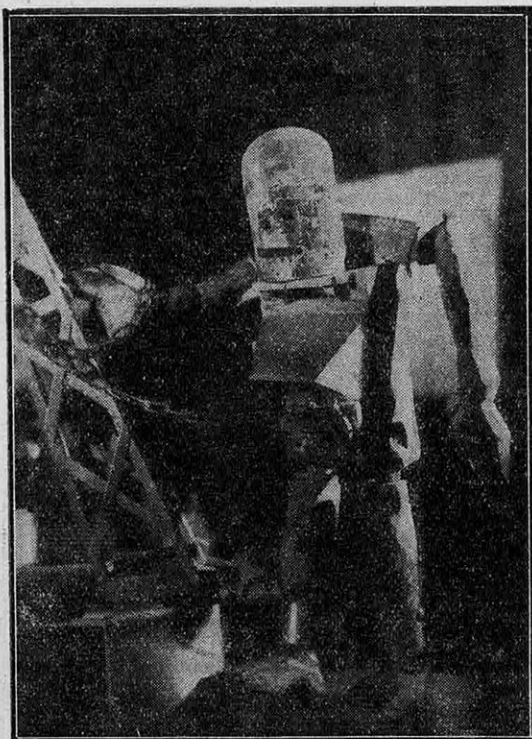
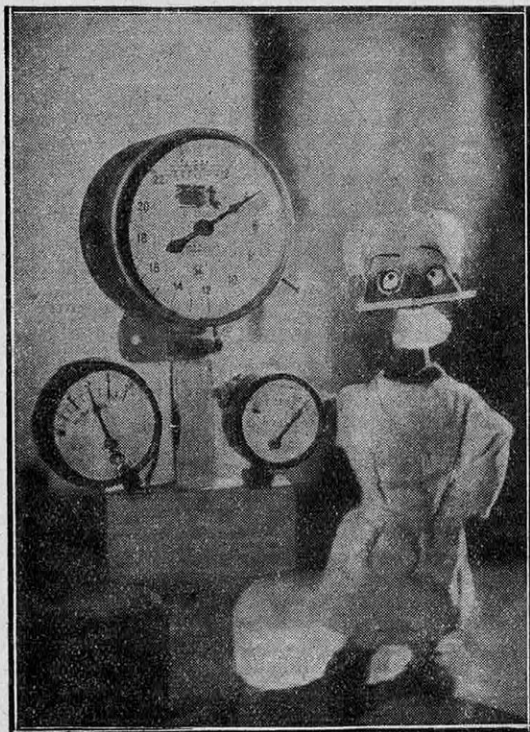


FIG. 3. — DEUX PERSONNAGES ARTICULÉS UTILISÉS DANS LE FILM DE MAQUETTES ANIMÉES : « LE PROFESSEUR TOC ET SON ROBOT »

A gauche, le professeur Toc; à droite, le Robot. (Photo Brard.)

Deuxième trucage : la transparence se passe sur l'écran du Télé-Toc, la disposition générale étant la même, mais l'on a placé dans l'appareil de projection un film « image par image » d'une scène précédemment enregistrée et représentant notre Robot coiffé d'un casque colonial et évoluant dans le désert.

Lorsque l'on sait qu'il faut enregistrer 24 images pour obtenir en projection définitive une seconde de mouvement, l'on conçoit la lenteur d'un tel travail et aussi les soins qu'il exige, car la moindre erreur dans l'animation des personnages ou dans la prise de vues compromet irrémédiablement la scène entière, donc plusieurs jours d'efforts, de gestes mesurés, de soins constants. Il n'est pas possible, comme dans le dessin animé, de filmer à nouveau une scène en reprenant les séries de dessins et en les passant sous l'appareil de prise de vues à une cadence différente. Ici chaque attitude est définitive, fugitive et non repérable.

Ces films, où les difficultés techniques sont accumulées comme à plaisir, et où une extraordinaire habileté manuelle est indispensable — il faut avoir des doigts de fées pour manipuler les personnages — sont l'apanage, nous l'avons vu, des Russes qui ont réalisé en France plusieurs films parfaitement réussis, mais qui, pour des causes extra-cinématographiques, n'ont pas paru sur les écrans.

Des Français, eux aussi, se sont penchés sur le problème et l'ont résolu d'une manière assez différente.

Jean Painlevé, auteur de films documentaires et d'enseignement remarquables, a réalisé en

couleurs (procédé Gasparcolor) un film de maquettes animées : Barbe-Bleue.

Mais au lieu de se servir de poupées à éléments rigides articulés entre eux, il a préféré donner l'illusion du mouvement en se servant de fantoches en matière plastique colorée : la plastiline. C'est à un sculpteur, René Bertrand, qu'a été dévolu le rôle d'animateur des minuscules poupées. Entre chaque image, ces mains expertes modelaient corps et membres et créaient des attitudes expressives heureusement soulignées par la couleur servant un sujet bien choisi. Une grande souplesse de mouvements, une plastique indéniable ont fait de ce film un modèle du genre français.

L'illustration de chansons gaies, modernes — telles celles de Chevalier ou Trénet — a tenté souvent les cinéastes. Parmi eux Paul de Roubaix, en collaboration avec le réalisateur Delafosse, a commencé en 1935 la réalisation de nombreux films de ce genre — films qui ont poursuivi sur nos écrans d'heureuses carrières. Citons parmi eux : Madame la Marquise, Ici l'on pêche, Pigeon vole, etc.

La réalisation de tels films, généralement très courts (3 à 4 minutes, durée d'une chanson) demande une étude précise du thème musical et son minutage préalable. C'est ensuite ce minutage qui déterminera le nombre d'images à enregistrer pour telle ou telle scène. Bref, un synchronisme rigoureux est indispensable et c'est en somme la technique musicale des dessins animés qui est mise en œuvre pour ces réalisations.

De même que pour les films de maquettes

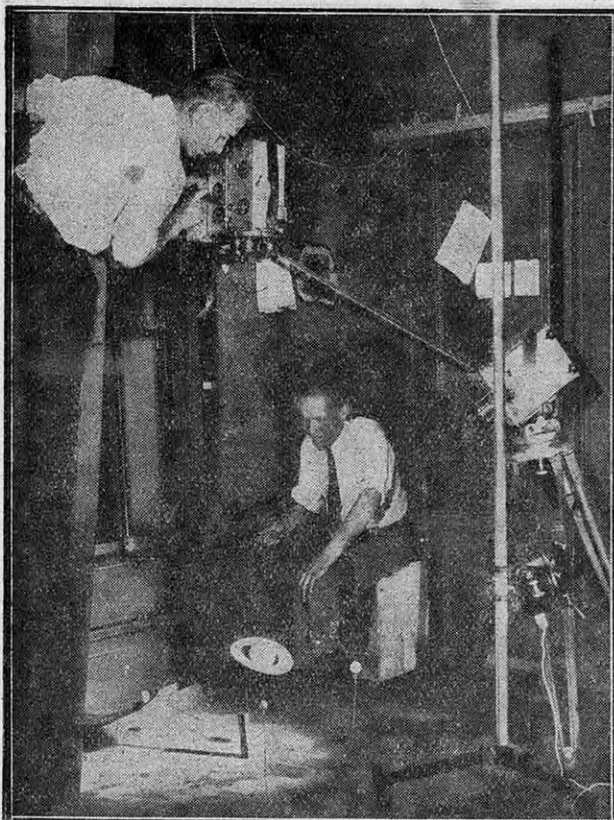


FIG. 4 ET 5. — PRISE DE VUE D'UN FILM DE MAQUETTE ANIMÉE DE VULGARISATION : « VOYAGE VERS L'INFINI »

A droite sur la photo ci-dessus, on remarque le projecteur dont la lumière figurera celle du Soleil. Sur la photo ci-contre, l'image de la scène astronomique enregistrée par la caméra. (Photo « Je vois tout ».)

animées dont nous avons parlé précédemment, la technique du trucage y est mise à contribution : retour arrière, surimpression, tapis roulants, etc. L'imagination du réalisateur est constamment mise à l'épreuve pour symboliser en quelques secondes des faits déterminés.

Supposons, par exemple, qu'il faille suggérer l'idée suivante : « Un cours d'eau rapide — presque une cascade — remonte lentement à sa source ». La réalisation technique sera la suivante : construction en staff d'une faible section du cours d'eau avec ses accidents de terrain; disposition, au point culminant de ce décor et à l'orée du lit du cours d'eau, d'un aquarium en verre contenant une assez grande quantité d'eau;

disposition d'appareils d'éclairage intensif (10 fois plus puissants que pour une prise de vues normale);

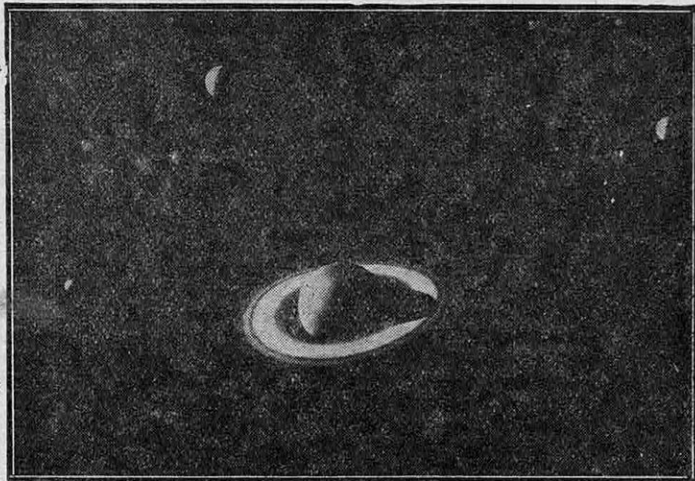
mise en place d'un appareil de prise de vues à grande vitesse (240 images à la seconde, soit dix fois plus rapide que les appareils ordinaires; le film qui sera impressionné dix fois plus

rapidement devra donc recevoir dix fois plus de lumière pour une même insolation de la pellicule sensible). Cet appareil sera chargé pour la marche rétrograde du film et sera braqué sur la section du cours d'eau lui-même et non pas sur les accessoires hors du champ (aquarium, etc.).

La prise de vues se fera de la manière suivante : mise en route de la caméra et tir d'une balle de carabine dans l'aquarium. Après 3 ou 4 secondes, arrêt de l'appareil.

A la projection, qui se fait toujours à la vitesse constante de 24 images à la seconde, l'effet produit sera conforme à notre proposition.

En effet, la balle de carabine aura fait éclater l'aquarium, l'eau se sera précipitée avec violence et avec de multiples éclaboussures dans le lit de notre cours d'eau. Mais ce phénomène aura été enregistré à grande vitesse par rapport à la vitesse de restitution, soit dans un rapport de 240/24. En définitive, à la projection, nous aurons un effet de ralenti extrêmement prononcé. Or, nous avons enregistré le film en marche rétrograde, alors qu'il sera projeté en marche normale. Donc l'eau, au lieu de descendre, semblera remonter vers sa source, et elle le fera avec grâce du fait des éclaboussures qui suivront bien entendu le même rythme. Ajoutons que 240 images à la seconde projetées dix fois plus lentement allongent en quelque sorte le phénomène et nous aurons à notre



T W 40093

disposition une dizaine de mètres de films dans lesquels il nous sera facile de choisir les quelques mètres nécessaires pour illustrer la phrase musicale se rapportant à notre effet.

La technique des maquettes animées en cinématographie n'a pas uniquement pour but de compléter dans les grands films certains passages irréalisables pour des raisons diverses; elle est à l'origine de créations originales et de valeur pour la vulgarisation scientifique, mais en outre, elle possède son esthétique propre qui lui ouvre un domaine encore peu exploré en France où règne la fantaisie, l'humour et le rêve.

Pierre BRARD.

# LES VITAMINES JOUENT UN ROLE CAPITAL DANS L'ALIMENTATION DU SPORTIF ET DU TRAVAILLEUR DE FORCE

par T. LACABARÈDE

*L'une des acquisitions les plus importantes de la science du vingtième siècle, dans le domaine de l'alimentation humaine, consiste certainement dans la naissance de la vitaminologie. La révolution introduite par la découverte des vitamines dans l'établissement de la ration alimentaire, les progrès considérables réalisés par les médecins et les biochimistes dans le dénombrement des vitamines et l'étude de leur nature intime et de leurs fonctions dans l'organisme sont néanmoins encore loin d'avoir abouti à une connaissance complète de ces questions. Les premières recherches avaient montré que, dans un régime équilibré, la présence de certains éléments, souvent en quantité minime, était indispensable au maintien de la santé. Ainsi se trouvait orientée l'attention des chercheurs vers l'étude non plus seulement quantitative, mais qualitative de l'alimentation et étaient mis en évidence des besoins alimentaires jusque-là méconnus ressortissant soit de circonstances de vie particulières, soit de raffinements culinaires déplacés. On sait l'importance pratique primordiale qu'a prise aujourd'hui la science des vitamines dans les conditions anormales de notre existence et la période de restrictions alimentaires que nous traversons. D'innombrables travaux poursuivis par les chercheurs de tous les pays ont montré que le besoin en vitamines de l'organisme est variable non seulement avec l'état nutritif du sujet, avec la composition en principes essentiels de la ration qu'il reçoit, mais aussi avec son activité corporelle. Bien que cette étude soit encore à son début, nous commençons à avoir des données révélatrices sur les rapports entre les vitamines et la fonction musculaire et l'importance de certains de ces corps, en particulier des vitamines B<sub>1</sub> et C<sub>1</sub>, pour l'organisme du travailleur de force et du sportif.*

## Tout l'organisme participe à l'effort physique

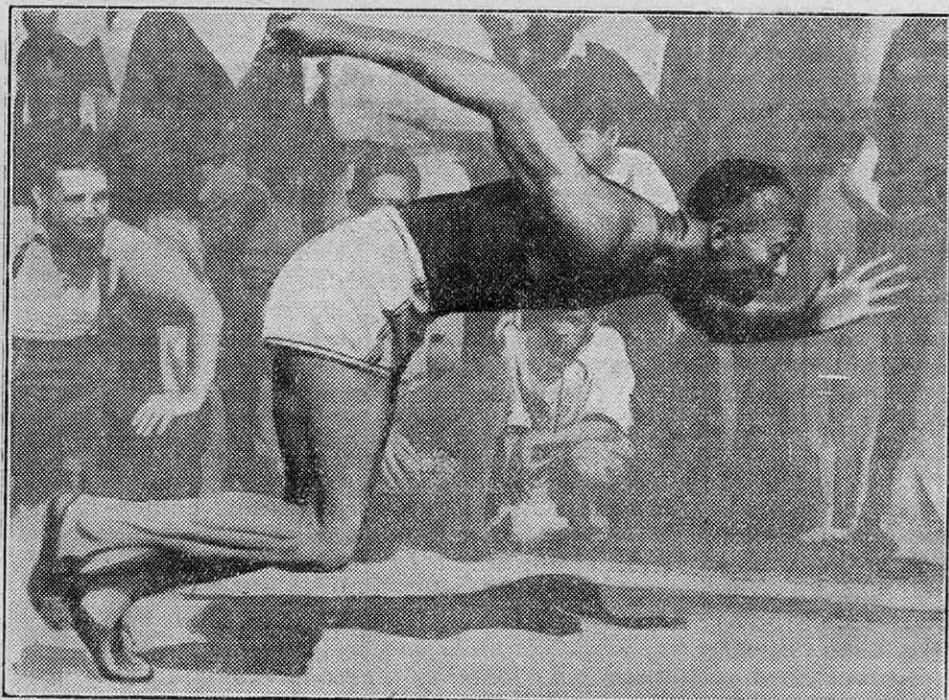
L'ORGANISME s'adapte aux besoins créés par l'exercice musculaire par une augmentation de l'activité de toutes ses parties. Le muscle qui travaille brûle ses réserves et exige pour cela un apport d'oxygène beaucoup plus grand que pendant la période de repos. Les tissus ne disposant d'aucune réserve d'oxygène, ce besoin ne peut être satisfait que par une augmentation de l'irrigation sanguine du muscle : un plus grand nombre de capillaires musculaires s'ouvrent à la circulation, et, dans ces capillaires, le débit sanguin est accru. Le fonctionnement du muscle implique donc un effort complémentaire de la part du cœur qui s'accélère et dont le débit s'accroît, et de la part du poumon qui doit assurer au débit sanguin accru un apport plus important d'oxygène alvéolaire. Le nombre des mouvements respiratoires par minute s'élève et leur profondeur devient plus importante. La mise en jeu de ces compensations circulatoire et respiratoire aux besoins accrus du muscle comporte une augmentation de l'activité de tous les centres nerveux. D'autre part, l'accumulation du sang dans le muscle aux vaisseaux dilatés implique une modification

de la répartition du sang dans les divers viscères : à la vaso-dilatation musculaire, cardiaque, à l'accroissement de la circulation cérébrale, s'oppose la vaso-constriction viscérale. Ces modifications dans la répartition du sang sont commandées en partie par le système nerveux, mais elles mettent en jeu également le fonctionnement des glandes endocrines et en particulier de la surrénale, dont l'une au moins des sécrétions internes, l'adrénaline, est connue comme l'hormone de l'effort : accélérant le rythme cardiaque, agissant sur le calibre des vaisseaux viscéraux, déterminant peut être la dilatation des capillaires musculaires, susceptible d'améliorer le rendement du muscle isolé en faisant disparaître les marques de fatigue, élevant le taux du glucose sanguin, l'adrénaline voit sa sécrétion profondément modifiée par tout effort physique plus ou moins important.

L'activité conjuguée des diverses parties de l'organisme est, dans certains cas, en particulier dans les efforts sportifs intenses mais de courte durée, insuffisante pour assurer un apport d'oxygène proportionné au travail demandé au muscle. Celui-ci peut néanmoins fonctionner pendant une durée très brève dans des conditions anaérobies (1), contractant alors une

(1) Sans apport extérieur d'oxygène.

dette d'oxygène : c'est le cas des courses de vitesse de 100 m où, pratiquement, le sujet ne respire pas pendant la course; il doit donc, après la course, combler, par une respiration ample et rapide, le déficit d'oxygène qui a été créé par l'effort. Pour les efforts de longue durée au contraire, il est nécessaire qu'un équilibre s'établisse entre les besoins en oxygène du muscle et les possibilités d'apport de ce corps. Très rapidement, l'harmonie s'établit et se manifeste fréquemment sous la forme du



T W 40095

FIG. 1. — LE DÉPART D'UNE COURSE DE 100 M

La course est un exercice qui met en œuvre toute la musculature du corps, avec naturellement prédominance des muscles du bassin et des cuisses. Au premier bond lors du départ, le coureur emplit d'air sa poitrine et l'immobilise. Il ne respire plus alors, ses muscles vivant sur la provision d'oxygène ainsi faite, jusqu'à ce que le réflexe bulbaire provoqué par l'acide carbonique libéré l'oblige à introduire de l'air frais dans les poumons. Cela se produit vers les 75 m, et le relâchement des muscles du thorax qui en résulte se traduit par un ralentissement sensible de l'allure. A la fin de la course, une ventilation accélérée des poumons sera nécessaire pour combler le déficit d'oxygène dû au fonctionnement intense des muscles pendant quelque 10 secondes.

« second souffle » bien connu des coureurs sur moyenne et grande distance.

### Le muscle, moteur thermique, et ses catalyseurs

A côté de la question du comburant (oxygène), se pose celle du combustible. Le muscle brûle ses réserves et y trouve la source d'énergie qu'il transforme en travail mécanique. Il peut être ainsi comparé à une machine thermique; mais, pour le moteur musculaire, cette machine thermique doit fonctionner à 37° C. Le muscle ne brûlera donc pas ses réserves à la façon dont la locomotive brûle son charbon; il les désintègrera progressivement par une série de réactions ménagées, libérant de l'énergie, et c'est

par toute une série de transformations rendues possibles par l'intervention d'un grand nombre de catalyseurs, qu'il arrivera au terme final de toute combustion organique : la production d'anhydride carbonique et d'eau. Notre propos n'est pas d'étudier ici la série des transformations métaboliques qui sont le fait de la contraction musculaire (1). Le combustible essentiel du muscle qui travaille est le *glycogène* (2). Mais la contraction musculaire fait intervenir d'autres substances, essentiellement des compo-

sés phosphorés dont la destruction, suivie de resynthèse immédiate, est le *primum movens* du cycle énergétique de tout travail musculaire. Les produits intermédiaires bien connus aujourd'hui du métabolisme musculaire sont le phosphagène, la phosphoglyceraldéhyde, l'acide phospho-pyruvique, l'acide adénylique, l'acide pyruvique, l'acide lactique. Ces diverses transformations ne sont possibles que grâce à la présence d'enzymes (3) qui ont le pouvoir de faciliter par leur présence certaines réactions chimiques sans qu'elles soient elles-mêmes détruites par la réaction en cours. Ces enzymes sont généralement assez complexes, comprenant généralement deux parties, l'une protéique, l'apoenzyme, grosse molécule de structure complexe. L'autre beaucoup plus simple, le coenzyme, soluble dans l'eau. Et ceci nous ramène aux vitamines, car, au cours de ces dernières années, on a pu identifier certain-

nes vitamines avec le coenzyme d'enzymes déjà connues et pénétrer ainsi dans l'intimité du mécanisme d'action des vitamines. Ces substances intervenant dans des réactions chimiques comme catalyseurs, servant d'intermédiaires dans la chaîne des réactions métaboliques, il n'est pas étonnant que les besoins vitaminiques soient à la fois extrêmement réduits mais néanmoins inéluçables.

(1) Voir : La fermentation lactique musculaire » (*Science et Vie*, n° 320, avril 1944, page 173).

(2) Le glycogène est un produit de condensation du glucose.

(3) Les enzymes ou diastases (appelées autrefois ferments solubles) sont les catalyseurs grâce auxquels la cellule vivante effectue ses synthèses ou ses désintégrations.



## Les vitamines et l'entraînement du sportif

On connaît aujourd'hui une quinzaine de vitamines. La plupart sont connues chimiquement et quelques-unes ont été obtenues par synthèse. Elles sont très disparates du point de vue chimique et ne peuvent être classées dans une unique famille chimique : on les distingue en deux grandes classes : les vitamines solubles dans les graisses et les vitamines solubles dans l'eau. Ce sont les vitamines hydrosolubles auxquelles on a pu assigner, du moins pour certaines, un rôle précis dans les métabolismes intermédiaires qui retiendront surtout notre attention et parmi celles-ci essentiellement la vitamine B<sub>1</sub> et la vitamine C, accessoirement la vitamine P.P.

La carence totale d'une vitamine entraîne des troubles graves bien connus sous le nom de maladie par carence (pellagre, scorbut, névrites, etc.), mais ce qu'il faut savoir, c'est que, bien avant que se produise le syndrome clinique grave, le manque de vitamine peut être décelé sous forme de troubles métaboliques latents (hypovitaminose). La connaissance de ce fait est importante puisqu'elle doit permettre, par une médication vitaminique appropriée, d'empêcher l'écllosion de la maladie carencielle. Des circonstances particulières, l'entraînement physique chez le sportif par exemple, peuvent venir aggraver le trouble métabolique initial et rendent plus impérieuse la nécessité d'une sur-

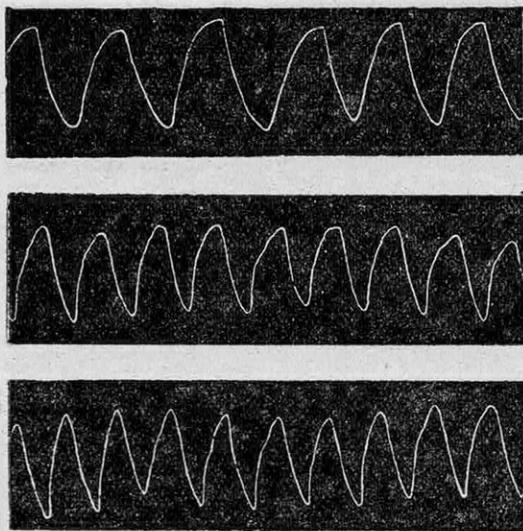


FIG. 2. — TRACÉS RESPIRATOIRES CHEZ UN SUJET NORMAL : EN HAUT, AU REPOS; AU CENTRE, APRÈS UNE MARCHÉ DE DEUX HEURES; EN BAS, APRÈS UN ASSAULT DE BOXE DE 2 ROUNDS DE 3 MINUTES CHACUN

Les branches descendantes de ces courbes correspondent aux inspirations et les branches montantes aux expirations. Les muscles sont parmi les tissus les plus avides d'oxygène et des exercices tels que la marche, la course ou la boxe, qui mobilisent la presque totalité de la musculature, provoquent une élévation considérable de la consommation d'oxygène. Parallèlement, le muscle en travaillant libère de l'acide carbonique dont la présence en abondance dans le sang produit une vive excitation du centre nerveux respiratoire, situé dans le bulbe rachidien. Le rythme respiratoire se trouve activé, assurant ainsi un ravitaillement plus abondant de l'organisme en oxygène et l'expulsion d'une plus grande quantité de gaz carbonique.

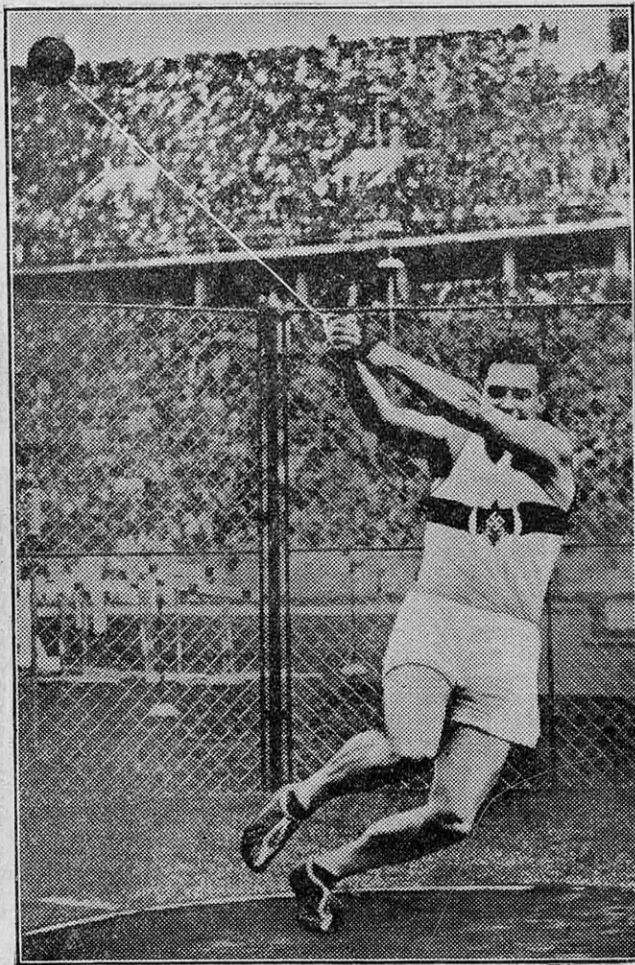


FIG. 3. — LE LANCEMENT DU MARTEAU PAR UN CHAMPION OLYMPIQUE

Le lancement du marteau est un sport complet en ce qu'il met en jeu toute la musculature du corps et exige, à côté d'une grande vigueur musculaire, une coordination nerveuse impeccable.

veillance très étroite de la ration alimentaire du sportif, tant du point de vue qualitatif que du point de vue quantitatif.

Les vitamines dont les rapports avec l'effort physique sont les mieux étudiées sont la vitamine B<sub>1</sub> et la vitamine C. Nous allons étudier successivement les résultats obtenus pour chacune d'elles.

### La vitamine B<sub>1</sub>, agent de la combustion des sucres dans le muscle

La carence en vitamine B<sub>1</sub> (1) aboutit au béri-béri ou polynévrite aviaire. On trouve cette substance dans presque tous les aliments végétaux, en très petite quantité; elle est beaucoup plus abondante dans la levure de bière, les germes de céréales, l'écorce du riz. Le pain noir

(1) La vitamine B<sub>1</sub> appartient au complexe des vitamines B dont les facteurs principaux sont la vitamine B<sub>1</sub> (aneurine ou thiamine), la vitamine B<sub>2</sub> (flavine), la vitamine B<sub>3</sub> (adénine). On a pu isoler des facteurs B<sub>4</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, et ce démemberment de la vitamine B n'est pas terminé.

en contient des quantités importantes alors que le pain blanc en est presque dépourvu. Ne s'accumulant pas dans l'organisme, elle doit être apportée quotidiennement par la ration alimentaire. Très soluble, elle passe facilement dans l'eau de cuisson et se trouve ainsi perdue si celle-ci n'est pas utilisée, comme cela arrive souvent. Aussi l'hypovitaminose B<sub>1</sub> peut-elle être fréquente. Les besoins de l'organisme en vitamine B<sub>1</sub> dépendent de plusieurs facteurs. En particulier, ils sont beaucoup plus importants lorsque l'alimentation est riche en sucre. L'administration d'aliments gras, au contraire, économise la vitamine B<sub>1</sub>. Il semble que l'on puisse fixer entre 1,5 et 2 milligrammes la dose de vitamine B<sub>1</sub> nécessaire par jour à un homme normal.

Effectivement, on a pu démontrer que la vitamine B<sub>1</sub> joue un rôle essentiel dans le métabolisme des hydrates de carbone et dans la respiration des tissus. Il n'est donc pas étonnant qu'un accroissement du métabolisme des sucres tel qu'il se produit au cours de l'exercice, risque de créer, dans les cas d'apport limité de vitamine B<sub>1</sub>, une déficience de cette substance et **prédispose ainsi à des troubles cardiaques**.

La vitamine B<sub>1</sub> fonctionne essentiellement dans l'organisme comme cofacteur de la carboxylase, diastase qui permet l'utilisation de l'acide pyruvique, chaînon de la désintégration des sucres; son absence entraîne l'accumulation de l'acide lactique et se fait donc particulièrement sentir pendant le travail du muscle. Il est indéniable que le sportif et l'athlète, richement approvisionnés en glucose pendant l'entraînement, peuvent se trouver dans de mauvaises conditions fonctionnelles, en véritable état d'hypovitaminose. Cette dernière peut être persistante et s'aggraver par l'effort; c'est sans doute le cas le plus courant rencontré dans la pratique.

Parmi les travaux consacrés à l'importance de la vitamine B<sub>1</sub> du point de vue sportif, nous rappellerons ceux de H. Gounelle, datant de 1939. Cet auteur a montré qu'on pouvait redouter une déficience en vitamine B<sub>1</sub> des rations courantes chez ceux qui pratiquent les sports. Avec 700 g de pain blanc, 200 g de viande, 30 g de graisses, 21 g de sucre, 320 g de pommes de terre, 225 g de légumes frais, 50 g de

confiture, 20 g de chocolat, 250 cm<sup>3</sup> de vin par jour, l'apport en vitamine B<sub>1</sub> est d'environ 1,5 milligrammes.

Cette dose, qui est à la limite de ce qui est nécessaire à un sujet normal, tombe nettement dans la zone d'insécurité si l'on songe à sa réduction par la cuisson des aliments ou leur préparation culinaire. Chez les coureurs cyclistes du Tour de France, Gounelle a montré que l'administration de vitamine B<sub>1</sub>, qu'il appelle « vitamine musculaire », s'accompagne d'une sensation d'euphorie, de pleine forme musculaire. L'effort se répète avec apparition plus tardive qu'à l'ordinaire de l'épuisement et sans surexcitation.



T W 40097

FIG. 4. — MOULAGES DE MACKENSIE TRADUISANT LES DÉFORMATIONS DU VISAGE PENDANT L'EFFORT

A gauche, avant le départ d'une course de 100 m; à droite, immédiatement après l'arrivée. On remarque le spasme caractéristique des muscles accessoires de la respiration (orbiculaire des lèvres, dilateur des ailes du nez, masséters, muscles du cou, fixateurs du larynx) traduisant les besoins considérables de l'organisme en oxygène à la suite d'un effort physique intense épuisant les réserves musculaires.

en présence d'air, maintient prolongé à haute température), l'entreposage, le magasinage constituent autant de causes de perte de ce facteur. Les carences en vitamine C pourront donc être fréquentes.

La carence totale en vitamine C constitue le scorbut, dans le détail des manifestations duquel nous ne voulons pas entrer; mais ce qui est plus intéressant, ce sont les manifestations humaines de l'hypovitaminose C qui est beaucoup plus fréquente que le scorbut classique. Ce sont : une faiblesse générale, une augmentation de la susceptibilité aux infections, une perte de l'appétit, une fatigue constante.

L'administration de vitamine C fait disparaître tous ces troubles. Son action s'exerce, de façon très générale, sur les processus fermentaires (catalase, anginase, amylase...). Elle intervient dans la formation du tissu conjonctif, dans le métabolisme du calcium, dans la régénération sanguine, dans la phagocytose et la formation des anticorps.

Comme la vitamine B<sub>1</sub>, la vitamine C joue

### Asthénie et surentraînement, symptômes de déficience en vitamine C

La vitamine C ou acide ascorbique, vitamine antiscorbutique, a été identifiée par Szent-Györgyi. Elle a été obtenue par synthèse. Très abondamment répandue dans la nature, on la trouve avant tout dans l'orange, le citron, le piment, la tomate, le chou... Elle est très instable. La cuisson dans des conditions défavorables (réceptifs en cuivre, cuisson en milieu alcalin,

un rôle important dans l'accomplissement du travail de la fibre musculaire. Son action est en rapport avec celles des diastases et des hormones. Et il convient d'insister sur ses rapports étroits avec les glandes à sécrétion interne et principalement avec la surrénale dont nous avons vu l'importance chez le sportif. Le fonctionnement de la cortico-surrénale et la sécrétion d'adrénaline sont sous la dépendance d'un apport convenable de vitamine C par la ration alimentaire.

Les besoins quotidiens en vitamine C ont été diversement appréciés. Il convient tout d'abord de différencier l'apport de vitamine C nécessaire pour empêcher l'apparition du scorbut de l'apport que nous pourrions appeler physiologique, assurant un fonctionnement normal de l'organisme. C'est cette dernière dose qui nous intéresse actuellement. On peut la chiffrer au minimum à 50 milligrammes par jour, mais pour assurer une marge complète de sécurité, il vaut mieux tabler sur un apport quotidien de 70 à 100 milligrammes d'acide ascorbique. Il faut d'ailleurs toujours penser à la possibilité d'une déficience partielle, créée, non plus par un défaut d'apport alimentaire, mais par une mauvaise absorption intestinale du produit ; celle-ci est généralement conditionnée par une acidité ou une subacidité du milieu stomacal, un péristaltisme exagéré, une irritation de la muqueuse intestinale, une présence de germes pathogènes entraînant des putréfactions. On doit admettre avec Szent-Györgyi que l'hypovitaminose est une réalité tangible avec laquelle il faut compter pour éviter toutes déficiences physiques et psychiques et qui revêt des ampleurs variables mais certaines avec tendance à l'exagération lors des efforts physiques.

L'athlète entre, comme le soldat, dans la catégorie des sujets à surveiller à ce point de

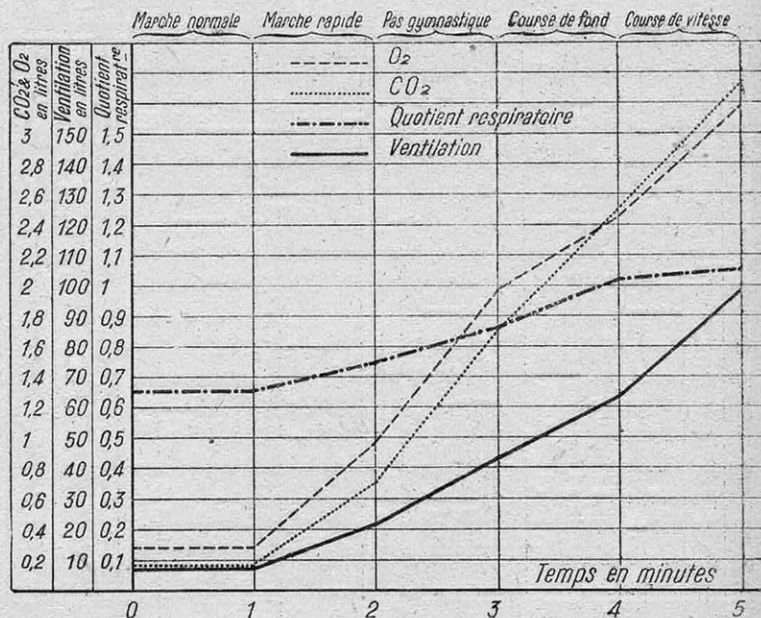


FIG. 6. — COMMENT VARIE LA DÉPENSE PHYSIOLOGIQUE AU COURS D'EXERCICES DE MARCHÉ ET DE COURSE

Il s'agit ici d'un homme de 23 ans effectuant successivement et sans interruption une minute de marche normale, une minute de marche rapide, une minute de pas de gymnastique, une minute de course de fond et une minute de course de vitesse. La quantité d'air qui traverse les poumons passe de 8,6 litres par minute pendant la marche normale à 22 litres pendant la marche rapide, puis 43 litres, 63 litres et enfin 98 litres par minute pendant la course de vitesse. On peut suivre sur le graphique ci-dessus les variations de la quantité d'oxygène absorbé, celles du gaz carbonique émis et celles du rapport entre les volumes de gaz carbonique émis et d'oxygène absorbé qui, indiquant le taux d'utilisation de celui-ci, exprime l'allure des combustions dans l'organisme.

vue, spécialement lorsque des conditions spéciales (pour les skieurs en particulier) font redouter l'absence d'aliments frais ou que les conditions de cuisson des aliments (auto-cuiseurs) rendent le déficit probable.

Les rapports entre la vitamine C et la surrénale ont été très étudiés par A. Giroud et Leblond qui ont montré la localisation de la vitamine C dans la cortico-surrénale : l'acide ascorbique y paraît surtout abondant dans les zones que les histologistes s'accordent à reconnaître comme productrices de cortine, hormone du cortex surrénal. Le défaut de vitamine C comme celui de cortine se manifestent surtout par un même symptôme, l'asthénie, le défaut de force musculaire. Lorsqu'il y a carence en vitamine C ou lorsque l'on a pratiqué l'ablation des surrénales, on voit s'accumuler l'acide lactique dans les muscles et dans le foie, et diminuer les réserves en glycogène, ainsi que celles en phosphogène.

Les travaux de Ratsimamanga sur les cobayes carencés en vitamine C ont montré que l'hypovitaminose s'accompagne d'un fléchissement de la résistance à la fatigue. Les animaux étaient placés dans une cage tournante et as-

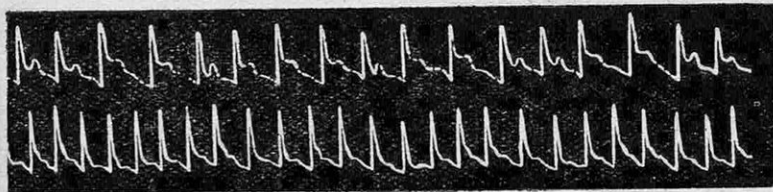


FIG. 5. — ENREGISTREMENTS DU POULS RADIAL CHEZ UN SUJET NORMAL : EN HAUT, AU REPOS ; EN BAS, APRÈS UNE PARTIE DE FOOTBALL D'UNE DEMI-HEURE

Le cœur est un muscle creux animé de mouvements rythmiques. Le nombre de ses battements, qui varie avec l'âge, est de 75 en moyenne entre 20 et 30 ans. A chaque contraction, le cœur envoie dans l'aorte entre 50 et 100 grammes de sang. Le travail musculaire provoque normalement une accélération du pouls accompagnée d'une élévation de la tension artérielle. En cas d'exercice extrêmement violent, tel qu'une course de 400 m faite en vitesse de bout en bout, ou une course de fond effectuée par un sujet non entraîné, le pouls pourrait dépasser 200 battements à la minute en même temps que la tension artérielle maximum s'effondrerait, ces symptômes marquant l'épuisement du muscle cardiaque.

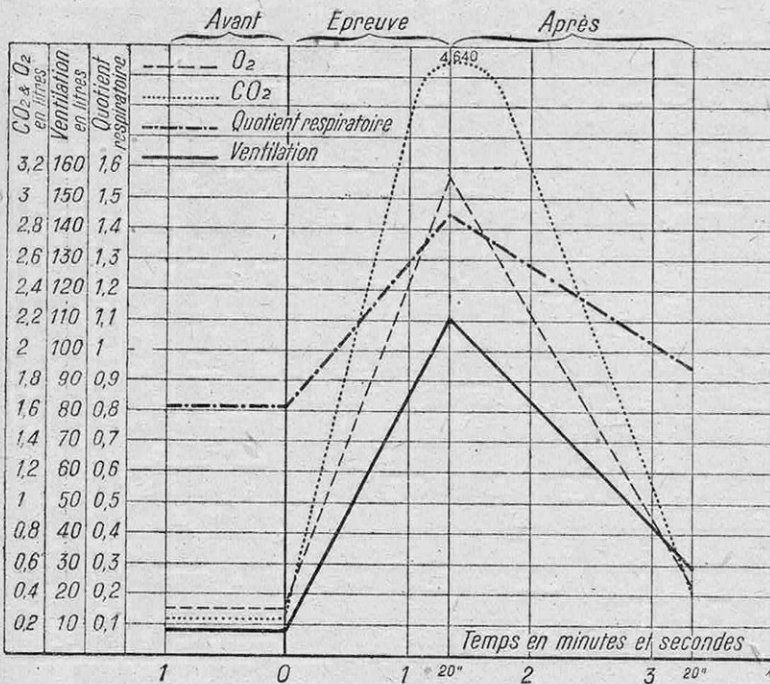


FIG. 7. — LA DÉPENSE PHYSIOLOGIQUE DANS UNE ÉPREUVE DE NATATION

Au bout d'une minute et 20 secondes de course, la ventilation pulmonaire est montée à 111 litres/minute, contre 8 litres/minute au repos. Les volumes d'oxygène fixé et de gaz carbonique émis ont subi des augmentations considérables. La nage de course est en effet un exercice qui provoque un accroissement très important et très rapide des combustions dans l'organisme.

treints à fournir un certain travail musculaire. On constate que le rendement baisse au fur et à mesure que s'accroît la carence en vitamine C. Le taux d'acide lactique est plus élevé chez les cobayes carencés que chez les témoins normaux, le retour à un taux normal est plus long à se produire. L'administration associée de vitamine C et de cortine élève considérablement la teneur en glycogène du foie. Chez les animaux privés en partie de vitamine C, le travail musculaire accentue la carence.

Pour l'homme également, on a pu vérifier que, placé dans la zone d'hypovitaminose, il n'est plus capable de fournir le travail auquel sa constitution et son entraînement l'avaient préparé — et les recherches chimiques ont conduit à admettre que, lorsque l'on observe une diminution du rendement chez les individus, il faut penser aussi bien à un défaut de vitamine C qu'à une déficience du cortex surrénal. On peut conclure avec Giroud que la vitamine C est nécessaire à la production de l'hormone cortico-surrénale et que cette production est proportionnelle au taux d'acide ascorbique, du moins jusqu'à ce que soit atteint le taux de saturation.

Pour connaître les besoins d'un

organisme en vitamine C, on a recours à ce que l'on appelle l'épreuve usuraire de charge ou épreuve de saturation. Le sujet absorbe 6 comprimés de vitamine C à 50 milligrammes, et on recueille les urines à partir de ce moment. L'élimination de la vitamine C en excès est suivie dans l'urine. Tant que l'organisme n'est pas saturé en vitamine C, l'élimination ne se produit pas. Le test de présence de la vitamine C dans l'urine est facile à obtenir et on a pu ainsi pratiquer des recherches sur d'importantes collectivités sportives, sur les troupes de terre, de mer et de l'air. Ces recherches ont été en particulier très poussées dans l'armée suisse dans des conditions d'alimentation variées. Il convient de souligner que le taux de saturation, où débute l'élimination urinaire de la vitamine C, n'est peut-être pas indispensable à atteindre et que l'hypovitaminose ne commence qu'à un degré bien moindre. Néanmoins, il semble que l'atteinte de ce seuil rénal soit un optimum et il paraîtrait souhaitable, surtout pour des individus astreints à un travail important, d'obtenir par une ration appropriée leur maintien au taux de saturation. D'une manière générale, les recherches effectuées ont montré que, chez l'homme civilisé, ce taux de saturation n'est généralement pas atteint. Giroud et Leblond insistent pourtant sur le fait que le fonctionnement parfait du cortex surrénal n'est atteint que si l'apport de vitamine C est celui qui correspond à la saturation et pour lequel la teneur en acide ascorbique de

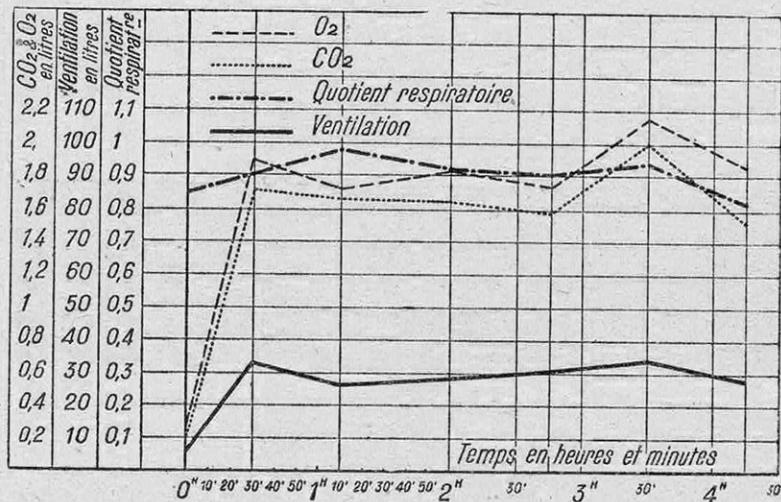


FIG. 8. — LA DÉPENSE PHYSIOLOGIQUE D'UN COUREUR CYCLISTE

Il s'agit d'un coureur cycliste de 24 ans pédalant pendant 4 h 15 mn à l'allure moyenne de 60 coups de pédale à la minute. On remarquera la constance de la ventilation pulmonaire (volume d'air traversant les poumons en une minute) et du quotient respiratoire (rapport des volumes de gaz carbonique et d'oxygène) qui atteste l'entraînement du sujet observé et l'adaptation de son organisme au travail effectué.

la cortico-surrénale est de 140 mg, pour 100 g de glande. C'est là le taux physiologique optimum qui devrait être celui de tous les athlètes à l'entraînement ou en compétition. Les déficiences légères rendent compte de troubles assez vagues mais certains, comme la fatigue printanière, quelques cas d'asthénie et de surentraînement. Prophylactiquement, les équipes à l'entraînement, les sportifs dont les fonctions normales paraissent perturbées doivent s'invitaminer correctement pour voir réapparaître leur capacité d'effort et écarter tout danger d'insuffisance surrénalienne.

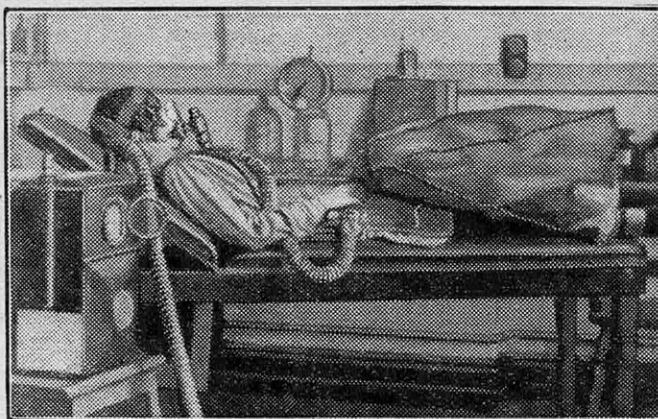
Nous voudrions dire un mot maintenant des nombreuses recherches qui ont été faites chez l'homme sur les rapports entre l'invitamination C et le rendement des sportifs. Le docteur Martin a d'abord signalé la fréquence de l'hypovitaminose C dans les collectivités civiles ou militaires. Gander l'a vérifié chez les skieurs et dans une école de recrues. Il a pu montrer, avec divers autres chercheurs, qu'une résistance amoindrie ainsi qu'une moindre capacité d'effort sont souvent le fait d'une déficience en acide

ascorbique. Gander en est arrivé à recommander systématiquement la surveillance de l'apport en vitamine C dans l'armée, les clubs sportifs et les groupes sociaux eux-mêmes. La même conclusion est défendue par Demole et Leller, qui recommandent la consommation des fruits et des légumes, des concentrés de citron, et de vitamine C synthétique. Les armées allemande et anglaise y ont recours à titre permanent avec des résultats tout à fait encourageants pour le maintien du tonus physique et moral du soldat sans avoir recours à des excitants artificiels (alcool, etc.).

Les expéditions arctiques ou de haute montagne ont également souligné le rôle capital joué par la vitamine C toutes les fois qu'un effort physique intense est exigé. L'administration de vitamine C synthétique a même été favorable aux chiens qui accompagnaient ces expéditions bien que ces animaux, à la différence de l'homme, soient capables de satisfaire par eux-mêmes à leurs besoins en acide ascorbique que leurs organes sont capables de synthétiser. Il semble donc que, dans certains cas de détresse organique, l'auto-synthèse soit rendue difficile et qu'un apport extérieur soit ainsi rendu nécessaire. Les recherches faites chez les skieurs ont toujours montré un défaut de saturation en vitamine C; ils ont été grandement améliorés par son administration.

Les docteurs Jezler et Hafter, de Bâle, ont fait en particulier des recherches intéressantes sur le besoin en vitamine C lors d'un effort sportif prolongé; il s'agissait de cinq participants à une course de fond de 50 km avec 2 540 m de dénivellation. Les skieurs avaient été saturés en vitamine C avant l'épreuve; l'effort s'accompagna d'une diminution de l'ascorburie, l'équilibre n'était à nouveau rétabli que 13 jours après l'épreuve et encore faut-il noter que l'un des coureurs, atteint d'une légère infection, ne parvint pas à retrouver son taux physiologique d'élimination malgré l'apport de vitamine C.

Certains auteurs, Heinz Brunner en particulier, ont montré par ailleurs l'influence de la vitamine C sur les douleurs musculaires faisant suite à un travail musculaire intense. Chez des soldats soumis à des marches prolongées, on a pu constater l'absence de courbature d'effort pour les individus qui avaient été préalablement saturés en vitamine C. Heinz Brunner signale qu'il a dû souvent administrer des doses journalières élevées de cette vitamine



T W 40098

FIG. 9. — LA MESURE DE LA CONSOMMATION D'OXYGÈNE D'UN SUJET AU REPOS

L'air expiré dans un temps donné est recueilli dans un sac imperméable. La mesure de son volume permet de calculer la ventilation pulmonaire pendant l'unité de temps (la minute), c'est-à-dire la quantité d'air qui a traversé les poumons pendant ce temps. Le dosage du gaz carbonique d'une part, de l'oxygène résiduel d'autre part, fournit des indications sur l'absorption d'oxygène et sur l'élimination de l'acide carbonique, d'où l'on déduit le quotient respiratoire qui indique le taux d'utilisation de l'oxygène absorbé, c'est-à-dire l'allure des combustions dans l'organisme. (D'après A. V. Hill.)

pouvant atteindre 200 milligrammes.

Chez tous les sportifs il semble que l'apport journalier minimum doive être au moins de 100 milligrammes. Nous insistons encore sur la possibilité de variations individuelles liées à l'état fonctionnel des sujets et à l'effort qui leur est demandé. Il demeure bien entendu qu'il convient ici encore de ne pas confondre la dose qui assure la prévention des signes de carence et celle qui permet l'accomplissement d'un travail physique dans les meilleures conditions.

### Une autre vitamine indispensable au sportif, la vitamine PP

Nous avons surtout insisté sur l'intérêt pour le sportif de l'administration de vitamines B et C pour lesquelles des travaux considérables ont été déjà réalisés. L'intérêt de la vitamine PP n'est certainement pas moindre. Depuis quelques années cette vitamine PP, antipellagreuse, a été très étudiée, identifiée à l'amide de l'acide nicotinique. La vitamine PP intervient dans le cycle des hydrates de carbone comme un des éléments constituants du coenzyme I d'Harden et Young encore appelé codéhydrase I de Von Euler. A ce titre elle intervient comme transporteur d'hydrogène dans la combustion des sucres et joue certainement un rôle de premier plan dans le métabolisme in-

termédiaire du sportif. Chez ce dernier, il est certainement important de parer au danger d'une poly-avitaminose et, si les connaissances actuellement acquises nous ont permis d'insister tout spécialement sur les vitamines B<sub>1</sub> et C, il ne faut pas perdre de vue l'importance des autres facteurs vitaminiques, vitamines PP, vitamine B<sub>2</sub> et vitamines liposolubles. Les carences ou précarences en vitamines sont rarement isolées, il y a généralement hypovitaminose multiple causée par une insuffisance de la ration ou par des conditions culinaires défavorables de son utilisation.

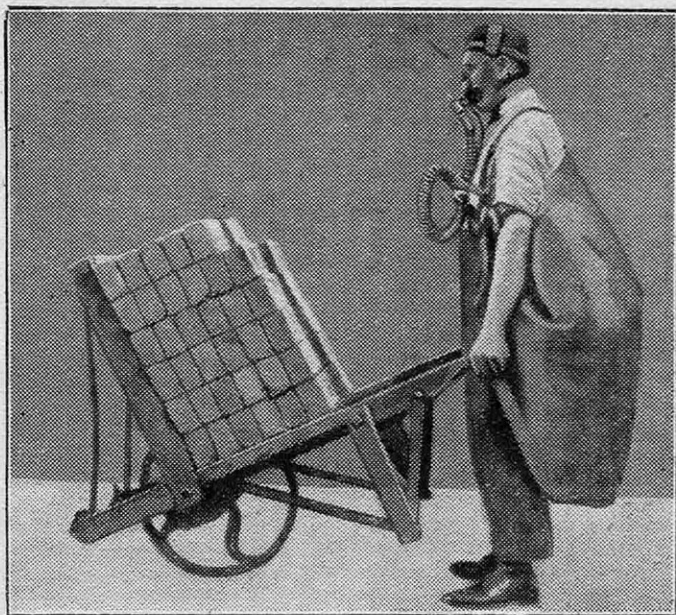
### La vitaminisation n'est pas un « doping »

Avant de terminer, nous tenons à souligner un point important toutes les fois qu'il est question de la surveillance médicale des sportifs. L'administration de vitamines, le soin apporté à obtenir une saturation organique en ces éléments, ne saurait en aucune manière être considérée comme un « doping ». Les vitamines sont des produits alimentaires nécessaires à l'équilibre physiologique du sujet. Le sport créant un besoin accru de vitamines, il est indispensable d'amener une hypervitaminisation chez les sujets sou-



T W 40099

FIG. 10. — COMMENT ON ÉVALUE LA DÉPENSE PHYSIOLOGIQUE D'UN SUJET PENDANT LA MARCHÉ, PAR MESURE DE SA CONSOMMATION D'OXYGÈNE (D'APRÈS A. V. HILL)



T W 40100

FIG. 11. — ÉVALUATION DE LA DÉPENSE PHYSIOLOGIQUE D'UN SUJET PENDANT UN TRAVAIL PHYSIQUE

La mesure de la quantité d'air expiré et son analyse au cours de multiples expériences peuvent permettre de déterminer (dans le cas ci-dessus du transport de briques) les valeurs optima de la vitesse de transport et du nombre de briques par chargement, qui sont celles pour lesquelles la dépense physiologique par brique transportée est minimum. (D'après A. V. Hill.)

mis à des efforts musculaires intenses. Pas plus que l'apport de substances alimentaires hautement énergétiques permettant au moteur musculaire de fonctionner à un rythme accru ne saurait être considéré comme un doping, pas davantage l'augmentation de l'apport vitaminique ne saurait être considéré comme autre chose qu'un moyen physiologique d'améliorer le rendement de la machine humaine spécia-

lement sollicitée au cours de l'effort. Cet apport vitaminique peut être satisfait par une surveillance et un choix spécial de denrées qui constituent la ration du sportif. Il peut l'être également par l'administration de produits synthétiques dont les recherches récentes ont déterminé l'identité avec les vitamines naturelles. Les vitamines, loin de constituer un doping, favorisent le travail musculaire d'une façon toute physiologique et combient un besoin lié seulement au chimisme musculaire.

En conclusion, nous soulignons l'importance des travaux scientifiques qui, joints aux observations sur l'homme, ont montré le rôle capital joué par les vitamines dans la pratique normale des sports. Portant surtout sur les vitamines B<sub>1</sub> et C, ils ont attiré l'attention vers les précarences, et montré qu'avant d'aboutir à une maladie bien définie, le défaut de vitamine peut entraîner pour l'organisme de mauvaises conditions de fonctionnement, surtout chez les individus à qui l'on demande un effort musculaire important. Enfin, nous avons vu que, pour chiffrer la valeur de l'apport vitaminique journalier, il faut tenir compte des circonstances et des individus. Il ne saurait être question que d'indications générales devant être adaptées à chaque cas particulier.

T. LACABARÈDE.

N. D. L. R. — Les figures 2, 4, 5, 6, 7 et 8 sont extraites de l'ouvrage : « Manuel Scientifique d'éducation physique », de M. Boigey (Masson, éditeur, Paris).

# LES A COTÉ DE LA SCIENCE

## INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

### « Pneus » d'acier

**A**U cours de la dernière guerre, la pénurie de caoutchouc avait mis à l'ordre du jour, particulièrement en Europe centrale, la question du bandage métallique dont un certain nombre furent réalisés, pour camions et même pour bicyclettes. Etant donnés leur poids et le médiocre confort

grès de la synthèse industrielle ont transformé la situation. L'emploi de gomes de synthèse telles que

nombre d'heures de travail nettement prohibitif.

Les figures 1 et 2 illustrent le principe des deux

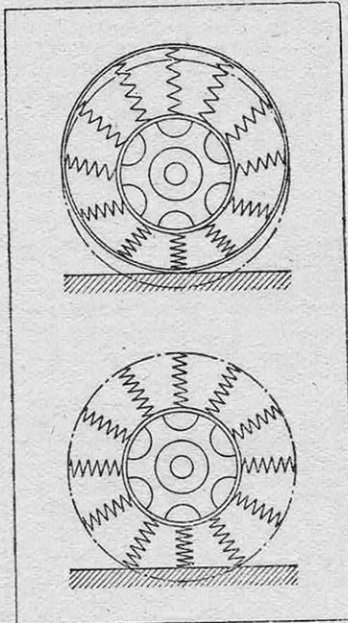


FIG. 1 ET 2. — LES DEUX TYPES DE BANDAGES MÉTALLIQUES POUR VÉHICULES ROUTIERS

En haut, bandage à bande de roulement indéformable; en bas, bandage à ressorts indépendants.

qu'ils procuraient, ils furent abandonnés aussitôt que le caoutchouc de plantation réapparut sur le marché.

Aujourd'hui, nous connaissons certes des restrictions dans la consommation du caoutchouc. Mais si les territoires d'outre-mer nous sont inaccessibles, les pro-

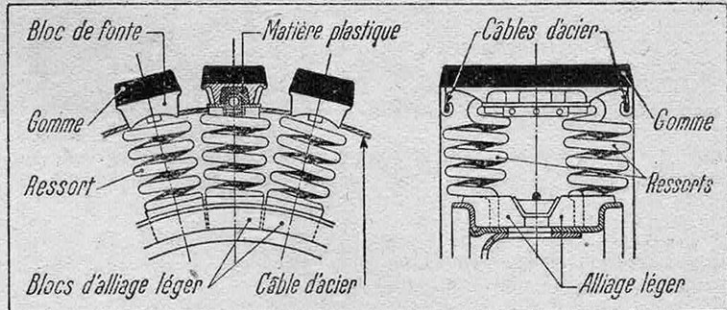


FIG. 3 ET 4. — DISPOSITION GÉNÉRALE SCHEMATIQUE DES RESSORTS DU BANDAGE MÉTALLIQUE ÉTUDIÉ

Les ressorts ont une forme légèrement conique. Chaque ressort est encastré à sa base dans un bloc de métal léger fondu autour de l'extrémité du ressort. Il porte à l'autre extrémité un sabot de fonte reposant sur lui par l'intermédiaire d'une garniture en matière plastique destinée à absorber les chocs. Chaque sabot porte une couche de gomme synthétique pour réduire le bruit lors du roulement. Deux câbles d'acier tendus courent tout autour de la roue à la base des blocs de fonte pour les maintenir en place et s'opposer à l'action de la force centrifuge.

le Buna permet de couvrir les besoins les plus urgents, et si des économies sont indispensables, nous ne sommes pas contraints d'adopter des solutions de fortune techniquement ou économiquement trop désastreuses.

Il était cependant intéressant de s'assurer à nouveau si les progrès de la métallurgie depuis quelque trente ans ne fournissaient pas au problème du « pneu » des solutions nouvelles acceptables. L'Institut de recherches de l'École technique de Stuttgart a poursuivi à ce sujet toute une série d'essais qui ont abouti à la création d'un bandage élastique d'un type nouveau, dont les qualités peuvent être considérées comme satisfaisantes. Hâtons-nous d'ajouter cependant que les conclusions de ces travaux lui sont nettement défavorables, car il pèse au moins le triple d'un pneumatique normal et il exige pour sa réalisation un

système généraux de bandages métalliques, le premier avec bande de roulement rigide, le second avec bande de roulement déformable. La bande rigide, on le voit, ne se déforme pas à la manière d'un pneumatique habituel; elle entre au contact d'un sol dur non par une surface étendue sur laquelle se répartirait le poids du véhicule, mais par une surface étroite presque réduite à une ligne, d'où des inconvénients graves au démarrage, au freinage et pendant les virages, le bandage ne « tenait » pas la route. Avec la bande déformable, on voit que seul le ressort à l'aplomb du point de contact avec le sol est sollicité, tandis qu'avec la bande indéformable tous les ressorts participent à la fois à la suspension. Les ressorts doivent donc être renforcés, d'où une augmentation sensible du poids du bandage. On s'efforcera en pratique

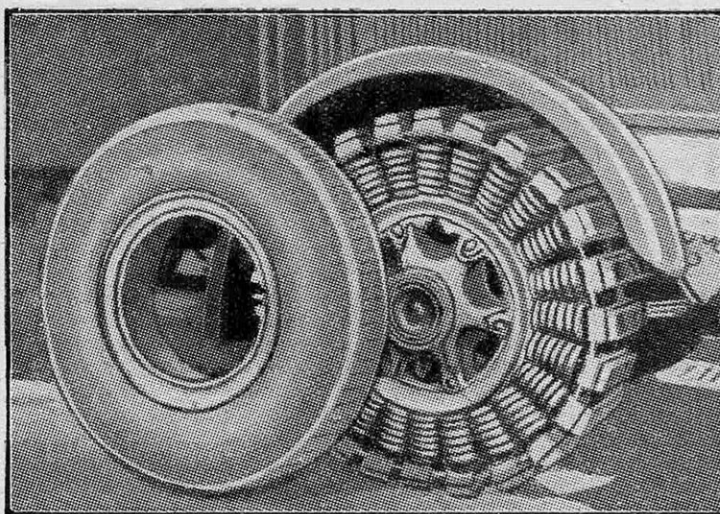


FIG. 5. — UN BANDAGE MÉTALLIQUE ET LE PNEUMATIQUE NORMAL QUI LUI CORRESPOND, CONVENANT TOUTS DEUX A UN CAMION DE 6,5 TONNES

d'assurer par des liaisons une certaine solidarité entre ressorts voisins pour mieux répartir les efforts et rester dans des limites de poids raisonnables.

Le bandage métallique réalisé et étudié (fig. 3, 4

et 5) comprenait 24 paires de ressorts disposés radialement et dimensionnés de telle sorte que la charge soit toujours supportée simultanément par deux paires de ressorts voisins. A leur extrémité, ils portaient un bloc

de fonte garni de caoutchouc. Les blocs étaient assujettis par des câbles d'acier passant dans une gouttière circulaire à la base des blocs.

Un tel bandage, destiné à un camion de 6,5 tonnes, pesait 401 kg, alors qu'un pneumatique habituel de la même force ne pèse que 145 kg. Le poids de caoutchouc qui garnissait la bande de roulement du bandage métallique était de 14 kg au total.

Les bandages ainsi construits ont supporté d'une manière remarquable les essais auxquels ils furent soumis. Qualité de la suspension, tenue de route, en ligne droite et dans les virages, purent être considérées comme satisfaisantes. Mais deux vices rédhibitoires s'opposent, comme nous l'avons dit, à leur diffusion : leur poids, qui demeurera, quoi qu'on fasse, considérablement supérieur à celui d'un pneumatique, et le nombre d'heures de travail qu'exigerait sa fabrication.

V. RUBOR.

## NUMÉROS DISPONIBLES

Nous pouvons fournir à nos lecteurs :  
Tous les numéros, du n° 46 au n° 321,  
**SAUF :**

63, 90, 104, 107, 114, 116, 118, 129, 132, 134, 139, 140, 144, 145, 146, 147, 163, 166, 176, 182, 186, 188, 189, 193, 200, 201, 204, 210, 213, 217, 222, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 240, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 263, 264, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 282, 287, 288, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 304, 305, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318.

Envoyer **exclusivement** par chèque postal au C.C. Postal Toulouse 184.05 :

- 10 francs par exemplaire commandé pour les numéros ordinaires;
- 20 francs pour les numéros spéciaux : 280, 284.

Nous nous réservons le droit de rembourser les lecteurs dont les commandes ne pourront être assurées, par suite de l'épuisement du stock.

## Pour être sûr de lire régulièrement *SCIENCE ET VIE*, abonnez-vous :

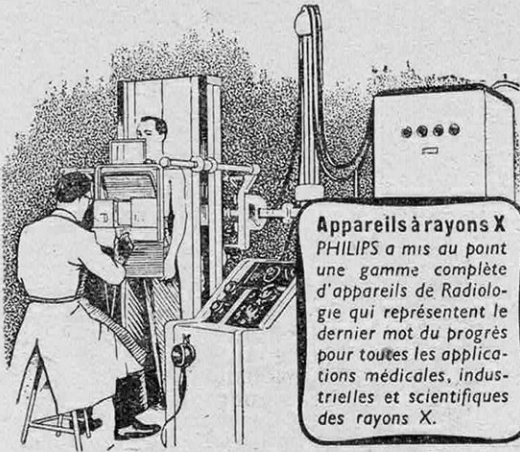
|                                   | France     | Etranger   |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Envois simplement affranchis..... | 110 francs | 200 francs |
| Envois recommandés.....           | 140 francs | 250 francs |

Tous les règlements doivent être effectués par chèque postal : 184.05 Toulouse. — Nous n'acceptons pas les timbres-poste.

Prière de joindre 3 francs pour les changements d'adresse.

La table générale des matières n° 1 à 186 (1913-1932) est expédiée franco contre 25 francs.





**Appareils à rayons X**  
 PHILIPS a mis au point  
 une gamme complète  
 d'appareils de Radiolo-  
 gie qui représentent le  
 dernier mot du progrès  
 pour toutes les applica-  
 tions médicales, indus-  
 trielles et scientifiques  
 des rayons X.

# PHILIPS

De **multiples** activités  
 dans tous les domaines  
 de l'Electronique moderne  
 mais **une seule** qualité  
 ont fait la réputation de



S.A. PHILIPS, ÉCLAIRAGE ET RADIO

50, AVENUE MONTAIGNE, PARIS 8<sup>e</sup>

## "L'Electricité c'est l'avenir des jeunes"



Étudiez chez vous, sans interrompre  
 vos occupations, la plus jeune et  
 la plus passionnante des sciences

### L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS

En 6 mois, grâce à  
 notre méthode moderne  
 d'enseignement pratique  
 professionnel, vous de-  
 viendrez l'expert recher-  
 ché dans l'industrie, le  
 Cinéma, la Télévision,  
 l'Amplification, etc.

## INSTITUT ELECTRO-RADIO

6, RUE DE TÉHÉRAN-PARIS - 8<sup>e</sup>

DE SUITE, écrivez-nous pour recevoir  
 gratuitement notre luxueux programme

"L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS MODERNES"  
 PRÉPARATION AUX DIPLOMES D'ÉTAT



## ÉCOLE TECHNIQUE

DES  
 SCIENCES  
 APPLIQUÉES

2, RUE DU SALÉ, 2  
 TOULOUSE

### L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE PAR CORRESPONDANCE

#### PRÉPARATION AUX DIPLOMES D'ÉTAT

#### COMPTABILITÉ

AIDE-COMPTABLE  
 TENEUR DE LIVRES  
 COMPTABLE-AGRÉÉ  
 EXPERT-COMPTABLE

#### DESSIN

DESSINATEUR - CALQUEUR  
 DESSINATEUR INDUSTRIEL  
 DESSINATEUR D'ÉTUDES

#### ÉLECTRICITÉ-RADIO

MONTEUR-DÉPANNÉUR  
 RADIO-TECHNICIEN  
 OPÉRATEUR DES P. T. T.  
 RADIOTÉLEGRAPHISTE  
 DES STATIONS MOBILES

#### ENSEIGNEMENT GÉNÉRAL

FRANÇAIS  
 MATHÉMATIQUES  
 CHIMIE-PHYSIQUE

TOUTES CES ÉTUDES PEUVENT ÊTRE ENTREPRISES  
 AVEC, A LA BASE, UNE INSTRUCTION DU NIVEAU  
 DU C. E. P.

**BON 313** à joindre à toute demande de  
 renseignements gratuits.

SPÉCIFIER LA CARRIÈRE CHOISIE

**POUR LES ÉTUDES DE VOS ENFANTS  
PAR VOS PROPRES ÉTUDES**

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

**L'ÉCOLE UNIVERSELLE**

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

L'enseignement de l'ÉCOLE UNIVERSELLE est merveilleusement efficace, puisqu'il a permis à ses élèves de remporter des

**DIZAINES DE MILLIERS DE SUCCÈS  
AU BACCALAUREAT**

et des dizaines de milliers de succès aux BREVETS, LICENCES, concours des GRANDES ÉCOLES, des GRANDES ADMINISTRATIONS, etc.

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

**BROCHURE L. 19.551 : ENSEIGNEMENT PRIMAIRE :** Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet Supérieur, Brevets, C.A.P., etc.

**BROCHURE L. 19.552 : ENSEIGNEMENT SECONDAIRE :** Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Baccalauréats, etc.

**BROCHURE L. 19.553 : ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR :** Licences (Lettres, Science, Droit). Tous les professorats (classes élémentaires, lycées, collèges, etc...)

**BROCHURE L. 19.554 : GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.**

**BROCHURE L. 19.555 :** Carrières de l'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS, etc.

**BROCHURE L. 19.556 :** Carrières de l'AGRICULTURE et du GENIE RURAL, etc.

**BROCHURE L. 19.557 :** Carrières du COMMERCE, de l'INDUSTRIE HOTELIÈRE, des ASSURANCES, de la BANQUE, de la BOURSE, etc.

**BROCHURE L. 19.558 :** ORTHOGRAPHE, REDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, Dessin, Écriture.

**BROCHURE L. 19.559 :** LANGUES VIVANTES, TOURISME (Interprète), etc.

**BROCHURE L. 19.560 :** AIR, MARINE : Pont, Machine, Commissariat, T.S.F., etc.

**BROCHURE L. 19.561 :** SECRETARIATS, BIBLIOTHÈQUES, etc.

**BROCHURE L. 19.562 :** ÉTUDES MUSICALES : Instrumenta, Professorats, etc.

**BROCHURE L. 19.563 :** ARTS DU DESSIN : Professorats, Métiers d'Art, etc.

**BROCHURE L. 19.564 :** MÉTIERS DE LA COU- TURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc.

**BROCHURE L. 19.565 :** ARTS DE LA COIF- FURE ET DES SOINS DE BEAUTE, etc.

**BROCHURE L. 19.566 :** Carrières du CINEMA.

**BROCHURE L. 19.567 :** TOUTES LES CAR- RIERES ADMINISTRATIVES.

A expédier gratuitement à M. ....

Rue ..... n° .....

A ..... Département .....

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

**ÉCOLE UNIVERSELLE**  
12, P<sup>o</sup> Jules-Ferry, LYON - 59, B<sup>o</sup> Exelmans, PARIS

AUTOMOBILE - AVIATION - CINEMA - COMMERCE - VENTE  
ET PUBLICITÉ - CUISINE - DESSIN - DICTIONNAIRES ET  
ENCYCLOPÉDIES - ÉLECTRICITÉ - ÉLEVAGE - ENSEIGNEMENT GÉNÉRAL - FINANCE ET BOURSE - JARDINAGE  
JEUX DE SOCIÉTÉ - ..... MAGNÉ-  
TISME - ASTRO ..... MARINE  
ET YACHTING ..... GIÈNE  
MENUISERIE ..... HILA-  
TÉLIE ..... IMIE  
RADIF ..... VAUX  
AUTO ..... ENTE  
ET PU ..... ES ET  
ENCY ..... SEIGNE-  
MENT ..... ADINAGE  
JEUX D ..... MAGNÉ-  
TISME - AS ..... C - MARINE  
ET YACHTING - ..... NE ET HYGIÈNE  
MENUISERIE - MODÈLES RÉDUITS - PÊCHE - PHILA-  
TÉLIE - PHILOSOPHIE - PHOTO - PHYSIQUE ET CHIMIE  
RADIESTHÉSIE - RADIO - TÉLÉVISION - TRAVAUX  
D'AMATEURS - SCIENCES NATURELLES - ARTISANAT

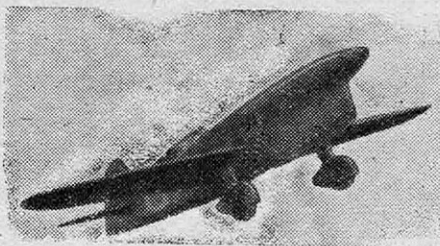
**TOUS LES  
OUVRAGES  
TECHNIQUES ET DE  
VULGARISATION  
SCIENTIFIQUE**

**SCIENCES ET LOISIRS**

17, AV. DE LA RÉPUBLIQUE, PARIS

LISTE DE NOS LIVRES SÉLECTIONNÉS CONTRE 5<sup>fr</sup> EN TIMBRES

**JEUNES GENS!**



**SAVEZ-VOUS** que chaque avion moderne est une véritable centrale électrique ?

**SAVEZ-VOUS** que sa construction et son entretien exigent des milliers d'Electro-Techniciens qualifiés ?

**FAITES VOTRE CARRIÈRE  
DANS L'AVIATION**

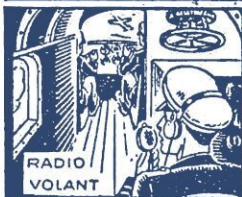
Devenez rapidement CHEF ELECTRO-TECHNICIEN d'Aviation, en suivant par correspondance les cours de l'

**ÉCOLE PROFESSIONNELLE  
SUPÉRIEURE (Section Aviation)**

51, Boulevard Magenta, PARIS (10<sup>e</sup>)

Demandez la documentation gratuite.

# LA RADIO *manque* DE SPECIALISTES!



RADIO VOLANT



SOUS-INGENIEUR



INGENIEUR

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

### PREPAREZ CES CARRIERES en suivant nos cours spécialisés **PAR CORRESPONDANCE**

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

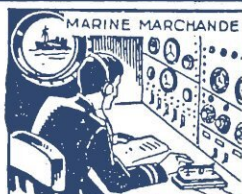
**INSCRIPTIONS A TOUTE EPOQUE DE L'ANNEE**  
TOUS NOS COURS COMPORTENT LES EXERCICES PRATIQUES A DOMICILE

### PLACEMENT

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

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

Notices gratuitement sur demande.



MARINE MARCHANDE



DESSINATEUR RADIO



DEPANNEUR

## ECOLE GENERALE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE

RUE DE BRETAGNE & RUE DU MARECHAL LYAUTEY-VICHY-(ALLIER)

ADRESSES DE REPLI

Pub. R. Domenech M.C.S.P.

**MÉTÉORE**

*Qualité d'abord*

*S'impose au monde entier*

**LA PLUME "VÆDIUM"**  
Même technique. Même usage.  
Même garantie que la plume "OP"

04964/0 S.A.

# NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



# NITROLAC

98, ROUTE D'AUBERVILLIERS - S'DENIS (SEINE) - PLAINE : 16.55