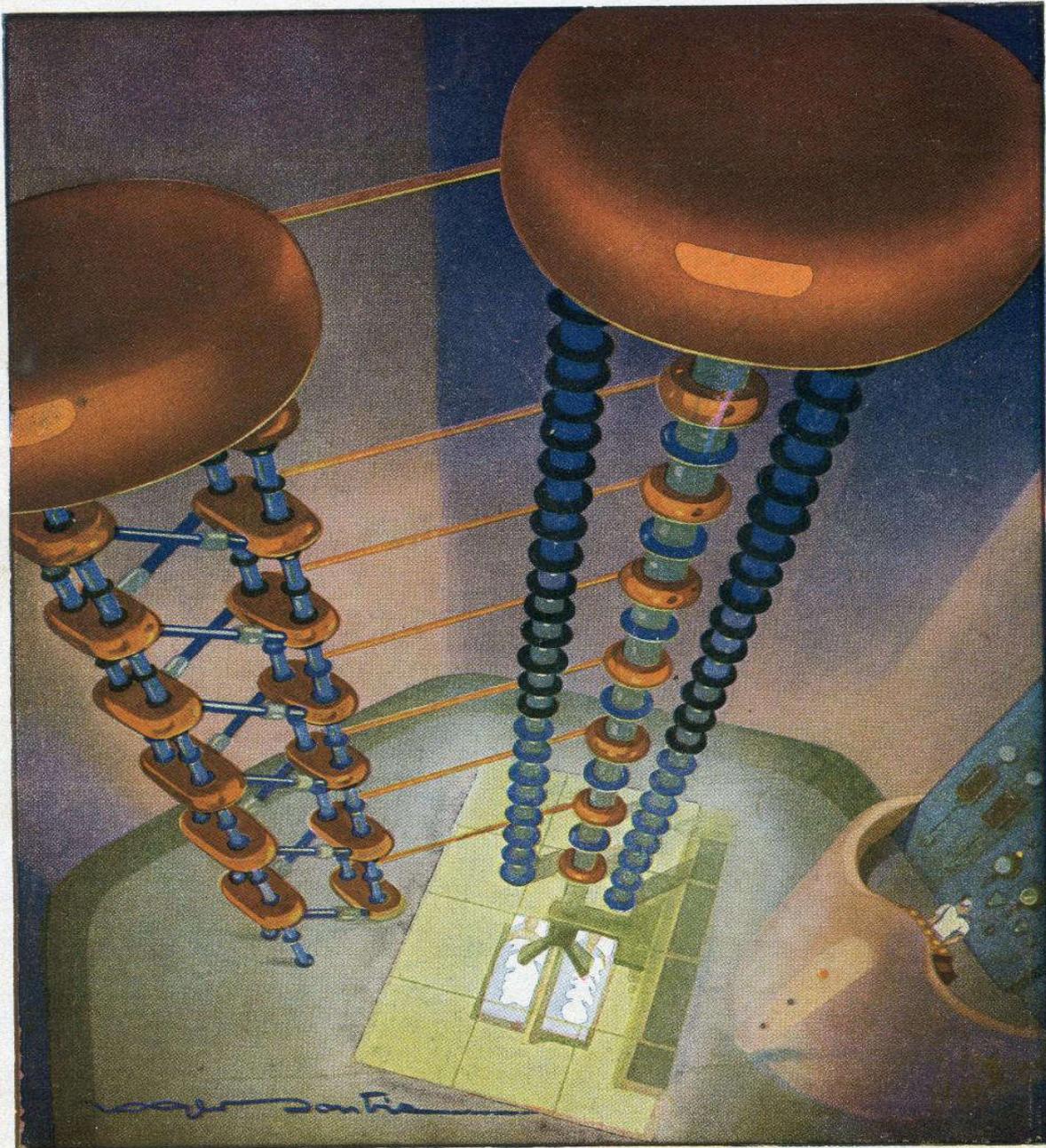


JUILLET 1944

N° 323

SCIENCE ET VIE



10 FRANCS

Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

LA RADIO

*s'apprend
aussi..*



...par **CORRESPONDANCE**



ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F

12 rue de la Lune PARIS 2^e Téléphone Central 78-87

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

Publicités Reunies

Dessinez

avec **MARC SAUREL**
Inventeur de la célèbre
méthode par correspondance

LE DESSIN FACILE

Vacances longues... déplacements difficiles...

Profitez-en pour suivre chez vous les Cours par correspondance du **DESSIN FACILE**, vous ne vous ennuierez plus un instant même si vous ne pouvez "changer de décor".

Grâce à ses nombreuses et magnifiques planches-modèles photographiques hors-texte spécialement établies pour compléter son enseignement "LE DESSIN FACILE" vous apprend rapidement à croquer sur le vif, personnages, paysages, animaux, etc... Des

Professeurs éminents choisis par Marc SAUREL, qui fut il y a 32 ans le promoteur de l'enseignement du dessin par correspondance en France et possède donc une immense expérience, vous guideront pas à pas personnellement. Ainsi, vous pourrez dire bientôt comme notre élève, Mlle B. J. "Vous m'avez révélé l'amour du dessin que j'avais en moi sans le savoir".



**LES COURS DE L'ÉCOLE
MARC SAUREL**
● LE DESSIN FACILE
Cours de dessin pour adultes.
Croquis, portrait, paysage, etc.
● SPÉCIFICATION : Cours
de MODE, D'ILLUSTRATION,
de PUBLICITE, de LETTRES,
de DESSIN ANIME, de DESSIN
INDUSTRIEL.
● JE DESSINE.
Cours pour enfants de 6 à 12 ans

MÉTIER D'AVENIR

Parmi les carrières ouvertes aux dessinateurs, il en est une qui assure de nombreux postes :

LE DESSIN INDUSTRIEL

Un cours spécialement conçu pour l'accession à cette carrière permet aux élèves d'obtenir rapidement les connaissances techniques et l'habileté manuelle requise.

LE DESSIN FACILE
11, rue Keppler - Paris-XVI

BON

SV-48

Brochure illustrée contre 4 f. 50 en timbres (joindre le bon ci-dessus et spécifier le genre qui vous intéresse).

CECI INTÉRESSE

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

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

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

par correspondance de Paris

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

BROCHURE L. 19.568. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le Cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, C. A. P., etc.

BROCHURE L. 19.569. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse, Baccalauréats, etc.

BROCHURE L. 19.570. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), tous les professorats (classes élémentaires, lycées, collèges, etc.).

BROCHURE L. 19.571. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.

BROCHURE L. 19.572. — CARRIÈRES de l'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS, etc.

BROCHURE L. 19.573. — CARRIÈRES de l'AGRICULTURE et du GENIE RURAL, etc.

BROCHURE L. 19.574. — CARRIÈRES du COMMERCE, de l'INDUSTRIE HOTELIÈRE, des ASSURANCES, de la BANQUE, de la BOURSE, etc.

BROCHURE L. 19.575. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, DESSIN, ÉCRITURE.

BROCHURE L. 19.576. — LANGUES VIVANTES, TOURISME (Interprète), etc.

BROCHURE L. 19.577. — AIR, MARINE : Pont, Machine, Commissariat, T. S. F., etc.

BROCHURE L. 19.578. — SECRETARIATS BIBLIOTHÈQUES, JOURNALISME.

BROCHURE L. 19.579. — ÉTUDES MUSICALES : Instruments, Professorats, etc.

BROCHURE L. 19.580. — ARTS DU DESSIN : Professorats, Métiers d'art, etc.

BROCHURE L. 19.581. — MÉTIERS de la COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc.

BROCHURE L. 19.582. — ARTS de la COIFFURE et des SOINS DE BEAUTÉ, etc.

BROCHURE L. 19.583. — CARRIÈRES du CINÉMA.

BROCHURE L. 19.584. — TOUTES LES CARRIÈRES ADMINISTRATIVES.

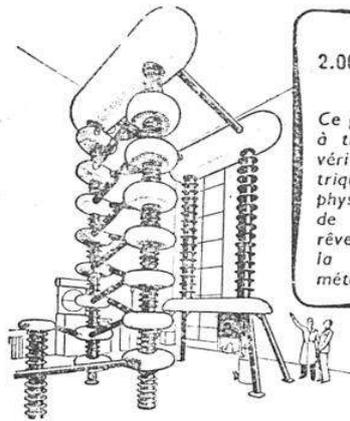
Grâce aux cours par correspondance de l'École Universelle, chacun peut acquérir chez soi, quelle que soit sa résidence, à ses heures de loisir, quelles que soient ses occupations, facilement, quelles que soient ses études antérieures, avec le minimum de frais et dans le minimum de temps, toutes les connaissances utiles pour occuper la situation dont il se sent digne. Ceux des cours par correspondance de l'École Universelle qui préparent aux examens et aux concours publics assurent chaque année à leurs élèves

DES MILLIERS DE SUCCÈS

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

ÉCOLE UNIVERSELLE

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



Plus de
2.000.000 de volts !

Ce générateur PHILIPS, à très haute tension, véritable "canon électrique" permet aux physiciens modernes de réaliser le vieux rêve des alchimistes : la transmutation des métaux.

PHILIPS

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



5 A PHILIPS, ÉCLAIRAGE et RADIO

50, AVENUE MONTAIGNE, PARIS 8^e

"L'Électricité 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 deviendrez l'expert recherché dans l'industrie, le Cinéma, la Télévision, l'Amplification, etc.

INSTITUT ELECTRO-RADIO

6, RUE DE TÉHÉRAN - PARIS - 8^e

DE SUITE, écrivez-nous pour recevoir gratuitement notre luxueux programme "L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS MODERNES" PRÉPARATION AUX DIPLOMES D'ÉTAT

Voulez-vous connaître LA METHODE A.B.C. DE DESSIN D'APRÈS NATURE ?

Supprimant les difficultés inutiles, évitant les exercices fastidieux, mettant le débutant à même de réaliser **dès sa première leçon** des croquis d'**après nature**, la Méthode A. B. C. permet à chaque élève de révéler en très peu de temps sa personnalité.

La méthode A. B. C. est **efficace** parce qu'elle est simple, claire et rationnelle. Démontrant les rapports étroits qui lient le Dessin à l'Écriture, elle utilise les connaissances élémentaires que l'élève a acquises lorsque, tout enfant, il traçait ses premières lettres.

La Méthode A. B. C. **restera toujours moderne** aussi longtemps que l'homme cherchera dans le dessin le moyen de traduire les réactions de sa sensibilité devant les spectacles de la Nature, les manifestations même de la vie.



La Méthode A. B. C. s'est acquise une autorité qui va grandissant chaque jour avec le nombre impressionnant des personnes qui, dans le monde entier, depuis 25 ans, lui doivent de savoir dessiner.

BROCHURE GRATUITE

Demandez la brochure de renseignements n° C.B. 24 en joignant 5 fr. en timbres pour tous frais. Indiquez le cours qui vous intéresse : Cours pour Adultes ou Cours pour Enfants.

ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN

12, Rue Lincoln, PARIS (8°) — 6, Rue Bernadotte, PAU (Bas.-Pyr.)

SACHEZ VOIR PLUS LOIN..

Que le présent

JEUNES GENS...

Né vous laissez pas décourager par les sombres perspectives du moment...
Tout n'a qu'un temps...

**SEUL CAPITAL INDESTRUCTIBLE,
L'INSTRUCTION DEMEURE !
APPRENEZ UN BON METIER DANS
LA RADIO; VOUS ASSUREZ AINSI
VOTRE AVENIR... POUR DEMAIN**

A temps perdu, sans rien changer à vos occupations, où que vous puissiez être

NOS COURS SPECIAUX

— sur place ou —

PAR CORRESPONDANCE

vous donneront le maximum de chances
aux examens officiels.

N'hésitez pas à nous demander conseil, il vous sera répondu par retour du courrier.



ÉCOLE DE RADIOÉLECTRICITÉ ET DE TÉLÉVISION

15, RUE DU DOCTEUR BERGONIE

LIMOGES. (H.V.) C.C.P. 406.05

PUB. R. DOMENACH, MOSP

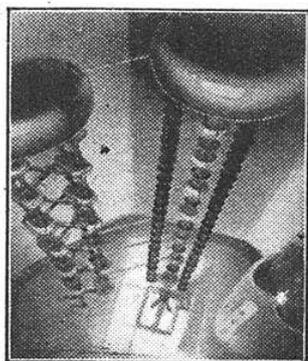
SCIENCE ET VIE

Tome LXVI - N° 323

SOMMAIRE

Juillet 1944

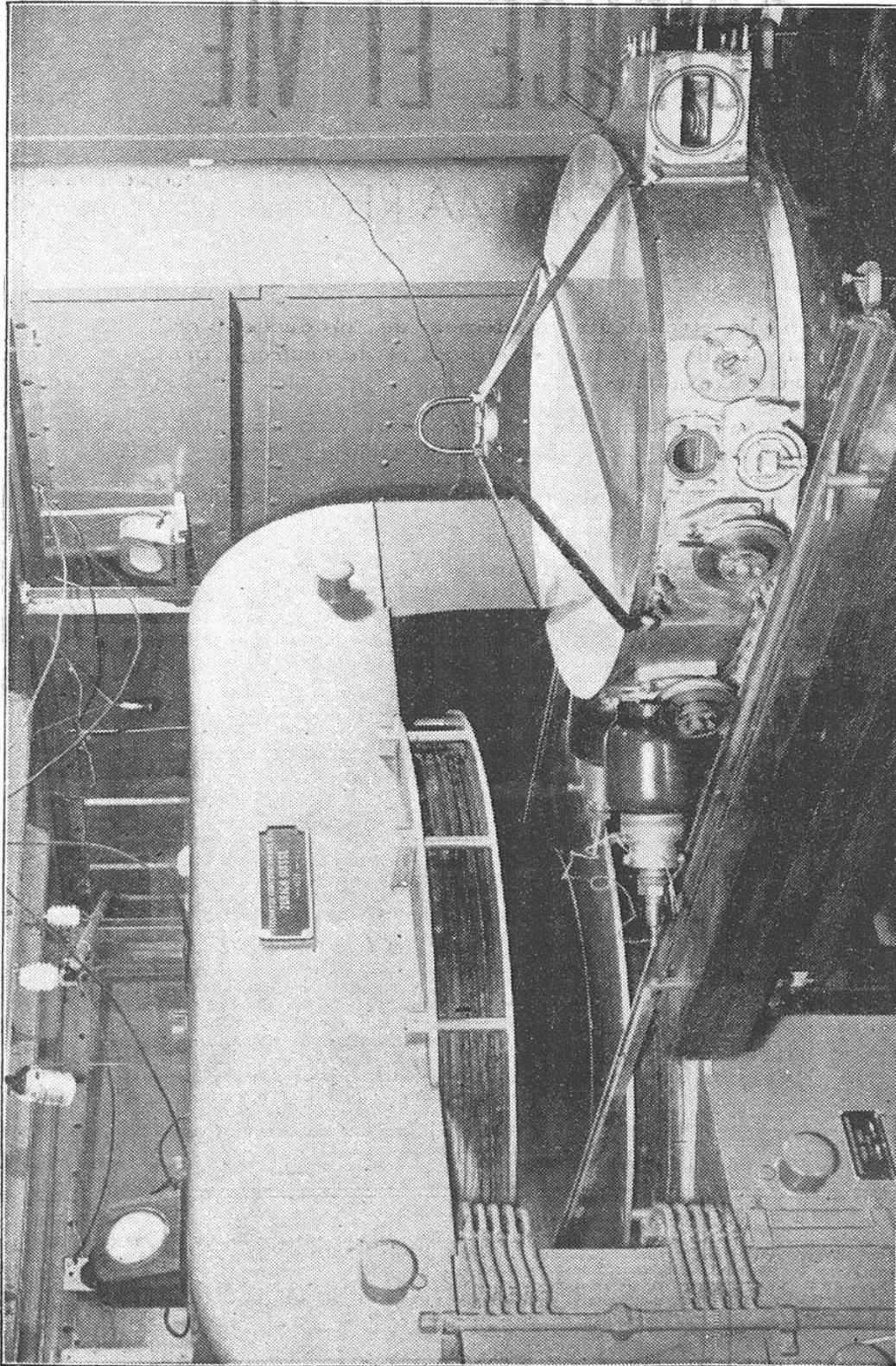
- ★ Voici les techniques modernes de production de rayons X, de particules électrisées et de neutrons, par Maurice-E. Nahmias 3
- ★ Chasseurs et bombardiers à réservoirs auxiliaires largables et grand rayon d'action, par Georges Milles.... 15
- ★ La vie flottante : plancton et organismes pélagiques, par C. Puisségur 18
- ★ La fabrication des jus de fruits, industrie française de l'avenir, par Jean Héribert 27
- ★ L'alcool carburant dans l'économie française de demain, par Charles Berthelot 35
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor..... 42



Les armes de l'alchimiste moderne sont les générateurs à très haute tension et les accélérateurs à haute fréquence, tels que le cyclotron, qui fournissent les projectiles de grande énergie capables d'effectuer les transmutations de noyaux atomiques et en particulier la synthèse des radioéléments artificiels. La couverture de ce numéro montre un tel générateur à haute tension, en cascade. Il alimente, sous plus de 1,5 millions de volts, un tube accélérateur fonctionnant en tube à rayons X, générateur de radiations très pénétrantes pour certains traitements médicaux. Le même tube serait adapté à des recherches d'ordre physique sur les réactions nucléaires et la constitution du noyau des atomes. Il serait capable en particulier de produire un flux de neutrons, pour des applications scientifiques ou médicales, équivalant à celui que permettraient d'obtenir 5 kilogrammes de radium. (Voir l'article page 3 de ce numéro.)

« 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 », Juillet mil neuf cent quarante-quatre. Registre du Commerce : Toulouse 3235 B. Abonnements : France et Colonies, un an : cent dix francs.



T W 40105

LE CYCLOTRON DU LABORATOIRE DE CHIMIE NUCLÉAIRE AU COLLÈGE DE FRANCE (PROFESSEUR JOLIOT)

La boîte d'accélération des ions est ici hors des pièces pointées pour mieux en faire voir les détails. On aperçoit tout à fait à droite la chambre des cibles.

VOICI LES TECHNIQUES MODERNES DE PRODUCTION DE RAYONS X, DE PARTICULES ÉLECTRISÉES ET DE NEUTRONS

par Maurice-E. NAHMIAS

Docteur ès Sciences physiques

Chef du Laboratoire de Radiobiologie du Centre Anti-Cancéreux de Marseille

Depuis les expériences de Röntgen et la découverte des rayons X vers la fin du siècle dernier, la technique radiologique a fait d'immenses progrès et les appareils industriels les plus récents réunissent de multiples raffinements rarement connus des praticiens et encore moins du grand public. A côté de ce rayonnement électromagnétique, un rayonnement corpusculaire est maintenant à l'ordre du jour dans les recherches biologiques et éventuellement physiologiques : les neutrons. Leur production met en œuvre un appareillage complexe qui comporte le plus souvent un générateur à très haute tension (un ou plusieurs millions de volts) alimentant un tube accélérateur de particules électrisées (ions) où règne un vide poussé. D'autres techniques font appel non plus à la haute tension, mais à la haute fréquence pour l'accélération de ces particules. Tel est le cas des cyclotrons, en particulier, qui équipent maintenant de nombreux laboratoires dans tous les pays du monde et grâce auxquels on doit s'attendre bientôt à des progrès révolutionnaires dans nos connaissances de l'action des rayonnements sur la matière vivante, et à des évolutions inédites de nombreux problèmes biologiques d'importance primordiale.

Les générateurs de très hautes tensions

POUR créer une différence de potentiel entre deux conducteurs on peut utiliser des machines de types divers. Nous allons les passer rapidement en revue.

Dynamos

Les dynamos courantes permettent d'obtenir des tensions continues jusqu'à 1000 volts. On arrive maintenant à fabriquer des dynamos spéciales qui peuvent donner jusqu'à 20 000 volts.

Accumulateurs et piles

L'encombrement et les difficultés d'entretien limitent l'emploi des générateurs électrochimiques à des batteries de

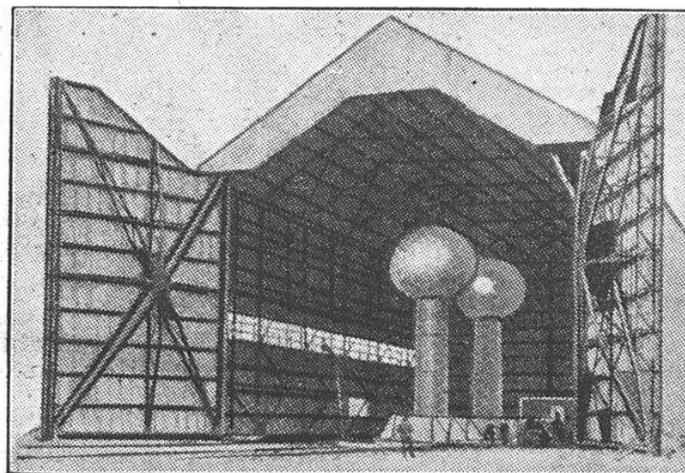
quelques milliers de volts. Ils sont principalement utilisés à la production de rayonnements X monochromatiques de grandes longueurs d'onde. C'est ainsi que le rayonnement mou du molybdène (électrons accélérés sur anode de molybdène) a servi à Holweck et Lacassagne dans leurs travaux sur la délimitation des zones sensibles de certains microorganismes.

Machines électrostatiques

Les machines électrostatiques classiques (1) fournissent facilement quelques dizaines de milliers de volts avec un courant de l'ordre du dixième de milliampère.

La forme la plus moderne de ces appareils est donnée par les fameux généra-

(1) Elles peuvent être à frottement, comme celle de Ramsden, ou à influence comme celle de Wimshurst.



T W 40106

FIG. 1. — GÉNÉRATEUR ÉLECTROSTATIQUE BIPOLAIRE POUR 5 MILLIONS DE VOLTS DU MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, INSTALLÉ, A ROUND HILL, DANS LE HANGAR D'UN PETIT DIRIGEABLE

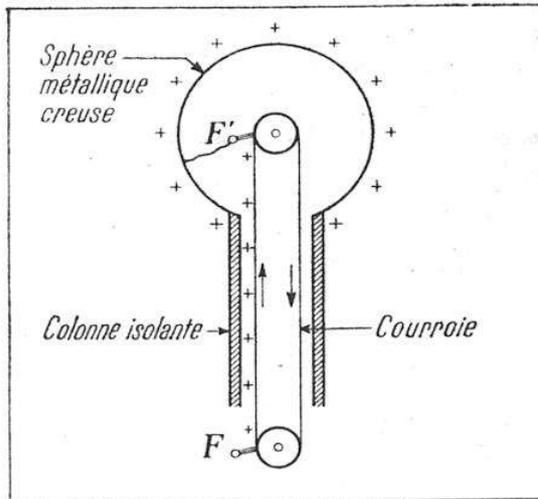


FIG. 2. — PRINCIPE DE LA CHARGE D'UNE SPHÈRE D'UN GÉNÉRATEUR ÉLECTROSTATIQUE

La sphère métallique creuse, de 4,5 m de diamètre, est supportée par une colonne isolante de 6,6 m de haut et 1,8 m de diamètre. Au bas de la colonne se trouve un groupe de tension constante (15 000 ou 20 000 V) alimentant un peigne métallique F qui émet des ions par ses pointes. Les charges se déposent sur la courroie isolante (en papier, en soie ou en tissu caoutchouté) qui les entraîne à une vitesse qui peut atteindre 25 mètres par seconde jusque dans la sphère où un deuxième peigne F' les recueille. Elles se portent alors à la surface de la sphère où elles s'accablent.

teurs électrostatiques du type mis au point dans les laboratoires de Van de Graaff et de Tuve, aux Etats-Unis. La figure 1 montre un tel générateur pour 5 millions de volts. On peut voir sur cette figure (et on peut le constater sur le modèle analogue qui existe au Palais de la Découverte à Paris) deux colonnes isolantes supportant chacune une sphère métallique. Ces pièces sont creuses et, dans la colonne de droite, des courroies verticales sans fin transportent vers la sphère des charges positives, tandis que la sphère de gauche est chargée de la même manière à un potentiel négatif (fig. 2).

La tension maximum que l'on peut obtenir est essentiellement fonction du potentiel disruptif de l'air qui environne la sphère et les courroies, ainsi que de la forme des surfaces voisines qui se trouvent au potentiel du sol.

L'appareil peut fournir +2,5 millions de volts sur une sphère et -2,5 millions de volts sur l'autre. Si on installait un tube accélérateur de particules électrisées entre ces deux sphères, on aurait une tension utilisable de 5 millions

de volts (5 MV). Le laboratoire d'essais se trouve alors logé dans la sphère positive, si on expérimente avec des électrons ou des rayons X. Si on veut travailler avec des ions positifs très énergiques, ou avec des neutrons produits par ces ions, on change la polarité des sphères en modifiant convenablement les postes à tension constante qui alimentent les courroies. Le laboratoire se trouve alors dans la même sphère chargée cette fois négativement. Les expérimentateurs étant isolés du sol ne s'aperçoivent pratiquement pas qu'ils sont dans une enceinte si fortement électrisée.

Pour des raisons de stabilité et d'étanchéité du tube accélérateur, on dispose généralement celui-ci verticalement comme sur la figure 3 et on relie sa partie inférieure contenant la chambre des cibles à la terre. Sa partie supérieure est portée à un potentiel positif ou négatif, suivant que l'on désire accélérer des ions ou des électrons.

Pour atteindre des potentiels de plusieurs millions de volts sur une seule sphère (dispositif accélérateur vertical), on place l'ensemble du

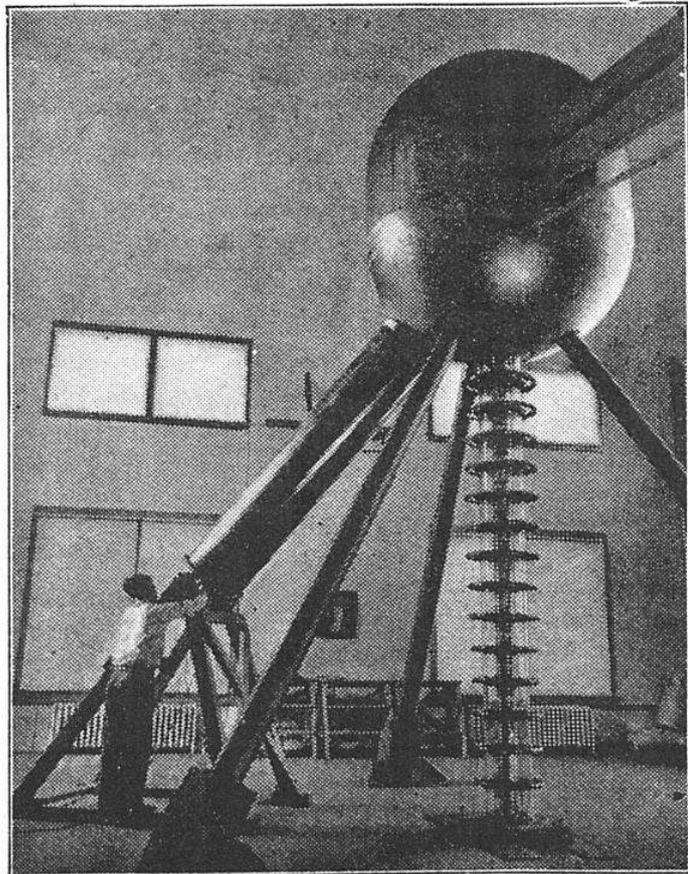


FIG. 3. — GÉNÉRATEUR ÉLECTROSTATIQUE AVEC SON TUBE D'ACCÉLÉRATION VERTICAL (LABORATOIRE DE LA CARNEGIE INSTITUTION A WASHINGTON) A 1,2 MILLIONS DE VOLTS

Le collecteur de charges mesure 2 m de diamètre et est alimenté par la grande courroie visible en haut et à droite (la petite courroie entraîne la dynamo du générateur d'ions). Les ions sont accélérés dans le tube vertical et frappent les cibles qui leur sont offertes dans le laboratoire situé à l'étage inférieur.

générateur et du tube à l'intérieur d'une enceinte étanche (fig. 4) dans laquelle on introduit un gaz (tétrachlorure de carbone, air comprimé, etc.) dont le potentiel disruptif est plus élevé que celui de l'air normal. La plus haute énergie ainsi obtenue est de 5 MV (fig. 5).

M. Pauthenier a modifié la technique de Van de Graaff-TuVe en remplaçant les courroies par des poussières de verre entraînées par un courant d'air à l'intérieur d'un cylindre isolant supportant une sphère métallique. Les charges électriques sont transmises par des ions qui émettent des pointes ou des fils fins portés à quelques milliers de volts par un groupe transformateur-redresseur.

Les générateurs électrostatiques fournissent facilement des courants ioniques de l'ordre du milliampère ce qui est leur principal avantage sur la technique du cyclotron, que nous décrivons plus loin, et avec laquelle on a rarement atteint des courants de plus de 100 microampères.

L'intensité du courant que peut transporter une courroie isolante est proportionnelle à sa largeur et à sa vitesse de déplacement. Cette dernière pouvant difficilement dépasser 20 mètres à la seconde, on a intérêt à augmenter soit la surface, soit le nombre des courroies.

Il existe à l'Institut du Cancer de Boston un générateur électrostatique d'électrons qui permet d'obtenir des rayons X de un million de volts.

Bobines d'induction

On produit aisément avec ces appareils des tensions de l'ordre de 100 000 volts, avec un faible débit.

Transformateurs

Ce sont les meilleurs engins pour l'élévation

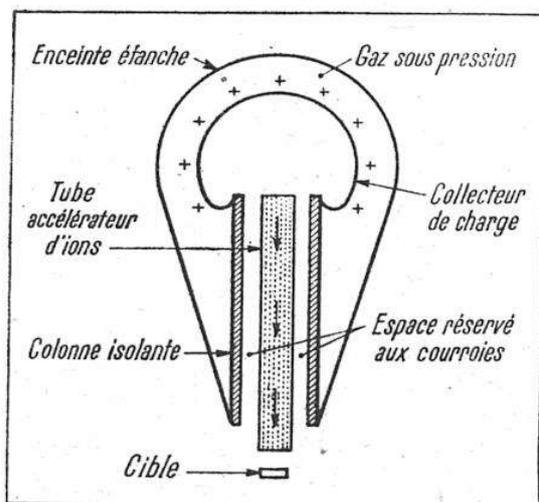
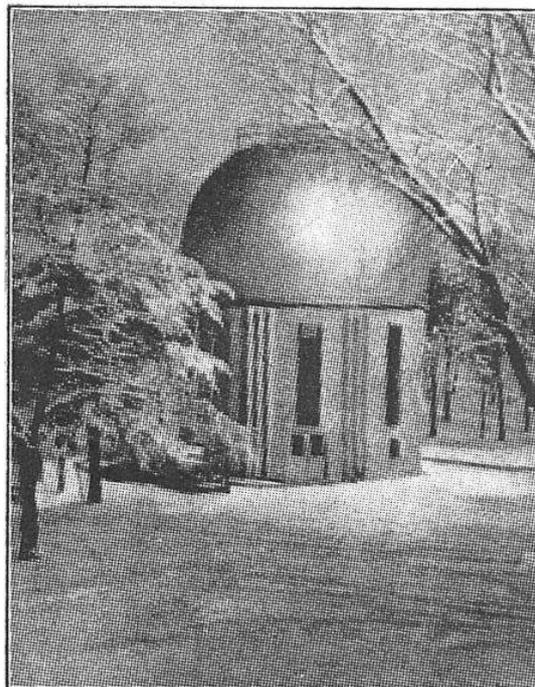


FIG. 4. — SCHÉMA D'UN GÉNÉRATEUR ÉLECTROSTATIQUE À COURROIES DANS UNE ENCEINTE SOUS PRESSION.

Le générateur à courroies est installé dans une enceinte d'acier soudé capable de supporter une pression intérieure de 5 kilogrammes par centimètre carré. Le collecteur peut soutenir des tensions plus élevées que dans le montage simple de la figure 2. Le tube accélérateur est disposé verticalement dans l'axe de la colonne isolante.



T W 40108

FIG. 5. — VUE EXTÉRIEURE DU NOUVEAU GÉNÉRATEUR POUR 5 MILLIONS DE VOLTS DE LA CARNEGIE INSTITUTION À WASHINGTON

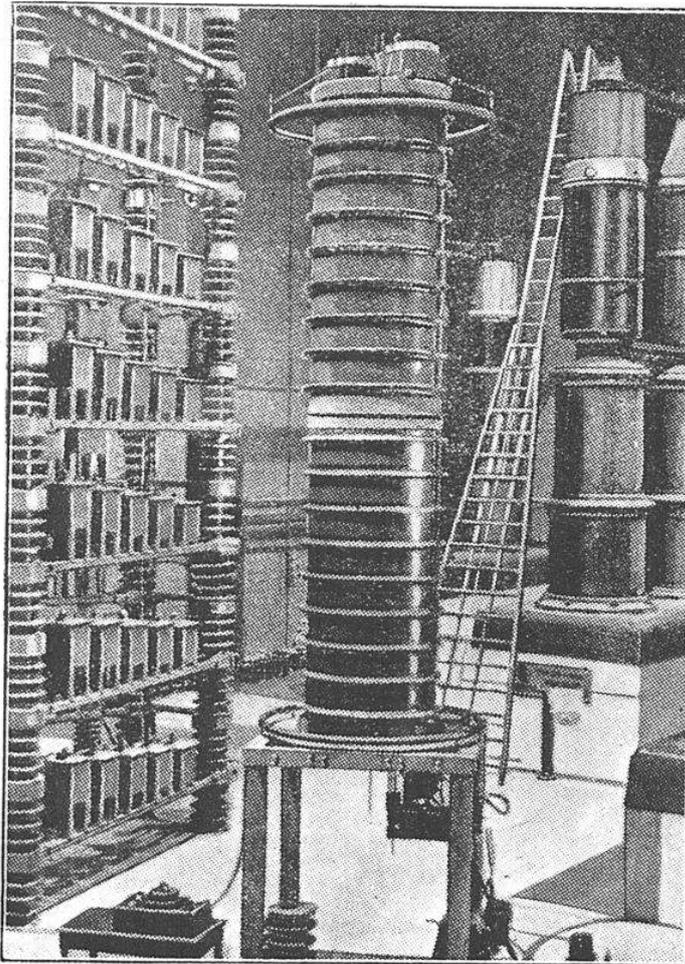
Ce générateur a l'aspect extérieur d'un observatoire astronomique, le dôme étant figuré par l'enceinte en acier soudé où est enjéré sous pression le générateur électrostatique proprement dit.

orsqu'on se tient au-dessous du million de volts. La tension alternative du secondaire d'un transformateur, appliquée sur un tube à cathode chaude, ou à électrode de forme convenue (une pointe face à une plaque), se trouve automatiquement redressée sur une des deux demi-périodes. On utilise de la sorte une tension dite pulsatoire (fig. 6).

Si l'on redresse le courant à la sortie du transformateur par des soupapes électroniques appelées *kénotrons*, on obtient une tension quasi-constante. En ajoutant des condensateurs et des résistances à cette installation, on stabilise rigoureusement le voltage aux bornes du tube accélérateur. Ce dernier perfectionnement rend pratiquement impossible l'existence d'une onde inverse, qui souvent, dans la tension pulsatoire, met le tube scellé hors d'usage. Redressement et stabilisation de la tension sont courants dans l'appareillage pour traitements par les rayons X (roentgenthérapie).

La figure 7 donne le schéma d'un montage qui redresse une seule phase du courant pulsatoire et met ainsi le tube à l'abri d'une onde inverse. La figure 8 montre comment on redresse les deux phases ce qui permet de faire fonctionner le tube d'une façon continue. Enfin le schéma de la figure 9 se rapporte à du courant triphasé.

Le montage de la figure 10 est dû à Latour et Greinacher. Il est construit en France pour la Compagnie Générale de Radiologie. Sa réalisation, représentée sur la figure 11, peut être



T W 40109

FIG. 6. — TUBE PRODUCTEUR DE RAYONS X DE TRÈS GRANDE ÉNERGIE (3 MILLIONS DE VOLTS)

Cette installation fonctionne à Ivry, au laboratoire de la Caisse nationale de la Recherche scientifique, sous la direction de M. Joliot. Le tube à rayon X est au centre. On aperçoit à gauche le générateur à impulsions et au fond le générateur à tension pulsatoire.

vue dans la plupart de nos centres anticancéreux. Nous allons en expliquer le fonctionnement. Supposons à un moment donné tous les condensateurs C_1 , C_2 , C_3 , C_4 déchargés. Lançons le courant dans les transformateurs T_1 et T_2 . Pendant l'alternance positive, les deux kénotrons K_1 et K_2 laissent passer le courant et les condensateurs C_1 et C_2 se chargent à travers les résistances R_1 . La chute de tension à travers les soupapes étant négligeable, les bornes A et C deviennent positives et portées au potentiel $+V$. Mais le côté C étant relié à la terre, c'est la borne D qui se trouve portée au potentiel négatif $-V$. Considérons de même ce qui se passe pendant l'alternance négative. Ce sont les kénotrons K_2 et K_1 qui laissent cette

fois passer le courant et chargent les condensateurs C_3 et C_4 , à travers les résistances R_2 . La borne B serait négative si elle n'était pas reliée à terre, c'est donc la borne A qui est portée au potentiel $+V$ durant cette alternance. Comme ce point était déjà à $+V$ pendant la première alternance, il atteint donc le potentiel $+2V$. De même le point D est porté à $-V$, ce qui, ajouté à son potentiel $-V$ acquis auparavant, donne $-2V$. On a en définitive une différence de potentiel de $4V$ d'une borne à l'autre de l'ampoule à rayons X, ou des éclateurs à boules L. La durée de décharge des condensateurs à travers les résistances R_2 étant très longue par rapport à celle de leur charge, on peut considérer les capacités comme étant constamment saturées. L'ampoule à rayons X est donc soumise à une différence de potentiel constante et le courant qui la traverse est réglé par la valeur de sa résistance interne qui est fonction du chauffage du filament du tube Coolidge, au moyen d'un transformateur.

En ce qui concerne les soupapes, nous mentionnerons que M. Planiol est arrivé à mettre au point au laboratoire de l'Ecole Normale Supérieure un appareillage de très haute tension avec des redresseurs secs groupés en parallèle (pour permettre le passage de quelques milliampères) et en série (pour permettre d'atteindre plusieurs dizaines de kilovolts). Quant aux tubes à rayons X, celui de la figure 12 en montre un type très récent.

Les tubes supportant des tensions supérieures à un demi-million de volts ont fait leur apparition un peu partout (fig. 13). La figure 14 donne le schéma d'un tube démontable actuellement en construction au Centre anticancéreux de Marseille. Ce tube permettra d'accélérer des électrons ou des ions et donnera ainsi des rayons X ou des neutrons. Chaque section

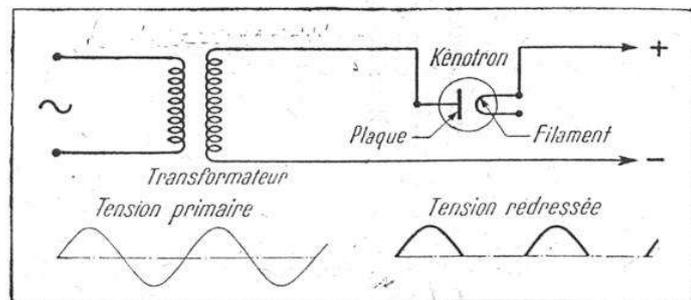


FIG. 7. — SCHÉMA D'EMPLOI D'UN KÉNOTRON POUR LE REDRESSEMENT D'UNE TENSION ALTERNATIVE

Le courant électronique ne peut franchir le kénotron (soupape électronique) que dans le sens filament-plaque. Il ne subsiste donc qu'une alternance de la tension à redresser.

isolante peut supporter 100 kilovolts et seules des questions matérielles de stabilité et d'étanchéité limitent le nombre de ces sections à une dizaine, c'est-à-dire à une tension maximum de 1 million de volts.

Générateurs à impulsions

Un générateur à impulsions est constitué par plusieurs condensateurs chargés en parallèle par une source à tension constante (fig. 15) de quelques milliers de volts. Des éclateurs à boules mettent brusquement en série les condensateurs surchargés et fournissent une tension qui dure une fraction de seconde. Les condensateurs se rechargent à nouveau et le cycle recommence. L'ampoule est placée entre les bornes d'utilisation. L'installation du laboratoire Ampère, dirigé par le professeur Joliot, est illustrée sur la figure 6.

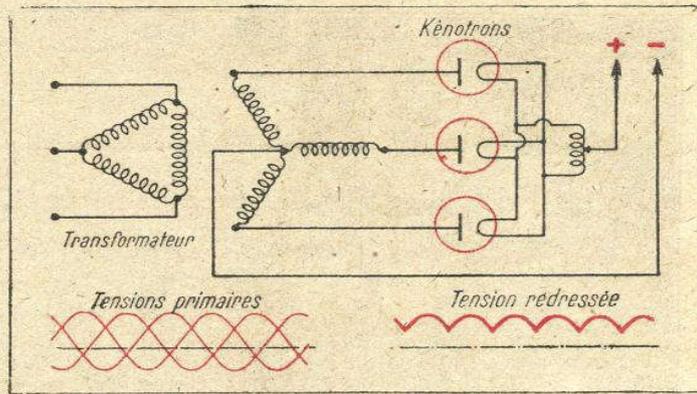


FIG. 9. — MONTAGE DE TROIS KÉNOTRONS POUR LE REDRESSEMENT D'UNE TENSION TRIPHASÉE

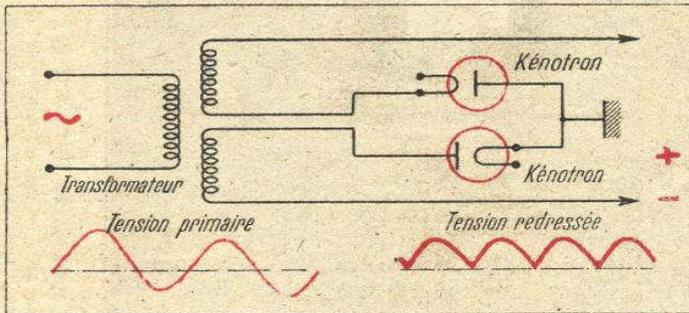


FIG. 8. — SCHEMA DE MONTAGE DE DEUX KÉNOTRONS POUR LE REDRESSEMENT D'UNE TENSION ALTERNATIVE

Les deux kénotrons sont montés en sens inverse, ce qui permet d'utiliser les deux alternances du courant.

Générateurs en cascade ou multiplicateurs de tension

Le multiplicateur n'est qu'un modèle perfectionné du générateur précédent. Préconisé par Greinacher au début du siècle, il a été mis au point au Cavendish Laboratory, à Cambridge (Angleterre) par Cockcroft et Walton. La société Philips construit de tels générateurs comme celui de la figure 17 dont le schéma est donné par la figure 16.

La tension maximum de ces multiplicateurs est limitée, comme dans les générateurs électrostatiques, mais ils peuvent fournir des courants ioniques importants, avec moins de difficultés que ces derniers. Les redresseurs sont soit des kénotrons à filament dont le chauffage peut être fourni par des génératrices isolées entraînées au moyen de courroies isolantes, soit des redresseurs à gaz, soit enfin des valves à vapeur de mercure

chauffées par un émetteur de haute fréquence. Quelques expérimentateurs utilisent même un banc vertical de plusieurs kénotrons démontables, dont le vide est fait en parallèle avec celui du tube accélérateur.

Générateurs à étages

On obtient d'assez hauts voltages au moyen de plusieurs transformateurs étagés dont les primaires sont alimentés chacun par une dérivation sur le secondaire du transformateur qui le précède. La figure 18 représente l'appareillage de 600 000 volts construit en France par la Compagnie Générale de Radiologie.

La foudre

Le rêve de l'utilisation de la foudre a commencé à se réaliser lorsque les physiciens, émules de Frank-

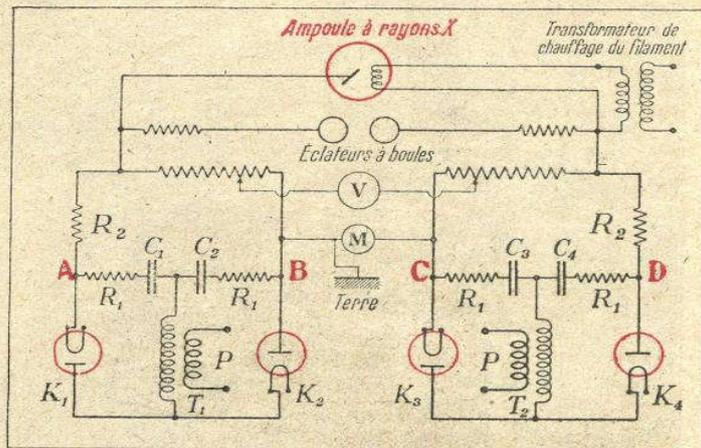
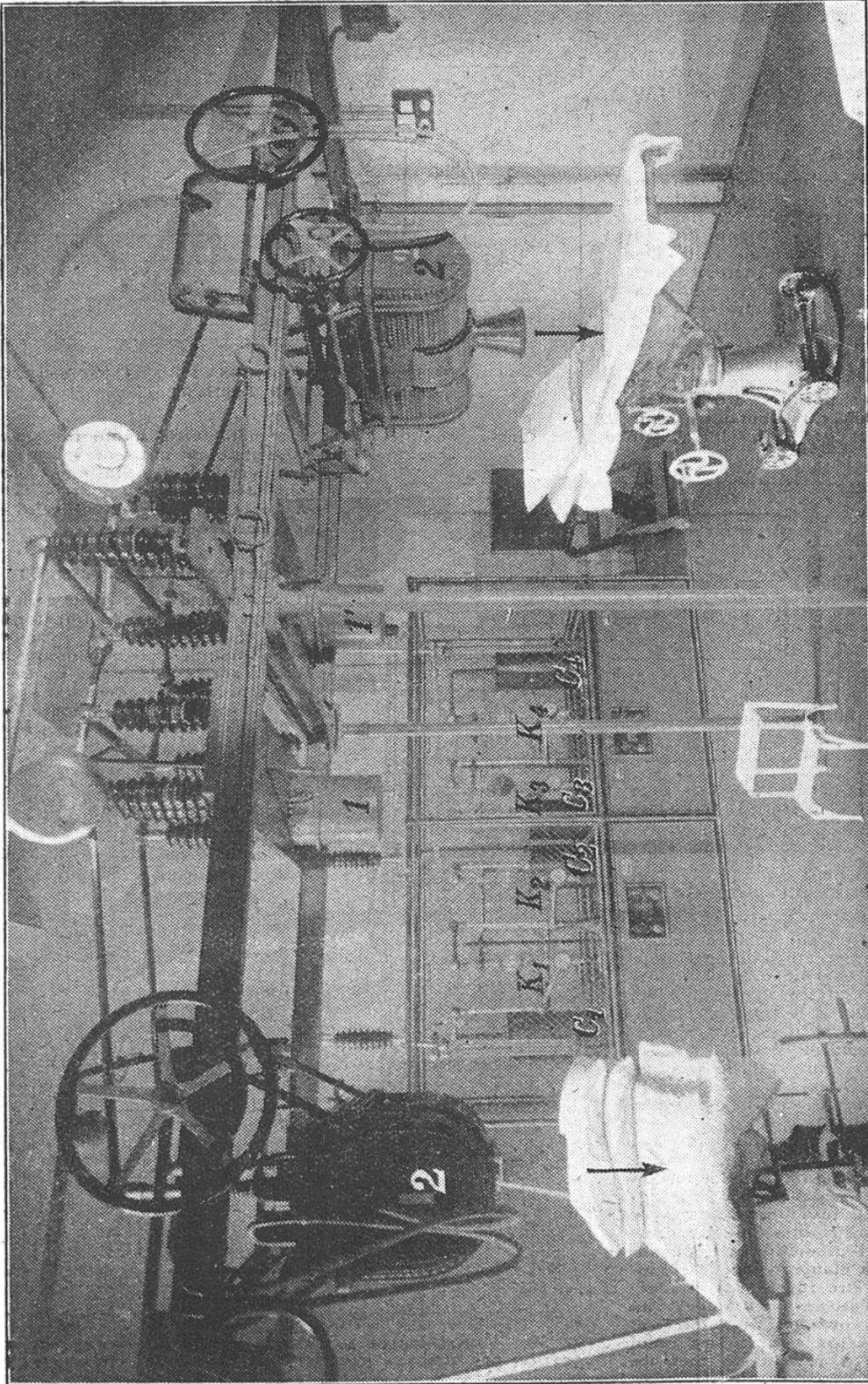


FIG. 10. — MONTAGE DE LATOUR ET GREINACHER POUR L'ALIMENTATION DES TUBES A RAYONS X DES CENTRES ANTICANCÉREUX



T W 40110

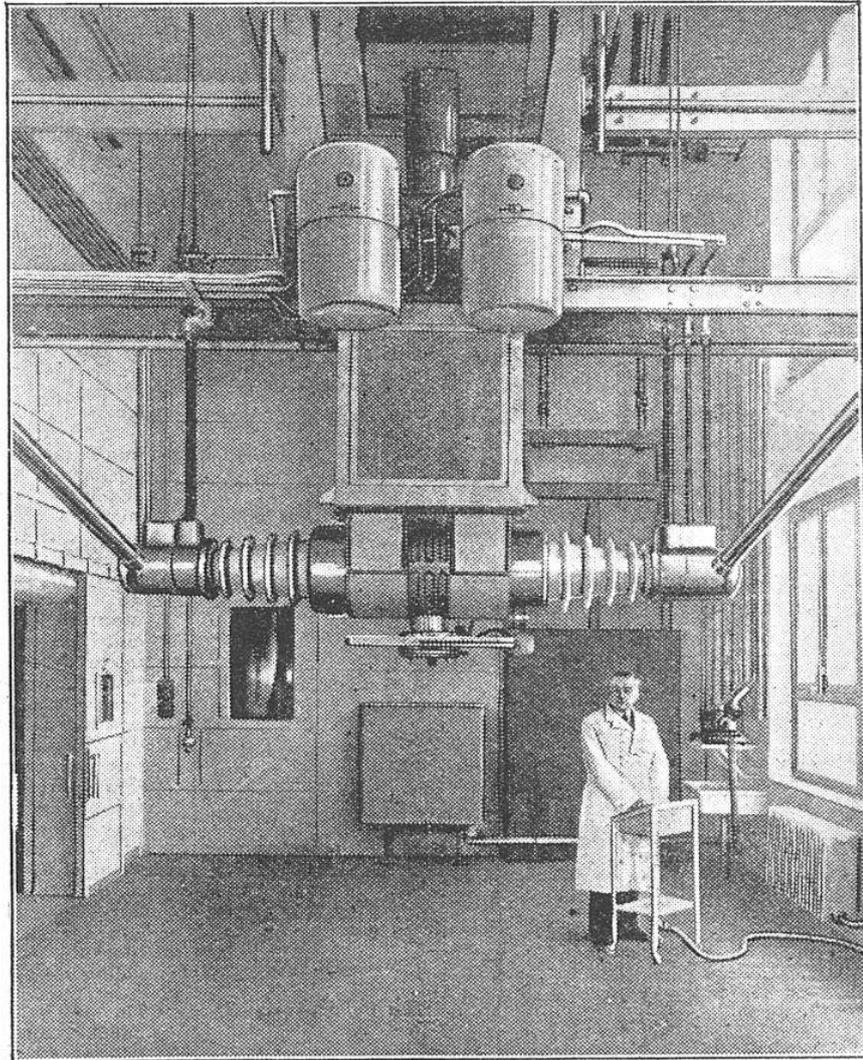
FIG. 11. — UNE INSTALLATION MODERNE DE TRAITEMENT PAR LES RAYONS X

On retrouve sur cette photographie les éléments du schéma de la figure 10 : les quatre kénotrons K 1, K 2, K 3, K 4 et les quatre condensateurs C 1, C 2, C 3, C 4. Les transformateurs de chauffage des filaments sont en 1 et 1' et les tubes Coolidge en 2 et 2', dans des cuves pleines d'huile, refroidis par une circulation d'eau dont on aperçoit les canalisations (Compagnie Générale de Radiologie).

lin, essayèrent de capter les millions de volts que ce phénomène atmosphérique prodigue libéralement dans certaines régions montagneuses. En Suisse, au Monte Generoso, Brasch, Lange et Curt Urban réussirent, entre 1928 et 1933, à domestiquer quelque peu cette force naturelle. Un treillis de fils métalliques, convenablement protégé contre les effluves et suspendu à 80 mètres du sol, parvint à capter assez de charges positives des nuages pour donner un arc de 4,5 m, qui correspond à une tension de l'ordre de 10 millions de volts. La décharge dure moins d'un centième de seconde et transporte quelques dizaines de milliers d'ampères. Ces auteurs voulaient accélérer des protons. L'un d'eux, Curt Urban, paya de sa vie ces essais dangereux. Pour l'instant, ces recherches sont interrompues.

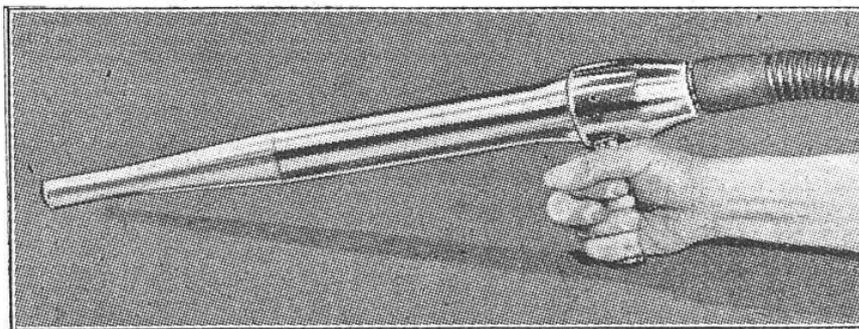
Les générateurs-accélérateurs

Dans ces appareils, le générateur de tensions et le tube accélérateur forment un ensemble impossible à dissocier.



T W 40112

FIG. 13. — UNE INSTALLATION DE RADIOTHÉRAPIE A 600 000 VOLTS (COMPAGNIE GÉNÉRALE DE RADIOLOGIE)



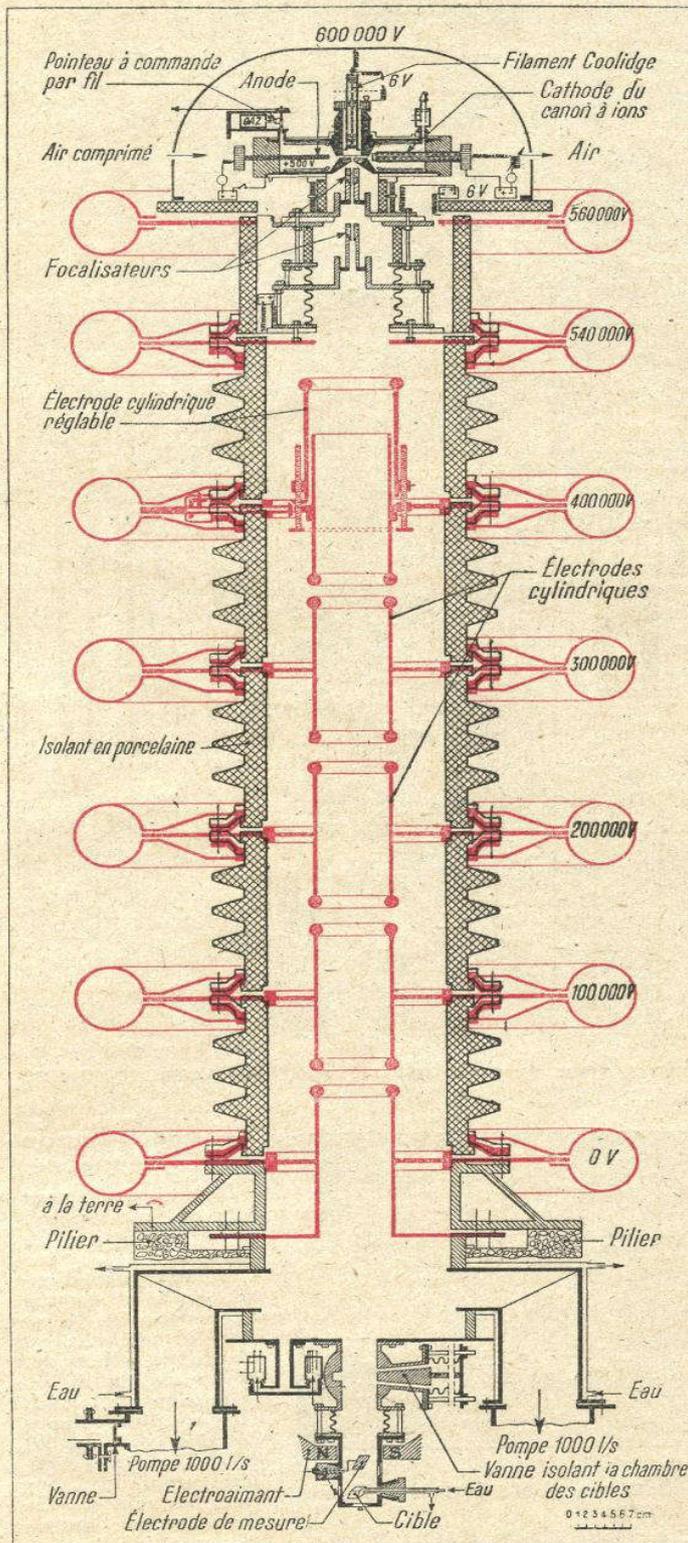
T W 40111

FIG. 12. — UN TUBE A RAYONS X POUR IRRADIATION A FAIBLE DISTANCE ET DANS LES CAVITÉS DU CORPS

Avec ce tube, la distance d'irradiation peut être réduite à 2 cm (Philips Métalix).

Le quart-d'onde haute fréquence

Dû principalement à Sloan, cet appareil ne nécessite pas de tube accélérateur, car l'antenne quart-d'onde, qui agit comme le secondaire d'un transformateur, est placée dans le vide, et son extrémité, où la tension est la plus élevée, porte l'anticathode (voir fig. 19) ou le cylindre accélérateur d'ions. Sur une longueur d'onde du poste oscillant de 50 m, Sloan a at-



teint 800 kV sur l'anode. Les centres anticancéreux de San Francisco et de New York utilisent des installations de ce type.

Accélérateur de haute fréquence

Ce multiplicateur de tension, proposé par Widerøe, a été mis au point par Sloan et Lawrence aux Etats-Unis et par Thibaud en France et est schématisé sur la figure 20. Il se compose d'un tube en plusieurs sections, vidé continuellement et muni d'un certain nombre d'électrodes cylindriques de longueurs croissantes. On applique sur chacune de ces électrodes le voltage de H.F. fourni par un petit poste d'émission (voir angle inférieur droit de la fig. 20). La particule électrisée qui se trouve accélérée, entre la première et la seconde électrode par exemple, voit sa vitesse augmenter par suite de l'impulsion électrostatique au moment du changement de signe de la tension haute fréquence, moment qui doit coïncider avec celui de son passage d'une électrode dans la suivante. L'augmentation progressive de la longueur des électrodes accélératrices est évidemment imposée par la variation de vitesse de la particule, qui se fait par sauts successifs à chaque demi-période du cycle de haute fréquence. Ainsi Sloan et Lawrence ont obtenu avec ce dispositif, sur une longueur d'onde de 30 m et un voltage haute fréquence de 42 000 V appliqué sur une trentaine de cylindres accélératrices, un courant de 0,1 microampère de mercure ionisé, avec voltage équivalent de plus de 1 million de volts.

FIG. 14. — SCHÉMA DU TUBE DÉMONTABLE POUR 600 000 VOLTS ACTUELLEMENT EN CONSTRUCTION AU CENTRE ANTICANCÉREUX DE MARSEILLE

Ce tube est destiné à l'accélération soit d'ions, soit d'électrons, pour la production de neutrons, soit de rayons X. Dans le premier cas, les diverses sections du tube sont portées à des potentiels positifs, atteignant + 600 000 volts à la partie supérieure. Les ions sont engendrés par un « canon à ions » qui comprend essentiellement une cathode horizontale émettant des électrons qui, accélérés par l'anode qui lui fait face, rencontrent sur leur passage les molécules du gaz convenable libéré dans le canon et les ionisent. Le faisceau d'ions est concentré par le focalisateur, traverse les électrodes à des potentiels décroissant et tombe sur la cible qui lui est offerte (lithium ou béryllium), laquelle émet des neutrons. Pour la production des rayons X, les diverses sections du tube sont portées à des potentiels négatifs (— 600 000 volts pour le sommet du tube) et les électrons à accélérer sont émis directement par le filament Coolidge vertical. Ils frappent au bas du tube une cible en tungstène qui émet le rayonnement X.

Cyclotron

La technique du cyclotron est bien connue des lecteurs de cette revue qui lui a consacré déjà un article spécial (1). Nous ne ferons donc qu'une description très sommaire de cette méthode. C'est une généralisation géniale de la méthode précédente. Au lieu d'accélérer en ligne droite, on accélère suivant des cercles concentriques. Voici comment on y arrive :

Imaginons un électroaimant à axe vertical (fig. 21). Dans son entrefer, nous placerons une boîte en laiton fermée par deux couvercles d'acier, dans laquelle nous ferons continuellement le vide, en même temps que nous y laisserons entrer continuellement une infime quantité de gaz, hydrogène, deutérium (hydrogène lourd) ou hélium. (Cette boîte n'est pas représentée pour plus de clarté sur la figure 21.) Une électrode centrale émet des électrons qui ionisent les molécules de ce gaz. Un ion au centre s'enroulera autour des lignes de force du champ magnétique fourni par l'électroaimant. Sa trajectoire serait un cercle si son mouvement n'était pas perturbé par les deux moitiés d'une boîte en cuivre reliées à un oscillateur à haute fréquence qui à chaque passage de l'une à l'autre lui communiquent une impulsion. La trajectoire devient de ce fait une spirale divergente et la particule accélérée parvient après plusieurs centaines de tours au voisinage d'une électrode spéciale, dite « de déviation » qui achève de diriger la particule vers la cible du cyclotron.

Cette cible continuellement bombardée par des

(1) Voir : « Le cyclotron, la désintégration de la matière et la radiobiologie » (Science et Vie, n° 270, décembre 1939, p. 433).

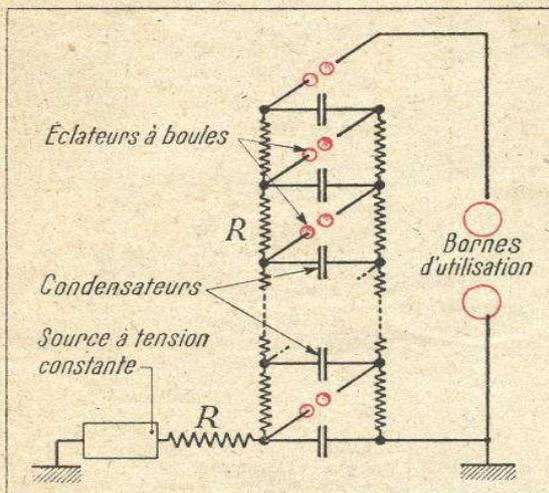


FIG. 15. — SCHEMA DE PRINCIPE D'UN GÉNÉRATEUR A IMPULSIONS

Un groupe de courant redressé de quelques dizaines de milliers de volts charge en parallèle les condensateurs. Lorsque la tension atteint une valeur suffisante, des étincelles jaillissent entre les boules des éclateurs et les condensateurs se trouvant ainsi brusquement mis en série. La tension ainsi disponible pendant un temps très court entre les bornes d'utilisation est égale à la tension de chaque condensateur individuel, multipliée par le nombre des condensateurs.

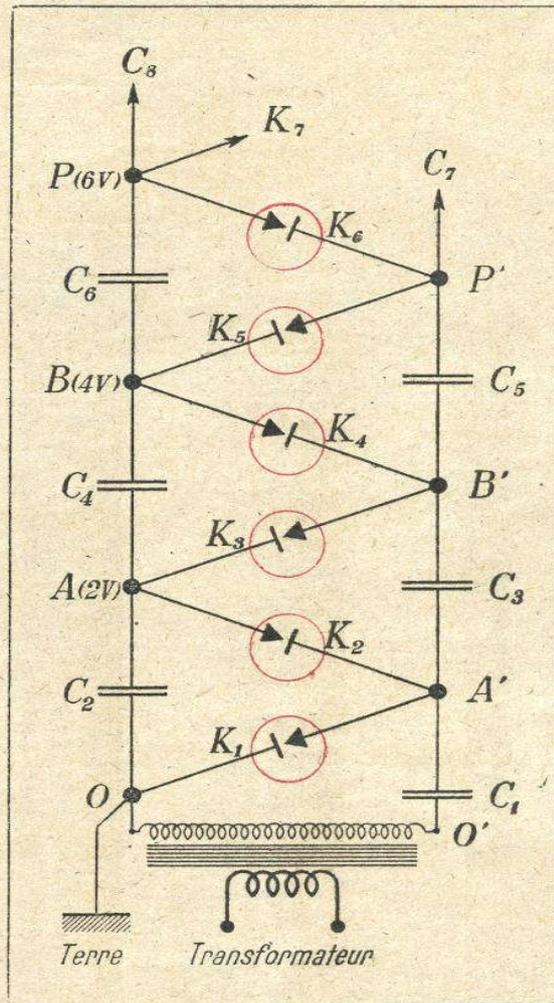
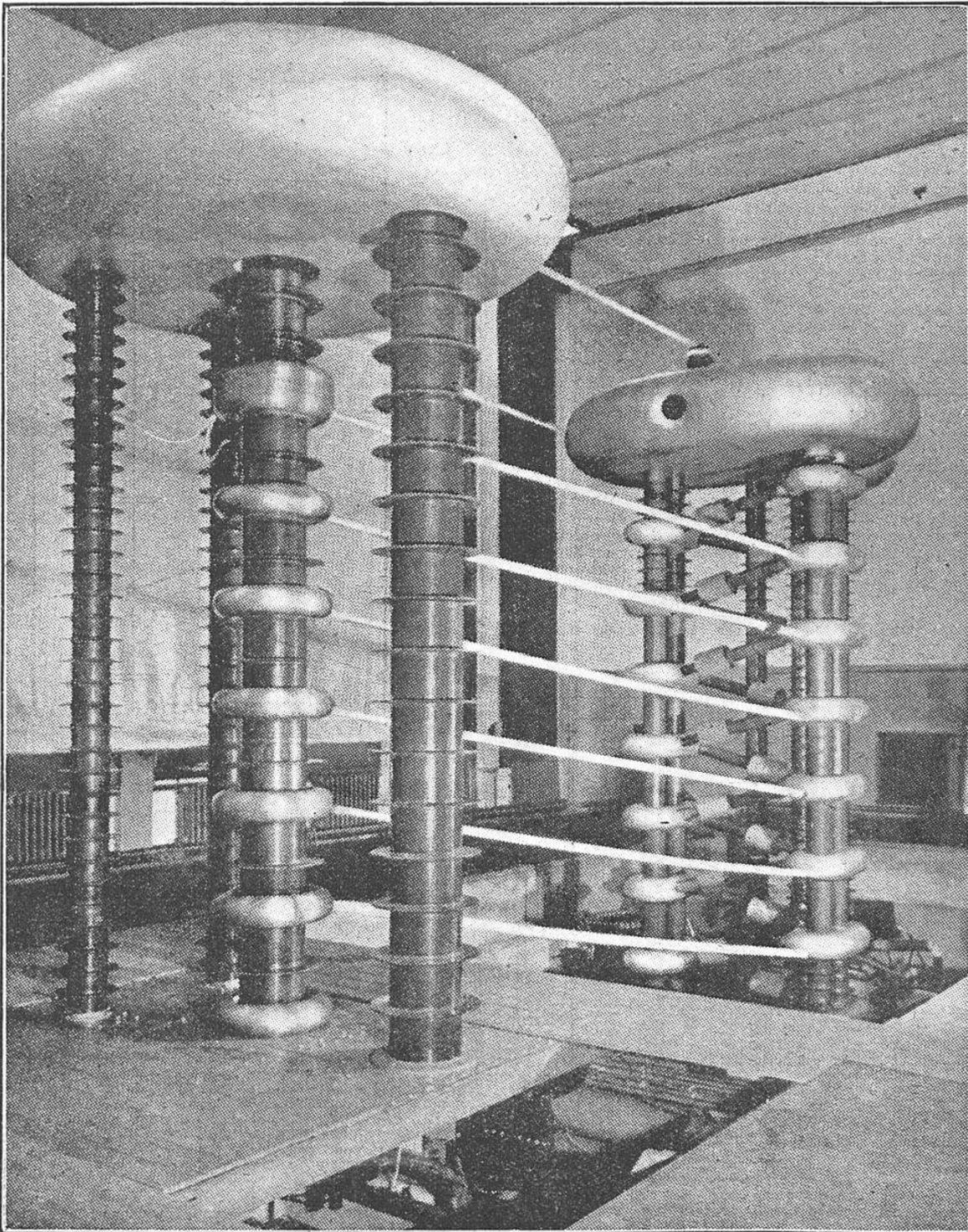


FIG. 16. — SCHEMA D'UN MULTIPLICATEUR DE TENSION DIT « EN CASCADE »

Il est alimenté en courant alternatif par le transformateur et fournit de très hautes tensions continues à l'aide des valves à gaz ionisé (kénotrons) disposées sur les ponts entre les deux colonnes. Supposons la tension d'alimentation (fournie par le secondaire du transformateur) d'amplitude V . Le kénotron K_1 ne laissant passer le courant que dans un sens, le condensateur C_1 reste chargé à la tension $+V$, et par conséquent le potentiel du point A' (égal à celui de O' plus V) oscillera entre zéro et $2V$. De même, le kénotron K_2 , ne laissant passer le courant que dans un sens, le condensateur C_2 reste chargé à la tension $+2V$, et par conséquent le potentiel du point A (égal à celui de O plus $2V$) sera constant et égal à $2V$. Et ainsi de suite, le potentiel du pôle terminal P atteignant $2nV$, si n est le nombre des condensateurs d'indice pair.

particules, dont les vitesses (1) dépassent les 200 000 km par seconde, devient le siège de

(1) Les électrons possèdent une masse 2 000 fois plus petite que celle des ions d'hydrogène par exemple, acquièrent des vitesses colossales à des voltages relativement bas. Ainsi un électron accéléré sous



T W 40113

FIG. 17. — INSTALLATION A 1 250 000 VOLTS POUR LA TRANSMUTATION DES NOYAUX ATOMIQUES

On voit au premier plan, à gauche, le tube accélérateur de 4 m de long avec, en sous-sol, la cabine de travail où s'effectuent les transmutations. Au fond et à droite, le multiplicateur de tension dont les étages successifs sont reliés aux sections correspondantes du tube accélérateur par des résistances de 4 m de longueur environ (Laboratoires Philips).

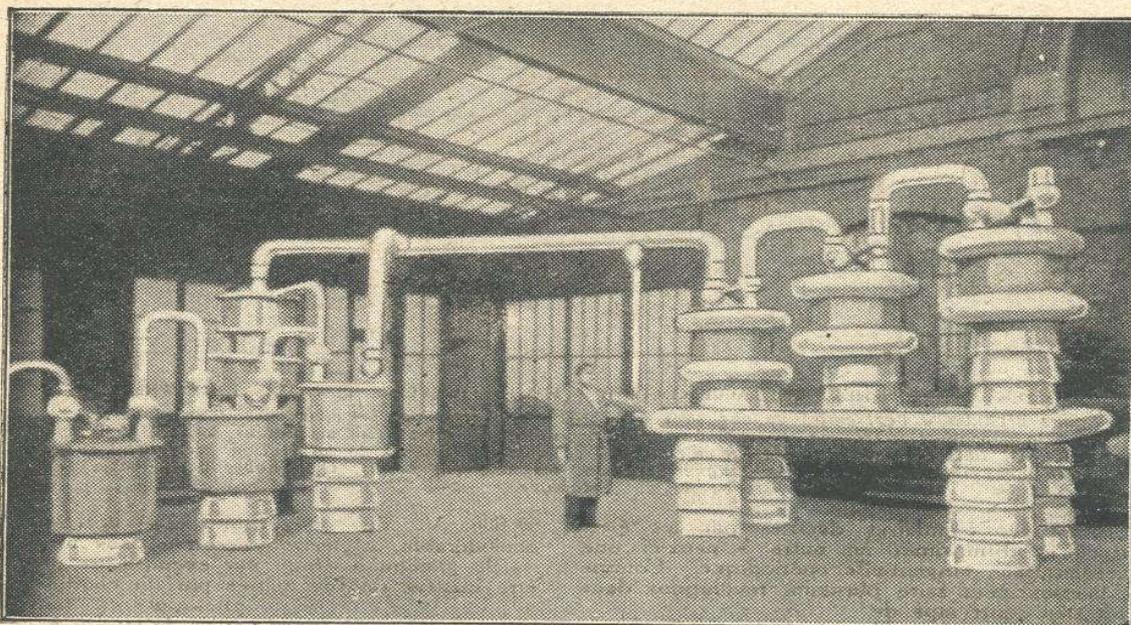


FIG. 18. — LE GÉNÉRATEUR ÉTAGÉ DE 600 000 VOLTS CONSTRUIT EN FRANCE PAR LA COMPAGNIE GÉNÉRALE DE RADIOLOGIE

nombreux phénomènes de transmutation. Elle émet notamment des neutrons avec lesquels on peut faire de la neutronthérapie ou fabriquer des radioéléments.

Pour se rendre compte des merveilleux progrès accomplis depuis 10 ans dans cette technique, il suffit de comparer les pre-

10 000 volts seulement possède déjà une vitesse telle que sa masse augmente de 1 % par rapport à sa masse au repos (variation relativiste). Un ion d'hydrogène doit être accéléré sous plus de 10 millions de volts pour présenter une telle variation massique. Comme les formules de synchronisation entre le champ magnétique d'un cyclotron et sa haute fréquence imposent une constance de la masse, on voit par là qu'il est impossible d'y accélérer des électrons au-dessus de 10 000 volts.

miers modèles du cyclotron de Lawrence, dont les poids respectifs atteignaient quelques centaines de kilos, et le dernier modèle en construction à Berkeley et dont le poids dépassera celui d'un cargo moyen puisqu'il atteint déjà 4 000 tonnes (1).

Accélérateur électrique à induction magnétique

Cette technique d'accélération pour des électrons, due à Kerst, consiste à utiliser un électroaimant à flux magnétique variable périodiquement. Le champ magnétique variable a pour effet de modifier la forme géométrique

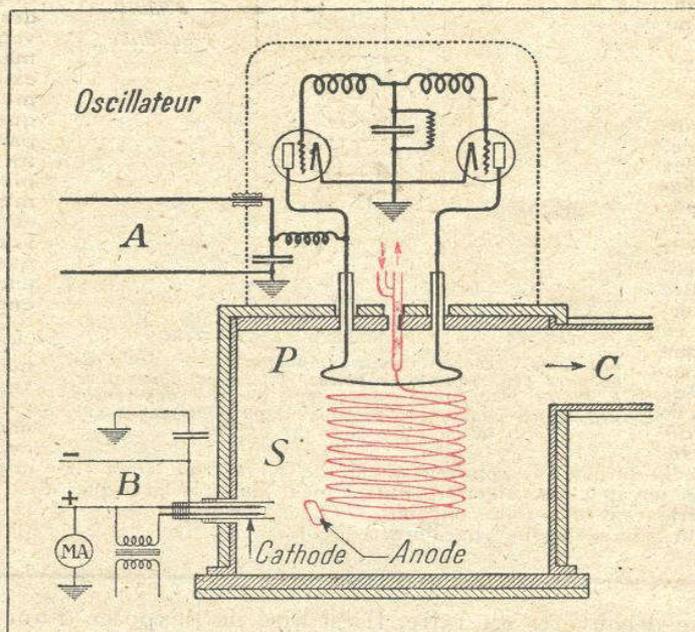


FIG. 19. — GÉNÉRATEUR DE RAYONS X A HAUTE FRÉQUENCE (D'APRÈS SLOAN)

P, inducteur primaire; S, secondaire porté par haute fréquence à une tension très élevée et exigeant un refroidissement par courant d'eau; A, tension alternative de l'ordre de 15 000 volts (60 cycles); B, tension de polarisation; C, canalisation par laquelle on fait le vide.

(1) Voir : « Un cyclotron géant en construction aux Etats-Unis » (Science et Vie, n° 294, février 1942, p. 107).

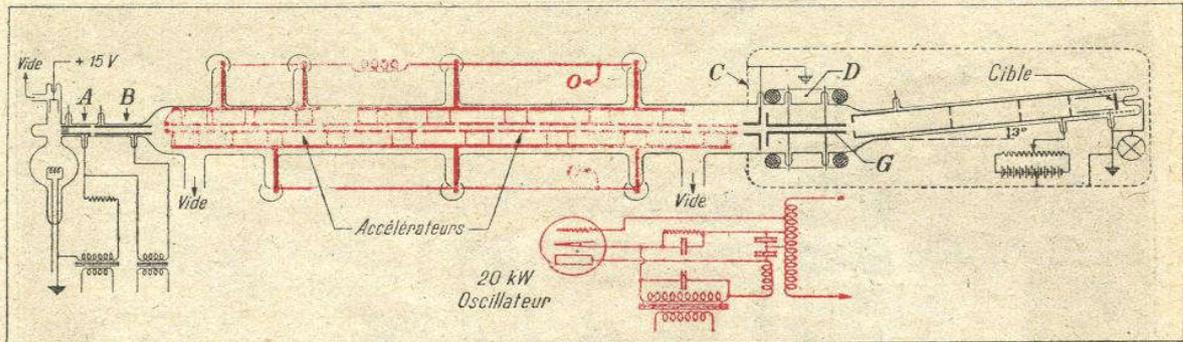


FIG. 20. — SCHÉMA DE L'ACCELERATEUR A HAUTE FREQUENCE DE SLOAN ET LAWRENCE

Les ions produits à l'extrémité gauche sont canalisés et focalisés par les électrodes A et B, puis sont accélérés à leur passage à travers la série des cylindres du tube, reliés à un oscillateur à haute fréquence (en bas). O, O, liaisons avec l'oscillateur à haute fréquence; C, écran de protection électrostatique de la chambre des cibles; D, déflecteur magnétique pour les ions vagabonds; G, plaques de déviation électrostatique.

des orbites circulaires décrites par les électrons et d'imprimer en outre à ceux-ci une accélération tangentielle périodique. Comme l'électron peut faire plusieurs révolutions dans un très court laps de temps, il s'ensuit qu'il peut acquérir une énergie considérable. Kerst a pu ainsi obtenir un faisceau de rayons X de plus de 2 millions de volts d'une intensité de quelques centièmes de microampères.

Rhumbatron

A l'Université Stanford, en Californie, Hansen a étudié, sous le nom de « rhumbatron », ou oscillateur rythmique, un nouveau genre de résonateur pour ondes hertziennes devant permettre d'accélérer des électrons. On démontre en électrotechnique que toute surface conductrice fermée possède certaines fréquences de résonance qui sont déterminées par la grandeur et la forme de la surface. Il apparaît que si on pouvait faire voyager un électron plusieurs fois à l'intérieur d'une telle enceinte, possédant un facteur sur surtension de l'ordre

50 000 V, on obtiendrait une accélération considérable. L'électron accéléré dans un sens — de gauche à droite par exemple — devrait être incurvé de 180 degrés par un champ magnétique et renvoyé

ainsi de droite à gauche. Cette seconde accélération serait suivie d'autres tant que l'accroissement relativiste de la masse pourrait être compensé par une disposition convenable des électroaimants provoquant le retournement. Il doit en effet exister un synchronisme entre le temps que met l'électron pour parcourir le trajet entre les électroaimants placés aux deux extrémités du rhumbatron et la demi-période de l'onde à haute fréquence qui peut être entretenue dans cette enceinte.

Ces considérations sur la variation de la masse d'une particule accélérée, qui interviennent également dans la technique du cyclotron et dans celle de Kerst font ressortir l'importance insoupçonnée, dans la pratique, des théories relativistes.

Maurice-E. NAHMIA.

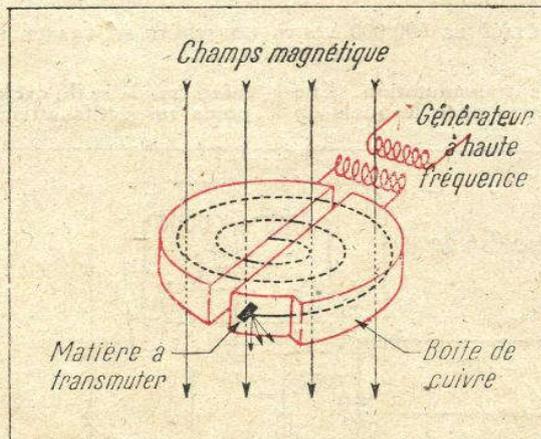


FIG. 21. — LE PRINCIPE DU « CYCLOTRON »

Les ions, recevant deux impulsions par tour de la part des moitiés de boîtes reliées au générateur à haute fréquence, voient leur énergie augmenter progressivement jusqu'au moment où ils tombent sur la cible qui leur est offerte.

de Kerst font ressortir l'importance insoupçonnée, dans la pratique,

Lorsqu'une découverte est faite, il est aisé de l'exposer d'une manière telle qu'elle apparaît comme évidente et que l'on se demande comment on a pu ne pas penser pendant des siècles à des remarques aussi simples. Il n'est cependant rien de plus difficile que de s'évader des modes de pensée qui s'imposent à nous par suite d'habitudes séculaires.

Emile BOREL.

CHASSEURS ET BOMBARDIERS A RÉSERVOIRS AUXILIAIRES LARGABLES ET GRAND RAYON D'ACTION

par Georges MILLES

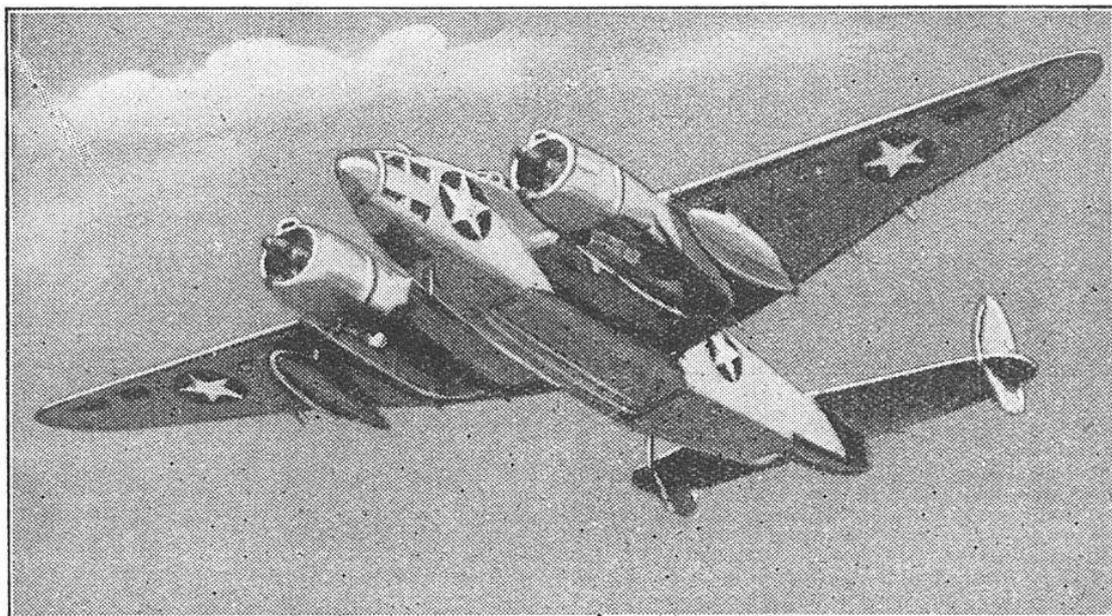
En mars 1941, un communiqué australien signalait l'emploi par l'aviation japonaise d'un procédé original pour accroître le rayon d'action de ses appareils appelés à opérer au-dessus des immensités du Pacifique : le réservoir de carburant supplémentaire largable. Depuis, la plupart des flottes aériennes ont suivi cet exemple et on peut dire que le réservoir largable est devenu d'emploi courant toutes les fois que le rayon d'action normal d'un appareil s'avère insuffisant pour l'accomplissement de la tâche que l'on souhaite lui voir remplir : traversée transocéanique, bombardement à très grande distance, reconnaissance lointaine, escorte de bombardiers au long cours par des chasseurs, etc.

PRMIS les solutions proposées pour étendre le rayon d'action des appareils militaires et en particulier des chasseurs, une des plus séduisantes par sa simplicité et son efficacité est l'emploi de réservoirs de carburant supplémentaires, disposés de telle manière que l'appareil puisse en être débarrassé dès que cela devient nécessaire.

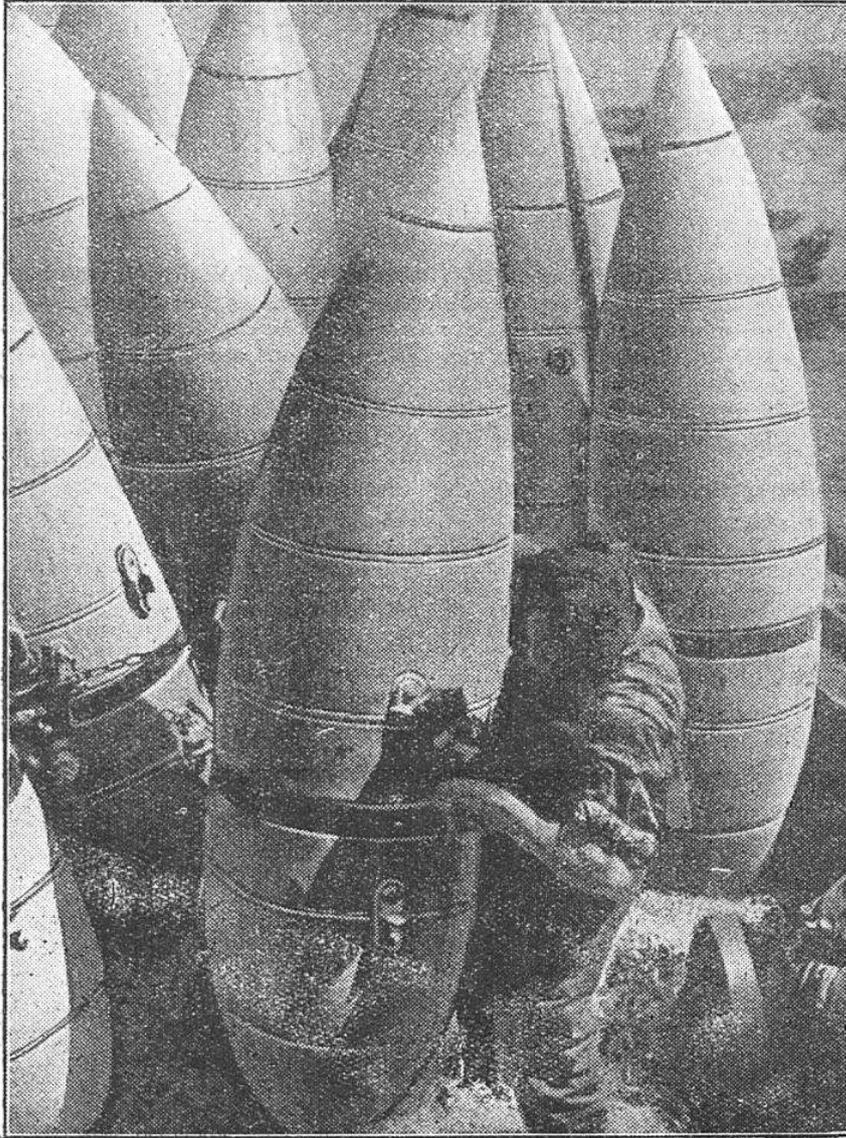
Ce sera le cas, par exemple, d'un chasseur au long cours obligé de livrer un combat aérien

et désireux par conséquent de retrouver instantanément toutes ses qualités de maniabilité. Celles-ci sont nécessairement réduites par la présence de masses additionnelles de carburant augmentant son inertie et par le freinage aérodynamique résultant de la présence de réservoirs plus ou moins bien profilés et dont l'interaction avec l'aile et le fuselage n'est jamais négligeable.

Ce peut être aussi le cas de bombardiers ou



T W 40101
FIG. 1. — LE LOCKHEED-VÉGA « VENTURA », AVION DE RECONNAISSANCE LOINTAINE EN SERVICE DANS LA ROYAL AIR FORCE BRITANNIQUE, AINSI QUE DANS L'AVIATION NAVALE ET L'AVIATION D'ARMÉE DES ÉTATS-UNIS. On remarquera que les réservoirs largables, au lieu d'être accrochés sous l'aile de la manière habituelle, entre le fuselage et les fuseaux moteurs, se trouvent fixés sous les extrémités des demi-ailes. Ils peuvent ainsi servir de flotteurs de fortune après vidange, en cas d'amerrissage forcé de l'appareil. Le Lockheed-Véga « Ventura » est équipé de moteurs en double étoile Pratt et Whitney « Double Wasp » de 2 000 ch. Son rayon d'action normal, sans réservoirs supplémentaires, serait de 2 400 km.



T W 40102

FIG. 2. — RÉSERVOIRS D'ESSENCE LARGABLES UTILISÉS PAR LA LUFTWAFFE

d'avions de reconnaissance lointaine qui, après épuisement de leur réserve supplémentaire de carburant contenue dans le réservoir, voudraient retrouver leur finesse aérodynamique initiale en se débarrassant du réservoir devenu vide. Ils pourront ainsi effectuer leur retour ou la fin de leur vol dans les conditions les plus économiques.

On peut admettre, d'une manière générale, que le rayon d'action d'un appareil est doublé par l'adjonction de réservoirs de carburant supplémentaires, d'une dimension telle que l'augmentation de la résistance de l'air qui en résulte demeure faible. Cette augmentation varie évidemment, non seulement avec les dimensions absolues des réservoirs, mais aussi, avec l'emplacement choisi pour les loger, par suite de l'interaction inévitable de l'ensemble de ces résér-

voirs et de leurs supports avec la voilure.

En Allemagne, des réservoirs auxiliaires largables ont été installés tout d'abord sur des Henschel 123, avions de bombardement en piqué d'un type déjà ancien. Le réservoir se trouvait installé entre les deux jambes du train d'atterrissage. C'est également avec l'aide d'un réservoir auxiliaire qu'un petit Arado Ar 79 put effectuer son vol record entre Benghasi et Gaya (Indes). D'une manière plus systématique, un certain nombre de types d'appareils affectés à des missions spéciales ont été équipés de réservoirs largables. Ce sont des chasseurs comme le Focke-Wulf 190, ou le Messerschmitt Me 109, des bombardiers en piqué Junkers Ju 87 (fig. 4), des destroyers bimoteurs Messerschmitt Me 110.

En Grande Bretagne, où l'escorte des bombardiers agissant à grande distance de leurs bases impose des mesures spéciales, des réservoirs largables de types divers ont été installés sur certaines séries de chasseurs Vickers-Supermarine « Spitfire », de Hawker « Hurricane », de Hawker « Typhoon » et de bombardiers rapides De Havilland « Mosquito ».

Dans l'aviation des Etats-Unis, on en monte sur des Bell « Airacobra » pour leur donner un rayon d'action suffisant pour franchir l'Atlantique par leurs propres moyens, sur des chasseurs Curtiss P 40 F « Warhawk » (ceux qui sont livrés à la Grande Bretagne portent le nom de « Kittyhawk »), Republic P 47 B « Thunderbolt », ou bien North-American P 51 B « Mustang », sur des destroyers bimoteurs de reconnaissance lointaine Lockheed-Véga « Ventura » (fig. 1).

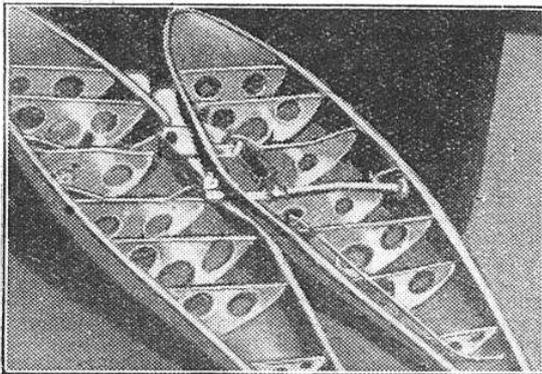
On peut rapprocher de l'emploi de ces réservoirs auxiliaires de carburant les récipients de forme analogue et comme eux largués en vol contenant des médicaments et des vivres et servant à ravitailler des unités engagées dans des régions peu praticables, régions montagneuses par exemple, ou bien situées dans l'extrême nord ou dans la jungle tropicale.

La forme et la grosseur des réservoirs largables varient avec le type d'appareils auquel ils sont destinés. Sur le Hawker « Typhoon » et le Hawker « Hurricane » par exemple, on trouve sous chaque demi-aile un simple réservoir cylindrique, non profilé, d'une capacité de 204,5 litres, mesurant 2,10 m de long et 0,40 de diamètre. Son poids à vide est de 13,15 kg.

Sur le Vickers Supermarine « Spitfire », au contraire, la forme du réservoir auxiliaire unique central a été soigneusement dessinée pour épouser exactement celle de la partie inférieure du fuselage, toute interaction nuisible du point de vue aérodynamique se trouvant ainsi éliminée. Ce cas est cependant exceptionnel, et la plupart du temps on se contente d'adopter des réservoirs de forme aérodynamique classique, c'est-à-dire ayant leur maître-couple au tiers de la longueur à partir de l'avant, ce dernier étant arrondi et l'arrière effilé. On en place, soit un seul sous le fuselage, soit deux au-dessous de l'aile, de part et d'autre du fuselage.

C'est ainsi que les deux réservoirs auxiliaires du destroyer bimoteur Lockheed « Lightning » sont installés sous l'aile, à droite et à gauche du fuselage central, entre celui-ci et les fuseaux moteurs. Chacun d'eux contient 682 litres et pèse à vide 40,8 kg. Malgré ce supplément de charge de 1 364 litres, la vitesse maximum ne se trouverait réduite que de 4 %.

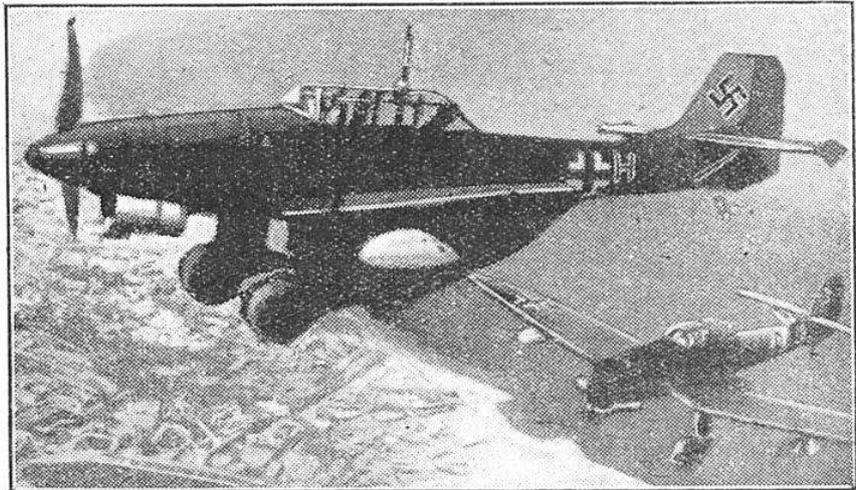
Chez l'appareil de reconnaissance Lockheed-Véga « Ventura », les deux réservoirs sont toujours accrochés sous l'aile, mais cette fois près



T W 40103

FIG. 3. — UN DES RÉSERVOIRS LARGABLES DE L'APPAREIL AMÉRICAIN DE RECONNAISSANCE LOINTAINE LOCKHEED-VÉGA « VENTURA »

Ce réservoir, de 3 m de long et soigneusement profilé, est renforcé par un cloisonnement transversal qui a également pour fonction de s'opposer au déplacement rapide du centre de gravité du liquide contenu dans le réservoir lorsque l'avion évolue.



T W 40104

FIG. 4. — « STUKAS » JUNKERS JU 87 EN VOL AU-DESSUS DE L'ILE DE RHODES. On remarquera que ces appareils sont équipés de deux réservoirs d'essence supplémentaires largables accrochés sous les deux demi-ailes, tandis que la bombe lourde destinée à être lancée en piqué est logée entre les jambes du train d'atterrissage.

des extrémités, en dehors des fuseaux moteurs. Ils mesurent 3,05 m de long et leur diamètre au maître-couple est de 0,70 m. La figure 3 montre un de ces réservoirs ouvert pour laisser voir le système de cloisonnement intérieur destiné, d'une part à accroître la résistance mécanique de l'ensemble, et d'autre part à freiner les mouvements du liquide au cours des évolutions de l'avion.

Ces réservoirs auxiliaires sont confectionnés avec les matériaux les plus divers. On en trouve en métal léger, en contreplaqué et même en cellulose (papier comprimé). C'est ainsi qu'en Grande-Bretagne on fait appel souvent à un matériau dénommé « Pytram » et composé de plusieurs couches de cellulose unies par de la colle. La forme convenable est donnée à ces feuilles, préalablement humidifiées, à l'aide de moules en bois ou en plâtre. Après séchage et ajustage à la meule, les différentes pièces constituant le réservoir sont réunies entre elles et reçoivent un revêtement de gélatine qui les rend rigoureusement imperméables à l'essence. Le tout est peint ensuite au pistolet avec une peinture cellulosique de la couleur désirée.

En Amérique, la Vidal Research Corporation fabrique des réservoirs largables en feuilles de contreplaqué imprégnées de résines synthétiques et moulées à chaud. L'un de ces réservoirs est monté sur le chasseur Republic P-47 « Thunderbolt ».

Ajoutons que l'emploi de réservoirs supplémentaires sous l'aile ou le fuselage modifie sensiblement la silhouette de l'appareil qu'ils équipent et peut provoquer des confusions de la part des services de guet. Ces réservoirs fuselés peuvent être le plus souvent pris pour des bombes ou pour des torpilles. Parfois on les confond, quand ils sont sous l'aile, avec les carénages des affûts de canons de calibres relativement élevés, tels que ceux de 40 mm qui équipent certains modèles spéciaux de Hawker « Hurricane ».

Georges MILLES.

LA VIE FLOTTANTE : PLANCTON ET ORGANISMES PÉLAGIQUES

par C. PUISSÉGUR
Agrégré de l'Université

Celui qui sonde du regard la profondeur des eaux est bien loin de soupçonner, à travers le rêve immobile de leur surface, la douce palpitation ou le halètement tumultueux de leurs vagues, leur richesse incomparable et organismes flottants, plantes et animaux, réunis par les savants sous le nom de plancton. Mille et mille formes, dont beaucoup microscopiques, nées de la verve capricieuse de la création, se partagent l'espace aquatique, obéissantes aux grandes lois de la nature : immense kaléidoscope flottant et nageant, dont les splendides floraisons n'ont d'égales que les gigantesques hécatombes.

LES êtres vivants aquatiques se classent, d'après leur mode de vie, en deux catégories : ceux qui vivent sur le fond, fixés ou libres, dits benthiques, et dont la réunion forme le *benthos* (Haeckel), et ceux qui vivent entre deux eaux ou pélagiques. L'ensemble constitue le *plancton* (1) (Hansen). Mais, contrairement à ce dernier savant qui définissait le plancton « tout ce qui erre dans l'eau » et y comprenait même les particules organiques ou minérales en suspension, on le considérera comme uniquement formé d'êtres vivants. Les zoologistes le subdivisent en plancton au sens strict (êtres flottant plus ou moins passivement au gré des vagues et des courants : algues, méduses, salpes, etc.) et necton (animaux se déplaçant contre les courants : céphalopodes, poissons, cétacés, etc.). Ils distinguent en outre le plancton végétal (phytoplancton) et le plancton animal (zooplancton), le plancton marin et celui d'eau douce, celui du littoral ou néritique et celui du large ou océanique. D'après la profondeur, ils séparent un épiplancton de surface, un bathyplancton profond, un mésoplancton intermédiaire, et, suivant la durée de la vie flottante, un plancton permanent, formé d'espèces de bout en bout planctoniques, et un plancton temporaire dont les représentants passent une partie de leur vie sur le fond.

En raison des dimensions souvent extrêmement faibles de ses éléments, le plancton est pêché grâce à des filets en étoffes très fines (soie, satin) traînés par des bateaux. Des systèmes perfectionnés de filets échelonnés le long d'un câble permettent de le recueillir à différents niveaux. De nombreuses croisières océaniques, entreprises par bien des pays, ont sillonné les mers du globe, contribuant à élargir nos connaissances sur les êtres pélagiques. Les plus connues sont celles du Prince Albert 1^{er} de Monaco, des bateaux danois « Thor » et « Dana », des navires français « Pourquoi Pas? » du Commandant Charcot, à la fin tragique, et « Président-Théodore-Tissier ».

(1) On écrit aussi plankton.

Le plancton, collection prodigieusement variée d'êtres vivants

Les principaux constituants du phytoplancton sont : des bactéries; des diatomées, algues microscopiques à squelette siliceux, si minutieusement ouvragé qu'il sert d'épreuve aux microscopes (fig. 1 a, b, c, k). Elles existent dans toutes les mers, mais pullulent dans les régions froides; des péridiniens, curieux êtres chlorophylliens et flagellés à la fois, avec leurs nombreuses formes cornues; des coccolithophoridées incrustées de calcaire; des silicoflagellées à carapace siliceuse; des algues bleues; enfin, entre les Açores et les Bermudes, de grandes algues brunes flottantes, les sargasses, étalent sur des centaines de kilomètres les touffes de leur chevelure crépue où fourmille une faune spéciale. De nombreuses spores d'algues fixées, en particulier des zoospores ciliées, représentent le phytoplancton temporaire.

Le zooplancton est infiniment plus varié et presque tous les embranchements du règne animal lui donnent des représentants. On trouve parmi les animaux pélagiques une profusion et une diversité de formes remarquables depuis les plus petits protozoaires jusqu'aux plus gros vertébrés.

Les protozoaires y abondent : minuscules sphères phosphorescentes des noctiluques, foraminifères à microscopique coquille calcaire, héliozoaires hérissés d'aiguilles acérées (fig. 2 g) radiolaires à la délicate dentelle siliceuse, infusoires ramant de tous leurs cils.

Nombreux sont les coelentérés pélagiques : méduses laissant dériver leurs cloches tentaculées et festonnées (fig. 3), siphonophores suspendant dans l'eau leurs grappes ou leurs radieux de flotteurs et de polypes d'une transparence de cristal (fig. 5, b), ou étalant leurs disques circulaires, parfois agrémentés d'une voile (véelle), cténophores aux formes plus bizarres encore : poire du cydippe, tonnelet allongé du béroé (fig. 4), long ruban de verre de la ceinture de Vénus (fig. 5, a).

Parmi les vers planctoniques, on rencontre quelques némertiens à aspect foliacé (fig. 5, d), quelques annélides. Mais à côté de ces formes flottantes à l'état adulte, se placent de très nombreuses larves vivant dans les mêmes conditions (fig. 6g, h).

A la frontières des vers se situent les rotifères, éléments importants du plancton d'eau douce (figure 2, d), et les parfaites petites torpilles animales des chaetognathes (fig. 5, c).

Chez les mollusques, embranchement remarquable par le nombre de ses espèces benthiques, des groupes entiers mènent la vie pélagique : les carinaires, coiffées de leur curieux bonnet phrygien calcaire, nagent grâce à la godille de leur pied; les Phyllirhoe, dépourvus de coquille, font glisser dans l'eau leur curieuse feuille hyaline; limacines, hyales, pneumodermes (fig. 5, h) battent, comme les papillons de leurs ailes, de leurs deux nageoires latérales qui leur donnent l'aspect d'insectes extraordinaires; aux grandes profondeurs voguent des pieuvres transparentes, rouges ou violettes, globuleuses telles des méduses, et nagent de leurs vastes palettes des calmars en forme de cigare, eux aussi transparents ou rouges (fig. 7). Dans le plancton vivent de très nombreuses larves de mollusques benthiques à l'état adulte (fig. 6, f).

Les larves ciliées des échinodermes comptent parmi les éléments les plus caractéristiques du zooplancton : larves aux longues baguettes des oursins et ophiures (fig. 6, d), larves trapues et à replis ciliés des étoiles de mer et des holothuries (fig. 6, e). Dans ce dernier groupe, des adultes vivent exceptionnellement entre deux eaux. Les espèces flottantes ressemblent à des toupies frangées de prolongements, alors que leurs sœurs benthiques présentent la forme classique de cornichon.

Très rares sont les insectes planctoniques. Cependant les larves (fig. 2, b) et les nymphes

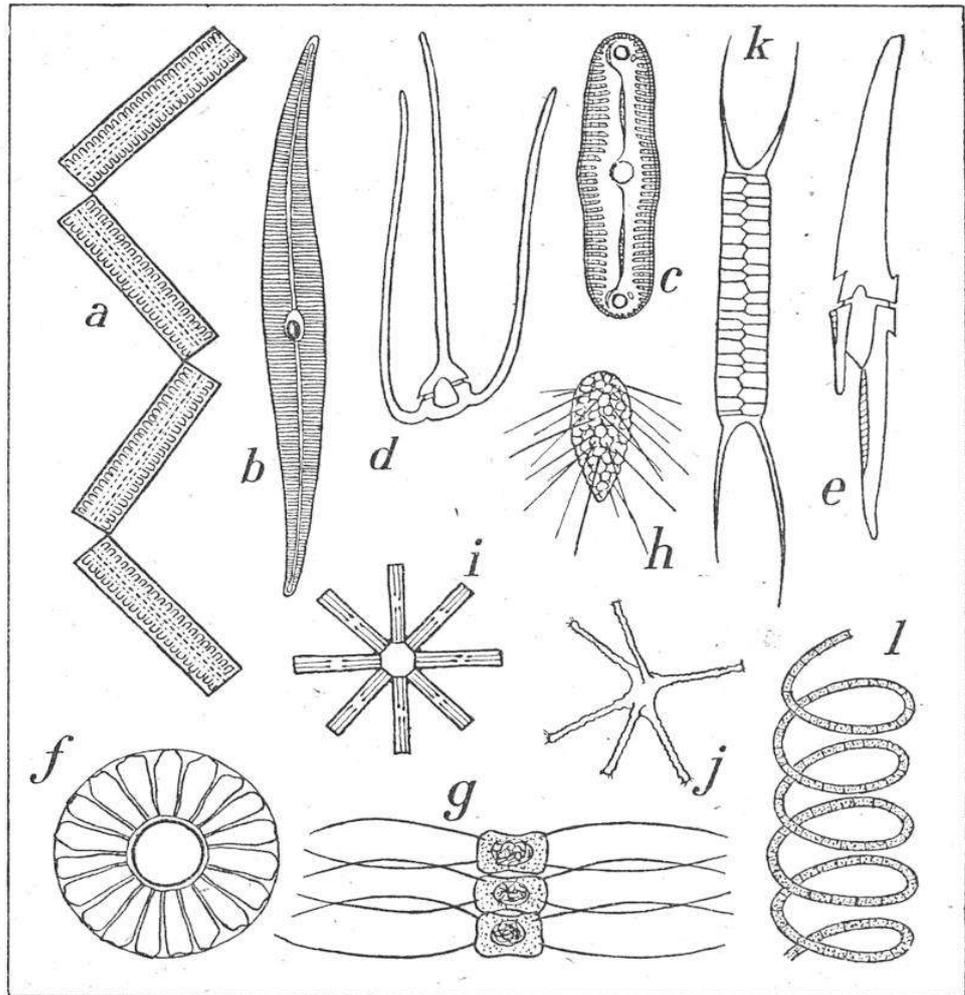


FIG. 1. — PHYTOPLANCTON MARIN (d, e, f, g) ET D'EAU DOUCE

a : Diatoma. — b : Pleurosigma. — c : Pinnularia. — d, e : Ceratium. — f : Planktoniella. — g : Colonie de Chaetoceros. — h : Chodatella. — i : Actinastrum. — j : Staurastrum. — k : Attheya. — l : Lyngbia. Ces représentants du Phytoplancton sont tous des Algues microscopiques. Leur taille s'exprime en microns ou millièmes de millimètre. Ils pullulent parfois dans les eaux (Ceratium). Les formes a, b, c, g, k, appartiennent au groupe des Diatomées, remarquables par leur extrême variété. En raison de certains caractères (présence de deux flagelles), les Ceratium, que certains savants rattachent aux Algues à cause de leur pigment brun, sont classés par d'autres parmi les Protozoaires flagellés. En réalité, il n'existe pas de coupure nette entre les infiniment petits végétaux et animaux, et on sépare généralement en un ensemble mixte, les Protistes, toute une série de microorganismes intermédiaires entre les plantes et les animaux.

des moustiques représentent un important élément du plancton d'eau douce.

On connaît une multitude de crustacés pélagiques, soit à l'état larvaire, soit à l'état adulte. Aucun autre embranchement ne montre une pareille richesse de formes larvaires flottantes : nauplius, larve initiale de bien des crustacés aquatiques (fig. 6, b); zoe des crabes (fig. 6, c), larves acanthosomes, fouillis d'épines, et phyllosomes, feuilles transparentes (fig. 6, a), des langoustes et espèces voisines, etc. Dans certains cas, seules les larves, plus ou moins typiques, permettent d'assigner une place cer-

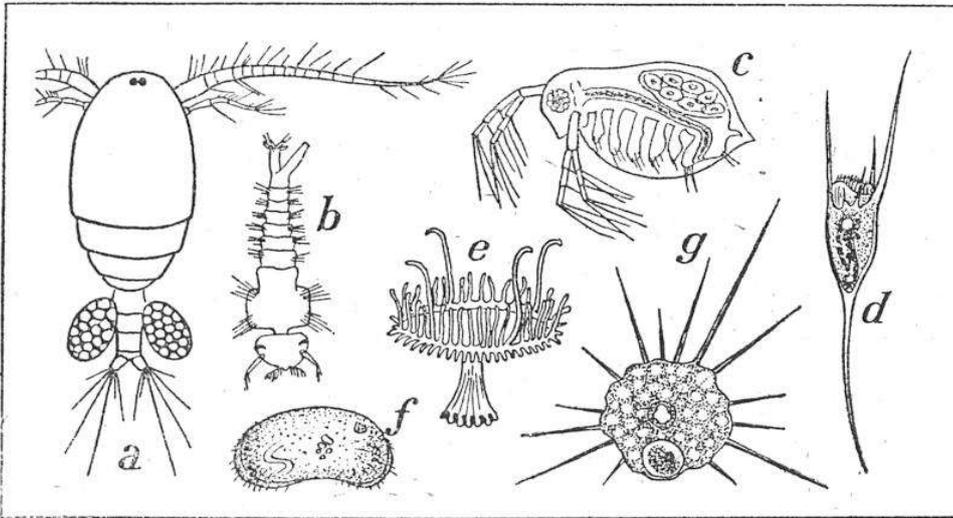


FIG. 2. — ZOOPLANCTON D'EAU DOUCE

a : *Cyclops* (Crustacés). — b : larve de *Culex* (Diptères). — c : *Daphnia* (Crustacés). — d : *Notholca* (Rotifères). — e : *Limnocoelium* (Coelentérés). — f : *Cypris* (Crustacés). — g : *Actinophrys* (Héliozoaires). Au sein des eaux douces s'agit un peuple fragile de tout petits animaux dont beaucoup microscopiques (*Actinophrys*, *Notholca*). Dans les mares, étangs et lacs abondent *Cypris* et *Daphnies* (longueur maximum : 4 mm). Ces dernières, dites Puces d'eau en raison de leur nage saccadée, constituent, desséchées, une poudre alimentaire pour les petits poissons d'aquarium. Les *Cyclops*, très répandus dans les eaux douces, se déplacent aussi par saccades. Les larves de *Culex* (Moustiques) atteignent 1 cm et sont très communes dans les eaux stagnantes. Dépourvues de pattes, elles se meuvent en se contorsionnant curieusement et viennent respirer à la surface grâce à un tube abdominal. La méduse *Limnocoelium* n'a que 12 mm de diamètre. C'est un animal rare (Angleterre, Yang-tsé-Kiang).

taine à des adultes aberrants, dégradés par la vie fixée ou parasitaire. Tel est le cas des balanes, si communes sur tous les rochers de nos côtes, où elles fixent leurs toutes petites boîtes calcaires carénées, et plus encore des sacculines, parasites des crabes, réduites chacune à une boule vivante d'où part un lacs de filaments nourriciers qui puisent la substance de l'hôte.

Les crustacés comprennent de très remarquables exemples d'adultes pélagiques : cypris et puces d'eau (fig. 2, c et f), répandues dans les eaux douces, protégeant leur corps fragile dans une coquille bivalve; grandes crevettes marines d'un rouge vif, à appendices démesurément développés; multitude de copépodes marins ou d'eau douce, à la nage saccadée, les femelles portant souvent, appendus à leur abdomen, deux sacs ovigères (fig. 2, a); quelques formes marines nous émerveillent par leurs éventails plumeux ou leurs longues traînes de soie (fig. 5, e et f). Une mention particulière doit être faite du phronyme, aux mœurs singulières, qui se loge dans un tonnelet transparent de tunicier et, véritable Diogène de la mer, exécute avec lui toutes sortes de pirouettes (fig. 8).

Les tuniciers passent tous par un stade pélagique. Certains font partie du plancton permanent. Les larves qui, après fixation, deviendront ces animaux dégénérés que sont les ascidies (têtards d'ascidies, fig. 6, i) vivent quelques heures entre deux eaux. Les tuniciers les plus caractéristiques du plancton, salpes et doliolum (fig. 5, i) abandonnent au gré des flots leurs corps transparents cerclés de bandelettes musculaires blanchâtres et à l'intérieur desquels les principaux organes se concentrent en un noyau en général vi-

vement coloré. Les salpes se rencontrent soit à l'état d'individus séparés (salpes solitaires), soit à l'état de chaînes pouvant atteindre plusieurs mètres de long (salpes agrégées). Les pyrosomes sont curieux par leur luminosité.

Enfin, les vertébrés forment la partie la plus active, la plus mobile du plancton, en particulier les poissons, tantôt à l'état temporaire (larves normales des soles, plies, limandes, etc.; minuscules feuilles hyalines des leptocephales d'anguilles et de congres (fig. 6, j); larves à nageoires filamenteuses des baudroies (figure 9, a) tantôt à l'état permanent (sardines, anchois, maquereaux, thons, espadons, requins, poissons volants, etc.).

La faune planctonique apparaît ainsi, bien plus que la flore correspondante, d'extrême diversité.

L'adaptation à la vie planctonique

Il est d'un grand intérêt de constater que dans la plupart des cas les êtres pélagiques présentent des caractères anatomiques en complet accord avec le milieu où ils vivent. Certains organes, certains dispositifs, normaux chez leurs congénères benthiques, se montrent chez eux modifiés dans un sens favorable à la vie flottante et nageante. Ils sont adaptés, et comme cela se produit très fréquemment en biologie, dans le cadre de cette adaptation, des résultats identiques sont obtenus par des moyens différents.

Faible poids spécifique, augmentation de la surface portante

Le faible poids spécifique, nécessaire aux êtres flottants pour ne pas s'enfoncer, est la conséquence de quatre facteurs principaux : forte teneur en eau des tissus, absence ou réduction du squelette calcaire, présence d'huiles ou de graisses, existence de flotteurs.

Certains organismes pélagiques (méduses) contiennent 90 % d'eau. Les tissus d'un céphalopode, *Alloporus mollis*, « passent, en coulant, pour ainsi dire, à travers les mailles des filets ». On a dit de pareils animaux qu'ils étaient « de l'eau de mer organisée ».

Les coquilles des mollusques pélagiques sont plus réduites, plus minces que celles des espèces benthiques voisines, leur teneur en calcaire plus faible (limacine) ou nulle. La coquille est alors cartilagineuse et transparente (sabot de Vénus). Enfin, terme extrême de la série, elle disparaît complètement chez certaines espèces

(fig. 5, h). Le caractère de décalcification se retrouve dans la carapace des crustacés planctoniques, constituée en grande partie ou entièrement par une mince épaisseur de chitine transparente; et dans le squelette de certains poissons; creusé de cavités, comme celui des oiseaux. Il y a là, en rapport avec l'allègement et quoique les milieux où évoluent oiseaux et poissons planctoniques soient très différents, une «convergence» de structures intéressante à noter.

De nombreux êtres planctoniques montrent dans leurs tissus la présence d'huiles ou de graisses. La proportion d'huile dans le zooplancton de l'île de Man approche de 20 % (Gunther). Les réserves de graisses des cétacés, des phoques, favorisent la flottaison de ces animaux et sont tellement importantes que l'homme les exploite. Les œufs de bien des poissons flottent aisément grâce à leurs gouttelettes d'huile.

Enfin, la présence de vacuoles gazeuses (algues bleues, radiolaires) et de flotteurs concourt à diminuer le poids spécifique : flotteurs inertes des sargasses, contractiles des siphonophores; la poche gazeuse des physalies (fig. 5, b), semblable à un beignet, peut contenir un demi-

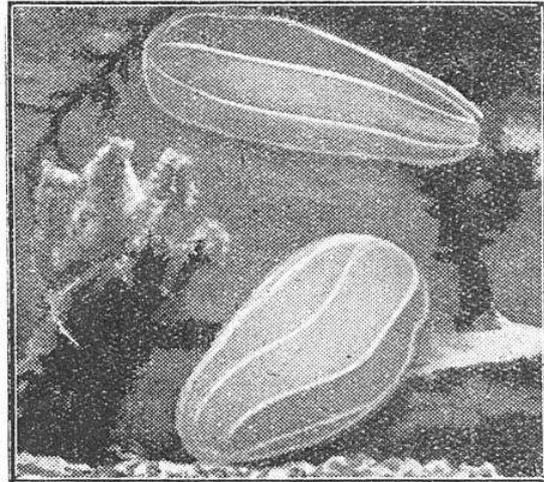


FIG. 4. — BÉROÉS (CTÉNOPHORES)

Ces très curieux animaux, à huit rangées de cils irisés, ont la grosseur moyenne d'un œuf de poule (Méditerranée).

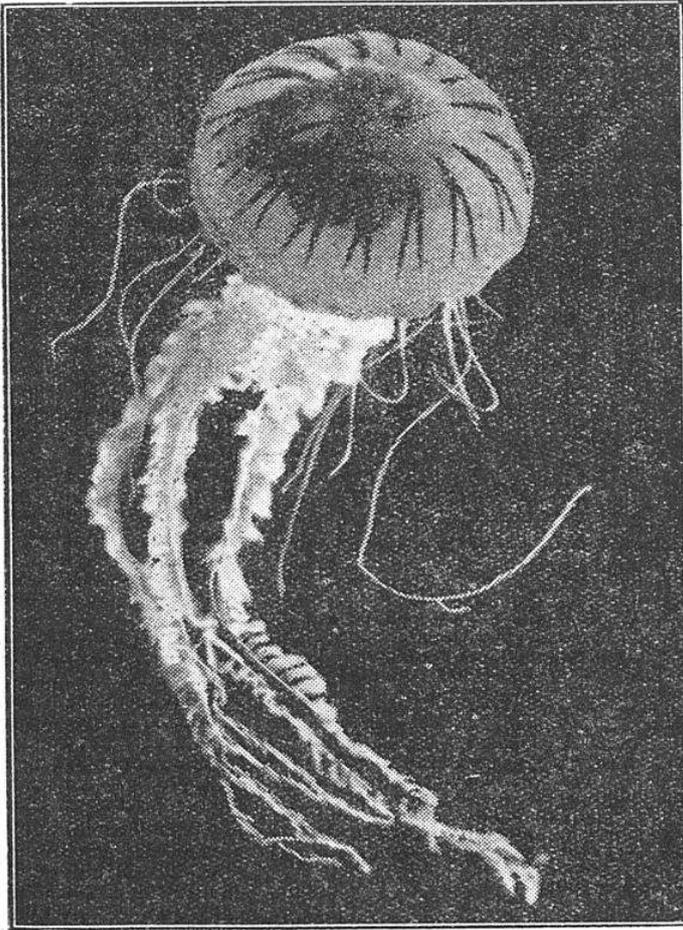


FIG. 3. — CHRYSAORA (MÉDUSES)

Cette Méduse est remarquable par ses bandes rayonnantes d'un rouge jaune et l'élégance de ses longs bras festonnés. Diamètre : 10 à 30 cm. Atlantique et Méditerranée (assez rare).

litre de gaz. Un curieux flotteur est celui de la janthine, fait de mucus emprisonnant des bulles d'air, auquel l'animal accroche sa ponte (fig. 5, g).

L'augmentation de la surface portante, servant à retarder la chute, se manifeste par la dépression et l'aplatissement du corps (diatomées, porpites, vélèles, méduses, céphalopodes, ceinture de Vénus, némeritiens pélagiques, etc., fig. 1, 2, 5 et 6), la multiplication et l'allongement des prolongements de toute nature : soies (fig. 1, g, h; fig. 6, b; fig. 5, e, f); épines (fig. 1, d, e, k; fig. 2, d, g; fig. 6, c); baguettes (fig. 6, d); tentacules (fig. 2, e; fig. 5, b); filaments (fig. 5, b); appendices ou membres démesurément allongés (fig. 6, b; fig. 5, e, f); disposition spiralée (fig. 1, l). Chez certaines larves pélagiques de poissons, l'allongement extraordinaire des rayons des nageoires aboutit à de très curieux caractères de convergence de formes larvaires, bien que les adultes soient très dissemblables (fig. 9).

L'augmentation de la surface portante se trouve encore réalisée par la formation de chaînes ou de colonies : chaînes linéaires des salpes, cylindriques des pyrosomes, en mètre pliant ou en palissade de diatomées (fig. 1, a), colonies circulaires ou étoilées d'algues diverses (fig. 1, f, i), etc. —

Homochromie,
développement des organes
des sens, formes hydrodynamiques, luminosité

Translucidité et transparence,

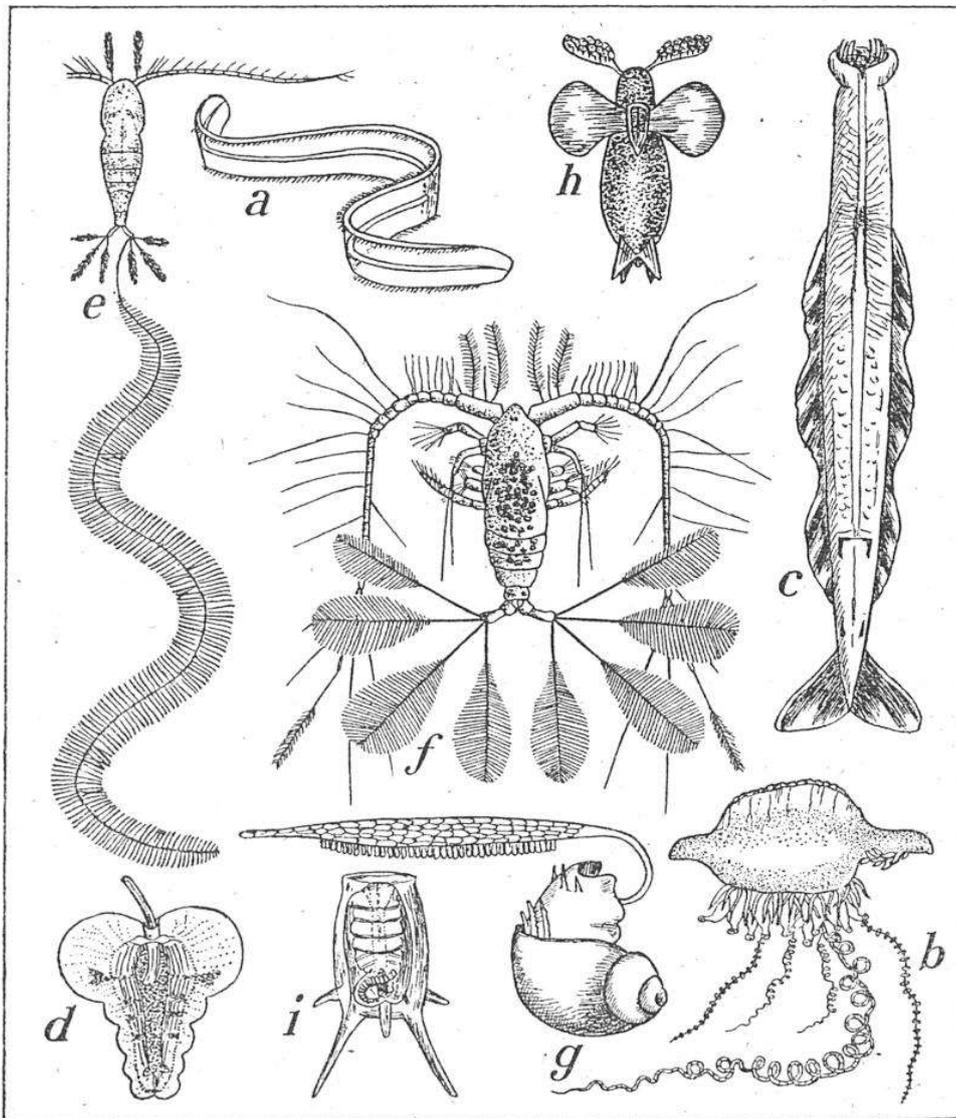


FIG. 5. — ZOOPLANCTON MARIN PERMANENT

a : Ceinture de Vénus (Cténophores) : ruban vivant pouvant atteindre 1,5 m. bleuté, devenant plus foncé quand l'animal est excité (Méditerranée). — b : Physalie (Siphonophores) : l'animal est une colonie de polypes violacés surmontée d'un flotteur pourpre qui peut dépasser 15 cm de long. Très urticant (Méditerranée). — c : Sagitta (Chaetognathes) : taille maximum : 7 cm. Très carnassiers, ces animaux foncent droit sur leurs proies, les saisissent et les déchirent avec leurs dents puissantes. Toutes nos mers. — d : Pelagonemertes (Némertiens) : plat et translucide, il vit dans les grandes profondeurs marines (3 000 m). — e : Calocalanus plumulosus (Copépodes). — f : Calocalanus pavo (Copépodes) : ces deux espèces, de 1 à 3 mm de long, se caractérisent par le développement extraordinaire de leurs soies plumeuses, vivement colorées. — g : Janthine (Gastéropodes) : coquille mince et légère, violacée. Longueur maximum, 2 cm. — h : Pneumoderm (Gastéropodes) : complètement dépourvu de coquille. Couleur violette. — i : Salpe (Tuniciers) : ces animaux, presque transparents, communs dans nos mers, et dont la taille varie entre quelques millimètres et quelques centimètres, peuvent, dans une certaine mesure, se déplacer de façon autonome, grâce aux contractions de leurs ceintures musculaires.

qualités de bien des êtres pélagiques, sont les conséquences directes de l'énorme proportion d'eau dans leurs tissus. Elles représentent une des formes du mimétisme par homochromie. De

même, la couleur argentée, réfléchissant la lumière (trachypète), ou bleuâtre comme l'eau (sardines, anchois, maquereaux, thons, etc.) rend beaucoup de poissons moins visibles aux ennemis.

L'allongement des antennes, des tentacules, des soies sensibles, des yeux qui deviennent télescopiques et pédonculés (céphalopodes, crustacés) caractérise le développement des organes des sens.

Si l'étalement en surface est presque la loi chez les êtres flottant passivement ou à mobilité atténuée, les éléments du necton sont au contraire souvent fuselés à souhait comme pour mieux fendre l'eau. Certains calmars pélagiques (fig. 7), les sagitta (fig. 5, c), des copépodes, les thons et de nombreux poissons présentent l'aspect de torpilles ou de cigares et réalisent de nombreuses convergences de formes, nées du déplacement rapide dans le milieu aquatique.

Enfin, un caractère très répandu parmi les êtres planctoniques est la luminosité, soit simple phosphorescence, soit émission de lueurs diversement colorées par des organes photogènes spécialisés, atteignant chez les céphalopodes un haut degré de perfectionnement.

Ce qui précède montre qu'à part la production de lumière, luxe inutile en surface, les caractères des êtres pélagiques s'accordent avec le milieu où ils évoluent. Est-ce à dire que leur adaptation n'exprime qu'une situation, qu'un état, comme le prétendent certains, et qu'elle

ne représente pas une force agissante d'ajustement continu au milieu? L'ample et passionnant problème de l'adaptation ne peut être ici discuté. Mais il semble bien que des êtres plan-

toniques ont, dans une certaine mesure, la possibilité de modeler leur forme suivant les exigences du milieu. Le polymorphisme saisonnier des crustacés planctoniques d'eau douce en est un exemple. Chacune de leurs espèces présente une race d'été et une race d'hiver, différentes de forme, la deuxième plus courte que la première. Cette dualité morphologique correspond aux variations des propriétés physiques de l'eau suivant la température : une eau qui s'échauffe diminue de densité et de viscosité. Dans cette eau qui porte moins, l'allongement du corps d'un animal assure sa meilleure flottaison. De même, une espèce de ceratium possède des cornes longues et spiralées dans les eaux chaudes de l'Océan Indien, courtes et droites dans celles, plus froides, de l'Atlantique oriental.

La vie des êtres pélagiques

La vie des êtres pélagiques est influencée et parfois conditionnée par de nombreux facteurs : température, salinité, agitation de l'eau, courants, saisons, lumière, etc.

La plupart des diatomées, algues d'eau froide, ne supportent pas une température supérieure à 12°. Au contraire, d'autres algues ne vivent qu'à des températures égales ou supérieures à 25°. Des cténophores descendent quand l'eau s'échauffe, remontent quand elle se refroidit. On connaît des espèces eurythermes, supportant d'amples variations de température, et des espèces sténothermes, exigeantes pour ces conditions. On distingue de mê-

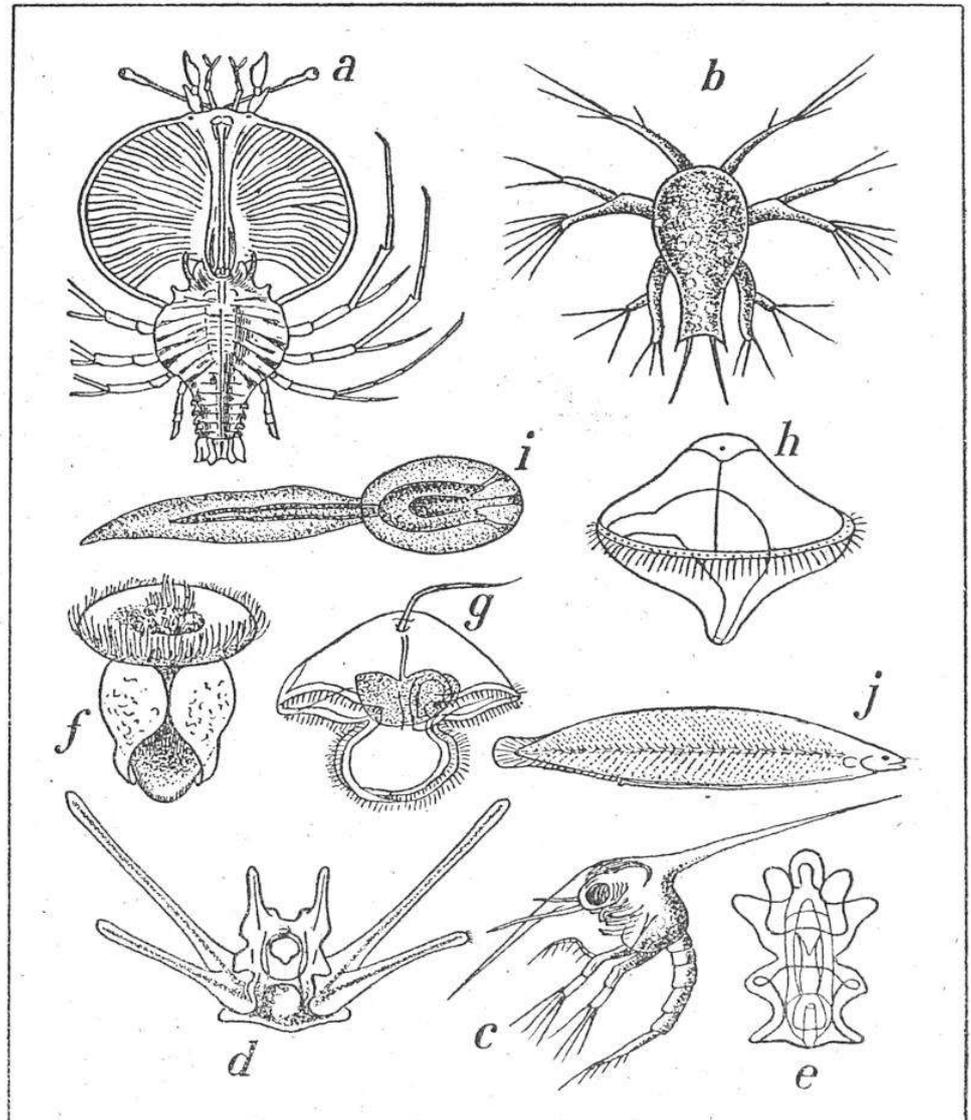


FIG. 6. — ZOOPLANCTON MARIN TEMPORAIRE (LARVES)

a : Larve Phyllosome (Crustacés) : remarquable par son aspect foliacé et ses yeux « télescopiques ». — b : Nauplius (Crustacés) : extrêmement abondants dans le plancton, microscopiques, très différents des adultes, caractérisés par trois paires d'appendices. — c : Zoe (Crabes) : forme d'éclosion des Crabes, où apparaît déjà la segmentation de l'adulte futur. — d : Pluteus (oursins) : forme larvaire microscopique des oursins, très répandue dans le plancton. — e : Bipinnaria, larve microscopique d'Etoile de mer, moins commune que le Pluteus. — f : Véligère, larve microscopique de Dentale, Mollusque marin de quelques centimètres, en forme de défense d'éléphant. — g : Pilidium, larve microscopique de Némertiens, vers presque tous marins dont certaines espèces atteignent plusieurs mètres de long. — h : Trochophore, larve microscopique de vers Annélides dont certaines espèces mènent une vie errante, d'autres une vie fixée. — i : Larve ou « Tétard » d'Ascidie (Tuniciers) : elle atteint 3 mm de long. Après quelques heures de vie libre, elle se fixe aux rochers et se métamorphose. — j : Leptocephale, larve d'Anguille (Poissons) : longtemps la reproduction des Anguilles est restée mystérieuse. J. Schmidt a découvert que les Anguilles européennes entreprennent lors de la maturité sexuelle un immense voyage de plusieurs milliers de kilomètres pour pondre dans la mer des Sargasses. De leurs œufs sortent des Leptocephales, foliacés et hyalins, qui, à la suite d'un voyage inverse, pénètrent après métamorphose dans les rivières européennes pour y effectuer leur développement.

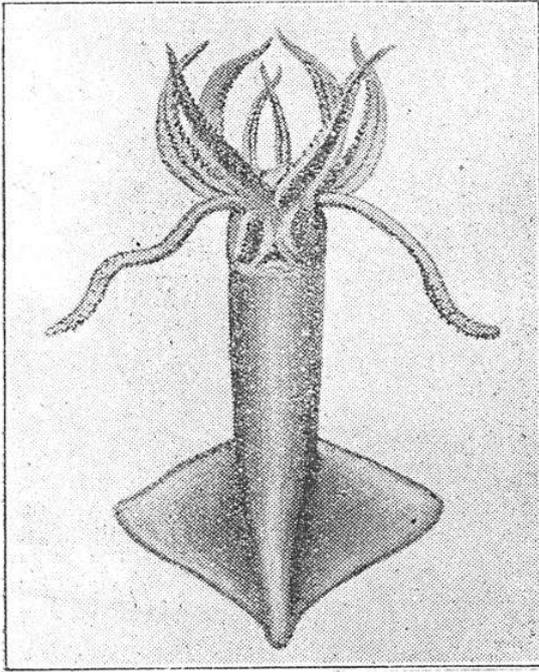


FIG. 7. — CALMAR PÉLAGIQUE (CÉPHALOPODES)

Comme les Pieuvres, les Calmars nagent à reculons en chassant violemment l'eau contenue dans leur cavité palléale par un entonnoir dont on aperçoit sur la figure l'orifice. Certains calmars comptent parmi les géants des animaux (plus de 17 mètres de longueur totale).

me des espèces euryhalines et sténohalines, accommodantes ou strictes pour la salinité.

Les organismes pélagiques, particulièrement fragiles, évitent les zones agitées où ils risquent d'être molestés. Grâce à la pénétration d'eau dans leurs tissus, au jeu de flotteurs contractiles, au repliement de leurs appendices, ils gagnent les zones profondes plus calmes.

Quant aux courants, ils agissent par leur force, la température de leurs eaux, par les substances nutritives transportées. Les courants horizontaux sont responsables des migrations de nombreux êtres pélagiques, en particulier des poissons. Les embryons de morue, les sardines, les harengs voyagent en bancs immenses, à la poursuite du microplancton, lui-même jouet des courants. A leur tour les thons suivent les poissons plus petits dont ils se nourrissent et c'est ainsi qu'un courant contribue par ricochet au déplacement d'animaux très divers, de plus en plus carnassiers et de plus en plus gros.

Les variations saisonnières du plancton ont donné lieu à d'intéressantes observations. Dans la mer

d'Irlande, par exemple, de novembre à mars vit un plancton peu abondant. Mars et avril, dans chaque groupe, sont le signal du réveil. La mer, comme la terre, sort de son sommeil hivernal, se fleurit au printemps de formes nouvelles, et épanouit en juin son immense gerbe d'organismes flottants. Un léger déclin se dessine en juillet : les prélèvements de myriades d'êtres ont appauvri la mer en sels minéraux. Mais la reconstitution du stock minéral s'accompagne d'un deuxième maximum, plus faible que le premier, au début de l'automne, puis les êtres planctoniques se raréfient jusqu'au printemps suivant.

De tous les facteurs, la lumière est le plus important, car elle détermine la vie végétale dans les eaux comme sur la terre. Par la photosynthèse, les algues élaborent leur substance vivante. Or les radiations lumineuses utilisées ne pénètrent guère au delà de 250 mètres. Bien que des exceptions aient été signalées, les algues ne dépassent pas cette profondeur. C'est entre 0 et 50 mètres que le phytoplancton est le plus abondant. Comme il sert de pâture aux animaux herbivores, la répartition de ceux-ci se calque sur celle des algues dont ils se nourrissent.

La lumière exerce également une action directe sur les animaux. Leur phototropisme différent permet d'expliquer leur répartition verticale. Les courbes de captures de certains poissons sont superposables à celles des heures d'insolation. Des espèces de profondeur dans les régions équatoriales sont des espèces de surface dans les régions polaires. Mieux même, à la même latitude, de part et d'autre du Groenland, les mêmes copépodes ne se trouvent pas à la même profondeur. Sur la côte est, dégagée de banquise, ils se tiennent dans les couches profondes, sur la côte ouest, où l'eau libre est recouverte de glace diffusant la lumière, ils vivent en surface. Certains crustacés et poissons gagnent les profondeurs l'été pour remonter l'hiver. Comme beaucoup d'animaux planctoniques ont un phototropisme faible, sinon né-

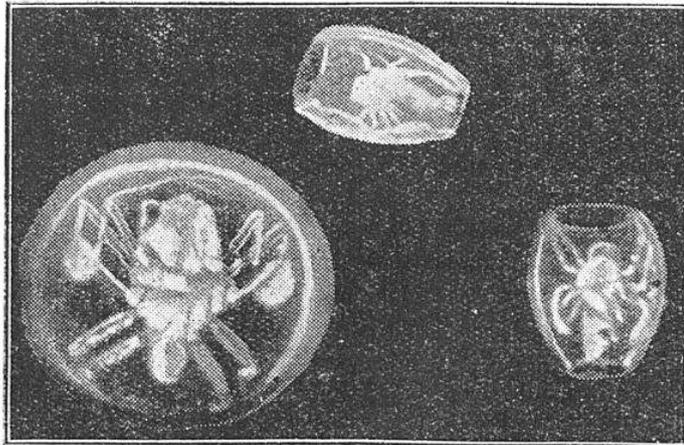


FIG. 8. — PHRONIMES (CRUSTACÉS) DANS LEURS TONNELETS TRANSPARENTS

Ces étonnants animaux, dont la taille varie de 7 mm à 4 cm, se rencontrent dans l'Atlantique et la Méditerranée. Ils se logent d'ordinaire dans la cavité des Tuniciers, en particulier des Pyrosomes. Ils utilisent leurs pattes thoraciques pour se fixer aux parois du tonnelet et leurs pattes abdominales pour la locomotion. Ils sortent parfois de leur logette et nagent librement.

gatif, c'est pendant la nuit que le plancton se récolte le plus abondamment dans les parties superficielles des eaux.

Le plancton, inépuisable réservoir de vie et d'aliments, matière première de roches et source d'énergie

Il est intéressant d'étudier le plancton du point de vue zoologique ou botanique, en considérant la variété de ses représentants, leurs caractères adaptatifs, les principales lois et phases de leur vie. Mais les êtres pélagiques ne constituent pas seulement une collection de formes différentes qu'on étiquette, qu'on décrit et dont on interroge l'anatomie. Leur intérêt débordé du domaine de la biologie et de la systématique pures et rejoint bien d'autres sciences.

Le phytoplancton peut être assimilé à une prairie aquatique composée essentiellement d'algues microscopiques, et que broute une faune variée d'herbivores. Ceux-ci sont pourchassés et dévorés par des carnivores qui deviennent à leur tour la proie des carnivores mieux armés ou plus puissants. La loi du plus fort régit aussi le plancton. Déchets et cadavres sont, comme sur terre, le siège de réactions bactériennes dont le travail aboutit à la fragmentation des molécules complexes et à la transformation de la matière organique en matière minérale. La photosynthèse des algues planctoniques s'exerce uniquement à partir de substances minérales. La prairie planctonique est donc le théâtre des mêmes phénomènes cycliques que la prairie terrestre : la vie s'y engendre, s'y maintient, s'y détruit sans fin dans les mêmes conditions.

Les quantités prodigieuses, astronomiques, d'algues du plancton, avec leur énorme capacité de synthèse expliquent le pullulement des animaux. Le dosage d'un mètre cube d'eau de mer en êtres planctoniques a donné comme résultats : en Afrique du Sud, 8 milliards de diatomées, 1 300 œufs de poissons; en Baltique, 130 millions de diatomées, 13 millions de péridiniens. Dans cette dernière mer, un cube de 1 600 m de côté contiendrait 1 500 tonnes de copépodes microscopiques!

Les organismes pélagiques se groupent sou-

vent en bancs immenses. S'il arrive fréquemment qu'en scrutant la profondeur de la mer on n'aperçoive aucun animal ou seulement le flotteur hyalin d'une physalie, le tonnelet laitueux d'un beroe, le cylindre de cristal d'une salpe, la plaque de saphir d'un vélelle, parfois aussi, la chance aidant, le bateau rencontre un troupeau de méduses, un essaim de mollusques, une floraison de noctiluques, où les individus se comptent par milliers, millions et milliards sur des distances qui peuvent dépasser

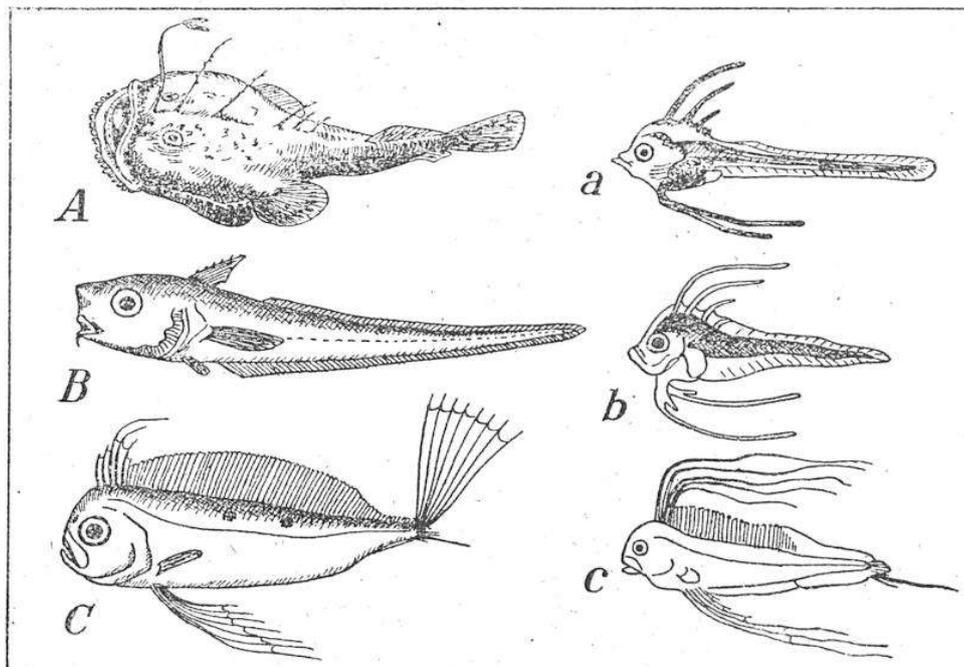


FIG. 9. — UN EXEMPLE DE « CONVERGENCE DE FORMES »

A : Baudroie (Poisson benthique) : il ressemble à un énorme têtard, brun olive en dessus, bleu grisâtre en dessous; il atteint 2 m de long (Océan et Méditerranée). — B : Macrure (Poisson de profondeur) : ce curieux poisson gris et brun, de 0,2 m à 0,35 m, a un corps effilé et des nageoires postérieures fusionnées (Méditerranée). — C : Trachyptère (Poisson de surface) : poisson de forme aberrante, de couleur argentée, de longueur variable suivant les espèces : 0,1 m à 1,5 m (Méditerranée). — a, b, c : larves correspondantes, toutes pélagiques.

cent kilomètres! La richesse de la mer en poissons pélagiques est activement exploitée par l'homme auquel elle fournit un appoint alimentaire de premier plan.

Après leur mort, les êtres planctoniques commencent un lent mouvement de descente. Beaucoup, entiers, ou désagrégés, sont happés et engloutis au passage par des affamés. De ceux qui atteignent le fond une partie est consommée par les êtres benthiques, le reste se dépose et forme une vase organique ou minérale, amorce d'une roche future. A la suite de Renault il est généralement admis à l'heure actuelle que les charbons d'algues ou *bogheads* résultent de la fermentation d'une vase organique formée de myriades d'algues microscopiques, analogues à celles qui, de nos jours, étalent à la surface des mares et des étangs des plaques colorées, les fleurs d'eau. De même la craie n'est qu'une boue marine, consolidée et durcie, constituée de carapaces de micros-

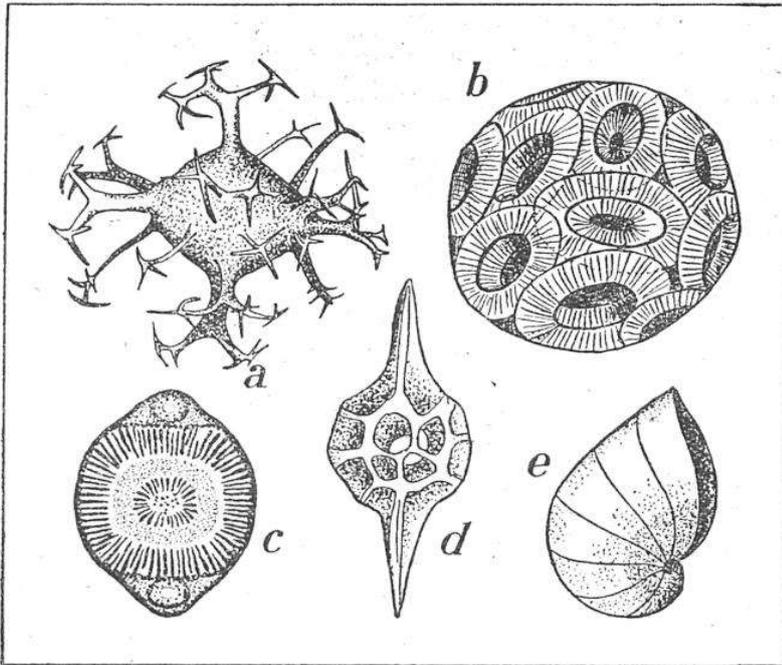


FIG. 10. — ORGANISMES PLANCTONIQUES FOSSILES, GÉNÉRATEURS DE ROCHES (TOUS MICROSCOPIQUES)

a : Hystrichosphère du silice de la craie : organismes inconnus dans les mers actuelles, découverts récemment dans les silices du bassin parisien. — b : Coccolithophore de la craie : ces algues existent aussi dans nos mers, surtout des régions chaudes, au fond desquelles leurs carapaces forment la boue calcaire à coccolithes. — c : Diatomée du tripoli : de nos jours, ces Diatomées se déposent au fond des eaux douces et marines des boues siliceuses à Diatomées comparables à celles qui, accumulées au cours des âges, ont engendré le tripoli. — d : Radiolaire de radiolarite : les Radiolaires sont remarquables par la prodigieuse variété de dessins de leur squelette siliceux. Ce sont les animaux les plus anciens que l'on connaisse. Ils se rencontrent à l'heure actuelle dans toutes les mers, surtout les chaudes, et y forment les boues siliceuses à Radiolaires. — e : Foraminifère de la craie : la craie contient une proportion notable de Foraminifères. Certains vivent encore dans nos mers, y donnant naissance à des sédiments importants (boues à Globigérines).

copiques algues fossiles (coccolithes) et protozoaires (foraminifères) (fig. 10, b, e). Le nombre de ces organismes, plus ou moins bien conservés, confond l'imagination : par millimètre cube, la craie contient 10^{16} coccolithes ! Des sédiments analogues se forment de nos jours (boues à globigérines).

Le plancton a assuré aussi la genèse de la diatomite ou tripoli, formée en majeure partie

d'enveloppes siliceuses de diatomées (fig. 10, c), des radiolarites ou jaspes, faites surtout de squelettes de radiolaires (fig. 10, d), et il n'est pas jusqu'au vulgaire silice dont les microorganismes flottants siliceux ne soient pour une bonne part responsables (fig. 10, a).

Il arrive parfois que les cadavres des êtres pélagiques épargnés de l'appétit des animaux ne se décomposent pas suivant la chaîne banale des réactions chimiques classiques, avec, comme résidu, quelques substances minérales simples. La décomposition, quoique encore sous la dépendance de microbes, suit une autre voie et s'arrête à des substances organiques, en particulier à des hydrocarbures. C'est ce qui s'est produit, dans les temps géologiques, pour les pétroles. A la suite de nombreuses observations et expériences, les savants pensent aujourd'hui que les pétroles, mélanges d'hydrocarbures variables suivant le gisement, ont été pour la plupart engendrés au fond des mers par la transformation, sous l'influence de bactéries, de sédiments composés de cadavres d'êtres planctoniques, essentiellement d'algues et de protozoaires. A l'appui de cette hypothèse, on cite la présence habituelle d'eaux salées dans les gisements de pétrole, la découverte récente de bactéries vivantes dans ces eaux, la production expérimentale de carbures d'hydrogène très voisins des pétroles naturels à partir d'huiles organiques, traitées en présence de catalyseurs.

Ainsi, de même que l'énergie lumineuse captée par les plantes vertes terrestres dort dans le bois de l'arbre, dans le charbon du sous-sol, de même l'énergie lumineuse captée dans les profondeurs des océans par les algues attend dans le liquide verdâtre où elle s'est concentrée que l'homme vienne l'utiliser. Le pétrole est donc « le dernier tribut de la vie mourante à l'énergie naissante ». Et le plancton, important maillon de l'immense chaîne des êtres vivants, établit, au bénéfice de l'homme qui l'exploite encore après sa mort, un trait d'union entre le monde vivant et le monde minéral.

C. PUISÉCUR.

Les transports routiers à grande distance et à grande vitesse sont obligatoirement, à l'heure actuelle, réalisés par des véhicules à moteurs thermiques. Il pourra n'en être pas de même pour les transports à courte distance et à faible vitesse, nécessitant de nombreux arrêts : tels par exemple, la livraison à domicile de marchandises, le trafic entre l'usine et la gare, etc... Là, le véhicule électrique retrouve sa supériorité et peut lutter avec avantage avec les autres modes de transport.

LA FABRICATION DES JUS DE FRUITS INDUSTRIE FRANÇAISE D'AVENIR

par Jean HÉRIBERT

Dans plusieurs pays étrangers, les jus de fruits sont aujourd'hui passés au rang de boissons d'usage courant. La production américaine était, à la veille de la guerre, voisine de quatre millions et demi d'hectolitres par an; l'Allemagne et la Suisse sont également des producteurs importants. En France, premier pays viticole du monde, la pénurie temporaire de boissons alcoolisées favorise aujourd'hui la consommation des jus de fruits et donne au grand public l'occasion d'apprécier leurs vertus alimentaires et hygiéniques. L'exemple de l'Amérique, où la production des jus de fruits s'est maintenue au niveau qu'elle avait atteint pendant la prohibition, permet de prédire que les jus de fruits conserveront après la guerre les importants débouchés qu'ils sont en train de conquérir dans notre pays. Il est également permis d'envisager pour l'avenir des exportations vers les pays d'Europe centrale et septentrionale, moins bien placés que nous pour la production des fruits, ainsi que vers le monde islamique en général, et notre Empire en particulier.

Les jus de fruits en France

A la faveur des restrictions alimentaires et de la réglementation de la consommation des boissons alcoolisées, la production française des jus de fruits a pris une extension considérable depuis l'armistice (fig. 4). Mais les circonstances particulières que nous traversons n'ont pas seules déterminé cet essor. Elles en ont plutôt fourni l'occasion, en accroissant brusquement le déséquilibre entre l'offre et la demande de jus de fruits. D'ailleurs, tout en favorisant la consommation des jus de fruits, la guerre a opposé de nombreux obstacles au développement de leur production, et les industriels ont eu à vaincre des difficultés considérables pour se procurer le matériel et la matière première nécessaires.

Jusqu'à ces dernières années le retard du développement de l'industrie française des jus de fruits était dû surtout au manque d'un statut légal contre les fraudes, garantissant au consommateur la qualité et la nature même des produits offerts sous le nom de jus de fruits. Aujourd'hui cette dénomination est officiellement réservée au « produit naturel, n'ayant subi aucun commencement de fermentation, que l'on obtient de la pression des fruits frais, sains et mûrs » (1).

Pour qu'un jus de fruits puisse prétendre à cette appellation, il faut donc qu'il ait fait l'objet d'une préparation minutieuse respectant intégralement ses propriétés alimentaires et hygiéniques.

(1) Cette définition ne saurait s'appliquer aux jus concentrés, même après dilution dans les proportions primitives, car ils ne recouvrent jamais les propriétés organoleptiques d'avant concentration; de plus, l'eau de dilution peut être souillée et l'on n'a donc pas les garanties hygiéniques des jus de fruits. L'industrie des jus et moûts concentrés sort donc du cadre de la présente étude.

Depuis la cueillette des fruits jusqu'au moment de la consommation, le jus doit être constamment entouré des plus grands soins, afin d'éviter toute altération de sa saveur ou de sa teneur en éléments nutritifs. Le problème se pose donc ainsi : conserver au jus toutes ses qualités, tous ses constituants, et simultanément le stériliser (c'est-à-dire empêcher toute fermentation et tout développement de moisissure), sans toutefois y introduire de produits chimiques proscrits par la loi. Ce problème ne peut être résolu qu'en mettant en œuvre les plus récentes acquisitions de la science et de la technique modernes, que l'on applique dans une série d'opérations comportant :

- des opérations préliminaires (extraction du jus, stockage, débourbage);
- des opérations de fabrication proprement dite (filtration, stérilisation, etc...).

L'extraction du jus

Presque tous les fruits juteux se prêtent à la fabrication de « jus de fruits ». En France, les plus importants sont le raisin, la pomme et la tomate. L'ananas, le pamplemousse et l'orange sont également fort appréciés en Amérique et pourront, après la guerre, être utilisés pour la production de jus de fruits dans l'Empire.

Les fruits utilisés sont de première qualité, récoltés à un degré de maturation optimum et triés de façon à exclure tout fruit pourri ou moisi. Toutes les variétés d'un même fruit ne conviennent pas également. Les pommes, par exemple, doivent appartenir à des variétés à la fois bien sucrées et suffisamment acides. Pour le raisin, par contre, tous les cépages peuvent être utilisés. Ce ne sont d'ailleurs pas ceux qui fournissent les meilleurs vins qui donnent les meilleurs jus.

Dès le ramassage des fruits, il importe d'éviter tout début de fermentation, qui altérerait

considérablement le goût du jus. Cette nécessité justifie l'emploi pour le raisin, dans les régions chaudes, de petites quantités d'anhydride sulfureux au moment même de la vendange.

Le pressurage des fruits se fait avec le même appareil que pour l'obtention du vin ou du cidre. Le rendement varie avec la pression exercée. On compte généralement que :

dépasser un certain degré de pressurage au delà duquel la qualité diminue. Il faut en particulier éviter tout broyage, car en attaquant les parties ligneuses des fruits on obtient des produits troubles et de goût âcre.

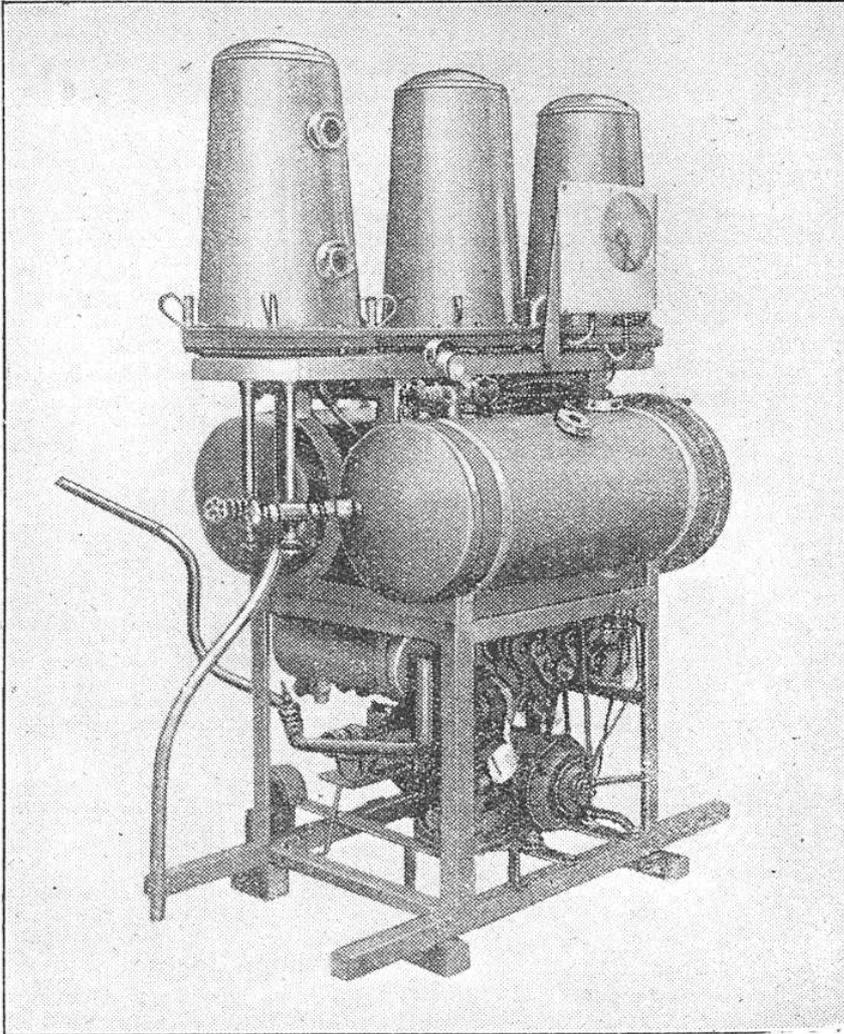
Le problème du stockage du jus

Le jus obtenu par pressurage des fruits doit être conservé pendant un temps assez long. Le ramassage des fruits s'effectue en effet pendant une « saison » fort courte tandis que le travail de l'usine doit être réparti sur toute l'année, principalement pour éviter l'investissement de capitaux trop considérables. La conservation de la matière première à l'abri de toute fermentation s'obtient à l'heure actuelle par trois procédés principaux : mutage à l'anhydride sulfureux, réfrigération, ou carbonation.

Le mutage, que l'on emploie surtout pour le jus de raisin, consiste à ajouter au moût de l'anhydride sulfureux à la dose de 1 gramme par litre (1). Toute fermentation est alors rendue impossible et le moût se conserve indéfiniment jusqu'à son désulfitage. Le procédé de mutage présente, nous le verrons, des inconvénients assez graves qui le feront disparaître dans l'avenir. Il a cependant un avantage notable, car l'anhydride sulfureux, réducteur puissant, empêche toute oxydation des constituants du jus par l'oxygène de l'air; celui-ci est, on le sait, partiellement responsable des brunissements, altérations de goût, précipitations, destructions de vitamines, que subissent les jus manipulés de façon incorrecte.

La conservation par le froid se fait dans des tanks frigorifiques, et nécessite une installation spéciale assez importante. La température ne doit pas descendre au-dessous de -3° C afin

(1) Voir : « Les produits de la vigne » (*Science et Vie*, n° 280, décembre 1940, p. 316)



T W 40115

FIG. 1. — PASTEURISATEUR-DÉSAÉRATEUR « JOUAN » POUR STÉRILISATION AVANT EMBOUTEILLAGE

Cet appareil peut traiter 100 litres de jus par heure. Il combine la stérilisation avec une désaération ayant pour but de prévenir les oxydations dues à l'air dissous dans le jus.

100 kilogrammes de pommes donnent de 60 à 75 litres de jus;

100 kilogrammes de poires donnent de 65 à 75 litres de jus;

100 kilogrammes de raisin donnent de 65 à 80 litres de jus.

Dans le cas des petits fruits (groseilles, myrtilles, mûres, fraises), le pressurage est plus difficile et le rendement moins bon. Il ne faut pas

d'éviter une congélation fractionnée : de la glace pure se déposerait et le liquide restant serait concentré. D'autre part, il faut, au début de la réfrigération, un brassage énergique pour homogénéiser la température et éviter les fermentations locales.

Enfin, la carbonication consiste à maintenir le jus sous une pression de 7 à 8 kg/cm² d'anhydride carbonique dans des tanks en acier émaillé intérieurement. Dans ces conditions, le

sommation avec le jus, dont elle accroîtrait au contraire la valeur alimentaire tout en permettant d'abaisser légèrement son prix de vente, mais, par un préjugé généralement répandu dans le public, les jus clairs sont plus appréciés que les jus troubles, ce qui oblige les industriels à opérer une clarification. Font cependant exception à cette règle les jus de tomate, ananas, pamplemousse, pêche, abricot, fraise, qui ne sauraient être débarrassés de leur trou-

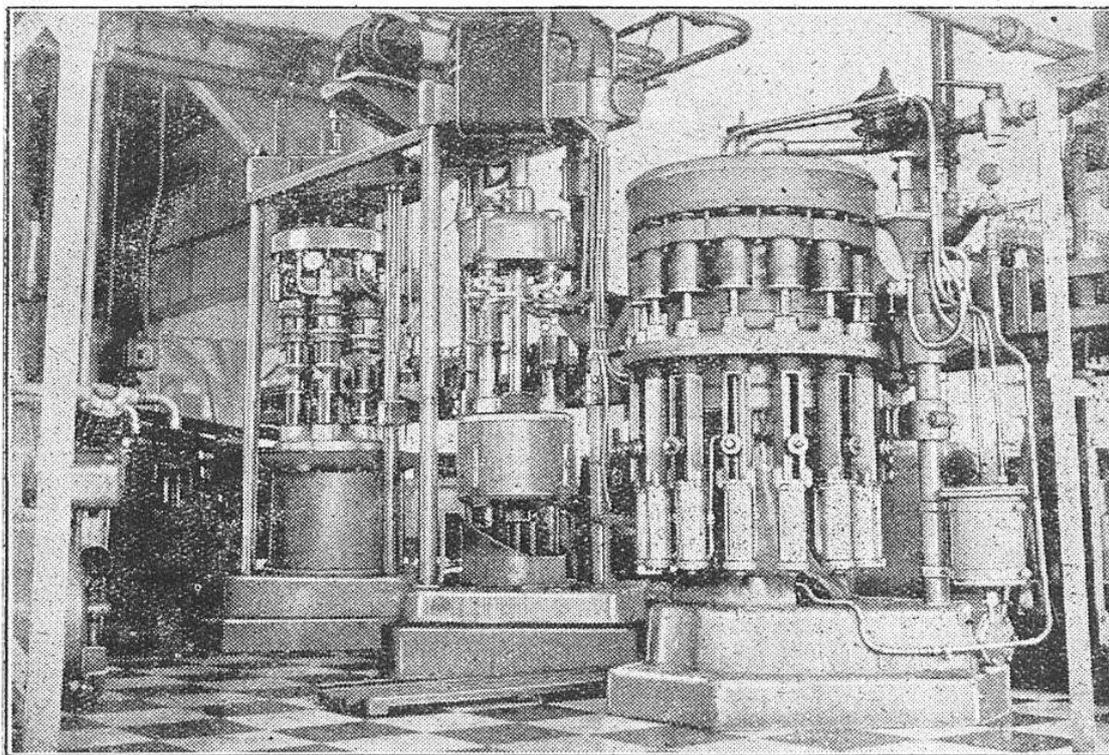


FIG. 2. — GROUPE D'EMBOUEILLAGE AUTOMATIQUE « JOUAN »

T W 40116

jus dissout environ 15 grammes de gaz carbonique par litre et les levures et bactéries, sans être tuées (le froid ne les tue pas non plus), sont réduites à l'inaction. Pour certains jus cependant la carbonication seule n'est pas suffisamment efficace et il est parfois avantageux de combiner carbonication et réfrigération; on refroidit alors extérieurement les tanks où se trouve le jus sous pression de gaz carbonique.

Le débouillage

Au cours de leur conservation par une de ces méthodes, les jus subissent des phénomènes de maturation : le bouquet se développe et, simultanément, sous l'action du repos, une partie des matières insolubles en suspension se dépose au fond du récipient (débouillage).

Le jus obtenu par pression est en effet toujours plus ou moins trouble : il renferme des combinaisons colloïdales de nature protéique ou tannique et des débris extrêmement tenus de cellules. La nature chimique de ces produits ne présenterait aucun inconvénient à leur con-

ble sans perdre en même temps leur qualité.

Le simple repos, aidé par l'action du froid ou de l'anhydride sulfureux est insuffisant pour obtenir des jus parfaitement clairs, et il faudra procéder ultérieurement à une filtration. Dans certains pays cependant, on obtient un débouillage beaucoup plus complet au moyen d'agents biologiques, c'est-à-dire d'enzymes extraits de certains champignons (*Aspergillus*, *Penicillium*). Ces ferments comprennent des *pectases* qui hydrolysent les pectines, des *protéases* qui hydrolysent les protéines colloïdales et des *amylases* qui hydrolysent l'amidon. La législation française proscriit ces agents, car elle interdit toute addition au jus de matières étrangères solubles.

La préparation proprement dite

Après stockage et débouillage, les jus passent aux opérations de fabrication proprement dite.

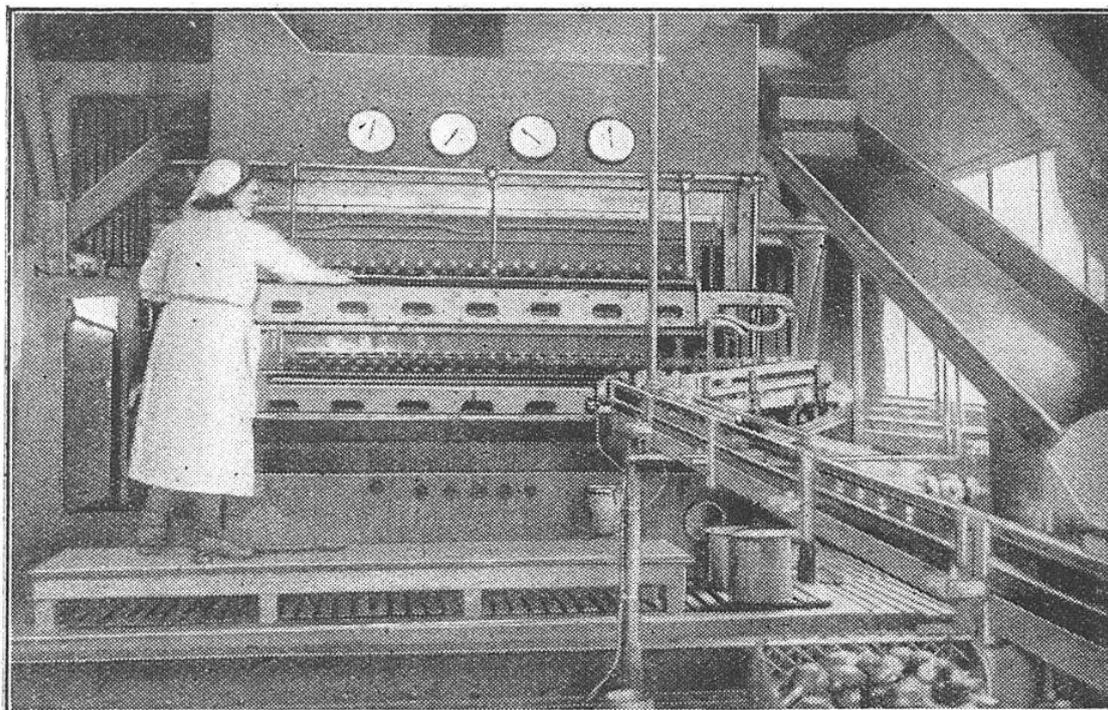
Avant d'être filtrés et stérilisés, les jus conservés par le froid ou par la carbonication n'ont besoin que d'une simple élévation de tempéra-

ture ou d'une décarbonation par détente (qui peut se faire avec récupération du gaz carbonique). Les jus mutés à l'anhydride sulfureux doivent au contraire subir une désulfitation destinée à enlever l'anhydride sulfureux dissous et celui combiné aux sucres pour n'en laisser que les 100 milligrammes par litre tolérés par la loi dans le produit fini.

Cette opération s'effectue en combinant l'action du chauffage du jus avec celle d'un cou-

alysant l'action oxydante de l'air. Les filtres modernes donnent des débits intéressants, peuvent être nettoyés facilement et rapidement et n'altèrent pas la saveur du jus. La filtration est plus ou moins poussée selon la nature du fruit et les préférences des consommateurs.

Réchauffement, décarbonation ou désulfitation, puis filtration sont effectués aussi rapidement que possible pour éviter tout début de fermentation. Il reste maintenant à stériliser le



T W 40117

FIG. 3. — PASTEURISATEUR CONTINU POUR STÉRILISATION APRÈS EMBOUTEILLAGE

Une chaîne ininterrompue de bouteilles, que l'on voit ici à l'entrée et à la sortie de l'appareil, traverse celui-ci de façon continue.

rant d'air ou de vapeur ou, mieux encore, en opérant sous vide de façon à ne pas être obligé de dépasser la température de 40 ou 50° C. La difficulté de se procurer un outillage moderne oblige aujourd'hui nombre d'industriels à désulfiter les jus avec des moyens de fortune. Mais, quel que soit le matériel utilisé, la désulfitation provoque toujours une altération plus ou moins marquée du goût et de la couleur, en même temps qu'une légère concentration du jus. C'est pourquoi le stockage par mutage à l'anhydride sulfureux est généralement considéré comme un pis aller dont l'emploi est justifié par les circonstances présentes, mais ne saurait subsister en temps normal. Encore le mutage ne saurait-il en aucun cas convenir à la conservation de jus pulpeux, qu'il serait impossible de désulfiter correctement.

La filtration des jus se fait dans des filtres construits en matériaux inattaquables par les acides des fruits : bronze étamé ou argenté, bois, acier vitrifié, porcelaine, verre, ébonite, etc. Le zinc est à proscrire comme trop facilement attaqué, le fer et le cuivre comme ca-

jus pour assurer sa conservation jusqu'au moment de sa consommation.

Les différents modes de stérilisation

La stérilisation est une opération indispensable car les levures, agents de la fermentation, sont toujours présentes sur la pellicule des fruits et abondent dans l'air des caves; elles existent donc dans le jus et s'y développeraient aussitôt qu'il n'est plus soumis à l'action de l'anhydride sulfureux, du froid ou de l'anhydride carbonique. On ne saurait se passer de stérilisation que si l'on faisait en sorte que les jus, conservés par carbonation ou réfrigération, arrivent au consommateur sans avoir subi de décarbonation ou de réchauffement. Mais ce résultat ne pourrait être atteint qu'au moyen de transvasements, sous pression ou avec une chaîne de froid allant du producteur au consommateur. Dans les deux cas, il faut des installations spéciales et il est difficile d'envisager une mise en bouteilles.

La stérilisation peut se faire à *chaud* en tuant

les levures par la chaleur (pasteurisation) ou à froid en les séparant mécaniquement (filtration stérilisante). Les levures en effet ne résistent pas à des températures supérieures à 65° C maintenues pendant quelques minutes et les spores des microorganismes nocifs contenus dans le jus sont tuées vers 80° C. D'autre part les levures ont des dimensions assez élevées (1/100 à 1/200 de millimètre) et peuvent être retenues par filtration.

Un autre procédé, utilisé par certains industriels consiste à associer l'action bactéricide des ions métalliques à celle de la chaleur (procédé Matzka) : le jus circule entre deux tubes métalliques concentriques dont l'un est argenté, et une température de 55° C est suffisante pour le stériliser dans ces conditions. Des expériences ont été également faites en vue d'utiliser pour la stérilisation des rayons ultraviolets ou infrarouges, mais ces procédés n'ont pas encore reçu d'application industrielle.

Il serait enfin possible de tuer ou d'engourdir les microorganismes au moyen d'agents chimiques comme le benzoate de soude dont l'emploi est autorisé aux Etats-Unis. Mais le seul produit chimique toléré en France est l'anhydride sulfureux, à la dose maximum de 100 milligrammes par litre dans le produit fini; à cette teneur, il est indécélable au goût et sans danger pour la santé, mais ne peut empêcher la fermentation de se produire.

Dans la pratique, la filtration stérilisante et la pasteurisation sont donc les procédés de stérilisation les plus importants.

La filtration stérilisante

La stérilisation par filtration se fait au moyen de filtres spéciaux. Il faut en effet que les pores des filtres soient à la fois suffisamment fins pour retenir les levures et que leur finesse ne soit pas excessive (comme celle des filtres Chamberland pour la stérilisation de l'eau) afin qu'ils ne soient pas trop facilement obturés. Le jus, filtré une première fois sur des filtres ordinaires, puis débarrassé des levures et de leurs spores par passage sur les filtres spéciaux, se conserve indéfiniment, tant qu'on le garde à l'abri de toute contamination. On peut donc l'embouteiller directement à la sortie des filtres, en prenant la précaution de stériliser préalablement les bouteilles.

Ce procédé présente l'avantage de fournir directement le produit final sans qu'aucun chauffage ait altéré tant soit peu la couleur ou l'arôme du fruit frais. Mais il est cher, et, de plus, l'élimination mécanique des microorganismes ne peut se faire sans priver du même coup le jus des matières en suspension qui contribuent à sa valeur alimentaire et à sa saveur.

La pasteurisation

Le mode de stérilisation le plus courant et le

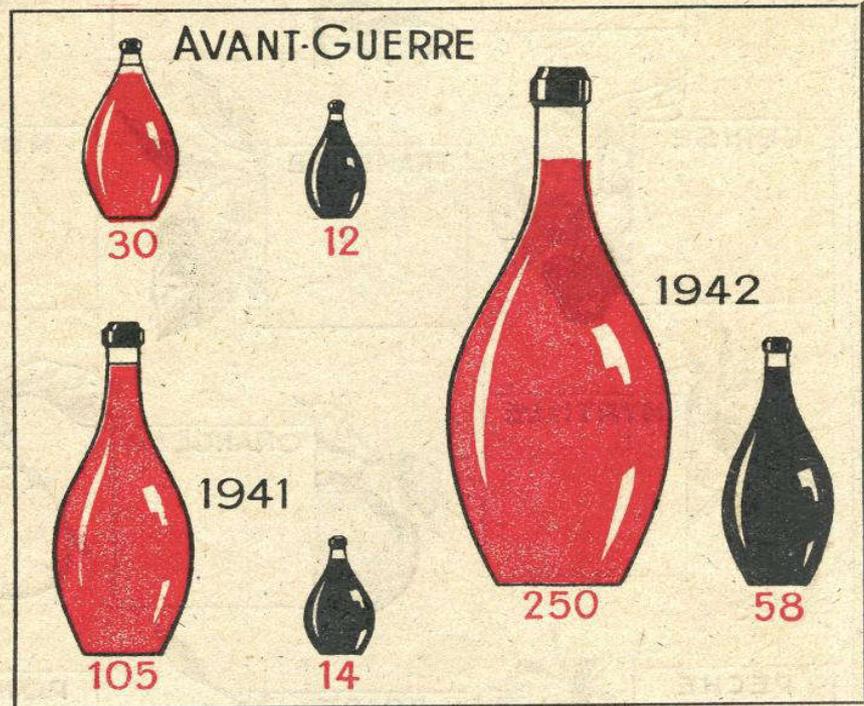


FIG. 4. — L'ESSOR DE LA PRODUCTION FRANÇAISE DE JUS DE FRUIT
Les jus de raisin sont représentés en rouge, les jus de fruits divers en noir. Outre les jus de raisin, la France produit aujourd'hui d'importantes quantités de jus de pommes, tomates, etc... La production est chiffrée en milliers d'hectolitres.

plus commode est donc la pasteurisation.

La pasteurisation doit être effectuée de façon à ne provoquer aucune transformation dans les propriétés ni le goût du jus. Elle peut se faire avant ou après embouteillage. Dans le premier cas, le procédé le plus employé est la « flash-pasteurization » qui consiste à porter très rapidement le jus à une température assez élevée (95 à 96° C) mais à ne l'y laisser que 5 ou 10 secondes. Les microorganismes sont ainsi détruits sans que les principes des fruits aient été compromis.

Un autre procédé, la *tyndallisation*, consiste à soumettre successivement le jus à plusieurs pasteurisations faites à température modérée. De cette façon, les spores qui auraient résisté au début, se développent dans l'intervalle entre les chauffages et sont ensuite détruites à l'état végétatif où elles sont moins résistantes.

La pasteurisation après embouteillage est obtenue dans des appareils à circulation d'eau chaude ou de vapeur. Les bouteilles ne doivent

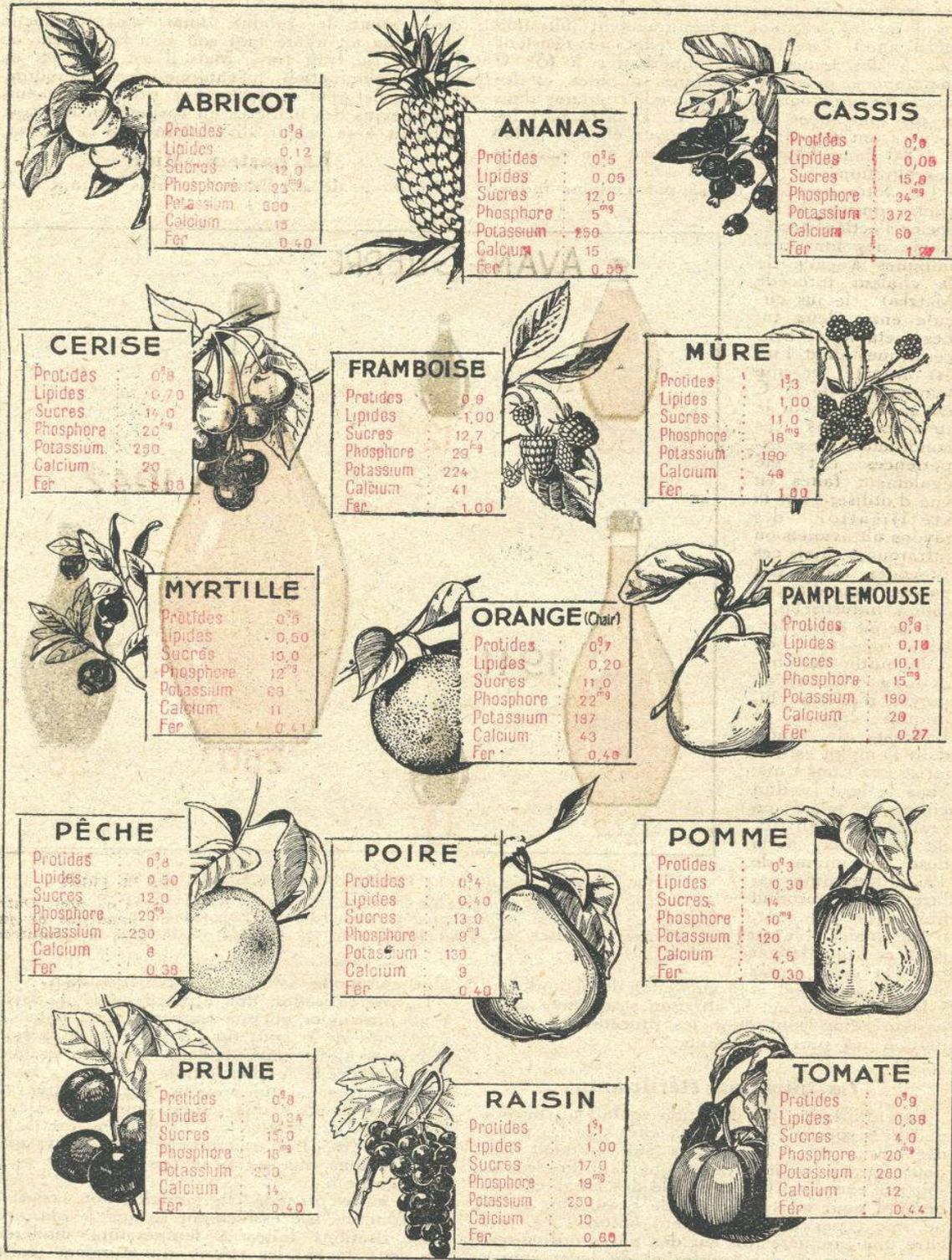


FIG. 5. — COMPOSITION MOYENNE DE QUELQUES FRUITS

En plus de la cellulose, de l'eau, des constituants figurant sur ce tableau et des vitamines (fig. 6), les fruits contiennent des acides organiques, des diastases, des huiles essentielles, ainsi que du soufre, de l'iode, du chlore, du manganèse, du cuivre, du zinc, du magnésium et du sodium. Les substances énergétiques (protides, lipides et sucres) sont évaluées en grammes par 100 grammes; les principaux éléments minéraux (phosphore, potassium, calcium, fer) en milligrammes par 100 grammes.

pas être trop remplies, pour que le liquide chauffé puisse se dilater. Le bouchage peut être opéré sous vide pour éviter toute oxydation par l'air contenu dans les bouteilles. Dans son principe comme dans sa réalisation, la pasteurisation des bouteilles de jus de fruits présente de grandes analogies avec la stérilisation des conserves de fruits en boîtes (1) : l'acidité du produit permet d'éviter l'emploi de températures aussi élevées que celles nécessitées par les conserves de légumes et surtout de viande.

Le passage des jus de fruits au rang de boissons d'usage courant est donc très satisfaisant du point de vue de l'hygiène publique, et les jus de fruits peuvent logiquement prétendre à une place parmi les aliments usuels. Aussi bien les propriétés nutritives des jus de fruits sont-elles doublées de vertus thérapeutiques : leur teneur élevée en certains sels minéraux (potassium notamment) en fait des diurétiques puissants ayant un effet bienfaisant sur nombre d'affections. Leur richesse en acides organiques en fait des agents anti-acidosiques, car ces aci-

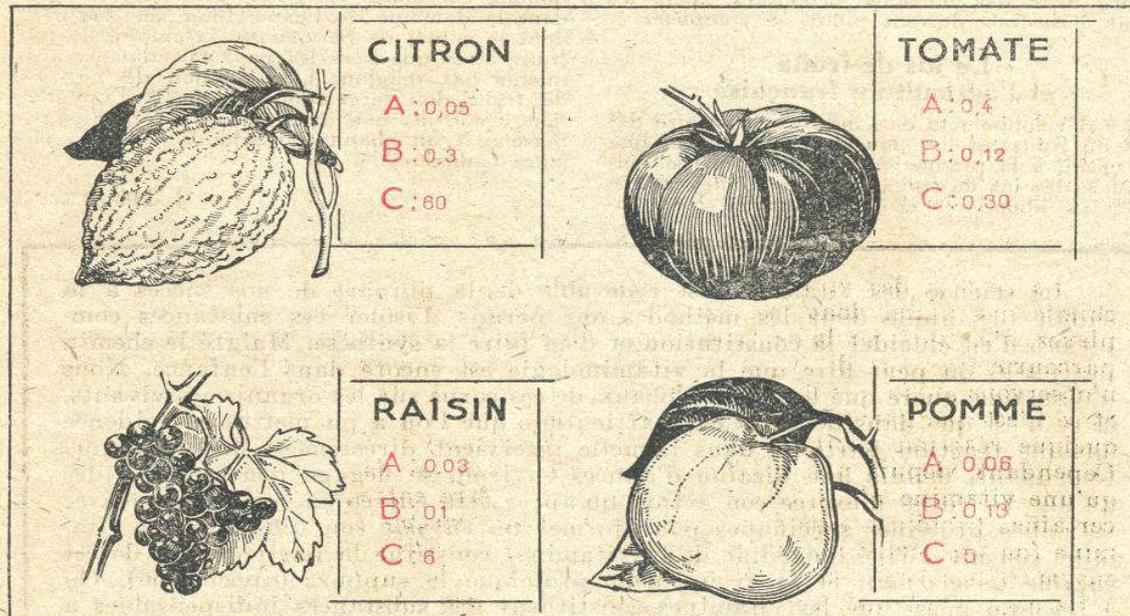


FIG. 6. — TENEUR EN VITAMINES DE QUELQUES FRUITS A JUS

La vitamine A est évaluée en microgrammes (millionnièmes de gramme) de bêta-carotène; la vitamine B (total de l'aneurine B₁ et de la lactoflavine B₂) également en microgrammes; la vitamine C en milligrammes d'acide ascorbique. Tous ces chiffres se rapportent à 100 grammes de fruits.

La valeur alimentaire des jus de fruits

Les qualités nutritives des fruits, donc de leurs jus sont bien connues (fig. 5 et 6). Leur richesse en sucre en fait des aliments énergétiques de premier ordre : un litre de jus de raisin fournit entre 600 et 900 calories, soit en moyenne autant qu'un litre de lait. Les matières minérales que les jus contiennent en abondance (notamment le phosphore, le calcium, le fer et le potassium), font de ceux-ci de puissants facteurs d'équilibre minéral pour l'organisme. Ce n'est pas sans raison que l'on a comparé les jus de fruits à de véritables eaux minérales (qui seraient à la fois hautement nourrissantes) et qu'on les a qualifiés de *lait végétaux*.

Les principes alimentaires des fruits passent à peu près inaltérés dans leurs jus et tous les procédés de fabrication sont sensiblement équivalents à ce point de vue, ainsi du reste qu'à celui de la conservation des vitamines.

(1) Voir : « L'industrie moderne des Conservés » (*Science et Vie*, n° 305, janvier 1943, p. 34).

des sont brûlés entièrement dans l'organisme avec libération des bases qu'ils salifiaient. Enfin leur teneur en sucres et en acides, excitants chimiques du péristaltisme, en fait des laxatifs doux malgré l'absence de la cellulose des fruits. Les jus de fruits en général et le jus de raisin en particulier permettent ainsi de compléter en toute saison l'effet des cures uvales.

Jus de fruits et boissons alcoolisées

Sous réserve d'être consommé à des doses limitées, l'alcool est un aliment (1). Le problème se pose donc naturellement de savoir si les jus de fruits — et particulièrement ceux de pommes et de raisins doivent de préférence être consommés sous leur forme originelle ou sous leur forme fermentée.

Au point de vue énergétique, la fermentation entraîne un léger déchet. Cent grammes de glucose fournissent en effet 374 calories, alors que les 51 grammes d'alcool qui résultent de leur fermentation (en admettant qu'elle se fasse avec

(1) Voir : « L'alcool est-il un aliment? » (*Science et Vie*, n° 315, novembre 1943, p. 224).

un rendement de 100 %) n'en produisent que 362. La perte est faible mais non négligeable en période de restrictions. Elle suffirait à rendre souhaitable que la plus grande partie possible des fruits fût consommée sous forme de jus, si des considérations d'un autre ordre n'entraient en ligne de compte, et surtout si la transformation industrielle du moût de raisin en vin n'était beaucoup plus facile et plus économique que sa conservation sous forme de jus.

D'ailleurs l'avenir des jus de fruits ne doit pas être envisagé sous l'angle d'une concurrence avec des boissons alcoolisées, mais les deux industries doivent plutôt se compléter.

Le jus de fruits et l'agriculture française

Le développement de l'industrie française des jus de fruits est lié, pour les fruits autres que le raisin, à la production fruitière. Mais si l'industrie des jus de fruits a besoin d'une matière première abondante et à bon marché, les arbo-

riculteurs doivent en revanche pouvoir compter sur les producteurs de jus de fruits afin d'écouler toute surproduction occasionnelle qui risquerait de faire effondrer les cours, et surtout pour valoriser les fruits qui, tout en étant de bonne qualité, ne sont pas impeccables à l'œil ou ne satisfont pas aux standards nécessaires pour la vente à l'état frais.

Il n'est pas douteux par ailleurs que la production industrielle de jus de raisin contribuera à éviter les crises vinicoles.

La production des jus de fruits peut enfin présenter un intérêt certain pour l'économie nationale, car toutes les possibilités sont ouvertes dans le domaine de l'exportation vers les pays dont le climat ne permet pas la culture de nos fruits ainsi que vers les pays musulmans, absents par religion. L'exportation de nos jus de fruits doit largement compenser l'importation des fruits exotiques, et ainsi rétablir heureusement un chapitre déficitaire de notre balance commerciale.

J. HÉRIBERT.

La science des vitamines est redevable de la plupart de nos succès à la chimie organique dont les méthodes ont permis d'isoler ces substances complexes, d'en élucider la constitution et d'en faire la synthèse. Malgré le chemin parcouru, on peut dire que la vitaminologie est encore dans l'enfance. Nous n'observons guère que les effets globaux de ces corps sur les organismes vivants, et ce n'est que dans de rares cas particuliers que l'on a pu mettre en évidence quelque réaction partielle dans laquelle intervient directement une vitamine. Cependant, depuis une dizaine d'années environ, se dégage peu à peu l'idée qu'une vitamine n'exerce son action qu'après être entrée en combinaison avec certaines protéines spécifiques pour former un *enzyme* (ou diastase); la vitamine (ou un dérivé immédiat de la vitamine) constitue la partie active de cet enzyme (coenzyme), et le groupement protéique le support (apoenzyme). On a reconnu aussi que les vitamines constituent des substances indispensables à la vie non seulement des animaux supérieurs, mais aussi des microorganismes, des bactéries en particulier, et il n'est pas peu surprenant de pouvoir dans ce cas rapprocher leur action de celle des sulfamides, sur laquelle repose la chimiothérapie moderne. C'est ainsi, exemple pris parmi de nombreux cas analogues, qu'une vitamine du groupe B est nécessaire à la prolifération de nombreuses bactéries pathogènes à laquelle la sulfanilamide s'oppose par son action bactériostatique bien connue. Il est naturel de songer à une parenté chimique entre une vitamine et la substance qui s'oppose ainsi à son action, et tout laisse supposer que cette *antivitamine*, à qui son analogie de constitution confère une affinité comparable pour les mêmes groupes protéiques, déplace la vitamine de l'enzyme par l'intermédiaire duquel elle exerce son action physiologique. Il résulterait alors de ces conceptions nouvelles d'importantes conséquences du point de vue thérapeutique, les chercheurs étant mis ainsi sur la voie d'antivitamines spécifiques extraordinairement actives. Dans le cas de la tuberculose par exemple, Almquist et Klose attribuent à un pigment présent dans l'enveloppe grasseuse qui entoure le bacille les propriétés d'une vitamine (K). Au chimiste revient alors la tâche d'édifier par synthèse l'antivitamine correspondante. Agissent vraisemblablement comme antivitamines certains corps doués d'un pouvoir bactériostatique considérable. Telle serait par exemple la *penicilline*, substance isolée du champignon *Penicillium notatum* dont Flory et Jennings ont montré l'action sur les streptocoques et les staphylocoques à de très faibles concentrations, et une enzyme caractérisée, la *notatine*, glucose-déhydrase extraite du même champignon et qui conserve son efficacité contre le *Staphylococcus aureus* à l'énorme dilution de un milliardième.

L'ALCOOL CARBURANT DANS L'ÉCONOMIE FRANÇAISE DE DEMAIN

par Charles BERTHELOT

L'appauvrissement de la France impose et imposera sans doute encore pour un temps plus ou moins long une orientation autarcique de son économie, en particulier dans le domaine des carburants. On sait l'effort accompli au cours de ces dernières années pour la mise au point des appareils de carbonisation et des gazogènes capables d'alimenter en gaz pauvre les moteurs des véhicules routiers. Le carburant solide jouera encore après guerre un rôle important dans l'économie de nos transports, en collaboration avec les autres carburants nationaux dont la production doit être intensifiée : carburants gazeux et surtout alcools (éthylrique ou méthylrique) (1). Etant donné le bouleversement profond du marché de l'essence du fait de la guerre (hausse énorme des prix de revient, épuisement des stocks, appauvrissement des réserves, élévation des frets, etc.), l'alcool doit supporter aisément la concurrence de l'essence sur le marché intérieur. Il le pourra d'autant mieux que les conditions techniques de sa production s'améliorent d'une façon constante et que des moteurs nouveaux (moteurs à injection, dits aussi à carburation interne) permettent de l'utiliser avec un rendement bien supérieur à celui des moteurs à essence (42 % contre 28 %), le relevant ainsi de l'infériorité à laquelle il semblait condamné. Une production massive d'alcool : 17,5 millions d'hectolitres, dont 15 millions seraient attribués à la carburation, apparaît possible en France, en faisant appel pour 10 millions d'hectolitres environ aux plantes alcooligènes (betterave, topinambour, maïs, sorgho), pour 3 millions à la saccharification de la cellulose et pour 5 millions à la synthèse du méthanol. De l'effort conjugué de l'agriculture, de l'exploitation forestière, de la grande industrie chimique et des mines résultera ainsi un allègement sensible des charges de l'économie française dont seront couverts avec les produits nationaux au moins les deux tiers des besoins en carburants (2).

L'alcool carburant avant 1939

LE 29 septembre 1935, le Service des Alcools fut réorganisé sous la forme d'une Régie commerciale ayant pour mission l'achat et la vente de tous les alcools réservés à l'Etat. Le but essentiel de cette transformation était, non pas d'encourager une production massive de l'alcool en vue de la carburation (la loi du 31 mars 1933 avait contingenté, d'ailleurs, la production d'alcool de betterave), mais d'assurer aux moindres frais l'écoulement rémunérateur des excédents de récolte de la viticulture, de la cidrerie et de la culture betteravière, représentant des tonnages plus ou moins considérables selon l'importance et la qualité des récoltes. Dans les préoccupations de la Régie, l'alcool carburant n'a été qu'un moyen commode de liquider les libéralités que l'Etat s'est trouvé obligé de consentir, pour le bien de l'économie générale, à une catégorie déterminée de productions agricoles : viticulture, constituant l'économie de base de nos départements méridionaux et algériens; cidriculture, élément notable de l'activité agricole de la Bretagne et de la Normandie; culture betteravière, éducatrice et protectrice de l'activité rurale du Nord de la France et du bassin parisien. Enfin, le Ministère était lui-même une

forte partie prenante, puisqu'il percevait sur les alcools un ensemble de taxes se montant à 3 milliards de francs.

Ces libéralités représentaient des sommes importantes, l'Etat achetant l'alcool de vin 9,38 fr le litre et celui de betterave 3,68 fr, puis ne revendant, droits compris, l'alcool carburant que 2,56 fr le litre.

Pour limiter le plus possible la perte correspondante, la loi du 3 mai 1937 a limité à 25 % au maximum le pourcentage d'alcool à faire entrer dans la composition du carburant poids lourd. Ce coup de frein de la Régie s'explique d'autant mieux que, par une simple perception à la source de distribution de l'essence, donc

(1) Les alcools éthylrique et méthylrique sont aussi appelés d'une manière plus correcte éthanol et méthanol.

(2) On pourrait objecter que, pour produire un hectolitre d'alcool de betterave, il faut 60 kg de charbon en moyenne (seulement 45 kg dans une distillerie moderne). Une production de 9 millions d'hectolitres d'alcool de betterave ou de topinambour nécessiterait donc 540 000 t de charbon (1,2 % de notre production de 1938), ce qui, au cours de 1939 représenterait une dépense de 80 millions de francs. Mais l'équivalent de cet alcool en essence, soit 550 000 t aurait alors représenté un débours cinq fois plus fort, soit 400 millions de francs.

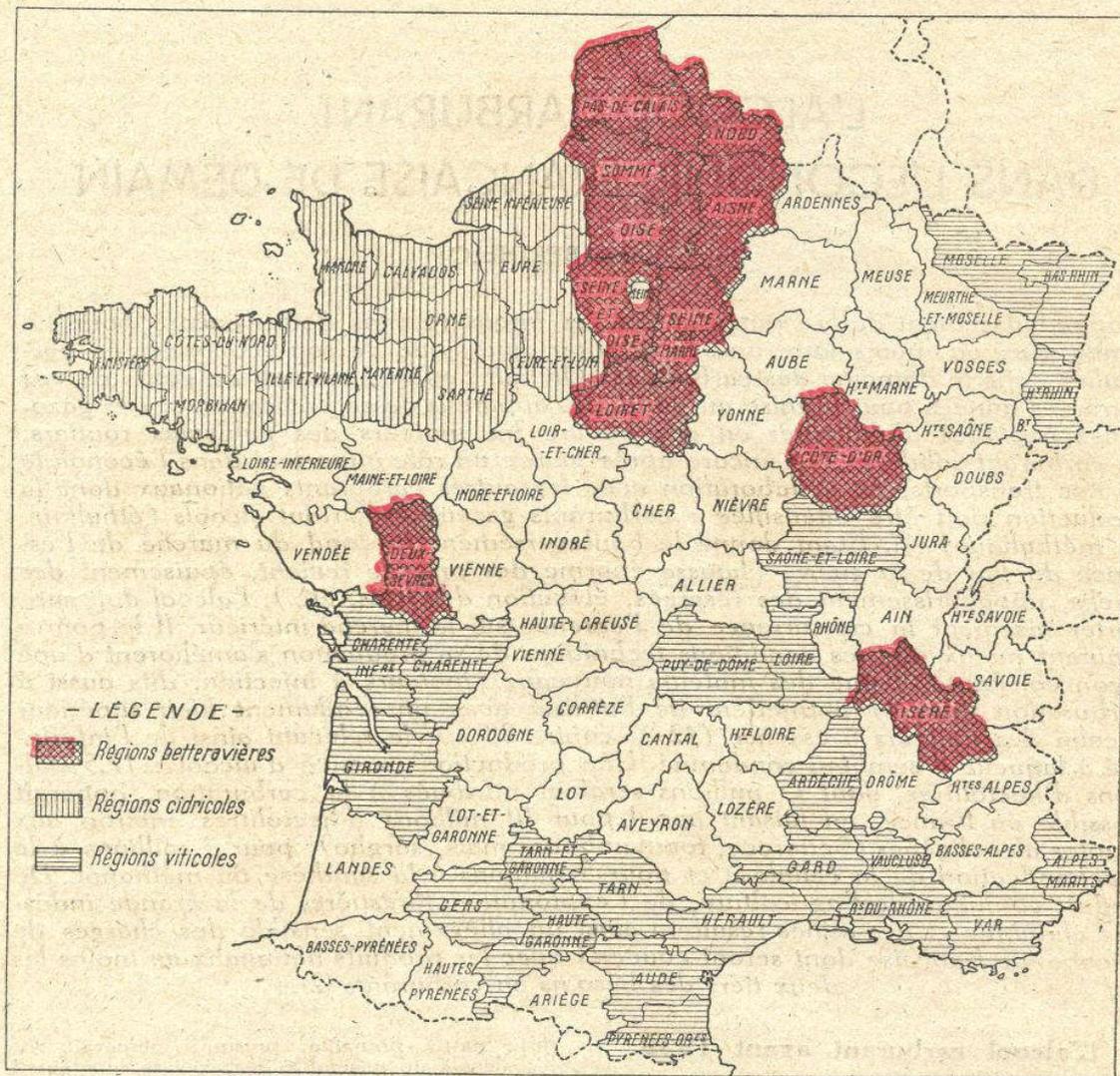


FIG. 1. — RÉPARTITION DE LA PRODUCTION DES ALCOOLS DE BETTERAVE, DE CIDRE ET DE VIN

sans frais pour lui, l'Etat prélevait 2 fr de taxes par litre d'essence (0,80 fr. seulement du prix de vente allant au producteur et au distributeur), ce qui représentait pour lui une recette annuelle de 2 milliards de francs. A ses yeux, l'alcool carburant, ce parent pauvre, ne méritait donc aucune considération.

Aux yeux des consommateurs, l'alcool carburant ne semblait pas mériter un accueil plus favorable, puisque les 5 300 calories représentées par un litre d'alcool à 2,56 fr correspondaient à un prix de revient de 0,48 fr les 1 000 calories, alors que celui-ci ne s'élevait qu'à 0,35 fr, relativement aux 8 000 calories d'un litre d'essence à 2,77 fr.

En exploitation industrielle, tenant compte que le prix d'achat d'un litre d'alcool variait comme suit d'après son origine :

Vin	9,38 francs
Betterave	3,68 francs
Mélasse	2,50 francs
Synthèse	2,21 francs

on aurait délaissé les alcools de vin pour les alcools industriels (betterave, mélasse, synthèse).

En sus de ces raisons administratives et économiques, l'alcool carburant se trouvait défavorisé techniquement parce qu'on négligeait de tirer parti de son indice d'octane élevé qui permet de l'employer avec un taux de compression (1) de 12. Au lieu de cela, on l'utilisait dans des moteurs conçus pour la marche à l'essence, c'est-à-dire ne permettant pas de dépasser un taux de compression de 6.

Aujourd'hui, ces conditions défavorables se trouvent entièrement modifiées depuis la mise au point du moteur à injection dont, toutes choses égales, la consommation est volumétriquement moindre pour la marche à l'alcool que pour celle à l'essence (9,4 litres d'alcool à 95° G. L. au lieu de 10 litres d'essence)

(1) Rapport du volume de la cylindrée au volume de la chambre de combustion.

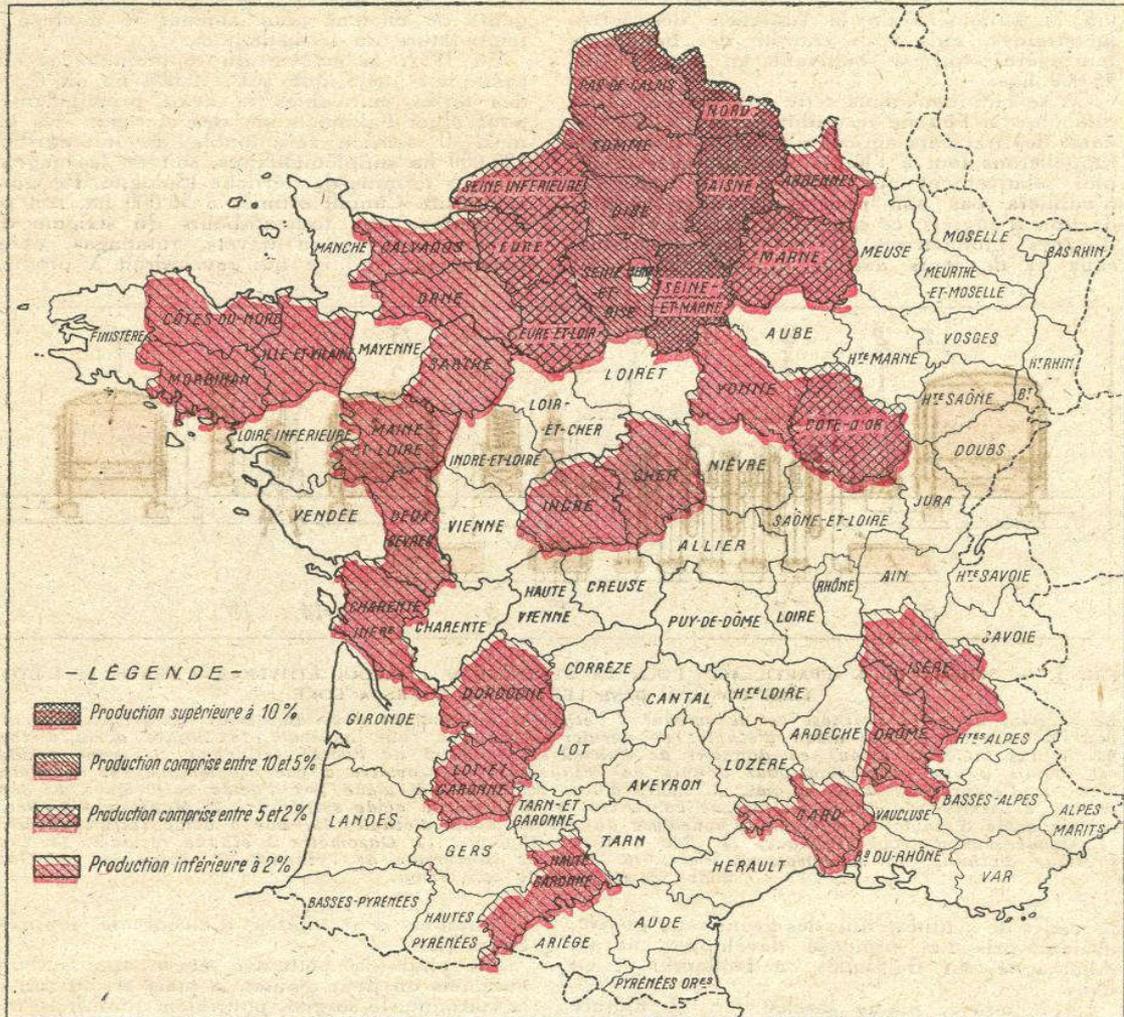


FIG. 2. — CARTE DE LA PRODUCTION D'ALCOOL DE BETTERAVE EN FRANCE (D'APRÈS M. MARBEAU)

En 1939, la culture betteravière intéressait plus de 40 départements avec une surface plantée dépassant 300 000 ha, dont 90 % dans le Nord, l'Artois, la Picardie, et l'Île-de-France. Sur ces 300 000 ha, 30 % environ, soit 90 000 ha, avaient leur production acheminée sur les distilleries. L'ensemble des distilleries de betteraves situées dans la métropole s'élevait à 292, dont 106 distilleries agricoles de 20 à 50 hl/jour (environ 20 % de la production totale); 100 distilleries industrielles de 100 à 1 000 hl/jour (fournissant les trois cinquièmes environ de la production métropolitaine); 46 distilleries coopératives ne traitant que les betteraves de leurs membres coopérateurs. Toutes ces usines pouvaient fournir plus de 4 millions d'hectolitres par an. Pour une usine produisant 500 hl/jour, traitant donc 500 t/jour de betteraves, il faut disposer de 1 500 ha plantés en betteraves. Une campagne betteravière dure en moyenne 75 jours.

La production française d'alcools

En 1937, la production française d'alcool éthylique à partir des plantes alcooligènes s'est élevée à 3,5 millions d'hectolitres, dont 2,7 millions (77 % de l'ensemble) pour la betterave et les mélasses; 0,7 million (21 % du total) pour les vins, cidres, marcs et lies; 0,05 million pour les fruits et substances fermentées. Il venait s'y ajouter environ 75 000 hl d'alcools méthylique et éthylique de synthèse. Dans l'état actuel d'équipement des distilleries, cette production pourrait être portée à environ 5 millions d'hectolitres.

Avant cette guerre, en France, la culture des betteraves industrielles couvrait en moyenne 320 000 ha soit 1,6 % seulement des terres labourables (2 millions d'hectares), le rendement par hectare s'élevant en moyenne à 28 t de betteraves à 18 % de sucre, ce qui correspond à près de 28 hl d'alcool.

Toutefois, la majeure partie (près des deux tiers) de cette production betteravière allait vers les sucreries. De l'avis particulièrement autorisé de M. le professeur Lemoigne, la production d'alcool de betterave pourrait être approximativement doublée, c'est-à-dire augmentée de 3 millions d'hectolitres (239 000 t), en leur ré-

servant en plus 100 000 ha d'emblavements, soit 0,5 % seulement de la superficie des terres labourables, sans tenir compte des betteraves fourragères qui se cultivent en France sur 95 000 ha.

On se heurterait dans cette voie à de grandes difficultés si l'on ne recourait pas à l'usage général des tracteurs agricoles à alcool, dont nous rappellerons tout à l'heure les avantages d'emploi relativement aux animaux de trait. On n'oubliera pas non plus d'intensifier la production d'engrais, ce qui nécessitera la création d'usines productrices de composés ammoniacaux et de leurs dérivés (nitrates) selon les

en bois avec injection de vapeur et des échangeurs de chaleur pour amener le moût à la température de fermentation.

En 1937, la culture du topinambour ne se pratiquait guère que sur 150 000 ha ou 0,8 % des terres cultivables et avait principalement pour objet l'alimentation des animaux des fermes. Il semble raisonnable de lui attribuer 120 000 ha supplémentaires, soit en les gagnant sur des terrains de défriche (Sologne, Périgord, Limousin, Cantal) estimés à 50 000 ha, soit par le passage aux topinambours du sixième des terrains cultivés en navets, rutabagas, choux fourragers, etc., ce qui reviendrait à produire

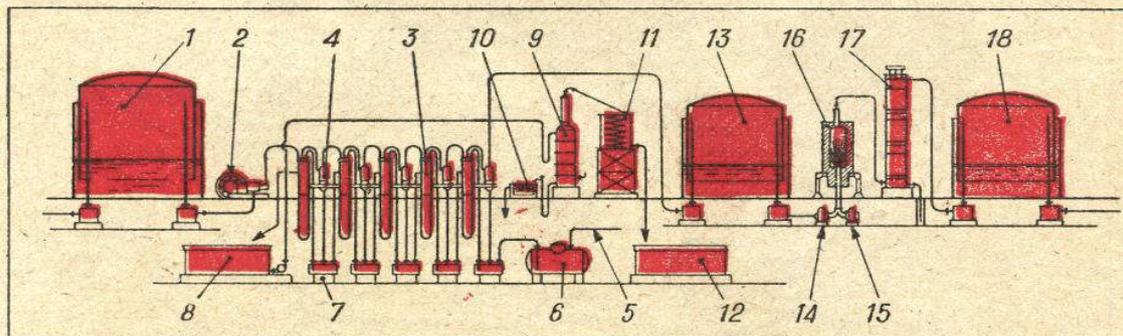


FIG. 3. — SCHÉMA DE L'APPAREILLAGE POUR LA SYNTHÈSE DE L'ALCOOL ÉTHYLIQUE A PARTIR DE L'ÉTHYLÈNE CONTENU DANS LES GAZ DE FOURS A COKE

Le principe de cette synthèse est le suivant : l'éthylène se combine avec de l'acide sulfurique concentré pour donner du sulfate acide d'éthyle; ce dernier s'hydrolyse (une molécule de sulfate acide d'éthyle fixant une molécule d'eau) en donnant de l'alcool éthylique et de l'acide sulfurique. L'éthane résiduel est soumis à une conversion pour donner de l'éthylène. 1. Gazomètre à gaz éthylénique (40 % d'éthylène); 2. Compresseur à 12 kg/cm²; 3. Tours d'absorption de l'éthylène par l'acide sulfurique; 4. Séparateur; 5. Arrivée de l'acide sulfurique concentré; 6. Réservoir à acide sulfurique; 7. Monte-jus; 8. Bac à sulfate acide d'éthyle; 9. Colonne d'hydrolyse du sulfate acide d'éthyle; 10. Bac à acide sulfurique dilué; 11. Condenseur d'alcool éthylique; 12. Bac à alcool éthylique; 13. Gazomètre à éthane résiduel; 14. Compresseur d'éthane; 15. Compresseur d'air; 16. Four de conversion de l'éthane; 17. Scrubber; 18. Gazomètre à éthylène de conversion.

procédés de synthèse qui, dès avant cette guerre, avaient pris un immense développement en Allemagne, en Belgique, en Hollande et en Italie.

La betterave, plante sarclée, est de culture coûteuse (15 000 fr par hectare en 1943). C'est pourquoi, des spécialistes tels que M. Blanc, directeur de l'Ecole nationale du Génie Rural, et le professeur Lemoigne, ont préconisé le recours au topinambour dont la culture, possible sur des terres pauvres, est de deux à trois fois moins coûteuse que celle de la betterave (1) par rapport à laquelle elle peut, d'ailleurs, donner des rendements meilleurs en alcool (35 hl contre 28 par ha) (2). D'autre part, le topinambour peut se traiter après février. Dans une distillerie de betteraves ou de pommes, on peut donc presque doubler la campagne, c'est-à-dire la production d'alcool, sans augmenter sensiblement les frais généraux.

Toutefois, une petite adaptation sera nécessaire; c'est l'installation d'un poste de saccharification des glucides (3) comprenant des cuves

3 millions d'hectolitres d'alcool de topinambours (1).

Au total, la betterave et le topinambour, auxquels on peut ajouter le maïs et, au sud de la Garonne, le sorgho, pourraient fournir 10 millions d'hectolitres d'alcool, dont 8 millions pour la carburation et 2 millions pour des usages divers; liqueurs, vinage et mutage, vinaigrerie, parfumerie et produits pharmaceutiques. Il n'est pas téméraire non plus d'envisager le moment où l'alcool servira de matière première à la préparation d'oléfines (2) à partir desquels on obtiendra, par polymérisation ou par copulation catalytique (3), des carburants de grande classe.

D'autre part, les techniques de la saccharification des matières cellulosiques et de la fabrication d'alcool éthylique à partir des gaz de la carbonisation de la houille, sont susceptibles,

don et les sucres. L'inuline s'hydrolyse facilement sous l'action d'une acidité réduite en donnant du lévulose qui, par une fermentation aisée, donne de l'alcool éthylique.

(1) La terre d'élection de la culture du topinambour, compte tenu des terrains disponibles, se trouverait, aux dires des spécialistes, à l'intérieur du triangle Nantes-Vichy-Bordeaux.

(2) Hydrocarbures gras non saturés.

(3) La copulation catalytique consiste essentiellement à souder des molécules déterminées d'oléfines à d'autres, également choisies, d'hydrocarbures saturés.

(1) De 1941 à 1943, le prix de l'arrachage mécanique du topinambour a pu être ramené de 4 000 à 600 francs par hectare.

(2) En moyenne courante, de 20 à 30 hl.

(3) Les glucides, particulièrement l'inuline, dont la constitution chimique est assez mal définie, sont des hydrates de carbone, intermédiaires entre l'ami-

dans leur ensemble, de fournir 2 à 3 millions d'hectolitres, ce qui fait un total général de 12 millions d'hectolitres.

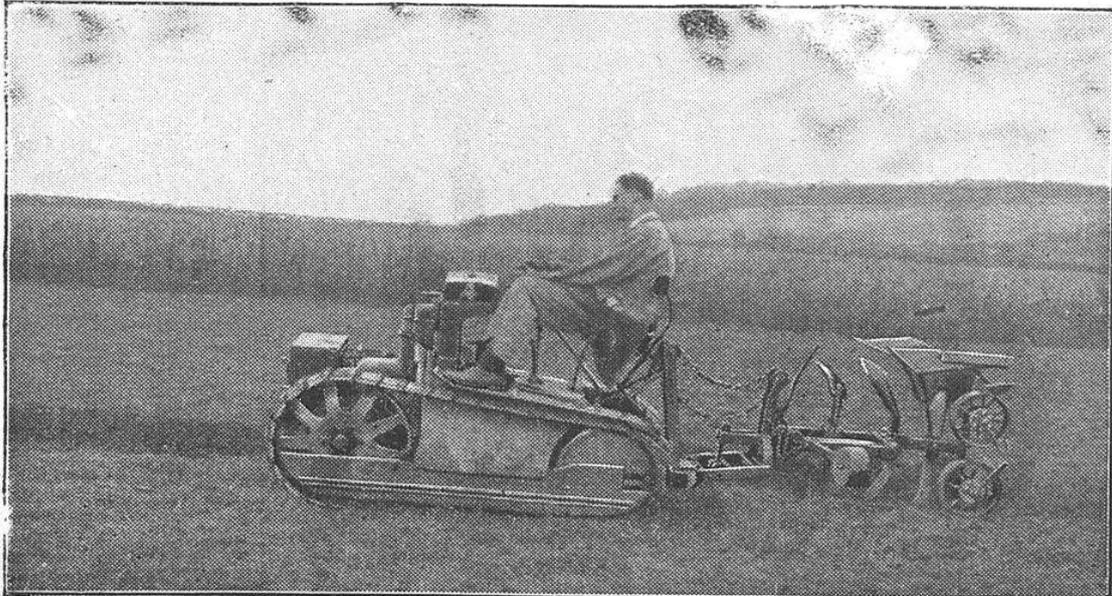
Une source importante d'alcool éthylique de synthèse est en effet représentée par les gaz de carbonisation de la houille et par ceux du cracking des pétroles qui en renferment respectivement 1,2 % et 2 % environ en volume. On trouve, en outre, dans le gaz de fours à coke 0,6 % d'éthane.

L'éthylène et l'éthane bouillant respective-

tion, à un minimum d'un million de tonnes d'essence soit 40 % de nos besoins de 1938.

Alcool et motoculture

Après la guerre, la main-d'œuvre, appelée à des travaux de construction, sera rare dans toute l'Europe. Comment, dès lors, remplacer pour notre agriculture les 120 000 ouvriers étrangers qu'elle occupait de façon permanente et les 110 000 autres qu'elle embauchait encore



I. W 40118

FIG. 4. — UN TRACTEUR AGRICOLE A L'ALCOOL

Le tracteur doit être avant tout solide, rustique, d'un emploi facile et sûr. Il doit arracher sa charge dans la vitesse d'emploi, c'est-à-dire qu'il n'est pas possible de partir en première vitesse pour passer ensuite à la seconde ou à la troisième. Autrement dit, le tracteur doit être pourvu d'un moteur donnant un couple élevé aux bas régimes. Travaillant dans la boue et dans la poussière, à l'humidité, au froid et à la chaleur, le tracteur doit être efficacement protégé contre chacun de ces ennemis. Depuis 1941, le Comité d'organisation des machines agricoles (C.O.M.A.) a opéré un filtrage sévère des tracteurs motoculteurs proposés. Sur près de cent modèles présentés aux essais, une quinzaine seulement ont été retenus. Cette sélection rigoureuse donne la certitude à l'agriculture qu'elle disposera de machines françaises de toute première qualité.

ment à 103° et à 93° sous la pression de 760 mm, se séparent aisément du gaz de fours à coke quand on le traite, par condensation et distillation fractionnées, pour en extraire l'hydrogène nécessaire à la préparation synthétique de l'ammoniac. D'après M. Valette, pour obtenir 1 000 kg d'ammoniac, il faut liquéfier 5 000 m³ de gaz traités. On arrive à obtenir à partir de l'éthylène et de l'éthane — celui-ci ayant été soumis à une conversion — une production de 150 litres d'alcool. Des usines qui liquéfient 400 000 m³ de gaz de fours à coke par jour ne sont pas rares. Leur production journalière en alcool devrait atteindre 12 000 litres au minimum.

Enfin, la préparation synthétique, également connue, du méthanol, prenant pour base de départ les lignites de la Provence, du Minervois et du Sarladais, peut aisément participer pour 5 millions d'hectolitres (consommation de 2,5 à 2,8 millions de lignite) de telle sorte que la France disposerait pour la carburant de 15 millions d'hectolitres d'alcool, équivalant, sous condition d'employer des moteurs à injec-

à l'époque des moissons et pour l'arrachage des betteraves? Ce problème ne présente pas d'autre solution que le recours à la motoculture. Elle suppléera l'homme et fournira l'énergie à un prix beaucoup plus avantageux que celle provenant d'un travailleur agricole. L'une des conséquences importantes de ce rendement énergétique accru se traduira par la possibilité d'allouer un salaire élevé au conducteur des machines agricoles et, par le fait même, de le stabiliser à son poste.

Il est une autre constatation fort curieuse que M. Baratte, conseiller technique du Comité d'organisation des machines agricoles, a heureusement mise en lumière. Elle concerne l'accroissement des surfaces productives d'une exploitation quand le machinisme reliait les animaux utilisés à la culture.

Pour une exploitation agricole de 50 à 60 ha, répartis en superficies à peu près égales entre la culture du blé, de l'avoine, des plantes sarclées, il faut 8 chevaux. La production de leur nourriture (28 t de foin et 22 t d'avoine par an) requiert 13 ha ou près du quart de la su-

perficie de l'exploitation. Cette contrainte énorme justifie le dicton « avoir un cheval à l'écurie » qui figure le poids d'une charge lourde et permanente. On l'allégera, dans l'avenir, en remplaçant quatre chevaux par un tracteur de 10 à 15 ch de puissance moyenne. Si l'on veut recourir entièrement à la motorisation, il faudra deux tracteurs lesquels consommeront au maximum 140 hl d'alcool ce qui représente la production d'au plus 6 ha de betteraves ou le dixième seulement de la superficie de l'exploitation au lieu du quart comme dans le cas considéré tout à l'heure.

litres d'alcool par hectare de superficie de leurs exploitations suivant qu'ils possèdent ou non un tracteur. Cette mesure correspond à une juste compréhension de la tendance rurale à vivre le plus complètement possible sur son propre fonds. L'agriculteur est un autarcique de tous les temps.

Le moteur à alcools

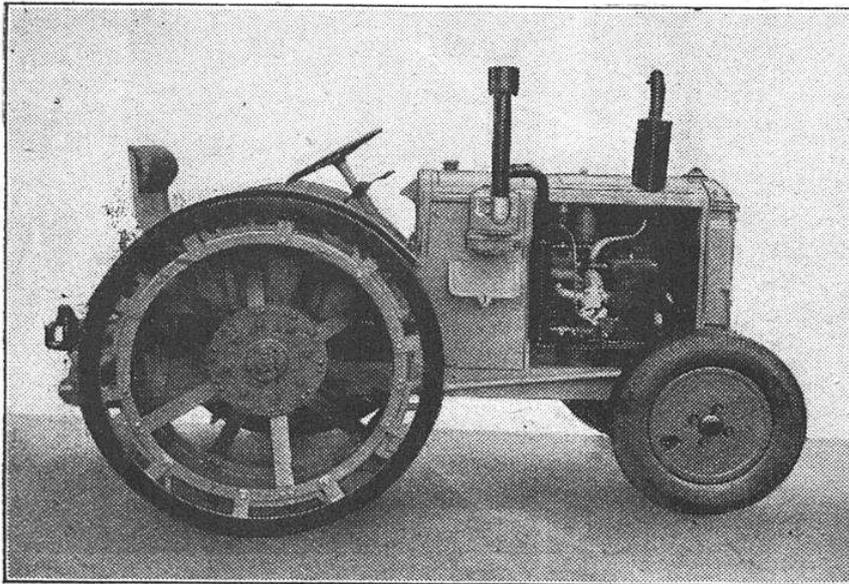
D'une communication présentée en mai 1943 par M. Carbonaro à l'Association Française des Techniciens du Pétrole, il résulte que le mo-

teur à injection, dit aussi à carburation interne, en utilisant adroitement les caractéristiques avantageuses de l'alcool (indice d'octane élevé et forte chaleur de vaporisation), permet d'arriver à un rendement thermique particulièrement élevé.

Dans le moteur à injection, l'allumage se fait électriquement par une bougie. Le taux de compression atteint 12 pour les alcools. Suivant les modèles, l'injection se fait par pompe à corps unique alimentant successivement tous les cylindres (solution Retel) ou par pompe à corps multiple, chaque partie alimentant un seul cylindre (solution Brandt). En fin de compression, la température du mélange autocombustible ne dépasse pas 400° C quand on emploie de l'alcool, la forte chaleur de vaporisation de ce carburant (309 cal/kg contre 80 cal/kg pour l'essence) ayant servi

à y abaisser à ce niveau extraordinairement bas la température du mélange tonnant. Cette condition de marche favorise particulièrement le rendement et la puissance développée, parce qu'elle permet un meilleur remplissage du cylindre et préserve des auto-allumages. Ceci explique pourquoi, dans un essai de surpuissance en utilisant du méthanol, la puissance spécifique par litre de cylindrée a pu atteindre jusqu'à 34 ch alors qu'en 1939 elle ne dépassait pas 26 ch. D'autre part, pour une voiture, la consommation d'alcool par 100 km ne s'est élevée qu'à 9,4 l au lieu de 10 l pour l'essence. Sur l'autoroute de l'Ouest, M. Carbonaro a pu atteindre 155 km/h avec une Peugeot équipée avec le dispositif Brandt, alimenté à l'alcool, alors que la même voiture ne pouvait dépasser 132 km/h en consommant de l'essence.

La supériorité sur l'essence de l'alcool carburant utilisé dans un moteur à injection ad-



T W 40119

FIG. 5. — L'ALCOOL EN MOTOCULTURE

En moyenne, la consommation annuelle d'alcool d'un tracteur agricole sera de l'ordre de 5 000 à 6 000 litres, c'est-à-dire qu'elle correspond à 5 millions d'hectolitres pour les 100 000 tracteurs dont la France devra être pourvue après la guerre. On admet qu'un tracteur de puissance moyenne (10 à 15 ch à la barre) effectue le travail d'une attelage de quatre chevaux en un temps moitié moindre que celui de cette dernière. Autrement dit, pour une exploitation de 50 à 60 ha, nécessitant huit chevaux, il ne faudra plus, en moyenne, que 200 journées de conducteur si on remplace ces huit chevaux par deux tracteurs, alors qu'il faudrait 400 journées de conducteur avec ces huit chevaux. Il vaudra généralement mieux adopter une solution mixte : quatre chevaux et un tracteur, ce qui correspondra à 300 journées de conducteur par an.

L'équipement du pays nécessitera environ 100 000 tracteurs (on ne dispose actuellement que de 37 000 à peine) lesquels se répartiront, selon les contrées, soit entre de grands et moyens propriétaires, soit entre des coopératives. Dans ces conditions, l'agriculture consommera approximativement 5 millions d'hectolitres d'alcool par an, c'est-à-dire la moitié environ de sa production possible.

Cette constatation offre aux agriculteurs et aux distillateurs une garantie complète de l'écoulement de leur fabrication d'alcool et de la stabilité de son cours. Inversement, sous le couvert de cette garantie, le paysan se montre plus enclin à se porter acquéreur d'un tracteur agricole en remplacement de ses chevaux et de ses bœufs.

Depuis 1942, d'ailleurs, l'Etat attribue aux cultivateurs qui remettent des topinambours à une distillerie, une allocation de 50 ou de 10

paraît comme un fait incontestable de nature à nous faire envisager avec plus d'optimisme le problème de notre ravitaillement futur en carburants.

La formule du carburant national à base d'alcools

L'incorporation de l'alcool à l'essence, comme on le faisait avant la guerre, est à déconseiller. Elle empêcherait la création de moteurs permettant de tirer parti des caractéristiques les plus favorables de l'alcool, comme nous l'avons vu au chapitre précédent. Elle compliquerait, d'autre part, la tâche des industriels de l'alcool en les mettant dans l'obligation soit de préparer des alcools absolus, dont le prix de revient est supérieur à celui de l'alcool à 95° dont s'accommode parfaitement le moteur à injection, soit de recourir à l'expédient des « unisseurs ». L'essence est à réserver aux moteurs existants, sans modification.

La formule proposée par M. Carbonaro pour le carburant national aurait approximativement la composition suivante :

Alcool éthylique :

60 % ;

Alcool méthylique :

35 % ;

Acétone : 5 %.

Ce carburant possède un pouvoir calorifique de 6 000 calories environ et supporte sans détonation un taux de compression de 12. Ce mélange est stable à basse température et impropre à la consommation. On pourrait compléter sa dénaturation par une addition de 0,25 % de créosote de bois.

Malgré son pouvoir calorifique plus faible (4 200 calories contre 6 020 pour l'alcool éthylique), une part aussi large que possible doit être

réservée au méthanol dont le prix de revient est inférieur de 33 % environ à celui de l'alcool d'origine végétale, ce qui provient de ce que l'alcool minéral ne fait appel qu'aux combustibles de second choix (lignite) ou même sans emploi (déchets de lavage et de triage du charbon). Par le fait même, le méthanol servira de masse de réserve pour amortir les pointes de consommation, réduire le prix moyen, maintenir la régularité des débouchés.

Enfin, ce qui simplifiera le problème de la distribution, le carburant national à base d'alcool

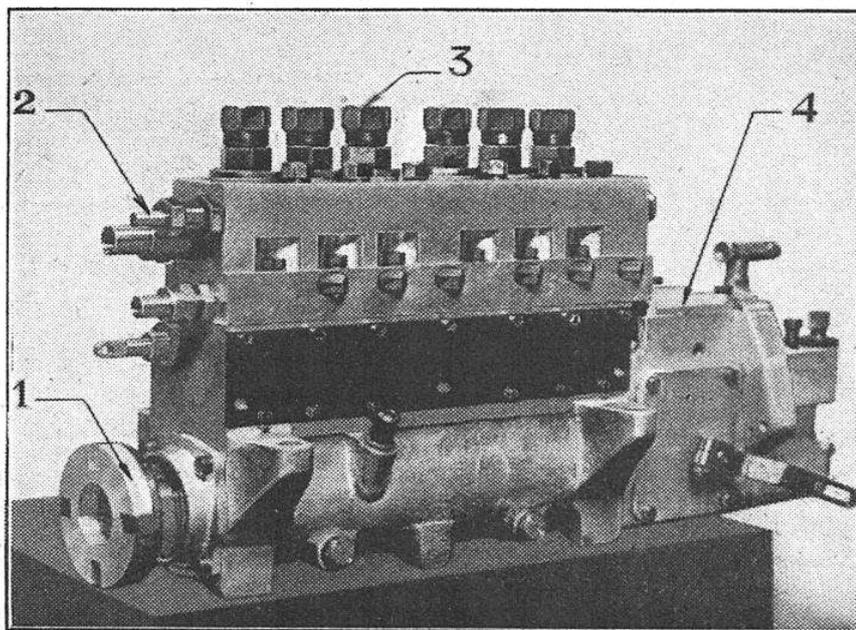


FIG. 6. — POMPE D'INJECTION BRANDT

T W 40120

Cette pompe d'injection à corps multiple se rapproche des pompes d'injection des moteurs Diesel. Toutefois, elle se complète, l'alcool n'étant pas un lubrifiant, par un graissage forcé des pistons plongeurs de la pompe. Toute la commande mécanique de la pompe baigne dans un bain d'huile, de telle sorte que, même après plusieurs milliers d'heures de fonctionnement, elle ne subit aucune usure. La pression d'injection étant voisine de 200 kg/cm², la pulvérisation de l'alcool est parfaite et la pénétration du jet dans les cylindres très rapide. La variation du débit est obtenue, comme dans les pompes d'injection des moteurs Diesel, par la rotation des pistons sur eux-mêmes; une lumière fixe ménagée dans le cylindre de la pompe correspond avec une ouverture profilée, portée par le piston d'injection. Le dosage est rigoureux à toutes les allures. 1, manchon d'entraînement; 2, refoulement de l'huile de graissage; 3, refoulement du combustible; 4, régulateur de débit.

sera principalement réservé aux grands secteurs de consommation : agriculture, autorails, transports en commun, etc.

Charles BERTHELOT.

Le connu et l'inconnu, tels sont les deux pôles scientifiques nécessaires. Le connu nous appartient et se dépose dans l'expérience des siècles. L'inconnu seul nous agite et nous tourmente, et c'est lui qui excite sans cesse nos aspirations à la recherche de vérités nouvelles.

Cl. BERNARD.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

L'extraction de l'or

PENDANT la première guerre mondiale, la production de l'or dans le monde a subi une diminution très appréciable : en 1913, elle atteignait 22 millions d'onces de fin (1), et en 1922 on ne la chiffrait plus que par 15,5 millions d'onces. Ce même phénomène se manifeste depuis le début de la guerre actuelle. Les statistiques de l'Union Corporation Ltd, organisme de financement des entreprises sud-africaines, indiquent pour 1940, année du maximum de production, 40,5 millions d'onces; pour 1941, déjà, le chiffre de 39,9 millions révèle l'arrêt de la progression continue des années précédentes, signe précurseur du recul qui devait suivre : 36 millions d'onces en 1942, guère plus de 30 millions sans doute en 1943. Si la guerre, d'une manière générale, provoque le développement de la production industrielle et exige même de l'extraction minière des chiffres records pour satisfaire les besoins colossaux de l'armement, elle ne semble pas favorable à l'or, loin de là.

Pour conduire la guerre, le métal dit précieux apparaît de notre temps, dans notre monde entièrement mobilisé, moins utile que les moyens de transports, les minerais les moins nobles et la main-d'œuvre. C'est la constatation qui a dû être faite jusque dans la contrée la moins disposée à restreindre sa production, l'Afrique du Sud, le premier, et de loin, de tous les producteurs d'or du monde. Le métal jaune y joue un rôle capital du point de vue économique et budgétaire, les impôts sur les bénéfices des compagnies minières alimentant

(1) L'once vaut 31,103 grammes.

abondamment les caisses publiques. Depuis deux ans, une partie de la main-d'œuvre des mines d'or s'est déplacée au profit des gisements de chrome et de manganèse, métaux que réclament les Américains. En outre et surtout, l'impossibilité d'entretenir et de remplacer le matériel spécial d'extraction du minerai aurifère a amené à prendre des mesures extraordinaires telles que la limitation et souvent l'interdiction des travaux d'extension, indispensables normalement pour maintenir le rendement de la production, la richesse des minerais s'épuisant rapidement dans les anciennes exploitations. De nombreuses entreprises ont dû mettre en commun les matières devenues rares, telles que l'acier, les métaux non ferreux, le caoutchouc, que les pays d'outre-mer ne fournissent pratiquement plus. Dans tous les autres pays producteurs du monde, une évolution analogue se manifeste, dont les traits principaux sont : la concentration de la production dans les entreprises les plus rentables du point de vue de l'économie de guerre (c'est-à-dire la plupart du temps celles qui livrent en même temps comme produits annexes ou sous-produits d'autres métaux aujourd'hui au moins aussi précieux que l'or : cuivre, plomb, zinc...), l'interdiction de mise en marche d'exploitations nouvelles, et même parfois l'arrêt de la production, avec réquisition du matériel (excavateurs, etc..) et transfert de la main-d'œuvre au profit d'autres mines, généralement de métaux non ferreux. C'est ce qui s'est produit en particulier, sur une plus ou moins grande échelle au Canada et aux États-Unis, où toutes les mines d'or que l'on ne pouvait déclarer expressément nécessaires en raison de leur pro-

duction annexe intéressant l'industrie de guerre, devaient être fermées, en Australie, où l'extraction a dû être concentrée dans les mines les plus importantes et le raffinage dans un petit nombre d'usines, en U. R. S. S. et au Japon, où, malgré la pénurie d'informations, il semble bien que la production ait été suspendue partout où les sous-produits ne la justifiaient plus. Certes, de telles mesures sont prises sous la pression de circonstances exceptionnelles. Il serait téméraire d'y voir le signe précurseur d'une déchéance de l'or et de son passage au rang de simple marchandise de second ordre. Le développement des monnaies fiduciaires et scripturales et des méthodes de règlement par compensations et virements a déchu pratiquement l'or de son rôle de monnaie circulante, mais nombreux sont les économistes qui le considèrent encore comme la seule base permanente et solide sur laquelle peut reposer le système monétaire international.

Economies de caoutchouc dans la fabrication des pneumatiques

DANS sa réalisation aujourd'hui classique, le pneumatique réalise un harmonieux compromis entre un certain nombre de facteurs : résistance à l'usure, adhérence, poids, prix, longévité, etc. Dans les circonstances présentes où le caoutchouc de plantation ne peut plus nous parvenir et où les produits de la synthèse industrielle sont en très grande partie réservés à la satisfaction des besoins militaires, on peut envisager de sacrifier cer-

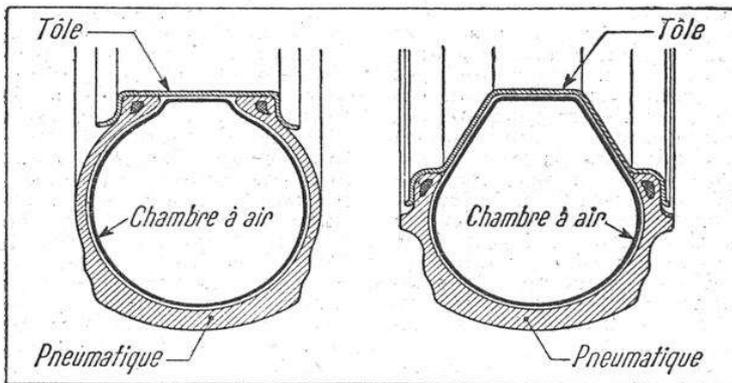


FIG. 1 ET 2. — COUPES DE DEUX PNEUMATIQUES POUR POIDS-LOURD
A gauche, pneumatique normale; à droite, pneumatique à parois latérales réduites.

tains de ces facteurs en vue d'économiser de la gomme en réalisant cependant des pneumatiques capables d'assurer encore un service satisfaisant.

Les figures ci-jointes montrent une solution récemment proposée pour ce problème. On voit sur une des coupes que les parois latérales sont pratiquement supprimées, tandis qu'une plus grande importance est donnée aux flasques en tôle, le volume total d'air contenu dans la chambre à air n'étant pas modifié.

En poids, l'économie est ainsi d'environ 16 %, variable suivant les dimensions du pneumatique. La résistance à l'usure est réduite

de 10 à 20 %, suivant la pression intérieure, et l'élasticité laisse un peu à désirer par comparaison avec un pneumatique normal, d'où l'obligation de s'en tenir à des vitesses modérées.

Le tungstène en France

LA France se trouvant actuellement privée de ses importations de tungstène, métal indispensable à la fabrication des lampes électriques, des tubes électroniques et de certains aciers spéciaux, sa production est très loin de suffire

à ses besoins. Les grands producteurs de tungstène du monde sont en effet la Chine (70 % de la production mondiale), la Birmanie et la Malaisie, la Bolivie, le Portugal et les Etats-Unis. Pourtant, il y a 25 ans, la France occupait un rang honorable pour la production de ce métal, et elle avait entrepris, au moment du réarmement général, de développer à nouveau l'exploitation de ses gisements. Cinq concessions avaient été accordées et deux gisements déjà exploités promettaient un rendement certain. Il existait d'autres gisements non concédés. Il semble qu'une prospection et une exploitation plus actives devraient permettre à la France de se passer complètement de tout apport étranger de ce métal précieux.

Des avions aux machines à laver

LES industries d'armement éprouveront après-guerre un brusque ralentissement de leur activité. En Europe, les nécessités de la reconstruction se traduiront par une demande si importante de main-d'œuvre qu'une crise de chômage ne paraît pas à redouter. Il n'en est pas de même aux Etats-Unis, épargnés jusqu'ici par la guerre, et où l'on compte (1) 2 millions d'ouvriers employés dans les fabriques de poudres, autant dans les chantiers de construction navale et 2,3 millions (en grande partie des ouvrières) dans la construction aéronautique. Pour ce qui concerne en particulier cette dernière, les dirigeants des principales firmes commencent à se préoccuper de l'avenir et à chercher de nouveaux débouchés. Des entreprises aussi importantes que Curtiss-Wright et Lockheed envisagent toutes sortes de fabrications de remplacement, celle des machines à laver, par exemple, car il est bien évident que l'aviation civile, malgré le formidable développement qui l'attend, ne permettra pas de maintenir la production à son niveau actuel.

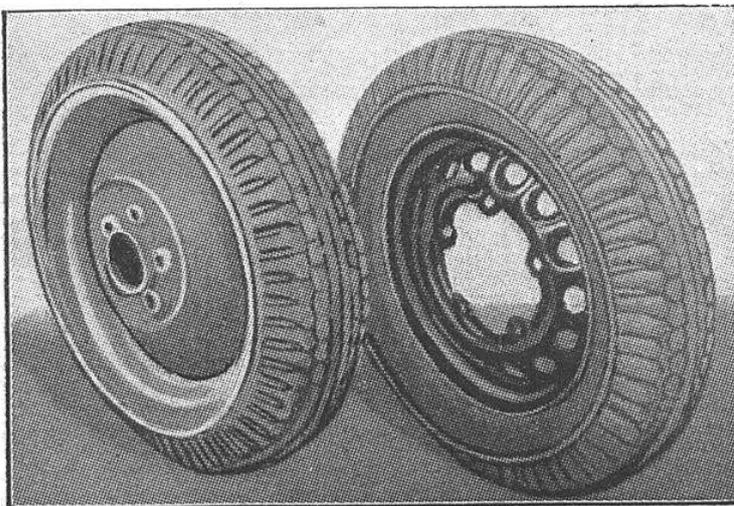


FIG. 3. — PNEUMATIQUE A PAROIS LATÉRALES RÉDUITES (A GAUCHE) ET PNEUMATIQUE NORMALE (A DROITE), TOUS DEUX DESTINÉS A UNE VOITURE DE TOURISME

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

Où se forme la nicotine dans un plant de tabac ?

LA formation des alcaloïdes dans les plantes constitue un des problèmes les plus mystérieux de la biochimie végétale. On ignorait même jusqu'à ces derniers temps où avait lieu cette formation, que l'on situait assez arbitrairement dans les feuilles ou tout au moins dans les parties aériennes des plantes. Des expériences menées à Genève ont permis, l'an dernier, de montrer que, pour la nicotine en tout cas, la réalité était bien différente de cette hypothèse.

Si l'on greffe en effet un rameau de tabac sur un plant de tomate, il prospère, mais ne forme pas de nicotine. Au contraire, les feuilles d'un rameau de tomate greffé sur un plant de tabac contiennent de la nicotine. C'est donc la racine de tabac qui est le siège de la formation de la nicotine, ou tout au moins — ce qui est moins probable — de substances indispensables à la synthèse de la nicotine par des feuilles agissant d'une manière non spécifique.

Comme nombre d'alcaloïdes possèdent d'importantes applications thérapeutiques (atropine, cocaïne, morphine, strychnine, etc.), cette découverte capitale aura vraisemblablement des répercussions pratiques aussi bien que scientifiques.

L'indium

L'INDIUM, découvert il y a quelque 80 ans par Reich et Richter, appartient à cette catégorie de métaux auxquels seules les recherches de laboratoire de ces toutes dernières années ont pu trouver des applications pratiques. Pendant longtemps, il n'a présenté d'autre intérêt que d'être l'élément 49 de la classification de Mendeleïeff et de donner au spectrographe une raie bleu indigo in-

tense, couleur qui lui avait valu son nom. Il y a vingt ans, on parvenait à grand'peine à en isoler quelques grammes dans le monde entier. On l'extrait maintenant en quantités appréciables des minerais de zinc et, depuis 1936, son prix est tombé au-dessous de celui de l'or et s'est sensiblement abaissé depuis. Il est donc devenu possible de faire appel à ce métal pour la solution de problèmes techniques spéciaux, à l'échelle industrielle.

A l'état pur, l'indium est un métal très malléable et laminable à froid, encore plus que le plomb. Mais il est capable de former avec d'autres métaux, tels que l'argent et le cuivre, des alliages très durs, susceptibles de prendre et de conserver un beau poli et de résister remarquablement aux agents de la corrosion : d'où son emploi possible de joaillerie, pour la confection des amalgames dentaires, et surtout dans la fabrication des coussinets et paliers en alliages à base de cadmium utilisés dans les machines modernes à cause de leur grande résistance mécanique et de leur usure réduite, malgré les efforts élevés et les hautes températures auxquels ils sont soumis. Ces pièces présentent l'inconvénient d'être corrodées par les acides organiques présents dans les lubrifiants. Leur résistance à la corrosion est fortement accrue après traitement par de très faibles quantités d'indium. On effectue un dépôt électrolytique d'indium, n'ayant pas plus de 0,05 mm d'épaisseur, à la surface des pièces à traiter. Ce revêtement demeurerait mou, mais par simple chauffage dans l'huile à 250° C, l'indium diffuse dans le métal de base, conférant à la surface de ce dernier une résistance remarquable à la fatigue et à la corrosion dans les conditions d'emploi les plus sévères.

A côté d'applications diverses et de moindre importance, telles que la fabrication de fils spéciaux de galvanomètres et de réticules, ou la coloration des verres ambrés par chauffage pen-

dant plusieurs heures dans une atmosphère de chlorure d'indium, ou encore la préparation de produits pharmaceutiques destinés à la lutte contre la syphilis ou la maladie du sommeil, l'indium et ses alliages offrent des possibilités intéressantes dans le domaine des alliages à très bas point de fusion. L'indium fond à 156° C et bout à 1450° C. Sa tension de vapeur est très faible, même à 1000° C, ce qui fait que l'on a proposé de l'employer dans les thermomètres à quartz pour hautes températures. Son point de fusion peut être encore abaissé par addition de métaux convenablement choisis. C'est ainsi que Sidney J. French, de la Colgate University (Hamilton, Etats-Unis), a obtenu un alliage fondant à 46,9° C en ajoutant 18,1 % d'indium à l'alliage connu sous le nom de métal Lipowitz et comprenant 15 parties de bismuth, 8 de plomb, 4 d'étain et 3 de cadmium. On peut donc facilement prendre cet alliage fondu dans la main et le laisser solidifier, d'où la possibilité d'obtenir des moulages très précis de diverses parties du corps, empreintes digitales, mains d'artistes en renom, etc., ou de travailler la surface d'un bloc de métal en la modelant à l'aide d'une spatule chauffée électriquement. Il suffira ensuite d'effectuer un dépôt électrolytique d'un autre métal quelconque à la surface du moulage ou de la pièce modelée et de plonger le tout dans l'eau chaude pour obtenir une reproduction d'une précision rigoureuse. De même en chirurgie, on emprisonnera facilement un membre brisé dans un bandage trempé dans le métal fondu, bandage qu'on libérera ensuite sans peine en l'arrosant d'eau chaude. Il va de soi qu'un alliage à si bas point de fusion convient admirablement pour le contrôle automatique de la température dans des lieux inaccessibles, tels que les silos à grains et à charbon, ainsi que dans les installations de détection automatique d'incendie.

V. RUBOR.

LES MEILLEURES ÉTUDES PAR CORRESPONDANCE

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

LA CÉLEBRE MÉTHODE 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'acquiescer la *confiance en soi* et, selon l'expression d'un éminent pédagogue, de **FORCER LE SUCCÈS 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. 461**.

LA MÉTHODE 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. 462**.

LE COURS DE DESSIN
... où, pour la première fois dans l'histoire de l'enseignement des arts graphiques, a été appliqué le principe : « **APPRENDRE À DESSINER, C'EST APPRENDRE À VOIR. QUI SAIT VOIR, SAIT DÉJÀ 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. 463**.

LE COURS D'ELOQUENCE
... 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. 464**.

LE COURS DE PUBLICITÉ
... 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. 465**.

Si vous désirez faire des **ÉTUDES PRIMAIRES OU SECONDAIRES**, n'oubliez pas que l'efficacité de l'enseignement de l'ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS est consacrée par les nombreux et brillants succès que remportent ses élèves au **BREVET ÉLÉMENTAIRE**, au **B.E.P.S.**, au **CERTIFICAT D'ÉTUDES CLASSIQUES** ou **MODERNES** et au **BACCALAUREAT**. Demandez l'envoi gratuit de la brochure **numéro R. 466** (études primaires) ou **numéro R. 467** (études secondaires).

ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

31, boulevard des Belges, LYON (Rhône).

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

NUMÉROS DISPONIBLES

Nous pouvons fournir à nos lecteurs :
Tous les numéros, du n° 46 au n° 322,

SAUF :

63, 90, 100, 104, 107, 110, 114, 116, 118, 129, 132, 134, 139, 140, 143, 144, 145, 146, 147, 163, 166, 176, 182, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 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, 267, 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 :

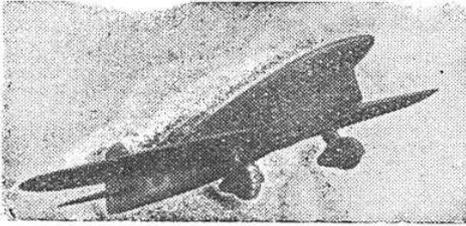
	France	Etranger
Envois simplement affranchis.....	110 francs	200 francs
Envois recommandés.....	140 francs	250 francs

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.

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^e)

Demandez la documentation gratuite.

*Comme au bon vieux temps
du roi
Henri...*

*...l'antique
calambic charentais
distille les meilleurs
chus de Cognac pour:*

Le "Voyage Galant"

CAMUS
LA GRANDE MARQUE
COGNAC

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 DK _____ PRINCIPAUTÉ DE MONACO



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

ÉCOLE GÉNÉRALE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE

RUE DE BRETAGNE & RUE DU MARÉCHAL LYAUTEY—VICHY—(ALLIER)

ADRESSES DE REPLI

Publ. R. Domenach M.C.S.P.

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL NICE

3, rue du Lycée

ÉCOLE DE T. S. F.

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

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

INDUSTRIE CONTREMAÎTRE, DESSINATEUR, TECHNICIEN, SOUS-INGENIEUR, INGENIEUR 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 cours techniques des diverses administrations France et Colonies.

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

BACCALURÉATS, 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, DÉFENSE DU TERRITOIRE, POLICE, DÉPANNAGE, 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.

NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



NITROLAC

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

IMPR. RÉGIONALE 59 RUE BAYARD TOULOUSE. I.C.O. 31-2636

Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires