

Octobre 1940

5 francs

# la Science et la Vie



Voir page 61

*roquanda*

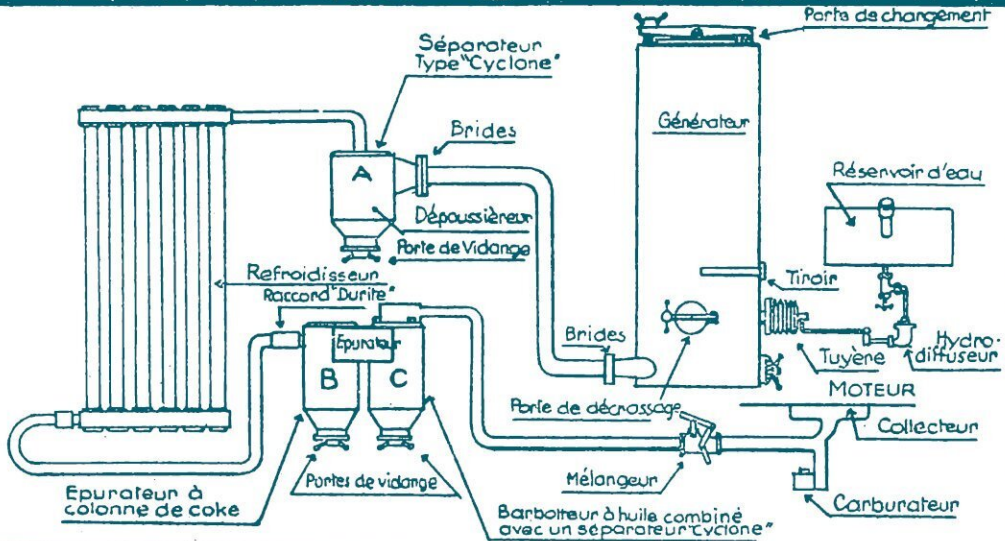
# GAZOGÈNE "DEWOITINE"

LICENCE FABRE

SOCIÉTÉ NATIONALE  
AÉRONAUTIQUES



DE CONSTRUCTIONS  
DU MIDI



SCHEMA de GAZOGÈNE "DEWOITINE" Licence Fabre

Le gazogène "DEWOITINE" (Licence Fabre) n'exige pas de taux de compression supérieur à 6. Faible perte de puissance par rapport à l'essence.

Tuyère infusible refroidie par l'air.

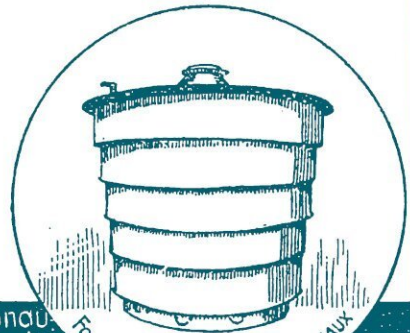
Hydro-diffuseur enrichissant le gaz par un apport d'hydrogène

Filters sans toiles, à très grosses sections évitant les pertes de charge, composés de:

a) Séparateur centrifuge Type "Cyclone".

b) Epurateur à colonne de coke.

c) Barboteur à huile, combiné avec un 2<sup>e</sup> séparateur "Cyclone" éliminant les poussières les plus ténues et lubrifiant le gaz



La Société Nationale de Constructions Aéronautiques du Midi fabrique les fameux Fours Auto-Carbonisateurs BONNECHAUX, brevétés du Centre National de la Recherche Scientifique

Four Auto Carbonisateurs BONNECHAUX

1947/48

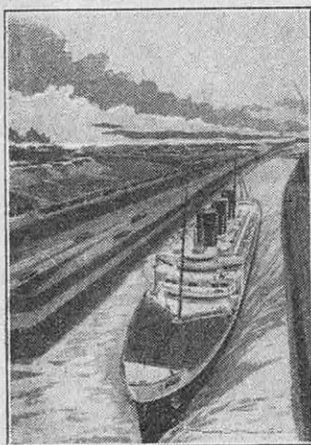
# la Science et la Vie

Tome LVIII - N° 278

## SOMMAIRE

Octobre 1940

- \* Le canal des Deux-Mers : ce qu'il est, ce qu'il pourrait être, par Henri François. . . . . 61
- \* Vers la guerre aérienne sans restrictions, par Camille Rougeron. . . . . 69
- \* La crise du papier et ses solutions françaises, par Louis Houlléguie. . . . . 78
- \* Comment ne pas maigrir en mangeant peu, par André Fournier. . . . . 83
- \* Le grand mystère des rayons cosmiques, par Maurice E. Nahmias. . . . . 92
- \* La Forêt française, source inépuisable de carburants solides et liquides, par le général Boucherie . . . . . 99
- \* Les livres qu'il faut méditer : *Le siècle à venir*, par Marcel Boll . . . . . 108
- \* Les gazogènes actuels sont-ils perfectibles ? par Jean Marchand . . . . . 111
- \* Les A côté de la Science, par V. Rubor . . . . . 113

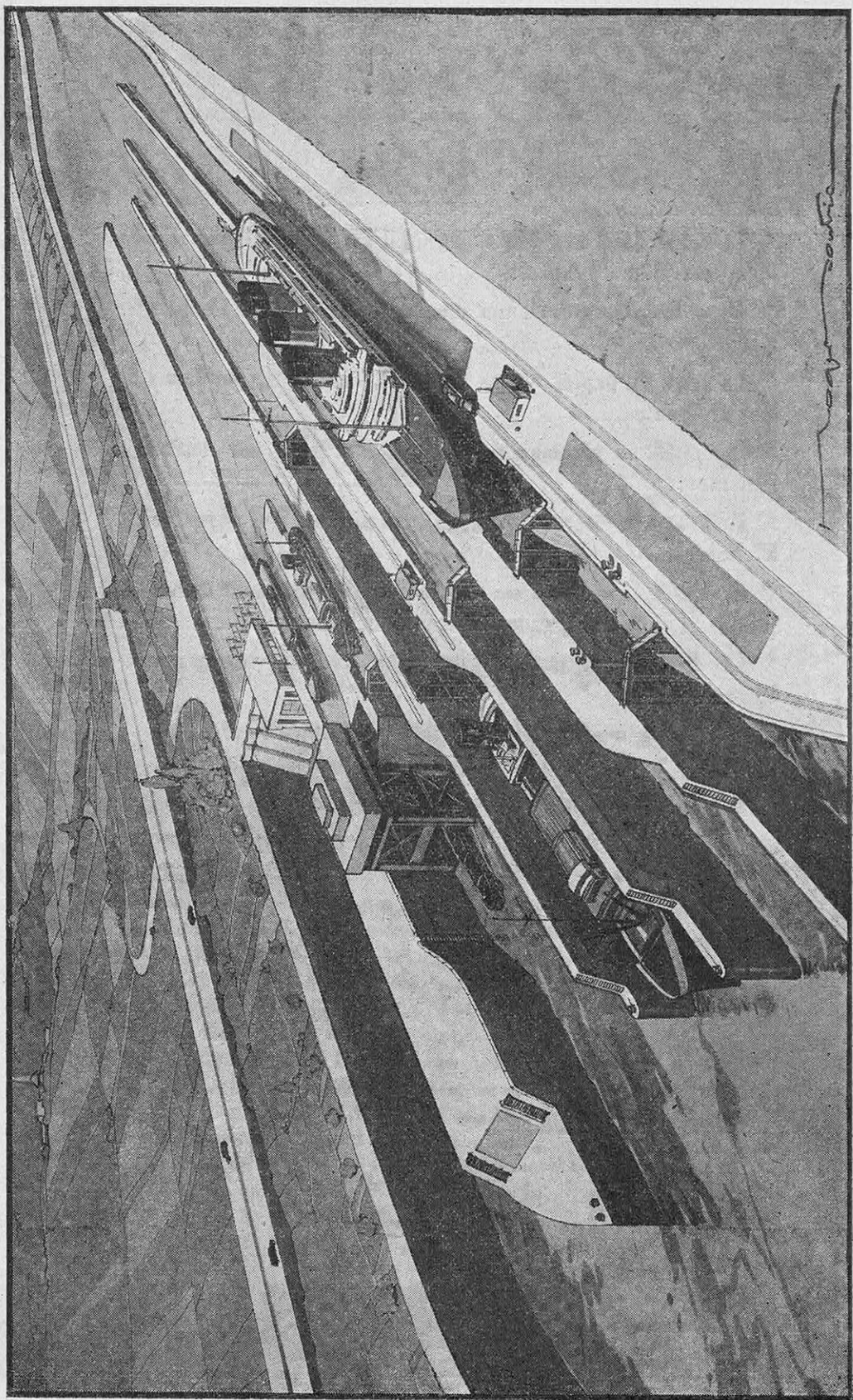


Suez et Panama, conçus et en partie réalisés par des ingénieurs français, ont ouvert au commerce international deux des plus importantes voies de communication et d'échange qui soient au monde et dont la guerre met aujourd'hui encore en évidence le rôle capital tant au point de vue économique que stratégique. La France, de par sa situation géographique, peut offrir au trafic maritime le passage le plus direct entre l'Atlantique Nord et l'Orient. La couverture de ce numéro montre ce que pourrait être le canal des Deux Mers, accessible aux plus grands navires, et qui avec ses 13 écluses, réparties sur 400 kilomètres de longueur entre Bordeaux et la Méditerranée, constituerait une des plus grandioses réalisations de la technique moderne. (Voir l'article page 61 de ce numéro.)

« La Science et la Vie », magazine mensuel des sciences et de leurs applications à la vie moderne, rédigé et illustré pour être compris de tous. Rédaction, Administration, Publicité : provisoirement, 22, rue Lafayette, Toulouse. Chèque postal : numéro 184.05 Toulouse.

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « La Science et la Vie », octobre mil neuf cent quarante, Registre du Commerce Seine 116.544.

Abonnements : France et Colonies, un an : cinquante-cinq francs ; six mois : vingt-huit francs.



UNE ÉCLUSE A PLUSIEURS SAS SUR LE CANAL DES DEUX MERS ET SON ÉQUIPEMENT HYDROÉLECTRIQUE TEL QUE LES PRÉVOIT LE PROJET ACTUELLEMENT ÉTUDIÉ

# LE CANAL DES DEUX MERS CE QU'IL EST, CE QU'IL POURRAIT ÊTRE

par **Henri FRANÇOIS**

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

*La liquidation d'une guerre, quelle qu'en soit l'issue, pose pour l'économie d'un pays des problèmes d'une extrême complexité : des entreprises tout entières tournées vers les fabrications de matériel de guerre se voient brusquement privées de leurs commandes, et cela au moment où des millions d'hommes sont rendus à leur usine ou à leur champ. Aussi l'Etat est-il amené à intervenir pour remettre en marche les machines, en entreprenant des grands travaux d'utilité publique. Ceux-ci ne manquent pas : reconstruction des régions dévastées, rétablissement des voies de communication, travaux d'urbanisme et de protection contre les calamités, utilisation des sources d'énergie naturelle, etc., et leur profusion même oblige à choisir. Une entreprise grandiose, dont on parle chaque fois qu'il s'agit d'élaborer un programme de grands travaux, est la jonction de l'Atlantique à la Méditerranée par un canal maritime. Le Canal des Deux Mers sera-t-il un jour réalisé ? D'après les techniciens qualifiés, sa construction est aujourd'hui possible grâce à l'expérience acquise en France et à l'étranger en matière de terrassements et au matériel puissant et spécialisé créé dans ce but, en particulier aux Etats-Unis. Du point de vue économique, une comparaison rigoureusement impartiale entre les avantages que le Sud-Ouest de la France et le pays tout entier doivent retirer de cette œuvre de longue haleine, et les dépenses très élevées qu'exigera sa réalisation doit seule permettre de prendre en parfaite connaissance de cause la décision qui s'impose aujourd'hui.*

## **Le canal des Deux Mers : un projet vieux de quatre siècles**

Entre l'Atlantique et la Méditerranée, sur une des routes maritimes les plus fréquentées du globe, l'imposante barrière dressée par cette « presqu'île de l'Asie » que constitue l'Europe, impose aux navires un détour de 1 500 à 2 500 km. Mais cette barrière s'étrécit et s'abaisse dans l'Aquitaine qui constitue entre l'Espagne et l'Europe un isthme de 400 km de large, dont le point le plus haut est situé au col de Naurouze, à 189 m d'altitude. Depuis que l'Atlantique s'est éveillé au commerce, à la fin du Moyen-Age, des Français ont rêvé de percer cet isthme par un canal accessible aux navires de haute mer, et apportant par son trafic un surcroît de prospérité à une des régions les plus riches de France. Envisagée pour la première fois en 1539, sous François I<sup>er</sup>, la jonction des deux mers fut un moment réalisée sous Louis XIV par un fonctionnaire de la Gabelle, Riquet, et subsiste encore sous le nom de Canal du Midi, qui d'ailleurs n'a jamais mérité le nom de Canal maritime.

## **Le Canal de Riquet**

Toutes les tentatives de jonction des deux mers avaient échoué parce qu'on ne savait pas procurer au canal l'eau d'alimentation du bief supérieur. L'emprunt de cette eau à différents cours d'eau tels que l'Ariège, entraînait à des travaux hors de proportion avec les moyens techniques de l'époque, et toutes les eaux s'écartaient du seuil de Naurouze pour descendre soit sur le versant atlantique, soit sur le versant méditerranéen.

Riquet eut la bonne idée d'utiliser les ruisseaux abondants de la Montagne Noire, dont les sources sont si près de la ligne de partage des eaux que l'une d'elles donne naissance à deux ruisseaux dont l'un appartient au bassin de la Garonne, l'autre à celui de l'Aude, et de les amener, par un itinéraire compliqué, au seuil de Naurouze. Avec l'appui de Colbert, qui fut un réalisateur de « grands travaux » il mena à bien, de 1667 à 1681, ce travail gigantesque pour l'époque. Plus tard, en 1859, le canal du Midi, qui joignait Toulouse à la Méditerranée, fut complété par le

canal latéral à la Garonne, formant une seule ligne d'eau de la Gironde à Sète et au Rhône.

Large de 20 m au fond, profond de 1 m 80 à 2 m 20, il est coupé de 148 écluses où sa largeur s'abaisse à 6 m, et traversé par 381 ponts qui laissent aux embarcations un tirant d'air de 3 m 60. Les péniches à moteur de 200 tonnes auxquelles il livre passage mettent 15 jours à le franchir et leur tonnage insuffisant rend le transport onéreux. Malgré cela, le canal serait assez bien armé pour lutter contre la concurrence de moyens de transport plus modernes si pour des raisons de coordination des transports on n'avait limité la flotte des péniches qui y circulent. Aussi le trafic y est-il faible : huit péniches par jour, transportant le chargement d'un gros train de marchandises. Depuis une soixantaine d'années, d'innombrables projets ont été présentés pour doter l'Aquitaine d'une voie maritime accessible aux navires modernes de gros tonnage, c'est-à-dire d'un gabarit égal ou même supérieur à celui du canal de Suez.

#### Les projets de Canal Maritime

Le grand public, toujours favorable aux réalisations grandioses susceptibles d'augmenter notre prestige aux yeux de l'étranger, s'est à diverses époques, intéressé à la construction du canal ; de nombreux vœux ont été émis réclamant sa mise en chantier immédiate. Cette faveur tient pour une grande part à ce qu'on ignore tout des énormes difficultés que susciterait une telle entreprise. Comme tous les problèmes difficiles, sinon insolubles, celui-ci a tenté nombre d'essais simplificateurs, ainsi qu'en témoigne l'abondance des projets préconisant les solutions techniques les plus extraordinaires. Nous mentionnons seulement au passage le projet de « nautostrade », chemin de fer à 12 rails qui, reliant les deux mers eût remplacé le canal. Sur cette voie se serait lancé de toute la vitesse de ses 1 440 roues un bassin long de 250 m dans lequel les navires eussent flotté comme dans un port — ce monstre tenant à la fois de la baignoire et du mille patte ne verra sans doute jamais le jour. La technique actuelle ne permet pas encore de creuser un tunnel de 400 km tout entier au niveau de la mer comme le préconisait un autre inventeur.

Mais des projets beaucoup plus sérieux ont été présentés.

De 1815 à 1910, l'ingénieur Verstraet luttait pour démontrer que le Grand Canal des Deux Mers était une œuvre qu'il était raisonnable d'entreprendre. Ses projets successifs, très ambitieux pour l'époque furent examinés par des techniciens qui conclurent qu'ils entraîneraient des dépenses exagérées.

En 1910, las de lutter et complètement ruiné, Verstraet se donna la mort. Nous ne décrirons pas le canal tel que concevait Verstraet, l'évolution des tonnages et des vitesses des navires d'une part, de la technique des travaux d'autre part, lui ont enlevé une grande part de son intérêt. Après un sommeil de 18 ans le canal eut un regain d'actualité quand, en 1928 se fonda la Société d'Études pour l'amélioration du Canal des Deux Mers. Un ingénieur, M. Lipsky, reprit pour le compte de la Société l'étude de cette question, il présenta en 1932 un avant-projet qui dépassait en hardiesse tout ce qu'on a jamais entrepris en fait de grands travaux.

#### La navigation dans un canal

Un navire qui s'avance dans l'eau provoque à sa proue un renflement de la surface de cette eau. A partir de ce renflement des ondes se propagent de part et d'autre du navire. En même temps, derrière lui, se produit une dépression qui, en se comblant, donne naissance aux remous du sillage. L'amplitude de ces deux phénomènes croît avec la vitesse du navire. Renflement et dépression interviennent pour produire la résistance à l'avancement du navire.

En eau libre, le sillage se comble rapidement et l'onde va s'amortir au loin. Dans un canal, l'onde va frapper la berge qu'elle risque de détériorer et, pour cette raison, il faut à la fois limiter la vitesse des navires et protéger la berge par un revêtement, si l'on veut pouvoir admettre des vitesses de déplacement raisonnables. L'eau qui vient combler la dépression à l'arrière du navire doit glisser non seulement le long de la coque, mais encore le long des parois du canal, en particulier sur le fond. La dépression sera moins vite comblée qu'en eau libre, la quille du navire aura tendance à s'enfoncer vers l'arrière en même temps que l'eau brassée par les hélices risquera de détériorer le fond, c'est

une autre raison pour limiter la vitesse du navire et en même temps nous voyons qu'il y aurait intérêt à rendre le canal aussi profond que possible. Le Canal

te moyenne de traversée. Comme nous l'avons vu, il y a des ralentissements et des arrêts forcés dans un canal, même très large. En particulier il

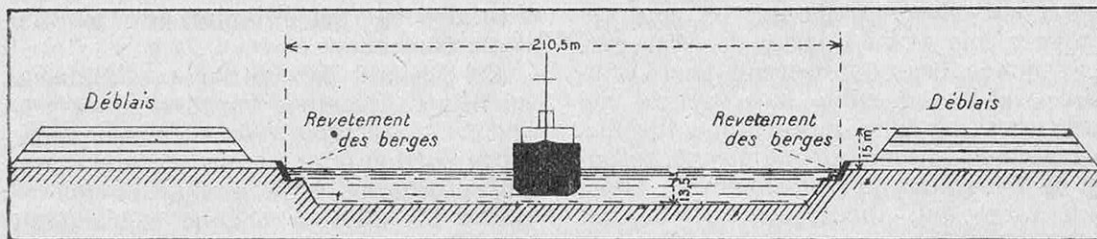


FIG. 1. — SCHÉMA D'UN PROFIL EN TRAVERS DU CANAL MARITIME (PROJET LIPSKY)

La profondeur étant partout de 13 m 50, la largeur « au miroir » varie entre 90 m et 250 m. La terre des déblais est dans toute la mesure du possible déplacée dans le sens transversal et forme de part et d'autre du canal un talus de 15 m de haut. La berge est protégée sur une certaine hauteur au-dessus du plan d'eau par un revêtement de ciment.

des Deux Mers économise en moyenne 2 000 km de parcours. Pour que cette économie soit intéressante, il faut pouvoir conserver au navire une vitesse suffisante de passage. Dans le Canal de Suez dont les berges sont sans revêtement, dont la largeur est de 42 m au fond et la profondeur de 13 m, la vitesse est limitée à 20 km/h. Si l'on tient compte des ralentissements aux croisements, des arrêts aux écluses, de l'impossibilité de doubler, il faudrait donner au Canal des Deux Mers des dimensions qui permettent une vitesse supérieure, soit entre 25 et 30 km/h. Le projet Lipsky prévoyait une largeur minimum de 90 m, largeur qui, dans une assez grande part du parcours, pouvait être notablement augmentée, jusqu'à plus de 210 m en certains endroits (voir fig. 2). La profondeur minimum adoptée était de 13 m 50. Les berges étaient protégées par un revêtement et le fond par une couche argileuse. On pouvait donc admettre une vitesse de 25 km/h sur une grande longueur du parcours. De plus, comme la vitesse moins grande donne une maniabilité moindre, les courants du canal étaient de très grand rayon.

Mais la vitesse de 25 km/h n'était évidemment pas la vi-

faut franchir les écluses. Tandis que Suez est tout entier au niveau de la mer, le Canal des Deux Mers doit franchir le seuil de Naurouze puis redescendre sur l'autre versant.

### Les écluses

Il y a évidemment intérêt à diminuer autant que possible le nombre de ces arrêts obligatoires. Mais comme la dénivellation totale à franchir reste, quel que soit le nombre des écluses, la même, la chute de niveau à chaque écluse s'en trouve augmentée lorsqu'on adopte un nombre d'écluses moins grand.

Au passage d'une écluse, le navire qui monte ou descend cette sorte d'escalier que constitue un canal, fait descendre une certaine colonne d'eau du bief supérieur dans le bief inférieur. Au franchissement d'un bief, celui-ci emprunte donc une certaine quantité d'eau au bief immédiatement supérieur, et la restitue au bief immédiatement inférieur. La

	SUEZ	PANAMA	Canal des Deux-Mers (PROJET LIPSKY)
Economie de trajet.....	11 400 km	6 900 km	1 500 à 2 500 km
Longueur.....	161 km	73 km	430 km
Largeur minimum au fond	42 m	50 m	60 m
Profondeur minimum.....	13 m	12 m 2	13 m 5
Nombre des écluses.....	0	6	13
Volume des terrassements. (en millions de m <sup>3</sup> )	74	314	1 000 à 1 500

TABLEAU COMPARANT LE CANAL DES DEUX MERS AUX DEUX GRANDS CANAUX MARITIMES DÉJÀ RÉALISÉS

quantité d'eau « consommée » par un navire au passage d'un versant est le produit de la hauteur de chute des écluses, par la superficie du sas de cette écluse. Elle peut être réduite au minimum par divers artifices : on peut récupérer une grande partie de cette eau. La colonne d'eau qui descend dans l'écluse possède, en effet, une énergie qui peut servir à faire tourner une turbine. La turbine actionnant une pompe, refoule de l'eau dans le bief supérieur. Cette opération qui, théoriquement, devrait permettre de récupérer toute l'eau de l'écluse se fait avec un rendement de 60 %. Le rendement de la turbine n'est pas parfait, et pour ne pas allonger indéfiniment l'éclusage, on se résigne à ne pas utiliser la partie inférieure de la colonne d'eau pour actionner la turbine.

On peut, enfin, adapter la superficie de l'écluse aux dimensions du navire. Ici, comme le canal est appelé à recevoir des navires de toutes catégories, on devra prévoir un certain nombre de sas de longueurs échelonnées (fig. 3).

Une autre condition intervient pour fixer le nombre des écluses : si l'on adopte des biefs trop longs pour gravir une pente, on finira par avoir sur certaines portions du parcours des remblais ou des tranchées inaccessibles.

Pour ces diverses raisons, le projet Lipsky avait fixé à 13 le nombre des écluses : 6 pour chaque versant, et une pour compenser la variation de niveau résultant des marées dans la Gironde. La hauteur de chute était de 23 m, et l'éclusage aurait duré, suivant les sas, de 15 mn pour le plus petit à 25 mn pour le plus grand.

Dans ces conditions une étude du trafic de Gibraltar et de sa répartition en fonction du tonnage avait permis de connaître la répartition des navires entre les différents sas, et de calculer la consommation d'eau annuelle du canal pour un trafic de 100 millions de tonnes. Cette consommation était de 29 m<sup>3</sup>/s pour le versant atlantique et de 27 m<sup>3</sup>/s pour le versant méditerranéen, soit une soixantaine de m<sup>3</sup>/s.

#### L'alimentation en eau

Or nous avons vu que les difficultés d'alimentation en eau ont toujours été l'obstacle principal à la réalisation du canal. La solution proposée par M. Lipsky était un des traits les plus originaux

de son projet : elle consistait à abaisser par une énorme tranchée atteignant jusqu'à 60 m de profondeur le niveau du bief de Naurouze, qui, à la hauteur de Toulouse, se serait ainsi trouvé à une altitude légèrement inférieure à celle de la Garonne.

En relevant par un barrage le niveau du fleuve, il était alors possible de prélever une certaine partie de son débit. Cette portion était supérieure à la quantité nécessaire à la navigation sur le canal. En effet, à chaque écluse était installée une usine hydroélectrique qui employait le supplément d'eau envoyé dans le canal. Dans le cas d'une sécheresse prolongée qui aurait rendu insuffisant le débit de la Garonne des prises d'eau auxiliaires étaient prévues, au Mas-d'Agenais sur le versant atlantique, et à Trèbes, dans l'Aude, sur le versant méditerranéen, et des stations de pompage pouvaient, en empruntant du courant à un réseau extérieur, pomper l'eau d'un bief dans le bief supérieur.

#### Les ouvrages d'art

Outre les écluses, un certain nombre d'ouvrages d'art auraient été construits tout le long du canal. Tout d'abord la Garonne eût été franchie un peu en aval de Toulouse par un double pont canal dont chaque élément aurait eu 350 m de long, 50 m de large, 13 m 50 de tirant d'eau, et eût laissé à la Garonne un tirant d'air de 6 m 5.

Contrairement aux canaux de Suez et de Panama qui traversent des régions presque désertiques, le canal des Deux Mers traverserait une région riche et peuplée, et qui en même temps constitue une importante voie de passage entre le continent en l'Espagne. Un « bras de mer » de 200 m de largeur eût coupé cette région en deux parties. Il est vraisemblable que loin d'être une source de richesse pour l'Aquitaine, il eût au contraire été pour elle une calamité. Aussi le rétablissement des voies de communications était-il prévu avec nombre d'ouvrages d'art : 34 ponts fixes ou mobiles, 20 bacs, 39 tunnels le franchissaient. Certains des tunnels, en raison du peu de solidité des terrains avoisinant, présentaient l'originalité d'être abordés par des rampes hélicoïdales.

Enfin, par suite des rectifications de trajet il n'eût pas fallu construire moins de 200 km de routes nouvelles.



### L'accès à l'Atlantique

Par un curieux paradoxe, le canal destiné à faire la fortune du port de Bordeaux, ne savait comment y pénétrer. A cause de sa profondeur, si on voulait lui faire emprunter le lit de la Garonne (en détournant celle-ci de son lit), il fallait pour approfondir son lit, reconstruire tous les quais dont les fondations n'étaient pas assez profondes. Si l'on voulait lui faire éviter Bordeaux, on coupait les communications de la ville avec sa banlieue sud, et certains tracés

lui-même, bien qu'éloigné de toute grande puissance ayant intérêt à la détruire, est menacé dans son rôle stratégique, comme le montre le souci des Américains de s'assurer le contrôle de toutes les bases relativement proches de cet ouvrage si vulnérable.

Nous avons vu que le canal captait l'eau de la Garonne et de l'Aude en plusieurs points. Il n'y laissait, sauf en temps de hautes eaux que le minimum nécessaire pour la navigation. Cette eau n'était pas entièrement utilisée pour la navigation. Elle pouvait donc dans les

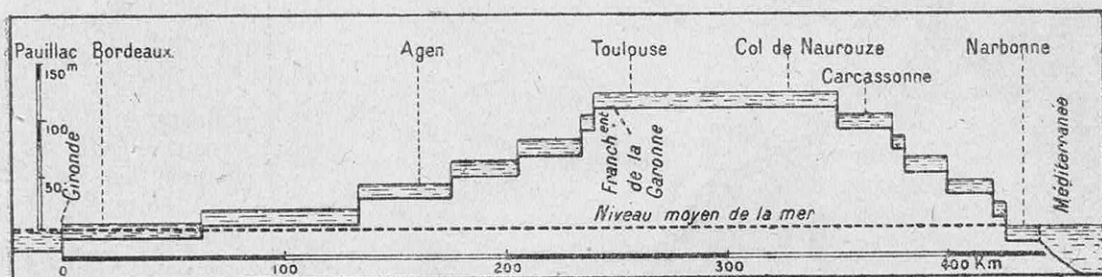


FIG. 2. — PROFIL EN LONG SCHÉMATIQUE DU CANAL DES DEUX MERS (PROJET LIPSKY)

Le bief supérieur est à une altitude de 126 m environ, nettement inférieure à l'altitude du col de Naurouze (189 m). Ce résultat ne peut être atteint qu'au moyen d'une tranchée très profonde et très longue. Sur chaque versant six écluses permettent d'atteindre cette altitude. Enfin une écluse protégée, sur le versant de Bordeaux, le bief inférieur des marées de l'Atlantique.

suspendaient sur la ville la menace d'un énorme réservoir. De toute façon il fallait accepter de faire des expropriations à des taux prohibitifs. Aussi une des variantes du projet prévoyait-elle que le canal se détournait de la Gironde et s'en allait joindre l'Atlantique par le bassin d'Arcachon.

### Avantages... et inconvénients accessoires

Les ingénieurs qui se sont occupés au début du siècle de la jonction de l'Atlantique à la Méditerranée avaient pensé que, le cas échéant, une flotte de guerre pourrait passer d'une mer dans l'autre par le canal, et même y trouver un port à l'intérieur des terres. Comme Panama, le canal des Deux Mers eût été un canal stratégique. Les progrès de l'aviation ont fait justice de cette conception, et la bataille de Dunkerque, où des navires ayant un point de passage obligé furent victimes des bombardements de l'ennemi montre qu'une voie d'eau rectiligne et longue de 400 km, donc difficile à protéger efficacement, serait une sorte de piège où nulle flotte de guerre n'oserait s'aventurer. Le canal de Panama

régions essentiellement agricoles que traversait le canal servir à certaines périodes sèches à l'irrigation des cultures. Son utilisation normale était la production d'énergie électrique. A cet effet, le projet Lipsky prévoyait la construction de 10 centrales d'écluse, qui en plus des 100 millions de kw h nécessaires aux besoins annuels du canal pouvait fournir un milliard de kw h par où, lesquels, vendus au réseau, fournissaient bon ou mal en entier 10 et 20 millions de recettes. A certaines périodes (extrêmement rares) de grande sécheresse, le canal devenait en effet acheteur et non plus vendeur de courant pour pomper l'eau qui faisait défaut.

Tout le monde a encore présent à la mémoire les crues catastrophiques de la Garonne en 1930. Supposons que le canal eût été réalisé à cette époque et qu'on y eût jeté à la prise d'eau de Toulouse la moitié du débit, 9 000 m<sup>3</sup>/s, du flot dévastateur. Ce débit eût déterminé dans chaque versant un courant de 1 m 5 par seconde qui n'eût pas sensiblement gêné la navigation. Il est vrai que le canal empruntait le plus souvent

la vallée du fleuve qu'il retrécissait de ses déblais, mais comme des rectifications du cours du fleuve amélioreraient l'écoulement des eaux, les auteurs du projet faisaient valoir que le canal résolvait intégralement le problème des inondations de la Garonne. Mais il convient de remarquer que cette faible

en remblai, et en amont des points où une rupture eût été à craindre, des ouvrages de garde, barrages qui pouvaient s'élever malgré la poussée des eaux seraient venus s'opposer au flot dévastateur libéré.

Si l'on excepte la vente de l'énergie hydroélectrique, les autres avantages qu'eût

apporté avec lui le canal peuvent difficilement entrer en recette, sauf, subvention des collectivités intéressées, dans le bilan de l'entreprise et la plus-claire des ressources eût été procurée par les péages des navires empruntant le canal. Ces péages auraient-ils été suffisants pour amortir les énormes dépenses occasionnées par les travaux gigantesques.

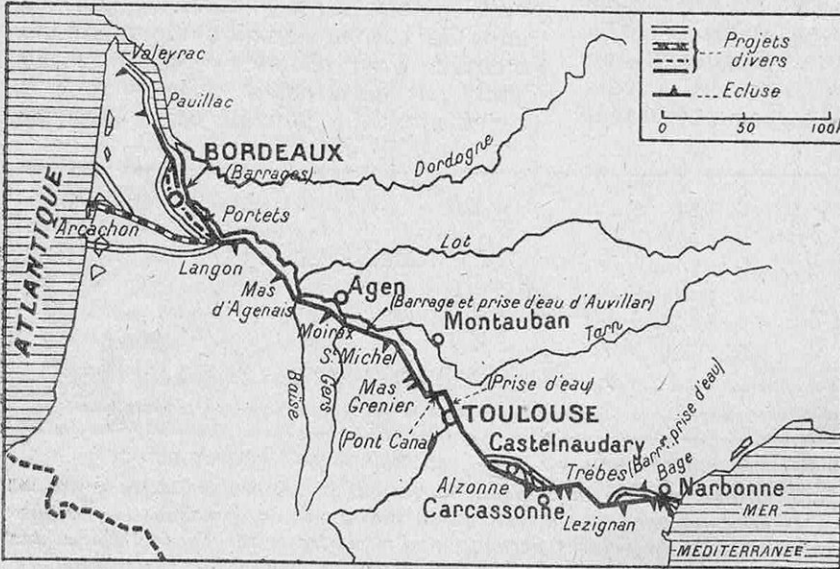


FIG. 3. — CARTE FIGURANT LES DIFFÉRENTS TRACÉS DU CANAL MARITIME (PROJET LIPSKY)

On peut juger par la multiplicité des variantes de la difficulté qu'il y aurait eu à faire aborder par un chemin d'eau de largeur aussi considérable le port de Bordeaux qui n'a pas été conçu à son échelle.

vitesse du courant provoquerait le dépôt presque instantané dans le bief supérieur d'une énorme quantité d'alluvions de toutes sortes qui ne tarderaient pas à l'obstruer.

Puisque nous parlons du régime des eaux, on peut se demander quelles perturbations n'eût pas apporté l'énorme tranchée du seuil de Naurouze dans le régime des eaux d'infiltration, provoquant l'assèchement des puits des mares, des étangs, bien que l'étude, forcément très superficielle des terrains ait permis de penser qu'ils étaient imperméables.

On peut aussi faire remarquer que les énormes masses d'eau emmagasinées dans un réservoir de l'importance du bief de Naurouze, quand elles sont contenues par une digue qui peut se rompre comme ce fut le cas, il y a deux ans, pour les digues du canal Albert, font courir aux riverains des dangers comparables à ceux du fleuve le plus turbulent. Mais le canal des Deux Mers, dans la version de 1933 présentait un minimum de parties

lait remuer une masse de terre de un milliard à un milliard et demi de m<sup>3</sup>.

Le béton destiné à la construction des écluses, des ouvrages d'art et au revêtement des berges atteignait un volume de 15 millions et demi de m<sup>3</sup>. Les travaux n'auraient pas duré moins de cinq ans et auraient eu l'avantage de fournir pendant ce temps l'emploi de 150 000 ouvriers. On peut juger par le tableau (p. 63) que ces travaux étaient bien plus importants que ce qui a été réalisé jusqu'ici en fait de travaux. Deux facteurs permettaient toutefois de réduire leur prix de revient.

Tout d'abord les ingénieurs s'étaient attachés à réduire au minimum les longs déplacements de déblais, déplacements qui sont toujours onéreux. Les déblais étaient presque partout disposés sur la berge où ils formaient un talus d'une quinzaine de mètres de haut. Les déplacements de terre se faisaient dans le sens transversal avec des outils géants spécialement adaptés à ce travail, du

### Les dépenses

Pour construire le canal, il fal-

genre de ceux qui sont représentés (fig. ) et qui furent utilisés à la construction du canal d'Alsace.

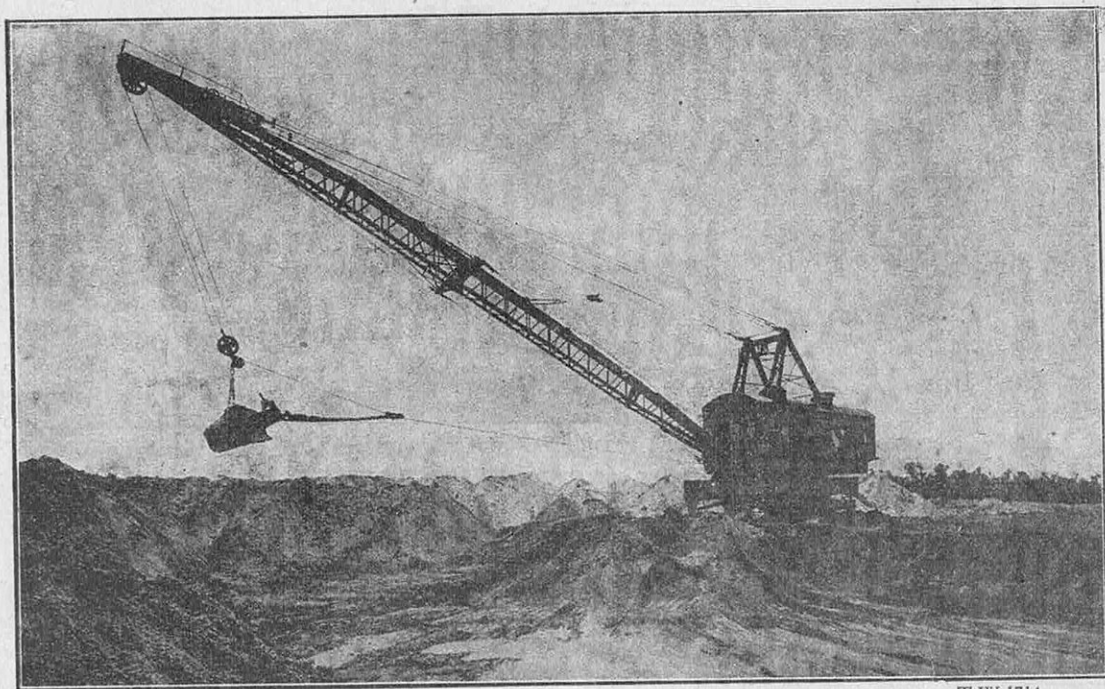
Mais étant donné le volume des travaux, il aurait été possible d'amortir un matériel beaucoup plus puissant, ce qui eût notablement diminué les frais de terrassement. En supposant les travaux d'accès à l'Océan laissés à la charge de l'Etat puisqu'ils supposaient, au moins pour une variante du projet, la transformation totale du port de Bordeaux, M. Lipsky évaluait en 1933 à 13 milliards de francs le coût des travaux. Ce chiffre

cependant être envisagé, si les recettes doivent par la suite venir l'amortir.

Mais serait-ce le cas pour le canal des Deux Mers ?

#### Le trafic possible

Une étude approfondie du trafic de Gibraltar avait amené les auteurs du projet de 1933 dans un moment où ce trafic était de 77 millions de tonnes par an, à escompter pour le canal un trafic annuel de 100 millions de tonnes — le triple de celui de Suez. Suivant le tonnage et la vitesse des navires, le canal



T W 1714

FIG. 4. — « DRAGLINE » GÉANT DE 7 MÈTRES CUBES

*Cet engin, capable de se déplacer sur chenille et alimenté par un câble électrique est, malgré sa puissance d'une souplesse remarquable. Sa flèche de 45 m lui permet d'évacuer les déblais (plus de 200 m<sup>3</sup> à l'heure) à grande distance, réduisant ainsi considérablement les besoins de main-d'œuvre.*

fut âprement discuté par les techniciens compétents, puisque dans le même temps M. Ch. Moreau l'évaluait pour sa part à 47 milliards de francs de l'époque ! Nous n'avons pas qualité pour discuter d'un tel calcul, mais une telle marge ne laisse pas d'être inquiétante, surtout si l'on se rappelle que le prix de revient du canal de Suez fut 5 fois celui qui était prévu au projet initial et que pour Panama cette proportion fut de 3 à 1. Un tel surcroît de dépenses, s'il a de très sérieux inconvénients immédiats peut

leur faisait gagner de 15 heures (pour un paquebot filant 23 nœuds) à une centaine d'heures pour un cargo filant 10 nœuds. Il y avait donc économie de temps (possibilité d'augmenter le nombre des voyages), et de combustible. Enfin les auteurs croyaient pouvoir assurer que les tarifs d'assurance seraient moins élevés pour une traversée du Languedoc que pour un passage par Gibraltar. Il semble cependant que malgré la largeur, les risques de choc avec les berges, les appontements et les au-

tres navires devraient au contraire notablement augmenter ces tarifs, et cela malgré la grande largeur du plan d'eau.

En tenant compte de ces éléments ils avaient admis que les navires auraient encore intérêt à payer un péage de 10 fr par tonne (celui de Suez était de 33 fr). Une recette de un milliard par an donnait, compte tenu de la rémunération, de l'amortissement du capital et des frais d'exploitation, une marge confortable de bénéfice.

Mais si l'on admet les chiffres de M. Moreau, l'exploitation devenait largement déficitaire. De plus, on a fait remarquer que le prix des transports par mer est chose très complexe, et qui n'est nullement proportionnel à la distance parcourue, et que

certains navires préfèrent déjà effectuer un détour de 11 400 km pour ne pas payer le péage de Suez. Ne feront-ils pas 1 500 km pour éviter 400 km de canal, 13 écluses, et le passage dans un grand port avec toute la fatigue que comporte pour l'équipage un tel trajet ? Ne le feront-ils pas de plus en plus volontiers quand les vitesses des navires auront encore augmenté ?

### Un projet moins démesuré

Si l'on renonce au canal maritime, quel peut être l'avenir du canal des Deux Mers ? Le laissera-t-on mourir entre ses berges trop étroites, mais largement suffisantes pour le trafic qui s'y fait ? Il semble que ce serait une faute.

L'énergie utilisable au pied des Pyrénées devrait donner naissance à une industrie puissante — métallurgie, industrie chimique, etc., dont les produits lourds n'ont pas besoin de circuler ra-

pidement et pourraient être acheminés par les canaux, soit vers la mer, soit vers le nord. Dans un avenir assez proche une grande ligne d'eau établira la jonction de Marseille aux canaux du Nord par la vallée du Rhône aménagée. Alors le Ca-

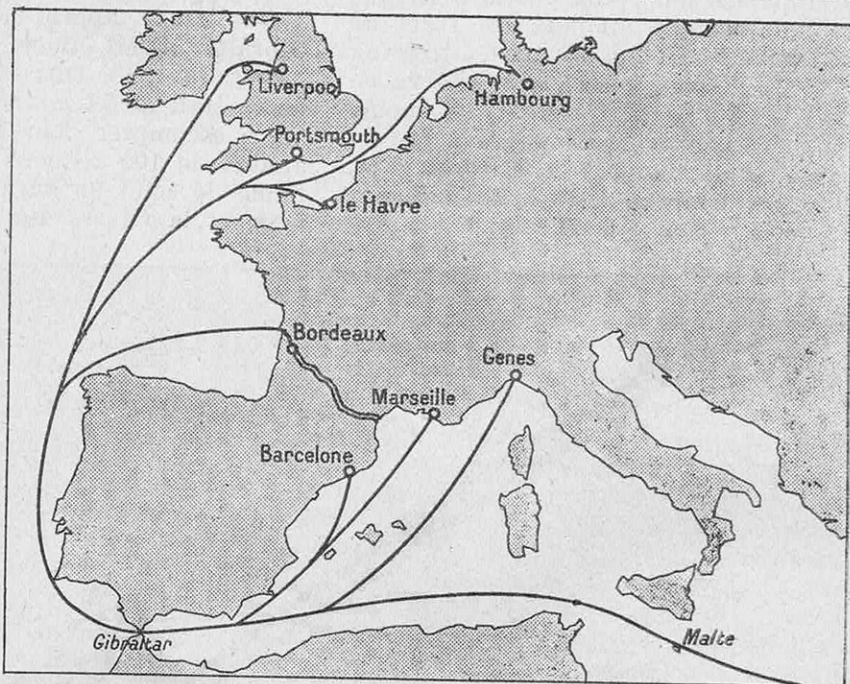


FIG. 5. — CARTE DES PRINCIPALES ROUTES MARITIMES PASSANT PAR GIBRALTAR  
L'économie de trajet entre Marseille et Bordeaux serait de 2 500 km en passant par le canal. Entre Marseille et les ports de la mer du Nord et de la Manche elle n'est plus que de 1 800 km. Enfin, pour la route la plus importante qui, par Malte, relie les ports de la mer du Nord au Proche-Orient et à l'Extrême-Orient, elle serait de 1 400 km.

nal du Midi pourra être relié au réseau français, et un important courant d'échange l'empruntera. Mais pour que ce trafic puisse s'effectuer, il faut rendre le canal accessible aux péniches de 300 t circulant sur les autres canaux. Si l'on veut adopter la traction électrique, toujours plus lente que la propulsion à moteur mais qui utilise une énergie que nous ne devons pas acheter à l'étranger, il faudra réduire le nombre des écluses pour garder une vitesse moyenne acceptable.

Mais cette amélioration du canal est déjà un travail de très grande envergure, et il appartient aux techniciens compétents de juger de son urgence. Tel qu'il est, le canal de Riquet est déjà capable par une utilisation intensive de soulager dans une très large mesure les transports routiers et ferroviaires devenus insuffisants.

# VERS LA GUERRE AÉRIENNE SANS RESTRICTIONS

par Camille ROUGERON

*La guerre aérienne a été déclenchée voici quelques mois, lors de l'offensive allemande sur le front occidental. Elle est actuellement la forme unique des opérations entre les Iles Britanniques et les territoires du continent que contrôlent les troupes allemandes et italiennes. Les escadres aériennes des deux adversaires, dont chacun a perfectionné ses méthodes d'attaque et de défense, ont mené d'abord une offensive sans merci contre les stocks d'hydrocarbures, les raffineries, les usines de pétrole synthétique, les convois et les ports, les usines d'aviation et d'armement de toutes sortes, les gares, les voies ferrées, les ouvrages d'art sur canaux. Elles l'étendent aujourd'hui aux grandes villes, préluant ainsi à la destruction quasi-totale de l'activité industrielle de l'Europe.*

## L'Europe sous les bombes

**D**EPUIS plusieurs mois, l'Europe est sous les bombes. Le début de l'offensive allemande sur le front occidental a été le signal du déclenchement de la guerre aérienne qui se préparait depuis vingt ans.

Cet aboutissement du conflit actuel était inévitable, n'eût-ce été que comme conséquence directe du rôle fondamental de l'aviation dans les opérations militaires. Dès l'instant où l'on a le moyen, grâce à l'avion, de prolonger les effets du feu des troupes en ligne aux troupes en déplacement ou en stationnement, de gêner l'arrivée des munitions, des vivres, des réserves qui occupent les secteurs calmes en interdisant ou en ralentissant leur transport au secours des troupes attaquées, il est certain que celui des deux adversaires qui y trouve intérêt dispose d'autant d'arguments qu'il le désire pour étendre la guerre aérienne à tout objectif jugé intéressant.

Qu'on prenne des précautions pour limiter les atteintes aux objectifs purement militaires, ou que, volontairement on arrose à haute altitude, sans se soucier des dégâts, on ne peut éviter qu'ils s'étendent à des objectifs non militaires, puisque la « dispersion », c'est-à-dire le mélange des uns et des autres, est le mode de protection le plus efficace des premiers. Dès lors, il n'est que trop facile à chacun de monter en épingle ses victimes civiles, en s'abstenant d'indiquer l'objectif visé, gare, troupe en déplacement... Dans la rédaction d'un communiqué, c'est l'enfance de l'art, et il n'est pas besoin de

beaucoup d'esprit critique pour observer à quel degré de maîtrise ont atteint les services de propagande dans cet ordre d'idées.

Il n'est pas question de rechercher les responsabilités de ce déclenchement; ce travail demanderait une liberté de jugement et d'expression dont on ne dispose présentement dans aucun pays, belligérant ou neutre. Nous serons d'autant moins tenté de l'entreprendre que nous avons toujours considéré l'évolution vers la guerre aérienne sans limitation comme inévitable. Accuser l'adversaire de violer « les lois de la guerre » chaque fois qu'apparaît un moyen d'action nouveau, est une méthode qui était déjà en usage à l'époque où les héros d'Homère échangeaient leurs imprécations. Que de protestations la papauté n'a-t-elle pas élevées contre le remplacement de l'arc par l'arbalète, quand elle ne voyait aucun inconvénient à ce que les empereurs de la très chrétienne Byzance rôtiissent les mécréants en les aspergeant de feu grégeois ! Que n'avons-nous pas entendu, en novembre 1939, quand l'aviation allemande s'est avisée, par le recours à la mine magnétique, de rompre pour quelques mois cette vieille tradition navale qui voulait qu'on limitât les mouillages de mines à des types de dragage aisé et connu ! Nos facultés d'indignation commencent à s'épuiser.

Dès le début du conflit, l'Allemagne comprit parfaitement l'aide que la guerre aérienne pouvait apporter à la conduite de ses opérations contre la Pologne; elle ne se priva pas d'y recourir. Mais, en

même temps, au grand étonnement des Alliés qui s'attendaient à voir surgir les escadres de bombardement aux premières heures des hostilités; et peut-être même avant que le premier coup de canon fût tiré, elle eut le plus grand soin de ne fournir aucun prétexte à la guerre aérienne sur le front occidental. Le Commandement allemand connaissait suffisamment la répugnance des gouvernements alliés à prendre une initiative quelconque, pour être bien certain que ce n'était pas la guerre aérienne déclenchée par ceux-ci qui le gênerait avant la fin de ses opérations sur le front oriental.

La conquête de la Pologne terminée, le

Commandement allemand persévéra dans sa conduite. C'était un indice sérieux qu'il ne croyait pas la guerre aérienne favorable à ses intérêts. Il s'abstint soigneusement de toute destruction au sol par l'aviation, fût-elle dirigée contre les objectifs les plus évidemment militaires. Les alignements d'avions sur leurs terrains ne

risquaient pas plus que les trains de troupes à destination de la ligne Maginot: aucun prétexte ne devait être fourni à des opérations aériennes retournées contre l'Allemagne.

En agissant ainsi, le Commandement allemand s'imposait un sacrifice dont on n'a peut-être pas compris toute l'importance, notamment en s'interdisant le plus fructueux des moyens de destruction du commerce maritime, qui est le bombardement des grands ports. Pendant tout un hiver où la guerre sous-marine comme l'attaque des convois au large ne donnèrent pas tous

les résultats que l'on pouvait en attendre, l'aviation allemande devait respecter tout navire qui avait réussi à s'amarrer à un quai, alors que le bombardement des ports de Barcelone et de Valence par l'aviation nationaliste espagnole avait été la plus efficace des opérations de blocus de l'Espagne gouvernementale.

La même conduite fut suivie au cours des opérations de Norvège, avec moins de succès toutefois. Comme en Pologne, l'aviation allemande ne tenta point une discrimination délicate des objectifs au sol; la destruction des villes successives où se réfugia le gouvernement norvégien en

témoigne suffisamment. Mais elle se garda bien d'étendre l'opération à un objectif quelconque des territoires alliés.

L'intention du gouvernement allemand de persévéra dans sa conduite anté-

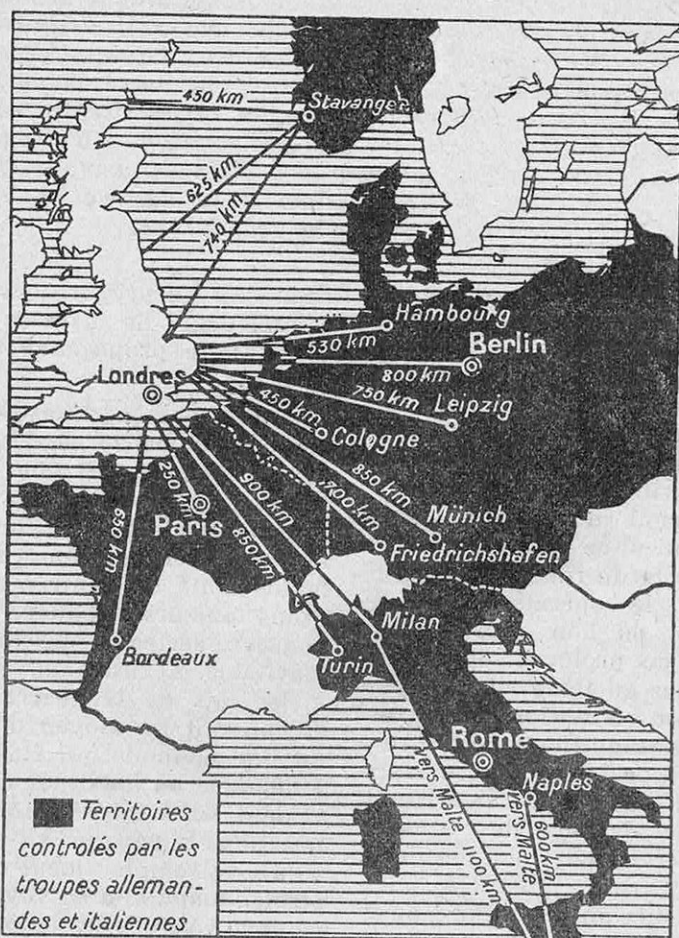
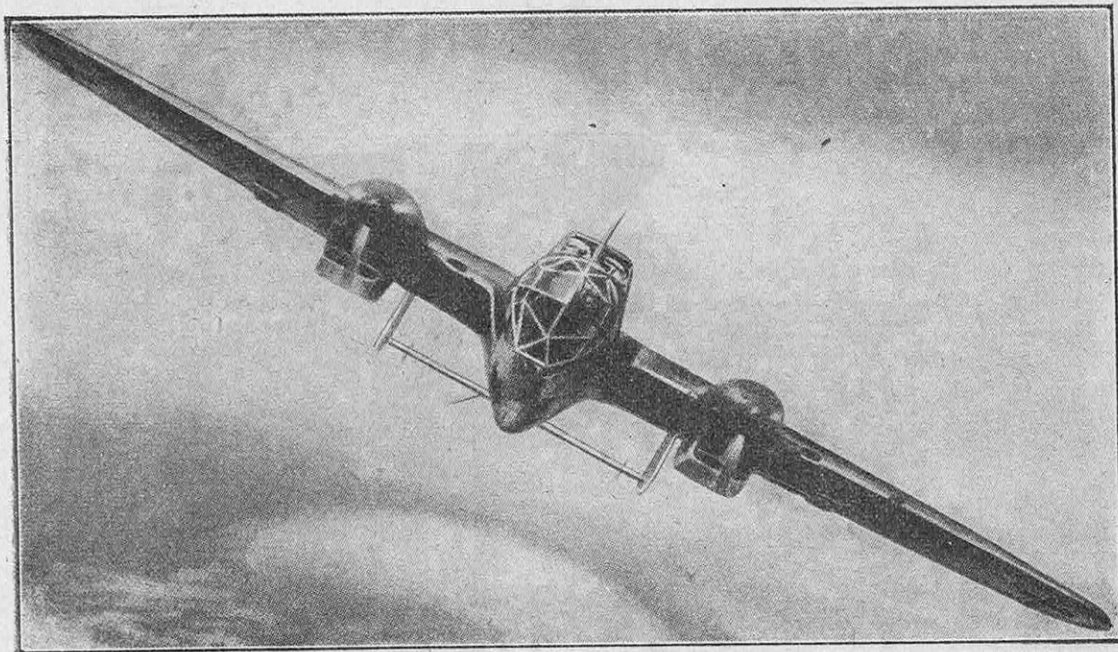


FIG. E. — L'EUROPE, CHAMP DE BATAILLE AERIEN

L'Allemagne et la Grande-Bretagne ont, d'après les déclarations de leurs services de propagande, entrepris la destruction, d'une part, des Iles Britanniques, d'autre part, des Etats européens sous le contrôle allemand et italien. L'opération se présente dans des conditions assez différentes pour chacun. Notre carte montre qu'elle peut être conduite par l'Allemagne avec des bombardiers à moyen rayon d'action, sous la protection de sa chasse, tandis que la Grande-Bretagne a surtout besoin de bombardiers à grand rayon d'action et peut réserver sa chasse pour la défense des Iles Britanniques.

rieure était trop nette pour que le Commandement britannique ne l'exploitât pas au maximum. La Royal Air Force se mit aussitôt à bombarder les bases aériennes allemandes en Norvège, à détruire les navires allemands, navires de guerre ou simples transports, amarrés à quai dans les ports norvégiens. Aucun de ces bombardements ne parvint à faire dévier le Commandement allemand de la ligne de conduite qu'il s'était tracée. On assista ainsi à ce spectacle curieux d'un corps

contre de nombreux objectifs au sol. Une distinction cependant était faite, qui montre bien l'hésitation du Commandement allemand au moment de s'engager dans la voie de la guerre aérienne sans restrictions. Il semble bien que les premières destructions, en France du moins, aient visé les terrains d'aviation et les transports militaires par voie ferrée. Mais aussitôt, aux destructions de gares répondirent d'autres destructions de gares. Pourquoi les gares de la Rhénanie



T W 1629

FIG. 2. — LE DO-215, LE PLUS RÉCENT BOMBARDIER Lourd ALLEMAND

*C'est un appareil où l'on s'est efforcé de doser vitesse et rayon d'action, en vue de l'utiliser contre des objectifs à moyenne distance, défendus par une chasse nombreuse. Il est donc intermédiaire entre les bombardiers très rapides, mais à faible charge utile dérivés du « Messerschmitt 110 », et les bombardiers relativement lents, à très grand rayon d'action, comme le « Wellington ».*

expéditionnaire allemand terrestre, naval et aérien, bombardé durant plusieurs semaines dans ses bases norvégiennes, tandis que les bases britanniques, d'où partaient les escadrilles de la Royal Air Force, étaient des objectifs soigneusement interdits aux bombardiers allemands.

L'offensive allemande du 10 mai sur le front occidental s'accompagna d'opérations aériennes un peu plus hardies. En même temps que l'armée envahissait le Luxembourg, la Belgique et les Pays-Bas, l'aviation déclenchait, dans ces pays comme en France, une attaque générale

et de la Ruhr auraient-elles été épargnées pendant que des gares françaises, belges et hollandaises étaient détruites ? Les incendies de stocks de pétrole répondaient aux attaques de terrains d'aviation ; et l'on passe aisément des parcs de réservoirs aux raffineries, des raffineries aux usines de pétrole synthétique, des usines de pétrole synthétique aux fabriques de moteurs et d'avions. La guerre aérienne sans restrictions était commencée.

#### Le choix des objectifs

Nous sommes abondamment renseignés sur le choix des objectifs, soit par

les déclarations générales des services de propagande, soit par les mentions journalières qui en sont faites dans les communiqués. C'est un des rares points pour lesquels nous pouvons nous en rapporter à ce genre de documents. S'il nous est difficile de savoir dans quelle mesure les objectifs indiqués ont été atteints, et au

premier jour, l'incendie des principaux parcs de réservoirs a évité que les stocks ne fussent répartis entre de nombreux dépôts, d'atteinte moins aisée, et dont la plupart auraient passé inaperçus.

La destruction des stocks a été complétée par celle des raffineries, puis des usines de pétrole synthétique.



T W 1627

FIG. 4. — LE JU-87, BOMBARDIER ALLEMAND EN PIQUÉ

*Le Junkers Ju-87, dont les communiqués ont signalé à plusieurs reprises l'emploi intensif dans les attaques à basse altitude dirigées contre les Iles Britanniques, constitue l'élément principal des escadres d'assaut allemandes. C'est lui qui travaillait sur le front français en liaison avec les divisions blindées. Il se signale par un certain nombre de particularités : aile en W dégagant les vues de l'équipage, « aile double » Junkers fonctionnant en dispositif hypersustentateur, volet de freinage en piqué au voisinage du bord d'attaque, arceau renforcé entre pilote et mitrailleur pour leur protection en cas de captage.*

prix de quelles pertes, nous n'avons aucune raison de mettre en doute que M. Churchill désire priver l'Allemagne de toutes ses sources de combustibles liquides, et que le Commandement allemand cherche à resserrer le blocus de la Grande-Bretagne.

Des objectifs assez peu variés qui sont assignés à la Royal Air Force, il n'est pas douteux, en effet, que le pétrole et ses succédanés sont spécialement visés.

L'opération a été conduite dès le début suivant des règles militaires correctes. Au

Bien entendu, stocks et raffineries des pays occupés par l'Allemagne ont subi le même sort. Rotterdam n'était pas plutôt occupé que ses parcs de réservoirs, jugés insuffisamment détruits par l'armée néerlandaise, étaient attaqués par les bombardiers anglais. L'incendie, vers le milieu d'août, des stocks et des raffineries à l'embouchure de la Gironde marque la fin des grandes opérations menées contre l'industrie pétrolière française en territoire occupé.

Le principal objectif de l'aviation alle-



mande est, sans aucun doute, le resserrement de plus en plus étroit du blocus contre la Grande-Bretagne.

L'attaque des convois s'est intensifiée; elle s'étend dorénavant, sous la protection d'une chasse qui dispose de bases rapprochées, de Land's End jusqu'en Ecosse, en passant par le Pas-de-Calais.

Libérée de toutes les entraves qu'elle s'était imposées jusqu'au 10 mai, l'aviation allemande peut maintenant attaquer les ports. Elle est ainsi en mesure de

Comment se limiter et ne pas incendier la ville entière ?

L'objectif principal des deux aviations est ainsi devenu en quelques mois la capitale et les grandes villes de l'adversaire.

### Les méthodes de bombardement

Les méthodes employées par les deux adversaires ont été d'abord assez différentes. Chacun a longtemps persévéré jusqu'ici dans la sienne, sans qu'il y ait



T W 1628

FIG. 5. — LE BRISTOL « BLENHEIM » MARK IV. BRITANNIQUE EN PIQUÉ

*La Royal Air Force, qui a mis assez longtemps avant de s'intéresser à l'aviation d'assaut et au bombardement en piqué, y emploie, aujourd'hui, une adaptation du Bristol « Blenheim », le premier bombardier rapide, étudié vers 1934, et dont les dernières versions font près de 500 km/h.*

donner au blocus qu'elle entend mener contre l'adversaire son efficacité maximum.

A ces deux objectifs essentiels s'en ajoutèrent de nombreux autres qui prirent une importance croissante quand les premiers furent sérieusement touchés. Dès à présent, les usines d'aviation, les usines de guerre de toute nature, les gares, les voies ferrées, les ouvrages d'art sur canaux, sont visés et atteints, préluant ainsi à la désintégration de l'activité industrielle européenne.

Comment atteindre aisément des navires à quai sans arroser en même temps les docks ?

Comment se borner aux docks ou aux usines ?

eu à ce choix de raisons sérieuses tenant à la distance et à la nature des objectifs.

L'aviation de bombardement allemande exécute presque toutes ses missions avec un accompagnement de chasse. On peut l'expliquer par la proximité des bases de départ, qui se répartissent aujourd'hui de la Norvège à la Bretagne, et des objectifs. Mais ne seraient-ce pas les objectifs qui sont précisément choisis à une distance qui permette cet accompagnement ? La fréquence et l'importance des opérations contre les ports de la côte Ouest et en Irlande restent faibles.

L'aviation de bombardement en piqué joue un grand rôle dans les expéditions allemandes. Son emploi est général dès qu'il s'agit d'attaquer les convois au large. Les intervalles entre navires sont tels

qu'un arrosage d'ensemble n'aurait qu'un rendement faible; il est donc indispensable d'attaquer les navires individuellement. Or l'efficacité de l'artillerie de défense éloignée des convoyeurs est suffisante pour interdire le lancement en vol horizontal à moyenne altitude, après des mesures en route droite de quelques dizaines de secondes; au surplus, les seules manœuvres de dérobement des navires convoyés réduiraient beaucoup l'efficacité de cette méthode de lancement. Force est donc d'avoir recours au lancement en piqué.

Mais l'aviation allemande semble bien avoir généralisé l'emploi du piqué chaque fois qu'elle a pu survoler ses objectifs à basse altitude, après avoir franchi le barrage de la chasse anglaise. Elle y trouve un gain de rendement considérable par la précision du placement des bombes, qui compense largement la différence de capacité de transport entre bombardiers lourds; l'effet moral de l'attaque à basse altitude par les « Stukas », avec accompagnement de sirènes et tir à la mitrailleuse contre le sol, est également recherché. Mais, en sens inverse, cette méthode limite la distance des objectifs, en raison du faible rayon d'action des bombardiers légers; elle ne permet pas d'échapper à la chasse anglaise aussi bien qu'un lancement à grande altitude.

Les opérations de jour ont longtemps été de règle pour l'aviation allemande; elles seules permettent l'accompagnement de la chasse, la reconnaissance exacte et le bombardement précis.

La Royal Air Force compte beaucoup moins sur le concours de sa chasse. La distance de la plupart des objectifs qu'elle se fixe le lui interdit d'ailleurs; les chasseurs n'ont pas le rayon d'action voulu pour un accompagnement des bombardiers sur la Saxe ou le Milanais à partir des côtes anglaises. Les escadrilles de bombardement ne peuvent donc, la plupart du temps, compter que sur elles-mêmes; c'est une question d'entraînement des mitrailleurs, et de qualité des tourelles.

Le bombardement à haute altitude, en vol horizontal, est de règle. Sa précision est très suffisante contre la plupart des objectifs choisis; un parc de réservoirs à mazout, une raffinerie, une usine d'aviation, ou de moteurs peuvent ainsi être bombardés avec un rendement qui reste

élevé; ce n'est guère que les objectifs de dimensions beaucoup plus faibles, navires, ports, qui réclament la précision du lancement en piqué à faible altitude.

L'opération de nuit est pareillement de règle. Quelle que soit la qualité du personnel et des tourelles à quatre mitrailleuses dont les bombardiers britanniques disposent pour leur défense, on ne voit guère des escadrilles de bombardement partant, de jour, par temps clair, pour un survol de quelques milliers de kilomètres des territoires ennemis.

Mais ces règles générales d'exécution se sont transformées quand il l'a fallu. Ainsi, lorsque la R. A. F. a voulu attaquer les navires à quai dans les ports occupés par l'Allemagne, les Bristol « Blenheim » ont parfaitement eu recours au lancement en piqué. Et l'aviation allemande, lorsqu'elle eut décidé le bombardement massif de Londres comprit assez vite que la précision du lancement en piqué des Stukas était inutile, et qu'un arrosage des objectifs à haute altitude ne pouvait que favoriser la sécurité de l'attaque.

### Les résultats

Si les sources officielles peuvent être consultées avec intérêt pour tout ce qui concerne la nature des objectifs et les méthodes d'attaque, la contradiction entre les communiqués de source différente recommande la plus grande prudence pour tout ce qui touche aux résultats et aux pertes. La discordance est d'ailleurs normale. S'il ne sert à rien d'essayer de cacher à l'adversaire, qui a tous les éléments voulus pour en juger, les objectifs que l'on vise et les méthodes que l'on emploie, on n'a aucune raison pour le renseigner sur la nature des dégâts que ses expéditions ont pu faire, ni sur les pertes exactes qu'ont coûté les expéditions dirigées contre lui.

Il s'en faut cependant que nous soyons démunis de tout élément d'appréciation sur ces deux points et que nous en soyons réduits à notre opinion personnelle sur le degré de véracité des publications suivant la source d'où elles émanent. Les Français ont pu juger par eux-mêmes de l'efficacité des attaques allemandes contre leur territoire et même suffisamment des pertes de l'expédition. Pourquoi les résultats, tenu compte des effectifs en présence, seraient-ils très différents du moment où les matériels et les méthodes restent les mêmes ?

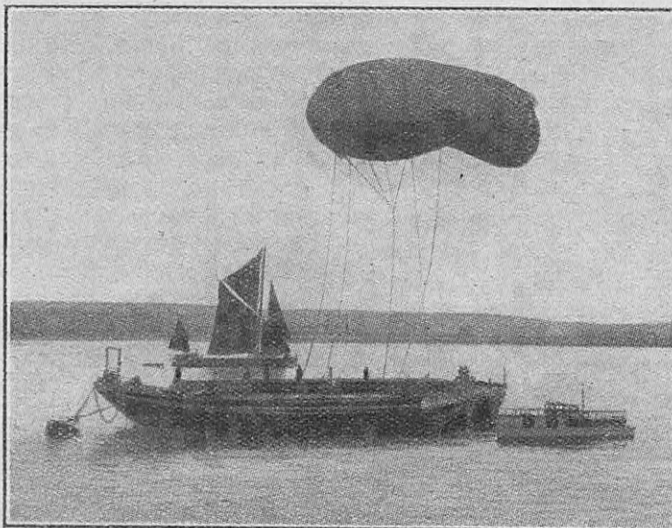
Dans bien des cas, il est impossible de cacher l'étendue des dégâts; si le décompte exact et la nature des avaries d'un matériel aérien dispersé sur un terrain est assez délicat, l'incendie d'un parc de réservoirs, d'une raffinerie, est aussi visible pour les pilotes qui viennent de les bombarder que pour les spectateurs qui les contemplent à des dizaines de kilomètres.

N'a-t-on pas vu depuis la ligne Maginot l'incendie des usines de produits chimiques de Ludwigshafen ? Enfin, malgré leurs contradictions graves et nombreuses sur des points précis, les communiqués renferment quelques éléments d'accord; à plusieurs reprises, les chiffres de pertes accusés de part et d'autre à l'occasion des expéditions lointaines de la Royal Air Force contre l'Allemagne centrale et l'Italie du Nord n'ont pas été tellement différents qu'on ne puisse en conclure à la possibilité de telles opérations avec un rendement acceptable.

Les résultats sont incontestablement très supérieurs à ceux que l'on obtenait entre 1914 et 1918. Ils le sont d'abord par le tonnage d'explosifs mis en œuvre; l'avion de bombardement de 1940, que ce soit un Do-17 ou un Vichers « Wellington » peut emporter quelques tonnes de bombes là où son prédécesseur de 1918 en emportait en général 100 ou 200 kg. Mais ils le sont surtout par l'exactitude relative du lancement; même à très grande altitude, le lancement en vol horizontal conserve la précision suffisante pour l'atteinte d'un objectif de l'étendue d'un port, d'une gare, d'une grande usine. Assuré-

ment les viseurs de 1940 sont supérieurs aux viseurs de 1918. Mais l'explication de la différence n'est certainement pas là. La dispersion énorme des lancements en vol horizontal de 1917-1918 sur des objectifs de grande étendue reste un mystère; on ne conçoit pas comment les bombes pouvaient tomber à quelques kilomètres de l'objectif visé, et cela aussi bien dans

les bombardements allemands de Paris et de Londres que dans les raids franco-britanniques contre les gares de la zone occupée. On peut se féliciter de n'avoir pas attaché à ce fait plus d'importance qu'il n'en méritait et de n'en avoir pas attaché à ce fait plus d'importance qu'il n'en méritait et de n'en avoir pas conclu, comme certains, à l'impuissance générale du



T W 1632

FIG. 7. — BALLON DE BARRAGE SUR CHALAND  
Cet emploi du ballon de barrage est probablement un des plus intéressants. Il a été inauguré en 1939 par la marine britannique contre les avions mouilleurs de mines magnétiques, qui venaient semer leurs mines de nuit à basse altitude dans les chenaux dragués. Il assure en outre une certaine protection contre les attaques en piqué à basse altitude des navires au port ou en convoi dans certaines régions côtières.

bombardement aérien.

Les objectifs ont été, de part et d'autre, choisis de manière assez judicieuse et ce choix est pour beaucoup dans le résultat.

L'attaque de toutes les installations pétrolières, parcs de réservoirs, raffineries, usines de pétrole synthétique, a certainement eu des résultats remarquables aussi bien en Grande-Bretagne qu'en Allemagne et dans les territoires occupés. C'est qu'il s'agit là d'un objectif extrêmement fragile, dont la destruction par incendie ne réclame qu'un tonnage très faible de bombes, même lancées à très grande altitude. La méthode, classique dans toutes les aviations, consiste en un arrosage par un mélange de bombes explosives légères à fusée instantanée, qui transpercent par leurs éclats les réservoirs au voisinage desquels elles tombent, et de bombes in-

cendiaires qui enflamment le liquide répandu sur le sol.

L'attaque des ports a certainement obtenu des résultats très importants. Nous pouvons en juger suffisamment d'après les bombardements allemands du Havre et de Marseille, qui ont cependant été conduits par des effectifs modérés et qui n'en ont pas moins remporté les succès auxquels on devait s'attendre, soit contre les installations fixes, soit contre les navires à quai. On peut aisément en déduire les résultats du bombardement allemand, par des effectifs beaucoup plus importants, des ports de la côte Sud de l'Angleterre, et ceux du bombardement britannique des ports continentaux.

C'est encore la nature de l'objectif qui explique la gravité des dégâts. Les ports de commerce sont, à la fois, un objectif assez vaste pour le bombardement à grande altitude, et assez exigu pour que les objectifs élémentaires, navires, hangars, y conservent la densité favorable au rendement élevé. Ils sont, de plus, aussi sensibles à la bombe incendiaire qu'à la bombe explosive. Il suffisait d'examiner le plan des ports de commerce, grands, moyens et petits, pour être assuré que l'attaque au port des marines marchandes était, de beaucoup, le moyen d'action d'action le plus efficace dont l'avion disposait contre le navire. On défendra les ports, objectaient ces dernières années ceux qui niaient la gravité de cette menace et qui croyaient cette défense assurée par quelques batteries de D. C. A. L'exemple des ports anglais de la Manche, où l'on ne s'était point fié à ce semblant de défense, mais où on l'avait complété par des services de détection et des forces de chasse dont bien peu de pays possédaient l'équivalent, montre quelle sera dorénavant la fragilité des ports de commerce chaque fois que la défense n'aura pas la certitude de la maîtrise de l'air.

Contre tous les autres objectifs, aviation au sol, usines de guerre, voies ferrées, canaux, installations électriques, on doit compter sur des résultats, moins sensationnels peut-être, mais qui n'en sont pas moins d'une efficacité certaine à la longue.

Au prix de quelles pertes tous ces résultats sont-ils obtenus ? A en juger par les chiffres publiés, c'est là le point sur lequel les discordances sont le plus accentuées. On peut cependant extraire de

cette incertitude générale les éléments les moins discutables.

La défense fixe, artillerie, projecteurs, ballons de barrage, n'a certainement pas donné ce que l'on escomptait. L'aviation et l'armée françaises le savent, par la double expérience des expéditions en Allemagne et en France. Les quelques chiffres publiés chaque fois qu'un des belligérants a donné la répartition de ses succès entre la chasse et l'artillerie le confirment. Il y a moins de raisons de mettre en doute le pourcentage qu'on attribue à chacune de ces armes dans le succès, que le chiffre global des avions descendus; lorsqu'un communiqué britannique annonce que sur 90 avions allemands descendus la veille, 80 l'ont été par la chasse et 10 par l'artillerie, on a le droit de préférer la version allemande, qui n'en accuse qu'une quinzaine, mais on n'a pas de raison sérieuse de croire que le Commandement britannique accepte de léser systématiquement une arme au profit d'une autre.

L'insuffisance de la défense au sol ressort particulièrement des communiqués relatifs aux expéditions à grande profondeur de la Royal Air Force en territoire allemand; les chiffres des pertes britanniques donnés par les deux communiqués ont été fréquemment assez voisins, et très faibles eu égard au nombre des objectifs et à l'importance des expéditions. Il en a été de même pour les premiers bombardements de l'Italie du Nord à partir des bases des Iles Britanniques. Or il n'est pas discutable que l'équipement allemand en artillerie de D. C. A., en projecteurs, représenté, en qualité comme en quantité, ce qui se fait actuellement de mieux. Que des bombardiers puissent ainsi se promener presque impunément pendant des milliers de kilomètres au-dessus du territoire de l'adversaire, soit parce que le tir exécuté contre eux est inefficace, soit parce qu'on renonce à tirer, est une indication que le principe même de l'emploi de l'artillerie en défense contre avions éloignés est discutable.

Sur la valeur absolue des pertes, britanniques et allemandes, nous disposons de la concordance approximative que nous venons d'utiliser, et qui permet d'affirmer que des opérations de nuit, à grande altitude, peuvent être conduites avec des résultats intéressants et des pertes modérées pour l'attaque.

De jour, au cours des expéditions me-

nées par de très importants effectifs allemands contre l'Angleterre, et malgré l'accompagnement de la chasse, il est probable que les pertes sont plus sévères. Toute la question se ramène au résultat d'un combat entre chasseurs et bombardiers, ou entre chasseurs de défense et chasseurs d'accompagnement. L'assaillant lance-t-il les appareils sur les Iles britanniques et la Manche à raison de 60, 100, 150 par jour comme l'affirment les uns ? Est-ce lui au contraire qui, tout en remplissant sa mission, inflige à la défense des pertes de cet ordre en ne subissant lui-même que des pertes cinq ou six fois moindres ? C'est un point sur lequel, en présence des affirmations contradictoires on ne peut se prononcer qu'au gré de ses sentiments personnels.

### L'avenir immédiat de la guerre aérienne

Nous sommes entrés en plein dans une nouvelle forme de guerre qui répond assez exactement aux prévisions de Douhet (1). A côté de deux armées et de deux marines aussi impuissantes les unes que les autres à modifier la situation, l'aviation aura-t-elle la décision ?

Nous l'avons, pour notre part, toujours cru, si l'on entend par cette expression que l'aviation sera l'élément décisif des opérations. Mais il faut bien observer que la décision ainsi conçue est d'une nature très particulière et très différente de celle que nous avons connue en 1918, ou de celle qui résulterait aujourd'hui d'une invasion de la Grande-Bretagne. Entre pays bien décidés à poursuivre les hostilités jusqu'à l'extrême limite de leurs forces, la guerre aérienne ne peut remplacer la guerre sur terre et cette « ultima ratio » qu'est l'occupation du territoire de l'adversaire, seul signe incontesté de sa réduction à l'impuissance. Elle posséderait tout au plus ce genre d'action que l'on attribue à la guerre navale, cet effet accélérateur de la décision au bénéfice de celui qui peut appliquer sa maîtrise de la mer au blocus de l'autre. Mais cela suppose que l'un des belligérants s'est assuré une maîtrise de l'air équivalente à la maîtrise de la mer, ou tout au moins une très grosse supériorité, soit d'effectifs, soit de position stratégique.

Si tel n'est pas le cas, le seul résultat

que l'on puisse attendre de son développement est un épuisement croissant des deux adversaires, dont l'effet de freinage est aussi certain que l'effet accélérateur du blocus à sens unique. Cet épuisement peut atteindre un degré dont nous n'avons guère idée, et qui tient à l'énormité des besoins fictifs que l'homme s'est créés, et qui disparaîtraient aisément, et à la facilité avec lequel il peut satisfaire aujourd'hui le seul besoin essentiel, la nourriture. La guerre aérienne, sans autre genre d'opérations, risque donc de traîner en longueur, en ne laissant à chacun des belligérants que des moyens de subsistance.

Nous n'en sommes pas encore là, et c'est bien en ce sens qu'il faut entendre les avertissements très clairs de la presse allemande et italienne quant aux possibilités de durée du conflit. La guerre aérienne n'aura pas eu ce caractère de soudaineté et ces effets immédiats et irrésistibles que certains se plaisaient à lui attribuer. Les hésitations, les tâtonnements, l'insuffisance des méthodes et des effectifs en auront marqué les débuts.

Rien ne saurait mieux prouver l'insuffisance des méthodes que leur rapidité d'évolution et leurs différences actuelles.

Mais l'insuffisance des effectifs est encore plus curieuse. On croit bon de signaler par d'énormes manchettes qu'une aviation parvient à réunir 500 avions pour les envoyer chez l'adversaire, qui réussit à faire décoller autant d'avions de chasse pour s'en protéger. On conçoit assurément qu'il y ait là matière à admiration dans un pays dont les capacités aériennes offensives se mesuraient au 1<sup>er</sup> septembre 1939, par 16 bombardiers modernes.

Mais peut-on croire que de tels chiffres marquent la limite du possible dans les trois empires qui combattent encore, et dont la population dépasse 600 millions d'habitants ? Serait-ce que les avions manquent ? Pas le moins du monde. Même si l'on fait subir quelques corrections aux chiffres en vue de réduire l'écart entre les 1 800 avions qu'on se vante de construire par mois, et les 15 ou 20 avions dont on déclare la perte les jours d'opérations particulièrement actives, les réserves de matériel aérien n'en doivent pas moins croître rapidement. Ce qui manque de part et d'autre, c'est l'équipage. Une fois de plus, l'homme s'est laissé dépasser par son œuvre.

Camille ROUGERON.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 219, page 175.

# LA CRISE DU PAPIER ET SES SOLUTIONS FRANÇAISES

par Louis HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

*La France, dans les dernières années du temps de paix, devait faire face à d'importantes importations de pâte de bois pour la fabrication des papiers de toutes sortes. Il lui faut dorénavant compter exclusivement sur les ressources intérieures. Fort heureusement, une prospection méthodique de la forêt française peut fournir la solution de ce grave problème de ravitaillement national. Les sapins et épicéas des Vosges et du Jura, les forêts résineuses des Alpes, les pins de la forêt landaise, et bien d'autres encore, sont susceptibles, par leur exploitation raisonnée et intensive, d'alimenter l'industrie métropolitaine du papier dont le développement et l'équipement doivent permettre de couvrir tous les besoins de la Métropole.*

## Les éléments du papier

IL existe actuellement, en France, une grave crise du papier, qui s'ajoute à beaucoup d'autres. Avant d'en marquer les causes, d'essayer d'en indiquer les remèdes, il est indispensable d'indiquer quels sont les éléments constitutifs du papier. Ce produit est, chacun le sait, un feutrage de fibres cellulosiques, auquel vient s'ajouter un enrobage fait de substances variées, minérales et organiques. Les fils de lin, de chanvre ou de coton, les chiffons, constituants originels de ce feutrage, ne sont plus utilisés que pour les papiers de luxe, à la fois souples et tenaces, tels ceux qui servent à la fabrication des billets de banque ; le prix élevé et la rareté de ces matières premières ont contraint à extraire les fibres de cellulose du bois, ou de la tige de certains végétaux plus ou moins fibreux, comme la paille, la ramie, le genêt, l'agave, l'arfa, etc.(1), mais le bois de certains arbres (tremble, pin, épicéa...) reste le grand fournisseur.

Celui-ci, après écorçage, apparaît comme un faisceau de fibres, enrobées de lignine, qui sert à la fois à les accoler les unes aux autres et à renforcer leurs parois; les fibres des arbres à feuilles caduques (chêne, peuplier, tilleul, etc.) sont courtes et fines; celles des bois résineux

(pin, sapin, etc.) sont plus longues et assez grosses (1). La lignine, produit chimique assez mal défini, est plus ou moins colorée en brun suivant la teinte du bois; pour cete raison, les bois blancs sont plus faciles à travailler. Enfin, le bois contient divers hydrates de carbone, des tannins, des résines, etc...

Pour obtenir la pâte, matière première des diverses variétés de papier, il faut isoler, dans le bois, les fibres de cellulose. Ce résultat peut être obtenu par divers procédés. Le plus simple, qui donne la pâte mécanique, consiste à soumettre le bois décortiqué à l'action de meules, qui arrachent les fibres et les dissocient à l'aide d'un courant d'eau qui les entraîne et sert ensuite à les classer; on obtient ainsi, dans les pays où l'eau et la force motrice existent en abondance, une production journalière d'une tonne de pâte pour une puissance de 55 kw; mais les fibres ainsi obtenues sont courtes, incomplètement séparées de la lignine, brisées par le contact des meules, et par suite ne peuvent donner qu'un papier de qualité inférieure; notons cependant que la pâte mécanique entre, en proportion de 75 à 80 %, dans la composition du papier-journal, dont la consommation est énorme, comme nous le verrons tout à l'heure.

Des fibres plus longues et plus élastiques sont obtenues, toujours aux dépens du bois, par les procédés chimiques, qui dissocient le bois en dissolvant la lignine,

(1) On a proposé aussi, en Allemagne, de tirer parti des tiges et des feuilles de la pomme de terre. Une usine aurait été installée dans ce but à Crollwitz (Thuringe). Pour l'ensemble du Reich, on prévoit une production totale de 675 000 t de cellulose de pomme de terre.

(1) Longueur de quelques fibres : tremble, 0 mm 11 à 1 mm 3 ; sapin, épicéa, 0 mm 75 à 1 mm ; pin, 0 mm 8 à 1 mm 25.

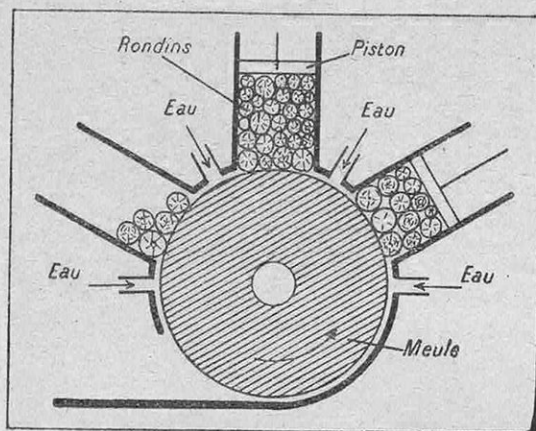


FIG. 1. — COUPE SCHÉMATIQUE D'UN DÉFIBREUR A PLUSIEURS CYLINDRES POUR RONDINS

Le bois, débarrassé de son écorce, est amené par pression hydraulique contre une meule en grès. Les fibres arrachées sont entraînées par un courant d'eau et l'on obtient ainsi une pâte très fluide. La machine ci-dessus est à fonctionnement continu, l'un des cylindres étant au remplissage pendant que les autres poursuivent le défibrage

de telle sorte que les fibres séparées peuvent être mises à part sans être détériorées; on a recours dans ces procédés, soit à froid, soit à chaud, à l'action de lessives de soude ou de bisulfite de sodium, suivant des techniques que nous n'avons pas à exposer ici (1); les pâtes chimiques ainsi obtenues, sont ensuite décolorées, aussi bien que les pâtes mécaniques, par l'action du chlore ou des hypochlorites, ce blanchiment étant poussé plus ou moins loin suivant l'origine des fibres et l'emploi auquel on destine le papier.

Ces opérations donnent un rendement en pâte sèche, dont la grandeur dépend,

(1) On en trouvera un exposé très clair dans l'article de G. Dupont : *La Science et la Vie*, n° 146, page 129.

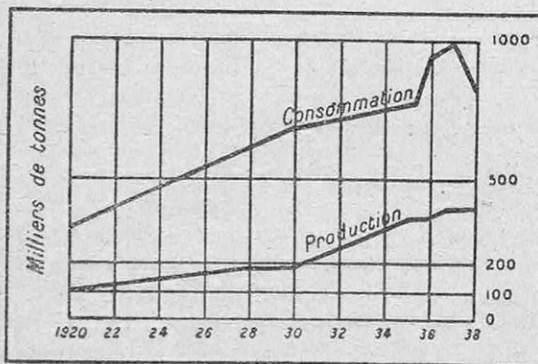


FIG. 2. — PRODUCTION ET CONSOMMATION FRANÇAISE DE LA PÂTE DE BOIS

à la fois, du mode de traitement et de la nature du bois ; pour la pâte mécanique, ce rendement atteint 50 % pour le pin, 60 % pour le tremble et s'élève même à 63 % pour l'érable; les procédés chimiques, avantageés au point de vue de la qualité, sont au contraire défavorisés pour le rendement : 30 % pour le bouleau, 38 à 39 % pour le pin sylvestre et l'épicéa.

Ces divers types de pâte, mécanique et chimique, sont ensuite transformés en papier dans des usines, établies pour la plupart sur le sol national, qui conditionnent les types infiniment variés dont le commerce et l'industrie ont besoin, depuis le grossier papier kraft, à peine décoloré, employé pour la cartonnerie et l'emballage, jusqu'aux plus délicats papiers de soie et aux papiers de luxe destinés à l'impression et aux reproductions artistiques; les papiers fins ont subi pourtant, depuis quelques années, la concurrence de la cellophane, que ses qualités d'imperméabilité, de résistance et de transparence désignent de plus en plus pour de nombreux emplois.

### La consommation de la France

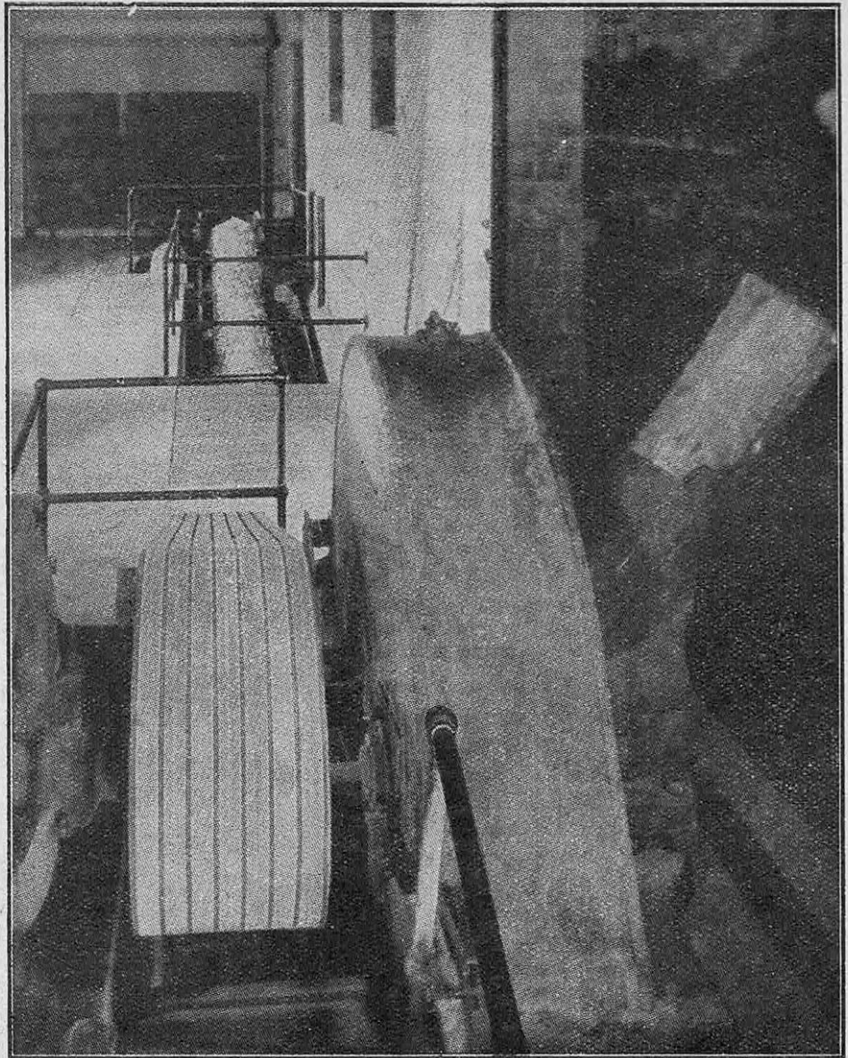
Notre pays consomme de la pâte mécanique et de la pâte chimique. Notre consommation est tributaire de l'étranger, principalement de la Suède, de la Norvège et de la Finlande.

Comme on peut s'y attendre, le papier-journal représente, à lui seul, le principal client de cette grande industrie. En France, il y a 75 ans, l'introduction de la presse rotative par Marinoni et la création, par Emile de Girardin, du « Journal à un sou » furent les points de départ d'un développement rapide de la publication journalistique. Pourtant, notre pays est loin de se trouver, à ce point de vue, au premier rang; la revue *Paper Maker* a publié l'état de la consommation de papier-journal par tête d'habitant, pour 1934; cette statistique, que reproduit le tableau ci-contre est la dernière parvenue à notre connaissance.

ETATS-UNIS.....	21,75 kg
ANGLETERRE.....	26 kg
AUSTRALIE.....	19 kg
ARGENTINE.....	12 kg
HOLLANDE.....	11 kg
FRANCE.....	8,6 kg
SCANDINAVIE.....	8 kg
JAPON.....	5 kg
ALLEMAGNE.....	3,25 kg
ITALIE.....	2 kg
U. R. S. S.....	moins de 1 kg

Il n'est pas malaisé de discerner les raisons qui ont amené la France à tolérer une situation qui confiait à l'étranger le soin, et le profit, d'alimenter en matières nos fabriques de papier. En régime pacifique, les échanges permettent à chacun d'acheter les produits là où ils peuvent être obtenus économiquement ; or, il est incontestable que les pays septentrionaux, grâce à l'abondance des forêts, à la multiplicité des cours d'eau et à la puissance développée par leurs chûtes, possèdent en abondance tous les éléments d'une production économique de pâte ; il faut bien le dire, notre production nationale ne pourra

entrer en lutte avec eux, sans tarifs de défense ou sans contingentements. Or, sous la pression des grands journaux, intéressés à réduire leurs prix de revient, l'importation de la pâte à papier ne fut soumise qu'à une taxe dérisoire de 0,2 % de sa valeur, et aucun contingentement ne vint limiter cette importation. Il était donc inévitable que notre production indigène fut réduite à peu de chose, alors que nos bois papetiers (pin, sapin, épicéa, etc.) souffrent d'une telle mévente, que leurs prix en francs dépréciés d'aujourd'hui ne sont pas plus élevés qu'ils ne l'étaient, avant 1914, en francs-or ;



T W 1614

FIG. 3. — DÉFIBREUR A UN CYLINDRE UTILISÉ AUX ÉTATS-UNIS

*Le rondin est introduit par la droite. Le produit du défilage par la meule est transporté par la courroie visible au fond. (The Mead Pulp and Paper Company, Chillicote, Ohio).*

pendant ce temps, nous achetions à l'étranger, et payions en or, les trois-quarts de notre pâte à papier ! Situation qui, même en temps de paix, avait soulevé de légitimes, mais inutiles protestations.

Cette politique de facilité, disons plutôt de nonchalance, fut celle de la France durant ces vingt dernières années ; elle a produit les résultats dont nous sommes aujourd'hui les victimes. Pourtant, même dans des conditions économiques difficiles, il aurait été possible d'alléger le tribut des importations, en mieux exploitant notre beau domaine forestier : La



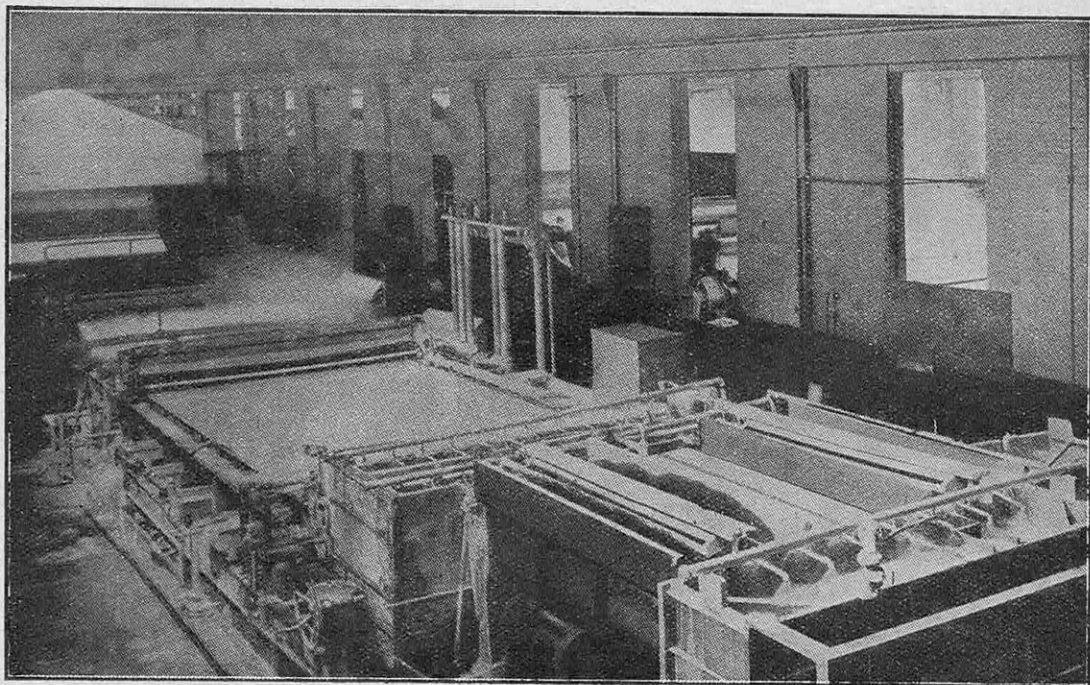
Science et La Vie nous en avait fourni la preuve (1) en décrivant la grande usine Bilescose, établie à Vierzon pour l'exploitation des pins de la Sologne ; il aurait suffi de quelques usines semblables établies dans nos grandes régions forestières (Landes, Nivernais, Alpes, Vosges, Provence, etc.) pour assurer, au point de vue qui nous occupe, notre pleine indépendance économique.

#### Palliatifs et remèdes

Cette situation, pour défavorable qu'elle

soit, ne peuvent plus nous envoyer leur pâte ; les autres pays exportateurs, le Canada, Terre-Neuve, l'U. R. S. S., nous sont fermés pour des raisons diverses, peut-être momentanées ; c'est donc *uniquement* sur la production nationale que nous devons compter et nous avons montré sa déficience.

Quand un produit fait défaut, la solution la plus simple est, évidemment, de s'en passer ; c'est celle qu'on nous impose actuellement, en astreignant journaliers et périodiques à réduire de moitié



T W 1613

FIG. 4. — UNE MACHINE FOURDRINIER MODERNE POUR LA FABRICATION DU PAPIER

*On voit ici l'arrivée de la pâte et le système de filtres qui la débarrassent des diverses impuretés qu'elle transporte. Elle s'écoule ensuite en couche mince sur un tapis métallique sans fin et entreprend le cycle complexe des opérations de séchage et de calendrage.*

fut, pouvait toutefois se prolonger en régime de paix. Il n'en va plus de même aujourd'hui, après la série de catastrophes qui ont jeté à bas le statut européen, et en attendant qu'il soit reconstruit sur de nouvelles bases, qu'on veut espérer plus solides. La Finlande, amputée de ses plus belles forêts et de ses plus importantes usines de pâte, soumise pour le reste à la pression russe, est impuissante à exporter ses produits par le chemin, actuellement fermé, de la Baltique ; la Norvège et la Suède, pour des rai-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 167, page 435.

leur consommation annuelle. Considérable aussi, mais plus malaisée à chiffrer, sera la réduction sur les papiers d'emballage, dont chacun a pu constater la sévérité ; la récupération méthodique des divers fibres cellulosiques viendra encore compléter ces mesures d'économie ; enfin, on pourra envisager une réglementation limitant les types de papier, de façon à obtenir une réduction de la consommation de la pâte.

Ce sont là, espérons-le, des solutions provisoires, car elles marquent une régression de notre civilisation ; les statistiques citées plus haut montrent que la

consommation du papier, mieux que celle du fer, est un des indices les plus sûrs de l'état social auquel les peuples sont parvenus : l'homme qui lit prépare l'homme qui pense. Il faudra donc, au plus tôt, mettre fin à ce régime de restrictions et pour commencer, faire le bilan de nos ressources pour savoir si nous en avons les moyens. Disons tout de suite, pour nous rassurer, que ce bilan est favorable et permettrait sûrement de tripler, peut-être même de quadrupler notre production de pâte, sous la réserve que la France conserve ses limites actuelles et son domaine d'outre-mer.

Commençant par les solutions les plus simples, nous ferons d'abord appel à l'alfa, qui pousse en abondance sur les hauts-plateaux d'Algérie et de Tunisie; dans le seul département d'Oran, la « mer d'alfa » couvre des kilomètres carrés, dont chacun peut fournir 70 à 80 tonnes de feuilles sèches; la récolte de cette graminée est depuis longtemps organisée; comprimé en balles de 200 à 250 kg, l'alfa était expédié en Angleterre, où il servait à la fabrication de papiers de luxe. On n'aura donc qu'à détourner à notre profit ce qui existait déjà, et on pourrait peut-être y joindre l'exploitation d'autres plantes indigènes, comme l'agave, le genêt d'Espagne et, dans la Métropole, la paille, du moins dans des limites tolérables pour l'agriculture.

On a proposé également l'utilisation des sarments de vigne; la surface du vignoble français atteint 400 000 hectares, dont chacun produit, en moyenne, 1 500 kg de bois chaque année; il reste donc 600 000 tonnes de sarments, utilisés autrefois pour le chauffage domestique dans les campagnes; mais les populations rurales se détournent de cet emploi, et cette énorme production de bois reste à peu près inutilisée; elle trouverait évidemment un emploi très intéressant pour la fabrication de la pâte, si la manutention et les traitements nécessaires n'étaient pas trop dispendieux; sur ce point, les opinions des techniciens s'opposent.

Mais la grande ressource du pays, c'est son domaine forestier. Suivant les statistiques du service des Eaux et Forêts, ce domaine couvre presque un quart (23 pour cent) des territoires métropolitains, soit environ 13 millions d'hectares; sur ce total, 5 millions d'hectares, constituant les forêts domaniales et communales, sont entretenus et exploités avec un soin par-

ticulier. Cet ensemble représente une inestimable richesse et, qui plus est, une richesse qui se multiplie avec le concours du temps, de la terre et du soleil; une partie de cette production forme le bois d'œuvre, utilisé pour la menuiserie, la charpente, le boisage des mines, les poteaux télégraphiques et tous autres usages. Mais, en dehors de ces emplois, qui consomment surtout les troncs de diverses essences, le reste est médiocrement utilisé; en principe, les grosses branches, débitées en rondins, forment le bois en grume (c'est-à-dire recouvert de son écorce) qui trouvait jadis sa place dans nos cheminées pour le chauffage domestique, tandis que les petites branches, ainsi que le produit des bois taillés, étaient transformés en charbon de bois. En réalité, les bois de chauffage et de charbonnerie se sont peu à peu dépréciés, depuis que des moyens plus modernes ont été mis à notre disposition. Il y a donc là une matière première inutilisée, et on peut évaluer sa production annuelle à une dizaine de millions de stères, soit 6 à 7 millions de tonnes; il n'en faudrait pas tant pour fournir toute la pâte à papier dont nous avons besoin.

Ainsi, les ressources ne manquent pas; il convient de les utiliser sans délai. Mais il ne faut pas s'attendre à un résultat immédiat : organiser l'exploitation méthodique des forêts, dresser à cet effet un personnel actuellement inexistant, construire les usines de pâte, acheter les machines qu'on ne trouve qu'à l'étranger, tout cela prendra, nécessairement, plusieurs années. Encore faudra-t-il, pour aboutir pleinement, ne pas attendre tout de l'initiative privée; celle-ci devra être stimulée et coordonnée par un chef posédant, avec les moyens d'agir, l'autorité et la responsabilité; mais cette « dictature du papier », à la différence de beaucoup d'autres, ne s'exercera que pour notre bien.

Enfin, il ne faut pas s'attendre, quoi qu'on en ait dit, à ce que ces mesures nous donnent le papier à meilleur prix qu'autrefois, car même en mettant les choses au mieux, la fabrication française ne trouvera jamais les conditions économiques qui favorisent les pays du Nord; mais au moins, ce papier sorti de la forêt française sera bien à nous; espérons qu'il ne portera jamais que des pensées françaises.

Louis HOULLEVIGUE.

# COMMENT NE PAS MAIGRIR EN MANGEANT PEU ?

par André FOURNIER

*Comment utiliser au mieux la part réduite d'aliments qui va être réservée à chacun de nous au cours des prochains mois ? Ce problème d'actualité n'est qu'un cas particulier du problème plus général de l'alimentation rationnelle, qui se situe aux frontières de la bioénergétique et de la médecine. On sait aujourd'hui que l'homme, pour subsister et travailler, doit recevoir chaque jour une quantité minimum d'aliments énergétiques (pour produire de la chaleur et du travail) et d'aliments d'entretien destinés à compenser l'usure de ses tissus. Ce problème de quantité se double d'un problème de qualité. La ration alimentaire quotidienne ne doit pas tout d'abord descendre au-dessous d'un certain volume, pour que l'appareil digestif l'accepte sans trouble, et doit comporter un assortiment de divers aliments qualitativement irremplaçables, au premier rang desquels il convient de placer les vitamines, ces substances qui, à des doses très minimes, sont reconnues indispensables à la santé, à la croissance, à l'entretien, à la reproduction, c'est-à-dire à la vie même. Un harmonieux et judicieux équilibre du régime alimentaire permettra à notre organisme de supporter sans dommage les privations annoncées et peut-être même, pour certains, d'en tirer un bénéfice appréciable par la disparition des troubles provoqués par une suralimentation irraisonnée.*

**E**N France comme en beaucoup d'autres pays, le problème de la nourriture se posait récemment, pour la collectivité, sous la forme d'un problème de surproduction et pour l'individu, sous la forme d'un problème de suralimentation.

Que faire de ces récoltes surabondantes, dont le fléau s'étendait d'année en année, du vin au blé, du blé à la betterave, de la grande culture à la culture maraîchère ? La question était posée sans arrêt à l'Etat par des producteurs qu'elles ruinaient, et l'Etat s'efforçait tant bien que mal de leur donner satisfaction, par la dénaturation, la distillation, les interdictions de culture.

Pour l'individu qui trouvait agréable l'ingestion de cette nourriture surabondante obtenue à si bon compte, toute la question était d'éviter les dégâts les plus apparents qu'elle produisait dans son organisme. Il n'y réussissait guère mieux que l'Etat, si l'on en juge par les ravages croissants de l'obésité dans les classes dites déshéritées.

Brusquement, la menace de famine succède à la surproduction.

C'est à l'Etat, plus puissant que jamais, qu'incombe la lourde tâche d'accroître la production et d'assurer la répartition. L'entreprise n'est pas désespérée; la terre de France peut nourrir aisément beaucoup plus d'habitants qu'elle ne le fait.

## La ration de strict entretien

L'être vivant est une machine qui transforme en chaleur et travail l'énergie chimique des aliments qu'on lui fournit.

Si la part transformée en travail mécanique est négligeable, ce qui est le cas de la presque totalité des êtres humains dans les pays où se sont développés la traction animale et le machinisme, si les déperditions sous forme de chaleur sont réduites par des vêtements convenables, l'homme devra absorber journellement, pour ne pas vivre aux dépens de ses tissus, une ration minimum lui apportant l'énergie indispensable au maintien de sa température (1).

Cette ration s'évalue en calories, dont chacune représente la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° C la température de 1 kg d'eau (grande calorie). L'énergie chimique contenue dans les

(1) Et aussi au travail mécanique qu'exigent les mouvements de la cage thoracique et du diaphragme pour la respiration, les battements du cœur, les contractions des viscères qui font progresser le bol alimentaire. En outre, l'organisme humain doit accomplir certain travail physicochimique quand il fait transiter à travers le poumon, l'intestin, les capillaires sanguins ou le rein, de l'eau, des sels, des aliments, de l'oxygène, du gaz carbonique, etc., ou lorsque ses glandes endocrines élaborent par synthèse des substances chimiques complexes.

aliments et utilisable par l'homme se calcule d'après les mêmes chiffres que donnerait la combustion des éléments de la ration dans la bombe calorimétrique. Que la combustion d'huile d'arachide se fasse instantanément dans l'oxygène à 40 kg/cm<sup>2</sup> de la bombe, un peu moins rapidement dans l'air d'un moteur Diesel, ou par étapes progressives à 37,5° dans l'organisme humain, la quantité de chaleur qu'elle dégage sera toujours de 8 500 calories au kg. La conclusion découle du principe dit « de l'état initial et de l'état final »; elle n'est exacte que dans la mesure où l'état final, gaz carbonique et eau, est le même, ce qui est vérifié d'une manière très suffisante pour la plupart des aliments à faible teneur d'azote (1).

La ration d'entretien, en l'absence de travail physique important, ne saurait être une constante absolue; elle dépend du poids de l'individu, du sexe, de l'âge, du « tempérament ». On peut en fixer cependant une valeur moyenne de 2 100 calories par jour, avec des valeurs extrêmes assez éloignées de la valeur moyenne (2) (voir notamment plus loin l'effet de l'âge et du sexe).

Ce chiffre est assez différent de celui qu'on donne le plus fréquemment, 2 300 calories, pour qu'il ne soit pas inutile de le justifier.

Éliminons d'abord toute objection fondée sur la valeur moyenne de la ration absorbée. La ration moyenne que consomme le Français ne représente pas plus la ration normale que le poids moyen des individus de 40 à 50 ans, dont un grand nombre sont atteints de petite obésité, n'est le poids normal d'un individu de même âge et de même taille. L'opinion moyenne n'a pas de valeur en bioénergétique.

La valeur alimentaire et la composition de la ration moyenne du Français ont subi, depuis 1914, une transformation

(1) La destruction des matières protéiques n'est en effet poussée que jusqu'à former de l'urée que le rein évacue. Cette urée, en brûlant, pourrait encore fournir de l'énergie.

(2) Il ne faut pas confondre cette ration d'entretien, correspondant essentiellement à des conditions pratiques, avec la ration déduite des mesures de « métabolisme basal », effectuées dans des conditions très particulières de température, sur un sujet à jeun et couché. On trouve ainsi, d'après M. André Mayer, 1 600 cal environ par jour. Cette dépense augmente lorsque le sujet est debout et qu'il travaille. Un travail intense peut porter la dépense à 3 000 cal et même davantage.

complète. La ration moyenne atteignait auparavant dans la bourgeoisie de 3 000 à 3 500 calories; elle ne dépassait pas 2 000 à 2 500 calories chez l'ouvrier et le paysan. La situation s'est inversée. Les répercussions financières de l'après-guerre sur son budget, si elles ne l'y ont pas absolument contraint, ont du moins facilité au bourgeois la réduction de sa ration alimentaire; l'ouvrier et le paysan ont augmenté la leur à 4 000 et 4 500 calories. Même inversion dans la composition: la viande et le vin figuraient copieusement dans la ration du bourgeois, rarement dans celles de l'ouvrier et du paysan; c'est à ceux-ci aujourd'hui de manger de la viande à tous les repas et de boire leur vin pur, quand le bourgeois se passe en général de viande à son repas du soir et coupe son vin d'eau.

Nous ne croyons pas qu'on trouve dans l'histoire d'autre exemple d'un bouleversement aussi complet et aussi rapide dans les habitudes de sobriété d'un peuple entier. Ne l'attribuons pas à « la victoire » en général. Cette transformation a une cause parfaitement précise: la suralimentation pendant quatre années de guerre de cinq millions de mobilisés auxquels l'Intendance délivrait une ration de strict entretien, et qui dépassait le plus souvent ce chiffre par le moyen du supplément de vin et du « colis aux soldats »; l'introduction dans cette ration d'une quantité absolument anormale de viande (400 à 500 g), qui contenait quatre à cinq fois la teneur d'azote strictement nécessaire, en négligeant même l'azote d'origine végétale.

Si aucune raison ne justifie les 3 500 à 4 000 calories de la ration du travailleur « bien nourri », la fixation entre 2 300 et 2 400 de la ration « normale », fréquente chez les spécialistes, n'est pas plus justifiée en pratique. Elle suppose un travail physique modéré, qui n'est pas celui de la moyenne des Français; un poids supérieur à leur poids normal d'aujourd'hui, si on tient compte de leur taille et de leur développement osseux et musculaire; une répartition des âges qui ne soit pas celle d'une « nation de vieux ». Le chiffre de 2 100 calories, donné par d'autres, nous paraît beaucoup plus proche de la vérité.

Au surplus, la démonstration a été faite bien des fois que des rations inférieures encore étaient aisément supportées sans que le patient fut réduit à l'autophagie. En cure d'amaigrissement, il faut descendre nettement au-dessous de 2 000 calories pour obtenir un résultat. C'est à un chif-

fre de cet ordre que s'établissait la ration moyenne allemande en 1917 et 1918; le chiffre était inférieur dans les régions occupées, Belgique et France du Nord-Est. On a pu évaluer après coup très exactement à 1 700 calories la valeur de la ration de certains camps de représailles pour officiers russes; or, après un amaigrissement passager, le poids se stabilisait.

On pense bien que ce n'est pas sans quelque difficulté qu'on convaincra la moyenne des hommes qu'ils peuvent réduire de près de moitié la valeur énergétique de leur ration journalière. Dans la suralimentation comme dans toutes les autres intoxications, l'ingéniosité de l'intéressé ne connaît pas de limites.

« J'ai faim, objecte-t-il, donc je ne mange pas trop ». La faim n'est pas un critère. La sensation qu'il éprouve lorsqu'il ne peut se lever de table sans ajouter une bouchée à une autre est purement malade; l'ingestion d'aliments ne la calme pas. Au sixième gâteau dont elle accompagne son thé, cette grosse dame a tout autant faim qu'au premier, comme à son sixième bock ce buveur n'a pas réussi à étancher sa soif, comme ce fumeur d'opium qui débuta par une pipe n'est pas satisfait aujourd'hui après une douzaine.

« Je ne mange pas trop, dit cet autre, puisque M. X..., qui mange beaucoup plus que moi, reste maigre. Vous voyez bien que si je grossis, c'est simplement mon tempérament qui est en cause ». Que la complexion particulière influe sur la capacité d'un organisme à emmagasiner sous forme de graisse l'excès d'aliments qu'on lui inflige, cela n'est pas douteux. Certains ont la chance de pouvoir manger à leur guise sans grossir, ce qui ne signifie pas que cette pratique reste pour eux sans inconvénients. Mais la suralimentation n'en est pas moins la condition nécessaire de l'obésité.

Une nourriture abondante serait, paraît-il, indispensable au développement de l'enfant et de l'adolescent, comme à la santé du travailleur adulte. Comment se fait-il alors qu'à l'accroissement énorme de la ration journalière que l'on observe depuis 25 ans corresponde une déficience physique croissante de la race qu'enregistrent impitoyablement les mensurations des conseils de révision? Cet adolescent trop mince pour porter un fusil, c'est l'obèse de demain. En 1918, dans telle petite ville de Provence, mi industrielle mi agricole, on rencontrait un type hu-

main parfaitement sain, qui n'avait guère varié depuis des siècles. Aujourd'hui, la petite et la grosse obésité y sévissent avec une telle intensité que le poids normal, après 40 ans chez l'homme, après 35 ans chez la femme, est une véritable exception.

Les conséquences de cette suralimentation? Passons la parole à un spécialiste:

« Les ouvriers et les paysans commencent à souffrir des maladies qui étaient auparavant la cause de l'amaigrissement physique des classes riches. La goutte, l'obésité, le diabète, l'artériosclérose, la neurasthénie, l'angine de poitrine, les hémorragies cérébrales, les paralysies, étaient autrefois réservées aux maîtres: *morbus domini*, disaient les Latins; elles atteignent aujourd'hui le serviteur, comme l'ouvrier et le paysan.

« Après la guerre de 1914, où certains, les Allemands entre autres, avaient dû se rationner pendant des années, les statistiques ont révélé les bienfaits de ces restrictions forcées: la diminution de la mortalité, de la gravité des maladies infectieuses, la réduction des maladies de la peau, des bronches, de l'artériosclérose, des complications circulatoires, rénales, de la goutte, du diabète... ont accompagné l'amaigrissement forcé des populations rationnées ». (Docteur Heckel.)

Que l'effet de la suralimentation déborde le domaine médical, la guerre présente vient de nous en administrer la preuve; il n'était pas besoin des maîtres de la médecine moderne pour nous en convaincre: « Je ne crains pas ces hommes gras et indolents, nourris dans l'abondance, disait César en parlant de Varus et de Pompée, mais le maigre Brutus, le pâle et ascétique Caton ».

#### Les facteurs de variation de la ration de strict entretien

Le chiffre de 2 100 calories pour la ration de strict entretien n'est qu'une moyenne de valeurs individuelles sous la dépendance de nombreux facteurs.

Le premier est le *poids*: il faut plus d'énergie pour entretenir la chaleur animale d'un bœuf que celle d'un rat. L'idée la plus simple est d'admettre que la ration de strict entretien est proportionnelle au poids; elle n'est pas confirmée par l'expérience, ce qui s'explique aisément, car les échanges calorifiques sont fonction des surfaces et non des volumes. La

Espèces	Poids en kg	Calories par kg et par jour	Calories par m <sup>2</sup> et par jour
Canari	0,020	282	718
Souris	0,025	241	780
Pigeon	0,250	110	675
Chien	14	36	770
Mouton	50	28	1250
Homme	64	25	925
Porc	130	20	1200
Bœuf	600	15	1050

TABLEAU I. — VARIATIONS DE LA DÉPENSE CALORIFIQUE EN FONCTION DU POIDS ET DE LA SURFACE. La dépense calorifique n'est pas proportionnelle au poids ou au volume, mais sensible à la surface (loi de Sarrus et Rameaux 1838). Cela tient à la proportionnalité à la surface des chaleurs émises. La différence, qui n'est pas très sensible lorsqu'on compare des individus d'une même espèce, apparaît nettement lorsqu'on étend la comparaison à des animaux d'espèces différentes, donc de poids très différents. La troisième colonne du tableau montre qu'il faut, par kg d'animal, une ration presque vingt fois plus élevée pour le canari que pour le bœuf ; il lui faut au contraire (quatrième colonne) à peu près même ration rapportée à l'unité de surface d'échange.

proportionnalité à la surface est beaucoup mieux vérifiée comme le montre le tableau ci-dessus qui se rapporte à des animaux dont les poids diffèrent dans le rapport de 1 à 30 000 (canari et bœuf).

L'âge et le sexe ont un effet important, distinct du poids. Les courbes ci-contre le précisent, et expliquent comment de « petites vieilles » peuvent vivre sans plus d'aliments qu'une garçon de dix ans. C'est pratiquement, avec le poids, le facteur principal.

Le travail physique exécuté par l'individu joue un rôle considérable dans ses combustions organiques. L'homme transforme l'énergie chimique en énergie mécanique, avec le rendement d'une bonne machine thermique : 25 % en moyenne, soit de 20 à 35 %, suivant la nature du travail et le degré d'entraînement. Au rendement de 30 %, qu'on obtient aisément dans la

marche, l'homme consomme 500 calories pour s'élever à 1 000 mètres.

Faut-il en conclure qu'il y a là un facteur dont il faille absolument tenir compte dans la fixation des rations, comme on a tenté de le faire ? Ce serait commettre la même erreur que l'Intendance fixant le taux de la ration du soldat en campagne d'après l'expérience du siècle passé. Dans une des plus récentes et des plus remarquables de nos publications officielles, un éminent spécialiste de la bioénergétique croit pouvoir donner l'échelle suivante : tailleur, 2 500 calories ; métallurgiste, 3 200 calories ; bûcheron, 5 000 calories ; docker ou charpentier, 6 000 calories.

Nous pouvons lui affirmer, pour avoir dirigé des ouvriers de ce dernier corps de métier pendant une dizaine d'années, que le charpentier d'aujourd'hui, qui ne soulèverait pas le moindre gousset ou paquet de boulons de montage sans faire appel à une grue, ne dépense pas davantage de calories que le « métallo » qui regarde tomber les écrous d'un tour à décolleter, ou par le tailleur, qui doit au moins manier ses ciseaux sans aide mécanique.

La température ambiante est pareille-

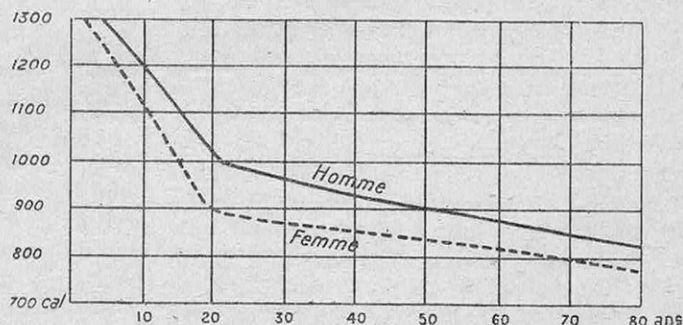


FIG. 1. — CALORIES DÉPENSÉES PAR MÈTRE CARRÉ ET PAR JOUR EN FONCTION DE L'ÂGE ET DU SEXE

Les courbes ci-dessus donnent, d'après les chiffres déjà anciens de du Bois, revus par Boothby et Sandiford, la valeur de la ration de strict entretien en fonction de l'âge et du sexe. La présentation, par mètre carré, élimine l'influence du poids. Les chiffres donnés, comme ceux du tableau précédent, représentent la dépense calorifique de l'individu à jeun, habillé, restant couché et immobile dans une chambre dont la température est de 18° à 20°. On trouve ainsi environ 1 600 calories pour l'homme jeune de 64 kg. La différence avec la ration de strict entretien dans des conditions de vie ordinaires tient pour une grande part à l'accélération des combustions organiques pendant la période de 8 à 9 heures qui suit les repas, et pour le reste au travail musculaire s'il n'y a pas repos absolu. Si l'on rétablit le facteur poids, le calcul à partir des courbes précédentes montre que là où l'homme jeune (20 ans, 62 kg, 1 m 68) aura besoin de 2 300 calories, la petite vieille (75 ans 48 kg, 1 m 56) pourra se contenter de 1 430 calories, et le jeune garçon (10 ans, 25 kg, 1 m 28) de 1 350 calories.

ment un de ces facteurs dont il ne faut pas s'exagérer l'importance.

Chez l'homme nu, la déperdition de chaleur croît très rapidement lorsque la température ambiante baisse au-dessous d'une valeur optimum, voisine de 30°; le chiffre dépend d'ailleurs dans une très large mesure de la vitesse de l'air au contact de la peau. Au-dessus de la valeur optimum, il y a lieu à déperdition complémentaire, qui tient à la mise en jeu d'une chaleur nouvelle (accélération des réactions organiques avec la température) et qui se fait sentir nettement dès 35-36°.

Mais le vêtement à précisément pour effet de maintenir dans l'espace sous-vestibulaire cette température optimum voisine de 30°, du moins tant qu'il est suffisant et que la température ambiante n'est pas trop basse. C'est pratiquement le cas dans nos régions tempérées, dans la mesure où l'homme consent à se vêtir.

La composition de la ration a un effet certain sur l'intensité des combustibles organiques, donc sur la valeur de la ration de strict entretien. C'est un des points sur lequel nos connaissances sont encore assez incomplètes et où l'on aurait besoin de préciser cet effet pour les aliments le plus couramment utilisés par l'homme. On n'en sait pas moins que la déficience de certains aliments provoque un gaspillage des autres: production d'eau à partir des graisses en cas de boisson insuffisante, autophagie des tissus nobles en cas d'insuffisance d'azote d'origine animale. L'excès peut relever pareillement le taux des combustions; tel l'excès de

viande, d'alcool, ou de substances à valeur calorique négligeables, mais excitantes (café, thé).

### La cure d'amaigrissement

Contrairement à l'opinion commune, le traitement des petites et grosses obésités est aujourd'hui des plus aisés. On exposera donc les principes classiques de la cure d'amaigrissement, non point pour engager les obèses, ceux qui se connaissent pour tels comme ceux qui s'ignorent, à perdre leur excès de graisse, mais au contraire pour que, prenant le contre-

pied de la méthode, chacun puisse maigrir le moins vite possible.

La base de toute cure d'amaigrissement est une double restriction, quantitative et qualitative, de la ration. La réduction quantitative oblige l'organisme à vivre sur ses réserves. La restriction qualitative (suppression presque absolue des matières grasses, sucres, farineux, boissons alcooliques), compensée au besoin par un relèvement de la ration de viande, présente

des avantages multiples: relèvement du taux des combustions organiques signalé dans le paragraphe précédent, autophagie « élective » portant sur la graisse et respectant les tissus nobles de l'organisme, acceptation aisée par le patient qui, à valeur alimentaire égale, se sent beaucoup mieux soutenu par un beefsteak que par une alimentation composée uniquement de pommes de terre ou de fruits, par exemple.

Mais une méthode aussi simple présente le grave inconvénient d'être désespéré-

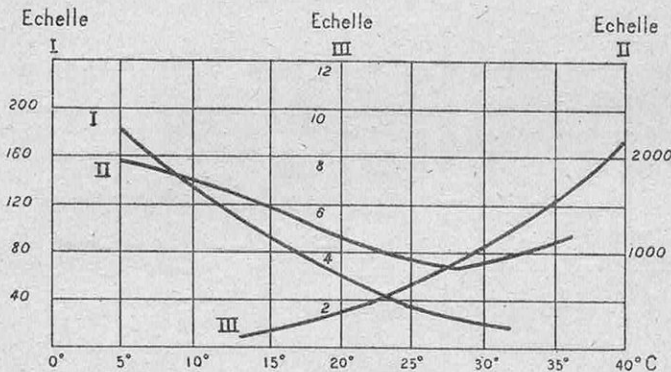


FIG. 2. — EFFET DE LA TEMPÉRATURE AMBIANTE SUR LA DÉPENSE CALORIFIQUE

La courbe I se rapporte à l'homme plongé dans un bain ; l'échelle correspondante est graduée en calories produites pendant 10 mn ; les échanges varient dans le rapport de 1 à 9 quand la température tombe de 30° C à 5° C, la courbe II se rapporte au rat en air calme ; l'échelle correspondante est graduée en calories par m<sup>2</sup> de surface et par jour ; les échanges varient beaucoup moins (fourrure de l'animal, différence du milieu ambiant) et varient du simple au double entre 30° C et 5° C. On notera le relèvement des échanges entre 28° et 35°. La courbe III se rapporte au serpent à sonnette, animal à sang froid, plus exactement en équilibre de température avec l'ambiance. Elle diffère totalement de celles des animaux à sang chaud (mammifères et oiseaux), plus exactement à température constante. Les échanges augmentent exactement suivant la loi de Van't Hoff (accélération des réactions chimiques dans le rapport de 2,5 pour 10° d'élévation de température vers 20°-30°). L'échelle est en calories par kg et 24 heures.

ALIMENTS HYDROCARBONES			
Pain	Frais : 2500	Sucre : 4000	Farines : 3500 à 4000
	Rassis : 2700	Miel : 3500	Pâtes, riz légumes secs : 3500
Gâteaux :	3500 à 5000	Confitures : 3000 à 3500	Pommes de terre : 900
	suivant teneur en matières grasses	Chocolat : 5500	
CORPS GRAS			
Beurre, huile, saindoux : 8500			
ALIMENTS AZOTES			
<i>Viandes :</i> de 1000 à 6000, suivant teneur en matières grasses	<i>Poissons</i>	<i>Œufs</i>	<i>Fromages</i>
Bœuf maigre : 1000	Saumon : 800	1250,	de 3500 à 4000
Filet de porc jugé maigre : 2000	Dorade : 800	soit 75 cal	pour la qualité
Le même rôti : 3000	Sole : 800	pour	45 - 50 %
Porc fumé légèrement gras : 4000	Sardines fraîches : 1300	un œuf	de matières
Saucisson d'Arles sec : 5000	Maquereau : 1400	de 60 g	grasses
Rillettes : 6000			
LEGUMES VERTS			
Asperges, salades, tomates, radis : 250	Choux, choux-fleurs, navets : 350	Carottes, oignons : 500	
FRUITS			
<i>Frais</i>	<i>Secs non huileux</i>	<i>Secs huileux</i>	
Fraises, oranges : 500	Abricots, figes : de 2500 à 2700	Amandes, noix, noisettes :	
Pommes, abricots : 600	Dattes : 3000	jusqu'à 4000	
Poires, pêches : 600			
Reine-Claude : 300			
Raisins : 900			
Bananes : 1000			
Châtaignes : 2000			
BOISSONS			
Lait : 700			
Alcool absolu : 7000 au kg, soit 5600 au litre			
Vin, cidre : 56 au degré, soit 560 pour un vin de 10°			
<i>Observations générales.</i> — Les chiffres se rapportent à des aliments pesés crus, sans assai- sonnement ; ils sont susceptibles de variations élevées suivant l'état de maturité et l'espèce des aliments végétaux.			

TABLEAU II. — VALEUR EN CALORIES PAR KILOGRAMME DES ALIMENTS USUELS.

Exemple de ration à 2100 calories : 300 g de pain rassis (810 cal), 100 g de viande (150 cal), 250 g de pommes de terre (225 cal), 100 g de légumes verts (50 cal), 120 g de fruits (80 cal), 30 g de graisses (250 cal), 20 g de sucre (80 cal), 0,5 litre de vin (280 cal), 0,25 litre de lait (175 cal).



ment longue, au gré du malade qui attend avec impatience le moment où, débarrassé de son excès de graisse, il va pouvoir se gaver à nouveau. En ramenant de 3 500 à 1 500 calories sa ration quotidienne, on ne prélève sur ses réserves que les 600 calories qui séparent ce régime d'amaigrissement d'un régime normal à 2 100 calories. Il faut dix jours pour perdre ainsi 1 kg de tissus adipeux à 6 000 calories (mélange de graisse à 8 500 calories et de tissu conjonctif, eau, sels — à valeur calorifique faible ou nulle). Quel médecin parviendrait à imposer à son client six mois d'un tel régime pour perdre les 18 kg qu'il a fréquemment en trop ?

La médecine s'est donc efforcée de trouver des méthodes accélératrices. Rien ne l'interdit : le principe de la conservation de l'énergie impose bien, dans l'exem-

ple précédent, une limite inférieure de 100 grammes journalier, mais il ne lui fixe aucune limite supérieure. Aussi depuis Hippocrate jusqu'aux plus récents protagonistes des dinitrophénols, les médecins n'ont-ils pas manqué de trouver les adjuvants les plus variés à la cure.

Celui d'Hippocrate, la restriction des boissons et des aliments riches en eau, est toujours un des plus efficaces. Privé de l'eau indispensable aux fonctions circulatoires, au maintien de la constitution de l'organisme, celui-ci s'empresse d'en fabriquer en brûlant ses graisses, qui laissent comme déchets de l'acide carbonique et de l'eau.

On a bien essayé de rajeunir la méthode en en prenant le contre-pied, ce qui est le plus puissant des moyens de renouveler les traitements médicaux, et on a soutenu que l'abondance des boissons favorisait la perte de poids. On n'a pas obtenu le succès escompté et le régime sec est encore

un des plus employés dans les domaines les plus divers depuis le jockey tenu de faire le poids, jusqu'en médecine vétérinaire où il est appliqué aux chevaux trop gras.

Le plus universellement recommandé des adjuvants à la cure, mais non le plus efficace, est l'exercice intense et prolongé. Il a le même défaut que la réduction de la ration alimentaire : la capacité calorifique énorme de la graisse qu'il s'agit de faire disparaître ; 300 grammes de tissu adipeux

Echelle I

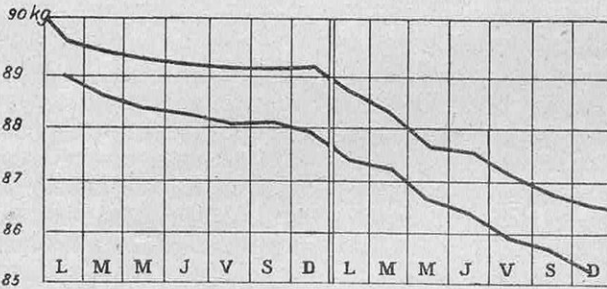


FIG. 3. — EFFET DE LA COMPOSITION DU RÉGIME ET DES BOISSONS AU COURS D'UNE CURE D'AMAIGRISSEMENT

La courbe I (échelle de gauche) montre (Dr Heckel) l'effet d'un régime uniforme de 1 400 calories suivant qu'il contient toutes les variétés d'aliments (6 premiers jours) ou qu'on en élimine farineux, sucre et alcool (8 derniers jours). La courbe II (échelle de droite) montre (même auteur) l'effet d'un régime de 1 200 calories, avec 1,5 litre de boisson par jour (première semaine) et 0,5 litre (deuxième semaine). On notera les amaigrissements très faibles (0,8 et 1 kg par semaine), malgré une réduction considérable de la valeur alimentaire de la ration, lorsque la composition du régime et des boissons reste libre.

circulation et de l'élimination rénale si fréquente chez les gras, accélérerait la désassimilation au moins autant que le travail musculaire.

Autre adjuvant efficace, la sudation, active ou passive. Encore ne faut-il pas qu'après avoir perdu un kilogramme à sa séance de « hammam », le patient le reprenne aussitôt en absorbant deux demis au café d'en face.

Depuis une vingtaine d'années, l'emploi des méthodes d'accélération des combustions organiques sans exercice se sont multipliées. On les relève aisément de 20 à 25 % par l'emploi d'extraits glandulaires comme la thyroïdine. Le relèvement atteint 70 % et même 100 % avec certains dinitrophénols (1), qui n'ont que l'incon-

(1) Le dinitrophénol 1-2-4 est un toxique violent dont la connaissance date de la guerre de 1914-18, où sa production et son ingestion accidentelles par le personnel des fabriques de mélinite (trinitrophénol) produi-

Echelle II

en moins pour une ascension de Chamonix au sommet du Mont-Blanc, ce n'est vraiment pas une méthode de rendement suffisant.

Sous-alimentation et exercice, disaient les uns. Sous-alimentation et chaise longue, recommandèrent les autres, et cette fois avec le plus grand succès. Le repos, améliorant les troubles légers du foie, de la

venient de multiplier les accidents graves ou mêmes mortels; mais que ne ferait-on point pour maigrir sans cesser de se suralimenter ?

### Comment ne pas maigrir en mangeant peu

C'est certainement plus facile que de faire bonne chère avec peu d'argent. Des données bien sommaires qu'on vient d'exposer dérivent autant de règles pour empêcher ou limiter l'amaigrissement lorsqu'il est jugé indésirable.

La plus simple est l'application au problème de la méthode Coué. L'appréhension de la famine, en nous rendant malades, parviendrait peut-être à nous faire maigrir, même sans réduire notre ration. La certitude que notre approvisionnement est surabondant, la connaissance des difficultés qu'on rencontre lorsqu'on veut maigrir volontairement, nous aideront à conserver notre poids, même avec des restrictions sévères. Que chacun consulte ses amis qui ont vainement tenté de mettre un frein à leur engraissement qu'il étudie la valeur calorifique de la ration de ces jeunes femmes qui vivent d'un jus de tomates et d'une tasse de thé sans sucre, et il verra qu'on ne maigrit pas si aisément.

Si, malgré tout, on perd du poids, qu'on se dise bien que la marge qui sépare la plupart des Français de leur poids normal est considérable, et permet des mois de sous-alimentation sans danger sérieux pour leur santé. La vieille loi de Quetelet et Tartière, qui donne pour poids normal un nombre de kilogrammes égal au nombre de centimètres de la taille excédant le mètre (65 kg pour 1,65 m) est erronée par excès; elle vaut tout au plus pour l'homme d'ossature et de musculature développées, chaussé et habillé.

Au meilleur de leur forme, Carpentier (1 m 81), Thill (1 m 60), Ledoux (1 m 58) pesaient nus, 78, 54 et 54 kg. Où veut-on que nos conscrits à la poitrine trop étroite aient pris des muscles lorsqu'ils commencent, dix ans plus tard, à bedonner ? Il est encore plus difficile de prendre des muscles que de maigrir. Le sport ? Pour la presque totalité de ceux qui se croient « sportifs », l'entraînement est

saient au début 16 décès par 10 000 tonnes d'explosifs. C'est en 1933 que naquit aux Etats-Unis l'idée de l'utiliser contre l'obésité. Nous engageons vivement le lecteur à ne pas employer ce produit, et même les autres méthodes indiquées dans cet article, autrement que sous contrôle médical.

limité à la phase engraisseante, celle de l'exercice modéré.

On sera très large en donnant comme poids normal au Français mâle celui qui résulte de la règle de Quetelet et Tartière diminué de cinq kilogrammes et à la femme française, le même poids diminué de cinq autres kilogrammes. La France tient en réserve des centaines de milliers de tonnes de matières grasses qui s'ignorent.

Ceux qui désirent ne pas y toucher ont tout intérêt à savoir répartir, quantitativement et qualitativement, la nourriture qui leur sera allouée.

Quantitativement, l'uniformité de la ration est de règle. Le second principe de la thermodynamique s'applique en bioénergétique aussi bien que le premier. Même si elles sont réversibles, au sens chimique, les transformations dans notre organisme ne se font pas sans gaspillage. Le loup qui avale un mouton à son repas, parce qu'il sait ne pas en rencontrer d'autres avant une semaine, pourrait vivre avec deux cotelettes journalières.

C'est donc le moment d'appliquer, à cette égalisation de nos rations, les méthodes précises importées d'Amérique, indication sur les cartes de restaurant du nombre de calories contenues dans chaque portion, emploi généralisé de la balance et de la règle à calcul par les ménagères. Le tableau donné ci-contre pourra y servir de base, mais nous ne saurions trop mettre en garde contre des applications inconsidérées. Il y faut, là comme ailleurs, pas mal de connaissances, beaucoup d'esprit critique et de la méfiance envers les appréciations incontrôlées.

Il est difficile de faire admettre à la moyenne des gens que 100 grammes d'un steak maigre, à 1 000 calories au kg, sont moins nourrissants que la cuillerée de beurre fondu qui l'accompagne (15 grammes à 8 500 calories). On sait bien que le sucre est nourrissant; mais, la presse de grande information n'ayant pas été subventionnée pour célébrer les mérites du glucose, on ne sait pas que celui-ci l'est tout autant, et que tel raisin de table, bien mûr, contient plus de 20 % en poids de sucre de fruit. On s'imagine que la plupart des fruits sont des aliments légèrement sucrés, à valeur énergétique très faible, quand ce sont des solutions concentrées, presque aussi nourrissantes à poids égal que la pomme de terre; l'erreur tient au pouvoir sucrant faible de la plu-

part des sucres autres que la saccharose (glucose, lactose). Il n'y a aucun miracle à vivre d'une pastèque, et tel malade qui se croit héroïque en renonçant au pain, au lait et à la confiture de son petit déjeuner pour absorber le kilogramme de fruits d'une cure de raisins ne se doute pas qu'elle serait beaucoup plus efficace s'il avait le courage de ne point absorber d'autre aliment de la journée.

En ce qui concerne la répartition qualitative de la ration entre les trois grandes classes : aliments hydrocarbonés (amidon, sucre), graisses et aliments azotés, la donnée la plus certaine est la nécessité d'un minimum d'aliments azotés : l'adulte est en équilibre de poids avec une ration journalière de 12 grammes d'azote albuminoïde (loi de Bidder et Schmidt). Ce besoin est d'ailleurs à la fois quantitatif et qualitatif ; on doit fournir à l'organisme, notamment par les viandes, cet azote en partie sous forme d'acides aminés dont il ne peut faire la synthèse et que ne saurait remplacer l'azote d'origine végétale.

Mais cette quantité d'azote, très faible, est aisément fournie par les rations qui ne sont pas anormalement pauvres en aliments azotés. Le gaspillage de cette classe d'aliments est, pour des raisons spéciales, une des formes les plus accentuées du gaspillage alimentaire général. Ils sont produits le plus souvent, avec un rendement très faible à partir des deux autres classes ; l'écart entre leur pouvoir calorifique théorique et leur pouvoir alimentaire réel est considérable, car la combustion organique de l'albumine (5 650 calories/kg) ne va pas jusqu'à l'azote mais jusqu'à l'urée (2 530 calories/kg) ; un pourcentage élevé (8 %) échappe à la digestion ; l'organisme qui emmagasine aisément le glucose et les graisses, ne peut faire de réserves d'azote que dans les muscles, mais les conditions de cette mise en réserve n'étant pour ainsi dire jamais remplies, l'excès d'azote est simplement rejeté ; enfin, la viande, type des aliments azotés, est également le type de ces aliments « hypermétabolisants » dont l'introduction dans la ration relève le taux des combustions organiques.

Si l'on veut gérer avec économie ses réserves de nourriture, on se gardera, pour cette même raison, de consommer les aliments dits « d'épargne » (café, thé, cacao) dont la valeur calorifique est à peu près nulle, et qui ont simplement pour effet d'accélérer la consommation des autres. On évitera de même tout médicament

excitant, et l'on trouvera peut-être un jour l'emploi en cas de famine du bromure que l'on reprochait à l'Intendance de mélanger au vin : la réduction de la ration de strict entretien par les calmants est certaine et notable.

Quelques mots sur cet élément essentiel de l'économie de la France et de la nourriture de ses habitants : l'alcool. C'est bien malheureusement un aliment, aussi sûrement que c'est un toxique. Sauf à forte dose, où il s'élimine en partie par le poulmon et le rein, il remplace, dans la mesure exacte de son pouvoir calorifique, le pain ou le sucre. Dans notre pays, où la production alcoolique représente en valeur énergétique le quart de la ration de strict entretien, les ravages qui tiennent au rôle de l'alcool comme aliment sont du même ordre que ceux qu'il peut produire en tant que toxique. Mais, au point où nous en sommes, peut-être trouvera-t-on qu'on peut s'intoxiquer quelque temps encore, si l'on se nourrit par là même.

Sous ces réserves, on admet généralement que les autres aliments, hydrocarbonés ou gras, peuvent se remplacer sans inconvénient dans la ration. Mais ce n'est probablement là qu'une conséquence des connaissances insuffisantes de l'homme sur les questions qui concernent sa propre alimentation. Nous n'osons donc pas recommander l'uniformité qualitative au même titre que l'uniformité quantitative, bien que l'amaigrissement, à valeur calorifique constante de la ration, des animaux qui changent d'écurie, de pâturage ou de fourrage, soit une des données les moins discutées de la zootechnie.

L'effet de la restriction des boissons en cure d'amaigrissement invite à boire en quantité suffisante. On évitera ainsi de fabriquer de l'eau aux dépens de sa graisse ; il semble bien d'autre part que la ration diluée est mieux assimilée.

Gagne-t-on à se couvrir, à température basse ou modérée ? Assurément.

L'homme parvient à tripler ses échanges superficiels pour résister à une réfrigération prolongée. Au-dessous de 15°, il convient donc de réduire au minimum la surface du corps exposée à l'air. Les bras nus et les jambes gainées de soie transparente consomment des calories inutiles. Que dire alors des pauvres enfants aux jambes bleues, découvertes jusqu'au haut des cuisses, que la mode condamne à subir en cette tenue les vents d'hiver, soit-disant pour les « endurcir » ? André FOURNIER.

# LE GRAND MYSTÈRE DES RAYONS COSMIQUES

par **Maurice-E. NAHMIAS**  
DOCTEUR ES SCIENCES.

*Le problème des rayons cosmiques compte parmi ceux que la science moderne n'a pu encore résoudre, malgré la somme immense de travaux théoriques et expérimentaux qui lui ont été consacrés depuis quelque 25 ans. L'origine de ce rayonnement ultrapénétrant, capable de traverser une épaisseur de 100 mètres d'eau, et qui nous arrive de tous les points de l'espace, jour et nuit, hiver comme été, à raison d'un projectile par centimètre carré et par minute, demeure encore mystérieuse. Quant à ses effets on sait aujourd'hui que, grâce à son énergie considérable, le rayonnement cosmique est capable de provoquer des matérialisations d'électrons et des transmutations parmi les éléments de l'atmosphère et de la croûte terrestre. Peut-être faut-il lui attribuer aussi un rôle important parmi les agents ayant provoqué au cours des millénaires les « mutations » des espèces animales et végétales donnant ainsi naissance aux chaînons successifs de l'évolution depuis les formes primitives de la vie jusqu'aux organismes complexes qui couvrent aujourd'hui le globe.*

**L** y a cinquante ans, personne ne soupçonnait que la Terre fût littéralement et continuellement bombardée par des milliards de projectiles minuscules, mais animés de vitesses énormes. Depuis le début du siècle, les travaux publiés sur le rayonnement cosmique sont en nombre considérable. Il ne se passe une semaine sans qu'un article scientifique ne paraisse sur ce sujet.

Voici d'abord, en gros, en quoi consiste ce phénomène. Chaque centimètre carré de la surface terrestre, et par conséquent de la surface de nos corps eux-mêmes, reçoit environ un projectile cosmique par minute. Si nous nous élevons au-dessus du niveau de la mer, la fréquence, c'est-à-dire le nombre de projectiles par minute et par centimètre carré augmente continuellement. Si nous nous enfonçons sous terre ce nombre diminue. De même que l'altitude, la latitude a une influence sur ce courant de rayons venus du ciel. On entrevoit déjà des voyages et des ascensions qui donnent un caractère sportif à ces recherches. L'attrait que présente cette branche de la physique moderne et le mystère qui entoure encore l'origine de cette radiation sont tels que nombreux sont les chercheurs — surtout des jeunes, hommes et femmes — qui se consacrent à ces questions.

## La découverte des rayons cosmiques

Vers 1900, de nombreux physiciens et en particulier Elster et Geitel en Allemagne et C. T. R. Wilson en Angleterre, observèrent que des électroscopes (fig. 1)

chargés et bien protégés contre les fuites électriques et contre les rayonnements radioactifs ou lumineux « fuyaient » quand même légèrement. La feuille de métal très mince que l'on charge au moyen d'un bâton d'ébonite ne conserve pas longtemps son potentiel électrique et finit par se décharger complètement en quelques jours. L'équipage de l'électroscope étant relié à une chambre d'ionisation (1), la fuite est d'autant plus importante que la chambre est plus grande. Si l'on enfonce l'appareil ou qu'on le protège de tous côtés par des plaques métalliques — en fer ou en plomb par exemple — la fuite diminue en fonction de l'épaisseur (après une épaisseur minimum, voir plus loin le paragraphe sur les « gerbes ») et de la densité de la matière absorbante protectrice. Un appareil que l'on emporte en montagne ou que l'on confie à un ballon se décharge au contraire avec une rapidité qui augmente avec l'altitude. Ces constatations répétées un grand nombre de fois éliminent automatiquement toute cause d'erreur imputable à de mauvais isolants ou à une radioactivité ambiante. La seule conclusion qui vient à

(1) C'est-à-dire une enceinte dans laquelle le passage de certains rayonnements, corpusculaires (par exemple : électrons), ou électromagnétiques (par exemple : rayons X) rend l'air conducteur. Les molécules frappées sont, en effet, ionisées; les particules électrisées positivement et négativement libérées lors de cette opération sont attirées respectivement par l'une ou l'autre des électrodes de la chambre (la paroi de la chambre constitue en général une des électrodes), provoquant une décharge partielle.

l'esprit est que le phénomène est dû à une radiation venant de la haute atmosphère, très probablement d'origine sidérale, qui serait excessivement pénétrante et capable d'ioniser et de rendre ainsi conducteur l'air qu'elle traverse.

**Les recherches systématiques sur la nature et l'énergie des rayons cosmiques**

Par analogie avec les rayons X ou avec les rayons émis par les substances radioactives, on a constaté que le rayonnement cosmique est composé de projectiles de plusieurs sortes : des *protons* (charge positive et masse prise par définition pour unité); des *neutrons* (charge nulle, masse égale à l'unité); des *mésotons* (charge positive ou négative, masse égale au 1/9 environ de celle du proton); des électrons

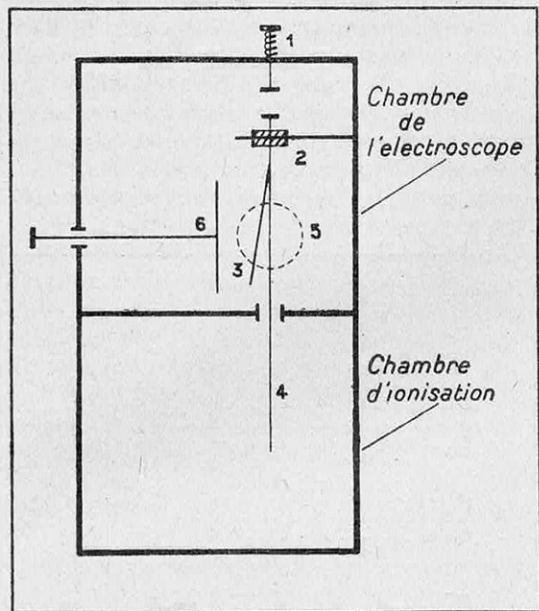


FIG. 1. — SCHÉMA D'UN ÉLECTROSCOPE UTILISÉ POUR L'ÉTUDE DES RAYONS COSMIQUES

Sous l'influence de charges électriques apportées par un bâton d'ébonite, frotté avec de la laine et appliqué en 1, sur le chargeur muni d'un ressort de rappel, et, par cette entremise sur l'équipage porté par le bouchon d'ambre isolant 2, la feuille 3 s'écarte de la tige 4. Dans le champ visuel 5 d'un microscope perpendiculaire à la figure, on suit sur une échelle divisée la chute de la feuille vers la tige. Si l'on place une substance radioactive dans la chambre d'ionisation, le temps de chute mesure l'intensité du rayonnement émis par la substance. La pièce 6 sert à bloquer la feuille sur la tige pendant le transport de l'appareil.

(charge négative : *négatons*, ou charge positive : *positons*, masse égale au 1/1800 de celle du proton) et enfin des rayons gamma (de nature électromagnétique).

On ne connaît pas encore toutes les liaisons qui existent entre ces projectiles. On en connaît tout de même quelques-unes. Ainsi les rayons gamma peuvent donner naissance, par matérialisation, à des couples de positions et de négatons. Ces particules peuvent inversement, par dématérialisation, engendrer des rayons gamma. On commence à entrevoir la possibilité de la formation de mésotons (1) à partir du bombardement des neutrons et des protons par des rayons gamma de très grande énergie. Quand on parle d'énergie de rayons cosmiques il faut tout de suite s'adapter à des échelles auxquelles nous ne sommes pas habitués. Imaginez une ampoule à rayons X aux bornes de laquelle on ne mettrait pas 100 000 ou 200 000 volts, comme on le fait pour les radiographies, mais entre mille et un million de fois ce voltage. Evidemment, de telles ampoules à rayons X sont impossibles à construire; d'autres appareils, comme le cyclotron (2) ou certaines réactions nucléaires provoquées au laboratoire (3) arriveront peut-être à nous donner des particules aussi énergiques que

- (1) Voir *La Science et la Vie*, n° 262, page 267.
- (2) Voir *La Science et la Vie*, n° 270, page 433.
- (3) Voir *La Science et la Vie*, n° 273, page 238.

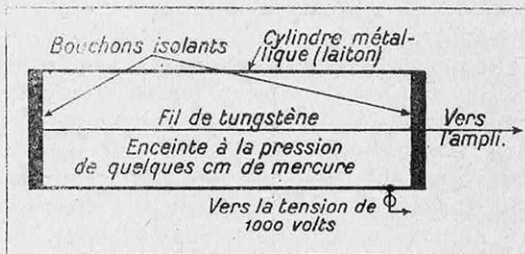


FIG. 2. — SCHÉMA D'UN COMPTEUR DE GEIGER-MULLER

Le cylindre métallique est porté à un potentiel de 1 000 volts par rapport au sol. Lorsqu'une particule traverse la paroi du cylindre elle en arrache des électrons qui se précipitent dans toutes les directions. Ceux qui entrent dans l'enceinte du compteur ionisent les molécules du gaz qui y est contenu. Le fil central en tungstène recueille certaines charges électriques et les transmet à l'amplificateur.

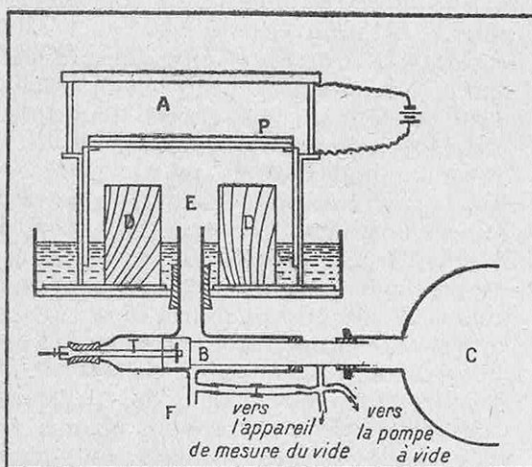


FIG. 3. — COUPE SCHÉMATIQUE D'UNE CHAMBRE DE WILSON

Cette chambre est du type horizontal; on en fait aussi de verticales, dont on comprendra sans peine le fonctionnement en tournant la figure d'un quart de tour vers la droite. Le ballon C est continuellement vidé par la pompe à vide. Il est mis brusquement en communication avec la chambre E lorsque le bouchon B est tiré par la tige T. A ce moment le piston P s'abaisse brusquement, provoquant la formation de brouillard dans la chambre A. Toute particule ionisante traversant la chambre pendant la détente condense le brouillard sur son passage. Si on illumine A au moyen d'un arc électrique ou de fortes lampes survoltées, on aperçoit et on peut photographier la trace de la particule par les gouttelettes d'eau qu'elle a laissées sur sa trajectoire. Quand on referme le bouchon B, l'air entre par F et le piston reprend sa position initiale.

les moins énergiques du rayonnement cosmique.

Si le rayonnement X d'une ampoule de radiographie peut traverser aisément le corps humain et impressionner une plaque photographique, les rayons cosmiques peuvent traverser des épaisseurs allant jusqu'à 100 mètres d'eau et actionner les appareils comme les électroscopes, les compteurs Geiger-Muller (fig. 2) ou les chambres de Wilson (fig. 3).

On est parvenu à réaliser des appareils d'une ingéniosité surprenante pour déceler les rayons cosmiques. Ainsi les impulsions d'un compteur de Geiger-Muller amplifiées par un poste minuscule peuvent agir sur un petit poste d'émission de T. S. F. et émettre alors un signal caractéristique. Si on met également en liaison un système barométrique avec ce poste d'émission, on aura, à des interval-

les réglés d'avance, un signal particulier correspondant à une certaine valeur de la pression barométrique. Cet appareil permet ainsi l'observation du rayonnement cosmique en fonction de l'altitude. On le fixe soigneusement dans la nacelle d'un ballon que l'on laisse librement monter dans l'atmosphère. A terre, on enregistre, au poste de réception, les signaux télégraphiques venant du ballon. On peut ainsi établir une courbe de l'intensité du rayonnement cosmique (fréquence des signaux des compteurs) en fonction de l'altitude (signaux de la pression barométrique).

Lorsque le ballon éclate dans la haute atmosphère, un parachute ralentit la chute de l'appareillage. Une étiquette promettant une récompense demande à la personne qui le trouve de le renvoyer, contre remboursement, au laboratoire. Même s'il n'est pas récupéré, le coût de l'appareillage est amplement justifié par les renseignements recueillis par T. S. F.

On emporte aussi de tels appareils dans des ballons pilotés ou dans des avions. On enregistre alors automatiquement l'intensité du rayonnement en fonction de l'altitude.

On rend les mesures encore plus inté-

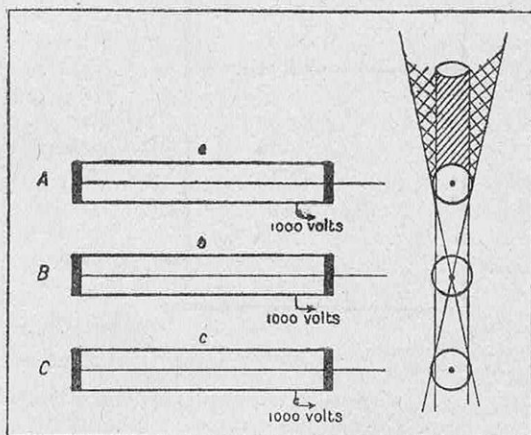


FIG. 4. — UN « TÉLESCOPE » DE COMPTEURS GEIGER-MULLER

A gauche, les trois compteurs sont vus de face, en A, B, C. Des plaques métalliques sont disposées en a, b, c, pour analyser la qualité des rayons incidents. A droite, les compteurs sont vus de profil. La partie centrale hachurée détermine la direction dans laquelle est braqué le télescope. Les parties latérales doublement hachurées, sont des régions efficaces dont l'importance diminue à mesure que le télescope s'allonge, c'est-à-dire que les compteurs sont de plus en plus écartés les uns des autres.

ressantes en utilisant l'artifice suivant : comme le rayonnement cosmique arrive de tous les côtés, qu'il est comme on dit « isotrope », on délimite une certaine direction — pour éliminer l'effet de la radiation venant latéralement — en construisant ce qu'on appelle un télescope de compteurs Geiger-Muller (fig. 4). La figure 4 montre un tel arrangement. Seuls, les rayons compris dans un certain cône, ou angle solide, seront enregistrés. Comme la vitesse des rayons est de l'ordre de celle de la lumière, c'est-à-dire qu'ils parcourent en une seconde près de 300 000 km, un rayon frappant les trois compteurs les traversera presque simultanément puisqu'il s'écoulera à peine un millionième de seconde entre son entrée et sa sortie du télescope. Ce rayon donnera ce qu'on appelle un « top de coïncidence ». L'appareil attaché à ces compteurs est construit de telle sorte qu'il n'est actionné que lorsqu'il y a « coïncidence » et par conséquent délimitation absolue de la direction d'arrivée des rayons. On peut évidemment donner au télescope de compteurs la direction que l'on veut et explorer ainsi successivement l'intensité du rayonnement venant de toutes les directions de l'espace.

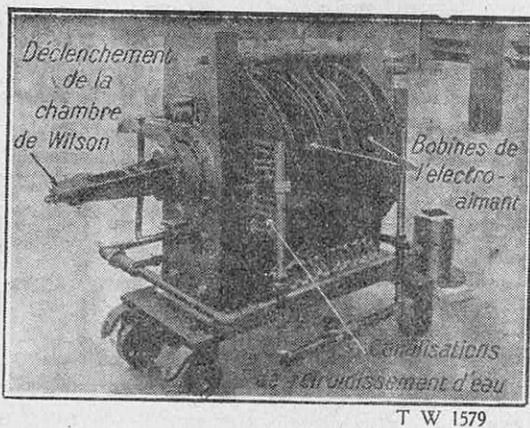
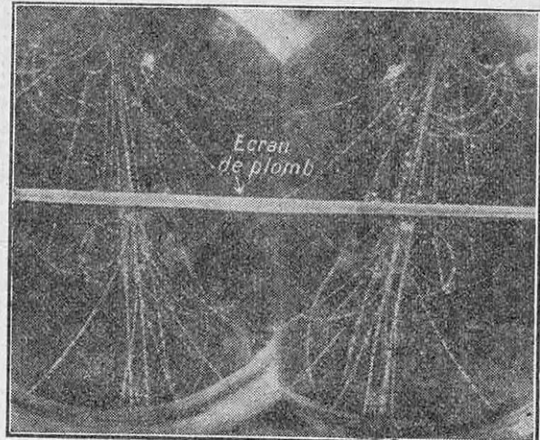


FIG. 5. — ÉLECTROAIMANT POUR CHAMBRE DE WILSON VERTICALE UTILISÉ PAR LE PROFESSEUR ANDERSON A PASADENA (ÉTATS-UNIS)

Les bobines de l'électroaimant, parcourues par un courant de 1800 A, développent un champ maximum de 22 000 gauss. Le système de déclenchement de la chambre de Wilson est actionné par le télescope de compteurs en coïncidence. L'appareillage photographique est diamétralement opposé au système de déclenchement. La chambre de Wilson se trouve au centre de l'électroaimant. Elle est surmontée d'un compteur. Un ou deux autres compteurs sont placés en dessous. (Voir fig. 7.)



T W 1578

FIG. 6. — PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE D'UNE GERBE DE RAYONS COSMIQUES

Les trajectoires appartiennent à des électrons des deux signes et de différentes énergies. On voit qu'après avoir traversé la plaque de plomb, les rayons ont perdu une partie de leur énergie et qu'ils sont courbés plus facilement par le champ magnétique.

Pour déterminer la qualité du rayonnement, son énergie par exemple, on interpose entre les compteurs formant le télescope des écrans de plomb. Traverseront évidemment les compteurs, les seuls rayons qui auront assez d'énergie pour ne pas être arrêtés par les écrans. En faisant varier l'épaisseur des écrans, on établira ainsi une courbe — pour une altitude déterminée — du nombre de rayons en fonction de l'épaisseur de plomb, ou, ce qui revient au même, en fonction de l'énergie de ces rayons.

Pour déterminer la nature des particules, on a recours à d'autres méthodes. Pour déceler la présence de neutrons, on a fait appel à la radioactivité artificielle qu'ils sont capables de produire en bombardant certains éléments chimiques. Pour déceler les particules électrisées : protons, mésons, électrons, on a la chambre de Wilson avec champ magnétique (fig. 5). Les particules électrisées qui traversent la chambre de Wilson se comportent comme un courant et s'enroulent autour des lignes de force du champ magnétique. La courbure de ces trajectoires est fonction de la masse et de la vitesse du projectile. Comme le nombre d'ions créés par le projectile dans la chambre de Wilson dépend plus de la masse que de la vitesse, on a ainsi un moyen, non infaillible mais assez raison-

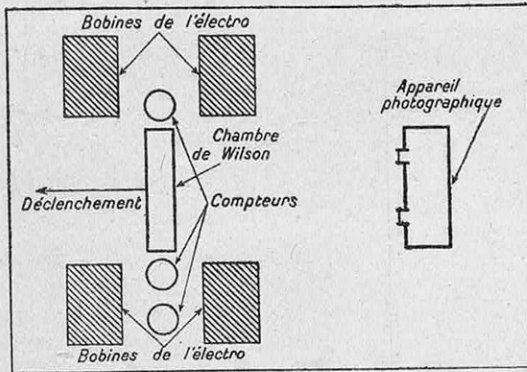


FIG. 7. — SCHEMA D'UN TELESCOPE DE COMPTEURS GEIGER-MULLER ACTIONNANT UNE CHAMBRE DE WILSON

Les compteurs sont disposés de part et d'autre de la chambre de Wilson. L'appareil à déclenchement est actionné par l'amplificateur à coïncidence qui leur est lié. Le dispositif d'éclairage de la chambre de Wilson n'est pas figuré ici; il est perpendiculaire au plan du schéma.

nable d'évaluer la masse du projectile. Celle-ci étant connue, on tire de la mesure de la courbure de la trajectoire la vitesse du rayon. La figure 6 montre des trajectoires d'électrons de différentes vitesses.

Au lieu de faire fonctionner continuellement la chambre de Wilson, on lui adjoint le dispositif télescopique de compteurs Geiger-Muller comme indiqué sur la figure 7. Le top de « coïncidence » actionne un relais qui déclenche la détente de la chambre de Wilson ainsi que l'éclairage. Le champ magnétique existe en permanence et chaque photographie obtenue grâce à cet ingénieux mécanisme, imaginé par Blackett et Occhialini, est immédiatement utilisable.

Dernièrement, on a employé avec profit les plaques photographiques spéciales dans l'émulsion desquelles les rayons cosmiques laissent des traces très visibles au microscope. Ces plaques sont bien enveloppées, parfois protégées par des épaisseurs variables de plomb et ainsi placées en haute altitude — montagne ou ballon.

#### L'effet de latitude et l'influence du champ magnétique terrestre

C'est à Birkeland et Störmer que l'on doit l'analyse mathématique de l'influence du magnétisme de la Terre sur un courant de particules électrisées dans lequel notre planète serait complètement ensevelie. Ces calculs assez compliqués le de-

viennent encore plus lorsqu'on fait intervenir la présence de l'atmosphère terrestre. En effet, l'absorption des rayons cosmiques par notre atmosphère est assez importante. Un rayon arrivant du zénith et traversant ainsi notre atmosphère verticalement est ralenti comme s'il avait parcouru un obstacle équivalent à 10 mètres d'eau.

Si on compulse les recherches faites par d'innombrables observateurs éparpillés sous différentes latitudes et altitudes, on constate que le rayonnement cosmique est minimum à l'équateur géomagnétique, et croît d'environ 14 % à mesure qu'on s'approche de la latitude de 40° Nord ou Sud, et reste ensuite constant jusqu'aux pôles magnétiques. Cette variation est relative aux mesures effectuées au niveau de la mer. Si on s'élève vers 4 000 mètres, on observera, au lieu de 14 % d'augmentation, plus de 30 %. Pour des latitudes supérieures à 45 %, on a malheureusement très peu de données expérimentales.

En faisant l'hypothèse, assez probable en ce qui concerne une bonne partie de la radiation, que le rayonnement cosmique primaire, c'est-à-dire celui qui frappe la partie extérieure de notre atmosphère, soit constitué par des électrons positifs et négatifs, Störmer a calculé (voir le tableau ci-contre) l'énergie minimum que devrait avoir des électrons pour atteindre la surface de la Terre à différentes latitudes.

Latitude nord ou sud (degrés)	0	10	30	50	70
Energie (milliards de volts)	10.4	9.85	6.6	2.6	0.2

TABEAU DONNANT L'ÉNERGIE MINIMUM D'ÉLECTRONS FRAPPANT LA TERRE A DIFFÉRENTES LATITUDES

Par suite donc du champ magnétique terrestre, qui dévie les particules électrisées de leur course et peut ainsi les empêcher d'atteindre l'équateur de la Terre si leur énergie cinétique n'est pas assez grande, on voit que les pôles seront soumis à une pluie de projectiles d'une gamme d'énergie plus étendue. On devrait donc s'attendre à une augmentation de l'intensité de la radiation cosmique à



mesure que l'on navigue de l'équateur aux pôles. Ceci est bien le cas, mais cette augmentation est freinée par le fait que seuls des électrons de plus de quatre milliards de volts peuvent traverser notre atmosphère. Ceux d'énergie inférieure sont complètement absorbés en route. Il est évident que cette absorption sera moins importante en haute altitude vu que les couches denses de notre atmosphère sont très proches de la surface de la Terre. On retrouve encore ici le fait expérimental signalé plus haut d'une augmentation plus importante en fonction de la latitude lorsque les observations sont faites, de l'équateur aux pôles, en se déplaçant à des altitudes de près de 4 000 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La théorie va même plus loin. Elle prédit un excès de particules venant de l'Ouest sur celles venant de l'Est — direction de poinage du télescope de compteurs — si on admet que, dans le rayonnement incident, les positions prédominent. L'expérience faite par Johnson par 31° de latitude Nord et 2 555 m d'altitude confirme un excès de radiation Ouest de près de 15 % sur celle venant de l'Est.

#### **Le rayonnement cosmique varie-t-il en fonction du temps sidéral, du temps solaire ou des saisons ?**

Afin d'avoir une idée directrice sur l'origine de la radiation cosmique, on s'est demandé si elle variait en fonction du passage au zénith de tel groupe de constellations et surtout de la Voie Lactée. Des mesures de longue haleine furent entreprises un peu partout. Les résultats furent négatifs. On rechercha alors une variation en fonction du temps solaire (de l'heure locale). Même échec, si ce n'est des variations du même ordre de grandeur que les erreurs expérimentales. La même chose peut être dite concernant les comparaisons entre les mesures faites en hiver et en été.

On peut uniquement signaler comme curieux le fait suivant : l'énergie reçue sous forme de rayonnement cosmique par seconde sur un centimètre carré au niveau de la mer est de 3,5 millièmes d'erg, valeur qui est très proche de celle reçue sous forme de lumière stellaire.

#### **La complexité du rayonnement cosmique. Les « Gerbes »**

Il est excessivement difficile d'interpréter

d'une façon simple une série d'observations sur la radiation cosmique. En voici un exemple. Le physicien Regener observe, à 230 m au-dessus du niveau du lac de Constance, une intensité que nous prendrons pour unité. A la surface du lac, l'intensité de la radiation *totale* est 400 fois plus intense. Cette radiation *totale* comprend :

*le rayonnement primaire* direct qui a survécu aux rencontres atomiques avant d'atteindre l'appareil. Comme la nature exacte de ce rayonnement nous échappe encore, qu'on ne sait pas le pourcentage des protons, des neutrons, des mésons, des électrons et des rayons gamma incidents, qu'en plus les lois d'absorption qu'ils subissent sont assez différentes, la complication est déjà assez apparente;

*le rayonnement secondaire*, issu de la transformation, dégénérescence ou absorption du rayonnement complexe primaire. Ainsi : (a) un rayon gamma très énergétique peut donner naissance par matérialisation à une « gerbe » d'électrons des deux signes (1); (b) un méson bombardé par un rayon gamma peut engendrer un proton ou un neutron; (c) les neutrons bombardant les éléments chimiques de l'atmosphère créent des radioéléments émetteurs d'électrons:

*le rayonnement tertiaire*, issu de la transformation, dégénérescence ou absorption du rayonnement complexe secondaire. Les particules des gerbes peuvent, par dématérialisation, donner naissance à des rayons gamma, etc...

Cette énumération succincte de « complications » s'ajoute aux inconnues concernant les énergies respectives des projectiles et les conditions géographiques de l'expérience.

#### **Où prennent naissance les rayons cosmiques ?**

Les deux théories les plus en vogue, jusqu'à la découverte des mésons dans les radiations cosmiques (en 1938) étaient celles de Wilson et de Regener. Wilson suppose les orages de la haute atmosphère

(1) Dans le plomb la formation de gerbes augmente d'abord avec l'épaisseur de métal traversé. Après 2 cm de plomb, le nombre de gerbes tend vers zéro. L'explication ici est assez simple. Les chocs dans les deux premiers centimètres de plomb donnent naissance aux rayons des gerbes. Les couches métalliques qui suivent cette épaisseur optimum de 2 cm ralentissent et font disparaître, par dispersion dans la masse, les rayons.

responsables des rayons cosmiques. Si on parvenait à imaginer un mécanisme possible pour un tel processus et à expliquer l'isotropie du rayonnement, la théorie des orages serait assez séduisante. Regener suppose que la radiation cosmique aurait pu être engendrée à une époque voisine du début de l'évolution de l'Univers et qu'elle serait devenue depuis isotrope à force de voyager à l'intérieur de la Galaxie, c'est-à-dire de notre monde.

Eddington estime que la quantité moyenne de matière rencontrée par un rayon traversant l'Univers est équivalente en absorption, à sept centimètres d'eau, ce qui représente à peine un pour cent de l'absorption de notre atmosphère. Le maître a, d'un autre côté, montré que l'énergie totale des rayons cosmiques, supposée être uniformément distribuée à travers l'espace, peut atteindre jusqu'à un millième de l'énergie totale — sous forme de masse — existante dans l'Univers.

On voit que le problème de la radiation cosmique est intimement lié à celui de la Cosmogonie. La question vient de prendre un surcroît d'intérêt à la suite de deux découvertes : a) celle de la nouvelle particule, le mésonon, prédite par le théoricien japonais Yukawa en 1935 et qui, non seulement existe dans la radiation cosmique, mais qui serait un agent très important des forces nucléaires; b) celle de la rupture de certains noyaux atomiques avec libération d'énergies considérables (1). Le théoricien suédois Alfvén vient de suggérer que la radiation cosmique pourrait être produite par un monu-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 270, page 433.

mental cyclotron cosmique (1) que les champs électrique et magnétique des étoiles alimenteraient.

### L'étude du rayonnement cosmique et la biologie

Les mutations sont des phénomènes biologiques de variation brusque dans les caractères héréditaires des espèces. Certains biologistes ont vu là un des principaux facteurs de l'évolution permettant la création d'espèces nouvelles, encore que le nombre des mutations observées de nos jours apparaisse tout à fait insuffisant. Expérimentalement, de telles mutations ont été obtenues de différentes façons. Les rayons ultraviolets, les rayons X, les rayons des sources radioactives peuvent en provoquer chez des organismes inférieurs. La radiation cosmique serait, paraît-il, capable d'en susciter surtout chez des organismes exposés aux hautes altitudes où des conditions ambiantes liées à une plus forte intensité de la radiation seraient des facteurs concourants. En laissant pour le moment de côté la question de savoir si des protons ou des neutrons ne peuvent pas servir de véhicules à des organismes vivants ultramicroscopiques et ensemercer ainsi des « milieux propices » dans l'Univers, on peut se contenter de penser, sans trop s'aventurer dans la fantaisie, que, si la radiation cosmique à une certaine époque de l'évolution du monde avait une intensité et une qualité autres que celles observées actuellement, il ne serait pas impossible de lui attribuer alors quelques mutations mystérieuses des espèces terrestres.

Maurice-E. NAHMIAS.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 273, page 238.

Il y a quelques années, les travaux du D<sup>r</sup> R. J. Dubos, à l'Institut Rockefeller de New-York, lui avaient permis d'extraire du sol un bacille capable de détruire l'enveloppe de certains microbes de la pneumonie. Des extraits de bacilles pouvaient protéger des souris contre l'infection pneumococcique. Poursuivant ses recherches, le D<sup>r</sup> R. J. Dubos serait parvenu à « adapter » ses bactéries à divers organismes pathogènes, en additionnant régulièrement le sol où elles se développent de petites quantités de ces microbes. Les bactéries acquièrent ainsi des propriétés nouvelles, et les extraits préparés avec elles attaquaient à la fois les streptocoques, les staphylocoques et les pneumocoques. Un milligramme d'extrait sec suffirait pour détruire plusieurs millions de pneumocoques. Jusqu'à ce jour, les applications de cette méthode thérapeutique nouvelle n'ont porté que sur de petits animaux de laboratoire. Les succès remportés dans ce domaine laissent espérer une extension prochaine des essais, non seulement sur des animaux de grande taille, mais peut-être même sur l'homme, et leur généralisation aux types les plus variés de microbes infectieux.

# LA FORÊT FRANÇAISE, SOURCE INÉPUISABLE DE CARBURANTS SOLIDES ET LIQUIDES

par le général BOUCHERIE

*La France possède-t-elle sur son territoire des ressources énergétiques suffisantes, en quantité et en qualité, pour produire elle-même tout le carburant indispensable à sa vie économique ? C'est ce que montre, sans aucun doute, un inventaire méthodique des richesses métropolitaines en combustibles minéraux, en houille blanche, en forêts, ainsi que de sa production agricole. Aujourd'hui, le blocus nous contraint à renoncer à notre approvisionnement en essence d'outre-mer, et toutes ces ressources intérieures doivent être mises à contribution, dans la mesure du moins où leur exploitation ne risque pas de compromettre une autre branche de l'activité du pays. C'est ainsi que les besoins en énergie électrique de l'économie nationale ne permettent à la houille blanche de fournir pour le présent qu'un très faible contingent en carburants (ammoniaque, hydrogène, acétylène), d'un prix de revient d'ailleurs élevé. Plus que la houille, dont l'emploi est limité par les besoins de l'industrie, plus que les schistes, les lignites et la tourbe, d'un traitement encore trop coûteux, les ressources les plus précieuses à exploiter pour la fabrication d'un carburant national sont les végétaux, et en particulier les arbres forestiers dont les réserves sont presque inépuisables parce qu'elles se reconstituent sans cesse. Dès aujourd'hui, la combustion du bois, de charbon de bois ou de comprimés divers dans les gazogènes, apporte une première solution au problème. Demain, l'exploitation industrielle du procédé récent d'hydrolyse du bois permettra d'obtenir à la fois un carburant solide (lignine) et un carburant liquide (alcool et cétones), en attendant que, dans un avenir plus ou moins proche, les usines de synthèse nous livrent en abondance et à bon compte les succédanés de l'essence.*

## **La crise des carburants ; ses conséquences : la solution nécessaire**

Le développement rapide de l'automobile a été la conséquence logique des facilités que ce mode de transport apportait à la fois dans les relations sociales et dans les relations économiques : ces facilités sont devenues bientôt des nécessités et dans ces dix dernières années, le nombre des automobiles en service est passé de 900 000 en 1928 à 2 270 000 en 1938 ; sur ce total, 500 000 camions ou camionnettes de plus de 1,5 t sont spécialement affectés à des transports commerciaux ou industriels, et sur le reliquat la plus grande partie, si elle est parfois employée à des déplacements d'agrément, est en réalité destinée surtout à des fins utilitaires.

Les moteurs des voitures automobiles utilisant surtout comme combustible les produits de la distillation du pétrole brut (essence, gas-oil), la consommation de ces produits s'est accrue en raison même du développement de la circulation automobile.

En 1938, il a été consommé en France environ 3 millions de tonnes de carburants liquides, dont 2 900 000 tonnes

d'essence : la presque totalité de ce carburant a dû être achetée à l'étranger (1) la production nationale en huile de pétrole ne dépassant pas 70 000 tonnes par an.

La guerre a eu pour conséquences immédiates, d'une part, d'augmenter considérablement la consommation en raison des besoins nouveaux de l'aviation, de la marine et de l'armée (2), d'autre part, de réduire les importations en raison des difficultés du trafic maritime. Les stocks considérables en carburants constitués dès le temps de paix ont pu pendant quelques mois maintenir un équilibre relatif, mais dès les débuts de 1939, le gouvernement se vit obligé de réduire les consommations et dut créer la carte d'essence.

Ces restrictions, assez limitées d'ailleurs, ne frappèrent pas les transports

(1) Le total des importations s'est élevé en 1937 à 7 757 636 t. Les importations dépassèrent de beaucoup la consommation en raison de la constitution des stocks et de la revente à l'étranger de produits finis.

(2) Les besoins du temps de guerre étaient estimés à environ 15 millions de tonnes de carburants, soit 5 fois la consommation du temps de paix. Ce chiffre a dû être dépassé.

d'intérêt général, et la vie économique du pays n'en subit aucun ralentissement.

Les événements de mai et de juin 1940, la destruction des raffineries de pétrole et des stocks de carburants, l'occupation du territoire national devaient réduire dans des proportions considérables les disponibilités en carburants, tandis que le blocus anglais rendait désormais impossibles les importations.

Au 15 juillet 1940, la France ne pouvait plus disposer, au total, que de deux cents mille tonnes d'essence, chiffre inférieur à la moyenne de sa consommation mensuelle en temps normal.

Cette situation risquait d'entraîner dans le délai maximum d'un mois, l'arrêt total des transports automobiles par manque de carburant ; cette éventualité tragique aurait paralysé une forme d'activité indispensable à l'existence sociale et à la vie économique du pays. Il parut nécessaire de parer à ce danger en limitant l'emploi des transports automobiles aux services présentant un intérêt public ; l'économie ainsi réalisée sur la consommation d'essence devant permettre d'assurer les transports indispensables, jusqu'au jour où 50 000 gazogènes mis sans délai en fabrication, pourraient être montés sur les automobiles.

Il ne faut pas se dissimuler que ces mesures imposées par les circonstances ne constituent en réalité que des expédients. On ne peut, en effet, maintenir

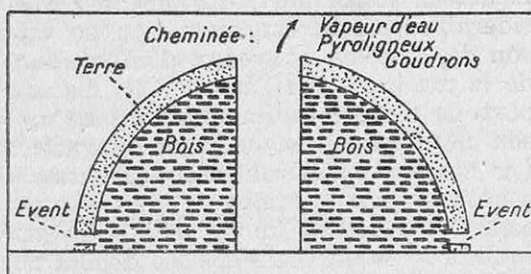


FIG. 1. — CARBONISATION PAR MEULE EN FORÊT

La charbonnette est empilée en meule, la meule elle-même est recouverte de terre. Au milieu une cheminée, à la base des événements assurent le tirage nécessaire à la carbonisation et permettent de régler son activité. Lorsqu'il ne sort plus par la cheminée que des gaz incolores, les goudrons sont distillés, on « étouffe » la meule en bouchant le tirage. La carbonisation est terminée. Ce procédé, d'une grande simplicité, offre par contre, comme inconvénients, d'avoir un faible rendement, de fournir une carbonisation irrégulière et de donner un charbon contenant des impuretés.

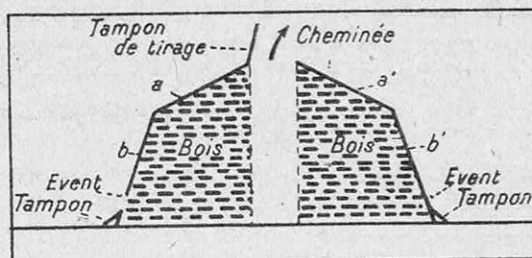


FIG. 2. — CARBONISATION PAR MEULE MÉTALLIQUE EN FORÊT

L'enveloppe de terre est remplacée par une enveloppe métallique formée de segments a, b, a', b',... qui s'adaptent les uns aux autres. Le bois est entassé à l'intérieur de la meule. Des tampons permettent de régler le tirage en obturant plus ou moins les événements. La forme de la meule varie suivant les types d'appareils. Avantages : simplicité, carbonisation plus régulière, charbon plus pur. Inconvénients : prix des meules, durée limitée, perte des distillats.

l'activité économique du pays, si étroitement dépendante elle-même des transports, qui assurent la distribution des vivres et des matières premières, en réduisant ces transports de près de 90 % de leur moyenne normale (1).

Il importe donc de donner à l'organisation des transports une puissance équivalente à celle du passé, compte tenu de besoins économiques différents ; il est sans doute possible pour cela d'intensifier les transits par les voies ferrées et par les canaux ; mais, étant donné l'importance des transports sur routes, il faut surtout assurer aux moteurs des véhicules routiers, sous une forme peut-être différente, l'énergie qu'il est devenu impossible de leur procurer avec les carburants dérivés du pétrole.

Certains objectent, sans doute, qu'une réforme radicale n'est pas nécessaire, qu'il est imprudent d'entreprendre des réalisations nouvelles, dont les résultats risquent d'être incertains, tandis qu'on est assuré que, dès la guerre terminée, les importations de produits pétroliers seront de nouveaux abondantes et faciles.

Ces objections ne méritent pas d'être retenues : nul ne peut prévoir, en effet, quand le blocus maritime prendra fin ; de longs mois, peut-être même des an-

(1) 50 000 gazogènes ne peuvent remplacer les 500 000 camions en service en 1938, sans tenir compte de plus de 1 500 000 voitures légères.

nées seront, d'autre part, nécessaires pour reconstruire les raffineries et les réservoirs sans lesquels le traitement et la distribution des produits pétrolifères ne peuvent être assurés ; enfin et surtout, l'intérêt général du pays le met dans l'obligation impérieuse de vivre sur ses propres ressources et de réduire à l'extrême des achats à l'étranger qui diminueraient la valeur de sa monnaie.

La recherche des carburants « nationaux » susceptibles de remplacer les carburants « importés » répond donc non seulement à la situation présente, mais aussi aux nécessités de demain.

### Le problème du carburant national est un problème de calories nationales

La recherche d'un carburant national a donné lieu dans ces dernières années à de nombreux essais.

Des techniciens éclairés ont prôné avec autorité l'alcool, le benzol, l'essence synthétique, l'acétylène, les huiles de schistes ou de lignites, l'ammoniaque liquéfié, l'hydrogène, le gaz comprimé, l'antracite, le bois, le charbon de bois, les comprimés purs ou mixtes, etc.

Il faut reconnaître que les résultats obtenus ont été médiocres, et il ne pouvait en être autrement, parce qu'on a essayé de résoudre le problème au moyen d'expédients, au lieu de le placer tout d'abord dans un cadre général permettant d'établir les principes de sa solution.

Le problème du carburant national est en fait un problème de calories disponibles sous une forme susceptible de permettre au moteur thermique de l'automobile de les transformer facilement en énergie mécanique.

### Les moteurs thermiques et les différentes conditions d'utilisation des combustibles : le gazogène.

Les moteurs à explosions reposent tous sur le même principe.

Un piston mobile à l'intérieur d'un cylindre, violemment repoussé par la détente des gaz, produits par une combustion presque instantanée à l'intérieur du cylindre, transforme ainsi en travail mécanique une partie des calories dégagées par cette combustion.

Les carburants gazeux ou liquides, ces derniers finement pulvérisés, peuvent seuls convenir à un pareil système (1).

(1) Il ne sera sans doute possible un jour,

Il est nécessaire, avec les carburants solides, d'employer un organe intermédiaire, le *gazogène*, dans lequel la combustion de ce carburant dégage sous l'action d'un courant d'air un gaz utilisable dans le moteur à explosion.

La qualité du gaz ainsi produit varie suivant la nature du combustible employé et suivant la température réalisée à l'intérieur du gazogène ; on le dit « gaz pauvre » parce que son pouvoir calorifique est relativement limité.

L'emploi du gazogène sur les véhicules automobiles présente des inconvénients indéniables : le gazogène augmente le prix du véhicule et constitue à la fois un encombrement et une surcharge ; il nécessite des épurateurs afin de débarrasser le gaz de toute impureté, la mise en route exige un certain délai, le carburant solide est d'un maniement moins facile que le carburant liquide ; enfin, la puissance du moteur est réduite de 30 % au moins. Mais il y a lieu de remarquer que la plupart de ces inconvénients peuvent être atténués par l'emploi de carburants choisis, plus faciles à manier, susceptibles d'assurer une mise en route plus rapide et de fournir un gaz plus riche. Enfin, la perte de puissance du moteur, conséquence normale du pouvoir calorifique moindre du gaz pauvre, disparaît avec une modification mécanique simple, qui permet d'augmenter le nombre des calories utilisées grâce à une plus grande cylindrée et à un taux de compression plus élevé.

Tous les inconvénients du gazogène sont, d'autre part, largement compensés par l'économie que procure un carburant dont le prix de vente est nettement moins élevé que celui de l'essence.

### Les carburants nationaux solides et liquides.

Il résulte des considérations précédentes que l'automobile peut utiliser soit directement des carburants liquides ou des gaz inflammables comprimés, soit, avec l'adjonction d'un gazogène, des carburants solides.

Les carburants liquides, en raison de leur rendement meilleur, des facilités que présente leur stockage et leur dis-

utiliser des carburants solides finement pulvérisés — les expériences faites en Amérique avec du sucre en poudre fine et du lycopode, ainsi qu'en Allemagne et en Angleterre avec du charbon pulvérisé, ont donné des résultats.

tribution, sont en principe préférables aux carburants solides dont l'emploi est surtout justifié par l'obligation où on se trouve de les utiliser faute de carburants liquides.

Il importe, dans la recherche d'un carburant national, d'établir d'abord comment, sous quelle forme, avec quelle capacité de production et quel prix de revient chacune de ces sources peut être exploitée afin de pouvoir choisir ensuite, sur des bases précises, celles qu'il convient d'utiliser dans l'intérêt de l'économie nationale.

L'exploitation des sources naturelles d'énergie permet (par électrolyse, par action de l'arc électrique...) d'obtenir de bons carburants, utilisables dans les moteurs à explosion sans qu'il soit nécessaire de modifier ces moteurs, mais elle présente de graves inconvénients.

Ces disponibilités, comme nous l'avons dit, sont à peine suffisantes pour les besoins du pays. Il n'est possible d'en distraire qu'une faible partie pour la fabrication d'un carburant national ; cette fabrication restera donc très limitée.

Le prix de revient du carburant fabriqué est, en outre, très élevé.

Les combustibles solides minéraux peuvent, les uns être utilisés directement dans les gazogènes, comme l'antracite, les autres seulement après une transformation préalable. La plupart peuvent servir de base à la fabrication de carburants liquides ou de gaz combustibles.

L'antracite, par sa richesse calorifique (1), par sa faible teneur en cendres et en goudrons, peut être considérée comme un des meilleurs carburants solides ; malheureusement les besoins de la

(1) La richesse calorifique d'un kilogramme d'antracite anglais est d'au moins 8 400 calories.

France en anthracite dépassent ses ressources, et pour le présent, l'antracite ne peut être utilisé qu'exceptionnellement comme carburant.

La houille, après élimination de ses goudrons par la distillation, peut être utilisée comme carburant, sous forme de coke ou de semi-coke (1).

La distillation de la houille permet également d'obtenir des carburants liquides utilisables directement, comme les benzols, ou après hydrogénation, comme les goudrons ; elle fournit en même temps du gaz d'éclairage qui, comprimé à haute pression dans des bouteilles spéciales, peut être utilisé comme carburant (2).

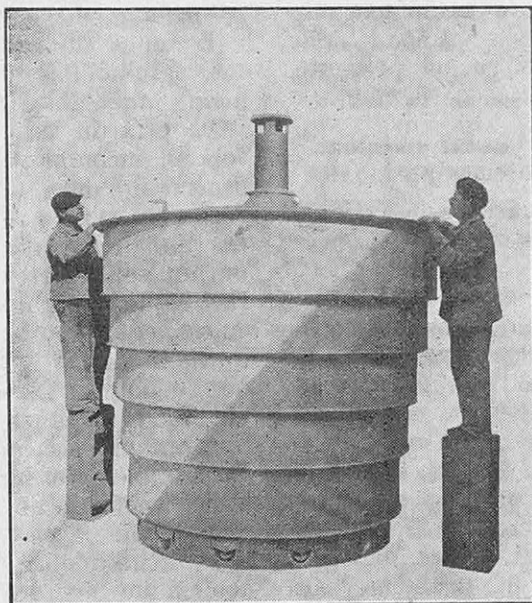
La houille peut enfin servir de base à la fabrication d'essence synthétique soit par hydrogénation directe (procédés Bergius, Audibert, Vallette), soit en partant du gaz à l'eau obtenu par la combustion du coke

soumis à l'action d'un catalyseur (procédé Fischer). Les premiers procédés sont appliqués industriellement dans les

(1) Le coke est produit par la distillation de la houille à haute température (1 000°) dans les fours à coke (coke métallurgique) ou dans les usines à gaz. Le semi-coke est produit par la distillation de la houille à basse température (600°). Le semi-coke et le coke employés, soit purs en grains, soit en mélange avec du charbon naturel ou du charbon de bois sous forme de comprimés cokéfiés, donnent un excellent carburant pour gazogène (carbolux, calorex,...).

(2) Le gaz comprimé est un excellent carburant, mais son emploi exige un matériel de compression et de transport onéreux, de nombreux postes de distribution et par suite des investissements importants. Une station de compression pour 100 camions exige des installations représentant une dépense de 1 million, et par camion, 17 000 à 18 000 frs de matériel.

L'emploi du gaz comprimé ne peut être envisagé qu'au voisinage de centres disposant d'une importante production de gaz.



T W 1709

FIG. . — PHASE TERMINALE DU MONTAGE D'UN FOUR A CARBONISATION : LA POSE DU TOIT

usines de Lens et de Liévin; ils exigent des installations importantes et coûteuses. Le second, appliqué par les établissements Courrières-Kuhlmann paraît plus économique. Tous ces procédés ont l'inconvénient d'exiger une quantité relativement importante de charbon, de 4 à 10 kg, suivant les procédés, par litre d'essence fabriqué.

Il apparaît ainsi que la houille peut fournir d'excellents carburants solides, liquides ou gazeux; mais la production des houillères nationales étant elle-même inférieure aux besoins de l'industrie, l'emploi absolu de la houille pour la fabrication d'un carburant national est pour le présent, à écarter en principe puisqu'il exigerait une augmentation équivalente des importations.

On doit néanmoins considérer que dans bien des cas la houille, ou ses produits dérivés, lorsqu'ils ne répondent pas à des besoins immédiats de l'industrie, peuvent constituer de très précieux appoints en carburant, pour l'Economie nationale.

Les lignites peuvent être utilisées dans les gazogènes sous forme de briquettes cokéfiées (1), leur distillation permet d'obtenir des goudrons qui après hydrogénation fournissent un très bon carburant. La France possède d'importants gisements de lignites, malheureusement de qualité en général médiocre et d'exploitation difficile: la profondeur à laquelle se trouvent les couches exige leur exploitation par puits et par galeries et grève de ce fait lourdement le prix de revient d'un combustible, qui sans un traitement approprié demeure très inférieur aux houilles les plus ordinaires. L'utilisation des lignites comme base de la fabrication d'un carburant national doit donc être considérée comme très limitée pour le présent (2).

Les schistes bitumeux, dont il existe de nombreux gisements, sont susceptibles de fournir un goudron primaire excellent, mais les frais d'investissement nécessaires à leur traitement sont considérables (3) et ne peuvent être justifiés

(1) En Allemagne, les riches gisements de lignites du bassin d'Aix-la-Chapelle permettent la fabrication de briquettes avec lesquelles Deutz a obtenu d'excellents résultats.

(2) Il n'en est pas de même en Allemagne où en raison de la qualité des lignites et de leur facilité d'extraction, il est exploité annuellement environ 150 millions de tonnes.

(3) D'après Ch. Berthelot, les investissements nécessaires sont de l'ordre de 25 000

que si leur teneur en goudron primaire est d'au moins 90 litres à la tonne, teneur rare en France.

Les seuls gisements exploités, ceux d'Autun, ont fourni en 1938, pour une exploitation de plus de 100 000 tonnes de schistes environ 4 000 tonnes d'essence. Il sera certainement possible d'augmenter dans l'avenir la production d'essence de schistes, mais les résultats qu'on peut espérer dans les conditions les plus favorables resteront très inférieurs aux besoins de la France.

La tourbe peut être utilisée comme carburant solide, sous forme de briquettes, de semi-cokes ou d'agglomérés; il est également possible d'extraire de la tourbe, par distillation, un goudron susceptible d'être transformé en carburant liquide.

La France possède environ 100 000 hectares de tourbières, dont quelques unes profondes de 8 à 10 mètres. Ces réserves considérables restent malheureusement inutilisées.

La tourbe renferme, en effet, au moment de son extraction, environ 90 % d'eau finement divisée à l'intérieur d'une masse cellulosique constituée par une infinité de cellules à parois résistantes.

La déshydratation de la tourbe, condition première de son traitement en vue de son utilisation comme carburant, présente de ce fait des difficultés techniques qu'aucun des procédés mis en essai (1) n'a pu encore résoudre dans des conditions satisfaisantes.

### Le bois carburant inépuisable

Le bois est le meilleur des combustibles végétaux (2) et celui qui offre les plus importantes ressources pour la fabrication d'un carburant national: on peut l'utiliser sous la forme de carburants solides et il peut servir de base à la fabrication de carburants liquides.

Le bois peut être employé directement dans les gazogènes: il est seulement né à 30 000 frs par tonne traitée en 24 heures et les seuls frais d'amortissement grèveraient l'huile produite d'environ 300 francs par tonne.

(1) Séchage à l'air — lent et insuffisant; séchage par la chaleur — trop coûteux; déshydratation par compression — coûteux; déshydratation chimique au carbonate de soude; déshydratation physique par combinaison avec poussières.

(2) Le bois fournit au kg: 2 500 à 3 000 calories selon son degré d'humidité; le charbon de bois de 7 000 à 8 000 calories selon la température de cuisson.

cessaire de le découper en morceaux de dimensions inférieures à 8 ou 10 cm, afin que le chargement de l'appareil soit facile et la distillation régulière. Le rendement en gaz varie avec le degré d'humidité du bois qui ne doit pas dépasser 20 %.

L'emploi direct du bois dans les gazogènes constitue la solution la plus simple et la plus économique ; malheureusement cette solution présente de sérieux inconvénients. La production du gaz est irrégulière, elle varie selon la nature des essences ; le faible pouvoir calorifique du bois exige des consommations importantes (2,5 à 3 kg de bois pour un litre d'essence) (1) et de ce fait entraîne un approvisionnement encombrant ; enfin, la distillation du bois dégage des vapeurs de goudrons et de pyroligneux qui attaquent et encrassent les tuyauteries et les épurateurs, si on ne parvient pas à les brûler en élevant la température de combustion, aux dépens, parfois, de la durée des foyers.

(1) Un camion de 5 t qui consomme 40 litres d'essence aux 100 km, soit 200 francs, a besoin, avec un gazogène, de 100 kg de bois pour 100 km, soit 18 à 20 francs.

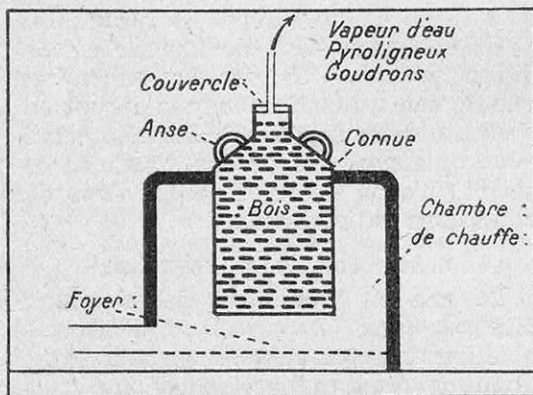


FIG. 3. — CARBONISATION EN VASE CLOS

Le bois est entassé en bûches de petites dimensions dans une cornue en fonte, chauffée soit à la houille, soit au bois avec appoint parfois des gaz combustibles provenant de la carbonisation. Cette cornue est placée dans la chambre de chauffe au moyen d'un transporteur qui l'accroche par ses anses. La cornue est fermée à sa partie supérieure par un couvercle luté à la glaise au moment de sa mise en place et muni d'une tubulure qui permet de recueillir pyroligneux et goudrons. Avantages : carbonisation régulière, charbon très pur, sous-produits recueillis, utilisation de menus bois, de houppiers. Inconvénients : installation coûteuse, prix de revient du charbon élevé, recueil des sous-produits délicat.

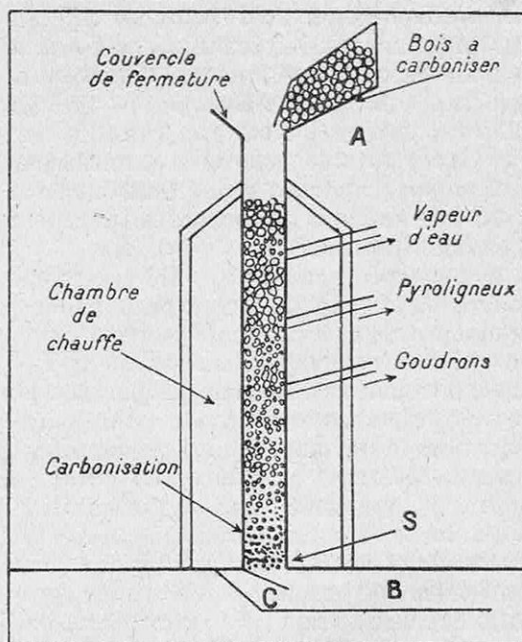


FIG. 4. — CARBONISATION PAR FOUR CONTINU

Le bois préalablement découpé est entassé dans un four vertical (cylindrique ou rectangulaire) long et étroit, chauffé extérieurement par les gaz combustibles de la distillation (une fois la mise en marche assurée). Le four peut être rechargé par sa partie supérieure par le bois amené dans le récipient A. Le charbon est recueilli à la partie inférieure dans la réserve B, après ouverture de la trappe C qui ferme le sas C. En raison de la hauteur du four (17 à 18 m) le bois est carbonisé progressivement, des aspirateurs permettent de recueillir aux différents étages du four, et en raison de la température réalisée à ces étages, la vapeur d'eau, les pyroligneux, les goudrons. Avantages : carbonisation régulière, charbon très pur, sous-produits recueillis, utilisation de tous les bois et des rémanents. Inconvénients : installation coûteuse, recueil industriel des sous-produits délicat, usine fixe (dans les installations fixes, le prix de transport du bois jusqu'à l'usine risque d'augmenter le prix de revient à un chiffre trop élevé lorsque la distance est trop grande).

La transformation du bois en charbon de bois permet d'obtenir un carburant très supérieur. Le charbon de bois possède, à poids égal, un pouvoir calorifique plus élevé que celui du bois ; il fournit un gaz relativement pur, pratiquement exempt de goudrons et de pyroligneux ; sa qualité varie suivant les conditions dans lesquelles il a été fabriqué. Les charbons de bois fabriqués en forêt par le vieux système des meules, cuits plus ou moins régulièrement, manquent d'homogénéité et renferment fré-



quement des matières étrangères. Les charbons de bois fabriqués par distillation en vase clos, à des températures réglées, sont plus homogènes et renferment moins d'impuretés.

La valeur du gaz produit par le charbon de bois varie suivant la température à laquelle a été soumis le bois. Les charbons roux ou bois torréfiés obtenus par une cuisson à moins de 300° C renferment encore des goudrons et fournissent un gaz plus riche ; le charbon obtenu par une distillation à 550 ou 600° fournit un gaz moins riche, mais plus pur (1). Le charbon de bois possède, à côté de ces avantages, des inconvénients réels ; il est friable et sa manutention entraîne la formation de débris et de poussières nuisibles au bon fonctionnement du gazogène ; il est hydrophile et sa conservation exige un emballage imperméable, enfin, il est très encombrant en raison de sa faible densité.

Il a paru possible d'atténuer les inconvénients du charbon de bois et d'augmenter ses qualités en l'employant sous forme d'agglomérés. Le principe de la fabrication est simple. Le charbon de bois, d'abord pulvérisé, est ensuite malaxé avec du brai (2). Le mélange, fortement comprimé dans des presses, est transformé en boulets de la dimension d'un œuf de pigeon. Les boulets ainsi obtenus sont recuits à 400 ou 500° pour les débarrasser des goudrons introduits avec le brai.

Au lieu d'employer du charbon de bois pur, on peut employer un mélange de charbon de bois et de poussier de houille.

Dans la pratique, la technique de la fabrication s'est révélée délicate ; on est néanmoins parvenu à fabriquer des comprimés purs (carbonite-Etat) et des comprimés mixtes, qui donnent toute satisfaction.

La bonne fabrication des comprimés leur assure des avantages caractérisés par un pouvoir calorifique élevé (3), une densité et une dureté plus grandes, une manutention et une conservation plus faciles. Un kilogramme de carbonite a

(1) En moyenne 1,2 à 1,4 kg de charbon de bois équivalent à un litre d'essence.

(2) Provenant du goudron obtenu par la distillation du bois.

(3) La valeur calorifique de la carbonite dépasse 8 000 calories au kg, elle est très voisine de la valeur calorifique des anthracites : 8 200 à 8 400 calories au kg.

une valeur au moins équivalente à celle d'un litre d'essence.

Le prix de revient du comprimé (pur ou mixte), est supérieur à celui du charbon de bois ; on peut chercher à le réduire par la récupération et par la vente des sous-produits de la distillation du bois (alcool méthylique, acide acétique, goudrons), mais cette récupération est elle-même onéreuse et le marché de ces produits est limité : il semble que le plus sûr moyen de réduire le prix de revient doive être recherché dans la simplicité et l'industrialisation des méthodes d'exploitation des coupes, du transport et de la manutention du bois, de la fabrication des comprimés.

Le bois peut servir également de base à la fabrication de carburants liquides dans des conditions particulièrement intéressantes.

#### Les carburants liquides fabriqués à partir du bois

La transformation, en général nécessaire, du bois en charbon de bois dans l'emploi du bois comme carburant solide, exige une dépense considérable de calories ; cette dépense se caractérise par la combustion de la cellulose et la transformation de la lignine en carbone (1). Une partie de la chaleur produite est sans doute absorbée par la distillation de l'eau contenue dans le bois, des pyroligneux, des goudrons et par la décomposition de la lignine en carbone, mais une partie importante est aussi perdue dans l'atmosphère.

Les progrès de la chimie moderne ont permis, par les procédés d'hydrolyse, d'exploiter plus complètement les calories constitutives du bois et d'utiliser une partie tout au moins de ces calories sous la forme d'un carburant liquide.

Tous les procédés d'hydrolyse reposent sur les mêmes principes. Le bois, préalablement déchiqueté, est soumis à l'action d'un acide (2), qui dissocie la lignine et la cellulose, en transformant cette dernière en jus sucré. Le sucre de cellulose est lui-même transformé par fermentation, soit en alcool éthylique, soit en cétones, suivant le ferment utili-

(1) Les deux éléments constitutifs du bois sont la cellulose et la lignine.

(2) Acide dilué ou acide concentré suivant la température et la pression employées. Suivant les procédés, on utilise l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique ou l'acide fluorhydrique.

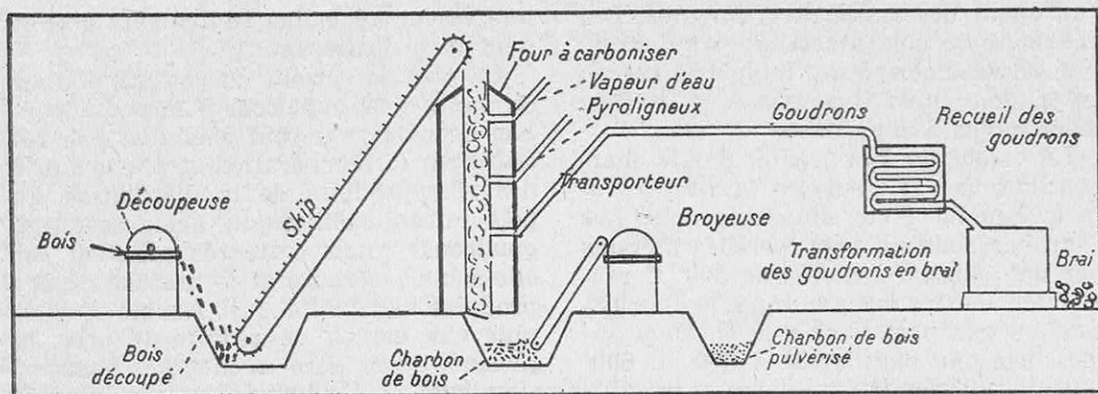


FIG. 5. — SCHÉMA DE LA FABRICATION D'AGGLOMÉRÉS DE CHARBON DE BOIS (PREMIÈRE PHASE)  
Le bois est carbonisé ; le charbon de bois est pulvérisé ; les goudrons sont transformés en brai.

sé. L'alcool éthylique est un bon carburant, qui peut être heureusement utilisé en mélange avec de l'essence en raison de ses qualités d'antidétonant. Les cétones sont d'excellents carburants à haut indice d'octane.

La lignine dissociée de la cellulose peut être utilisée dans les gazogènes directement ou sous forme de comprimés, au besoin cokéfiés afin d'éliminer les goudrons qu'elle renferme encore.

Les sous-produits du traitement, acide acétique, alcool méthylique, sont recueillis au cours des différentes phases que comporte l'hydrolyse.

Divers procédés (1) ont permis de réaliser pratiquement ces transformations qui doivent modifier profondément

(1) Procédés Bohunelk, Tournel, Sholler. La difficulté de construire des appareils résistants aux acides entraîne des frais d'établissement élevés.

l'industrie du bois : leur développement est jusqu'à présent resté limité en raison du chiffre élevé des investissements nécessaires.

Le docteur Bergius a mis récemment au point un procédé dont les résultats seraient particulièrement intéressants puisque une tonne de bois à 8 % d'humidité fournirait

300 à 340 litres d'alcool éthylique  
250 à 300 kg de lignines  
25 à 30 kg d'acide acétique  
10 kg de furfurool.

Ces chiffres indiquent toute l'importance des résultats qu'il est possible d'envisager par l'hydrolyse du bois (1).

L'exploitation du bois pour la fabrication d'un carburant national deviendra

(1) Une tonne de bois en forêt fournit, en charbon de bois, l'équivalent de 200 litres d'essence ; traitée par hydrolyse, cette tonne de bois fournit, en carburants solides et liquides, l'équivalent de 400 litres d'essence.

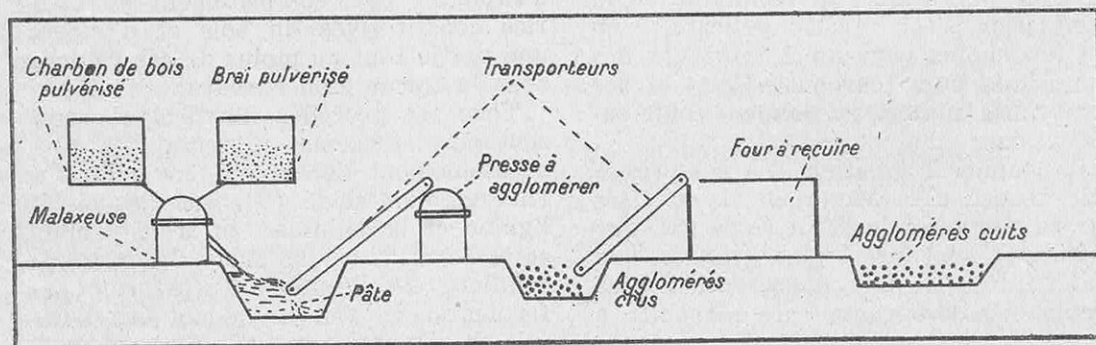


FIG. 6. — DEUXIÈME PHASE DE LA FABRICATION D'AGGLOMÉRÉS DE CHARBON DE BOIS  
Le charbon de bois pulvérisé est malaxé à chaud avec le brai pulvérisé, la pâte est ensuite agglomérée et les boulets obtenus sont recuits pour être débarrassés de leur excès de goudron. Les gaz produits par la cokéfaction des boulets sont utilisés pour le chauffage du four à recuire. En réalité, le recueil des pyroligneux et celui de l'acide acétique exigent une installation complémentaire importante.

encore plus intéressant le jour, peut-être prochain, où il sera possible d'extraire industriellement du bois comme du charbon une huile primaire. La synthèse de l'essence à partir du bois sera alors réalisée.

Tous les végétaux ligneux (bambous, joncs, roseaux) sont susceptibles par un traitement approprié de fournir des carburants solides et liquides.

Les végétaux à racines tuberculeuses (pommes de terre, topinambours, betteraves), les céréales (blé, avoine), le riz, le maïs, la canne à sucre, peuvent, par des traitements appropriés, produire des jus sucrés qui, par fermentation, donnent naissance, suivant le ferment employé, soit à des alcools éthyliques, soit à des cétones. La production de l'alcool au moyen du jus de betteraves a atteint en France un chiffre important (1), qui n'est limité que par les besoins de l'industrie du sucre.

L'importance et la variété des carburants que peuvent fournir les végétaux permettent d'affirmer qu'ils constituent la réserve la plus précieuse à exploiter pour la fabrication d'un carburant national.

Le bois tient en France la première place parmi les végétaux susceptibles de fournir un carburant national. La forêt française étend ses hautes futaies et ses taillis variés sur plus de 10 millions d'hectares, le cinquième de la surface totale du pays. Elle comprend les essences les plus diverses chacune s'étant adaptée au sol et au climat qui lui convenaient le mieux ; elle fixe chaque année dans ses tissus de 30 à 40 millions de tonnes de carbone (2). La production normale de la forêt française en bois de chauffage seulement est estimée à environ 30 millions de stères (10 à 12 millions de tonnes) ; ce chiffre repré-

sente un minimum (1) car il néglige les rémanents (2), les arbres isolés, les bouquetaux et les déchets qui doivent porter le total des bois utilisables chaque année pour le chauffage à 33 ou 35 millions de stères (15 à 16 millions de tonnes). On peut donc admettre que le chiffre de 30 millions de stères, (12 à 13 millions de tonnes) est inférieur à la réalité : ce chiffre équivaut en calories à celui que représenteraient 3 à 3,5 millions de tonnes d'essence.

Ainsi, les seules disponibilités annuelles en bois de chauffage de la forêt française dépassent en calories les besoins équivalents en essence de la consommation (2 700 000 t en 1938) ((3).

La production de la France en bois de chauffage est, à l'heure présente, absorbée pour les 2/3 par les besoins de la culture (perches, piquets) et par ceux du chauffage domestique ; un tiers au moins reste invendu. On peut estimer, en tenant compte des rémanents, que 12 millions de stères de bois au moins demeurent chaque année inutilisées ; ces 12 millions de stères représentent en calories la valeur de 1 000 000 à 1 200 000 tonnes d'essence. Ces chiffres seuls affirment tout l'intérêt qu'il y aurait à utiliser le bois (ou ses dérivés) comme carburant, au point de vue de l'économie nationale.

Général M. BOUCHERIE (C. R.).

(1) Production en mètres cubes d'après le rapport de M. Dutilloy.

RONDINS CHARBONNETTES HOUPPIERS		TOTAL
	<i>Forêts domaniales</i>	
320 000	600 000 840 000	1 760 000
	<i>Forêts communales</i>	
1 040 000	2 080 000 720 000	3 840 000
	<i>Forêts particulières</i>	
3 680 000	7 360 000 1 680 000	12 720 000
5 040 000	10 040 000 3 240 000	18 320 000

(2) Les rémanents sont les menus bois laissés sur le sol ; les houppiers sont les têtes d'arbres.

(3) A ces ressources s'ajoutent celles particulièrement intéressantes des traverses de chemin de fer réformées. Ces traverses, la plupart en bois dur, toutes injectées avec des produits créosotés, donnent par carbonisation et du fait du crackage de ces produits, un charbon remarquable par sa valeur calorifique et sa densité. L'ingénieur M. Guillaume a réalisé à Is-sur-Tille une installation de carbonisation de traverses qui donne les meilleurs résultats. Il existe en France plusieurs millions de traverses qui pourraient ainsi alimenter en carburant les gazogènes des automotrices.

(1) Les distilleries de betteraves ont fourni, suivant les années, de 6 millions d'hectolitres en 1935, à 3 millions en 1937 ; une partie de cet alcool était absorbée par le service des poudres. L'alcool éthylique peut être utilisé, soit pur avec des carburateurs convenablement réglés, soit en mélange avec l'essence.

(2) Ce chiffre seul, qui n'a évidemment quant à présent qu'une valeur théorique, indique les ressources considérables en carbone que renferme la forêt ; une infime partie de ces ressources est aujourd'hui exploitée, mais le jour où le progrès aura permis de les exploiter plus complètement, le problème du carburant sera résolu.

LE SIÈCLE A VENIR (1)

*Sous cette rubrique, une personnalité éminemment qualifiée pour chaque genre d'ouvrage analyse les livres les plus récents, qui font époque dans les différents domaines de la pensée humaine appliquée à l'interprétation des faits et des idées modernes.*

L'ouvrage magistral de C.-C. Furnas, professeur à la *Yale University* de New-Haven, dans le Massachussets (Etats-Unis) est un de ces livres de base dont nous n'avons pas l'équivalent en langue française, et que tout homme instruit devrait avoir lu.

*Le Siècle à venir* n'est pas une de ces anticipations naïves et invraisemblables, comme on en rencontre parfois. En deux cent quatre-vingt pages, admirablement écrites (2), l'auteur fait la critique de l'état actuel des choses, indique les perfectionnements les plus urgents et suppose dans quel sens l'évolution va s'effectuer au cours des prochaines années. Tant en biologie qu'en physique, la documentation de Furnas est irréprochable, son style est vif, pétillant, plein d'humour, émaillé de précisions et d'anecdotes savoureuses, dont nous allons donner une idée.

Découpées en six chapitres, les soixante premières pages traitent des sciences physico-chimiques : la synthèse, les solvants, nous surpassons la nature, quoi de neuf dans les noyaux atomiques, de l'énergie à prendre, les éléments nouveaux, le havre du savant.

Les techniques viennent ensuite avec onze chapitres : la route devant nous, épargner du travail, la force motrice, la lumière, les transports, les communications, nos ressources minérales, la ferme modèle, l'agriculture est une industrie, la synthèse des aliments, tirer le meilleur parti du temps.

Les conclusions générales prennent pour objets : la grande vague des inventions, se reposer sans s'endormir, l'assurance et la vie.

**La chimie et l'énergie.**

Furnas débute par la chimie, pour cette raison notamment que cette Science ne va pas jusqu'au fond des choses : la physique y pénètre plus profondément, « le

physicien est plus près de la solution des problèmes importants; l'atome, qui fut à un certain moment le plus petit morceau de matière, est devenu une *ménagerie* ». La chimie, au contraire, a, comme champ d'études, des limites parfaitement définies, qu'elle n'a d'ailleurs pas encore atteintes; son vocabulaire est aussi compliqué que celui « de l'homme de loi, mais il a l'avantage d'être secondé par la logique et l'expérience ».

Notons quelques remarques malicieuses sur le rôle de la chimie dans le monde. Quand un obus de 420 explose, c'est de la chimie. Quand on analyse une goutte de sang pour y déceler quelques dix-millièmes de sucre, c'est également de la chimie. Pour l'étudiant d'Oxford ou de Cambridge, un cours de chimie est une dégoutation. Ce sujet ne suscite guère plus d'enthousiasme dans l'esprit de l'Américain moyen — ou du Français moyen — pour qui tout ce qui est « chimique » est empoisonné, corrosif ou explosif ! Le public est imbu de l'idée que les produits « naturels » sont incontestablement les meilleurs.

Signalons, en passant, des pages pleines d'intérêt sur la synthèse chimique : la seule chose qui ait empêché l'homme de fabriquer tout ce que la nature a produit est son manque de connaissances. L'auteur étudie les matières plastiques, la rayonne, le caoutchouc synthétique, les aromes et les parfums (dont les procédés d'obtention sont souvent plus coûteux que l'extraction des matières naturelles); d'autre part, on connaît actuellement dix mille alliages métalliques, utilisés dans la pratique, mais il y en a sans doute un million d'autres possibles, et beaucoup de nos souhaits les plus modestes ne sont pas encore réalisés.

Les progrès qu'il nous reste à atteindre sont extrêmement nombreux dans tous les autres domaines : utilisation de l'énergie, exploitation de nouvelles ressources minérales, prévision et contrôle du temps (car il y a incontestablement des rapports étroits entre le climat et l'activité humaine), chauffage, éclairage, transports,

(1) C. C. Furnas, *Le Siècle à venir*.

(2) Mais malheureusement moins bien traduites.

communications, agriculture. Il nous faut notamment un bon solvant pour la cellulose, une vraie soie artificielle, un irréprochable caoutchouc de synthèse, une lumière froide, des moteurs à grand rendement. Nous devons apprendre à tirer parti des inépuisables réserves d'or et de cuivre que contiennent les océans. Il convient aussi d'utiliser le rayonnement solaire : personne n'a su capter les 99,983 pour cent d'énergie (non lumineuse) qui est gaspillée et se perd dans l'espace interstellaire, sans aucun profit. « Dire que nous pourrions être à court d'énergie est stupide, car, en employant intégralement le rayonnement solaire qui tombe en une minute sur la surface terrestre, nous aurions assez de chaleur et de force motrice pour subvenir aux besoins de l'humanité pendant toute une année. »

Tous les domaines de notre vie fourmillent d'occasions d'épargner du travail, auxquelles nous n'avons jusqu'ici prêté aucune attention. Par exemple, pour des calculs compliqués, une machine peut faire un travail de mille hommes-heure en trois ou quatre heures. Et l'on pourrait remplacer avantageusement, à meilleur compte, un million d'ouvriers qui s'occupent de la vérification et du contrôle, par quelques mécanismes actionnés par des cellules photo-électriques.

Le professeur Furnas traite longuement des rapports de la chimie et de la biologie. « L'homme, écrit-il, passe sa vie à satisfaire ses désirs, comme s'il était un tigre ou un chien. Le jeune homme, au printemps, ne voudra jamais croire que l'amour n'est qu'une question de molécules... » Aucun biologiste ne pourra faire des progrès sérieux dans l'avenir, s'il n'est un bon chimiste.

### L'agriculture.

Autre question primordiale : la ferme est une grande usine de chimie organique, « mais certains hommes jugent encore du moment propice aux plantations d'après les phases de la Lune » ! Les plantes n'ont pas de nerfs, de jambes ou de glandes endocrines, mais, à d'autres égards, leur fonctionnement est aussi compliqué que le nôtre. Il n'y a pas besoin de leur fournir de vitamines, puisqu'elles les fabriquent elles-mêmes; mais elles ont besoin de traces de certains composés organiques et de bactéries « pour leur tenir compagnie ».

Le fermier dit : « Les engrais com-

merciaux sont bons, mais le pouvoir fertilisant du fumier est meilleur. » Le botaniste réplique : « Le pouvoir fertilisant du fumier est bien plus grand qu'on ne le croirait d'après une simple analyse minérale. » Les vieilles histoires sur les excellents effets de l'urine sur la vie des plantes ressemblent aux contes de bonnes femmes; mais c'est peut-être de la vraie biologie... On a certaines preuves de ce que les hormones sexuelles, surtout les femelles, sont essentielles pour la croissance de bien des végétaux; or, les excréments d'animaux contiennent une certaine proportion d'hormones; et c'est peut-être la clé de leur valeur inexplicable comme engrais.

Lorsque le fermier a des raisons de croire que son sol est « sûr », il épargne du calcaire finement broyé, ou des marnes. Il modifie ainsi (sans s'en douter) l'exposant d'hydrogène pH de son sol, il le rend « plus doux » et espère que ses plantes « pousseront mieux ». Mais son sol est loin d'être contrôlé dans le vrai sens du mot. Par bonheur, nos plantes cultivées sont capables de résister à bien des mauvais traitements... Dans une usine chimique moderne, qui fabrique même le produit le plus simple, on contrôle la composition des substances et les conditions physiques jusque dans les moindres détails. Dans la plus grande des usines chimiques — la ferme — presque tout est laissé au hasard... S'il peut y avoir des améliorations techniques et une épargne de travail, c'est bien dans l'agriculture. On ne comprend pas pourquoi un homme laboure un demi-hectare de terre chaque jour avec une vieille paire de chevaux fatigués, quand il pourrait en labourer de quarante à quatre-vingts hectares, avec un tracteur de dimensions moyennes. Quand le fermier moyen sera convaincu qu'il peut décentement échanger le mythe de son indépendance contre un niveau de vie plus élevé et une plus grande certitude de subsistance, il commencera à envisager sérieusement le travail coopératif dans de grands domaines. La ferme est non seulement une productrice d'aliments, mais aussi une grande productrice possible de matières premières pour les fabrications chimiques et mécaniques. L'agriculture est une industrie; mais elle l'ignore, et ne voudrait pas l'admettre, si elle le savait. A part quelques exceptions brillantes, c'est une industrie « honteusement surannée » : son retard de déve-

loppement atteint presque trois siècles; c'est tragique, parce que c'est typique.

Le professeur américain examine ensuite « la synthèse des aliments », où il émet des opinions suggestives. Dans notre production d'aliments artificiels, il faut nous rappeler que notre appareil digestif est beaucoup plus qu'une chaudière à vapeur; il fait bien autre chose que de produire de l'énergie pour la machine; il fait la synthèse de tous les matériaux de la machine, et la conserve en bon état, tant qu'il y a de la vie. Les artistes des aliments de l'avenir auront fort à faire pour décorer agréablement les produits que nous mangerons. Le coût en sera sûrement augmenté, mais la race pourra ainsi conserver le plaisir de manger, et la santé n'en sera que meilleure.

### Les inventions, les savants, les loisirs.

Bien des volumes pourraient être remplis d'exemples de détresse humaine causée par les découvertes et les inventions, mais on pourrait également remplir bien des volumes de leurs avantages. On ne peut guère être assez naïf pour croire que tous nos troubles sociaux et économiques ont été causés par des progrès techniques : « Rejeter tout le blâme de nos maux sur la science et l'invention, c'est simplement chercher aveuglément un bouc émissaire... ». La plupart des hommes n'apprécient pas la valeur des buts lointains, mais il y a un but qu'ils comprennent toujours et apprécient pleinement : c'est le niveau de vie. *Améliorer et appliquer* : Il n'y a aucun domaine de notre existence qui ne demande des améliorations, et qui « ne crie littéralement après elles ». Il nous faut des avions plus sûrs et plus rapides, des automobiles et des vêtements qui ne s'usent pas, des maisons confortables, jolies, salubres et solides, des médicaments qui nous guérissent, des écoles qui nous instruisent, et « des aliments qui ne nous donnent pas d'indigestion ». Mais, par dessus tout, il nous faut un système économique et social stable, qui nous procure paix et sécurité, et une occasion de travailler « pour les biens du monde qui en valent la peine ». Quand le coût du salaire manuel pour un article fini représente moins d'un pour cent du prix de revient, il est certain que notre organisation est défectueuse. Et cependant, « aucun homme responsable ne s'est jamais arrêté une heure pour discuter sur la meilleure ré-

partition possible des dollars, et sur l'effort que nous devrions faire, à notre stade actuel de développement technique, pour en tirer le maximum de bien pour tous ».

La recherche du savoir humain ne doit aucunement être confinée aux sujets « pratiques »; mais le caractère pratique d'un sujet ne devrait pas le faire mépriser. Arrêter notre marche en avant, même si nous le pouvions, ne nous mènerait guère qu'à une ruine complète. A moins qu'une ère sombre n'advienne, notre progrès futur relèguera le progrès présent « dans la classe la plus minuscule des pygmées ». On l'a dit si souvent dans ces dernières années que les gens s'imaginent que cette histoire est pur bavardage d'hommes de science ayant une heure à perdre : ils regardent les dix millions de chômeurs (« voilà votre progrès ! ») et publient qu'ils ne voient pas l'accomplissement ultime, mais seulement un stade transitoire de la science et de la technique, qui ne marche pas de pair avec la sociologie et l'économie politique. Ces personnes « parlent sans preuves », et il est curieux qu'elles attachent généralement beaucoup d'importance au confort matériel ! Nous n'avons jamais appris à synchroniser le but de notre vie et celui des machines. Le but des machines, « si elles en ont un », est de fabriquer plus de choses plus rapidement, mais nous les employons uniquement pour gagner plus d'argent.

Dans l'esprit de la plupart des hommes, encore qu'ils ne l'admettent pas toujours, les loisirs sont « un véritable avantage, une récompense de la vie, un but pour lequel il vaut la peine de lutter ». Mais combien de gens travaillent « pour un surcroît d'acquisitions, quand on peut vivre d'une façon satisfaisante, saine et heureuse, sans les posséder ! Le dollar envisagé comme but, a été un guide indigne; mais ce n'est que dans un système adéquat d'éducation qu'on pourra former la population à avoir un autre but que celui-là. Il faut former des gens pour les loisirs, tout autant que pour le travail : la façon dont les jeunes, en dehors de leurs heures de travail à l'usine, passent leur temps, intéresse beaucoup la société.

Furnas mentionne enfin d'autres erreurs et imperfections de la société américaine, qu'il convient de connaître.

*Le siècle à venir* est un grand livre, impartial, objectif et réconfortant.

Marcel BOLL.

# LES GAZOGÈNES ACTUELS SONT-ILS PERFECTIBLES ?

par Jean MARCHAND  
INGÉNIEUR I. E. G.

Le grand problème des carburants de remplacement se trouve — partiellement mais assez heureusement — résolu par l'emploi généralisé des gazogènes, utilisant des combustibles solides divers : bois, charbon de bois, anthracite, etc... Ces gazogènes, qui ont fait l'objet de longues études, parviennent à satisfaire à l'alimentation des véhicules automobiles courants, dont la construction avait été prévue pour le fonctionnement à l'essence.

Ce n'est pas un tour de force... Mais si l'on veut bien considérer que le mètre cube de gaz carburé au gaz pauvre donne, en brûlant, 650 calories, alors que le mètre cube de gaz carburé à l'essence de pétrole en donne 830, on peut facilement prévoir que, lorsque les moteurs n'ont pas été créés spécialement pour la marche au gaz pauvre, ils subiront une perte de puissance très sensible, du fait de leur alimentation par un gazogène.

Le problème actuel, présentant un caractère d'urgence très aigu, ne pouvait avoir sa solution dans la fabrication de véhicules spécialement destinés à la marche au gazogène.

Il fallait, au contraire, permettre aux véhicules en circulation de continuer leurs services après transformation.

Ceci n'est possible qu'en conservant à ces véhicules leur homogénéité, c'est-à-dire un rapport correct entre la puissance du moteur, le poids du châssis et la charge à transporter.

Ainsi, les moteurs étant prévus pour la marche à l'essence en prenant ce rapport pour base, tout abaissement de puissance nuit à la valeur d'utilisation du véhicule.

C'est donc, en premier lieu, contre cet

abaissement de puissance qu'il faut lutter : les solutions proposées sont multiples, ce qui prouve l'intérêt qu'ont vu les constructeurs à orienter leurs recherches dans ce sens.

Ces solutions découlent de l'examen des causes même de la perte de puissance : faible pouvoir calorifique du gaz pauvre, et pertes de charges considérables prenant naissance dans le circuit des gaz.

## Comment enrichir le gaz pauvre ?

Le gaz pauvre peut être enrichi de plusieurs façons.

Il ne saurait être — bien entendu — question de lui enlever l'azote — gaz inerte fort gênant dans la combustion —.

L'enrichissement ne peut se faire que par l'apport d'un constituant, riche en calories.

On a essayé de mélanger au gaz les carburants les plus divers : deux solutions seulement paraissent devoir être retenues, encore qu'une seule puisse être appliquée dès maintenant.

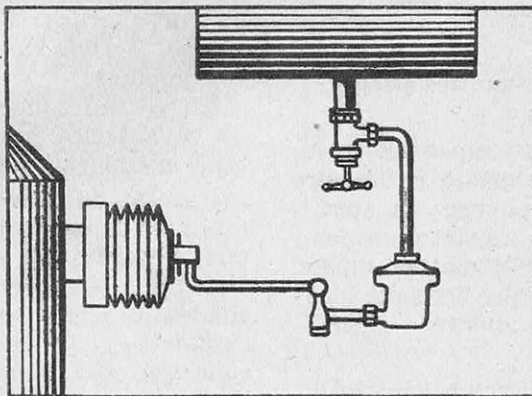
L'enrichissement

par l'acétylène semble donner d'excellents résultats mais pose, par ailleurs, de nombreux problèmes d'approvisionnement, de génération, de sécurité.

L'enrichissement par l'hydrogène, qui est le principe déjà connu depuis longtemps de la fabrication « du gaz à l'eau », doit résoudre à peu près la question.

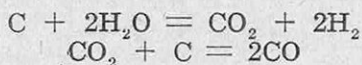
Ce principe consiste à mélanger à l'air introduit dans le gazogène de l'eau finement pulvérisée par un « hydro-diffuseur » dont le débit en eau est méticuleusement adapté à la puissance du gazogène et au combustible employé.

Les réactions qui se produisent du fait



SCHEMA D'UN « HYDRO-DIFFUSEUR »

de cette introduction d'eau au sein de la masse de charbon incandescente, sont les suivantes :



Le gaz se trouve donc enrichi par un apport d'hydrogène (première réaction) et un apport supplémentaire d'oxyde de carbone (deuxième réaction).

Ce gaz est dès lors adapté aux taux de compression usuels des moteurs d'automobiles, et n'exige donc pas de modification de ces moteurs. Cet autre avantage est loin d'être négligeable, si l'on considère le prix de revient des travaux mécaniques, et l'impossibilité de remarcher à l'essence, résultant forcément d'une augmentation du taux de compression.

Un des obstacles que l'on doit rencontrer dans l'application de cette méthode d'enrichissement est que les traces d'eau non décomposée, entraînées presque obligatoirement par les gaz, risquent de pourrir rapidement les toiles des filtres, lorsque ceux-ci en comportent. Il faudra donc proscrire les toiles du filtrage du gaz hydrogéné.

#### Comment lutter contre les pertes de charge ?

Nous ne nous étendrons pas sur la solution indirecte qui consiste à détruire l'effet des pertes de charge, en suralimentant le moteur au moyen d'un compresseur, entraîné par le moteur même.

Cette solution, bien que donnant d'excellents résultats, est onéreuse et délicate.

Les compresseurs (comme nous le disions dans « La Science et la Vie » de juin 1940) sont des appareils nécessitant des installations mécaniques compliquées et coûteuses, s'adaptant mal aux impuretés contenues par les gaz, et absorbant une puissance notable (3 à 4 ch pour un moteur de 4 litres de cylindrée).

Des solutions directes peuvent être envisagées.

Les principales pertes de charge pro-

viennent, par ordre de grandeur, des filtres, du générateur et des tuyauteries.

Les filtres pourraient être remplacés par des séparateurs centrifuges, comme il en existe dans des épurations industrielles. Ces séparateurs donnent un dépoussiérage presque parfait, en n'introduisant dans le circuit que des pertes de charge négligeables.

L'épuration pourrait être parfaite par des épurateurs à voie humide, à borbottage par exemple, ou des épurateurs à colonne de matières poreuses : coke, ponce, etc... qui n'introduiraient eux-mêmes aucune perte de charge notable.

Un circuit d'épuration constitué par un séparateur centrifuge suivi de l'un quelconque des deux épurateurs précités — voire même des deux — doit opposer au passage des gaz un freinage presque nul, assurer une épuration parfaite, et présenter le gros avantage de pouvoir filtrer normalement le gaz enrichi par le procédé de la vapeur d'eau.

Ce gaz pourrait être même lubrifié par son passage dans l'épurateur à voie humide, ce dernier pouvant être garni avec un corps gras : l'huile de vidange décantée, dérivés lourds des pétroles ou des houilles.

En ce qui concerne le générateur et les tuyauteries, aucune amélioration notable n'apparaît possible.

Il suffit de prévoir toutes les tubulures d'un diamètre largement calculé, tel que la vitesse des gaz reste toujours inférieure à 20 mètres à la seconde, des coudes à grand rayon, et de toujours employer un combustible correctement concassé, aux dimensions imposées par le type de gazogène, pour obtenir des résultats satisfaisants.

On peut affirmer qu'un ensemble gazogène muni de ces perfectionnements doit donner au moteur qu'il alimente une puissance très voisine de sa puissance à l'essence, en lui conservant, par surcroît, toutes ses possibilités de marche au carburant pour lequel il avait été prévu lors de sa construction.

J. MARCHAND.



# LES A COTÉ DE LA SCIENCE

## INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

### Poulie-frein de sécurité

Dans de nombreux travaux dangereux, les ouvriers doivent être, en cas de chute, retenus par un câble. Celui-ci ne pouvant être constamment tendu afin de laisser à l'ouvrier une liberté de mouvement suffisante, le choc subi par l'homme qui tombe, au moment où le câble se tend, peut être dangereux.

Voici une poulie parachute individuelle, système Scherrer, qui obvie à cet inconvénient en freinant le câble sollicité par le poids de l'ouvrier.

Elle se compose essentiellement d'un cylindre en bois T sur lequel est enroulé le câble plat C en acier à l'extrémité duquel est attaché l'ouvrier. Le dispositif de freinage du câble, lors d'une brusque traction, est constitué par deux mâchoires M1 et M2 entre lesquelles passe le câble plat. La première est articulée en P sur le carter A qui renferme tout le

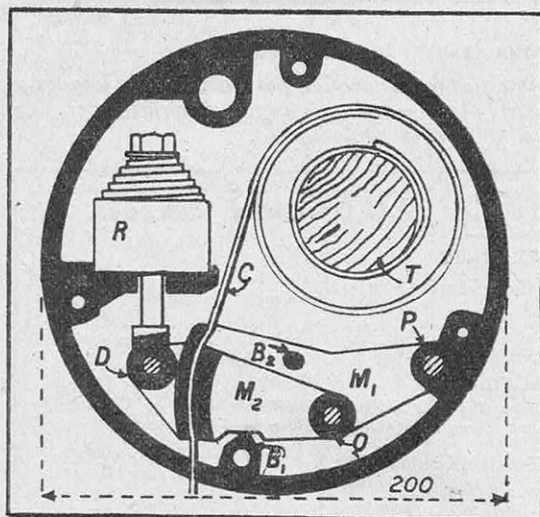


FIG. 1. — COUPE DE LA POULIE-FREIN

C, câble plat enroulé sur le tambour T. M1, M2, mâchoires articulées en P et en Q. R, ressort qui tend à dégager le câble lorsque le frottement devient trop grand entre les mâchoires qui enserrant le câble.

système, tandis que la seconde est articulée en Q sur la première. Sa course est limitée par les butées B1 et B2. D'autre part, la mâchoire M1 est reliée en D à un ressort R.

Lorsque le câble se tend sous l'action du poids de l'ouvrier, il entraîne la mâchoire M2 ainsi que la mâchoire M1. Celle-ci se rapproche et le frottement freine le câble. Mais l'accroissement rapide du frottement aboutirait trop vite à l'arrêt complet — ce que l'on veut éviter — si le ressort R n'intervenait alors pour rappeler légèrement la mâchoire M1 et l'écarter de la mâchoire M2. Ainsi le frottement peut, suivant le poids à retenir, être réglé par la force et la tension du ressort.

### Les larmes, puissant désinfectant

La recherche scientifique confirme parfois les intuitions qui, de prime abord paraissent le fruit de la fantaisie ou de la superstition. Ainsi, dans l'antiquité, on attribuait aux larmes, non seulement la fonction de baigner constamment la cornée de l'œil, mais encore certaines vertus médicinales. Or, les recherches de Fleming ont prouvé le bien-fondé de cette croyance populaire. Le savant a réussi, en effet, à extraire des larmes une substance très précieuse — qu'il a appelée la lisozine — et dont une petite cuillerée (à café) est capable de transformer plusieurs hectolitres d'eau en un puissant désinfectant contre toutes les bactéries de l'œil. Fleming a d'ailleurs retrouvé la même substance dans les sécrétions de la muqueuse nasale et même dans certaines plantes, comme la rave.

### La machine

#### à nettoyer les tunnels

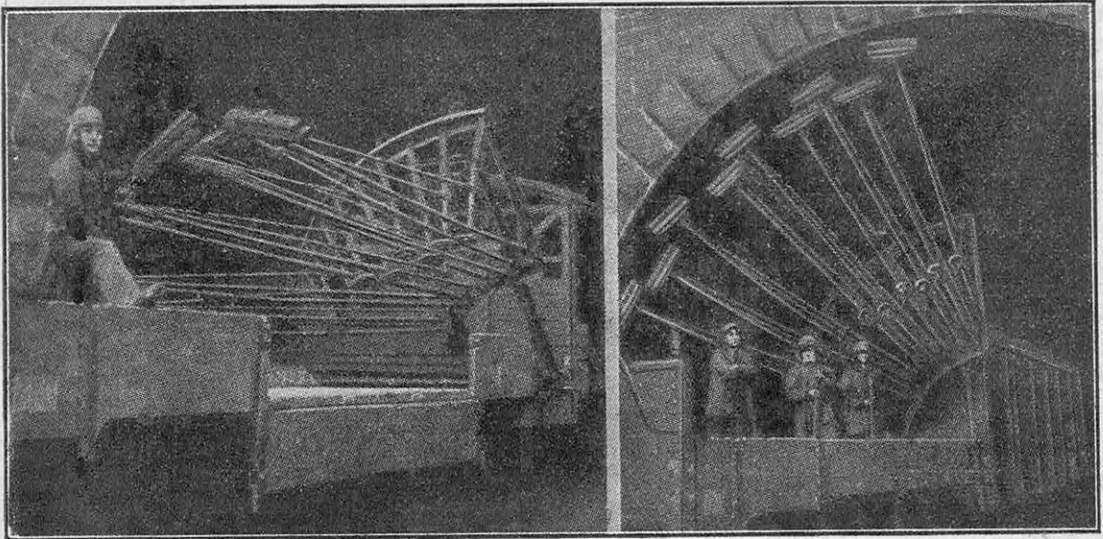
Sur les lignes à traction à vapeur les parois internes des tunnels se recouvrent assez rapidement de suie et il peut arriver que des escarbilles

incandescentes mettent le feu à ce dépôt, qui brûle lentement par suite du manque d'aération et emplit le tunnel d'une fumée irrespirable.

La région Sud-Est de la S. N. C. F. a mis en service pour enlever cette suie, un système de brosses montées sur une plate-forme qui effectue rapidement ce travail. Un petit convoi est prévu pour emmener cette plate-forme et le personnel. Il se compose d'un tracteur mû par un moteur de 70 ch, d'un wagon pour les ouvriers et un treuil et de la plate-forme.

Sur cette dernière est disposé un cadre spécial auquel sont fixées des brosses, normalement rabattues, mais qui peuvent être dressées en forme d'éventail au moment du travail au moyen du treuil. La longueur de chaque porte-brosse peut être ajustée séparément de manière à régler la pression de chaque brosse sur la voûte du tunnel.

En une journée, le tunnel des Echarmaux, long de 4 000 m est ainsi nettoyé et la récolte de suie atteint près de 400 litres.



T W 1707

FIG. 2. — LES BROSSES UTILISÉES POUR LE NETTOYAGE DES TUNNELS

Rabattues en dehors des tunnels à gauche, sur la plate-forme remorquée par un véhicule à moteur de 70 ch, elles sont relevées à droite, par un treuil placé dans un wagon intermédiaire. La suie raclée par les brosses tombe sur la plate-forme.

## TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

### FRANCE et COLONIES

Envois simplement affranchis. { 1 an..... 55 fr.   Envois recommandés..... { 1 an..... 65 fr.
6 mois..... 28 fr.   6 mois..... 50 fr.

### BELGIQUE

Envois simplement affranchis. { 1 an.. 75 f.(français)   Envois recommandés..... { 1 an.. 96 f.(français)
6 mois 40 f. —   6 mois 50 f. —

### ETRANGER

Pour les pays ci-après : *Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines, Irlande, Islande, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Rhodésie.*

Envois simplement affranchis. { 6 mois..... 52 fr.   Envois recommandés..... { 6 mois..... 65 fr.
1 an..... 100 fr.   1 an..... 120 fr.

Pour les autres pays :

Envois simplement affranchis. { 1 an..... 90 fr.   Envois recommandés..... { 1 an..... 110 fr.
6 mois..... 46 fr.   6 mois..... 56 fr.

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats-cartes ou chèques postaux de préférence. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 1 franc en timbres-poste.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : provisoirement : 22, rue Lafayette, 22, Toulouse (Haute-Garonne) — Chèques postaux : Toulouse 184.05.

Dans le n° de NOVEMBRE 1940

de **la Science  
et la Vie**

vous pourrez lire :

★ Le rationnement alimentaire et le lait : la politique laitière à la lumière des dernières acquisitions de la science de la nutrition : le lait concentré ou en poudre, le lait entier « aliment parfait », le lait écrémé et son intérêt pour l'alimentation humaine.

★ Chasseurs contre bombardiers : la tactique et l'armement des avions après un an de guerre : mitrailleuses et canons jumelés, tourelles à grande puissance de feu, attaques en formations, chasse de nuit.

★ La liaison stratégique et économique de l'Europe occidentale avec le Proche Orient : l'autostrade Calais-Bagdad et le canal Rhin-Main-Danube.

★ L'« espèce » humaine est-elle perfectible ? Comment la génétique, science de l'hérédité, explique la disparition et la réapparition des tares héréditaires, daltonisme, hémophilie, etc., dans certaines familles. Ce que nous savons de la transmission héréditaire des qualités physiques et intellectuelles.

★ La fabrication des carburants à haut indice d'octane pour les avions modernes à hautes performances, problème capital pour la conduite de la guerre aérienne et l'avenir des transports aériens.

et plusieurs autres articles scrupuleusement documentés et rédigés par les collaborateurs les plus qualifiés sur les questions à l'ordre du jour de l'actualité économique, technique et scientifique.

---

Le présent numéro d'octobre, comme celui de septembre 1940, a été expédié à tous nos **abonnés de la zone libre** ainsi qu'à ceux de la zone occupée ou aux titulaires d'un abonnement servi par Bureau Central Militaire qui nous ont fait connaître jusqu'ici leur adresse de repli en **territoire libre**. Ceux de nos abonnés qui n'ont pu être servis sont assurés de recevoir, dès la reprise des relations postales normales, toutes les livraisons parues auxquelles ils ont droit et qui leur sont réservées. Pour pallier les insuffisances possibles de la diffusion de notre revue, nous recommandons à nos lecteurs de souscrire, dès maintenant, un **abonnement à notre adresse actuelle : 22, rue Lafayette - TOULOUSE**

Compte de chèques postaux : Toulouse, 184.05, ce qui leur donnera la certitude de recevoir nos livraisons futures, normales et spéciales, dès la date de leur parution. Nous rappelons que le dernier numéro paru à Paris est le n° 276 (Juin 1940) et que le premier numéro paru en territoire libre est le n° 277 (septembre 1940).



NICE, 21, boul. Frank-Pilatte

TÉLÉPHONE 61.14

PARIS 152, avenue Wagram

TÉL. WAGRAM 27.97

## Cours sur place ou par correspondance

### INDUSTRIE

Dessinateur - Technicien

Sous-Ingénieur - Ingénieur

en Mécanique générale - Constructions  
Aéronautiques - Electricité -  
Radiotechnique - Chimie Industrielle.

### COMMERCE

SECRÉTAIRE, COMPTABLE  
ET DIRECTEUR

### SECTION DES SCIENCES

#### Mathématiques et appliquées

Etude et développement par  
correspondance des Sciences  
mathématiques et appliquées  
depuis les cours d'initiation  
jusqu'aux cours les plus élevés

Arithmétique - Géométrie - Algèbre -  
Trigonométrie - Mécanique - Cosmogra-  
phie - Géométrie descriptive - Mathéma-  
tiques générales - Calcul différentiel -  
Calcul intégral - Géométrie analytique -  
Physique - Chimie - Electricité -  
Résistance des matériaux.

### MARINE MARCHANDE

Les nouvelles constructions prévues  
pour la Marine Marchande ainsi que  
son futur développement et les nouveaux  
statuts qui sont prévus en font une car-  
rière des plus intéressantes pour les  
jeunes gens.

On peut être admis à partir de  
13 ans dans les cours préparatoires, à  
16 ans dans le cours d'Aspirant. Les  
examens officiels d'Elève-Officier ont  
lieu à 17 ans.

Examens officiels préparés à l'École :  
Entrée dans les Ecoles de Navigation -  
Brevets d'Elève-Officier (Pont - Machi-  
nes - T. S. F.) - Brevets de Lieutenants,  
d'Officiers-Mécaniciens et d'Officiers-  
Radios.

### T. S. F

Carrière d'avent à condition de pos-  
séder l'un au moins des trois Brevets  
officiels délivrés par le Ministère des  
P. T. T. :

Certificat spécial, Certificat d'Opé-  
rateur de 2<sup>e</sup> classe, Certificat d'Opé-  
rateur de 1<sup>re</sup> classe.

De nombreuses situations administratives

### AVIATION CIVILE

Brevets de Navigateurs aériens  
Concours d'Agents techniques  
et d'Ingénieurs Adjoins

### PROGRAMMES GRATUITS

(Joindre un timbre pour toute réponse)

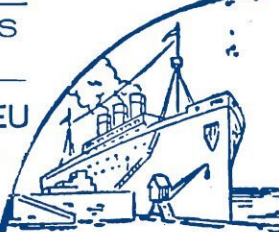
### LES MÊMES COURS ONT LIEU

jusqu'à nouvel ordre sur place et par correspondance

A NICE ET A PARIS



1000000 BLOCH



ETP&C