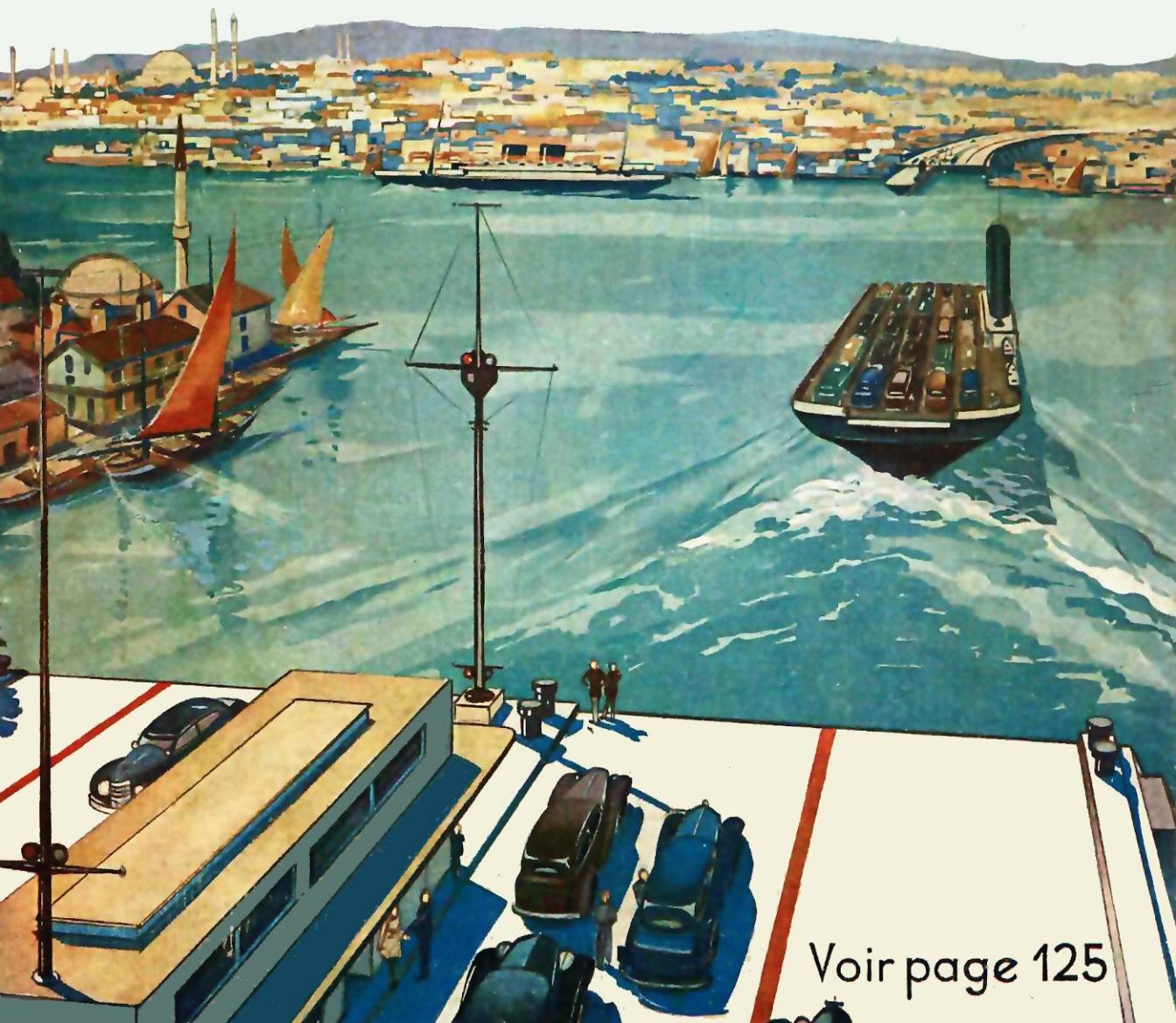


Novembre 1940

5 francs

la Science et la Vie



Voir page 125

DEVENEZ

RADIO-TECHNICIEN

ou

SOUS-INGÉNIEUR

DIPLOMÉ

 recherché et bien payé,

en suivant sur place ou par correspondance les cours de

L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE

SUPÉRIEURE DE T.S.F.

51, Boulevard Magenta - PARIS (X^e)

Pour la **zone libre**, s'adresser :

Château de VILLAC (Dordogne)

CEYBF, Publicité.

DES difficultés techniques de fabrication ont entraîné au cours des derniers mois des retards dans la distribution de **la Science et la Vie**, dont de nombreux lecteurs de la zone non occupée se sont émus. Le prochain

NUMÉRO SPÉCIAL DE NOËL

sera en vente, en principe, le **20 décembre** prochain. Nous rappelons que les expéditions aux abonnés sont effectuées dans tous les départements de la zone libre par priorité.

Pour recevoir sans retard la Science et la Vie, souscrivez dès maintenant un abonnement à notre adresse habituelle : 22, Rue Lafayette — T O U L O U S E

— Compte de chèques postaux : Toulouse 184.05 —

Consulter à la fin du numéro le tarif des abonnements à **la Science et la Vie**

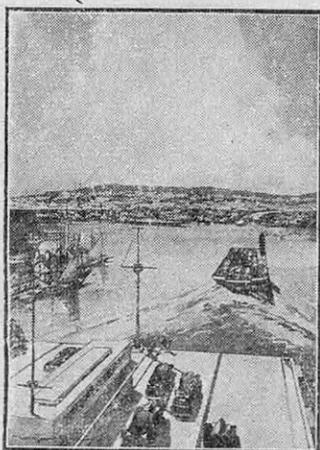
la Science et la Vie

Tome LVIII - N° 279

SOMMAIRE

Novembre 1940

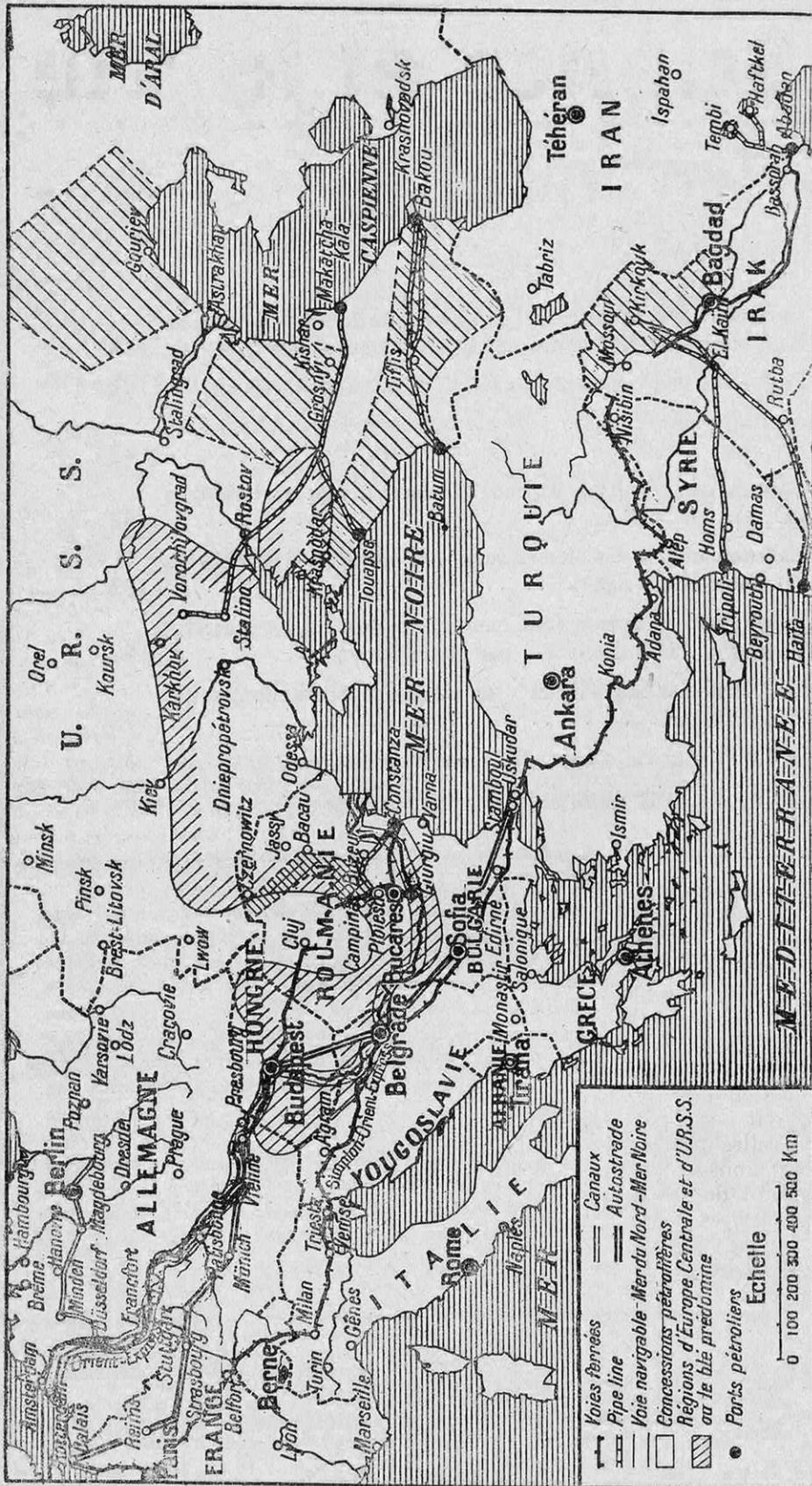
- ★ La route du blé, du pétrole et de l'Orient, la grande voie fluviale Rhin-Main-Danube, l'autostrade Calais-Stamboul, par I. Léviand 125
- ★ Le duel du chasseur et du bombardier, par Camille Rougeron. 131
- ★ La science de l'hérédité peut-elle améliorer l'espèce humaine ? par Jean Labadié. 141
- ★ L'avenir du propulseur d'avion : turbine à vapeur, turbine à gaz, par Victor Reniger 152
- ★ La transmutation des atomes, source du rayonnement des étoiles, par Louis Houllevigue 162
- ★ Voici, pour l'avion moderne à hautes performances, les supercarburants à "100 d'octane", par Henri Doyen. 167
- ★ Les "fantômes magnétiques" au service de la métallurgie, par Henri Devaux. 175
- ★ La T.S.F. et la Vie : Les stations synchronisées, par A. Loria. 180
- ★ Les A côté de la science, par V. Rubor 184



Stamboul, lorsqu'elle s'appelait Constantinople, régna pendant plusieurs siècles sur le monde antique. De par sa position même au point de contact de l'Europe et l'Asie, de la Méditerranée et de la mer Noire, elle demeure aujourd'hui un centre de transit d'importance primordiale. La couverture du présent numéro représente l'aboutissement du dernier tronçon européen de l'autostrade Calais-Stamboul qu'un ferry-boat doit relier bientôt au réseau routier de la rive d'Asie. La création prochaine d'un canal reliant les deux grandes vallées du Rhin et du Danube viendra compléter l'équipement routier et ferroviaire de la grande voie naturelle terrestre qui relie l'Europe occidentale et centrale aux pays du Proche-Orient. (Voir l'article page 125 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 : actuellement, 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 », novembre mil neuf cent quarante, Registre du Commerce Seine 116.544 Abonnements : France et Colonies, un an : cinquante-cinq francs ; six mois : vingt-huit francs.



CARTE DES DIVERSES VOIES DE COMMUNICATIONS EN DIRECTION DE LA MER NOIRE ET DU PROCHE ORIENT

On a représenté sur cette carte les grandes régions productrices de blé et de pétrole, les pipelines, ainsi que les grandes routes terrestres et fluviales qui permettent d'y accéder à partir de l'Europe occidentale. Divers projets de canaux intégreront ultérieurement le Danube dans le réseau fluvial allemand.

LA ROUTE DU BLÉ, DU PÉTROLE ET DE L'ORIENT; LA GRANDE VOIE FLUVIALE RHIN-MAIN-DANUBE ET L'AUTOSTRADÉ CALAIS-STAMBOUL

par I. LEVIANT

Ancien Elève de l'Ecole Polytechnique

Entre les pays industriels de l'Europe occidentale et l'Est européen, gros producteur de blé, il existe, depuis le début du dix-neuvième siècle, un grand courant commercial. Mais celui-ci a toujours évité le Continent pour passer soit au Nord par la Baltique, soit au Sud par la Méditerranée, cette dernière étant de loin la voie la plus fréquentée. Par elle on accède en effet aux centres de production de blé de l'Ukraine et de Roumanie, et aux riches gisements de pétrole de Roumanie et du Caucase. Dans un avenir assez proche, il existera une voie beaucoup plus directe entre les ports de la Mer du Nord et ceux de la Mer Noire. Le Rhin et le Danube seront en effet réunis par un canal accessible aux plus gros bateaux fluviaux. Parallèlement à cette « mer intérieure », l'autostrade, le chemin de fer, vont déjà unifier la vie économique des pays de l'Europe orientale et, poussant leur prolongement bien au delà du Bosphore, à travers l'Irak, amorcent la grande voie terrestre qui reliera l'Europe occidentale à l'Asie méridionale. Dans l'Europe d'aujourd'hui, le Danube permet à l'Allemagne, puissance continentale, de desserrer l'étreinte du blocus maritime de l'Angleterre. Demain, lorsque les canaux de jonction l'intégreront au réseau fluvial allemand, il jouera un des plus grands rôles dans l'organisation économique de l'Europe.

LES continents, comme les océans, sont sillonnés par de vastes courants de circulation, de voyageurs et de marchandises. On se fera une idée de l'importance de ces courants par la simple constatation que près d'un dixième de l'humanité vit de l'industrie des transports et de celles qui en dérivent.

Lorsque deux régions se complètent mutuellement au point de vue de leurs ressources économiques, et si, par surcroît, des voies de communication commodes peuvent s'établir entre ces régions, il se crée entre elles de véritables « axes de circulation », sortes de courants dominants drainant les courants de moindre importance.

Un tel grand axe de circulation traverse l'Europe en direction nord-ouest, sud-est, reliant la mer du Nord, la plus active des mers, bordée des plus grands ports du monde, à la mer Noire, centre

de groupement des produits de l'U.R.S.S. et du Moyen-Orient.

Il va des régions hautement industrialisées de la Belgique, de l'Allemagne et de l'ancienne Tchécoslovaquie aux riches plaines agricoles hongroises, yougoslaves et roumaines.

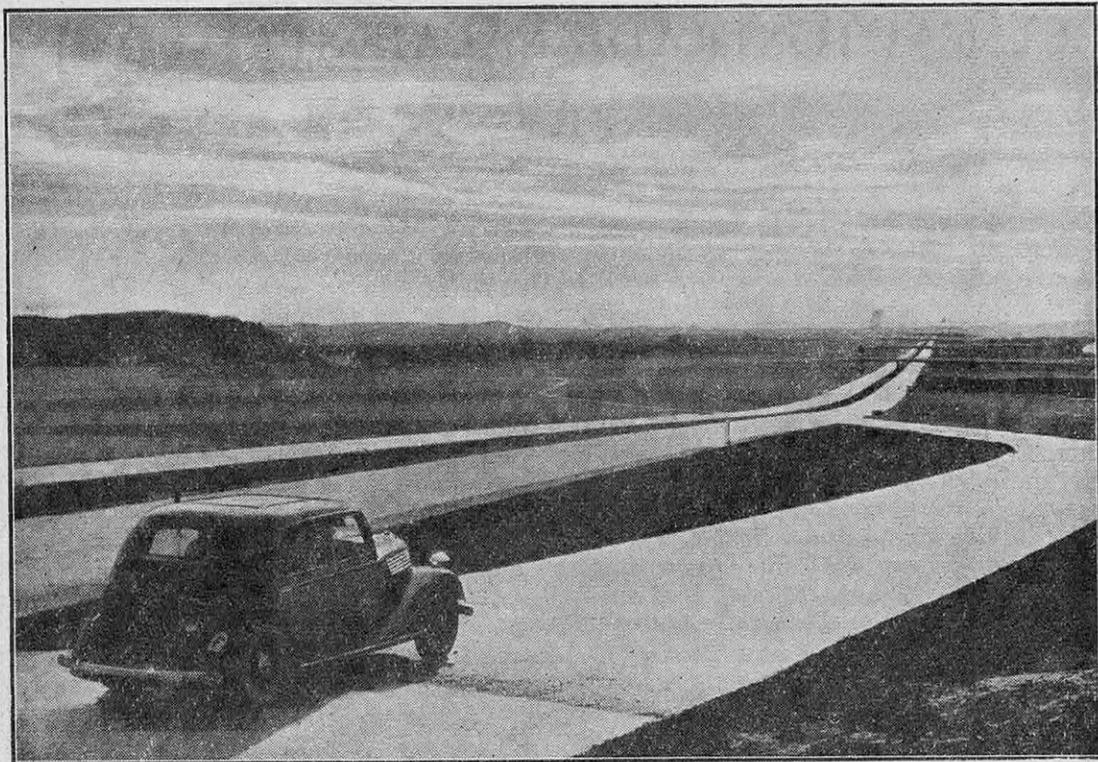
Il est le plus court chemin entre les puits de pétrole de la Roumanie et du Caucase et les grandes centres de consommation d'Europe occidentale, chemin que nous pouvons dès maintenant prolonger vers l'Irak — autre région pétrolifère — puisque le chemin de fer relie depuis quelques mois le Bosphore à l'Irak, réalisant ainsi un vieux rêve allemand du « Drang nach Osten ».

Le rail et la route.

La circonstance essentielle ayant permis la création de ce courant de circula-

tion est l'existence bout à bout des deux vallées du Rhin et du Danube. Ce dernier, en effet, prend sa source à 60 kilomètres seulement des bords du Rhin et, avec ses 2 900 kilomètres de longueur, constitue un véritable sillon creusé à travers l'Europe. On va donc, en gros, de la mer Noire à la mer du Nord par les vallées du Danube et du Rhin.

La deuxième, le *Simplon Orient Express*, s'écarte de l'axe schématique et va d'Istanbul à Paris par Milan, avec un parcours de 3 028 kilomètres. L'une et l'autre de ces lignes ont une importance primordiale pour le trafic des voyageurs. Les transports à grande distance de marchandises sont par contre assez restreints. Les transports sur des parcours partiels,



Cliché "Illustration" TW 2035

FIG. 1. — UNE DES AUTOSTRADES PRESQUE RECTILIGNES QUI SILLONNENT L'ALLEMAGNE MODERNE

Ces voies en ciment sont conçues pour permettre aux automobiles de réaliser sur de longs parcours des moyennes très élevées. On a supprimé tous les obstacles qui viennent ralentir l'allure et diminuer la sécurité du voyageur : passages à niveau, traversées de villages, virages brusques. Des voies de garage sont prévues de loin en loin pour le stationnement; la route est composée de deux chaussées parallèles à sens unique. Enfin, la signalisation y est particulièrement étudiée.

La réalité, quand on examine de plus près les choses, échappe d'ailleurs en partie à ce schéma simplificateur, surtout en ce qui concerne le rail et la route.

Deux grandes lignes de chemin de fer permettent de franchir l'Europe en diagonale :

La première, l'*Orient-Express* va de Bucarest à Paris avec un parcours de 3 165 kilomètres. Un embranchement part d'ailleurs sur Amsterdam, qui suit exactement les vallées du Danube et du Rhin.

utilisant des tronçons de ces lignes, sont beaucoup plus développés.

L'Angleterre, qui s'était jusqu'ici opposée à la jonction de l'Irak à la Turquie par un chemin de fer, a finalement donné son approbation à la construction du dernier tronçon de cette voie, dont certains « riverains » attendent de grandes commodités au point de vue commercial. Le chemin de fer présente un intérêt indéniable au moment où le canal de Suez est pratiquement fermé à la navigation.

Mais alors que les Allemands voyaient en lui, avant 1914, l'instrument de leur poussée vers l'Orient — l'influence politique suivant d'assez près l'influence commerciale — sa réalisation a passé presque totalement inaperçue. Le faible débit d'un chemin de fer à voie unique est, en effet, nettement insuffisant, et quand des conditions plus normales se sont revenues, il est probable que le rapport Ankara-Bagdad n'aura guère plus qu'un intérêt local.

A la suite d'accords intervenus entre les différents pays intéressés, il fut décidé en 1935 de transformer en « grand itinéraire international » une route jalonnée par Calais, Strasbourg, Stuttgart, Munich, Vienne, Budapest, Belgrade, Sofia, Istamboul.

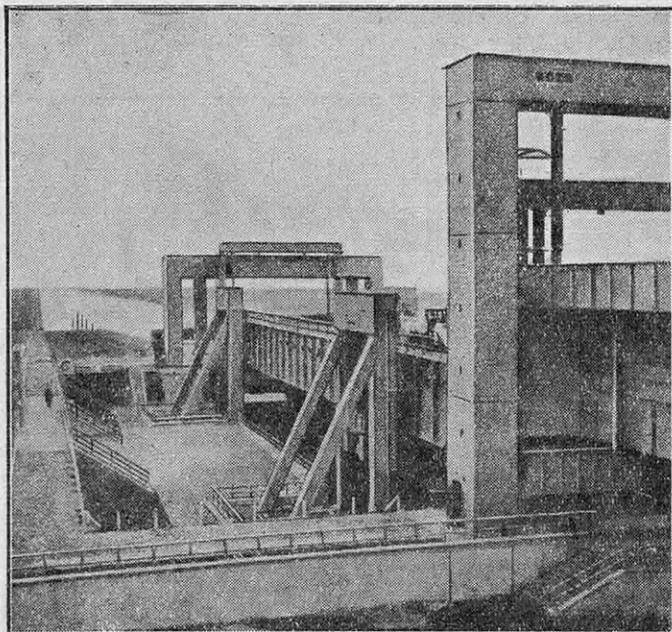
La partie française de cette route (route nationale 44 passant par Vitry-le-François) avait été aménagée selon les principes les plus modernes de la technique, avec un bombement faible, des virages méthodiquement relevés, etc.

La partie allemande de cette route est une autostrade, actuellement en service, du type décrit bien des fois (fig. 1).

Mais on ne se lance pas volontiers en auto ou en autocar dans un voyage de Paris pour Istamboul ou même pour Bu-

carest. Et pour les voyageurs, comme pour les marchandises, c'est le trafic sur des trajets partiels qui prédomine.

Signalons qu'en Hongrie, où la traction est pour plus de 70 % hippomobile, cette route a été réalisée en béton, et on voit des charrettes à moitié en dehors de la route, le cheval marchant dans l'accotement, pour éviter les dalles trop lisses.



Cliché "Illustration" TV 2006

FIG. 2. — L'ASCENSEUR GÉANT A BATEAUX DE ROTHENSEE

Cet ascenseur compense la différence de niveau (18 m) entre le Mittelland Kanal et le port de Magdebourg sur l'Elbe. Long de 85 m, large de 12,50 m, d'une profondeur de 2,5 m, il pèse, rempli d'eau, 5 400 t. Ce poids reste constant en vertu du principe d'Archimède, quel que soit le volume d'eau déplacé par les péniches qu'on y introduit. Il est supporté par la poussée de deux flotteurs ayant chacun un volume de 2 700 m³, qui s'enfoncent à volonté dans des puits verticaux d'une profondeur de 35 m. Le système en chaque point de sa course se trouve donc en état d'équilibre indifférent et un moteur électrique relativement faible suffit à le mouvoir à une vitesse de 15 cm/s. La descente ou la montée dure 3 mn.

Notons qu'une seule péniche de 600 t porte le même tonnage qu'un train, et qu'ainsi la navigation intérieure convient spécialement au transport par quantités importantes (bateaux entiers) de matières identiques.

C'est justement le cas des marchandises drainées par l'axe de circulation mer Noire-mer du Nord : pétrole, céréales, ciments, produits métallurgiques.. La vitesse de transport dans ces cas importe

Les deux fleuves géants de l'Europe : Danube et Rhin

De tout temps, la navigation intérieure a joué un très grand rôle dans le trafic des marchandises. Ce rôle s'est accru avec les perfectionnements développés dans ce domaine par l'art de l'ingénieur, et il n'est pas douteux que ce mode de transport doit prendre dans l'avenir une importance encore plus considérable.

moins que le tarif et la lenteur relative des bateaux est compensée par l'avantage d'un prix de revient de 10 à 15 % plus faible que celui des chemins de fer.

Pour créer une voie d'eau continue, il a fallu réaliser des travaux de régularisation du Danube et du Rhin. Il a fallu également créer un canal pour faire communiquer les deux vallées. Ce canal, appelé « Rhin-Main-Danube », réunit en

de Vienne, il peut porter des bateaux de 1 200 t; en amont, de 600 t. Si le transport de pétroles roumains n'a jamais pu dépasser 80 000 t par mois, cela tient surtout au manque d'envergure du principal port pétrolier roumain : celui de Giurjiu. Il est bon de rappeler également que, de décembre à mars, le Danube n'est pas navigable du fait des glaces.

Malgré cet inconvénient inévitable, le

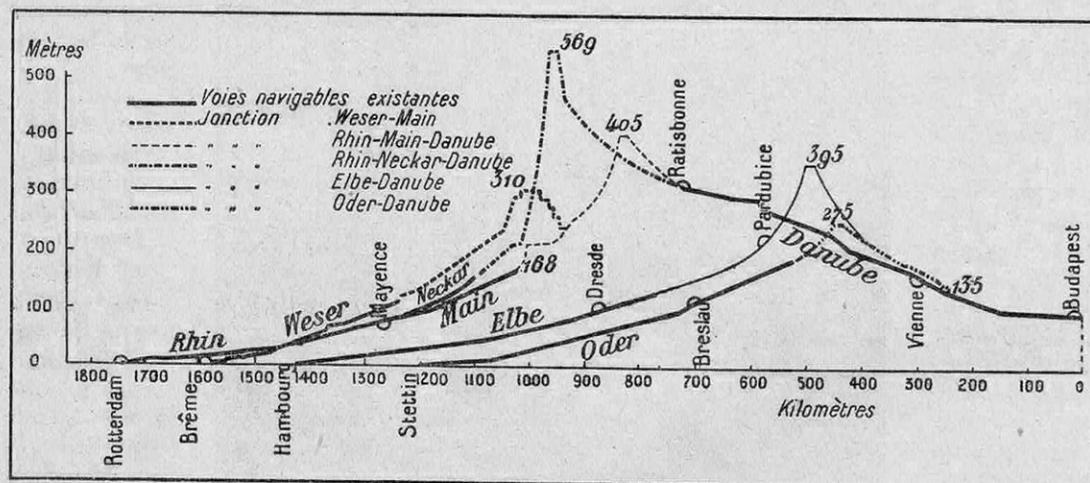


FIG. 3. — PROFIL EN LONG DES DIVERS CANAUX DE JONCTION DU DANUBE AUX FLEUVES ALLEMANDS DU NORD

On peut juger, par les fortes différences de niveau qu'il s'agit de gravir pour passer d'un bassin dans l'autre, de l'importance des travaux entrepris.

fait le Main, affluent rive droite du Rhin, à l'Altmühl, affluent rive gauche du Danube.

Les deux passages les plus difficiles du Danube au point de vue de sa navigabilité étaient deux gorges rocheuses qui l'étranglaient et créaient des rapides : le Kachlet bavarois intéressant une partie longue de 25 km et les Portes de Fer situées en Roumanie.

Le premier de ces deux points a été complètement régularisé, tous les travaux ayant été achevés en 1927.

Le deuxième n'a été que partiellement régularisé : la navigation avec 1 m 80 de tirant étant possible 180 jours par an. Un projet existe, qui prévoit la construction d'un important barrage rendant le passage praticable en tout temps.

D'autre part, d'importants travaux, faits sous l'impulsion des deux commissions du Danube, ont amélioré la navigation dans l'estuaire.

Le Danube est donc navigable de la mer Noire jusqu'à Ratisbonne. En aval

Danube joue dès maintenant un rôle de tout premier plan dans le commerce de l'Europe centrale, en raison de sa position axiale et des régions qu'il traverse. Ses ports, sa flotte sont pour le moment insuffisants pour le trafic qui pourrait leur être confié.

En direction de la mer du Nord, au contraire, la navigation trouve une voie navigable remarquablement équipée avec de grands ports où un outillage perfectionné permet de remplir en 4 minutes une grande péniche de charbon. Le Rhin, que des travaux de régularisation successifs ont amélioré pour des tirants d'eau de plus en plus grands, est actuellement navigable pour des bateaux de 2 500 t en aval de Cologne (3 m de tirant d'eau) et 1 200 en amont de Cologne (2 m 50 de tirant d'eau). Il est ainsi le fleuve le plus actif d'Europe avec sa flotte de 10 000 bateaux dont 1 600 vapeurs. Dans la Rhur, il porte 45 000 t par an, soit deux fois plus que le canal de Suez.

Quant au Main, son aménagement à

1 500 t a été terminé en 1921 entre Mayence, à son confluent avec le Rhin, et Aschaffenburg. Dans la partie Mayence-Francofort, la plus anciennement régularisée, un programme prévoyait la reconstruction de plusieurs barrages. D'autre part, la canalisation de la partie amont du Main est en cours depuis une dizaine d'années.

Le canal Rhin-Danube

Pour achever le tableau d'ensemble de la grande voie navigable qui nous intéresse, il reste à parler du canal « Rhin-Main-Danube ». Ce canal est également connu sous le nom de « canal Ludwig », le roi Louis I^{er} de Bavière ayant présidé à son ouverture en 1845. Il subsista sous sa forme initiale de

1845 à 1921. Il comportait 100 écluses et pouvait servir à des bateaux de 120 t, tonnage extrêmement faible. Après la Grande Guerre, une société dite « Société anonyme du Rhin-Main-Danube » étudia un projet de mise du canal au gabarit de 1 200 t. Une exposition organisée à Munich en 1921, sur le thème de ce projet, était destinée à la présenter au public. Le nouveau gabarit devait permettre l'accès du canal au chaland rhénan, avec une utilisation excellente : un remorqueur étant susceptible de tirer deux chalands en canal et trois chalands sur le Main ou sur le Danube. De grandes écluses modernes étaient prévues, avec des systèmes économiseurs d'eau.

L'alimentation était assurée par le Lech, affluent du Danube, sur lequel un réservoir de 12 millions de m³ devait être créé, et moyennant un canal d'amenée long

de 89 km. Les travaux aussitôt entrepris étaient très avancés fin 1939 et leur achèvement était prévu à ce moment pour 1943.

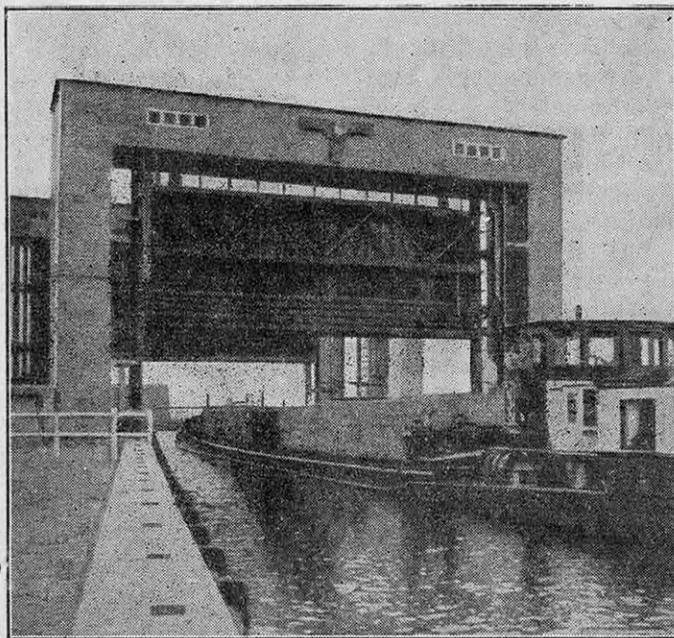
D'ailleurs, les travaux de régularisation signalés plus haut du Danube au Kachlet bavarois et du Main, ont été réalisés par la même Société du Rhin-Main-Danube.

Lorsque les travaux en cours :

1) Régularisation du Main en amont d'Aschaffenburg,

2) Régularisation du Danube en amont de Vienne pour les bateaux de 1 200 t,

3) La reconstruction du canal Ludwig, seront achevés, une grande voie homogène existera entre la mer Noire et la mer du Nord. Ceci peut être réalisé dans



Cliché "Illustration" TW 2073

FIG. 4. — PÉNICHE DE 1 200 T S'ENGAGEANT DANS LE SAS DE L'ASCENSEUR DE ROTHENSEE

un avenir assez proche et il n'est pas prématuré de dire qu'il en résultera une importante amélioration dans les conditions d'échange en Europe. Sur cette grande voie d'eau viennent en effet se greffer les différents réseaux particuliers de navigation intérieure, dont on réalise ainsi l'interconnexion. On crée en quelque sorte une véritable mer intérieure, instrument commode pour la répartition rationnelle de l'ensemble des ressources européennes.

Un quadrillage de voies navigables allemandes

L'Allemagne a été remarquablement favorisée par la nature au point de vue de son réseau de navigation intérieure, puisqu'elle est parcourue par des fleuves se dirigeant du sud au nord, dont une dépression glaciaire de direction est-ouest

permet d'effectuer la jonction. Mettant à profit cette disposition, elle a entrepris depuis 1870 un admirable travail d'aménagement de ses cours d'eau, les rendant accessibles aux grosses péniches, et les réunissant par des canaux de jonction. En 1935, ses 13 000 km de voies navigables fréquentées comprenaient 10 600 km de fleuves aménagés et 2 400 km de canaux. En 1938 a été terminée la portion de Mittelland Kanal qui réunit Dortmund sur le Rhin à Magdebourg-sur-l'Elbe. Ce canal a été construit à grands frais, comme on peut s'en rendre compte par la figure 2, représentant un de ses ouvrages d'art : l'ascenseur à bateau de Rothensee qui permet de descendre du Mittelland Kanal dans l'Elbe. Dans un espace de 8 km, il n'y aura pas moins de trois ouvrages gigantesques : un deuxième ascenseur et un pont-canal de 900 m de long, qui, franchissant l'Elbe, effectuera la jonction avec le canal de l'Ihle, se dirigeant sur Berlin. A ce moment, les plus puissantes régions industrielles du Reich seront reliées entre elles. Depuis les récentes conquêtes de l'Allemagne, le Danube est devenu lui aussi, sur une grande part de son cours, un fleuve allemand. Il pourrait, grâce à ses affluents de la rive gauche, être intégré au réseau navigable du nord comme une seconde voie de rocade doublant le Mittelland Kanal. Ainsi se trouverait réalisé un quadrillage reliant à la mer Noire tous les centres industriels et tous les ports allemands.

Aussi d'autres projets existent-ils pour relier le Danube aux fleuves allemands, projets dont la réalisation apparaît pour le moment comme plus lointaine.

Les fleuves qu'il s'agit de relier au Danube sont l'Oder, l'Elbe et la Weser qui tous coulent vers le nord avec leurs ports : Stettin, Hambourg et Brême.

La liaison entre le Danube et l'Oder serait assurée en construisant un canal à bief de partage entre l'Oder et la Morava, affluent rive gauche du Danube aboutissant près de Vienne. Ce canal, fait au gabarit de 1 000 t, passerait au point de partage de la « Porte Morave » à l'altitude de 275 m, point le plus bas de cette ligne de crête. Des bassins de retenue devraient être créés qui serviraient à l'alimentation du canal et amélioreraient en même temps le régime de navigation de l'Oder. En outre, la partie amont de ce dernier cours d'eau devrait

être réaménagée pour la navigation des bateaux de 1 000 t.

La liaison Danube-Elbe utiliserait également la Morava, puisqu'elle serait obtenue grâce à un canal branché sur le canal Morava-Oder. La ligne de partage des eaux serait franchie à l'altitude de 395 m. Des travaux énormes sont d'autre part envisagés et en partie commencés pour régulariser l'Elbe.

Enfin, la liaison Danube-Weser serait obtenue par un canal, joignant le canal Rhin-Main-Danube à la Werra, une des branches mères de la Weser.

Le nouveau canal serait à bief de partage, la ligne de crête principale étant franchie par le canal Rhin-Main-Danube, à 405 m d'altitude ; mais un deuxième franchissement de ligne de crête serait nécessaire pour passer de la vallée du Main à celle de la Werra. Cette dernière jonction est subordonnée à l'achèvement des travaux de canalisation de la Werra, actuellement en cours pour les bateaux de 600 t et qui serait ultérieurement aménagée pour les bateaux de 1 000 t.

Signalons un dernier projet, qui prévoit la liaison du Danube au Rhin, utilisant le Neckar, affluent rive droite du Rhin par un canal relativement court passant à l'altitude de 569 m, la plus élevée de toutes.

L'importance du Danube en temps de guerre

L'Allemagne, malgré l'emploi de procédés de culture intensive qui lui ont permis de tirer de son sol le maximum de ce qu'il peut produire, devait avant la guerre importer de quoi nourrir sa population pendant trois mois. Ses plus gros fournisseurs de denrées alimentaires se trouvaient en Amérique, dont elle se trouve actuellement séparée par le blocus maritime. Bien qu'elle ait développé ses fabrications d'essence synthétique, elle a besoin d'importer pour les besoins de la guerre d'énormes quantités de pétrole. Avec la mer Baltique, où la circulation de ses navires n'est pas entravée par le blocus, le Danube est la principale voie par où elle peut s'approvisionner auprès de ses fournisseurs du continent. La contribution qu'il apportera à l'effort industriel des belligérants du continent sera décisive pour l'avenir de l'Europe.

I. LÉVIANT.

LE DUEL DU CHASSEUR ET DU BOMBARDIER

Par Camille ROUGERON

La guerre anglo-allemande a pris, depuis le début du mois d'août, le caractère d'une guerre aérienne totale (1), tendant à l'anéantissement sous les bombes, non seulement des forces armées terrestres et navales, mais aussi de la puissance industrielle de chacun des adversaires. Aux attaques des bombardiers, l'arme la plus efficace opposée par la défense est l'avion de chasse rapide, maniable, puissamment armé et dont les attaques en groupe, à très court intervalle, compliquent outre mesure la tâche des mitrailleurs, imposent aux escadres de bombardement des pertes très lourdes. Dans les combats quotidiens entre chasseurs ou entre chasseurs et bombardiers, le nombre des appareils abattus se chiffre souvent par dizaines, mais la capacité de production des deux adversaires, malgré les destructions provoquées par les bombardements, est telle qu'il ne semble pas que, si la lutte doit s'arrêter un jour, ce sera faute de matériel. Par contre, la manœuvre des appareils de combat à hautes performances exige des équipages des réflexes qui sont à la limite des possibilités humaines et ne peuvent être acquis qu'au prix d'un long entraînement. Aussi les équipages feront-ils sans doute défaut bien avant le matériel, et, dès aujourd'hui, il apparaît que c'est de part et d'autre le souci de les économiser qui commande l'évolution presque quotidienne de la guerre aérienne.

La vérité et l'erreur dans les anticipations de Douhet

LES opérations militaires entre la Grande-Bretagne et l'Allemagne se déroulent actuellement sur un plan qui rappelle singulièrement les prévisions faites il y a une quinzaine d'années par Douhet (2), tout au moins si l'on n'en retient que la conception d'ensemble.

L'idée de base de Douhet était l'impuissance offensive des armées et des marines, qu'il considérait comme l'enseignement le plus certain de la guerre de 1914-18.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 278, page 69.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 219, page 77. Le général italien Douhet a émis il y a quinze ans une doctrine de la guerre totale qui bouleversait toutes les notions couramment admises jusque-là. Frappé par la puissance offensive de l'aviation de bombardement, il lui assignait dans la recherche de la victoire la mission principale : la destruction des villes, des usines, des ports, des voies de communication, ces destructions devant amener l'effondrement intérieur de l'ennemi.

Pendant ce temps, les armées de terre et de mer eussent rempli des missions purement défensives. Douhet préconisait pour l'offensive aérienne l'emploi de *croiseurs aériens* relativement lents, mais puissamment armés, et qui, progressant en rangs serrés, se fussent protégés mutuellement contre l'aviation de chasse.

Pour obtenir la décision sur terre, il allait falloir dorénavant une énorme supériorité de moyens offensifs qui serait rarement réunie. Les Empires Centraux avaient tenu, pendant quatre années, devant une coalition qui n'en vint à bout que lorsqu'elle rassembla les forces militaires du monde presque entier. Les progrès de l'armement facilitaient chaque jour la défensive ; la décision terrestre était de plus en plus improbable.

Sur mer, la flotte la plus faible avait la ressource de rester dans ses ports, à l'abri des défenses littorales et des champs de mines. En cette situation, elle était très gênante pour l'adversaire plus puissant, sous la menace constante de raids de surface ou sous-marins dirigés contre ses communications. La guerre navale causait beaucoup de souffrances ou de dégâts, d'une part par le blocus, de l'autre par les destructions de navires de commerce et de leurs cargaisons. Mais la solution était plus difficile encore sur mer que sur terre.

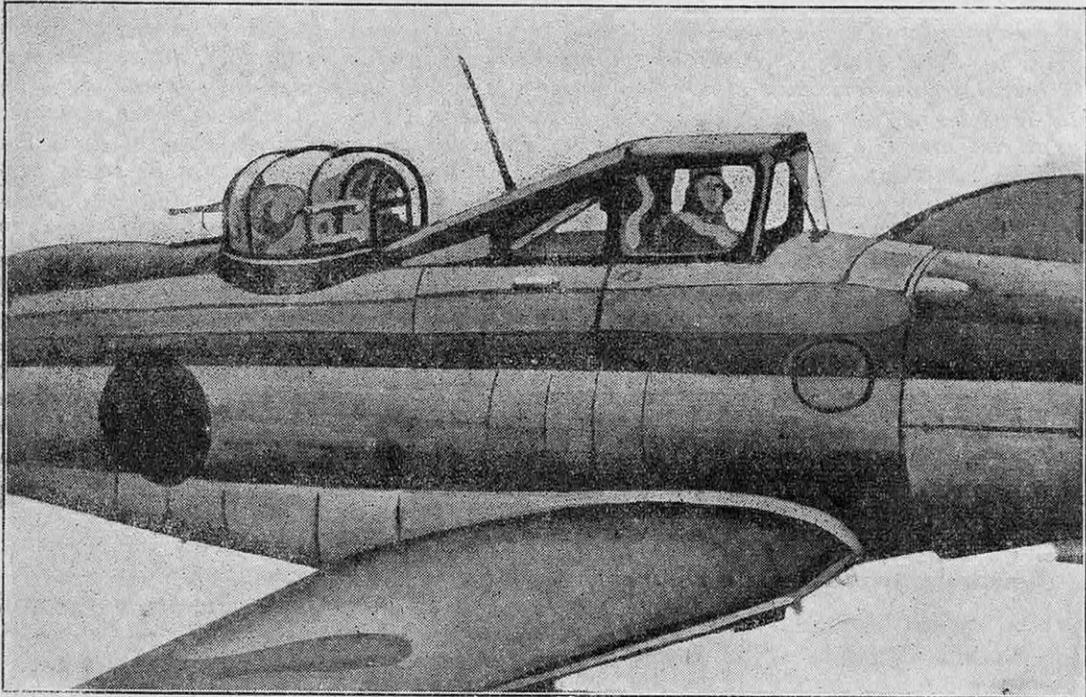
L'avion permettait, au contraire, de porter la lutte en un domaine où la décision était certaine et rapide. La destruction de l'industrie, du commerce (par l'arrêt des transports) — Douhet oubliait celle de l'agriculture que vient d'inaugurer

rer la R.A.F. avec ses plaquettes incendiaires — devait rompre l'équilibre au profit de celui qui aurait pu s'assurer la maîtrise de l'air. Elle devait interdire rapidement à l'adversaire la continuation de la lutte. L'effet moral compléterait l'effet matériel, et les populations, chassées des décombres de leurs villes incen-

possible des territoires sous contrôle adverse.

Si l'on entre dans le détail des opérations, on s'aperçoit que les anticipations de Douhet deviennent beaucoup moins exactes.

Tout d'abord, la phase actuelle du conflit succède à d'autres où il serait bien



T W 1870

FIG. 1. — LA TOURELLE QUADRUPLE DU BLACK BURN « ROC », BIPLACE DE COMBAT DE LA « FLEET AIR ARM »

La tourelle quadruple est aujourd'hui montée, comme arme de défense, sur presque tous les appareils autres que les appareils de chasse (bombardement, reconnaissance, défense côtière...). C'est une excellente réalisation, qui commença à sortir en série au début des hostilités et qui combine la puissance de feu de quatre mitrailleuses à cadence élevée, environ 1 500 coups par minute chacune, à la maniabilité d'une tourelle à commande par servo-moteur, très utile à grande vitesse et altitude élevée.

diées, sauraient bien obliger leurs chefs à se rendre.

Telle est bien la forme que les deux adversaires essaient chacun d'imprimer au conflit depuis plusieurs mois. De part et d'autre du Pas-de-Calais, des millions d'hommes se font face sous les armes. Reléguées dans des ports lointains, les flottes cuirassées attendent, pendant que seuls torpilleurs ou vedettes se hasardent à des actions offensives ou défensives dans les eaux qui séparent les belligérants. La parole est aux aviations, dont chacune tente de gagner l'autre de vitesse dans la destruction aussi complète que

difficile de reconnaître la démonstration de l'impuissance des opérations offensives. Le plus curieux n'est-il pas même le renforcement de la capacité offensive des armées par le concours que leur apporte l'aviation? L'erreur de Douhet s'explique aisément : il avait essentiellement la formation d'esprit du stratège et non celle du tacticien. Toute sa doctrine est fondée sur la constance des données tactiques, telles qu'il les a observées en 1918. Il n'a pas le moindre respect pour l'affirmation de Napoléon qu'une tactique change tous les dix ans. Il n'est pour rien dans le mouvement d'idées qui a fini par imposer

l'aviation d'assaut et la guerre aéronavale. Pour lui, les résultats insignifiants de l'aviation en 1918 dans la lutte au sol et l'attaque du navire ont valeur de principes éternels : si l'aviation doit être le facteur essentiel des guerres futures ce n'est pas en pourchassant le fantassin et le marin, c'est en les ignorant.

Si l'aviation d'assaut et la guerre aéro-

interdit encore davantage leur approche.

Prise à la lettre, elle déniait toute valeur à la chasse, et certains théoriciens ne manquèrent point de mener campagne en ce sens. Pour se protéger du bombardement, un seul moyen : bombardier l'adversaire plus efficacement encore.

Cette affirmation était grosse de conséquences.

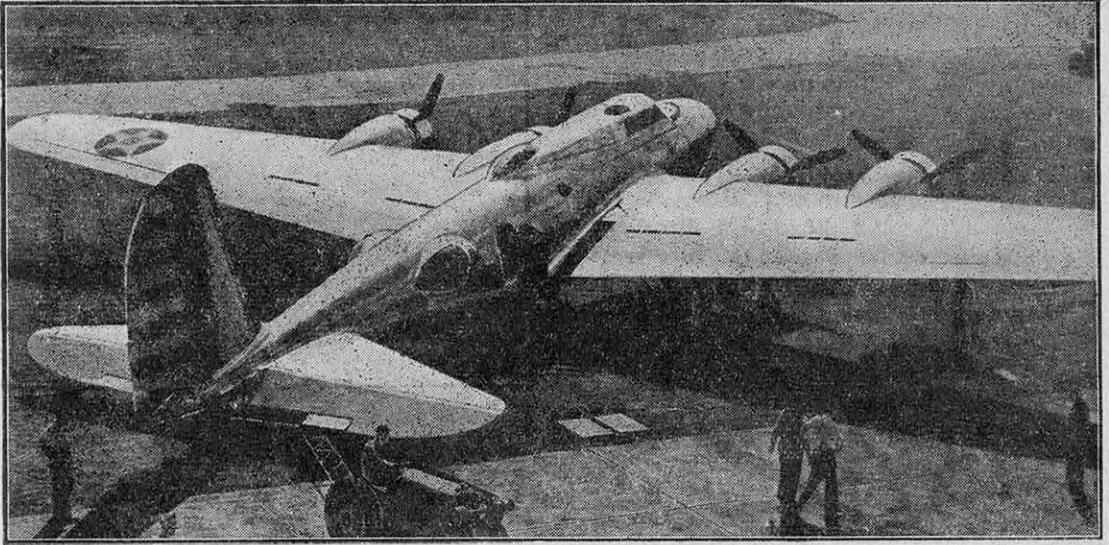


FIG. 2. — LE BOMBARDIER AMÉRICAIN « BOEING B-17-B ».

T W 1977

Le Boeing B-17-B est la version la plus récente des bombardiers lourds américains. L'appareil pèse 22 tonnes en charge; il peut transporter 5 tonnes de bombes. L'aviation américaine est la seule, avec l'aviation russe, qui ait fait porter son choix sur le quadrimoteur comme appareil de bombardement lourd. La capacité relative de défense de tels appareils est relativement faible. Ils n'ont, pour 22 tonnes, que cinq mitrailleuses; les tourelles latérales, que l'on aperçoit sur l'arrière du fuselage, ont une résistance aérodynamique très inférieure à celle des tourelles ordinaires, mais un champ de battage et une efficacité bien moindres; enfin, la maniabilité d'un d'un gros quadrimoteur est certainement faible.

navale se sont développées entièrement en dehors de la doctrine de Douhet et même en réaction contre elle, le théoricien italien n'a pas eu plus de chance dans toute la partie tactique des opérations purement aériennes telles qu'il les préconisait.

Les résultats des combats entre chasseurs et bombardiers

Pour Douhet, la supériorité en combat aérien du bombardier sur le chasseur ne fait pas le moindre doute. Un nombre suffisant de tourelles à grand champ de battage doit permettre au bombardier isolé de repousser les attaques de la chasse. En formation serrée, l'aide mutuelle que s'apportent les bombardiers

Sans aller jusqu'à la suppression complète de la chasse, la thèse de la supériorité défensive du bombardier à tourelles nombreuses au champ de battage développé eut en France des conséquences graves. C'est elle qui est à l'origine de notre programme de « multiplaces de combat » de 1934, qui nous valut de partir en guerre au 1^{er} septembre 1939 avec une proportion insignifiante d'avions de bombardement modernes.

L'erreur de cette conception a été abondamment démontrée.

L'aviation française l'a reconnue la première en renonçant pratiquement à utiliser les « multiplaces de combat » dès les premiers jours de la guerre.

L'aviation britannique fut la seule à mettre en œuvre le principe de la défense mutuelle des bombardiers en formation serrée. Elle le fit, fin 1939, lorsqu'on découvrit que les mines magnétiques étaient mouillées sur ses côtes par des hydravions basés sur les îles de la baie allemande. Le commandement britannique eut l'idée originale d'interdire leurs départs en entretenant une croisière permanente d'escadrilles de bombardement au-dessus de leurs bases. Le plus curieux est que l'opération réussit deux ou trois fois. Les communiqués britanniques insistèrent sur la discipline des équipages, qui avaient maintenu leur formation sous les attaques de la chasse et pu abattre de nombreux adversaires sans subir eux-mêmes de pertes. Cela ne pouvait durer. Un beau jour, le communiqué britannique fut moins triomphant; on en eut l'explication par le communiqué allemand qui annonçait la destruction, par une escadre de Messerschmitt-110, de l'ensemble des appareils qui participaient à cette croisière. Le « blocus aérien » des mouilleurs de mines était terminé.

L'aviation allemande n'a jamais fourni l'occasion d'une démonstration de ce genre. Mais sa tactique au cours de ses nombreuses expéditions de bombardement de jour sur les Îles Britanniques est la reconnaissance la plus nette de l'infériorité moyenne du bombardier, isolé ou groupé, devant le chasseur. L'accompagnement des escadres de bombardement par des formations de chasse d'effectif comparable est de règle. Ce sont ces dernières qui sont chargées d'ouvrir la route au travers des barrages britanniques, et non point les bombardiers en formation serrée se flanquant les uns les autres. L'issue du combat pose dès lors une seule question, celle de la supériorité d'une des deux chasses opposées.

Le rôle de la vitesse latérale du but

Il serait bien extraordinaire que les théoriciens de la balistique du tir contre but mobile n'aient pas donné la solution générale du tir de défense, quelle que soit la présentation de l'assaillant. Il suffit au mitrailleur attaqué d'estimer à chaque instant la distance et la vitesse, en grandeur et en direction, de son adversaire et d'introduire ces données dans un correcteur plus ou moins ingénieux pour

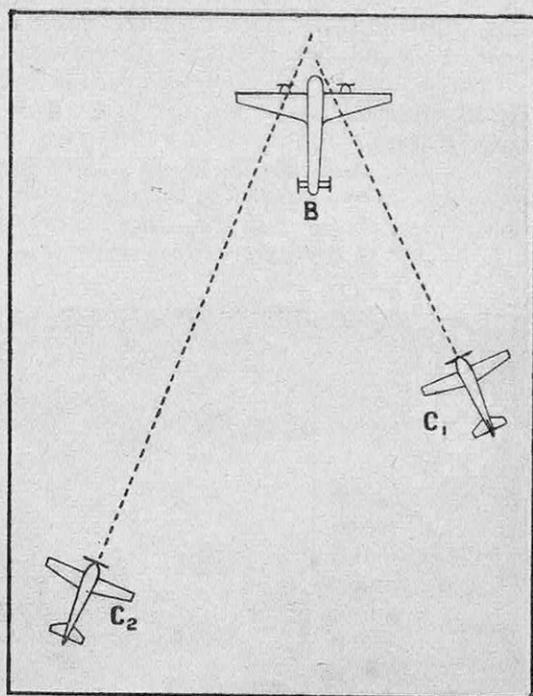


FIG. 3. — DIFFICULTÉ DE LA DÉFENSE D'UNE ATTAQUE DE CHASSEURS EN GROUPE

La patrouille des trois chasseurs C_1 , C_2 , C_3 (non représenté) attaque le bombardier par l'arrière, dans des directions légèrement différentes, après avoir pris de la vitesse au cours d'un piqué léger. Si l'on suppose le bombardier à 450 km/h et les chasseurs, en fin de piqué, à 630 km/h; si l'on suppose en outre que le tir est efficace entre 100 et 50 m, le mitrailleur attaqué dispose de trois secondes pour exécuter ses trois tirs et effectuer dans l'intervalle deux changements d'objectif (avec évaluation des corrections nouvelles) de 60° environ.

que sa ligne de pointage soit décalée de l'angle voulu par rapport à sa ligne de tir.

Le problème est, au fond, très voisin de celui que pose le tir du sol contre avion bas (1). Il suffit de remplacer la vitesse absolue de l'avion par rapport au sol par sa vitesse relative, évaluée par rapport à l'avion tireur. Si l'on préfère maintenir l'évaluation d'une vitesse absolue, il n'y a d'ailleurs aucune difficulté pour le servant de tourelles à séparer dans la correction globale une « correction-tireur », enregistrée automatiquement, et une « correction-but », qu'il a seule besoin d'évaluer.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 267, page 227.

Mais toute la difficulté réside dans cette évaluation. L'expérience du tir des mitrailleuses de D. C. A. comme celle du tir aérien montre d'une façon indubitable qu'aux vitesses actuelles, ces tirs n'ont d'efficacité que si la correction est nulle ou très faible. Le seul tir dangereux est le tir contre un objectif à vitesse latérale faible (la vitesse latérale étant définie comme la composante de la vitesse du but sur la direction perpendiculaire à la direction tireur-but).

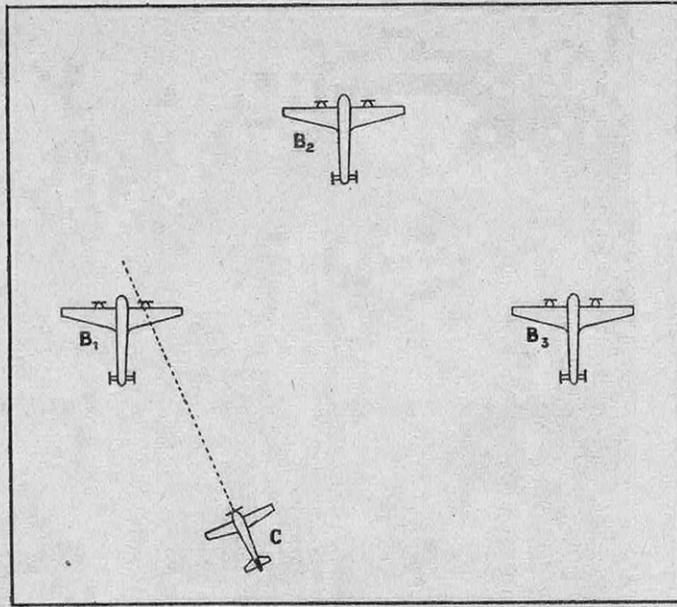


FIG. 4. — DIFFICULTÉ DE LA DÉFENSE MUTUELLE DES BOMBARDIERS EN FORMATION SERRÉE.

Le chasseur attaquant un groupe de bombardiers choisira sa route de manière qu'elle passe le plus loin possible des appareils qu'il n'attaque pas directement, et sa vitesse (par exemple en piquant après avoir pris de l'altitude) de manière à défiler le moins longtemps possible sous le feu de leurs mitrailleuses. Dans le cas de la figure, la vitesse latérale du chasseur vu des bombardiers B_2 et B_3 est trois à quatre fois plus grande que vu du bombardier B_1 qu'il attaque.

laire à la direction tireur-but). Il faut, en somme, que l'adversaire pique sensiblement en direction du tireur pour que celui-ci ait des chances de l'atteindre.

C'est l'explication de l'inefficacité de la plupart des tirs de défense.

C'est encore l'explication de l'inefficacité du tir d'appui mutuel des bombardiers en formation. Lorsque le chasseur attaque un bombardier en piquant sur lui, il court

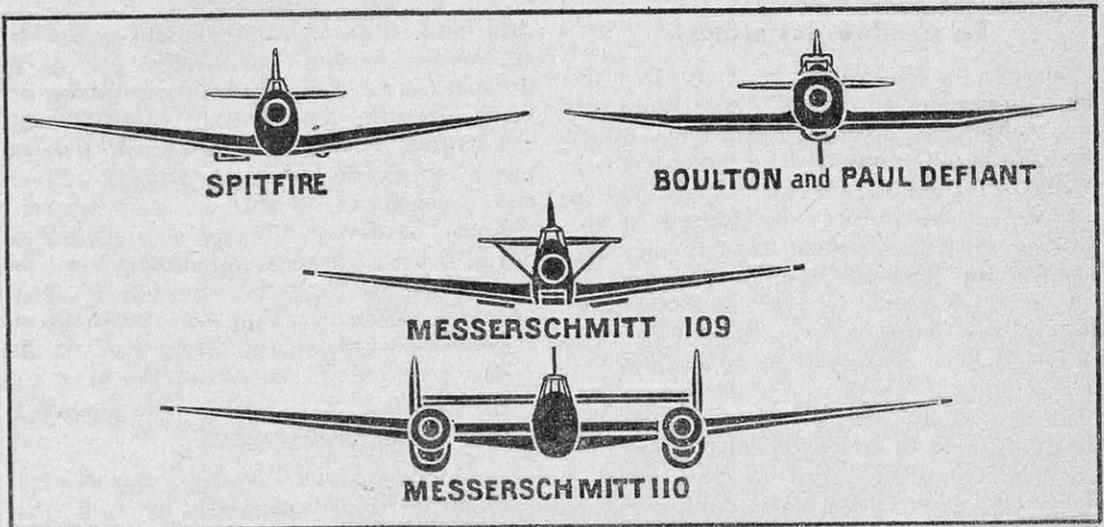


FIG. 5. — SILHOUETTES DE CHASSEURS

Le Messerschmitt 109 et le « Spitfire » sont des chasseurs monoplaces; le « Defiant » est un chasseur monomoteur biplace de la Royal Air Force; le Messerschmitt 110 un chasseur bimoteur de la Luftwaffe. On remarquera la réduction extrême de la cible offerte par tous ces appareils.

un risque sérieux de la part de son adversaire direct, mais il ne craint à peu près rien de ses voisins. Tout comme le bombardier, piquant sur l'un des navires d'un convoi, risque d'être descendu par le navire qu'il attaque, mais non pas le convoyeur qui est censé le protéger à 500 mètres de là.

Mais il n'en résulte pas que, dans le court instant où le chasseur fait route en direction de la mitrailleuse de défense, son tir soit plus efficace que celui de son adversaire. Pour l'un et pour l'autre, leur position relative commune est favorable à l'efficacité de leur feu.

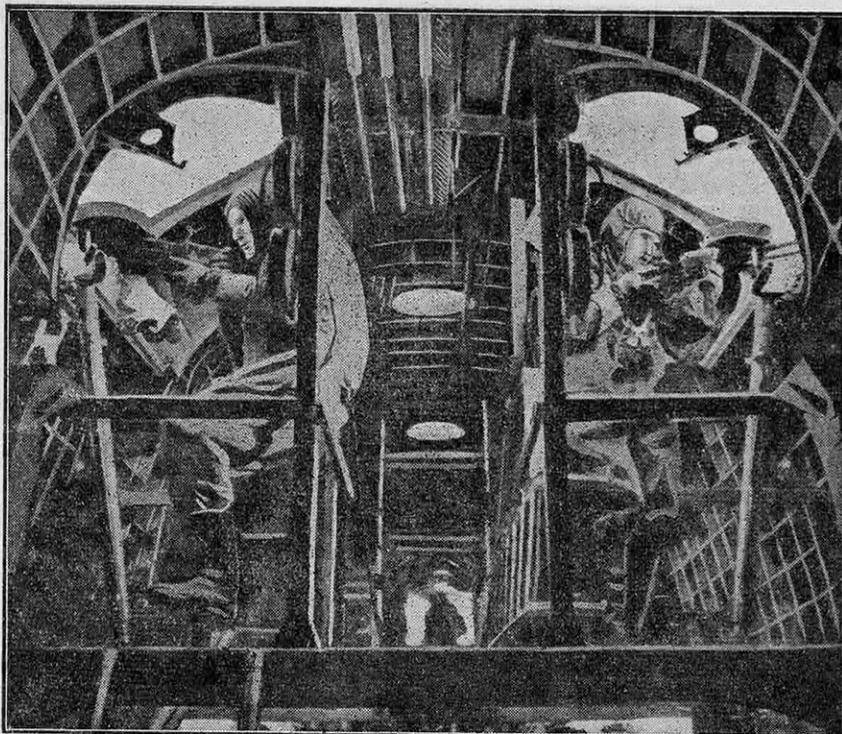
Le nombre des armes

Lorsque les adversaires se trouvent dans des conditions également favorables et sont également adroits, c'est de la puissance de leur feu que dépend, en moyenne, l'issue du combat.

C'est un des points sur lesquels la situation s'est entièrement transformée au bénéfice du chasseur depuis 1918.

Il n'avait alors, le plus souvent, que deux mitrailleuses à la cadence d'un peu moins de 1 000 coups par minute chacune, tirant dans le champ de l'hélice et perdant encore de leur vitesse pratique de tir du fait de la synchronisation. Le mitrailleur en tourelle lui opposait un jumelage de mitrailleuses semblables, mais sans cette perte de cadence.

Le relèvement des cadences, de 50 % environ, fait sentir également son effet au bénéfice des deux adversaires. Mais, tandis que le jumelage en tourelle reste la règle pour le bombardier, l'armement



T W 4975

FIG. 6. — LES MITRAILLEURS LATÉRAUX D'UN « SUNDERLAND » EN ACTION

Les hydravions Short « Sunderland », version militaire des Short « Calcutta », utilisés depuis plusieurs années par les Imperial Airways, sont de gros hydravions, relativement lents, qu'il a été possible de doter d'un armement de défense très complet. Notre photographie montre ici en action les deux mitrailleurs latéraux de cet appareil.

minimum d'un chasseur moderne est de six mitrailleuses; l'armement standard des chasseurs de la R.A.F. est même de huit mitrailleuses. D'autre part, ces mitrailleuses, tirant hors du cercle balayé par l'hélice, ne subissent aucune réduction de cadence du fait de la synchronisation. Tandis que la puissance de feu d'une tourelle de défense s'est relevée de moitié, celle d'un avion de chasse a fréquemment décuplé. C'est près de 200 coups à la seconde que débite l'armement d'un « Hurricane » ou d'un « Spitfire ».

De telles puissances de feu sont-elles utiles? Incontestablement.

En combat aérien, l'expérience montre que, même dans une position favorable au rendement, on tire le plus généralement à côté. On n'a pas manqué de se demander s'il était bien indispensable dans ce cas de tirer 200 balles à la seconde au lieu de 25, et certaines aviations, sur la foi de ce raisonnement plus ou

moins conscient, ont même cru pouvoir utiliser l'élévation des cadences à la réduction du nombre des armes, en remplaçant le jumelage de tourelle par une mitrailleuse simple.

L'intérêt d'un relèvement de la puissance de feu jusqu'à une limite qui est encore loin d'être atteinte est cependant certain.

D'abord, on peut toujours appliquer ce relèvement à une dispersion du faisceau des trajectoires qui étalera les balles à la densité jugée suffisante dans un cône d'angle au sommet plus grand. On multipliera ainsi les chances d'atteinte dans le cas général qui n'est pas celui du tireur infiniment adroit.

Même si l'on conserve la dispersion actuelle des armes, — il y en a toujours une, importante, dans le cas du chasseur, du fait que les axes des tubes ne peuvent converger qu'à une distance choisie une fois pour toutes, — le relèvement du débit reste intéressant. Ce n'est que pendant un très court instant, de l'ordre de la seconde, que le tir est en direction. Il faut un grand nombre d'atteintes pour descendre un avion; la preuve en est donnée par ceux qui rentrent indemnes malgré ce grand nombre d'atteintes.

Aujourd'hui, la supériorité du chasseur sur le bombardier est d'abord une supériorité de puissance de feu. C'est en tirant, dans les cas très rares et pendant les instants très courts où leur feu commun est efficace, quatre fois plus de coups que lui que le chasseur a quatre fois plus de chances de descendre le bombardier que d'être descendu par lui.

Est-il besoin de dire que la comparaison entre les deux adversaires ne doit porter que sur les armes battantes dans le secteur où ils s'affrontent, et que le chasseur, à qui revient l'initiative de ce choix, aura soin évidemment de réduire au minimum celles qu'on pourra lui opposer? Combien de fois cependant n'a-t-on pas évalué la puissance de feu d'un multiple par l'addition pure et simple des armes de ses différents postes!

L'attaque des chasseurs en groupe

Si les bombardiers groupés en formation serrée ne peuvent pas s'appuyer d'appui efficace, ainsi qu'il a été expliqué précédemment, il n'en est pas de même des appareils d'une patrouille de chasse.

La concentration de feux de défense individuellement inefficaces à l'exception d'un seul n'accroît pas l'efficacité de celui-ci. La concentration des feux de l'attaque, individuellement efficaces, multiplie cette efficacité.

Mais l'attaque avec un très léger décalage par des chasseurs venant de directions différentes bénéficie d'un autre avantage : elle complique la tâche de la défense au point de la rendre impossible en l'obligeant à de rapides changements d'objectifs; elle ne lui laisse ni le temps de pointer, ni le temps d'évaluer les corrections successives.

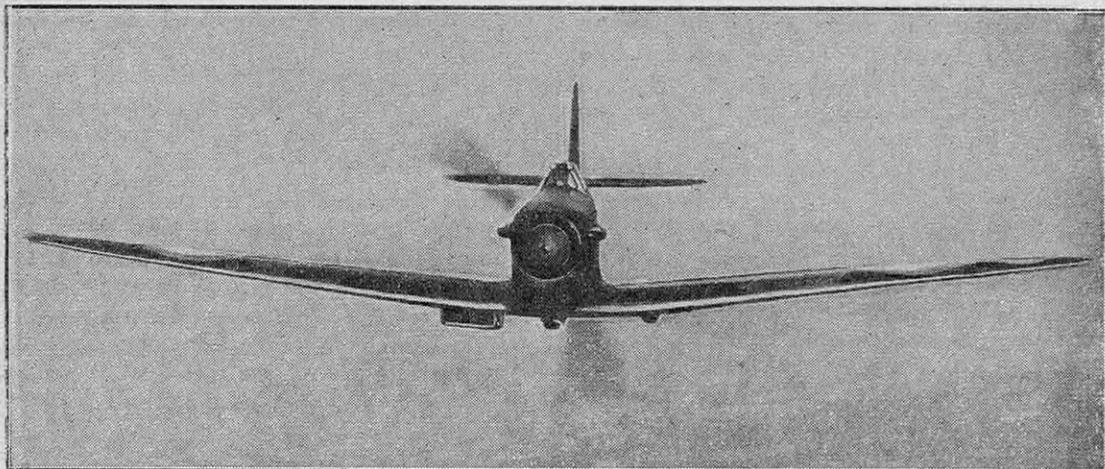
Cette tactique avait été inaugurée avec succès dès la fin de la guerre de 1914-18. Elle a mis longtemps à s'étendre à l'attaque par l'aviation d'objectifs puissamment défendus, comme les navires de guerre, où elle s'impose absolument pour réduire les pertes. L'attaque successive, à très court intervalle, par des bombardiers ou torpilleurs venant de directions différentes impose à la défense contre avions rapprochés des changements rapides d'objectifs qui en réduisent beaucoup l'efficacité.

Si bien équilibrées que puissent être les tourelles d'avion, leur manœuvre dans le vent apparent impose un effort physique considérable. Au reste, leur inertie, non susceptible d'équilibrage, s'oppose au déplacement à grande vitesse qui serait nécessaire.

Cet effort est demandé au mitrailleur précisément dans les conditions où il est le moins en mesure de le fournir. L'alimentation en oxygène par inhalateur, vers 8 000 mètres, lui ôte le plus clair de ses moyens physiques.

Il lui faudrait un servo-moteur, comme au pilote de l'avion de chasse à qui le maniement de gouvernes compensées permet le pointage, à toute vitesse supportable, de l'affût de sa batterie de mitrailleuses. C'est sans aucun doute l'emploi de tourelles à commande mécanique, dont l'orientation dispense le mitrailleur de cet effort épuisant, qui explique les quelques succès remportés par l'aviation de bombardement britannique dans ses combats avec la chasse allemande et italienne.

Mais cette solution elle-même reste insuffisante pour sauver un bombardier attaqué par une patrouille de chasseurs entraînés.



T W 1978

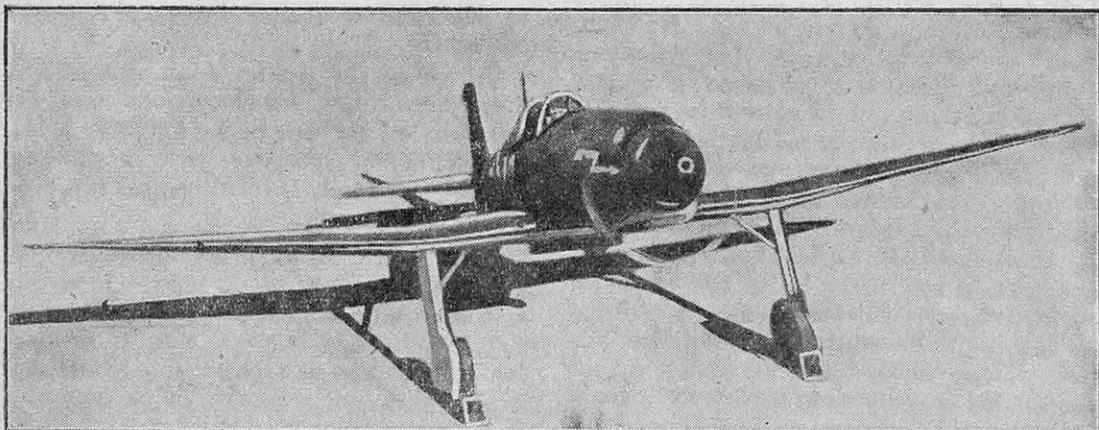
FIG. 7. — LE « SPITFIRE »

Le « Spitfire », le plus rapide des avions de chasse britanniques, est une production de Vickers. La mise au point de sa fabrication de grande série a été particulièrement longue, et, bien qu'il figurât, à côté du « Hurricane », au salon de Paris de 1938, comme l'un des deux appareils de chasse en service dans la Royal Air Force, ce n'est guère qu'au cours du deuxième semestre 1939 qu'on put en obtenir une production importante. Muni d'un moteur Rolls-Royce « Merlin » de même puissance que le DB-601 des chasseurs allemands, monté sur une cellule de même finesse qu'eux, il doit avoir une vitesse très voisine, dépassant nettement les 600 km/h.

Le moteur et la protection du pilote de chasse

La protection du personnel et des organes essentiels d'un avion, si elle était réalisable, présenterait le même intérêt que sur un char ou un cuirassé.

Douhet avait espéré pouvoir l'obtenir sur les « croiseurs aériens » de gros tonnage dont il suggérait l'emploi. Il n'était pas difficile de montrer son illusion. Les gros tonnages, facteur essentiel de l'efficacité d'une protection sur engin



T W 1976

FIG. 8. — LE HEINKEL 113, LE PLUS RÉCENT AVION DE CHASSE ALLEMAND

Le Heinkel 113, dont la version « compétition » a détenu, le 5 juin 1938, le record du monde de vitesse par 746,6 km/h, est le dernier né des avions de chasse allemands qui participe, avec le Messerschmitt 109, à la protection des expéditions de bombardement sur le littoral, la capitale et les comtés sud-est de l'Angleterre. Muni du même moteur DB-601 que le Messerschmitt 109, il est peu probable qu'il ait une vitesse supérieure à celle de ce dernier appareil, remarquablement fin, et qui dépassait déjà 600 km/h. Mais il est possible qu'il le surclasse en maniabilité, dont la légère insuffisance était le seul reproche sérieux qu'on pouvait faire au Messerschmitt.

terrestre ou flottant, facilitent sa réalisation pour une raison bien simple : les surfaces à protéger croissant moins vite que les volumes, l'épaisseur des blindages peut être plus forte pour une même fraction du tonnage consacrée à la protection. Cette loi ne joue pas sur l'avion, où l'on ne peut envisager de recouvrir d'un blindage l'ensemble de l'appareil, mais simplement quelques rares éléments comme le personnel et les moteurs. Il n'y a dès lors pas d'avantage à réunir sur

coups les éléments essentiels de l'avion de chasse, tandis qu'une protection équivalente du bombardier demanderait une fraction du tonnage quatre à cinq fois supérieure.

Bien que l'augmentation continue des puissances que l'on tire d'un moteur d'engcombement donné facilite beaucoup une telle réalisation, qui sera probablement un des bouleversements les plus certains de la technique de demain, aucune aviation ne s'est encore lancée dans la voie

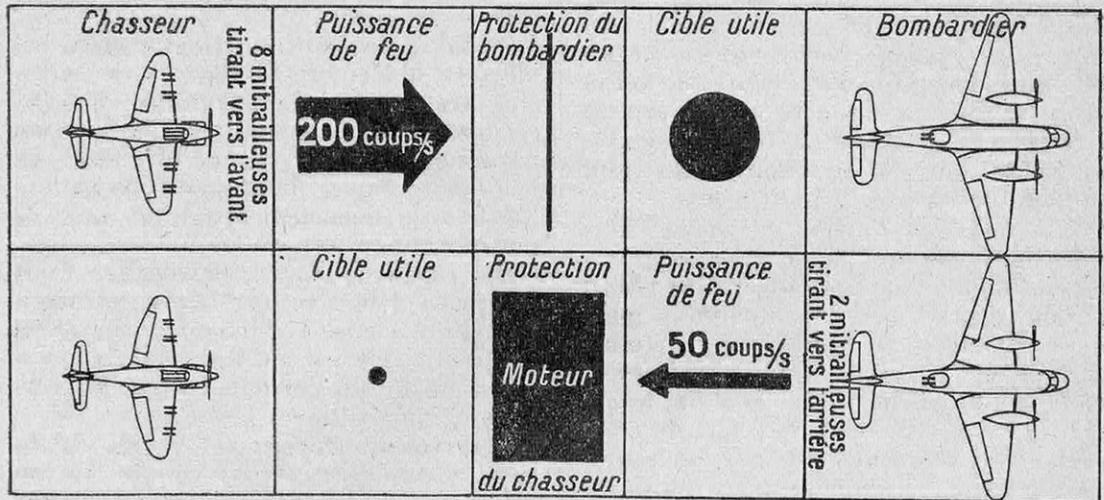


FIG. 9. — CHASSEUR ATTAQUANT UN BOMBARDIER PAR L'ARRIÈRE

Le diagramme indique les puissances de feu comparées des deux adversaires (pour le chasseur, 8 mitrailleuses d'aile; pour le bombardier, une tourelle double), les protections (pour le chasseur, son moteur; pour le bombardier, une tôle mince de duralumin), les surfaces de cible (pour le chasseur, un homme; pour le bombardier, tout l'équipage). Le dessin du haut correspond à l'attaque du bombardier par le chasseur, celui du bas à sa défense.

un gros appareil un personnel et des moteurs qu'on sera tenu de protéger individuellement tout comme le pilote et le moteur d'un avion de chasse.

Et même, si l'on entre dans le détail des protections réalisables, on s'aperçoit qu'elles sont beaucoup plus aisées sur un chasseur où moteur et pilote ne sont guère exposés dans leur lutte contre le bombardier qu'à des coups venant de l'avant, et sont étroitement appliqués l'un contre l'autre, que sur un multiple multimoteur, exposé à des coups venant de toutes directions, et où il faudrait protéger contre eux séparément les moteurs et les différents postes de l'équipage. Une tôle mince prolongeant le cône d'hélice et recouvrant l'avant du moteur ferait ricocher les balles venant de l'avant et préserverait de la plupart des

d'une protection sérieuse de l'avion de chasse. Il se trouve cependant que la compacité particulière du chasseur et la présence de son moteur à l'avant permet une protection naturelle d'un gros intérêt dans les conditions actuelles de la lutte aérienne.

On a cru pendant longtemps que la difficulté principale à vaincre pour créer une aviation était la construction du matériel et non la formation du personnel. Ce qui inquiétait les financiers et les chefs militaires, c'était l'affectation d'une part énorme des ressources de l'Etat à des appareils d'année en année plus coûteux et plus nombreux. Mais on ne se croyait guère en peine de recruter le personnel : parmi les millions d'hommes qu'un pays parvient à maintenir sous les armes, comment ne trouverait-il pas aisé-

ment les quelques dizaines de milliers de pilotes, d'observateurs et de mitrailleurs qui suffiraient à la plus puissante des aviations concevables?

Or, quelle qu'en soit la raison, il est certain que la crise du personnel est aujourd'hui, dans les aviations aux prises, beaucoup plus aiguë que la crise du matériel. D'un côté comme de l'autre, on a des milliers d'appareils en réserve, qu'on peut même se payer le luxe de laisser détruire sur les terrains où ils s'entassent. On en a beaucoup moins en ligne, faute de pouvoir les confier au personnel confirmé que demande leur conduite. Le pilote de chasse qui a 2 000 heures de vol et vingt victoires à son actif est un capital irremplaçable; sa vie est infiniment plus précieuse que la sauvegarde du plus coûteux des appareils qu'il monte.

C'est ici que l'avion de chasse, avec son moteur servant de bouclier au pilote lorsqu'il pique sur son adversaire réduit à l'abri d'une tôle de duralumin de quelques dixièmes de millimètres, présente un gros avantage. Si les deux rafales de balles sont également bien placées, le mitrailleur est mort, mais le pilote du chasseur a bien des chances de pouvoir sauter de son avion en flammes pour retrouver au sol l'appareil semblable sur lequel il continuera ses exploits.

C'est un autre avantage de l'attitude défensive que d'avoir à lutter au-dessus de son territoire, où, de toute façon, les équipages des bombardiers et de leurs chasseurs d'accompagnement sont faits prisonniers s'ils ne sont pas tués, et où les pilotes de la défense qui auront échappé aux balles se retrouvent sur un sol ami.

Il est difficile de savoir si la récupération des pilotes de chasse britanniques atteint les chiffres indiqués dans les communiqués de la R.A.F. Mais on doit certainement rattacher à cette préoccupation les efforts du commandement allemand pour faire admettre la légitimité de l'emploi des hydravions, puis des vedettes à l'emblème de la Croix Rouge pour recueillir en Manche les équipages des avions abattus, lorsque les combats se déroulaient principalement au-dessus de la mer. Il est également fort possible que ce soit pour la même raison que la R.A.F. ait abandonné la tactique d'en-

voi de sa chasse, sur mer, au-devant de l'adversaire et se borne à l'attendre sur ses barrages des environs de Londres, renonçant ainsi à la défense directe des objectifs côtiers.

L'avenir de la lutte

Quelle que soit la rapidité de transformation des conditions de la lutte aérienne, il est vraisemblable que les facteurs de supériorité de la chasse qui viennent d'être énumérés joueront longtemps encore en sa faveur.

Certains tiennent au principe même du mélange d'offensive tactique et de défensive stratégique qui est le propre de celle-ci, dans sa lutte contre l'aviation de bombardement. C'est l'attitude offensive, sur le plan tactique, du chasseur partant à l'assaut du bombardier qui lui vaut de pouvoir concentrer contre un seul adversaire l'attaque d'une patrouille. C'est l'attitude défensive, sur le plan stratégique, d'une chasse établissant ses barrages sur son territoire qui lui vaut la récupération de son personnel descendu sain et sauf, ou seulement blessé.

Assurément, l'armement et ses conditions d'emploi peuvent changer de nature. Nous n'avons pas connu encore l'emploi généralisé du canon, qu'on avait annoncé devoir détrôner la mitrailleuse. Mais l'emploi du canon ne peut que favoriser la chasse, ne serait-ce que par la différence des surfaces que chaque adversaire expose au feu de l'autre; la voilure du chasseur est vue de face; celle des bombardiers est vue sous un angle très appréciable. La conduite du tir, qui n'a pas fait grand progrès depuis 1918, est susceptible de nombreux perfectionnements qui permettront le combat à plus grande distance et amélioreront l'efficacité dans le cas d'un objectif à grande vitesse latérale. Mais ils peuvent s'appliquer aussi bien, et peut-être mieux, au chasseur qu'au bombardier.

Est-ce donc, après quelques tentatives coûteuses, la fin du bombardement définitivement sureclassé par la chasse? Loin de là, mais il faut que celui-là emploie et perfectionne les méthodes qui lui permettront d'éviter la rencontre de celle-ci.

Camille ROUGERON.

LA SCIENCE DE L'HÉRÉDITÉ PEUT-ELLE AMÉLIORER « L'ESPÈCE » HUMAINE ?

par Jean LABADIE

*Le problème de l' « eugénisme », c'est-à-dire de l'amélioration des qualités moyennes, physiques et intellectuelles, de l'humanité en général ou d'une nation en particulier, est un des plus vieux et des plus difficiles qui se soient posés au législateur. La solution spartiate consistait à mettre à mort les enfants mal venus; elle se heurterait aujourd'hui non seulement à la morale, mais aussi aux connaissances modernes des lois de l'hérédité, de la transmission et de l'apparition des caractères dont la diffusion paraît souhaitable ou indésirable. On sait l'énorme développement qu'a pris la génétique, science de l'hérédité, depuis quelque vingt-cinq ans, grâce aux travaux surtout de l'école américaine. La découverte du rôle des chromosomes en tant que véhicules des caractères héréditaires, a aidé à dégager des lois statistiques de portée très générale. Mais les expériences de la plupart des généticiens ont porté surtout sur des êtres vivants dont la structure chromosomique est infiniment moins complexe que celle de l'homme, sur lequel l'expérimentation est impossible, et dont, en outre, le cycle biologique dure quelque vingt ans au lieu d'une semaine pour la mouche *Drosophile*, par exemple. Se fondant sur les données provisoirement acquises, un certain nombre d'Etats de l'Ancien et du Nouveau Monde ont pu édicter des lois portant sur la stérilisation des grands tarés, instituant parfois même une hiérarchie des familles suivant leur utilité sociale en fonction de leurs qualités héréditaires et visant à assurer la constance de ces dernières par des interdictions d'unions entre ces castes nouvelle manière. Il ne faut pas cependant se dissimuler que nos connaissances en ce domaine sont encore bien incomplètes, que l'action du milieu, l'alimentation rationnelle et l'hygiène générale jouent, indépendamment de toute hérédité, un rôle capital dans le maintien et le développement du capital humain et que les grandes conquêtes de l'humanité, tant pour l'amélioration de la condition matérielle de l'homme que dans le domaine culturel, paraissent liées surtout à l'action d'individus exceptionnellement doués dont la science serait encore aujourd'hui bien incapable de provoquer l'apparition.*

CHAQUE homme, bien portant ou taré, intelligent ou disgracié, est le produit d'un nombre incalculable de hasards qui l'ont fait ce qu'il est : il a d'abord reçu de ses parents un certain héritage de qualités physiques ou intellectuelles, puis le milieu dans lequel il a vécu a modifié dans une certaine direction l'évolution de ces caractères. Sur ces deux ordres de faits : transmission héréditaire des caractères, influence du milieu (mode de vie, alimentation, etc.), la biologie a fait tout récemment des découvertes fondamentales qui amèneront peut-être un jour le législateur à modifier son attitude en face d'un certain nombre de problèmes concernant la qua-

lité des individus dont il assume le gouvernement.

L'humanité est-elle perfectible par une sélection rationnelle, comme sont perfectibles les espèces végétales utiles, ou les chevaux de course, dont l'homme est parvenu à développer certaines des qualités qu'il recherchait particulièrement en eux? A quel prix cette amélioration serait-elle acquise? Les solutions employées s'écarteraient-elles de la morale courante?

L'importance qu'a prise la culture de l'enfant, de l'adolescent et plus généralement de la famille dans le nouvel Etat français nous incite à examiner d'un point de vue tout humain le problème

de l'hérédité que nous avons déjà traité ici dans son aspect général (1).

Les clartés projetées par la théorie chromosomique sur la transmission des caractères héréditaires de la fameuse mouche *Drosophile* sont d'une précision que l'on n'aurait pas osé prévoir il y a vingt ans. Mais cette théorie nous permettra de comprendre pourquoi les lois *absolument générales* de l'hérédité sont d'une application particulièrement délicate à l'espèce humaine.

Les chromosomes

Chaque cellule d'un organisme vivant renferme dans son noyau un certain nombre de filaments mobiles et très réfringents, appelés chromosomes parce qu'ils apparaissent fortement colorés sur les préparations histologiques. Ces chromosomes sont toujours accouplés par paires et sont en nombre constant pour une espèce déterminée.

Au moment de la division cellulaire, grâce à laquelle notre organisme se renouvelle perpétuellement, chaque chromosome se divise en deux et les deux lots de chromosomes ainsi formés vont se rassembler à un pôle du noyau; une coupure, intervenant suivant l'équateur, donne alors naissance aux noyaux des deux cellules-filles. Ce mécanisme explique la constance du lot de chromosomes chez l'individu.

Il existe toutefois une catégorie de cellules qui ne disposent que de la moitié du lot de chromosomes imparti à l'espèce: ce sont les cellules germinales, œuf ou spermatozoïde. Celles-ci naissent en effet d'une cellule qui se dédouble suivant un processus particulier. Dans chaque paire de chromosomes de la cellule, les deux constituants « divorcent » et cha-

cun d'eux va se réfugier à un pôle du noyau, qui se divise alors pour donner naissance au noyau de deux cellules germinales. Le choix du pôle vers lequel se dirigent les chromosomes paraît être le résultat du hasard. Si nous prenons l'exemple de la mouche *Drosophile*, qui possède quatre paires de chromosomes, le nombre de cellules différentes qui pourra résulter de ce choix sera $2 \times 2 \times 2 \times 2$ ou 2^4

$= 16$. Pour l'homme, qui possède 24 paires de chromosomes, il sera $2^{24} = 16$ millions environ.

Au moment de la fécondation, l'œuf et le spermatozoïde, par la fusion de leur noyau, engendrent le noyau de la première cellule de l'embryon, et ceci explique la conservation du nombre de chromosomes dans l'espèce donnée. Si nous calculons le nombre de cellules embryonnaires différentes que peuvent produire deux individus, nous trouvons qu'il est de $16 \times 16 = 256$ pour la *Drosophile* et

de $2^{24} \times 2^{24} = 250$ trillions pour l'homme!

La manière dont se transmettent les chromosomes a amené les généticiens de l'école de T. H. Morgan à penser qu'ils sont les véhicules des caractères héréditaires. Cette hypothèse rend compte, nous venons de le voir, du hasard qui préside à cette transmission. Elle est d'accord avec la notion intuitive que nous héritons autant du père que de la mère. De plus, elle explique parfaitement les lois statistiques auxquelles obéit la « loterie héréditaire », lois qui sont connues sous le nom de lois de Mendel. De ces lois, nous allons nous borner à rappeler les deux premières, sur deux exemples où elles se manifestent de la manière la plus simple. Cette digression ne sera pas inutile, car nous rencontrerons plus loin, chez l'homme, des exemples de transmission de caractères héréditaires qui en relèvent directement.

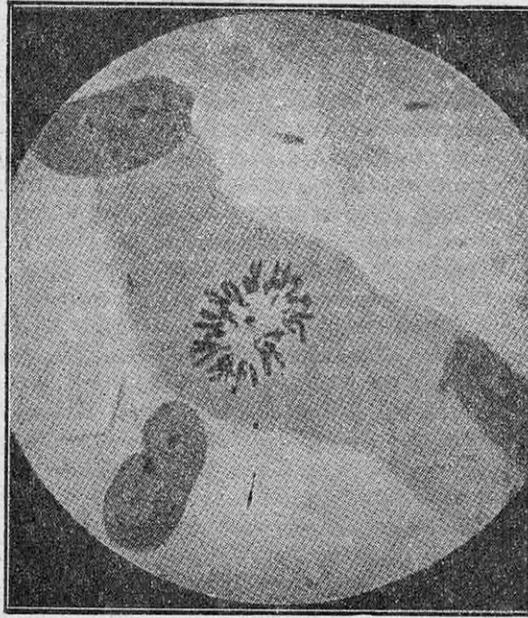


FIG. 1. — LES 24 PAIRES DE CHROMOSOMES DE L'HOMME

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 221, page 358.

Les chromosomes et les premières lois de Mendel

La première de ces lois est celle du « divorce des caractères » dans la descendance de deux hybrides. Elle se vérifie à merveille avec les poules andalouses, dont il existe deux variétés, l'une noire, l'autre blanche. Leur croisement

blanches, la couleur bleue ayant deux fois plus de chances de se produire. A la deuxième génération, les deux « caractères » blanc et noir peuvent donc divorcer pour donner à nouveau des animaux de « race pure ». Et si on observe un grand nombre de cas, on obtiendra toujours la proportion : 1 blanche, 1 noire, 2 bleues. C'est la première loi de Men-

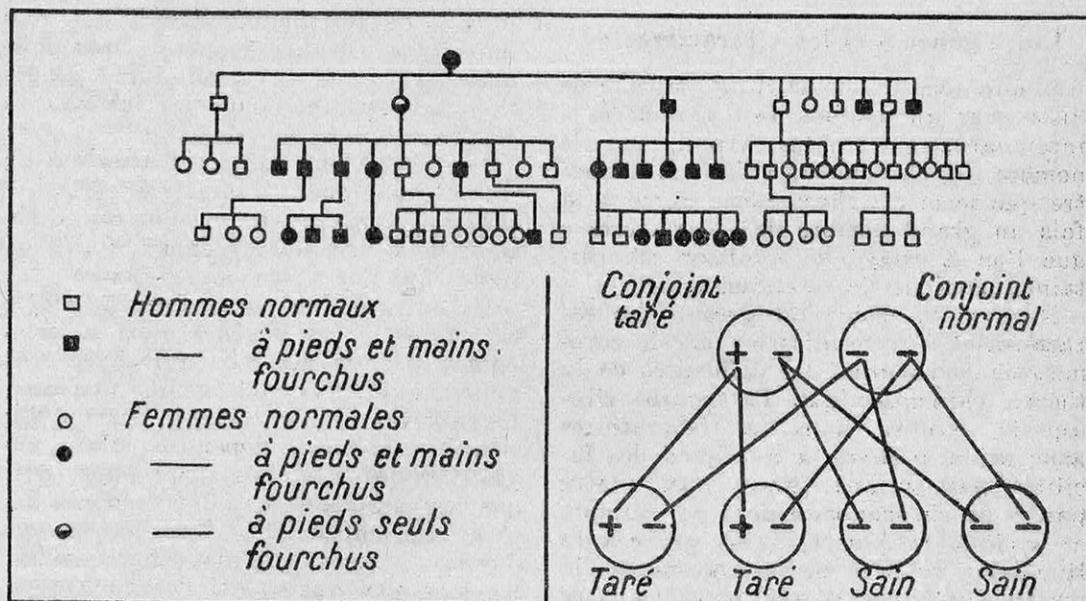


FIG. 2. — EXEMPLE DE TRANSMISSION HÉRÉDITAIRE D'UNE TARE A FACTEUR « DOMINANT » DANS L'ESPÈCE HUMAINE

Il s'agit ici de la malformation connue sous le nom de « pince de homard » (main fourchue, réduite à un pouce et un doigt; pied semblablement conformé). Cette tare est liée à un facteur « dominant », c'est-à-dire qu'elle apparaît toutes les fois que dans le jeu de chromosomes d'un individu le gène correspondant est présent. Elle ne peut donc être transmise que par les individus qui en sont atteints. C'est ce qui ressort de la généalogie ci-dessus, qui illustre la descendance d'une seule personne tarée, toutes les unions s'étant effectuées avec des conjoints normaux. Le schéma chromosomique au-dessous, dans lequel la croix indique la présence du gène indésirable, montre que dans de telles unions, on doit compter 50 % de la descendance tarée.

donne des hybrides bleues. Supposons qu'à l'une des paires de chromosomes de la poule soit liée la couleur du plumage. Nous pourrions schématiquement représenter par N-N cette paire pour le parent noir et par B-B la paire correspondante pour le parent blanc.

D'après le processus décrit plus haut, la poule bleue, recevant un chromosome de chacun des parents, aura donc une paire dissymétrique, que nous pourrions représenter par N-B. Les poules qui naîtront de l'accouplement de deux hybrides bleus pourront posséder des paires de chromosomes N-N, N-B ou B-B. Elles seront soit noires, soit bleues, soit

del, dont la théorie chromosomique nous donne une explication satisfaisante.

Vient maintenant la première et bien légère complication : la « dominance » d'un caractère.

Si l'on effectue des croisements entre souris blanches et souris grises, on obtient des souris grises. On dit que le gris domine le blanc, ou que le blanc est un caractère « récessif ». Mais accouplons deux hybrides gris ainsi obtenus, la théorie des chromosomes nous dit que nous pourrions de nouveau obtenir des souris blanches, et cette fois dans la proportion de trois grises pour une blanche. Mais, bien entendu, cette proportion

n'est exacte que pour un grand nombre d'expériences, et le caractère blanc, du fait qu'il est récessif, pourra sauter un certain nombre de générations de souris avant de réparaître. Ainsi s'en trouve-t-il, dans l'espèce humaine, pour un certain nombre de tares, ou simplement de caractères divers qui semblent sauter irrégulièrement des générations.

Les « gènes » et les « caractères »

Bien entendu, comme il est possible de distinguer un nombre de « caractères » incomparablement plus grand que le nombre des chromosomes, il faut admettre que le même chromosome porte à la fois un grand nombre de « caractères » que l'on a essayé de localiser sur certaines portions de ce chromosome.

Et avec la définition précise des caractères et leur localisation sur le chromosome commencent les difficultés de la théorie chromosomique. La mouche *Drosophile*, étudiée dans les laboratoires américains, présente à cet égard des facilités particulières, grâce aux quatre paires de chromosomes dont se contente ce modeste insecte et, aussi, grâce à la limitation relative de ses caractères observables, tels que la coloration des yeux ou la longueur des ailes, quand il ne s'agit pas de constater, encore plus simplement, l'absence ou la présence de ces ailes. La liste relativement courte jusqu'ici étudiée, après définition préalable (verbale autant que métrique) des caractères de la *Drosophile*, ne doit pas dépasser 1 000. Or, Th. Hunt Morgan estime à 2 000 au moins, et probablement 20 000, le nombre des variantes dont sont susceptibles les caractères en question. Comment les définira-t-on ?

Personne n'en sait trop rien. Mais ce qu'on sait parfaitement, c'est que les huit chromosomes de la *Drosophile* comprennent tout ce qu'il faut pour « justifier » les 20 000 caractères « à définir » et même davantage si l'on y tient. Une circonstance providentielle, la découverte de chromosomes géants dans les cellules de ses glandes salivaires, a permis, en effet, de voir au microscope toute la série des « gènes », comme disent les généticiens, auxquels il faudrait attribuer la fonction de transmettre chacun un caractère particulier.

Les « gènes », véritables atomes d'hérédité, suivant la théorie en question,

sont d'infimes agglomérats protoplasmiques disposés en stries, elles-mêmes discontinues en « chapelets » ; chaque grain du chapelet pouvant être de l'ordre de grandeur de ce qu'on appelle aujourd'hui une molécule « nucléoprotéique ». La chaîne totale des huit chromosomes de la *Drosophile*, divisée en cent deux sections, elles-mêmes sous-divisées en six tranches, constitue l'atlas, le « mapping » du patrimoine héréditaire total imparti à chaque mouche *Drosophile*, mise au monde à raison d'une génération par semaine, dans les laboratoires Morgan.

Les généticiens ont ainsi abouti à des cartes génétiques, sommaires certes, et sans cesse sujettes à révision ou correction, mais acceptables dans les grandes lignes qu'elles s'attachent à fixer.

Ils ont reconnu en ce faisant que les caractères et les « gènes » ne se groupaient pas de manière univoque, c'est-à-dire que plusieurs gènes pouvaient fournir un seul caractère, comme plusieurs caractères dépendre d'un seul gène, ce qui n'est pas surprenant, puisque les caractères sont définis d'une manière conventionnelle. Tant et si bien que la « carte » — le mapping — reliant les uns aux autres est devenu maintenant également théorique pour les caractères arbitrairement définis et pour les gènes, insaisissables autrement que par la théorie.

La carte héréditaire de l'homme

Pensez maintenant à ce que doit être le même « atlas » pour une chaîne analogue constituée avec les quarante-huit chromosomes humains. Les « caractères », que l'imagination dialectique du généticien pourrait loger dans les « gènes » ainsi étalés, sous un microscope idéal, seraient littéralement innombrables.

C'est ainsi que, alors que le nombre des facteurs repérables sur le « mapping » de la mouche oscille, d'après Bridge, entre 5 000 et 10 000, le nombre de facteurs analogues doit être, pour l'homme, suivant le professeur von Verschuer, six fois plus grand, donc compris entre 30 000 et 60 000. Nous pouvons évaluer à 1 000, ajoute von Verschuer, le nombre des facteurs héréditaires actuellement connus pour l'homme. Connu, au sens que nous venons de préciser, c'est-à-dire repérés sur la carte du

patrimoine héréditaire de l'homme. Une carte théorique, insistons-y, et qui, de surcroît, n'est, vous le voyez, qu'un croquis très sommaire, tel est le guide à utiliser.

Cette complexité que laisse prévoir la carte (presque entièrement muette pour l'instant) des chromosomes humains, nous la trouvons dans la réalité. Si nous considérons des caractères évidents, tels

que la couleur des yeux, des cheveux, de la peau, il est d'abord difficile de les définir avec précision, et ensuite ces caractères ne divorcent pas toujours de la façon absolument nette que décrivent les lois de Mendel. C'est ainsi que, si l'on considère la couleur de la peau chez le métis, elle est en général une simple dilution dans le rapport de la

proportion des sangs; dans certains cas, cependant, on a observé une disjonction assez nette des couleurs.

Pour d'autres caractères, comme la répartition des individus entre les groupes sanguins, les lois de Mendel s'appliquent parfaitement. Mais que dire de caractères aussi difficiles à définir que des qualités intellectuelles? Pourtant, il est hors de doute que leur transmission ne se fait pas au hasard, comme le montre l'existence de familles célèbres de mathématiciens, comme les Bernouilli, ou de musiciens: les Bach. Mais ici il est tout à fait illusoire de se demander ce que deviennent les lois de Mendel et même on peut difficilement démêler l'influence de l'hérédité de celle du milieu.

Pourtant il peut exister, dans le patrimoine héréditaire de l'homme, des détériorations accidentelles de gènes qui constituent des sortes de mutations ana-

logues à celles que l'on détermine expérimentalement sur la Drosophile. Ces détériorations se traduisent le plus souvent par l'apparition de tares. La transmission de ces tares qui intéresse au premier chef l'hygiéniste social, a de tout temps excité la curiosité des médecins. C'est ainsi que l'on a suivi pendant sept siècles la transmission de l'héméralopie (cécité pour la lumière nocturne ou cré-

pusculaire) dans une famille de Montpellier.

Et l'on voit tout de suite les deux problèmes qui peuvent se poser à l'eugéniste: sélectionner les individus présentant certaines qualités souhaitables, faire disparaître par un procédé ou l'autre les tarés.

Les deux aspects du problème: éliminer ou cultiver

Si l'on veut cultiver certain caractère dans la descendance d'un individu qui les présente au plus haut point, il faudra favoriser la réapparition dans le lot chromosomique de sa descendance des gènes qui déterminent cette qualité.

Il faudra donc diriger les unions de telles sortes qu'elles se fassent toujours entre personnes possédant ce gène. Et la meilleure manière d'être sûr de le trouver est de l'aller chercher dans la même famille. Chez certains peuples et à certaines époques, les unions consanguines étaient la règle chez certaines castes supérieures, et cette règle, qui était fondée sur des considérations religieuses, ne semble pas avoir donné de trop mauvais résultats. C'est elle qu'appliquent aussi les éleveurs de certains animaux domestiques qui veulent diriger dans un certain sens l'évolution d'une race de lapins. Mais la morale courante a quelque

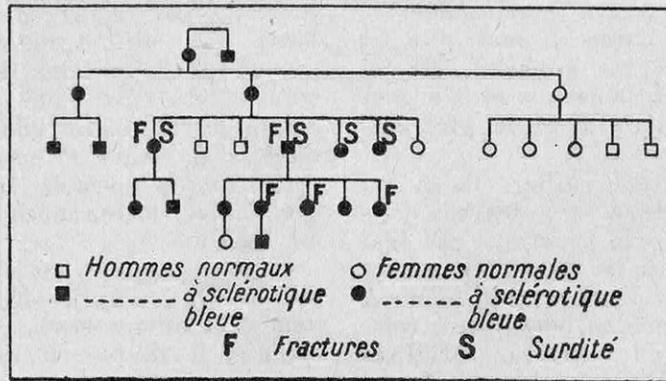


FIG. 3. — EXEMPLE DE TRANSMISSION HÉRÉDITAIRE DE « TARES ASSOCIÉES » (LES CONJOINTS SONT NORMAUX).

Dans la généalogie ci-dessus, on peut suivre la transmission d'un caractère particulier, la coloration bleu-tée de l'œil, lié, comme celui de la figure 1, à un facteur dominant et apparaissant comme lui sans sauter de générations et chez 50 % en moyenne de la descendance. Mais ici ce caractère est lié d'une manière irrégulière à des tares plus graves: surdité et fragilité des os, ces dernières n'apparaissant que chez les individus à sclérotique bleue.

peu varié depuis les Pharaons, et les unions consanguines sont aujourd'hui interdites, au moins à un certain degré de parenté. Et le généticien trouvera facilement des raisons pour justifier cette interdiction : en même temps que l'on cultive par les unions consanguines les caractères souhaitables, on cultive en même temps les tarés qui peuvent exister à l'état latent (gènes récessifs) chez les individus de cette famille. Que deux gènes récessifs viennent à se rencontrer — et l'union consanguine en multiplie les chances — et la tare apparaît. Et ici nous abordons le problème le plus urgent de l'eugénisme, mais aussi le plus difficile.

Impuissante à débrouiller, dans son passé, l'hérédité de la tare observée dans le présent, la théorie génétique est également impuissante et pour les mêmes motifs à rien prévoir de certain quant à l'avenir du patrimoine héréditaire comportant la tare en question. Stérilisez un « porteur » de l'une quelconque de ces tares et vous êtes certain par là de retrancher de l'existence une foule d'enfants normaux qui auraient figuré dans la descendance sacrifiée. Mais vous n'êtes malheureusement pas certain de supprimer la tare en question, puisque, d'après les lois de l'indépendance des caractères au cours de l'évolution, cette tare peut réapparaître à partir d'ancêtres inconnus communs au « taré » incriminé et à d'autres individus apparemment sains, mais pères ou grands-pères de futurs tarés. Et cela sans préjudice de la possibilité que l'on envisage déjà, pour la « tare », de se reconstituer chez un être normal quelconque, sous l'influence de causes diverses qui ne sont pas encore explicitées.

Et ainsi nous allons voir maintenant que la stérilisation des tarés, qui paraît à première vue une solution simple et économique, devient cependant de plus en plus ruineuse à mesure que l'on aborde des cas plus compliqués.

Les tares à facteurs « dominants »

Voici un cas de « pince de homard » ou « pied fendu », malformation congénitale où la main est réduite à un pouce et un doigt. Cette difformité, précise le professeur Haldane, n'est transmise que par les personnes qui en sont atteintes.

Et la moitié des enfants sont frappés. Cette difformité provient donc, suivant la théorie génétique, d'un « gène » dominant. Elle se transmet de génération en génération sans en enjamber. A première vue, si toutes les personnes atteintes de cette difformité étaient stérilisées, l'anomalie serait supprimée en une génération — sous réserve du cas, très rare, d'une réapparition de la tare par une mutation capable de créer à nouveau, de toutes pièces, le « gène » en question. Mais cela n'intéresserait qu'une personne sur 100 millions. Inutile, par conséquent, de s'y arrêter. Mais la stérilisation aurait pour effet, observe Haldane, d'empêcher la naissance d'autant de personnes normales que d'anormaux. Que le législateur décide si l'opération est légitime!

Cette figure d'hérédité représente le cas le plus simple. Elle s'applique à nombre d'autres états, tels que l'héméralopie, le diabète insipide, la brachydactylie (doigts courts). Mais ces dernières tares ne sont nullement dangereuses, ni prohibitives d'une vie normale. Quel législateur voudra, dès lors, en prendre prétexte pour stériliser leurs porteurs, alors que d'autres tares, bien plus graves, échappent à la simplicité de ce schéma héréditaire?

La « dysostose cleidocranienne », anomalie grave du squelette; la « neurofibromatose », qui se caractérise par des tumeurs de la peau souvent cancéreuses, sont également transmises en ligne droite. Mais ici la réapparition par mutation imprévisible est si fréquente que la stérilisation deviendrait une œuvre de Sisyphe en même temps qu'elle entraînerait la suppression de 50 p. 100 d'enfants normaux. C'est alors que l'hygiéniste social, « l'eugéniste », comme on l'appelle dans sa spécialisation au perfectionnement de l'espèce, doit porter son attention sur des agents biologiques très différents de ceux de la génétique, nous voulons parler des « hormones », sécrétées par les glandes endocrines, et des « vitamines » offertes à l'alimentation de l'enfant en croissance. Ces substances biochimiques, aujourd'hui de mieux en mieux étudiées, semblent, en effet, responsables des mutations génétiques à redouter. Ne lui vaut-il pas mieux détourner, dès lors, sa vigilance vers ces causes du mal? Et c'est alors le problème d'ensemble de l'alimentation

vitaminée et de l'opothérapie qu'il faut s'attacher à résoudre.

Or, il intéresse l'ensemble de la population d'une façon absolument générale. La génétique n'a fait que révéler son importance.

Les tares à facteurs « associés » et celles qui apparaissent tardivement

Prenons maintenant une figure héréditaire moins simple que les précédentes : la fragilité des os, bien observée dans certaines familles. Des douzaines de fractures osseuses peuvent apparaître sur l'enfant, avant même sa naissance. Il naît monstrueusement estropié, sans aucun recours chirurgical possible.

Les parents à incriminer sont du reste aisément reconnaissables, du moins au titre d'une forte présomption. Un deuxième caractère héréditaire se trouve, en effet, toujours associé au précédent : les parents susceptibles de procréer la « fragilité des os » ont la sclérotique (blanc de l'œil) nettement bleutée ou grisâtre. Mais ce second caractère se trouve être également associé à d'autres malformations congénitales que la fragilité des os. Les enfants des « sclérotiques bleues » peuvent par exemple naître sourds, sans d'autre tare. De plus, tous les sujets à sclérotique bleue ne sont pas forcément porteurs de l'un ou de l'autre des deux « gènes » à éliminer. Ils peuvent être normaux.

Ici, par conséquence, la stérilisation emporterait la suppression, en plus de 50 p. 100 de normaux à sclérotique blanche, la suppression d'un assez grand nombre de normaux à sclérotique bleue. De plus, les « os fragiles » ne risquent pas de se reproduire beaucoup, étant des estropiés à peu près voués à la stérilité. Que peut donc faire le généticien sinon s'abstenir et contempler le phénomène en pur savant ?

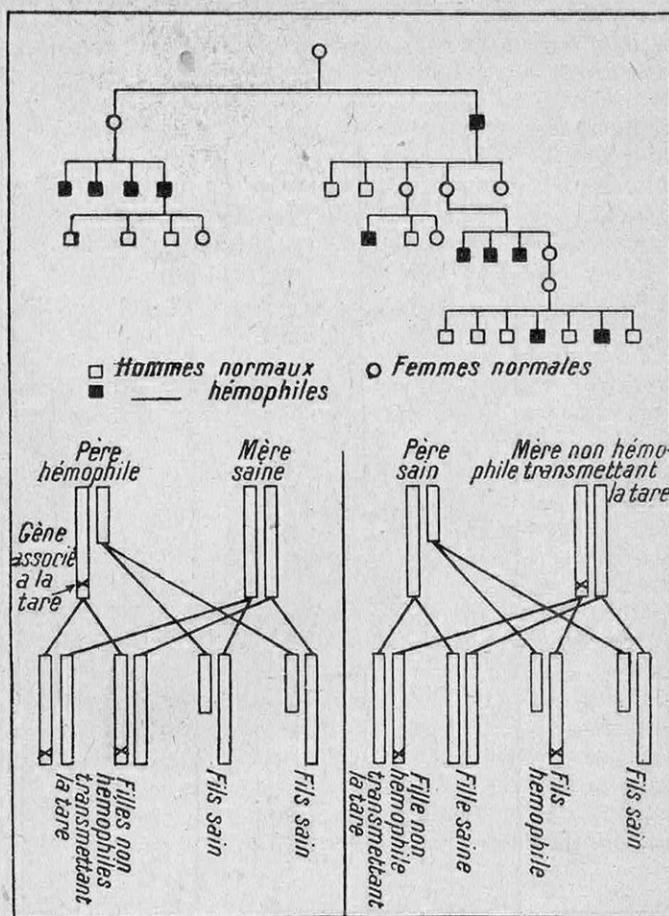


FIG. 4. — TABLEAU GÉNÉALOGIQUE D'UNE FAMILLE D'HÉMOPIHILES (TOUS LES CONJOINTS ÉTANT NORMAUX)

L'hémophilie grave dont il est ici question est un caractère lié au sexe, seuls les mâles en présentant les symptômes, mais les filles d'apparence saine pouvant transmettre la maladie à 50 % de leurs descendants mâles, en moyenne. Les schémas du bas montrent comment la théorie chromosomique rend compte de ces anomalies. Le sexe masculin étant déterminé par la présence, dans le jeu des chromosomes, d'une paire de chromosomes dissymétriques, on admet que le gène de l'hémophilie est porté par celui de ces deux chromosomes qui est le plus long et qu'il ne trouve ainsi aucun gène lui faisant vis-à-vis et capable de contrarier son action. Chez le sexe féminin, où toutes les paires de chromosomes sont symétriques, le gène de l'hémophilie, dominé par le gène qui lui est apparié, ne peut se manifester. Mais il est toujours présent et réapparaît inexorablement dans la descendance. Le schéma de gauche illustre l'union d'un père hémophile et d'une mère saine, donnant des fils sains et des filles saines, mais susceptibles de transmettre la tare suivant le schéma de droite.

Un très grand nombre de maladies sont héréditaires d'une façon qui rendrait aussi coûteuse leur élimination : la « cataracte pré-sénile », qui frappe de cécité

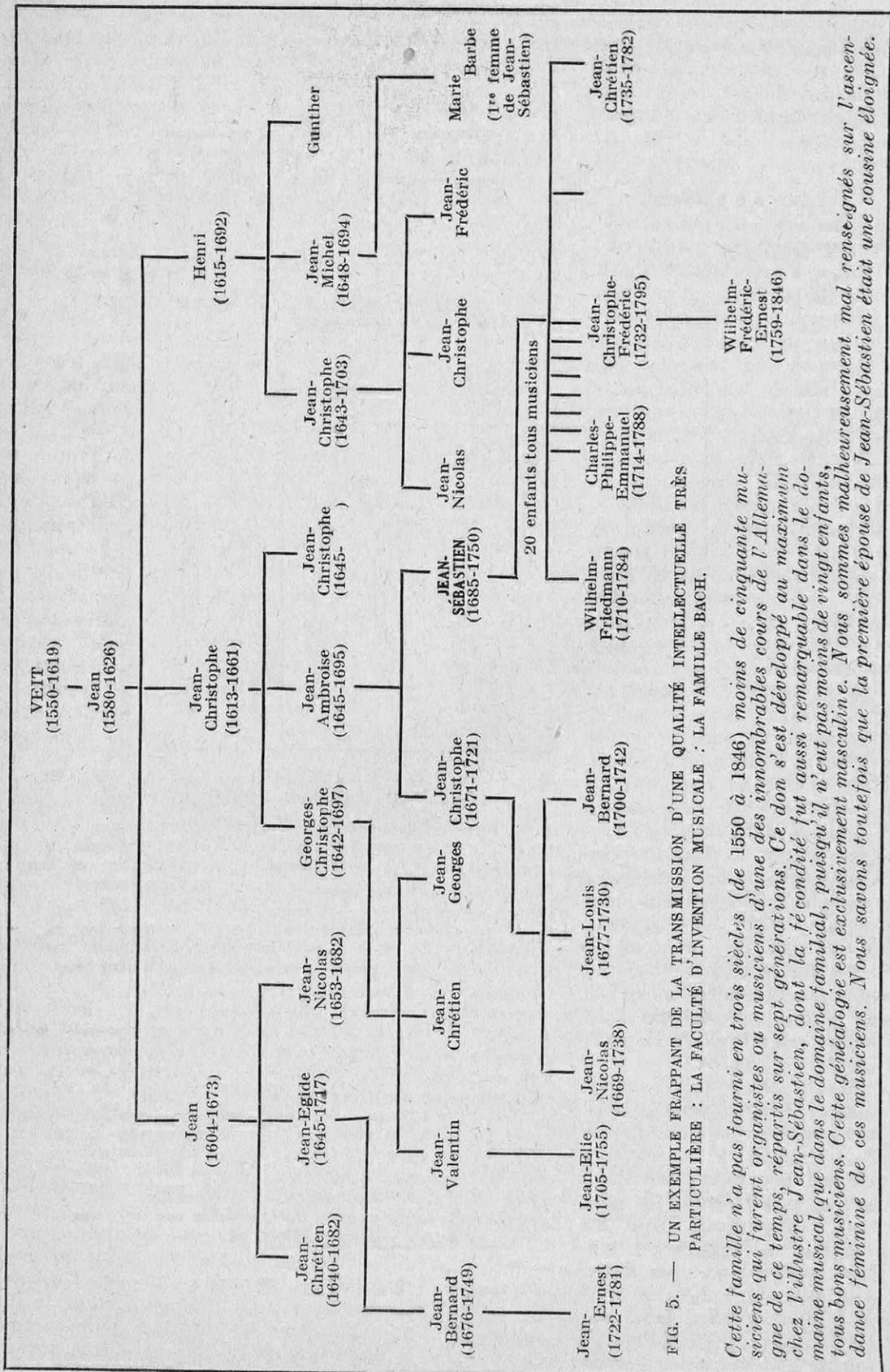


FIG. 5. — UN EXEMPLE FRAPPANT DE LA TRANSMISSION D'UNE QUALITÉ INTELLECTUELLE TRÈS PARTICULIÈRE : LA FACULTÉ D'INVENTION MUSICALE : LA FAMILLE BACH.

Cette famille n'a pas fourni en trois siècles (de 1550 à 1846) moins de cinquante musiciens qui furent organistes ou musiciens d'une des innombrables cours de l'Allemagne de ce temps, répartis sur sept générations. Ce don s'est développé au maximum chez l'illustre Jean-Sébastien, dont la fécondité fut aussi remarquable dans le domaine musical que dans le domaine familial, puisqu'il n'eut pas moins de vingt enfants, tous bons musiciens. Cette généalogie est exclusivement masculine. Nous sommes malheureusement mal renseignés sur l'ascendance féminine de ces musiciens. Nous savons toutefois que la première épouse de Jean-Sébastien était une cousine éloignée.

les adolescents, la « chorée de Huntington », terrible affection du système nerveux aboutissant à la folie; l'âge moyen d'apparition de ces tares est trente-cinq ans et l'âge limite soixante-cinq ans. Les paternités sont acquises quand la tare est décelée. C'est aux enfants qu'il faudrait appliquer la stérilisation. Or, ils auraient eu eux-mêmes le temps d'être pères.

Les tares à facteurs « récessifs »

Voici un type d'hérédité encore différent: celui de l'hémophilie, maladie bien connue consistant en ce que les plaies ou blessures contractées ne se cicatrisent pas chez le sujet qui en est atteint.

Il s'agit ici d'un gène lié au chromosome sexuel — le fameux chromosome X. Autrement dit, ce sont les mâles seuls qui subissent l'hérédité de la tare comportée par le gène de l'hémophilie. Mais, comme la formation du chromosome mâle dépend elle-même des gènes femelles, de la grand'mère, au cours de la formation du spermatozoïde, chez le père éventuel de l'hémophile, il est évident que les femmes, bien que ne révélant jamais la tare d'hémophilie, peuvent fort bien donner naissance à des hémophiles ou à des pères d'hémophiles.

Stériliserait-on les filles d'hémophiles? Cela équivaut à supprimer trois enfants sains pour un malade. Où s'arrêter, et pourquoi ne pas également stériliser les sœurs d'hémophiles?

De plus, la mutation spontanée du gène en question est l'une des plus fréquentes: le quart des cas lui est attribuable.

Le daltonisme (impuissance à distinguer les couleurs), l'atrophie optique héréditaire, l'anidrosis (absence de glandes sudoripares), la dentition déficiente, sont autant de tares du même schéma héréditaire que l'hémophilie. Les gènes de ces tares ne sont plus « dominants » comme celui de la « pince de homard », mais « récessifs ». Une personne qui porte un tel gène est entièrement normale,

mais celle qui en porte deux est anormale. En sorte qu'à la fécondation de l'œuf deux gènes récessifs, se conjoignant, forment un enfant anormal sans que personne au monde ait pu le prévoir, à moins de posséder l'arbre généalogique « à rebours » du père et de la mère jusqu'à des générations assez éloignées pour établir une statistique valable.

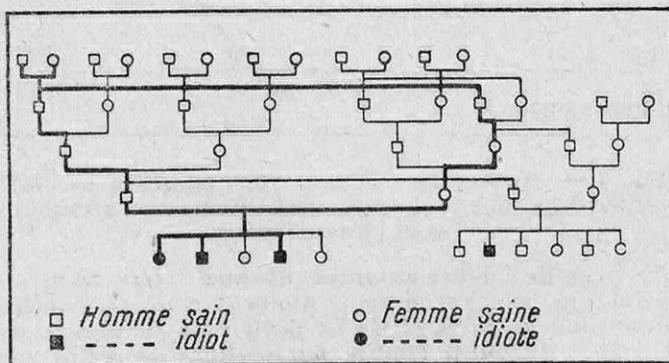


FIG. 6 — TABLEAU GÉNÉALOGIQUE D'UNE TARE LIÉE A UN GÈNE « RÉCESSIF » : L'IDIOTIE JUVÉNILE AMAUROTIQUE

Les gènes récessifs sont ceux qui ne se traduisent par l'apparition d'un caractère que lorsqu'ils se trouvent appariés à un gène identique. Sur la figure, le gène récessif de l'idiotie juvénile amaurotique était porté, d'une manière inapparente, par l'un des deux conjoints du couple en haut à gauche. Il s'est transmis à travers trois générations sans se manifester. Mais deux unions consanguines ont permis de doubler chez certains individus le gène malfaisant. Sur la figure, on a marqué en trait fort le trajet suivi pour une de ces unions par les deux gènes incriminés. Le lecteur trouvera facilement les trajets correspondants à la deuxième union.

Les éleveurs cultivent « par sélection » des monstres utilitaires

Les conclusions auxquelles nous conduit la génétique pure entraînent aussitôt cette autre conclusion pratique.

Puisque les tares apparaissent par croisement de père et mère qui, le plus souvent, sont porteurs de gènes récessifs, et puisque l'hérédité de ces gènes n'est pas, d'autre part, contestable; puisque la convergence de ces gènes à partir d'ancêtres inconnus est pratiquement inconnaissable (pour chaque individu isolé) qui produit la tare, une seule méthode eugénique rationnelle s'impose: conseiller des mariages qui comportent le minimum de chances, pour le père et pour la mère futurs, d'avoir un même ancêtre

commun. Autrement dit : fuir, autant que possible, la consanguinité.

Il est, certes, évident qu'aux époques où l'humanité « ne voyageait pas », la consanguinité était plus ou moins inévitable. Louis XV, très friand de généalogies, s'offrit un jour le plaisir de démontrer au généalogiste officiel de la Cour que l'un de ses propres ancêtres, tout roi de France qu'il était, se trou-

vait être, à un degré du reste peu éloigné, un brave tonnelier bourguignon.

D'autre part, nombreux sont les villages dont le nom n'est qu'une généralisation de celui d'une seule et même famille; c'est tout dire. Il existe, dans la Sarre et le Wurtemberg,

des groupements « célèbres » — comme disent les généticiens qui en ont fait des lieux d'élection de leurs travaux — de « saigneurs », c'est-à-dire d'hémophiles. Le meilleur moyen d'éteindre ces groupements malsains serait de favoriser leurs dispersion — non sans s'être, du reste, enquis des facteurs biologiques « extragénétiques » qui peuvent concourir à cette permanence locale de l'hémophilie. Les mœurs, l'alimentation, le climat, etc..., y contribuent-ils? Cette question constitue le second aspect du problème « eugénique », tout aussi important que le premier, qui fonde strictement l'hérédité sur la conjugaison des gènes et des caractères qui leur sont théoriquement liés.

En d'autres termes, la méthode qui s'impose pour l'amélioration de la « race humaine » nous paraît être l'inverse de celle qui a fait ses preuves pour l'obtention de « races animales domestiques » conformes aux désirs des éleveurs.

Les éleveurs procèdent par accouplements de parents sélectionnés en alliant le plus souvent possible les caractères désirés. La consanguinité devient donc à

la longue inévitable. Mais les éleveurs sacrifient délibérément (en les envoyant à l'abattoir, leur destination naturelle, en tout état de cause) les produits qui ne présentent pas l'hérédité recherchée. Et c'est tout le procédé de la sélection. Il a réussi à nous donner des animaux domestiques pour ainsi dire « spécialisés » aux buts que nous, humains, leur avons attribués. Mais la difficulté même

de stabiliser les caractères obtenus indique que qu'il s'agit le plus souvent de caractères récessifs.

Ainsi, même si elle adoptait la loi spartiate du sacrifice de ses nouveaux-nés mal-conformés, l'humanité n'aurait pas là un moyen certain

de s'améliorer. Il lui faudrait, encore, pratiquer la sélection dans le sens de « l'isolement », en vue de la reproduction des mâles répondant le mieux à l'idéal de ses maîtres. Et ces maîtres eux-mêmes, qui les sélectionnerait?

Le paradoxe de la « sélection humaine »

L'importance du chromosome sexuel mâle pour la transmission des caractères et l'immense disparité qui sépare le nombre des spermatozoïdes et celui des ovules mis en présence à la « loterie » qui constitue chaque naissance, a incité certains généticiens audacieux (H. J. Muller, en Amérique) à imaginer que certains hommes « supérieurs » pourraient suffire à la fécondation artificielle des mères de la plus grande partie de l'humanité future. Alors seulement, on pourrait espérer obtenir, en effet, une sélection intégrale, analogue à celle qui réussit aux éleveurs. Il suffirait de bien définir les caractères « désirables » et puis de les reconnaître chez les « étalons » à sélectionner.

Biologiquement, tout est possible, en

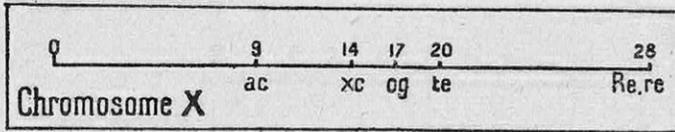


FIG. 7.— DISTRIBUTION SCHEMATIQUE DE QUELQUES GÈNES PARMIS CEUX QUE L'ON A PU IDENTIFIER SUR LE CHROMOSOME X DE L'HOMME

ac, gène de l'achromatopsie (absence totale de vision colorée); *xc*, xeroderma pigmentosum (sensibilité anormale de l'œil et de la peau à la lumière); *og*, maladie d'Oguchi (forme particulière de cécité nocturne); *te*, formation de tumeurs épidémiques; *Re, re*, rétinite pigmentosa, gènes dominant ou récessif (cécité nocturne, contraction du champ visuel aboutissant à la cécité complète, pigmentation de la rétine, épaissement des vaisseaux rétinien) (d'après J. B. S. Haldane).

effet, sans intervenir dans la structure sociale de la famille.

La fécondation artificielle *in vitro* d'un ovule préalablement extrait de l'ovaire maternel s'obtient aujourd'hui, comme on sait, par une piqûre d'aiguille ou, mieux, par un contact chimique adéquat. La « caryocinèse » (développement) de l'ovule ainsi fécondé se poursuit, nous mande-t-on d'Amérique, jusqu'à son terme logique, même pour des mammifères aussi évolués que le lapin, à la seule condition de replacer l'œuf dans une matrice maternelle vivante. (Expériences effectuées par le professeur Gregory Pincus, à Harvard University.)

La même expérience de « parthénogénèse » — fécondation sans participation du mâle — aurait réussi tout récemment sur des ovules humains (expériences de D^r Stanley P. Raimann, au Lankenau Hospital Research Institute). Les premiers stades de cette caryocinèse ont été observés *in vitro*, mais, bien entendu, aucune mère humaine ne s'est offerte pour conduire « à terme » ce « bébé » scientifique. Et nous croyons personnellement que l'humanité n'y a rien perdu.

En tout cas, la même opération pourrait évidemment se pratiquer, mais par l'office d'un spermatozoïde de grande race — justement ce que préconise

H. J. Muller. Un seul « père » les fournit par millions.

Nous ne voyons pas très bien — à supposer que l'on réussisse à stabiliser quelque caractère soi-disant désirable du père choisi — une multiplication de tels caractères, nécessairement aussi spéciaux que la force musculaire d'un Rigoulot ou l'invention musicale d'un Debussy. D'autant que le gène porteur des caractères recherchés pourrait fort bien voisiner avec d'autres caractères moins désirables.

En bref, la stabilisation d'un caractère spécial dans un être vivant, excellente si elle est, dans un animal domestique, utile à l'homme, devient *ipso facto* indésirable pour l'homme lui-même dont toute l'évolution nous crie que sa nature est de conquérir une liberté de plus en plus grande au moyen d'une diversité de caractères — c'est-à-dire de possibilités — de plus en plus étendue. La suppléance du travail humain spécialisé, ce sont justement les animaux qui furent invités à s'y atteler en attendant les machines. Mais justement c'est pour éviter la « mécanisation » de ses propres organes que l'homme a inventé les outils et les machines. Il serait contre nature pour lui de revenir sur cette décision en se « spécialisant » maintenant par « sélection ».

Jean LABADIE.

La puissance installée de toutes les usines hydrauliques en service dans le monde s'élevait, d'après les estimations du Service Géologique (Geological Survey) des Etats-Unis (1), à 23 000 000 ch en 1920. Elle passait successivement à 29 000 000 ch en 1923, à 33 000 000 en 1926, à 46 000 000 en 1930, à 55 000 000 ch en 1934, à 60 000 000 ch en 1936, pour atteindre 64 000 000 ch à la fin de 1938. L'augmentation, dans l'espace de dix-huit ans, a été ainsi de 180 %. Voici, dans l'ordre, les dix pays qui disposent de la puissance installée la plus élevée (en chevaux) : Etats-Unis, 17 949 000; Canada, 8 191 000; Italie, 6 000 000; France, 5 400 000; Japon, 4 800 000; Allemagne, 4 000 000; Norvège, 3 000 000; Suisse, 2 800 000; Suède, 2 200 000; U.R.S.S., 1 630 000. La France vient donc au quatrième rang. Mais il importe de remarquer qu'il s'agit là de la puissance des machines installées, alors que l'énergie électrique effectivement produite, rapportée à cette puissance installée, varie considérablement d'un pays à l'autre. C'est ainsi, par exemple, qu'au Canada et en Norvège, où seules les chutes les plus favorables sont aménagées, les turbines peuvent fonctionner à plein pendant la plus grande partie de l'année. En France et en Allemagne, au contraire, où les ressources sont plus limitées, on a dû équiper des sites beaucoup moins rémunérateurs, où le débit de l'eau se trouve fort réduit pendant plusieurs mois.

(1) *Journal of the Franklin Institute.*

L'AVENIR DU PROPULSEUR D'AVION TURBINE A VAPEUR, TURBINE A GAZ

par Victor RENIGER

LE moteur à explosions à quatre temps est, de loin, à l'heure actuelle, le plus employé dans l'aviation, où il ne subit qu'une concurrence assez timide de la part du moteur Diesel. Il doit cette prépondérance à deux qualités qui sont primordiales pour la réalisation d'engins volants : son faible poids par cheval (400 à 500 g par ch), et son rendement thermique comparable à celui des meilleurs générateurs de force motrice connus. Le moteur Diesel, plus lourd (900 g par ch), mais qui consomme un peu moins de carburant, est intéressant pour les appareils à grand rayon d'action, pour lesquels le poids du carburant emporté joue un rôle plus important que celui du moteur.

Ces deux modes de propulsion présentent de grandes analogies et ont un certain nombre de défauts communs qui limitent leurs performances et inciteront peut-être les constructeurs de l'avenir à s'adresser à d'autres engins pour actionner les hélices des avions, quand l'allègement des matériaux de construction aura encore relevé le tonnage optimum des appareils et provoqué une demande de moteurs de plus en plus puissants (de l'ordre de 3 000 ch et plus).

Les défauts du moteur à explosions et du Diesel

Tout d'abord, ces moteurs comportent un dispositif que l'on pourrait qualifier d'antimécanique, le même qui a été cause de la défaveur de la machine à vapeur classique : le mouvement alternatif du piston doit être transformé en un mouvement de rotation continu. Cette transformation s'effectue à l'aide d'un système bielle-manivelle qui doit supporter des efforts d'inertie considérables et subir plusieurs millions de chocs de la part du piston, dont chacun modifie insensiblement la texture du métal et en diminue la résistance mécanique.

Le cylindre et le piston doivent pouvoir résister à la pression des gaz et pour cela présenter une certaine épaisseur, cal-

culée au plus juste pour ne pas alourdir le moteur. De plus, ces pièces, qui travaillent mécaniquement et qui doivent résister à l'usure du frottement, sont soumises à un échauffement intense de la part des gaz de la combustion, et, si on veut éviter une élévation de température trop grande qui, elle aussi, modifie dans un sens défavorable les qualités du métal, il faut les refroidir. Cela n'est possible que si l'on ne donne pas aux parois une épaisseur trop grande. On voit donc qu'un certain nombre de caractéristiques du cycle thermique de ces moteurs vont être limitées, si l'on veut leur conserver une durée de vie acceptable. Malgré cela, un moteur normalement entretenu ne fonctionne que 500 à 600 heures entre deux révisions, et la durée de vie d'un moteur d'aviation n'est que de 3 000 heures environ, à cause des fatigues élevées qu'on est obligé d'admettre pour réduire le poids au cheval.

Les performances limites du moteur d'avion

La puissance développée dans un cylindre de moteur est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle :

1° A la pression moyenne dans le cylindre ;

2° Au volume de la cylindrée ;

3° Au nombre de tours par minute.

Augmenter la pression moyenne entraîne l'augmentation de la pression maximum. Pour éviter un alourdissement trop considérable du moteur et des fatigues excessives des bielles, les pressions maxima sont limitées, pour les raisons déjà mentionnées, aux environs de 80 kg/cm² pour le moteur à explosions et à une valeur quelque peu supérieure pour les Diesel. D'autre part, on sait que l'on a intérêt, pour améliorer le rendement, à augmenter le taux de compression (1) jusqu'à 7 ou 8 pour le moteur à explosions — ce qui nécessite l'emploi

(1) Rapport du volume maximum du cylindre quand le piston est au point mort bas, au volume minimum quand le piston est au point mort haut.

de carburant d'indice d'octane élevé — et 9 pour le Diesel. Or, le rapport de la pression moyenne à la pression maximum diminue avec le taux de compression. On voit que l'on est rapidement limité dans la voie de l'augmentation de la pression moyenne.

Pour agrandir la cylindrée, on peut augmenter soit l'alésage du piston, soit

Pour les moteurs d'aviation, on ne peut actuellement espérer augmenter la cylindrée, dont la limite paraît être 3,5 litres par cylindre, ni la puissance par litre de cylindrée (qui dépend de la pression moyenne et du nombre de tours), et par conséquent on ne peut espérer obtenir plus de 120 ch par cylindre. Si l'on veut réaliser les moteurs puissants que récla-

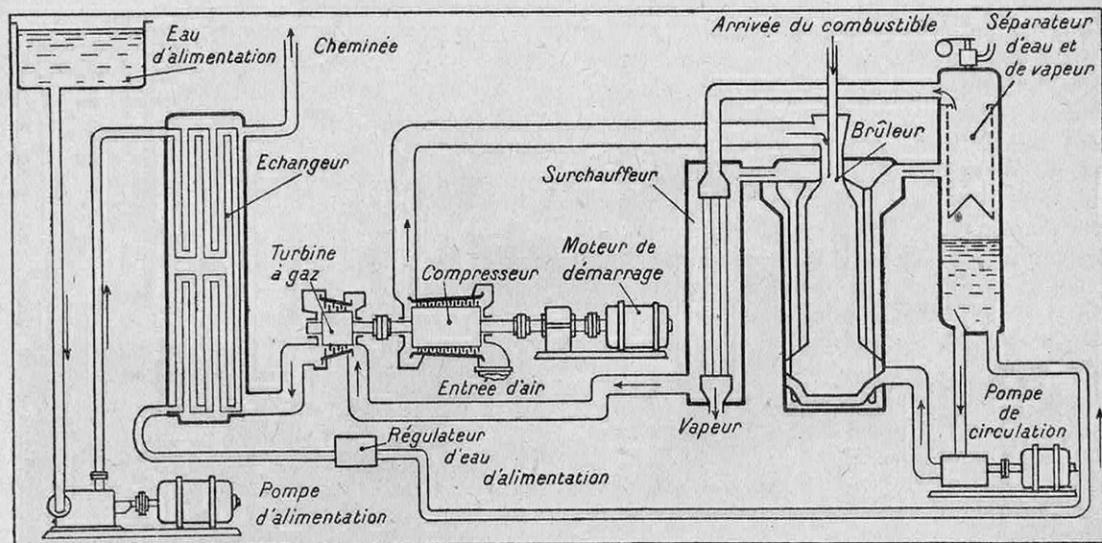


FIG. 1. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN GÉNÉRATEUR « VELOX »

L'air nécessaire à la combustion est puisé dans l'atmosphère et comprimé dans un compresseur entraîné au départ par un moteur électrique auxiliaire et en marche par une turbine mue par les gaz provenant de la combustion. Ces derniers ont, auparavant, parcouru rapidement la chambre de combustion puis le surchauffeur; ils traversent, après, l'échangeur où ils réchauffent l'eau d'alimentation fournie par l'intermédiaire de la pompe d'alimentation. La pompe de circulation puise l'eau dans le séparateur et la refoule dans le générateur où elle est partiellement vaporisée. La vapeur séparée dans le séparateur traverse le surchauffeur avant d'être livrée à la turbine d'utilisation non représentée ci-dessus.

sa course. Si on accroît l'alésage du cylindre, il faut, en même temps, en épaissir les parois pour qu'il puisse résister à la pression des gaz. Mais alors le refroidissement du moteur devient difficile : 150 mm semble actuellement la limite supérieure tolérée. Si on adopte une plus longue course du piston, on accroît les effets d'inertie, lesquels dépendent aussi du nombre de tours par minute. Ce dernier est donc rapidement limité par les fatigues dues à l'inertie du piston, de l'embellage, de la commande des soupapes, et par les pertes thermodynamiques dues à l'étranglement des gaz au passage des soupapes. Celles-ci peuvent atteindre jusqu'à 45 % des pertes totales dans un moteur très poussé.

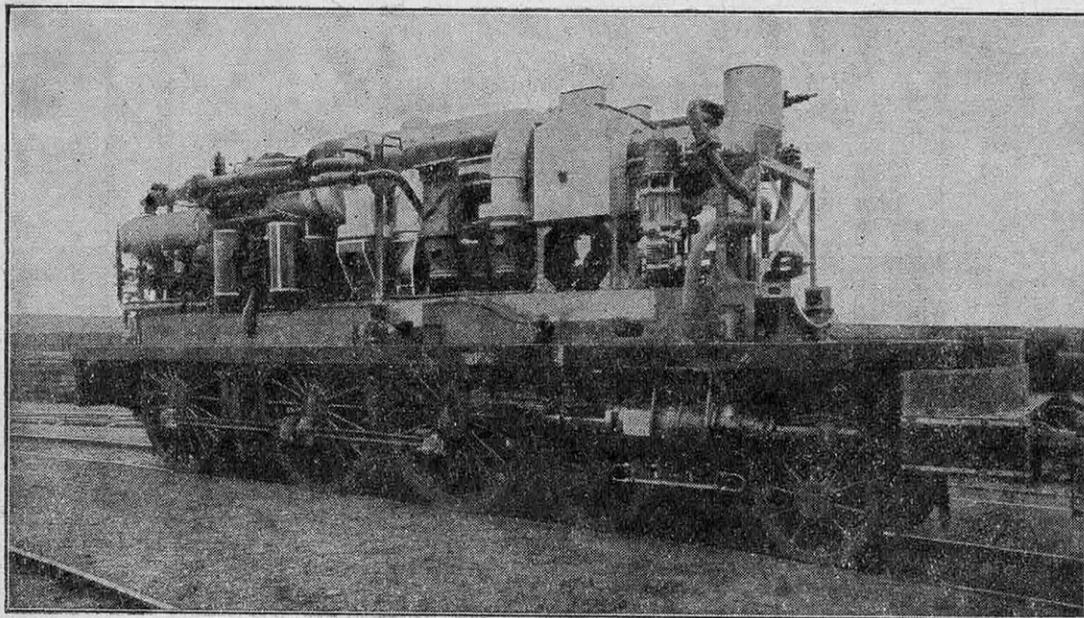
meront les futurs avions transatlantiques, il faudra donc multiplier le nombre de leurs cylindres.

On peut dès maintenant envisager un moteur développant jusqu'à 3 600 ch, avec 30 cylindres en 5 lignes de 6 cylindres en étoile à 5 branches. Le moteur Hispano-Suiza 90 de 2 000 ch à 2 400 tours/mn comporte 24 cylindres en H. On signale que les Sociétés américaines Wright, Pratt et Whitney et Zycoring étudient actuellement des moteurs plats et en H de 3 000 ch et plus.

Mais ces engins seront d'une complication qui doit augmenter considérablement les risques de panne, et il faudra bien s'arrêter dans cette voie de la multiplication des cylindres. C'est pourquoi

on a pensé à utiliser pour la propulsion des hélices d'avion un engin particulièrement simple, la turbine, qui atteindrait des rendements thermodynamiques très intéressants pour les puissances qui lui seraient demandées. Les recherches se sont aiguillées dans deux directions, la turbine à vapeur d'eau et la turbine à gaz, que des progrès réalisés au cours des dix dernières années permettront

la turbine pourra être réalisée avec 18 000 tours/mn et comportera 6 roues de 270 mm de diamètre moyen des ailettes. Le corps aura un diamètre intérieur de 370 mm à l'endroit des roues, 500 mm à la culotte d'échappement, et une longueur de 90 mm, sans compter le réducteur. Ces dimensions sont nettement inférieures à celles d'un moteur à explosions de même puissance; mais il faut tenir



T W 1877

FIG. 2. — VUE INTÉRIEURE, CARÉNAGE ENLEVÉ, DE LA LOCOMOTIVE A CHAUDIÈRE « VELOX » DE LA S.N.C.F.

sans doute de réaliser un jour avec un poids et un encombrement acceptables.

La turbine à vapeur

Une installation de turbine à vapeur comprend essentiellement une turbine placée entre un générateur de vapeur et un condenseur. Nous allons voir les dimensions à donner à ces appareils pour réaliser les performances que leur demande l'aviation.

Il est évident tout d'abord que, pour augmenter le rendement, on est amené à employer les tout derniers perfectionnements : surchauffe de la vapeur et hautes pressions. Ce sera, par exemple, de la vapeur à 70 ou 80 kg/cm² et à une température de 500 à 550° C, se détendant jusqu'à 0,4 kg/cm². Prenons l'exemple d'une turbine de 2000 ch. En admettant comme vitesse périphérique au diamètre moyen des ailettes une vitesse de 250 m/s,

compte de ce que la réduction entre le moteur et l'hélice est de 1/10 au lieu de 1/2, et par conséquent que le réducteur de vitesse est plus encombrant.

Supposons maintenant que nous voulions réaliser un engin de puissance double. Comme, dans une turbine, le nombre de roues ne dépend que de la pression de la vapeur à l'amont et à l'aval, la puissance n'est limitée que par la section de passage de la dernière roue, qui est la section de passage maximum. Il suffira donc de doubler les sections de passage des roues. On y arrivera en multipliant les hauteurs des ailettes et le diamètre moyen par 1,41 ou $\sqrt{2}$; afin de ne pas dépasser la vitesse périphérique admissible au diamètre moyen, on divisera le nombre de tours par le même chiffre. On voit que les dimensions des turbines ne deviennent pas prohibitives à mesure que la puissance augmente.

L
com
trè
en c
com
sati
tem
de s
tés
néra
raie
a v i
mor
D
ne d
mes
fait
duct
peu
jour
des
gran
une
un
bes e
moir
dans
class
cipe
est
ges
trou
d'un
min
des
fant
ploy
de P
d'au
aug
tesse
gaz
par
pare
vale
la v
250
ple,
de
l'eau
peu
bes.
diti
utili
ron
heur
C'
truit

Les générateurs de vapeur

Les générateurs de vapeurs classiques comportent un système de tubulures extrêmement lourd et encombrant, et, comme la vaporisation s'y fait lentement, opèrent sur de grandes quantités d'eau. Ces générateurs constitueraient à bord d'un avion un poids mort inacceptable.

Depuis une dizaine d'années, d'énormes progrès ont été faits dans la production de la vapeur, et on sait aujourd'hui réaliser des appareils à grand débit, avec une masse d'eau et un système de tubes environ dix fois moins lourd que dans les générateurs classiques. Le principe de ce progrès est que les échanges de chaleur se trouvent activés : d'une part, en diminuant l'épaisseur des parois chauffantes et en employant des tubes de petit diamètre; d'autre part, en augmentant la vitesse relative des gaz de combustion par rapport à la paroi, jusqu'à des valeurs voisines de la vitesse du son, 250 m/s par exemple, et la vitesse de circulation de l'eau et de la vapeur dans les tubes. Dans ces conditions, on pourra utiliser de faibles masses d'eau, qui seront vaporisées jusqu'à 700 fois dans une heure.

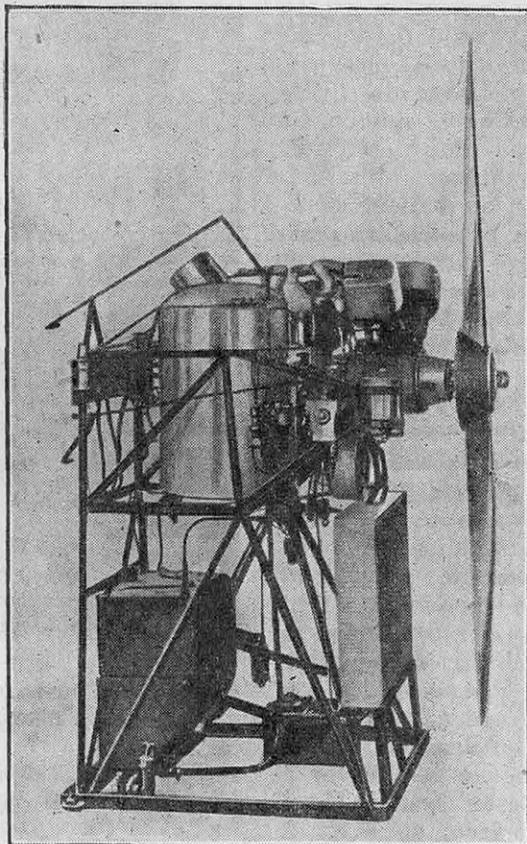
C'est sur ce principe qu'a été construit le générateur Velox de la figure 1.

Le foyer est alimenté par de l'air à 2,5 kg/cm², les fumées circulent en régime normal à 250 m/s dans des tubes

étroits disposés à l'intérieur des tubes d'eau verticaux qui entourent la chambre de combustion. A ces vitesses et à ces pressions, les coefficients de transmission de chaleur sont de l'ordre de 1 000 cal/m², soit 25 à 30 fois plus forts que dans les générateurs normaux à tirage naturel; toutes choses égales, les surfaces de chauffe sont donc environ 25 à 30 fois moins étendues. Même compte tenu de l'affaiblissement du rayonnement, qui doit être compensé par une extension de la convection, la surface de chauffe totale nécessaire est considérablement rétrécie, ne formant que 10 % environ de celle d'un générateur normal. On peut dire que, *grosso modo*, le volume d'eau se trouve réduit dans la même proportion, même un peu plus à cause de l'absence de réservoirs d'eau.

Grâce à l'élévation de pression dans le foyer, la combustion dans le foyer est accélérée et la longueur des flammes réduite, de sorte qu'on arrive

à dégager jusqu'à 8 000 000 de calories environ par mètre cube de foyer et par heure, soit onze fois plus que dans le foyer d'un générateur ordinaire avec tirage ordinaire.



T W 1878

FIG. 3. — LE PROPULSEUR A VAPEUR DE LA BESLER SYSTEM C°

Ce groupe propulseur de 90 ch pèse environ 100 kg et emploie comme combustible du mazout. Le générateur comporte un seul tube enroulé en spirale et chauffé sur toute sa longueur, l'eau entrant d'un côté et la vapeur sortant de l'autre; les circulations d'eau et de fumées sont forcées. Le condensateur est analogue à un radiateur d'automobile. La mise en route ne demande que 3 à 4 minutes. Le réglage du générateur est entièrement automatique. La souplesse de marche est comparable à celle d'un moteur électrique. En vol, le fonctionnement de l'engin est tellement silencieux qu'aux faibles altitudes le pilote peut se faire entendre des gens se tenant au sol.

Le rendement de ce générateur est excellent et la consommation de mazout peut être estimée entre 200 et 320 grammes par cheval-heure. En poussant la pression de vapeur à l'amont à 100-120 kg/cm² (600° C) et à l'aval à 0,2 kg/cm² absolu (réalisable aux altitudes élevées), et en faisant largement usage de divers artifices pour augmenter le rendement thermique (préchauffeur d'air, réchauffage d'eau par des soutirages intermédiaires de vapeur, etc.), on arrivera peut-être, pour des groupes propulseurs puissants (plusieurs milliers de chevaux), à une consommation de 200 g/ch-h de mazout, donc à une consommation égale en poids à celle des meilleurs moteurs à explosions.

Quant au poids du nouveau générateur, nous ne disposons malheureusement que de quelques chiffres relatifs aux générateurs Velox construits pour la propulsion des navires et des chemins de fer. Si on considère qu'il est difficile en aviation de descendre au-dessous de 0,4 kg/cm² absolu, ce qui diminue légèrement le rendement, on arriverait pour ces engins à des poids de 5 kg/ch, chiffre inacceptable pour l'aviation; mais il importe de remarquer que ces appareils n'ont pas été étudiés pour une telle utilisation.

Sur le même principe de générateur à circulation forcée, la Besler Systems Company a réalisé un propulseur de 90 ch et qui ne pèse que 4,5 kg/ch (fig. 3).

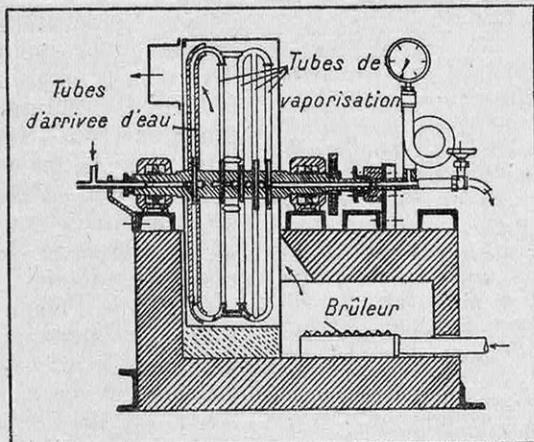
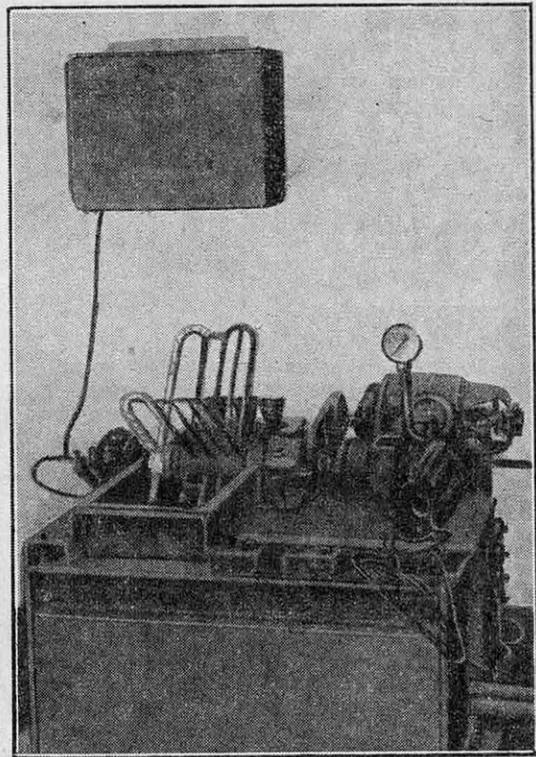


FIG. 4. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN GÉNÉRATEUR VORKAUFF

Le tube d'arrivée d'eau est isolé, tandis que les tubes de vaporisation à paroi mince favorisent les échanges rapides de chaleur.



T W 1879

FIG. 5. — LE GÉNÉRATEUR DE VAPEUR RÉALISÉ PAR L'INGÉNIEUR VORKAUFF

La paroi supérieure de la chambre de chauffage a été enlevée pour laisser voir les tubes. Cet appareil de 710 mm de diamètre produit de la vapeur à 30 kg/m² et tourne à 2 200 tours/mn.

La Great Lakes Aircraft Corporation a établi le projet d'un groupe propulseur de 2 300 ch, dont la turbine tournerait à 20 000 tours/mn, et serait mue par de la vapeur à 70 kg/cm² et 535° C. Ce groupe ne pèserait que 1,6 kg/ch. Il semble qu'en l'état actuel de la technique, il serait possible de construire un groupe propulseur à vapeur de 1 000 ch pesant 1 400 kg, soit 1,4 kg/ch. Pour des puissances de plusieurs milliers de chevaux, on arrivera peut-être à 1,2 ou même 1,1 kg/ch.

La partie la plus lourde est constituée dans ces groupes par le condenseur qui, nous le verrons tout à l'heure, est l'organe le plus difficile à installer à bord d'un avion; mais, auparavant, nous allons décrire deux autres générateurs très ingénieux imaginés par les ingénieurs Vorkauff et Huttner.

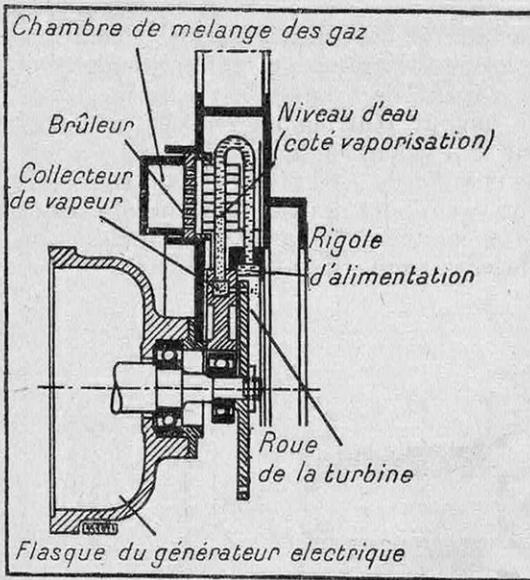


FIG. 6. — COUPE DE LA PREMIÈRE TURBINE HUTTNER DE 0,28 CH

L'eau est amenée à une rigole circulaire d'alimentation d'où elle passe dans les tubes en U. Les gaz de combustion sont écartés de la branche d'arrivée de l'eau par des déflecteurs spiraux représentés à droite de la figure 7. Ils sont, au contraire, retenus sur la branche de vaporisation par des nervures concentriques figurées à gauche de la figure 7. La vapeur accède directement à la turbine.

Les générateurs rotatifs

Le mouvement relatif des tubes de chauffage et des gaz chauds de la combustion est obtenu ici en imprimant aux tubes mêmes un mouvement de rotation extrêmement rapide dans une chambre cylindrique renfermant les gaz. Ces tubes sont constitués schématiquement par un V dont les branches sont fixées par leurs extrémités sur l'arbre de rotation. Une des branches communique avec l'arrivée d'eau, l'autre avec la canalisation de sortie de vapeur. On chauffe beaucoup plus intensément la seconde que la première. Il s'y produit donc une vaporisation très rapide, et la force

centrifuge développée par la rotation sépare l'eau de la vapeur, puis tend à égaliser les niveaux de l'eau dans les deux branches, et exerce par conséquent une pression sur la vapeur déjà produite, pression qui est fonction de la vitesse de rotation et de la différence des niveaux dans les deux branches, et qui détermine la circulation de la vapeur dans le circuit.

On voit donc qu'il n'est pas nécessaire de forcer la circulation dans le circuit de la vapeur, et ceci compense la puissance dépensée à entretenir la rotation des tubes.

Dans le cas du générateur Vorkauff (fig. 4 et 5), la différence de chauffage entre les deux branches est obtenue en isolant le tube d'arrivée d'eau. Pour les vitesses de rotation prévues (1 500 à 3 000 tours/mn), on réalise des générateurs dont les surfaces de chauffe sont environ 4 à 6 fois plus petites que celles des chaudières normales. Il est parfaitement possible de construire des tubes résistant à la fois aux forces centrifuges et à la pression intérieure de l'ordre de 100 kg/cm², et cela à une température de 350° environ. La rotation est obtenue par une petite turbine auxiliaire.

L'ingénieur Huttner obtient la différence de chauffage entre les deux branches du tube en dirigeant le trajet des gaz au moyen de nervures qui les écartent de la surface de la branche d'arrivée d'eau, pour les laisser au contraire le plus longtemps possible au contact de la branche où se produit la vaporisation. Son dispositif forme bloc avec la turbine principale, ce qui supprime la turbine auxiliaire. Les figures 6 et 7 montrent la

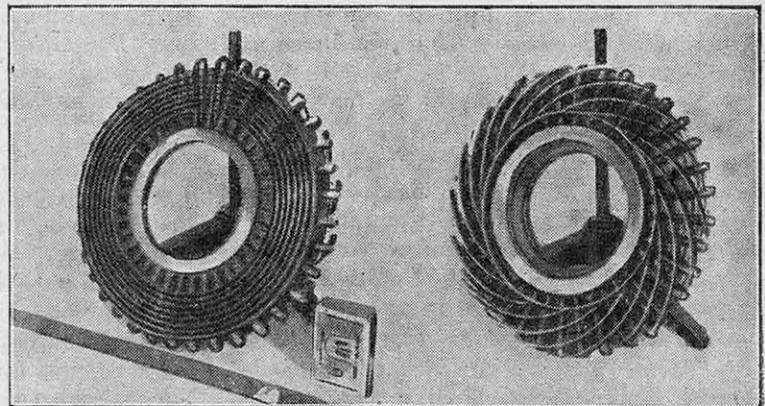


FIG. 7. — LES DEUX FACES DU GÉNÉRATEUR D'ESSAI HUTTNER
La boîte d'allumettes indique les dimensions de l'appareil.

réalisation mécanique de ce dispositif sur une turbine d'essai de 0,28 ch, fonctionnant entre 6 et 1 kg/cm². La masse d'eau contenue dans le générateur est vaporisée 700 fois en une heure. La turbine se met en route 10 secondes après l'allumage.

On remarquera qu'il n'est pas prévu de surchauffe avec cet appareil; cela provient de ce que le générateur et la turbine forment un seul bloc, dans lequel il est à peu près impossible de l'interposer. La turbine fonctionne donc sous des pressions et à des températures relativement modestes. Mais un artifice permet d'approcher du rendement maximum correspondant aux deux températures extrêmes: il consiste à prélever à chaque étage de la turbine une certaine quantité de vapeur pour réchauffer l'eau d'alimentation. Les soutirages successifs de vapeur aux étages intermédiaires font que le débit de vapeur diminue au fur et à mesure que l'on s'approche du condenseur, ce qui est favorable au point de vue du rendement des aubages et soulage d'autant le condenseur.

Dans le projet de turbine de 136 ch qui emploie ce procédé, on escompte un rendement de 23 % correspondant à une consommation de 250 g/ch-h environ. Cette turbine emploierait de la vapeur à 35 kg/cm² et 240° environ. Le même rendement sans réchauffage de l'eau d'alimentation ne pourrait être obtenu qu'avec une surchauffe à 410°.

La forme particulière des surfaces de chauffe (tubes de faible diamètre, nervures) permet d'envisager des épaisseurs de paroi de l'ordre de 1 mm. En tenant compte du fait que les nervures sont

chauffées des deux côtés, et en admettant un taux de vaporisation relativement modeste de 250 kg/m²-h et une consommation de vapeur de 5 kg/ch-h, on arrive, pour un moteur Huttner de 1 000 ch, à 35 kg/cm² à l'amont et à un poids de surface de chauffe de 0,1 kg/ch. Si l'on considère que le support des tubes de chauffe forme en même temps les corps de la turbine, on obtient comme poids total par cheval,

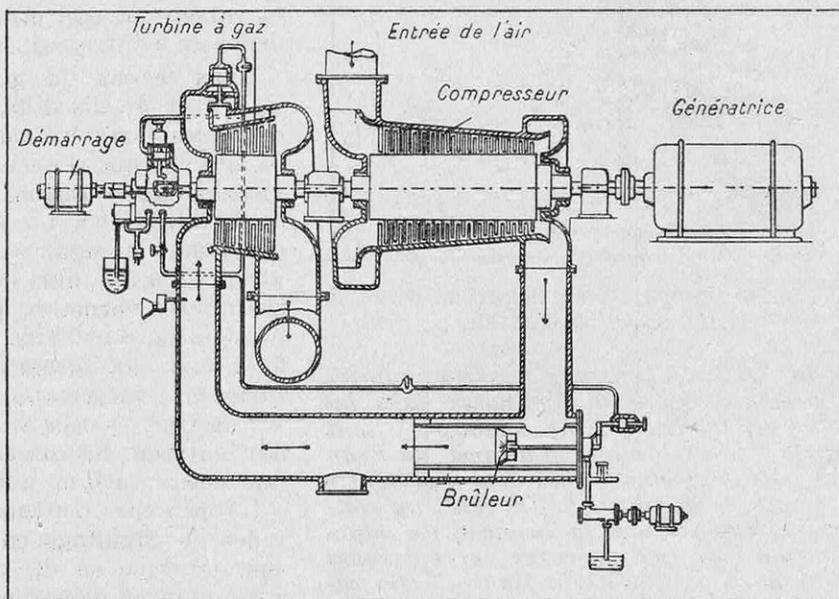


FIG. 3. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE TURBINE A GAZ

Le compresseur d'air axial est actionné soit par la turbine à gaz, soit, au départ, par le moteur électrique de démarrage. La puissance développée dans la turbine à gaz est recueillie par le générateur électrique en bout d'arbre.

pour un groupe de 500 ch, 0,75 kg/ch environ, soit le poids par cheval d'un moteur Diesel d'aviation. L'encombrement du groupe serait approximativement celui d'un moteur électrique de même puissance.

L'avantage de la formule Huttner, ainsi d'ailleurs que celle de Vorkauff, réside, entre autres, dans l'absence de machines auxiliaires. Pas de pompes alimentaires, ni de dispositifs de réglage complexes tels que ceux en usage dans les installations classiques. Le réglage de la puissance se fait uniquement en agissant sur l'arrivée du combustible, dont la variation a un effet presque instantané comme dans le moteur à explosions à cause de la faible inertie thermique de l'engin.

Le problème du refroidissement

Il nous reste maintenant à étudier le problème de la source froide, c'est-à-dire du condenseur des groupes propulseurs à vapeur.

Si nous considérons une turbine fonctionnant entre une température de 500° et la pression de 70 kg/cm² à l'amont, et 75° et 0,4 kg/cm² à l'aval, son condenseur doit évacuer environ 2 000 cal/ch-h, soit quatre fois plus que dans le cas des radiateurs des moteurs à explosions. Dans le cas de la turbine Huttner, cette quantité est plus faible, mais elle reste considérable.

Par où évacuera-t-on cette énorme quantité de chaleur? On peut penser à la surface des ailes. Si l'on suppose que la puissance du moteur reste constante avec l'altitude, la vitesse de l'avion augmente, ce qui facilite les échanges de chaleur avec l'extérieur. Le refroidissement de l'air (à 8 000 m on atteint des températures de l'ordre de -35°) agit dans le même sens. Par contre, l'air se raréfie, sa pression diminue (0,35 kg/cm² à 8 000 m, ce qui agit en sens contraire, et, pour les hautes altitudes, ce dernier facteur devient même prépondérant. L'altitude optimum est fixée entre 2 000 et 4 000 m.

A 2 000 m, pour un avion de trans-

port volant à 320 km/h, on peut évacuer 3,25 ch environ par mètre carré de surface dans les régions les mieux balayées (bords d'attaque) (1) s'étendant sur le tiers ou le sixième de l'aile. On ne peut d'ailleurs, pour des raisons de construction, utiliser toute la surface de l'aile comme condenseur. En définitive, une faible partie seulement de la vapeur peut

être condensée dans les ailes, le reste doit être envoyé dans un condenseur spécial, disposé de la même manière que ce dernier, mais de dimensions deux ou trois fois plus grandes. Il n'est pas impossible d'en diminuer les dimensions en activant les échanges par une rotation rapide du système de condensation.

Tout compte fait, si l'on peut considérer actuellement le générateur et le moteur à vapeur (turbine ou machine à piston) comme étant au point, il n'en est pas de

même en ce qui concerne le condenseur à air.

Les avantages des turbines à vapeur

Il est à peine besoin de souligner l'intérêt de la turbine à vapeur pour la pro-

(1) Notons en passant que la présence d'une partie du condenseur au bord d'attaque des ailes résoudrait d'une façon très simple le problème du givrage.

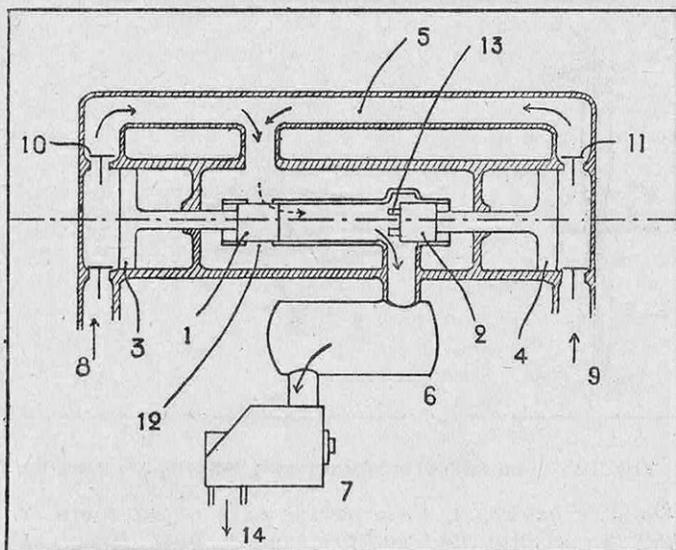


FIG. 9. — COUPE D'UN COMPRESSEUR PESCARA

Il se compose d'un cylindre de moteur Diesel 2 temps dont les deux pistons 1 et 2 sont libres. Pendant le temps de détente des gaz, ces pistons refoulent, par l'intermédiaire des pistons 3 et 4, de l'air, lequel, passant par les soupapes 10 et 11, s'accumule sous pression dans le réservoir 5. A la fin de la course du piston, les lumières de balayage 12 et d'échappement 13 s'ouvrent pour laisser passer l'air du réservoir 6. Cet air entraîne les gaz de la combustion. A ce moment, les deux pistons libres sont violemment refoulés l'un vers l'autre; ils continuent à se rapprocher à cause de leur inertie, tandis que les soupapes 8 et 9 aspirent l'air atmosphérique. L'injection de carburant se produit alors et le cycle recommence. Les gaz accumulés en 6 servent à actionner la turbine 7, puis s'échappent en 14.

pulsion des avions. Les avantages de cet engin sont :

Sa simplicité, qui réduit considérablement les risques de panne;

Son fonctionnement à la fois souple et silencieux;

Sa facilité d'entretien;

Sa durée de vie beaucoup plus grande qui tient à l'absence de frottements mécaniques, à l'absence de poussières aux endroits qui travaillent par frottement, et enfin au fait que les parties qui travaillent mécaniquement ne sont pas celles qui travaillent thermiquement.

Si les groupes à turbines sont plus lourds et consomment plus que le moteur à explosions, ils ne brûlent pas un carburant de luxe, comme l'essence à haut indice d'octane qu'exigent les moteurs actuels.

La turbine à gaz

On peut imaginer des systèmes de propulsion encore plus simples que la turbine à vapeur, et parmi eux le plus séduisant est la turbine à gaz.

Sous sa forme la plus simple, elle se compose d'un compresseur d'air qui alimente un brûleur. La combustion s'effectue à pression constante et les gaz produits actionnent la turbine. Le compresseur d'air est actionné par la turbine elle-même (fig. 8). Pour éviter que les gaz passent dans la turbine à une température trop élevée, on est obligé d'envoyer dans le brûleur un gros excès d'air, ce qui diminue le rendement de l'appareil jusqu'à le rendre inacceptable. Le progrès a consisté, ces dernières années, dans la découverte d'alliages à

grande résistance mécanique à chaud, qui permettent à des turbines à grande vitesse de rotation de résister à des températures de l'ordre de 600° C. Pour augmenter le rendement, on pourrait employer un réchauffeur de l'air comburant, mais cette solution ne peut être adoptée à bord d'un avion. Si l'on considère 600° C comme température admissible à

l'amont de la turbine, le rendement thermique de l'engin sera de 20 % environ, correspondant à une consommation de combustible de 288 g/ch.h.

Pour donner une indication approximative sur le poids par cheval d'une turbine à gaz conçue pour l'aviation, il faut en établir un projet bien étudié; en l'absence de tout projet de ce genre, on

ne peut évidemment que raisonner par comparaison. Il semble que ce poids ne serait pas supérieur à celui du moteur à turbine Huttner.

Les dimensions de ces groupes propulseurs sont relativement modestes.

L'autocompresseur Pescara (1)

L'appareil original imaginé par M. Pescara (fig. 9) est une variante de la turbine à gaz, dans laquelle le compresseur et le brûleur sont remplacés par un seul et même organe, consistant en un cylindre de moteur Diesel 2 temps, à pistons opposés. Le combustible y est brûlé, non plus à pression constante, mais à volume constant. Le travail que peuvent fournir les pistons de ce cylindre sert à comprimer l'air d'alimentation, qui est fourni

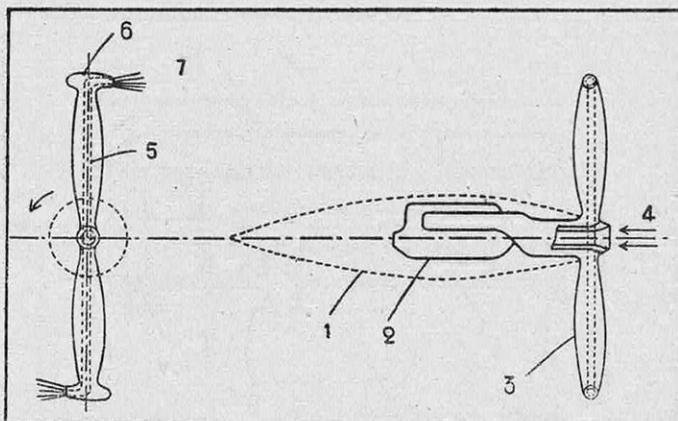


FIG. 10. — LE FONCTIONNEMENT DE L'HÉLICE À RÉACTION

Dans le groupe 1, l'air arrive en 4 et est comprimé par un groupe motocompresseur 2, puis dirigé vers une chambre de combustion dans laquelle on injecte un combustible qui brûle à pression constante. Les gaz brûlés sous pression et dont la température est convenablement limitée (600-700°) par un excès d'air passent dans les conduits 5 et s'échappent en 7, à l'extrémité 6 des pales, en imprimant à l'hélice une rotation dans le sens de la flèche.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 246, page 466.

en excès pour donner un mélange à température convenable. Au moment où les gaz de combustion se mélangent à l'excès d'air comprimé, celui-ci s'est échauffé du fait de la compression, tandis que les gaz se sont déjà détendus et refroidis en produisant un certain travail; on évite ainsi le mélange, désastreux au point de vue thermodynamique, d'un fluide très chaud avec un fluide froid.

Avec une machine de 700 ch, construite aux usines de la Société Alsthom, M. Pescara a obtenu, avec une pression de suralimentation de 3 kg/cm² absolus, 573 ch à 440 battements par minute des pistons libres. La température à l'amont de la turbine n'était que de 335°, et le rendement thermique de 39,7 % correspondant à une consommation de 161 g/ch-h. Bien que les pistons éveillent quelques craintes quant aux poids de l'ensemble, l'inventeur espère pouvoir réaliser un groupe d'aviation ne pesant que 300 g/ch.

L'hélice à réaction

Enfin, il est un mode de propulsion encore plus simple que l'hélice mue par une

turbine : l'hélice mue par réaction (fig. 10).

Ce système utilise l'énergie cinétique des gaz de combustion animés de très grandes vitesses pour produire, par réaction, la rotation de l'hélice. Dans les meilleures conditions possibles, c'est-à-dire en admettant que l'appareil puisse résister à des températures de 700° pour les gaz d'échappement, cette énergie cinétique serait d'environ 30 % de l'énergie fournie par le combustible, tant dans le brûleur que dans le moto-compresseur.

La propulsion par réaction n'utilise qu'une fraction de cette énergie cinétique, fraction qui sera d'autant plus grande que la vitesse de l'extrémité des pales d'hélice par rapport à l'atmosphère sera plus grande. Enfin, le rendement propre de l'hélice, qui transforme le couple de rotation de l'hélice en force de propulsion de l'avion est d'environ 75 %. Finalement, on ne peut guère escompter, dans les meilleures conditions possibles, qu'un rendement global de 14 % nettement inférieur à celui (20 %) d'un bon moteur d'avion.

Victor RENIGER.

De toutes les industries qui consomment des matières grasses, c'est l'industrie du savon qui en absorbe le plus. La chimie industrielle moderne est aujourd'hui capable de suppléer les insuffisances de la production de corps gras d'origine animale et végétale en effectuant la synthèse des acides dits « gras » à partir des éléments primordiaux, hydrogène, oxygène et charbon. Au début de 1939, on envisageait en Allemagne la construction de deux usines capables de fournir par année 60 000 t de savon. Le principe de cette fabrication consiste tout d'abord dans la préparation par synthèse d'hydrocarbures lourds (procédé Fisher-Tropsch, mis en œuvre par plusieurs usines d'essence synthétique); soumis à une oxydation catalytique, ces hydrocarbures donnent des acides gras qui, par saponification, livrent du savon. Au cours des essais industriels poursuivis en Allemagne, tous les types de savon, solides, pâteux, mous ou en poudre, convenant tant aux usages industriels que domestiques, ont été fabriqués à partir de la paraffine de synthèse. Il est intéressant également de signaler que, par condensation des acides gras synthétiques avec la glycérine, on peut obtenir des corps gras alimentaires artificiels auxquels on a quelquefois donné le nom de « beurre de charbon ». Les essais d'alimentation régulière n'ont porté jusqu'ici que sur des animaux de laboratoire, mais les personnes qui eurent l'occasion de déguster ce « beurre de charbon », sans être prévenues, auraient déclaré n'avoir perçu aucune différence. Cependant, il ne faut pas oublier que les corps gras naturels, même les plus usuels, tel que le beurre de vache, sont d'une très grande complexité chimique, renfermant de la palmitine, de l'oléine, de la stéarine, ainsi que des glycérides correspondant aux acides butyrique, caproïque, caprylique, caprique, etc., sans compter diverses vitamines. Le « beurre de charbon » est encore loin du beurre naturel.

LA TRANSMUTATION DES ATOMES, SOURCE DU RAYONNEMENT DES ÉTOILES

par Louis HOULLEVIGUE

Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille

Dans son exploration méthodique de l'Univers, l'homme, depuis quatre siècles et plus particulièrement au cours de ces dernières années, pénètre chaque jour plus avant dans la connaissance de l'infiniment grand et de l'infiniment petit. Malgré la différence colossale d'échelle qui sépare le noyau de l'atome des systèmes de galaxies ou de nébuleuses spirales, il est rare qu'une conquête nouvelle dans le domaine de la physique atomique ou nucléaire ne permette de réviser ou d'approfondir les idées jusque-là acquises, tant sur la constitution physique et chimique des étoiles que sur les phénomènes dont elles sont le siège et qui conditionnent leur évolution. Toutes les étoiles, à l'exception du soleil, ne nous apparaissent dans les plus puissants télescopes que comme des « points » lumineux sans dimensions. Nous avons pourtant appris à mesurer leur distance, leur masse et leurs dimensions. L'analyse spectrale nous renseigne sur la température et la composition chimique de leurs couches superficielles, sans toutefois nous donner d'indications sur l'état où se trouve la matière dans la profondeur des astres. C'est ici qu'interviennent les plus récentes acquisitions de la microphysique. La chimie nouvelle des transmutations permet d'expliquer comment une étoile, à travers les stades divers qu'elle parcourt dans son évolution, depuis l'état de géante rouge, où la matière est très raréfiée, jusqu'à celui de naine rouge, où la matière est concentrée et refroidie, peut rayonner, aux dépens de sa masse, d'aussi prodigieuses quantités d'énergie. Ces réactions nucléaires rendent compte également du brusque embrasement des novæ ou étoiles nouvelles, où se déclencheraient des transmutations libérant une quantité d'énergie suffisante pour provoquer de proche en proche l'explosion d'un système jusque-là en équilibre.

L'énergie stellaire

LORSQUE nous jetons les yeux sur le ciel étoilé, c'est pour oublier un instant les tristes visions d'ici-bas en contemplant un spectacle de calme et d'harmonie. Ainsi en jugeaient déjà les Anciens, qui regardaient les astres comme « incorruptibles », c'est-à-dire échappant aux causes de destruction qui sont le lot des choses humaines. Mais cette vision aimable reste réservée aux poètes; la science ne l'a pas ratifiée, et elle nous apprend que le monde stellaire, lui aussi, évolue à travers de tumultueux avatars. Et l'étude directe des astres, poursuivie par des moyens de plus en plus puissants, a été complétée par les récentes acquisitions de la physique moderne, touchant la structure intime de l'atome; ainsi notre connaissance de l'infiniment petit complète celle de l'infiniment grand.

Rappelons brièvement les principales étapes de ce grand progrès scientifique. Déjà, il y a 150 ans, William Herschel avait affirmé que toutes les étoiles du Ciel n'étaient qu'un seul et même astre, parvenu à des âges différents de son développement; par cette conception hardie, il ouvrait la porte à une étude de l'évolution stellaire. Mais on considérait encore les étoiles, et le Soleil lui-même, comme des blocs incandescents, solides ou liquides, lorsque, environ 1870, l'Américain Homer Lane, dans une vue géniale, affirma que les étoiles étaient, en réalité, d'immenses bulles gazeuses, suspendues dans le vide, qui se contractaient par la gravitation, et que leurs variations de température résultaient de la différence entre la chaleur produite par cette compression « adiabatique » et celle qui était rayonnée par l'astre. Ainsi il était possible d'appliquer à

l'évolution stellaire les lois, bien connues et relativement simples, qui régissent les gaz parfaits.

Mais, entre temps, il devenait évident qu'une étoile n'est pas une bulle gazeuse quelconque; elle est soumise à des conditions restrictives dont, tout récemment, l'astronome H. N. Russell a résumé comme suit les principales : « Un

des faits les plus remarquables qui nous ont été révélés est que les étoiles diffèrent grandement les unes des autres par certaines propriétés, et relativement peu par d'autres. Par exemple, la luminosité varie entre un million de fois celle du Soleil et un millième de celle-ci, c'est-à-dire dans le rapport d'un milliard à un. Les diamètres vont de 1 000 fois le diamètre solaire à 1/30, le rapport étant 30 000. Celui des masses n'est plus que 1 000 et, pour les températures de surface, on n'en connaît pas qui soient plus de dix fois celle du Soleil, ou moins d'un quart, de telle sorte que l'intervalle des valeurs extrêmes est seulement 40 ».

La structure physique et chimique des étoiles

C'est en tenant compte de ces nombreuses restrictions, imposées par l'observation, qu'on a réussi à édifier la théorie de l'équilibre radiatif, dont Eddington fut, il y a quinze ans, le principal constructeur; l'étoile est considérée comme un ensemble de couches gazeuses concentriques, où la densité et la température croissent à mesure qu'on se rapproche du centre, tandis que l'énergie produite à l'intérieur (nous verrons plus loin par quelles causes) progresse par rayonnement, du centre vers l'extérieur, où elle s'échappe principalement sous forme de lumière visible ou invisible. Les calculs

d'Eddington font dépendre la température centrale T du rayon R , de la masse M et d'un coefficient a qui dépend lui-même (mais pas exclusivement) du poids moléculaire moyen des éléments qui entrent dans la constitution de l'astre (1). Par ce coefficient a , la composition chimique interne manifeste son influence; ainsi, pour le Soleil, s'il était constitué uni-

quement par des atomes d'hydrogène non dissociés (en protons et électrons), a serait voisin de 1 et la température centrale atteindrait 21 millions de degrés; mais elle ne serait plus que de 10 millions si chaque atome d'hydrogène était coupé en deux (un proton et un électron). Au contraire, cette température centrale atteindrait 27 millions de degrés si l'astre était tout entier en hélium, et 40 millions s'il était formé uniquement d'atomes lourds.

Suivant qu'on fait l'une ou l'autre de

ces hypothèses, il en résultera des conséquences vérifiables en ce qui concerne le rayonnement de l'astre, et ces vérifications permettront, en retour, de juger la valeur de l'hypothèse prise comme point de départ : une étoile composée principalement d'atomes lourds sera, intérieurement, si chaude que le rayonnement y sera énorme, et comme ce rayonnement est finalement évacué par la surface, l'astre paraîtra très brillant. Si, au contraire, l'hydrogène est prépondérant, surtout si les atomes y sont dissociés, l'étoile paraîtra pâle. Ces indications qualitatives ont été précisées mathématiquement par Stromger, suivant des principes établis par Kramer,

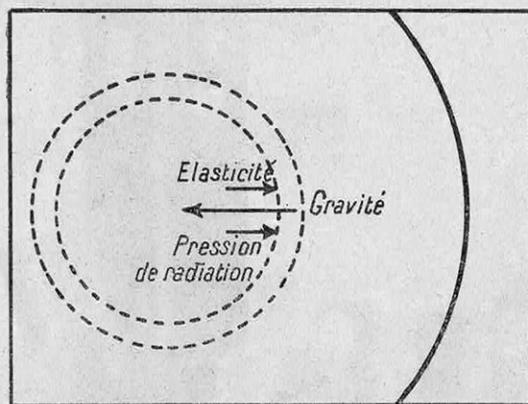


FIG. 1. — SCHÉMA MONTRANT L'ÉQUILIBRE RADIATIF D'UNE ÉTOILE

Chacune des couches superposées de l'étoile est maintenue en équilibre sous l'action de trois forces : son poids, dirigé vers le centre de l'étoile; l'élasticité des couches situées au-dessous et la pression de radiation, due au rayonnement qui traverse la masse gazeuse de l'intérieur vers l'extérieur, toutes deux centrifuges. Cet équilibre détermine la température et la densité à chaque niveau.

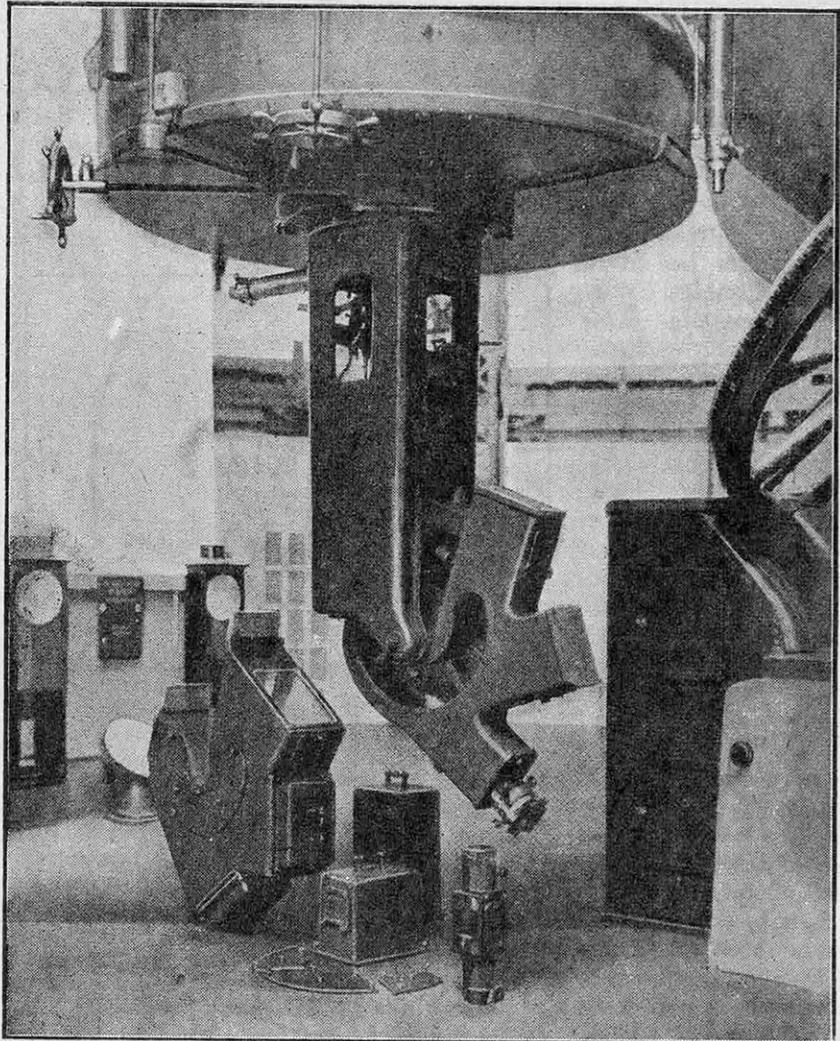
(1) Cette relation s'exprime par la formule :

$$T = 11,5 \frac{M}{R} a.$$

et voici quelques-uns des résultats obtenus.

La luminosité du Soleil est à peu près au milieu des valeurs extrêmes envisagées, et ceci peut s'expliquer en admettant qu'un tiers de la masse solaire est formée d'hydrogène, et le reste d'atomes lourds; mais, s'il y a de l'hélium, on peut expliquer la luminosité observée en admettant la présence de 60 pour 100 d'hydrogène, 36 pour 100 d'hélium et 4 pour 100 d'atomes lourds. Les résultats sont peu différents pour Sirius, Capella et plusieurs autres étoiles; au contraire, l'étoile ζ Herculis, qui est quatre fois plus lumineuse que le Soleil, bien qu'elle possède presque la même masse, les mêmes dimensions et la même température superficielle, ne doit pas contenir plus de 12 pour 100 d'hydrogène, à moins qu'il n'y ait de l'hélium.

Par ces exemples, on pourra juger que la théorie de l'équilibre radiatif, sous sa forme actuelle, permet d'atteindre des résultats intéressants, puisqu'elle nous donne un aperçu de la composition chimique interne des principales étoiles, tandis que l'analyse spectrale ne peut nous renseigner que sur les couches superficielles, par l'intermédiaire desquelles le rayonnement nous arrive.



T W 1978

FIG. 2. — LE GRAND SPECTROGRAPHE DU TÉLESCOPE DE 1 M 80 D'OUVERTURE DE L'OBSERVATOIRE DE VICTORIA (AUSTRALIE)

L'étude du spectre de la lumière reçue d'une étoile renseigne sur la composition chimique de cette étoile. L'intensité relative des radiations de différentes longueurs d'ondes permet d'évaluer la température des couches superficielles de l'étoile.

L'entretien du rayonnement stellaire

Le problème peut maintenant être étudié à un autre point de vue, qui a été récemment exploré par le professeur Bethe, de l'Université Cornell.

Quelle que soit la façon dont le rayonnement se propage depuis l'intérieur de l'astre jusqu'à la surface, d'où il s'élançait dans le vide avec la vitesse de la lumière, l'énergie correspondante doit être fournie par un processus, que les physiciens et les astronomes se sont appliqués à découvrir. On sait depuis longtemps que les réactions chimiques ordinaires sont

impuissantes à fournir l'explication nécessaire; la contraction de l'étoile, sous l'action de la gravité, suggérée jadis par Helmholtz et Lord Kelvin, ne saurait non plus entretenir le rayonnement actuel du Soleil pendant plus de 15 millions d'années; or, la géologie et la radioactivité exigent que ce rayonnement ait eu, dans le passé, une durée au moins cent fois plus grande pour expliquer les phénomènes constatés sur la Terre. La supposition d'après laquelle le Soleil serait constitué par des matériaux radioactifs fournit une durée du rayonnement plus grande, mais encore insuffisante.

Finalement, on a été conduit à admettre une transformation de la matière en énergie, régie par la formule d'Einstein, suivant laquelle chaque gramme peut fournir une somme d'énergie rayonnante qui, évaluée en ergs, est égale au carré de la vitesse de la lumière, mesurée elle-même

en centimètres par seconde. Dans ces conditions, l'énergie rayonnée par le Soleil, $3,8 \times 10^{33}$ ergs par seconde, serait formée par la « volatilisation » dans le même temps, de 4 200 000 tonnes de sa substance; ce chiffre, vu à l'échelle humaine, semble colossal, mais la masse actuelle du Soleil (2×10^{27} tonnes) est si grande que l'astre est en état de maintenir ce rayonnement, au même taux, durant 15 milliards d'années, sans perdre plus d'un millième de sa substance.

Cette explication nous donne donc largement l'énergie nécessaire; mais creusons-la davantage, en demandant à l'atomistique moderne de nous en expliquer le mécanisme. Ces transformations de matière en énergie apparaissent, au labora-

toire, comme conséquence des transmutations naturelles ou provoquées. Pour chacune d'elles, on peut calculer la quantité de matière volatilisée lorsqu'on connaît le poids atomique des éléments transformés et de leurs produits. Or, ces données sont fournies avec une précision remarquable par le spectrographe de masse.

Si, par exemple, quatre atomes d'hydrogène se convertissent en un atome d'hélium, la perte de masse atteint 0,02866, soit 1/141 de la masse originelle; il suffirait que cette transformation affectât la millième partie de la matière solaire pour entretenir le rayonnement de l'astre pendant 106 millions d'années.

Il apparaît d'ailleurs, par la comparaison des chiffres ci-dessus, que de toutes les transmutations possibles, celle de l'hydrogène en hélium est la plus avantageuse; et comme l'hélium est le plus stable des atomes, on peut dire avec H. N. Russell, que l'hydrogène

constitue le meilleur carburant pour entretenir l'énergie solaire, l'hélium formant le résidu, ou les cendres, de la transformation.

Au laboratoire, ces transmutations sont produites par les collisions des atomes avec des corpuscules animés d'une vitesse convenable, neutrons, protons ou corpuscules alpha (noyaux d'hélium). Les neutrons, n'étant pas électrisés, franchissent sans difficultés les barrières électriques qui défendent les abords des noyaux atomiques; ils forment donc un agent particulièrement efficace de transmutations, trop efficace même pour expliquer le rayonnement stellaire, car si les neutrons intervenaient à l'intérieur des étoiles, ils auraient trop vite épuisé

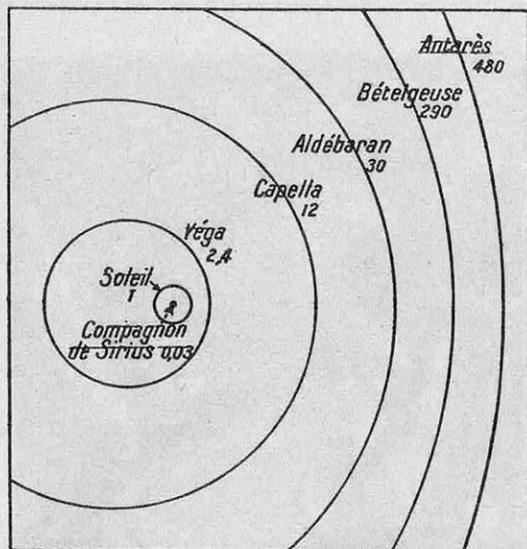


FIG. 3. — LES DIMENSIONS COMPARÉES DE QUELQUES ÉTOILES

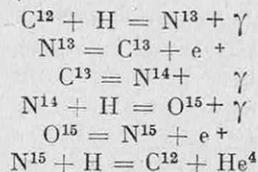
Sur ce dessin, on a pris comme unité le diamètre du soleil. On voit que les dimensions des étoiles varient énormément entre le Compagnon de Sirius, étoile naine où la densité atteint des valeurs inconnues sur la terre (60 000 fois celle de l'eau) et des géantes rouges comme Antares, où la matière est si dispersée que la densité ne dépasse pas celle de ce que nous appelons le « vide » dans nos tubes électroniques.

leur effet; mais peut-être interviennent-ils dans la combustion brutale des Novae.

D'autre part, le corpuscule alpha, avec sa charge électrique + 2, ne peut briser l'atome que s'il est animé d'une vitesse extrême, et les chances de transmutation sont d'autant plus rares que le noyau est mieux défendu, c'est-à-dire que les barrières électriques sont plus élevées; les atomes très légers pourront seuls être brisés par lui. Finalement, M. Bethe accorde un rôle prédominant aux protons; ils seraient, d'après lui, les agents principaux des transmutations stellaires, et encore, à condition que la température soit assez élevée pour leur communiquer, par l'agitation thermique, une vitesse suffisante. Voici, donc, suivant lui, comment se produirait l'évolution :

Tant que la température centrale ne dépasse pas 360 000 degrés (l'étoile est alors géante et relativement froide), la réaction qui consomme le deutérium en produisant de l'hélium est prédominante et suffit pour entretenir la radiation stellaire. Lorsque la provision de cet élément est épuisée, l'étoile devra se contracter pour continuer à rayonner, et cette contraction élèvera sa température interne; lorsque cette température atteint, au centre, 2 millions de degrés, le lithium commence à « s'enflammer », c'est-à-dire à être attaqué par des transmutations aboutissant à l'hélium. Si ensuite une nouvelle contraction intervient, lorsque la température atteindra 3,5 millions de degrés, ce sera au tour du béryl-

lium (*alias glucinium*) d'entrer en transmutation, puis au bore, et enfin au carbone. Le carbone commence à « brûler », c'est-à-dire à fournir de l'énergie, au voisinage de 15 millions de degrés, par une chaîne de réactions que Bethe écrit (en représentant par γ la radiation produite par la perte de masse) :

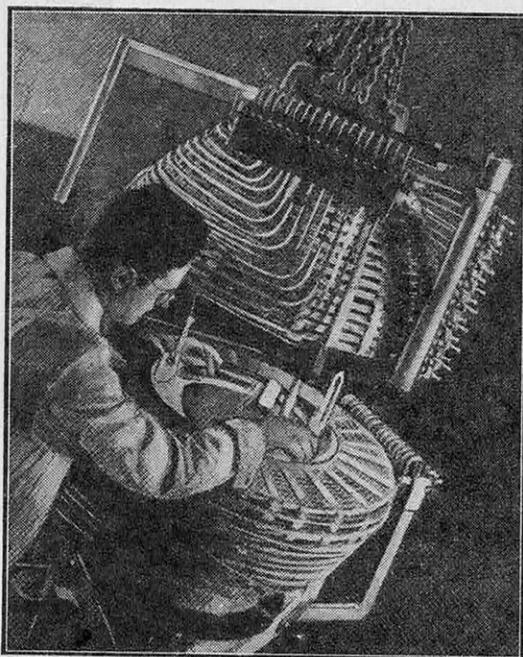


On remarquera qu'à la suite de cette chaîne de transmutations, tout l'hydrogène a été finalement transformé en hélium, tandis que le carbone reste finalement inaltéré; on peut donc dire que le carbone joue ici le rôle d'un catalyseur de transmutation.

Il faudrait suivre Bethe, Gamow et Von Weizsäcker dans de longs et techniques développements, pour comprendre les raisons par lesquelles ils justifient ces représentations; leurs calculs ne s'appliquent d'ailleurs qu'aux étoiles formant la série principale (1); nous ne pourrions, cependant, oublier le caractère hypothétique de ces constructions; elles sont

utiles, lorsqu'elles sont établies par des savants très informés, parce qu'elles leur servent de guides à travers l'épaisse forêt de nos ignorances; mais c'est un jeu qu'on ne saurait trop déconseiller à ceux qui en ignorent les règles, les risques et les incertitudes.

L. HOULLEVIGUE.



T W 1974

FIG. 4. — UN DES SPECTROGRAPHES DE MASSE LES PLUS PERFECTIONNÉS QUI AIENT ÉTÉ RÉALISÉS

Cet appareil, appartenant aux laboratoires Westinghouse d'East Pittsburgh (Etats-Unis), classe des particules électrisées d'après leur poids atomique, grâce à une combinaison de champs électriques et magnétiques. La détermination précise de ces poids atomiques est indispensable dans les recherches de physique nucléaire pour dresser le bilan d'une transmutation et calculer l'énergie libérée, correspondant à une perte de masse matérielle (équation d'Einstein).

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 261, page 189.

VOICI, POUR L'AVION MODERNE A HAUTES PERFORMANCES, LES SUPERCARBURANTS A "100 D'OCTANE"

par Henri DOYEN

L'aviation consomme chaque année, dans un grand pays, une quantité d'essence que l'on peut estimer à plusieurs milliers de tonnes. Etant données les caractéristiques des moteurs modernes (taux de compression), ce carburant doit posséder des qualités spéciales de résistance à la détonation ou, comme on dit, un « indice d'octane » très élevé (92 au moins et même parfois 100, alors qu'un moteur ordinaire d'automobile s'accommode d'une essence d'indice 65). La fabrication de ces supercarburants soulève des problèmes ardu, compte tenu de la nécessité d'utiliser au maximum les ressources nationales. De ce point de vue, les Etats-Unis, avec leurs immenses ressources de gaz naturel constituant une abondante matière première, jouissent d'une situation privilégiée. Rien qu'en 1939, l'industrie américaine a investi 200 millions de dollars, soit près de 10 milliards de francs, dans des installations nouvelles spécialisées dans la fabrication d'essence à haut indice d'octane. En France, il importe que nous développiions encore notre production, en utilisant judicieusement nos ressources en huiles de schistes bitumeux, en résidus pétrolières ainsi que les gaz libérés dans nos raffineries lors des opérations de « cracking » des huiles lourdes. La préparation industrielle des essences à haut pouvoir indétonant constitue une des plus importantes réalisations techniques acquises au cours de ces dernières années, puisque c'est grâce à elle qu'ont pu être obtenus les moteurs de grande puissance et de poids réduit qui ont rendu possible les sensationnelles performances de vitesse horizontale, de vitesse ascensionnelle et de rayon d'action des avions modernes.

Sous le vocable « Army Essence », les Américains désignent une essence dont l'indice d'octane (1) est égal à 100. C'est la seule qu'emploie, pour le moment, l'armée de l'air des Etats-Unis. Dans un avenir prochain, elle ne se servira plus, probablement, que d'essence entre 110 et 115 d'octane (2).

En Angleterre et en France, on s'est

(1) L'échelle, qui sert à mesurer le pouvoir anti-détonant d'une essence, est le « taux d'octane ». On compare l'essence à essayer à un mélange d'hydrocarbures de composition déterminée. Ce mélange est formé, d'une part, d'heptane, qui détone violemment dans un moteur, puis, d'autre part, d'isooctane que l'on peut très difficilement faire détoner; ce dernier hydrocarbure a 100 comme « nombre d'octane ». Le pourcentage d'isooctane, mélangé à l'heptane dans ce carburant de référence constitue le nombre d'octane. Quand une essence, de pouvoir indétonant inconnu, est placée dans un moteur d'essais et que l'on trouve qu'elle « cogne » exactement comme un mélange de 73 parties d'isooctane et de 27 parties d'heptane, on dit que l'essence essayée a un indice d'octane de 73. Des nombres élevés correspondent donc à des carburants indétonants.

(2) Les chiffres au-dessus de 100 correspondent évidemment à des carburants encore moins détonants que l'isooctane auquel il est attribué le nombre de 100.

rallié à des spécifications plus ou moins calquées sur les normes américaines.

Les avantages des carburants à indice d'octane 100 par rapport à ceux à indice 87, en supposant naturellement des moteurs étudiés pour eux, sont les suivants:

Augmentation de puissance: 20 à 25 %;

Réduction de consommation: 12 à 15 %.

Or, une augmentation de puissance signifie un décollage plus aisé et plus accéléré (jusqu'à 45 %); un « plafond » plus rapidement atteint; une plus grande maniabilité. Ensuite, une diminution de consommation détermine un accroissement de rayon d'action de l'avion.

Pour parvenir à préparer ces essences à fort indice d'octane, ou autrement dit des supercarburants, on a dû, d'une part, utiliser les progrès considérables réalisés au cours de ces dernières années dans la chimie du pétrole (cracking catalytique, isomérisation, alkylation, polymérisation, hydrogénation) afin de disposer d'hydrocarbures à fort pouvoir indétonant; puis, d'autre part, développer à une large échelle la fabrication du plomb tétraéthyle ou « plomb T₄ ».

Nécessairement, il a fallu combiner ces

deux moyens. En pratique, en effet, on ne dispose pas d'un carburant idéal eu égard à la matière première disponible et aux différentes caractéristiques demandées à ce carburant : point d'ébullition, courbe de distillation, point d'inflammabilité, pouvoir calorifique, densité, point de congélation, taux de gommes très faible qui exclut les essences de cracking thermique (1). On doit donc se borner à conduire les opérations de raffinage du produit pétrolifère dont on dispose de façon à obtenir un mélange d'hydrocarbures se rapprochant le plus possible du carburant idéal et présentant, en outre, une forte sensibilité à l'action du plomb T_4 . Ce dernier produit est un corps très particulier qui, utilisé à dose infinitésimale, agit comme renforteur du pouvoir indétonant.

Par son action, le plomb T_4 représente un véritable « doping », suivant l'expression britannique.

D'un autre côté, s'il suffit d'une quantité très faible de plomb T_4 pour accroître notablement l'indice d'octane d'une essence, cette action se ralentit assez vite à partir d'une dose déterminée. Par exemple, une essence titrant initialement 75 d'indice d'octane voit cet indice s'élever à 83, à 88, à 96, puis à 97 seulement, quand, à un titre de cette essence, on ajoute respectivement 1, 3, 6, 8, 10 cm^3 de plomb T_4 . En plus de cette diminution rapide de l'effet utile du plomb T_4 — qui varie d'ailleurs avec la composition chimique des essences — on trouve une autre limitation dans l'emploi de ce corps. Elle tient au bon entretien du moteur (spécialement des soupapes d'échappement). En pratique, on recommande de ne pas incorporer à un litre d'essence

plus de 0,8 cm^3 de plomb T_4 . On doit considérer une addition correspondante de 1 cm^3 comme une charge maximum (1).

Nous allons maintenant exposer les principes de la chimie moderne des supercarburants, puis indiquer comment on obtient le plomb tétraéthyle.

Dans cette chimie moderne des pétroles, on rencontre fréquemment l'action particulièrement favorable des catalyseurs (2) dont personne ne sait encore définir avec

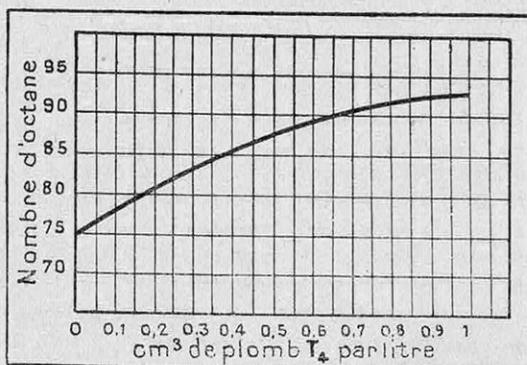


FIG. 1. — COMMENT VARIE LA VALEUR ANTI-DÉTONANTE D'UNE ESSENCE (NOMBRE D'OCTANE) QUAND ON Y MÉLANGE DES QUANTITÉS CROISSANTES DE PLOMB TÉTRAÉTHYLE

précision le mode d'action. Rappelons toutefois, d'après M. Berr, que la rugosité des surfaces, à l'échelle invisible des infiniment petits, la disposition en flèche de certains atomes, faciliteraient la formation de certains composés temporaires, instables, qui, selon l'expression de Sabatier, « servent d'échelons à la réaction, en déterminent le sens et en accélèrent la vitesse ».

A la recherche du carburant idéal

Le point de départ de cette recherche consiste à repérer les hydrocarbures dont les caractéristiques se rapprochent le plus du supercarburant idéal sous un climat déterminé.

De ces travaux de laboratoire, on passe aux opérations de fabrication industrielle quand on dispose, d'une façon continue, des matières premières requises en quantités suffisantes. Ces recherches s'inspirent notamment des deux règles fondamentales que voici :

1° Dans une même famille d'hydrocarbures, l'indice d'octane varie, en général, en sens inverse du poids moléculaire.

(1) Ces derniers temps, en Allemagne, pour « doper » les essences dont on dispose, on aurait incorporé à l'essence jusqu'à 1,6 et même 2,6 cm^3 de plomb T_4 par litre. Une telle proportion est excessive. Non seulement elle provoque l'usure rapide des moteurs, mais encore, par les composés du plomb présents dans les gaz d'échappement, elle expose les aviateurs à une intoxication. On doit user du plomb T_4 , c'est indispensable, mais on ne doit le faire qu'avec modération.

(2) Corps qui accélèrent considérablement une réaction chimique, tout en apparaissant eux-mêmes inchangés à la fin de l'opération.

(1) Rappelons que le cracking est l'opération qui consiste à briser les grosses molécules qui constituent les huiles lourdes pour obtenir deux ou plusieurs molécules plus légères. Grâce au cracking, le rendement en essence légère du raffinage des huiles brutes a pu être augmenté dans des proportions considérables. Voir *La Science et la Vie*, n° 126, page 485.

laire. Par exemple, la valeur de l'indice d'octane se monte à 96 pour le butane normal et à 0 pour l'heptane normal (par définition), puis à -34 pour le nonane normal (1). Le point d'ébullition varie dans le même sens, d'ailleurs, que l'indice d'octane, ce qui donne un moyen de sélectionner l'essence pour aviation.

2° A poids moléculaire égal, les hydrocarbures dont la formule développée comporte des ramifications latérales ont des indices d'octane plus élevés. Par suite, en modifiant l'architecture de la molécule, en regroupant ses atomes, c'est-à-dire en transformant certains hydrocarbures en isomères (2), on relève notablement l'indice octane.

Ces réactions d'« isomérisation » se caractérisent par le fait qu'elles ne comportent pas de modification ni de la composition élémentaire, ni du poids moléculaire.

Par exemple (fig. 2), l'octane normal peut se transformer en « 2-3-4 triméthylpentane » (3).

Autrement dit, à la suite de cette réaction d'isomérisation, le nombre de radicaux « méthyle » de l'hydrocarbure passe de deux à cinq, ce qui a pour effet d'élever de 19 à 100 son indice d'octane.

En d'autres termes, l'isomérisation sert à transformer les paraffines (4) et les olé-

fines en isoparaffines et en isoléfines. Cette opération a généralement lieu en présence de catalyseurs : chlorures métalliques, acide phosphorique. Les rendements n'en sont qu'assez médiocres, mais on peut, de cette façon, accroître notablement les disponibilités de carburants à pouvoir indétonant élevé.

Aujourd'hui, les réactions de polymérisation des oléfines et d'alkylation, dont nous parlerons tout à l'heure, permettent, avec une ampleur sans cesse accrue, notamment aux Etats-Unis, de préparer des supercarburants et aussi des superlubrifiants pour l'aviation.

Le développement de la technique de la polymérisation catalytique des oléfines jusqu'au stade industriel, ce que nous devons à deux grands savants, le professeur Ipatieff et le docteur Egloff (de Chicago), constitue l'une des plus importantes réalisations de la chimie du pétrole. Nous en

indiquerons tout à l'heure le principe.

L'alkylation semble marquer un grand pas en avant pour la production synthétique, en quantité et en qualité, des supercarburants.

Les procédés industriels pour la production de l'essence d'aviation se rangent, aujourd'hui, comme suit :

Cracking catalytique; polymérisation; alkylation; hydrogénation; fabrication de l'isooctane et de l'éther isopropylique.

Avant d'aborder l'étude de ces nouvelles fabrications, indiquons le principe du cracking catalytique, lequel a fait l'objet de deux applications importantes dans des raffineries françaises : l'une en Normandie et l'autre en Provence, pour la transformation du fuel oil (ou mazout) en essence.

Le cracking catalytique

Aux procédés classiques de cracking brutaux, réalisant les réactions pêle-mêle dans une chambre unique, on tend aujourd'hui à substituer le cracking effectué

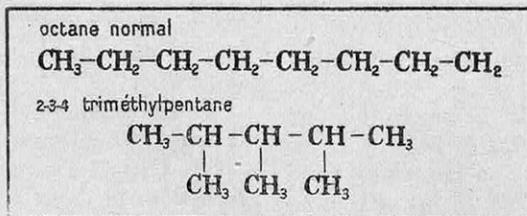


FIG. 2. — EXEMPLE D'UNE TRANSFORMATION PAR « ISOMÉRISATION »

Il s'agit ici de la transformation de l'octane en triméthylpentane, les deux molécules ayant le même nombre d'atomes de carbone et d'hydrogène, mais agencés différemment. La résistance à la détonation du deuxième corps, qui comporte des chaînes latérales, est supérieure à celle du premier.

(1) Les indices négatifs correspondent, d'une manière non moins évidente, à des corps encore plus sensibles à la détonation que l'heptane auquel correspond l'indice zéro.

(2) Deux corps sont dits isomères quand ils possèdent la même formule brute, c'est-à-dire quand leur molécule contient le même nombre d'atomes de carbone, d'oxygène, d'hydrogène, etc., mais autrement disposés, ce qui entraîne des différences dans leurs propriétés chimiques.

(3) Dans cette notation, les chiffres 2, 3, 4, signifient que les radicaux « méthyle » (CH³) sont attachés au deuxième, troisième et quatrième atomes de carbone constituant la chaîne du pentane qui, comme son nom l'indique, en comporte cinq.

(4) Les paraffines sont des composés comme l'octane précédente, dont la molécule a une structure en chaîne ouverte et saturée; les oléfines ont une structure à chaîne ouverte non saturée, c'est-à-dire présentant une ou plusieurs doubles liaisons libres.

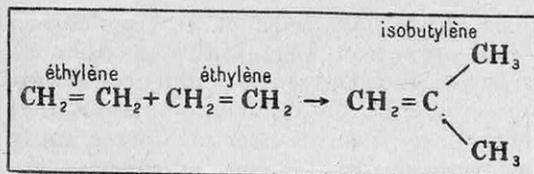


FIG. 3. — EXEMPLE D'UNE RÉACTION DE POLYMÉRISATION

Ici, deux molécules d'éthylène se soudent pour donner une molécule d'isobutylène.

en présence de catalyseurs, ce qui aide à discipliner et à orienter les réactions, au moins dans une certaine mesure. Aussi obtient-on des rendements meilleurs en essences à indices octane élevé et à faible teneur en gommés.

Ces catalyseurs sont essentiellement constitués par de l'alumine fixée sur un support à base de silice (en général 4 parties de silice pour 7 d'alumine). En leur présence, les réactions de cracking ont lieu à une pression égale ou voisine de celle de l'atmosphère. Elles sont complètes au bout d'un temps qui varie entre trois et cinq secondes seulement.

Au début de cette année 1940, les procédés industriels de cracking catalytique sont au nombre de deux. L'un, dû à M. Houdry, a été réalisé par la Sun Oil et la Vacuum Oil; l'autre par l'Universal Oil Products ou U. O. P., société dirigée par les savants Ipatieff et Egloff.

Les procédés de cracking catalytique sont en grande faveur aux Etats-Unis. En vue de leurs applications, on y a dépensé, au cours de l'année 1939, quelque deux milliards de francs.

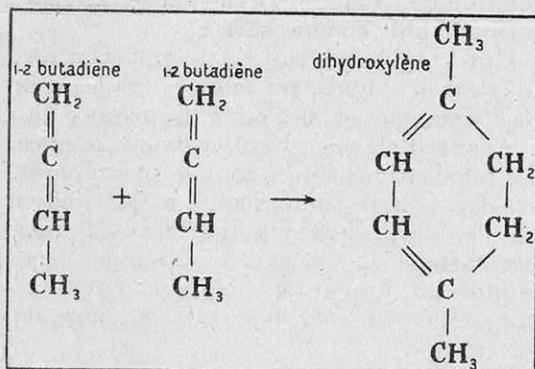


FIG. 4. — EXEMPLE D'UNE RÉACTION DE POLYMÉRISATION AVEC « CYCLISATION »

Deux molécules de 1-2 butadiène s'unissent pour donner une seule molécule cyclique de dihydroxylène.

Jusqu'à présent, c'est le procédé Houdry qui aurait fait l'objet des applications les plus importantes. Durant la campagne 1937-1938, le procédé Houdry aurait permis de produire 7 millions de gallons d'essence (19 500 t) à 76-78 d'indice d'octane (1), respectivement porté à 87, 90 ou 92 par une addition de 0,3, 0,8 et 1 cm³ de plomb T₄. En incorporant à cette essence le tiers de son volume d'isooctane et 1 cm³ de plomb T₄, on lui conférerait un indice octane de 98,4. D'autre part, la Socony et la Sun Oil auraient mis en service, au mois de juin 1939, aux Etats-Unis, 11 grandes unités Houdry ayant coûté, dans leur ensemble, 1 400 millions de francs.

Tout permet de croire, à en juger d'après l'évolution qui se poursuit aux Etats-Unis, suivant un rythme qui s'accélère depuis deux ans, que le cracking catalytique supplantera le cracking de nature simplement thermique. Si ce dernier permet d'obtenir des prix de revient relativement modérés, il se trouve en état d'infériorité par rapport au cracking catalytique, en ce qui concerne les rendements et la qualité des essences.

La polymérisation et la fabrication de l'isooctane

Les réactions de « polymérisation » (2), qui ne s'appliquent qu'à des hydrocarbures non saturés : oléfines et dioléfines, se caractérisent par le fait qu'elles comportent une augmentation du poids moléculaire — celui-ci est généralement doublé — mais sans modification de la composition élémentaire. Cette réaction a lieu, tantôt sans « cyclisation », tantôt avec « cyclisation » (3).

Comme exemple du premier cas, on peut citer la polymérisation de l'éthylène en isobutylène (fig. 3).

Comme exemple du second cas (cyclisation), citons la polymérisation des dioléfines. Cette réaction a lieu suivant le schéma de la figure 4, concernant la transformation du 1-2 butadiène en dihydroxylène.

(1) Soit 7 à 8 points en plus que pour les essences obtenues suivant le cracking classique.

(2) Soudure de deux ou plusieurs molécules semblables pour donner une seule grosse molécule, sans modification du nombre total des atomes.

(3) Il y a cyclisation lorsque la molécule finale comporte une chaîne d'atomes de carbone fermée sur elle-même.

Dans l'un et l'autre cas, l'architecture de la molécule est profondément modifiée.

Au cours de ces quatre dernières années, les procédés de polymérisation ont pris un développement considérable. Ceux-ci consistent essentiellement à transformer les hydrocarbures gazeux (comportant trois ou quatre atomes de carbone) en d'autres hydrocarbures d'un poids moléculaire plus élevé, se présentant cette fois à l'état liquide. La matière première est constituée par les gaz des puits de

mérisation. Dans leur ensemble, elles peuvent fournir, par an, 1,7 million de tonnes d'essence, généralement à 83 d'indice d'octane. Les procédés les plus connus sont dus à l'*Universal Oil Products*, mis au point par Egloff et Ipatieff, puis à la *Polyco Unitary*. Ces sociétés contribuent respectivement pour 40 et 38 % à la production mondiale susdite d'essence de polymérisation.

Les Etats-Unis disposent de 36 usines de polymérisation dont la capacité de fabrication représente 81 % de celle du

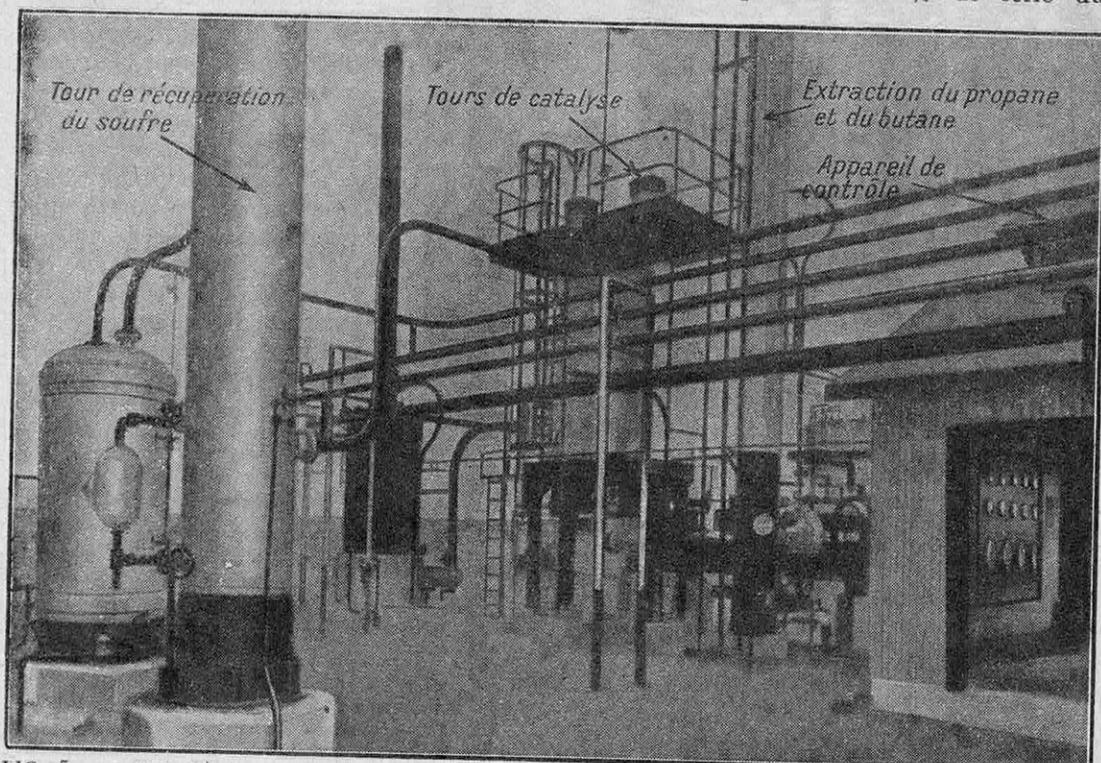


FIG. 5. — VUE D'ENSEMBLE D'UNE INSTALLATION POUR LE CRACKING DU BUTANE ET LA POLY-MÉRISATION CATALYTIQUE DU BUTÈNE

T W 1684

pétrole (gaz naturels) et par des gaz de cracking qu'on amène, s'il y a lieu, par traitement à 400-500°, sous une pression de 70 atmosphères, à l'état d'oléfines qu'une pyrolyse (traitement par la chaleur) à 185°, généralement effectuée en présence de catalyseur (acide phosphorique, fluorure de bore), transforme en hydrocarbures liquides. Les produits de la réaction sont très complexes, mais, par un fractionnement convenable, on isole des essences de 82 à 85 d'indice d'octane, qu'on élève à 96 ou 100 par une hydrogénation.

Actuellement, il existe dans le monde une cinquantaine d'installations de poly-

monde entier. Les autres se trouvent en Iran, en Roumanie (Ploesti), à Curaçao, au Japon, en Allemagne, en Hollande, etc... Deux usines étaient en montage au Caucase, mais leurs constructeurs, des Américains, viennent de s'en retirer.

Jusqu'au début de l'année 1939, on estimait que, pour être payante, une installation de polymérisation devait fournir au moins, par jour, 7 t d'essence d'indice d'octane égal à 81 ou 83. Cette capacité minimum a pu être réduite à 4 t en 1939. Pour obtenir 1 litre d'essence, il faut généralement mettre en œuvre 2 m³ de gaz de cracking.

Aujourd'hui, on s'oriente davantage

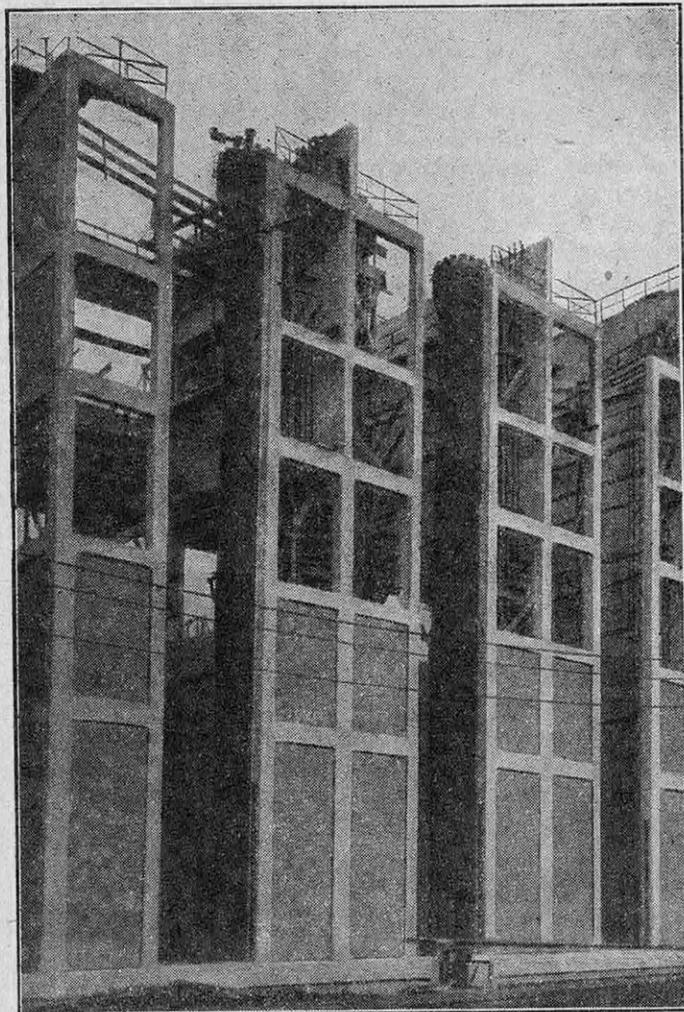


FIG. 7. — VUE D'ENSEMBLE D'UNE INSTALLATION POUR LA POLYMERISATION CATALYTIQUE CAPABLE DE TRAITER ENVIRON 300 T D'ESSENCE PAR JOUR

T W 1636

vers la préparation d'une essence de polymérisation à 100 d'indice d'octane, obtenue par divers procédés sélectifs de polymérisation à l'acide phosphorique, à l'acide sulfurique chaud ou froid s'exerçant sur des carbures comportant 4 atomes de carbone dans la molécule. Finalement, une hydrogénation à basse température et à 200 atmosphères, en présence de nickel, donne de l'isooctane, qui a 100 d'indice d'octane.

La capacité de production en essence à 100 d'indice d'octane des usines effectuant ces réactions s'établit comme l'indique le tableau :

Abadan (golfe Persique).....	130
Bataafsche (Rotterdam), Shell à Martinez (Californie).....	30
Creditul Minier (Ploesti), Shell à Houston (Texas), Standard à Bayway (New-Jersey).....	13 à 15

Le docteur Egloff a évalué à 455 000 t la quantité d'isooctane que l'on pourrait annuellement préparer en utilisant les 50 milliards de mètres cubes de gaz naturels et les 12 milliards de mètres cubes de gaz résultant du cracking thermique auquel, dans le monde entier, on soumet chaque année environ 50 millions de tonnes de pétrole. Cette quantité d'isooctane, mélangée (1) à 60 % d'essence d'indice 74 et additionnée de plomb T₄, de façon à obtenir de l'essence à 100 octane, permettrait de disposer de 1 à 1,1 million de tonnes d'essence d'indice 100. Les installations pour cette fabrication d'isooctane reviendraient à près de 20 millions de dollars, mais elles permettraient finalement de réduire de 4 ou 5 millions de tonnes la consommation annuelle d'essence, en raison d'une meilleure utilisation de l'essence à indice élevé.

En moyenne, la France produit annuellement par cracking entre environ 1,2 et 1,5 milliards de mètres cubes de gaz correspondant théoriquement à une production de 11 000 t d'isooctane.

L'alkylation

Plutôt que de soumettre, comme nous venons de le voir, à une pyrolyse déshydrogénante la totalité des gaz de cracking,

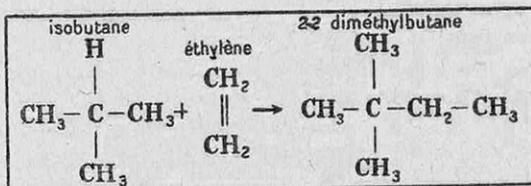


FIG. 8. — EXEMPLE D'UNE RÉACTION D'ALKYLATION

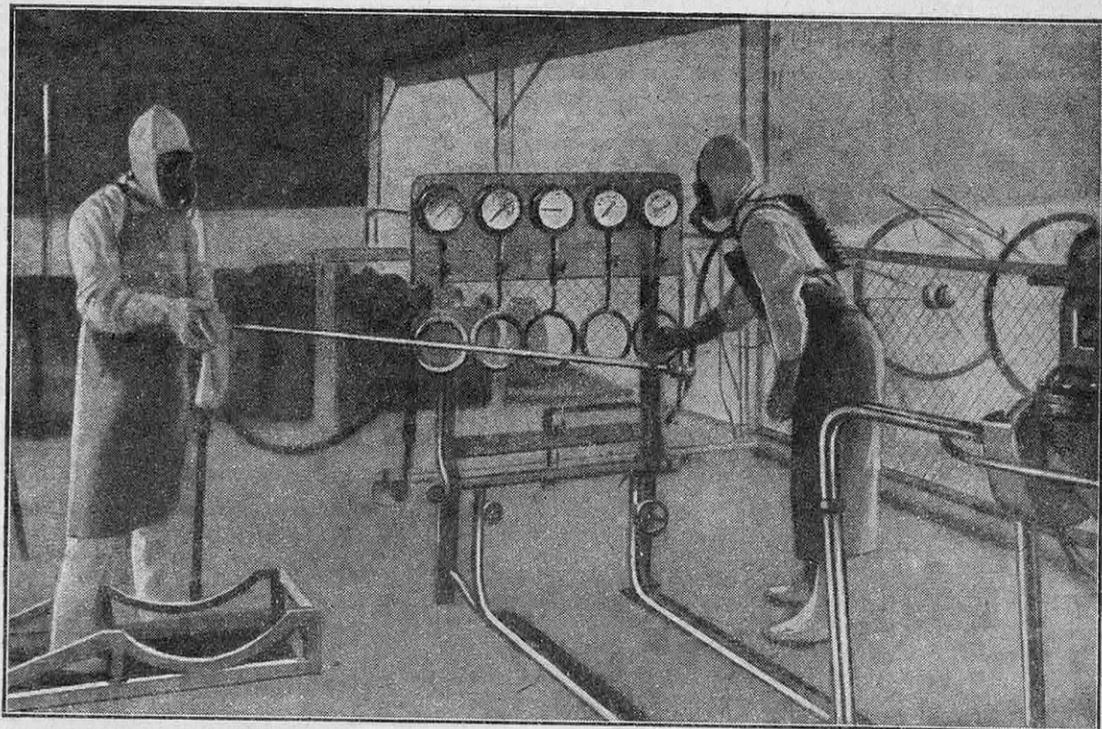
Il s'agit ici de la soudure d'une molécule d'isobutane avec une molécule d'éthylène.

(1) A cause de son point d'ébullition élevé : 97 — 110°, on n'emploie pas l'isooctane à l'état pur, mais on le mélange avec de l'essence, puis on « dope » l'ensemble avec du plomb T₄.

afin de les transformer en oléfines dont on a retiré les constituants comportant 3 ou 4 atomes de carbone à la molécule, les seuls utilisés jusqu'ici pour la polymérisation, on s'oriente maintenant vers une solution plus élégante, dite d'*alkylation*. Entre autres avantages, ceci permet d'obtenir, à partir d'un volume déterminé de gaz de cracking, un rendement plus élevé en essence. L'*alkylation* consiste essentiellement à souder des molécules déterminées d'oléfinés à d'autres, également

sans hydrogénation, l'isooctane. Le chlorure d'aluminium est ici le principal catalyseur employé, mais puisque la réaction se rapproche d'une polymérisation — elle s'accompagne fréquemment d'une polymérisation — on pourra vraisemblablement la faciliter également par des acides minéraux et des halogénures (1).

Ces réactions d'*alkylation* ont une portée tellement considérable qu'on ne peut, actuellement, en prévoir la limite. Fait certain, elles permettront d'accroître les



T W 1635

FIG. 9. — UNE RAMPE DE MÉLANGE DU PLOMB TÉTRAÉTHYLE A L'ESSENCE DANS UNE STATION DE PRÉPARATION DE SUPERCARBURANTS

On remarquera l'équipement spécial du personnel, rendu indispensable par le fait que le plomb tétraéthyle est une substance toxique redoutable qui attaque très violemment les centres nerveux.

choisies, d'hydrocarbures saturés (propane, butane, isobutane), dont on trouve des proportions élevées dans les gaz de cracking.

A titre d'exemple, voici (fig. 8) l'équation représentant l'*alkylation* de l'isobutane par l'éthylène, le produit formé étant le 2-2 diméthylbutane (1).

Théoriquement, la combinaison de l'isobutane à l'isobutène donne directement,

(1) Les groupes « méthyle » (CH_3) latéraux sont tous deux rattachés au deuxième atome de carbone de la chaîne du butane qui en comporte quatre.

disponibilités en supercarburants que l'aviation demandera en quantités toujours croissantes.

L'hydrogénation des pétroles et des huiles de schistes bitumineux

Cette technique offre un intérêt primordial parce qu'elle permet, en France, en Italie, en Allemagne et au Japon notamment, de préparer en *quantités massives*, à partir des résidus pétrolières et

(1) Chlorures, bromures, etc.

des huiles de schistes bitumeux, des supercarburants pour l'aviation.

Dans l'état actuel de cette technique, on obtient les résultats les meilleurs en hydrogénant des huiles ou des résidus pétroliers afin d'obtenir une essence contenant environ 30 % d'hydrocarbures aromatiques, 10 % d'hydrocarbures naphéniques, type cyclo-hexane (1). Ces hydrocarbures naphéniques ont l'avantage d'un pouvoir indétonant élevé, du même ordre que celui des benzols; mais, en outre, ils possèdent sur ces derniers la supériorité d'être d'une plus grande sensibilité à l'action du plomb T_4 . Une essence de cette nature a un indice d'octane de 84 ou 85; une addition de 0,008 % de plomb T_4 lui confère la qualité « Army ». C'est de l'essence d'aviation à 100 d'indice d'octane, comme l'emploie l'aviation militaire des Etats-Unis.

Dans le même ordre d'idées, la *Standard Oil*, à New-Jersey et à Bayway, aux Etats-Unis, prépare, à partir de résidus pétroliers, une essence d'un indice 76,8 qui peut s'élever à 87,92 et 97,5 par des additions respectives de 0,018, 0,050 et 0,1 % de plomb T_4 .

Simultanément, en Italie, à Bari et à Livourne, l'hydrogénation porte sur du pétrole albanais. On la conduit de façon à obtenir une essence à 71 d'indice d'octane qui passera à 87,5 après une addition de plomb T_4 .

L'Italie, suivant le procédé Fauser-Montecatini, traite par an 250 000 t de pétrole albanais. Elle en retire 120 000 t d'essence d'aviation, 60 000 t d'huile lubrifiante, 14 000 t de paraffine.

En traitant les gaz permanents, on obtient, d'autre part, de l'isooctane suivant la méthode décrite précédemment à propos de la polymérisation.

Il convient de retenir que les opérations d'hydrogénation du pétrole permettent :

d'obtenir une essence de pouvoir indétonant réglable, mais avec un rendement qui varie en sens contraire de l'indice d'octane;

de préparer un *superlubrifiant* pour l'aviation, ce qui présente aussi un intérêt primordial.

(1) Hydrocarbures comportant une chaîne fermée saturée.

Le plomb tétraéthyle

Ce roi des antidétonants a été inventé aux Etats-Unis en 1923 seulement. Rien qu'en 1938, on y a élaboré quelque 40 000 t de ce composé qui, quinze ans auparavant, n'était encore qu'une curiosité de laboratoire.

La fabrication du plomb T_4 nécessite une consommation considérable de brome. On l'extrait soit des eaux-mères du traitement des potasses, soit de l'eau de mer. Pour obtenir 20 t de brome par jour, il faut traiter par jour au moins 500 000 m³ d'eau de mer (cas d'une usine de la Caroline du Nord).

Ce fut, là encore, un tour de force remarquable que celui de l'extraction du brome de l'eau de mer, sans aucune concentration préalable.

Le principe de la fabrication actuelle du plomb T_4 est le suivant :

On fait réagir dans un autoclave muni d'un agitateur, sous une pression de 4,5 kg, du chlorure d'éthyle sur un alliage plomb-sodium à 10 % de sodium.

La réaction dégage beaucoup de chaleur, ce qui oblige à refroidir l'autoclave par une circulation d'eau.

Quand la réaction est achevée, on évacue, par chauffage de l'autoclave, le chlorure d'éthyle qui n'a pas réagi. On le récupère par condensation.

La masse restant dans l'autoclave est alors mise dans une cornue, avec de l'eau que l'on porte à l'ébullition. Le plomb T_4 est entraîné par la vapeur d'eau. On condense ces vapeurs.

Après lavage et filtration, le plomb T_4 se présente sous la forme d'un liquide incolore de densité 1,65 dont la pureté se monte à 97 ou 99 %. En mélangeant 60 % de plomb T_4 à 40 % de bromure d'éthylène, on forme le « fluide éthyl » qu'on incorporera à l'essence pour en relever l'indice d'octane.

Sans la fabrication à l'échelle industrielle du plomb tétraéthyle, le problème de l'essence d'aviation, qui représente une des réalisations les plus importantes de notre époque, serait pratiquement insoluble.

Henri DOYEN.

LES " FANTOMES MAGNÉTIQUES " AU SERVICE DE LA MÉTALLURGIE

par Pierre DEVAUX

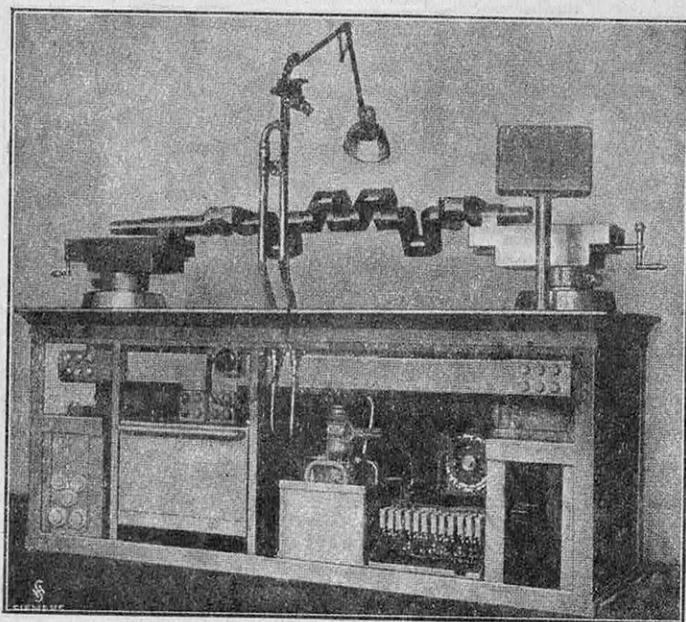
Ancien élève de l'École Polytechnique

L'UTILISATION des rayons X pour le contrôle des pièces métalliques est aujourd'hui générale, et il n'est pas exagéré de dire qu'elle répond à une nécessité vitale. Des accidents, comme celui du pont soudé de Hasselt, sur le canal Albert, qui ont provoqué une certaine émotion parmi les métallurgistes, attestent que des surprises sont encore possibles dans ce domaine, malgré les progrès de la technique. Mais toute pièce forgée ou coulée, un moyeu d'hélice, une équerre d'assemblage, une chape de câble, peut receler un défaut interne : pliage, paille, soufflure, tapure, dont les conséquences seront catastrophiques.

Il s'en faut, malheureusement, que les rayons X représentent un procédé complet et universel. Ils permettent, en gros, de dépister les irrégularités de « macrostructure », c'est-à-dire de grosse cristalli-

sation de l'acier, les « pores » de fonderie donnant localement au métal la constitution d'une éponge, les inclusions de scories ou de sable de nature à diminuer la résistance de la pièce; en ce qui concerne les défauts d'assemblage des pièces, ils les signalent lorsque ces défauts se traduisent par un « manque d'épaisseur » atteignant au moins 1 %.

On peut déduire de là qu'une fissure, c'est-à-dire une fente à peu près plane, un défaut d'adhérence dans une soudure, un serrage imparfait laissant béer un assemblage dans une construction rivetée, ne seront décelés que si le faisceau de rayons se trouve précisément dirigé dans le plan qui contient le défaut. Or, si le plan « suspect » est bien connu lorsqu'il s'agit de vérifier un assemblage, une soudure, il n'en est pas de même pour les fissures, dont l'orientation est indéterminée et



T W 1957

FIG. 1. — VUE D'UN PUPITRE D'ESSAIS POUR L'EXAMEN DES PIÈCES EN ACIER PAR LA MÉTHODE DES « FANTOMES MAGNÉTIQUES »

La pièce à contrôler — ici un vilebrequin de moteur de camion à 6 coudes — est montée sur deux supports massifs formant les pôles d'un puissant électroaimant; il est possible d'obtenir une aimantation longitudinale ou transversale suivant le schéma de la figure 6. On distingue dans le socle, dont les tôles de recouvrement ont été enlevées, les « contacteurs » de distribution du courant d'excitation, ainsi que la pompe spéciale chargée d'envoyer le mélange d'huile et de poudre magnétique dans la tuyauterie d'arrosage visible à côté de la lampe. Des manivelles permettent de déplacer la pièce et de la présenter au jet sous un angle favorable, pour obtenir un écoulement lent.

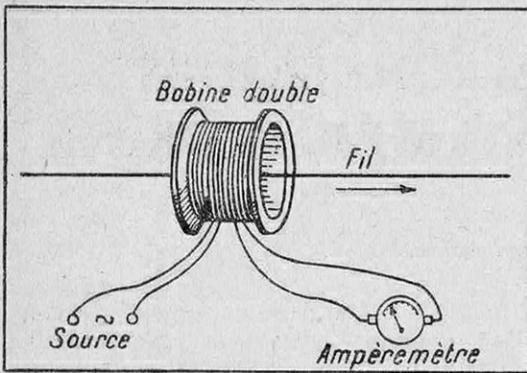


FIG. 2. — PRINCIPE DU CONTRÔLE CONTINU DE LA CONSTITUTION D'UN FIL D'ACIER PAR LA MÉTHODE « INDUCTIVE ».

Le fil avance d'un mouvement régulier, traversant une bobine qui porte un double enroulement : l'un des enroulements est alimenté par une source de courant alternatif, tandis que l'autre est relié à un ensemble d'appareils de mesure représentés schématiquement par un ampèremètre. Les deux enroulements forment transformateur; quand une irrégularité du fil se présente, l'ampèremètre dévie.

dont la découverte, au moyen des rayons, est par suite trop souvent le fait du hasard.

A ceci vient s'ajouter l'obligation, pour les pièces de forte épaisseur, d'utiliser des rayons X très « durs »; il en résulte que les petites fissures, même lorsqu'elles sont orientées dans le sens du rayonnement, ne donnent aucune trace sur le film photographique.

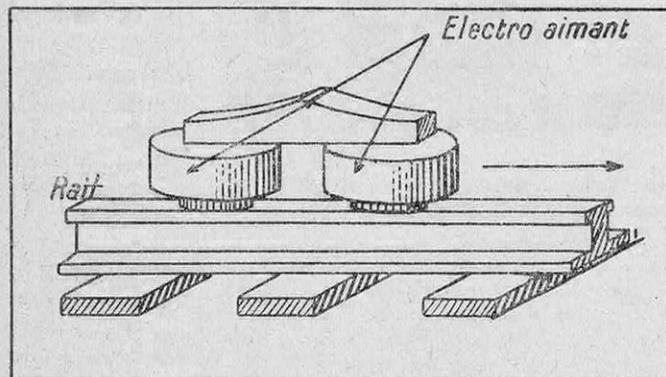


FIG. 3. — « AUSCULTATION » D'UN RAIL DE CHEMIN DE FER AU MOYEN D'UN ÉLECTROAIMANT D'INDUCTION

Le principe est le même que pour le contrôle d'un fil (fig. 2); l'électroaimant défile à quelques millimètres au-dessus du rail; quand un défaut se présente, il est enregistré sur une bande, en même temps qu'un jet de peinture blanche est envoyé sur le rail.

« Auscultation » électromagnétique

Les rayonnements s'étant révélés insuffisants pour contrôler rationnellement l'intimité des pièces métalliques, il est nécessaire de leur adjoindre d'autres procédés fondés sur des principes différents.

Pratiquement, on est ainsi ramené à des procédés électriques ou magnétiques (fig. 1). On peut concevoir, par exemple, que l'on envoie dans la pièce étudiée un courant très intense qui se distribuera par les voies de moindre résistance électrique, donc s'écartera des défauts inter-

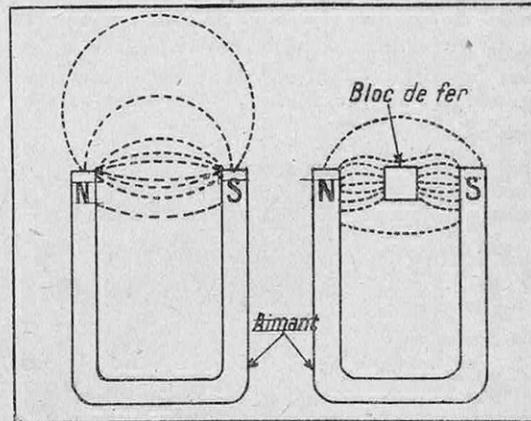


FIG. 4. — « SPECTRES MAGNÉTIQUES » D'UN AIMANT EN FER A CHEVAL.

A gauche, spectre de l'aimant seul; à droite, on a placé dans le champ magnétique un bloc de fer qui concentre les lignes de force.

nes, tels que les fissures, dont la résistance est plus grande. En explorant la surface du métal à l'aide de deux pointes métalliques reliées à un galvanomètre, on peut ainsi se faire une idée des défauts localisés dans la profondeur.

Des procédés électromagnétiques peuvent être également envisagés. Imaginons deux bobines concentriques de grand diamètre dans lesquelles on puisse introduire la pièce à contrôler et supposons que l'une des bobines soit parcourue par un courant alternatif; les deux bobines formeront transformateur, c'est-à-dire qu'un cou-

rant secondaire sera *induit* dans la seconde bobine et pourra être mesuré par un ampèremètre; mais il est clair que l'intensité de ce courant induit dépendra de la « perméabilité » magné-

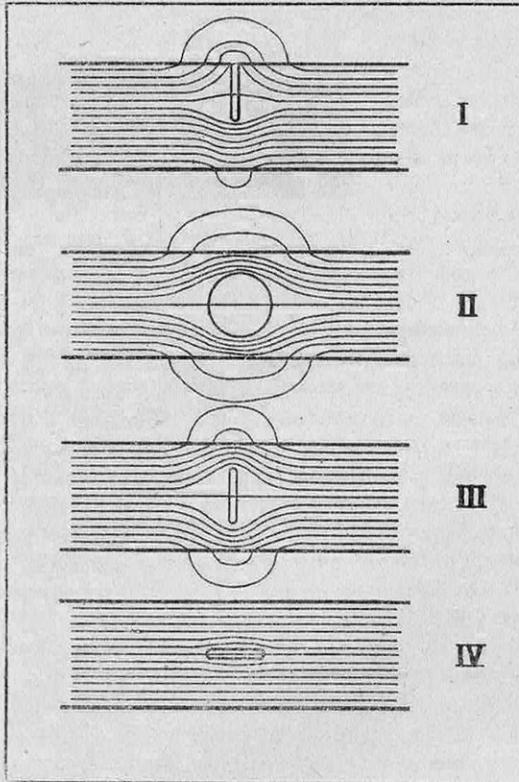


FIG. 5. — DÉFORMATIONS INTRODUITES DANS LA DISTRIBUTION DES LIGNES DE FORCE PAR DES OUVERTURES PRATIQUÉES DANS UNE PIÈCE D'ACIER.

Les schémas ci-dessus représentent le tracé des lignes de force à l'intérieur de la pièce, mais ce tracé se reproduit à la surface du métal (par suite des « fuites magnétiques » dans l'air) où elles peuvent être matérialisées par la poudre magnétique. — I, pièce encochée; II, cas d'un orifice circulaire; III, mortaise transversale; IV, mortaise dirigée dans le sens du champ d'aimantation : la déviation est moindre.

que plus ou moins grande de la pièce et par conséquent se trouvera réduit par la présence d'un défaut.

Très rapide, cette méthode s'appliquera par exemple aux fils (fig. 2), aux barres longues, aux rails, qu'il est possible de faire défiler dans l'appareil sans manipulations encombrantes. Elle s'applique également aux pièces de « série » : on

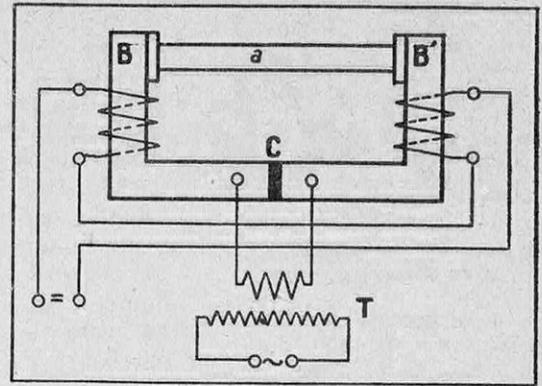


FIG. 6. — MONTAGE DOUBLE PERMETTANT D'OBTENIR L'AIMANTATION LONGITUDINALE OU TRANSVERSALE.

La pièce étant en *a*, serrée en bout par les deux pôles *N* et *S*, on peut l'aimanter longitudinalement en excitant les bobines *BB'* au moyen d'un courant continu; pour obtenir l'aimantation transversale, on envoie dans la pièce un courant (alternatif) à grande intensité au moyen du transformateur *T*. La culasse des bobines est coupée en *C* par un joint isolant de faible épaisseur, n'opposant qu'un minime obstacle au flux magnétique.

fait passer simultanément une pièce-type, saine, dans la double bobine et la pièce à examiner dans une double bobine identique, au moyen de chariots animés de mouvements d'avancement conjugués. Les deux bobines secondaires étant montées en opposition dans un circuit contenant un galvanomètre, selon le classique montage en pont de Wheatstone, le dit galvanomètre demeurera au repos tant que la texture des deux pièces restera identique; il déviara au passage d'un défaut. Pour l'« auscultation » sur place des rails (fig. 3), on a créé des appareils

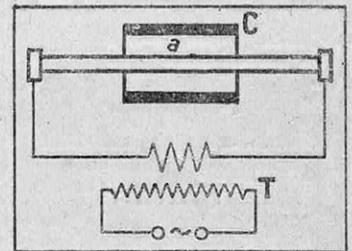


FIG. 7. — AIMANTATION D'UN CORPS CREUX.

Le corps creux *C* est traversé par une barre *a* reliée à un transformateur à grande intensité *T*; le corps creux s'aimante circulairement et peut être examiné au-dedans et au-dehors par la méthode de la poudre magnétique.

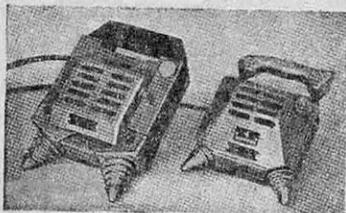


FIG. 8. — APPAREILS PORTATIFS D'AIMANTATION.

Ils comportent un transformateur de 300 ou de 500 ampères et deux pointes à large surface de refroidissement pour amener le courant à la pièce; tandis qu'un aide tient l'appareil, l'opérateur verse le mélange magnétique sur la partie de la pièce située entre les points de contact des pointes (Siemens).

ner, ne s'appliquent qu'aux métaux à perméabilité magnétique élevée : fer, aciers, nickel, cobalt et leurs alliages. Elles ne fournissent pas sur la configuration et l'emplacement exact du défaut les renseignements que l'on est en droit d'exiger.

Spectres de limaille

La nouvelle méthode des « fantômes magnétiques » est fondée sur une très classique expérience de physique qui permet de matérialiser le « spectre » des aimants.

Posons à plat sur une table un aimant

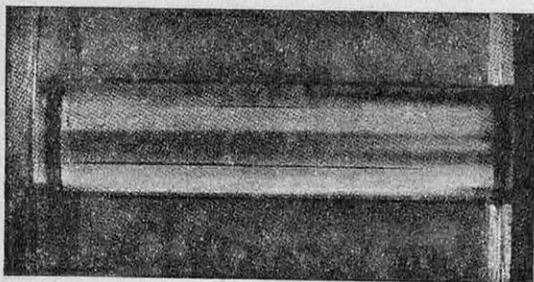


FIG. 9. — CES « CORDONNETS » DE POUDRE MAGNÉTIQUE, DEMEURÉS ADHÉRENTS AU MÉTAL APRÈS ÉCOULEMENT DE L'HUILE, RÉVÈLENT DES FISSURES LONGITUDINALES DANS UN AXE DE PISTON D'AUTOMOBILE.

L'axe est serré en bout entre les pôles du pupitre d'aimantation.

d'induction fondés sur le même principe et comportant deux fortes bobines à noyau, formant un électroaimant tourné vers le bas.

Ces méthodes électromagnétiques, de même que la méthode magnétique que nous allons examiner,

que nous recouvrons à l'aide d'un mince carton saupoudré de limaille de fer. En tapotant le carton pour donner de la liberté à la limaille, nous verrons celle-ci se disposer en houppes, en lignes régulières allant d'un pôle à l'autre de l'aimant (fig. 4).

Cette figuration spontanée montre les lignes de force du champ magnétique de l'aimant, ou plutôt la section de ce champ

par le plan du carton. Elle est due au fait que les grains de limaille, de forme allongée, s'aimantent par influence; les petits aimants ainsi constitués ne peuvent aller rejoindre le pôle le plus voisin de l'aimant, comme ils le feraient s'ils étaient complètement libres, mais ils peuvent s'orienter suivant la ligne de force qui les traverse et en dessiner par suite le tracé.

Plaçons maintenant sous le carton, en un point quelconque du champ, une pièce de fer ou d'acier; nous verrons les lignes de limaille s'incurver pour venir passer en faisceau par ce point de perméabilité accrue (fig. 4). Inversement, on peut concevoir que nous ayons placé sous notre carton une large pièce de fer présentant un trou, une échancrure; les lignes de force s'écartent alors pour éviter les passages difficiles, comme les eaux d'une rivière dévient autour d'un pilotis (fig. 5).

Il importe de remarquer que ce procédé décèle non seulement les défauts de surface, mais ceux qui sont situés à une faible profondeur.

Machines à aimanter

Voici comment nous allons opérer. Tout d'abord, la classique mais grossière limaille, obtenue à l'aide d'un bout de fer usé par une lime, sera remplacée par une très fine poudre de fer préparée par voie chimique (fer carbonyle) ou par de la poudre d'oxyde de fer magnétique. Le « procédé à sec » a fait place d'autre part au procédé à l'huile; la poudre magnétique est versée sur la pièce, mélangée

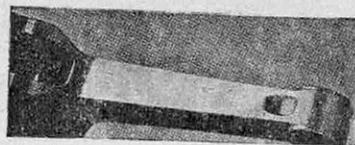


FIG. 10. — DÉTECTION DE FISSURES SUR UNE BIELLE DE MOTEUR.

en proportions convenables avec une huile spéciale.

Pour produire l'aimantation de la pièce, deux dispositions peuvent être envisagées. Soit une pièce longue a , telle qu'un arbre de machine. Pour déceler les fissures transversales, nous avons intérêt à aimanter la pièce *longitudinalement*, donc à la placer en long entre les deux pôles d'un puissant électroaimant excité par du courant continu. Au contraire, une aimantation *transversale* sera souhaitable pour dépister les fissures longitudinales; à cet effet, nous ferons passer *dans la pièce elle-même* un courant alternatif de très forte intensité (jusqu'à 2 000 ampères) obtenu au moyen d'un transformateur (le fait que le courant est alternatif n'intervient ni dans la qualité des résultats); le champ magnétique du courant rectiligne qui traverse la pièce est formé, comme on sait, de cercles concentriques et se prête par conséquent au repérage des défauts longitudinaux. Il est avantageux, dans la pratique, de pouvoir passer instantanément de l'un à l'autre mode d'aimantation; c'est ce que permet le montage double de la fig. 6; quant aux corps *creux*, il est possible de les aimanter sans contact, en faisant passer en leur centre une barre parcourue par le courant très intense d'un transformateur; les lignes de force concentriques du dit courant viennent se concentrer dans le corps creux (fig. 7). Une aimantation *inversée* permet d'obtenir la *désaimantation* du métal.

La pièce étant mise en place (fig. 1) et soumise à l'aimantation, on fait couler à sa surface, au moyen d'un tube orientable, la « soupe » formée de poudre magnétique délayée dans l'huile. La disposition des supports amenant le courant permet d'incliner la pièce sous l'angle le plus favorable; on a reconnu que la surface examinée doit faire un angle très petit avec l'horizontale, afin que le liquide s'écoule très lentement: les grains magnétiques ont ainsi le temps de prendre leur orientation. Une pompe spéciale assure le mélange régulier de l'huile et de la poudre, indispensable pour obtenir une *sensibilité* constante dans la recherche des défauts.

Dans un vilebrequin de moteur (fig. 1), par exemple, on arrosera successivement les tourillons, destinés à porter dans les coussinets, les *soies* qui seront emboîtées

dans les têtes de bielles, les faces latérales et transversales des *flasques* formant bras de manivelles. Pour l'examen des grandes pièces, telles que les arbres d'hélices, les réservoirs à pression, les roues de turbines, qu'il est impossible d'amener jusqu'aux appareils fixes, on a construit de petits appareils à main comportant un transformateur intérieur et de grosses pointes de contact à profil ondulé et grande surface de refroidissement; l'intensité maxima utilisée varie entre 300 et 500 ampères (fig. 8).

Détection des points dangereux

Notre figure 5 montre les déformations théoriques introduites dans le champ d'aimantation d'une pièce de métal « ferreux » par des entailles géométriques locales telles que des encoches ou des trous.

Ce sont là des cas schématiques, et la perturbation des « fantômes » se présente dans la pratique sous forme de traits beaucoup plus minces, correspondant au tracé des fissures. Il est néanmoins remarquable que le trait de poudre forme un *cordonnnet* beaucoup plus large que la fissure elle-même; ainsi peuvent être détectées des fêlures « capillaires », invisibles pour la vision directe (fig. 9 et 10).

Pour la détection des défauts de surface et des défauts situés à faible profondeur, le nouveau procédé d'investigation par la poudre magnétique rend dès à présent les plus grands services. On remarquera que ce sont là les défauts les plus fréquents, du fait des « contraintes » mécaniques et thermiques auxquelles est soumis le métal, au cours de la forge ou de la coulée et des « traitements » subséquents, ainsi que de l'usinage; en outre, nous avons montré (1) comment ces défauts superficiels provoquent des *concentrations d'effort* redoutables, amenant la rupture; c'est ainsi qu'une simple strie, à la surface d'une « barre de torsion » de suspension d'automobile peut amorcer une fissure qui gagne de proche en proche et finit par couper la barre! Il semble donc que la méthode de la poudre magnétique soit appelée à se développer parallèlement à l'examen par les rayons X qu'elle vient préciser et compléter.

Pierre DEVAUX.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 240, page 425.

LES STATIONS SYNCHRONISÉES

par A. LORIAN

La Conférence Internationale qui s'est réunie à Montreux au début de l'année 1939 et qui a arrêté les termes de la Convention européenne de radiodiffusion du 15 avril 1939, avait pour mission de fixer la répartition des fréquences entre les stations de radiodiffusion de la zone européenne.

C'était là une tâche difficile en raison du nombre même des stations à prévoir, chacune d'elles devant, pour des raisons techniques que nous avons maintes fois évoquées, couvrir une certaine bande (large de quelque 9 000 cycles) sur l'échelle des fréquences réservées à la radiodiffusion. C'est ainsi que dans la bande de 500 à 1 560 kilocycles (longueurs d'ondes comprises entre 600 et 192 m 3), en regard de 343 demandes on ne pouvait inscrire que 116 longueurs d'ondes utilisables. C'est pourquoi on a dû se résoudre à donner la même longueur d'onde à plusieurs stations de radiodiffusion en adoptant, selon les cas, les dispositions réglementaires voulues pour assurer une écoute convenable de ces stations.

En particulier, et pour le service national, la Convention de Montreux a prescrit la constitution de réseaux de stations synchronisées, chaque réseau comprenant « deux ou plusieurs stations des mêmes pays utilisant une même fréquence et émettant un même programme ».

On trouvera en annexe le tableau des synchronisations prévues pour la France d'après le plan de Montreux.

Il n'est pas douteux que si l'on pouvait ne considérer que le rayonnement direct

des émetteurs, c'est-à-dire le rayonnement qui suit à peu de chose près la surface de la terre, l'utilisation de stations synchronisées ne présenterait pas de difficultés si ces stations étaient suffisamment distantes les unes des autres. Mais il faut compter avec le rayonnement indirect, celui qui parvient au récepteur après avoir parcouru un trajet plus ou moins long dans les couches supérieures de l'atmosphère, où il se réfléchit, irrégulièrement d'ailleurs, sur des couches ionisées. Son amortissement, la nuit, est particulièrement faible et, de ce fait, ce rayonnement indirect permet des portées considérables, même avec des aériens à faible rayonnement zénithal.

On ne peut éviter, dans ces conditions, de se demander ce que sera l'écoute en tout point où le rayonnement des différents émetteurs parviendra avec des amplitudes comparables.

On sait que, moduler un émetteur, c'est

imprimer à l'onde produite par l'émetteur et qui, de ce fait, est appelée *onde porteuse*, une amplitude qui varie suivant les fluctuations d'un courant microphonique, le taux de modulation étant d'autant plus élevé que cette impression est plus profonde.

Ce courant microphonique est la somme des cou-

rants élémentaires dont les fréquences s'échelonnent entre 30 et 10 000 périodes par seconde environ. Pour simplifier, supposons que le courant microphonique ait une fréquence unique f , la porteuse étant de fréquence F . On sait que dans ces conditions tout se passe comme

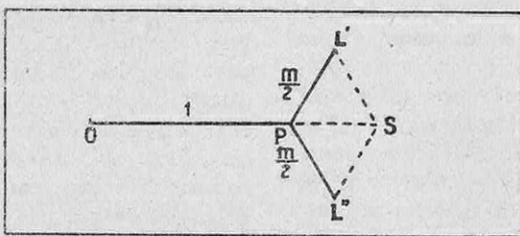


FIG. 1. — SCHÉMA DU CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE A LA RÉCEPTION D'UN ÉMETTEUR DE RADIODIFFUSION

Le champ OP dû à l'onde porteuse se compose avec les champs PL' et PL'' dus aux ondes latérales provenant de la modulation pour donner le champ résultant OS.

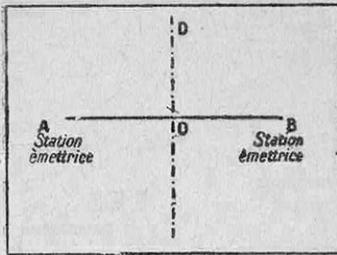


FIG. 2. — DANS LE CAS DE DEUX POSTES ÉMETTEURS SYNCHRONISÉS ET DE MÊME PUISSANCE, LES INTERFÉRENCES SE FONT SENTIR AU MAXIMUM SUR LA LIGNE D

de modulation, la troisième, de fréquence $F - f$ égale à la différence de ces deux fréquences.

L'onde ainsi modulée va produire en un point un champ électromagnétique qui sera la résultante de trois champs élémentaires (fig. 1) :

- le champ OP , dû à l'onde porteuse, d'amplitude prise égale à l'unité;
- le champ PL' , dû à l'onde latérale supérieure $F + f$, et dont l'amplitude est égale à la moitié de l'amplitude de la modulation;
- le champ PL'' , dû à l'onde latérale inférieure $F - f$ et de même amplitude.

En dehors de toute interférence, par conséquent, les champs dus aux ondes latérales sont de même amplitude, et également inclinés sur le champ dû à l'onde porteuse.

Considérons maintenant deux stations synchronisées A et B, d'égale puissance, de même fréquence F et dont les émissions sont modulées avec une même fréquence unique f et même taux de modulation que précédemment. C'est évidemment au voisinage de la perpendiculaire D au milieu de AB (fig. 2) que les interférences sont le plus marquées, car les amplitudes y sont à peu près égales.

Du fait de ces interférences, le diagramme du champ en un point s'établit conformément à la figure 3. On retrouve les trois champs élémentaires mis en évidence dans le cas où on n'avait affaire qu'à une seule onde modulée :

- le champ OP dû à l'interférence des deux porteuses;
- le champ PL' dû à l'interférence des deux ondes latérales supérieures;
- le champ PL'' dû à l'interférence des deux ondes latérales inférieures.

si l'on avait affaire à trois ondes, l'une de fréquence F égale à la fréquence porteuse, l'autre de fréquence $F + f$ égale à la somme de la fréquence porteuse et de la fréquence

Mais cette fois les champs PL' et PL'' , tout en restant également inclinés sur le champ OP sont d'amplitude inégale, de sorte que le champ résultant OS n'est plus aligné sur OP .

On constate, en comparant les diagrammes 2 et 3, que l'interférence des deux stations A et B introduit une distorsion, distorsion qui peut devenir considérable en certains points. Les amplitudes des bandes latérales peuvent prendre des valeurs très différentes et le point S peut même passer à gauche de O.

Pour réduire la distorsion, il faut :

a) *Rendre égales les amplitudes PL' et PL'' .* On y parviendra en annulant le déphasage de modulation des deux émetteurs, déphasage dû au fait que le studio de départ de la modulation n'est pas à égale distance des émetteurs; il faudra donc intercaler sur les lignes qui relient le studio aux émetteurs des lignes « artificielles » qui assurent l'équidistance électrique.

b) *Donner à la composante due à la porteuse une valeur nettement supérieure à la composante due aux bandes latérales.* On y parviendra en utilisant un taux de modulation faible. L'expérience a montré qu'il était dangereux de dépasser un taux de modulation de 30 %.

Jusqu'ici, nous avons admis que les deux porteuses avaient rigoureusement la même fréquence; dans la pratique, il n'en est rien. Malgré toutes les précautions prises pour synchroniser les deux émissions, il existe toujours un écart entre les fréquences des porteuses.

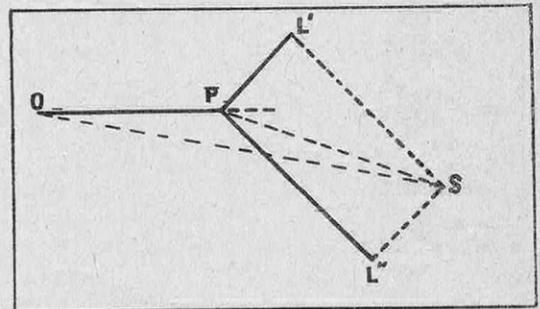


FIG. 3. — SCHEMA DU CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE A LA RÉCEPTION DE DEUX ÉMETTEURS DE RADIODIFFUSION SYNCHRONISÉS

Le champ OP , dû à l'interférence des deux ondes porteuses, se compose avec les champs PL' et PL'' dus à l'interférence des ondes latérales pour donner le champ résultant OS .

L'interférence de deux porteuses va donc produire une modification périodique du champ. La distorsion que nous avons décelée en certains points de la zone d'action des émetteurs va donc se produire périodiquement en tous les points où les champs des émetteurs restent d'intensité comparable : on aura donc des battements de distorsion qui rendront l'écoute désagréable, sinon impossible.

Pour éviter ce défaut, il est nécessaire de rendre ce battement aussi long que possible, en réduisant autant que possible l'écart des fréquences.

Le plan de Montreux dispose, dans son article 3, que « dans les réseaux de stations synchronisées, l'écart de deux quelconques des émetteurs synchronisés ne devra à aucun moment dépasser 0,1 cycle ».

Dans ce cas, la période des battements dont nous venons de parler serait de dix secondes.

Les prescriptions du plan de Montreux conduisent donc à une synchronisation insuffisante. Il est heureusement techniquement possible maintenant de réduire

à 10^{-10} l'écart entre deux fréquences. Si nous considérons une onde de fréquence 1 000 kilocycles (longueur d'onde 300 mètres), on arrive alors à une durée du battement égale à

10 000 secondes, soit 2 h 45 environ.

Pour obtenir la synchronisation des stations, on a pensé tout d'abord à réaliser un asservissement de tous les émetteurs au moyen d'une émission pilote radioélectrique.

On a dû y renoncer en raison des difficultés rencontrées dans cette voie. On a alors été conduit à utiliser des liaisons par câbles. Les câbles ne laissant pas passer les

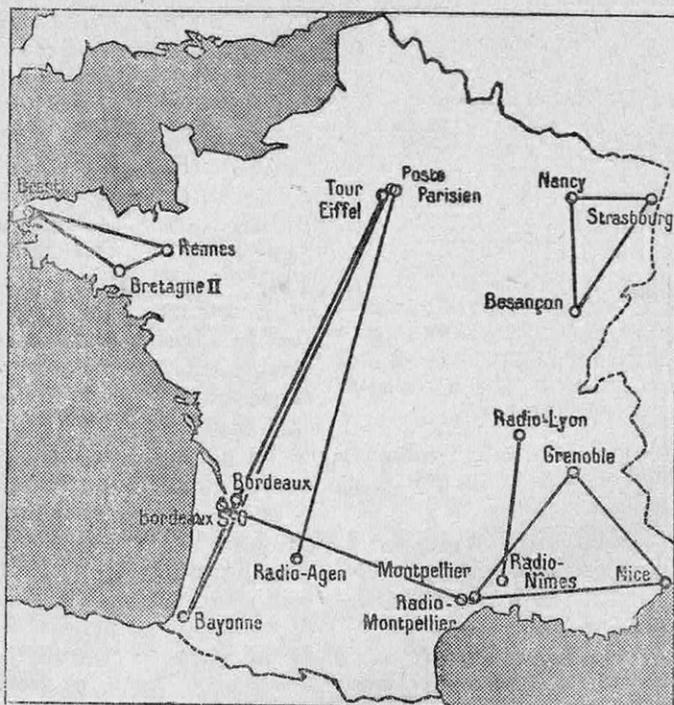


FIG. 5. — CARTE DES STATIONS SYNCHRONISÉES PRÉVUES POUR LA FRANCE D'APRÈS LE PLAN DE MONTREUX, LEQUEL DEVAIT ENTRER EN VIGUEUR LE 4 MARS 1940

Nom des émetteurs	Longueur d'onde en mètres	Fréquence en kilocycles	Puissance en kW
BESANÇON.....	334,1	898	en projet
NANCY.....			80
STRASBOURG.....			2
RADIO-AGEN.....	306,4	979	60
POSTE PARISIEN.....			120
RENNES.....	271,5	1105	en projet
BREST.....			—
BRETAGNE II.....			
GRENOBLE.....	256,8	1168	15
MONTPELLIER.....			0,5
NICE.....			60
BORDEAUX.....	249,2	1204	60
TOUR EIFFEL.....			20
BAYONNE.....			en projet
RADIO-LYON.....	233,5	1285	25
RADIO-NIMES.....			2
BORDEAUX-SUD-OUEST.....	225,6	1330	25
RADIO-MONTPELLIER.....			2

TABLEAU DES SYNCHRONISATIONS PRÉVUES POUR LA FRANCE D'APRÈS LE PLAN DE MONTREUX

fréquences au-dessus d'une certaine valeur, appelée fréquence de coupure et qui se situe dans les environs de 3 000 périodes par seconde, on a choisi comme fréquence pilote une fréquence voisine de 2 000 périodes par seconde. La figure 4 donne le schéma du dispositif établi par la maison Lorenz.

Un émetteur E_1 du réseau est choisi comme émetteur directeur. Une partie du

Dans l'exposé qui précède, nous nous sommes placés dans les conditions les plus défavorables, en n'examinant que le cas où les champs des deux stations synchronisées avaient des intensités comparables. L'expérience a montré que chaque fois que ces champs étaient entre eux dans le rapport 1 à 2, l'écoute était agréable.

En résumé, l'interférence des émissions

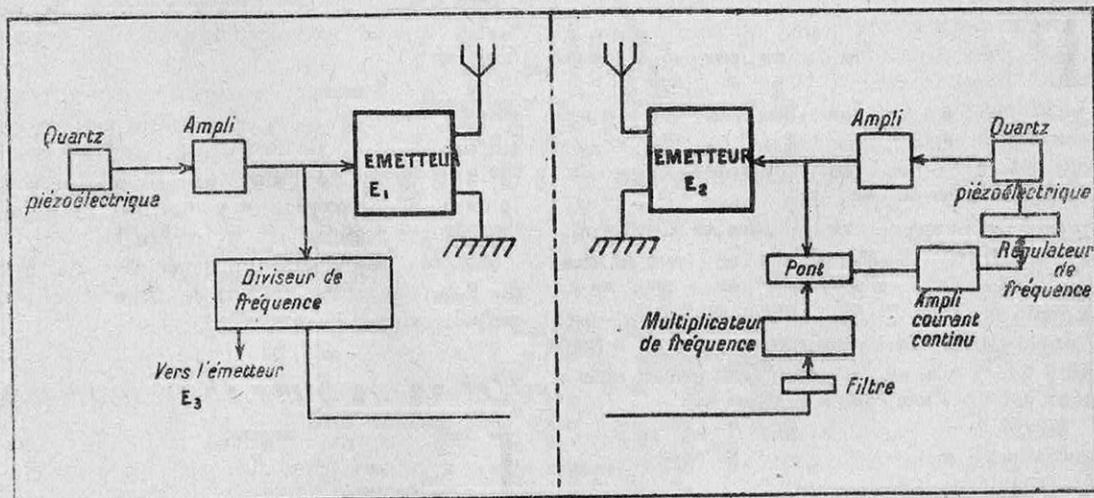


FIG. 4. — SCHEMA DU DISPOSITIF DE SYNCHRONISATION AUTOMATIQUE DE DEUX STATIONS ÉMETTRICES DE RADIODIFFUSION STABILISÉES EN QUARTZ PIÉZOÉLECTRIQUE

courant haute fréquence, produit par le maître oscillateur stabilisé par quartz, est dérivé dans un diviseur de fréquence qui ramène la haute fréquence à une fréquence voisine de 2 000. Cette fréquence pilote est transmise par câble aux différents émetteurs à synchroniser. A l'arrivée à l'émetteur E_2 , par exemple, la fréquence pilote est filtrée et élevée à la fréquence de synchronisation par un multiplicateur. Le courant de haute fréquence ainsi reconstitué est appliqué à un pont en même temps qu'une dérivation du courant haute fréquence produit par le maître oscillateur de l'émetteur E_2 . En cas de désaccord de fréquence, le courant issu du pont agit sur un régulateur de fréquence dont le rôle est de déplacer la lame d'un petit condensateur en parallèle sur le quartz stabilisateur.

Le même dispositif peut être mis en œuvre en remplaçant l'émetteur directeur E_1 par un générateur à diapason entièrement séparé et commandant tous les émetteurs du réseau synchronisé.

de deux stations synchronisées provoque une distorsion à la réception dans une certaine zone. Pour réduire et stabiliser cette zone d'écoute désagréable, il faut :

Réduire, plus encore que le prescrit le plan de Montreux, l'écart des fréquences ;

Ne jamais dépasser un taux de modulation de 30 % ;

Supprimer le déphasage des modulations.

Malgré toutes ces précautions, il est inévitable que, dans certaines zones, l'écoute d'un réseau de stations synchronisées soit inconfortable, la distorsion rémanente dans ces régions restant encore trop élevée. On ne saurait donc être trop prudent dans la mise en application des règles de synchronisation édictées par la Conférence de Montreux. Il sera nécessaire de procéder à une étude serrée des conditions de propagation, de la configuration du pays et de la densité des auditeurs. On sera vraisemblablement conduit à modifier sensiblement le tableau donné en annexe des réseaux synchronisés.

A. LORIAN.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

Bouilleur électrique miniature

PAS plus encombrant qu'une lampe à incandescence dont il présente d'ailleurs la forme, le générateur de vapeur représenté ci-dessous possède cependant un rendement thermique de 90 %, car les enroulements chauffants sont directement immergés dans l'eau. Il est capable de préparer de la vapeur surchauffée à 180° C à partir d'eau froide en moins de 15 secondes. L'appareil peut être connecté dans le circuit d'éclairage; il est construit en trois modèles : 1 000, 1 500 et 2 000 watts et il peut s'évaporer environ 2,5 kg de vapeur à l'heure.

Relié à la canalisation d'eau par un petit tube situé à sa partie inférieure, le

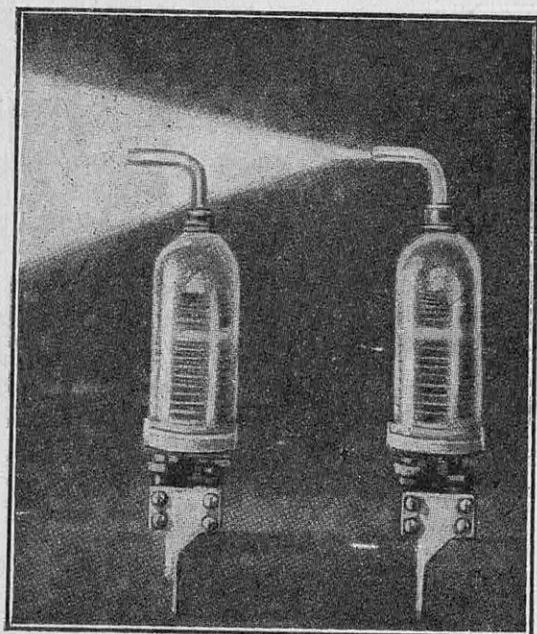


FIG. 7. — LE BOUILLEUR ÉLECTRIQUE MINIATURE

Ne mesurant que 20 cm de haut, il fournit de la vapeur à 180° C dont le jet peut être utilisé soit pour stériliser des instruments ou récipients, soit pour réchauffer de l'eau.

bouilleur se remplit automatiquement d'eau à moitié. L'enveloppe cylindrique mesurant 2 cm en tout est fabriquée en verre transparent spécial capable de résister à une pression interne de 1,8 kg par cm².

Le fil résistant, enroulé autour d'un noyau, occupe la plus grande partie de l'espace dans le bouilleur, ne laissant qu'une capacité libre de 140 g d'eau à la fois. Ceci explique pourquoi la génération de vapeur est très rapide.

Un tel générateur permet de chauffer de l'eau en immergeant le tube d'échappement dans un vase plein d'eau.

Prises de vues sous-marines

LES progrès réalisés dans la construction des objectifs (grande luminosité), l'accroissement de sensibilité des émulsions, autorisent aujourd'hui d'excellentes prises de vues sous-marines. Toutefois, certaines précautions sont à prendre.

D'une part, en effet, l'eau étant plus transparente pour les radiations bleues-vertes du spectre, la couleur dominante sous l'eau est le bleu, d'où un risque de voile sur les films ordinaires ou orthochromatiques. Un écran-filtre, absorbant ces radiations, permet d'y remédier.

D'autre part, l'eau a un indice de réfraction supérieur à celui de l'air, autrement dit les rayons lumineux, issus d'un objet immergé, sont moins déviés par la première face de l'objectif que ceux qui seraient émis par un objet situé dans l'air. Dans l'eau, les objets paraissent plus grands, aussi bien pour l'œil que pour la camera. La mise au point doit être effectuée aux trois quarts de celle indiquée pour la prise de vues dans l'air et un système optique, modifiant la distance focale de l'objectif, doit être placé devant ce dernier.

Quant à la luminosité, elle est suffisante entre 10 h 30 mn et 15 h 35 mn, à la condition de ne pas dépasser de 7,5 à 10,5 m. On peut d'ailleurs avoir recours à la lumière artificielle rouge.

Le numéro de DÉCEMBRE 1940

de **la Science
et la Vie**

sera un magnifique **NUMÉRO SPÉCIAL** exclusivement consacré aux problèmes d'actualité que pose le développement de notre production agricole en vue d'améliorer, malgré le blocus, le ravitaillement de la France en produits naturels et en produits de remplacement.

★ Il rassemblera en un véritable volume de **180 pages** abondamment illustrées, une documentation unique sur les aspects techniques, scientifiques et économiques des questions agricoles à l'ordre du jour.

★ Il exposera les solutions immédiates de quelques-uns des graves problèmes de notre ravitaillement national : corps gras, lait, vitamines, viandes, textiles artificiels, savon, carburants...

★ Il passera en revue les plus récentes applications du progrès scientifique et technique aux exploitations agricoles : engrais chimiques et bactériens, sélection des espèces, lutte contre les ennemis des cultures, labourage électrique, silos à céréales et à fourrage, motoculture, gazogène rural...

★ Il montrera l'orientation nouvelle imprimée aux exploitations rurales, et l'intérêt actuel de cultures inédites qui permettront, en palliant les insuffisances de notre production présente, de tirer le maximum de rendement du sol de France.

Le numéro spécial de **la Science et la Vie** de Décembre 1940
SERA MIS EN VENTE POUR NOËL



Assurez-vous cette magnifique livraison, en souscrivant, dès maintenant, un abonnement au prix habituel (Compte de Chèques Postaux : Toulouse 184-05)

Enfin, on sait que la diffusion de la lumière dans l'eau produit un effet de brouillard plus accentué que le brouillard terrestre. Un filtre coloré peut l'atténuer, mais, comme ce filtre doit correspondre à la région du spectre pour laquelle l'eau offre le maximum de transparence, on risque de supprimer une part importante de l'action photographique. On peut d'ailleurs obvier à cet inconvénient au moyen d'écrans polarisateurs (polaroid), en multipliant toutefois le temps de pose par 2 ou par 3.

Signal lumineux antibrouillard

Deux conditions sont à réaliser pour obtenir un signal lumineux perceptible à grande distance par temps de brume sans nécessiter une trop grande dépense d'énergie : il faut, d'une part, utiliser une lumière à laquelle l'œil présente le maximum de sensibilité; d'autre part, choisir les radiations les moins absorbées par les fines gouttelettes d'eau qui constituent le brouillard.

Or, on sait que l'œil est surtout sensible aux radiations situées dans la zone du jaune et que les longueurs d'onde les moins absorbées sont dans le rouge et l'infrarouge. Enfin, il faut chercher à supprimer les radiations inutiles et toute perte d'énergie.

La lumière froide du néon luminescent paraît répondre à ces conditions. Toutefois on sait qu'il faut exciter la luminescence au moyen d'un courant de tension convenable. Si l'on dispose de courant alternatif, un transformateur suffit pour résoudre le problème. Dans le cas contraire, on doit avoir recours à un vibreur ou à un oscillateur à lame de cristal.

Une solution a été mise au point pour utiliser la source d'énergie d'une automobile par exemple (accumulateurs). Le générateur haute tension est constitué par une bobine d'induction et un rupteur à lame monté sur un support dans l'axe d'un réflecteur. La bobine est connectée au tube à néon enroulé en spirale situé dans le réflecteur. Elle est accordée sur la longueur d'onde optimum au moyen d'un condensateur. Le tout est enfermé dans un carter analogue à celui d'un phare d'automobile.

Ce signal, peu encombrant et léger, peut être utilisé pour la couverture d'automobile ou de travaux dans le brouillard, pour la signalisation optique, etc.

V. RUBOR.

N. D. L. R. — La table des matières du tome LVII (janvier à juin 1940), qui n'avait pu être imprimée par suite des circonstances, sera adressée à tous nos abonnés avec le numéro de décembre 1940.

La table du tome LVIII (septembre à décembre 1940) sera expédiée avec le numéro de janvier 1941. Ces tables peuvent être adressées aux lecteurs ou abonnés qui nous en feront la demande au reçu de la somme de 2 fr 50 par table.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement af- franchis.	{ 1 an. 55 fr. 6 mois. 28 fr.		Envois recommandés.	{ 1 an. 65 fr.
---	--	--	-----------------------------	------------------------

BELGIQUE

Envois simplement af- franchis.	{ 1 an. 75 fr. (français) 6 mois. 40 fr. —		Envois recommandés.	{ 1 an. 96 fr. (français) 6 mois. 50 fr. —
---	---	--	-----------------------------	---

ÉTRANGER

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 af- franchis.	{ 1 an. 100 fr. 6 mois. 52 fr.		Envois recommandés.	{ 1 an. 120 fr. 6 mois. 65 fr.
---	---	--	-----------------------------	---

Pour les autres pays :

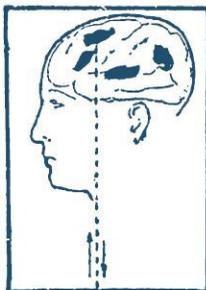
Envois simplement af- franchis.	{ 1 an. 90 fr. 6 mois. 46 fr.		Envois recommandés.	{ 1 an. 110 fr. 6 mois. 56 fr.
---	--	--	-----------------------------	---

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 : actuellement : 22, rue Lafayette, Toulouse (Haute-Garonne). — Chèques postaux : Toulouse 184.05.

Imprimerie Régionale. — Toulouse.

Le Gérant : L. LESTANG.



Les pouvoirs insoupçonnés que chacun de nous possède sont autant de

TRÉSORS CACHÉS

Le manque de confiance, timidité, surmenage, nervosité, etc..., vous empêchent de connaître le Succès

Les bracelets MAGNETIQUES R. M. vous permettront d'acquérir VOLONTÉ et PUISSANCE PERSONNELLE pour REUSSIR

GRATUITEMENT. — Vous recevrez notices, indications utiles

pour vous procurer ces véritables accumulateurs de forces. Ecrivez ; Laboratoires ATHYS (Section R), 14, rue Centrale, à Lyon. - Cette demande ne vous engage en rien.

ENVOI GRATUIT

LIP

fabrique ses montres dans son usine d'ISSOUDUN, zone libre,

et réalise pour l'industrie tout ce qui concerne la mécanique horlogère, outillages, métrologie, petite mécanique de précision, etc., etc.

C. YB., Publicité.

COMMERÇANTS... INDUSTRIELS...

à l'heure actuelle, notre Revue est la seule en zone libre qui vous permette de diffuser vos produits parmi une vaste clientèle sélectionnée.

UTILISEZ les pages d'annonces de "LA SCIENCE ET LA VIE"

DEVENEZ



CELUI OU CELLE A QUI TOUT REUSSIT

Il ne tient qu'à vous de modifier votre existence du tout au tout avec la méthode de

L'INSTITUT PSYCHOLOGIQUE DE RÉÉDUCATION

Par des moyens simples, ingénieux, nous garantissons

LE SUCCÈS

Vous réussirez en acquérant : les facultés qui vous le feront obtenir. Que vos entreprises soient sentimentales, intellectuelles, industrielles, il vous faut posséder

LE POUVOIR PERSONNEL

Vous l'obtiendrez en développant votre magnétisme, qui révélera les forces insoupçonnées qui sont en vous. Nous en avons donné le moyen à tant d'autres qui nous doivent d'être sortis de la médiocrité. Vous les considérez comme des privilégiés dont vous envirez la situation et l'existence heureuse. Nous avons déjà des élèves. Chaque jour nous en amène. Tout près de vous, peut-être, vit celui qui vous le livrera la situation convoitée, l'amour espéré, le bonheur attendu. Ne demeurez pas dans l'indécision. Votre avenir dépend du geste que vous allez faire pour vous demander le luxueux ouvrage de 80 pages que nous vous adresserons

GRATUITEMENT

Cet ouvrage, d'une certaine valeur, est accompagné d'une importante et luxueuse documentation. Il vous apportera la clef du succès et le moyen de vaincre, de dominer.

Vous y trouverez également tous les renseignements sur notre

COURS DE PUISSANCE SECRÈTE sur la révélation du POUVOIR PERSONNEL

Culture de la mémoire, guérison de la timidité, développement de la volonté et de l'esprit, sur la maîtrise de soi-même et les secrets du charme.



Ecrivez immédiatement à
L'INSTITUT PSYCHOLOGIQUE D'ENSEIGNEMENT ET DE RÉÉDUCATION (Service V), 3, rue de la République, Lyon (Rhône). Notre envoi, soigneusement enveloppé, ne porte pas de marques extérieures. Cette demande ne vous engage en rien et vous ne serez nullement importuné par la suite, quelle que soit votre décision. Joindre 3 francs en timbres-poste pour frais d'écritures et d'envoi.



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, Construc-
tions aéronautiques, Électricité,
Radiotechnique, Chimie indus-
trielle.

COMMERCE

SECRÉTAIRE, COMPTABLE ET
DIRECTEUR.

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET APPLIQUÉES

Etude et développement par
correspondance des Sciences
mathématiques et appliquées
depuis les cours d'initiation
jusqu'aux cours les plus élé-
vés.

Arithmétique, Géométrie, Algè-
bre, Trigonométrie, Mécanique,
Cosmographie, Géométrie des-
criptive, Mathématiques généra-
les, Calcul différentiel, Calcul
intégral, Géométrie analytique,
Physique, Chimie, Électricité, Ré-
sistance des matériaux.

MARINE MARCHANDE

Les nouvelles constructions pré-
vues pour la Marine Marchande
ainsi que son futur développement
et les nouveaux statuts qui sont
prévus en font une carrière des
plus intéressantes pour les jeun. s
gens.

On peut être admis à partir de
13 ans dans les cours préparatoi-
res, à 16 ans dans le cours d'As-
pirant. Les examens officiels d'E-
lève-Officier ont lieu à 17 ans.

Examens officiels préparés à
l'École : Entrée dans les Écoles de
Navigation, Brev 1 d'Elève-Offi-
cier (Pont, Machines, T.S.F.), Bre-
vets de Lieutenants, d'Officiers
Mécaniciens et d'Officiers-Radios.

T. S. F.

Carrière d'avenir à condition
de posséder l'un au moins des
trois brevets officiels délivrés
par le Ministère des P.T.T. :

Certificat spécial, Certificat d'Opé-
rateur de 2^e classe, Certificat
d'Opérateur de 1^{re} Classe.

De nombreuses situations ad-
ministratives.

AVIATION CIVILE

Brevets de Navigateurs aériens.
Concours d'Agents techniques et
d'Ingénieurs Adjoints.

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