

# SCIENCE ET VIE

SEPTEMBRE 1945

N° 336

20 FRANCS



# Bénéficiaires...

toute votre vie du renom d'une Grande Ecole Technique

# Devenez...

un de ces spécialistes si recherchés, un technicien compétent,

# En suivant...

les cours de l'



## ECOLE CENTRALE DE T.S.F.

12, RUE DE LA LUNE PARIS

COURS DU JOUR, DU SOIR  
OU PAR CORRESPONDANCE

Demander le Guide des Carrières gratuit

### "Je vous apprendrai à dessiner..." dit Marc Saurel, créateur de la nouvelle méthode: "LE DESSIN FACILE"

POUR peu que vous aimiez le dessin, vous pouvez acquérir en moins d'un an, toutes les notions qui font la base de l'éducation artistique et connaître la joie de dessiner. Le talent n'est pas un don du ciel, il s'acquiert par la méthode, la pratique, le métier.



• 34 ans de pratique et de succès continuels ont permis à Marc SAUREL de créer sa nouvelle méthode d'enseignement du dessin par correspondance: "LE DESSIN FACILE", qui obtient chaque jour le plus éclatant succès.

Pour les adultes:

**"LE DESSIN FACILE"** Croquis, Paysage, Portrait, Caricature, Nu académique, Perspective, Anatomie, etc.  
**"LA PEINTURE FACILE"** Technique de l'aquarelle, de la gouache et de la peinture à l'huile.

Pour les enfants de 6 à 12 ans:

**"JE DESSINE"**: Petit cours amusant et instructif en 10 leçons.

Autres cours techniques:

DESSIN INDUSTRIEL - DESSIN ANIMÉ DE CINÉMA - DESSIN DE MODE - AFFICHE ET PUBLICITÉ - ILLUSTRATION POUR LIVRES ET JOURNAUX - DESSIN DE LETTRES.

Demandez la brochure qui vous intéresse en joignant 6 francs en timbres et le bon ci-contre.

**BON**  
SV 62

**"LE DESSIN FACILE"** 11, RUE KEPPLER, PARIS-16<sup>e</sup>

### "LA PHOTO FACILE"

95% des Amateurs

se servent mal de leur appareil et se font au hasard!

Demandez-nous aujourd'hui la magnifique brochure illustrée SV 63 que vous présente le nouveau Cours de Photographie par correspondance "LA PHOTO FACILE" établi par l'un des Maîtres de la photographie moderne, Lucien LORELLE, selon les célèbres méthodes de Marc SAUREL. Au lieu de gâcher votre temps et votre argent, vous deviendrez en quelques mois un excellent artiste de l'objectif capable de réussites dignes des meilleurs professionnels. Maître de son appareil et de sa technique la photographie connaît les mêmes joies inépuisables que le peintre et le dessinateur car la photo est un art qui est à votre portée.

Joindre 6 frs en timbres pour frais.

**"LA PHOTO FACILE"**

11, RUE KEPPLER, PARIS (16<sup>e</sup>)

## Les cours par correspondance DE L'ÉCOLE UNIVERSELLE

permettent à ses élèves d'effectuer le minimum de progrès dans le minimum de temps. Ceux de ces cours qui préparent aux examens et aux concours publics conduisent chaque année aux succès plusieurs milliers d'élèves.

Vous pouvez faire CHEZ VOUS, QUELLE QUE SOIT VOTRE RÉSIDENCE, sans déplacement, sans abandonner l'emploi qui vous fait vivre, en utilisant simplement vos heures de loisirs, avec le MINIMUM DE DÉPENSES, quel que soit votre âge, en toute discrétion si vous le désirez, toutes les études que vous jugerez utiles pour compléter votre culture, pour obtenir un diplôme universitaire, pour vous faire une situation dans un ordre quelconque d'activité, pour améliorer la situation que vous pouvez déjà occuper ou pour changer totalement d'orientation.

L'École Universelle vous adressera gratuitement, par retour du courrier, celle de ses brochures qui vous intéresse et tous renseignements qu'il vous plaira de lui demander.

**BROCHURE L. 81.980.** — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, etc.

**BROCHURE L. 81.981.** — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.

**BROCHURE L. 81.982.** — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.

**BROCHURE L. 81.983.** — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.

**BROCHURE L. 81.984.** — POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE : Administrations financières, P. T. T., Police, Ponts-et-Chaussées, Génie rural, etc...

**BROCHURE L. 81.985.** — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS. Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

**BROCHURE L. 81.986.** — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.

**BROCHURE L. 81.987.** — COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc... Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

**BROCHURE L. 81.988.** — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.

**BROCHURE L. 81.989.** — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc.

**BROCHURE L. 81.990.** — CARRIÈRES de l'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.

**BROCHURE L. 81.991.** — CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.

**BROCHURE L. 81.992.** — CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE (Pont, Machines, Commissariat).

**BROCHURE L. 81.993.** — CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariats, bibliothèque, etc...)

**BROCHURE L. 81.994.** — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.

**BROCHURE L. 81.995.** — ARTS DU DESSIN : Professorats, Métiers d'art, etc.

**BROCHURE L. 81.996.** — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc.

**BROCHURE L. 81.997.** — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.

**BROCHURE L. 81.998.** — CARRIÈRES DU CINÉMA.

**ÉCOLE UNIVERSELLE**

LYON, 11-12, place Jules-Ferry — 59, boulevard Exelmans, PARIS

## Apprenez l'ANGLAIS

C'est aujourd'hui plus que jamais votre devoir, à l'heure où la Victoire resserre encore davantage les liens qui nous unissent à nos Alliés et que nos relations d'amitié reconnues indispensables deviennent chaque jour de plus en plus étroites.

Apprenez l'anglais, c'est aussi votre intérêt, car bientôt, dans tous les domaines, commerce, tourisme, sport, politique, diplomatie, etc..., nous aurons besoin de l'anglais et celui qui ne saura pas cette langue sera terriblement handicapé.

Mais apprendre l'anglais c'est encore acquérir des joies nouvelles, d'abord celle de mieux connaître la vie anglaise, les grands journaux, les magnifiques magazines de Londres, d'écouter et de comprendre les concerts de la radio; enfin le plaisir de goûter dans la langue originale les bons films qui, « doublés », perdent la moitié de leur valeur.



Sachez maintenant que par la Méthode LINGUAPHONE quelques mois suffisent pour apprendre l'anglais. A

l'aide de disques et de livres par le son, par l'image et par le texte, cette méthode de réputation mondiale vous enseigne chez vous la langue parlée et la langue écrite. Votre accent est parfait et vous écrivez correctement après seulement quelques semaines; vous êtes très vite étonné de pouvoir vous débrouiller avec des Anglais ou des Américains.

*La preuve... il vous suffit de nous demander notre brochure C. B. 9 qui vous donnera tous renseignements sur notre méthode (joindre 6 frs en timbres pour tous frais) ou mieux, si vous habitez Paris, venez à notre Institut, nous vous ferons une démonstration personnelle.*

## LINGUAPHONE

Service CB 9, 12, rue Lincoln (Champs-Élysées) PARIS

AU SERVICE DE L'ESPRIT



Les styles

**AGAP**

*Bien français*



**ANALPEN**

## N'IMPORTE QUI PEUT DESSINER

Il suffit de savoir ÉCRIRE



Croquis d'élève

Car l'écriture c'est déjà du dessin. En effet, quand vous saurez que par la seule utilisation des lignes que vous tracez en écrivant, vous pouvez reproduire ce que vous voyez vous ne résisterez pas plus longtemps au désir de dessiner.

C'est en effet si simple : les lignes que vous tracez ne sont-elles pas les mêmes que celles qui composent les lettres de l'alphabet, les mêmes droites, les mêmes courbes ? Il suffit de les voir. En somme, ce n'est qu'une question de méthode, et vous avez tout intérêt à connaître celle de l'École A. B. C. qui vous permettra d'utiliser pour dessiner l'habileté graphique que vous avez acquise en écrivant.

**A ce propos, la brochure que l'École A. B. C. de dessin met gracieusement à votre disposition vous révélera que c'est dans les deux premières heures de vos études que vous apprendrez comment on dessine.**

Deux heures, puis avançant pas à pas, vous réaliserez chaque jour de nouveaux progrès avec plus de sûreté, avec une joie toujours plus grande. Après avoir pris comme modèles les objets, les décors qui vous sont familiers, vous reproduirez les traits, les attitudes de ceux qui vous sont chers et, de progrès en progrès, vous connaîtrez le bonheur de créer des œuvres où vous pourrez donner toute la mesure de votre personnalité.



Remarquable dessin à la plume par un de nos élèves

**BON**  
pour une  
brochure  
**C. B. 35**

**BROCHURE ILLUSTRÉE**

Demandez notre brochure C. B. 35 (joindre 6 frs. en timbres pour tous frais). Spécifiez bien le cours qui vous intéresse : Cours pour Adultes ou Cours pour Enfants.

**ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN**  
12, rue Lincoln (Champs-Élysées), PARIS

# SCIENCE ET VIE

Tome LXVIII - N° 336

Septembre 1945

## SOMMAIRE

- ★ La bombe atomique, par Maurice-E. Nahmias ..... 91
- ★ Les avions à réaction, par G. Gedovius..... 101
- ★ Hormones et mauvaises herbes, par J. F. .... 114
- ★ La sélection des pilotes d'avions, par E. Lemaire ..... 115
- ★ Les mathématiques et la vie, par A. Sainte-Laguë ..... 120
- ★ Les A côté de la Science, par V. Rubor ..... 130



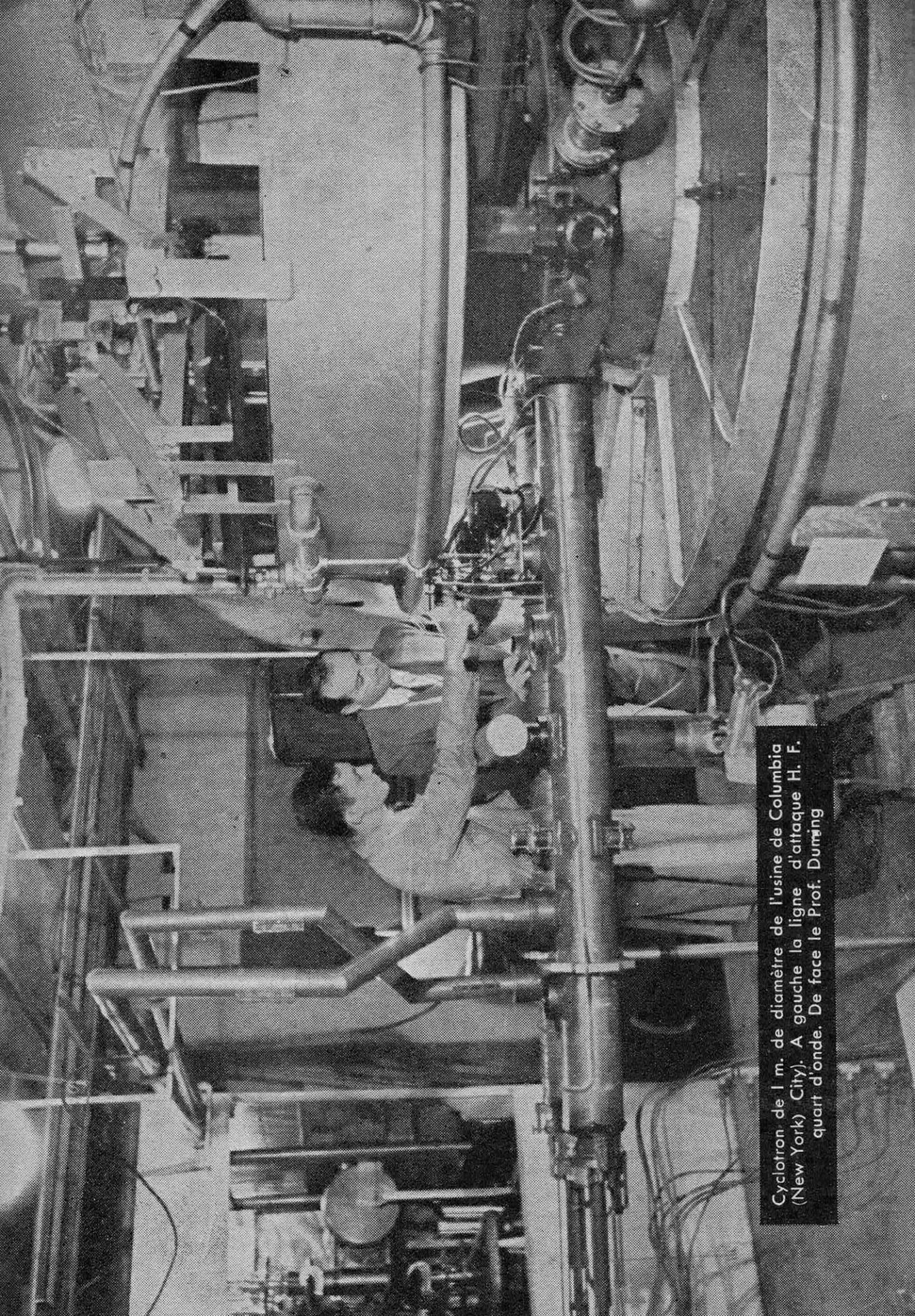
Le dernier record de vitesse officiellement homologué fut établi à la veille de la guerre par l'aviateur allemand Wendel avec 755,138 km/h. Depuis, il est hors de doute que ce record a été battu anonymement par un grand nombre de pilotes de chasse. Quand la paix permettra d'établir un nouveau record, il est vraisemblable que celui-ci approchera de 1 000 km/h et qu'on assistera à son ascension rapide dans les années qui suivront. Ces progrès surprenants sont dus à l'adoption de formules entièrement nouvelles. Tandis que l'avion classique à hélice propulsive se heurte à des difficultés techniques considérables lorsque la vitesse approche de celle du son, les nouveaux propulseurs à réaction ont un rendement d'autant plus intéressant que la vitesse est plus élevée. Il va de soi que les profils aérodynamiques de ces appareils devront être adaptés aux vitesses supersoniques et on assistera à des modifications extrêmement profondes des appareils volants. La couverture du présent numéro représente un Gloster « Meteor », chasseur anglais sans hélice, propulsé par deux moteurs à réaction. Le « Meteor » est un des appareils les plus rapides construits à l'heure actuelle. (Voir l'article sur les avions à réaction page 101.)

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

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « Science et Vie », Septembre mil neuf cent quarante-cinq. Registre du Commerce : Toulouse 3235 B.

**Abonnements : France et Colonies, un an : 200 francs (Recommandé, 250 francs). Chèque postal, 184-05 Toulouse.**

La table générale des matières, analytique et alphabétique, des vingt premières années (numéros 1 à 186, années 1913 à 1932) est envoyée franco contre 25 francs.



Cyclotron de 1 m. de diamètre de l'usine de Columbia (New York City). A gauche la ligne d'attaque H. F. quart d'onde. De face le Prof. Dunning

# LA BOMBE ATOMIQUE

par Maurice-E. NAHMIA

Docteur ès sciences physiques

**L**e lundi 6 août 1945, à 9 heures (temps local), la première bombe atomique était lancée d'un avion sur la base navale japonaise d'Hiroshima, causant des dégâts considérables. Ainsi l'équipe de spécialistes qui travaillait aux Etats-Unis avait, la première, atteint le but. Les recherches envisagées dès 1938 en Allemagne, en France, en Italie, au Danemark, en Angleterre, aux Etats-Unis, en U.R.S.S., au Japon, et que les belligérants poursuivaient avec une hâte fébrile — quelques initiés le savaient — venaient d'aboutir. C'est évidemment en Amérique, où l'on hésite rarement devant les entreprises grandioses, que ces travaux avaient le plus de chances d'atteindre le stade des réalisations pratiques. N'y a-t-on pas consacré, depuis 1940, plus de 150 milliards de francs? Les détails de fabrication de la bombe atomique constituent le « secret », jusqu'ici bien gardé, de cette nouvelle technique. Mais il est cependant possible, d'ores et déjà, de préciser les bases théoriques sur lesquelles repose la construction et le fonctionnement du nouvel engin, et que mettront en œuvre demain les centrales de types nouveaux qui exploiteront les énormes sources d'énergie que la science met aujourd'hui à la portée de l'homme.

**S**il le premier exemple d'exploitation pratique de l'énergie atomique, sous la forme des bombes qui ont achevé l'effondrement du Japon, est le résultat des recherches poursuivies aux Etats-Unis avec les moyens qu'on imagine au cours des deux ou trois dernières années, la découverte fondamentale sur laquelle cette réalisation repose — celle de la rupture explosive des noyaux atomiques de l'uranium et du thorium — remonte à 1939. *Science et Vie* en a exposé les principes dès 1940 (1). Nous les rappellerons ici brièvement.

Au cours des années qui précédèrent la guerre, l'attention des physiciens s'était portée sur les résultats surprenants du bombardement de l'uranium par ces particules de même masse que le proton (noyau de l'atome d'hydrogène), mais électriquement neutres que sont les neutrons. Divers chercheurs, en particulier le physicien italien Fermi, à Rome, étaient parvenus ainsi à produire toute une série de radioéléments pour lesquels il était très difficile de trouver une place dans la classification générale des éléments. On sait que dans celle-ci, dite table de Mendéléjeff, l'uranium, élément 92, occupe la dernière place, ou place présumée telle.

Il fut admis tout d'abord qu'il s'agissait d'éléments « transuraniens », de numéros atomiques supérieurs à 92. Mais après de nombreux tâtonnements et de multiples suggestions venues de divers côtés, on accepta l'hypothèse d'une rupture nucléaire qui scindait l'atome d'uranium en deux noyaux de masse plus petite, ces noyaux instables devenant à leur tour les premiers éléments d'une famille radioactive par émission d'électrons (rayons  $\beta$ ) et aboutissant finalement à des éléments stables. Le physicien et mathématicien danois Niels Bohr, en étudiant mathématiquement de très près l'assemblage de neutrons et de protons dans le noyau de chacun

(1) Voir : « La rupture explosive du noyau d'uranium » (*Science et Vie*, n° 273, mars 1940).

des isotopes de l'uranium (1), arriva à la conclusion que le plus instable, et par conséquent le plus propice au phénomène de scission nucléaire, était celui de nombre atomique 235.

La masse atomique exacte de cet isotope n'est d'ailleurs pas exactement égale à 235. Les neutrons et les protons qui forment les édifices nucléaires ont des masses légèrement supérieures à l'unité (2), et, de plus, les forces nucléaires absorbent une certaine partie de la masse totale dans ce qu'on est convenu d'appeler la « cohésion » ou « perte de masse » dans le noyau atomique. Il s'ensuit donc que la réaction schématisée dans le diagramme de la figure 1 ne doit pas être prise à la lettre. On ignore les masses exactes, à la troisième décimale près, de l'uranium 235, du césium 141 et du rubidium 94. On n'est même pas sûr que les chaînes radioactives soient celles qui figurent sur ce schéma. Ainsi, si le césium formé avait une masse de 140 unités et le rubidium une masse de 93 unités, ce ne serait plus un neutron, mais trois neutrons qui

(1) Des isotopes sont des éléments qui occupent le même rang dans la classification de Mendéléjeff, mais dont les masses atomiques sont différentes. Ils possèdent donc le même nombre d'électrons planétaires gravitant autour du noyau (nombre qui définit leur rang) et par suite leurs propriétés chimiques sont les mêmes. Mais leurs noyaux renferment un nombre de neutrons différent pour chacun d'eux, alors que le nombre des protons, égal à celui des électrons planétaires, ne varie pas. Par suite, la masse du noyau, somme des masses des protons et neutrons qui y sont rassemblés, varie de l'un à l'autre. On connaît un grand nombre d'isotopes pour la plupart des éléments, et l'isolement de ces isotopes présente de graves difficultés, ainsi qu'on en aura l'exemple plus loin.

(2) Rappelons que par définition la masse de l'atome d'oxygène est fixée à 16. Les masses de tous les autres atomes s'en déduisent. La masse du proton (noyau de l'atome d'hydrogène) est ainsi : 1,0081. Celle du neutron n'en diffère pas sensiblement : 1,0010.

seraient « volatilisés ». On sait toutefois qu'un tel phénomène de scission peut se produire avec l'uranium, le thorium ou l'ionium, et que l'on peut le provoquer avec des neutrons, avec des protons, des deutons (noyaux d'hydrogène lourd, de masse 2), des hélions ou particules  $\alpha$  (noyaux d'hélium, de masse 4), et même avec des rayons  $\gamma$  (rayons de nature électromagnétique, comme la lumière et les rayons X, mais de fréquence beaucoup plus élevée). J'ai montré, en 1939, que le radium ne semble pas présenter une probabilité appréciable de rupture nucléaire.

## L'uranium

L'uranium se trouve assez abondamment dans

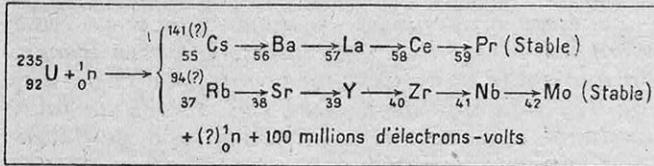


FIG. 1. — SCHÉMA DE LA RUPTURE DU NOYAU D'URANIUM BOMBARDÉ PAR UN NEUTRON

Le noyau d'uranium U (de masse atomique 235 et de nombre atomique 92) est frappé par un neutron (de masse 1 et de charge 0). Il se scinde alors en deux fragments eux-mêmes radioactifs : l'un d'eux, le césium Cs (de masse atomique 141 et de nombre atomique 55) est le chef de file d'une famille d'éléments émetteurs d'électrons, que l'on suppose être successivement le baryum Ba, le lanthane La, le cérium Ce, pour aboutir au praséodyme Pr; le second, le rubidium Rb, donnerait naissance successivement au strontium Sr, à l'yttrium Y, au zirconium Zr, au niobium Nb, pour aboutir au molybdène Mo. On remarquera qu'il subsiste des incertitudes non seulement quant à la réalité de ces désintégrations nécessaires, mais aussi quant à l'exactitude des masses atomiques du césium et du rubidium, et par suite quant au nombre de neutrons libérés par la rupture d'un noyau d'uranium 235.

la nature sous forme d'oxydes. Il existe des mines d'uranium en Tchécoslovaquie, aux États-Unis, au Canada, au Congo belge, en Colombie, en Argentine, etc. Il existe des gisements non exploités en France (Autun).

A mesure que l'uranium se désintègre spontanément (de moitié en quelques milliards d'années), il donne naissance notamment au radium qui s'accumule ainsi dans le minerai. Suivant les vicissitudes géologiques de la couche uranifère, on aura plus ou moins de radium accumulé, d'où les richesses variables en radium des différents gisements terrestres. L'ordre de grandeur est de 1 gramme de radium par tonne de minerai d'oxydes d'uranium. Mais quel que soit le gisement, les pourcentages des isotopes de l'uranium 238, qui est le plus abondant (99,2 %), sont 0,006 % pour le 234, et 0,7 % pour le 235.

L'uranium, qui occupe la 92<sup>e</sup> case du tableau général des éléments, donne par absorption d'un proton ou par émission d'un rayon  $\beta$  l'élément de la case 93, que l'on nomme en France le neptunium. Cet élément est radioactif, émetteur de rayons  $\beta$  (électrons) avec une période de 2 jours (1). La brièveté de sa vie explique pourquoi on ne l'observe pas dans la nature. Il semble être le plus lourd élément chimique connu à ce jour. Les édifices nucléaires deviennent instables à partir de 210 particules, avec

(1) On appelle « période » d'un élément radioactif le temps au bout duquel la moitié de sa masse s'est désintégrée en un autre élément.

quelques rares exceptions pour les édifices moins lourds. A partir de 240 particules, leur vie, si elle est possible, doit être éphémère, et c'est pourquoi nous ne pouvons les observer. Théoriquement, on peut encore concevoir des éléments ayant des numéros atomiques compris entre 93 et 137, mais, de même qu'on ne peut indéfiniment augmenter le volume d'une goutte d'eau sans la rompre, on ne peut ajouter à volonté des particules élémentaires, protons ou neutrons, à un édifice nucléaire sans le briser.

## L'énergie libérée

Du fait de la disparition d'une fraction des masses en présence, on calcule, et l'observation le confirme, qu'il y a dégagement d'une quantité considérable d'énergie. On remarque sur le schéma de réaction de la figure 1, que nous admettons intégralement pour la commodité de l'exposé que les 235 particules qui forment le noyau de l'uranium, recevant la particule neutronique, forment un édifice instable comprenant 236 particules, dont 92 protons. Les deux noyaux de césium et de rubidium rejetés entraînent respectivement 141 particules, dont 55 protons, et 94 particules, dont 37 protons. La somme totale des particules étant 235, il reste donc 1 particule neutre à la suite de cette scission. Le neutron incident se retrouve donc à la fin du phénomène, et si les noyaux environnants sont encore des noyaux d'uranium 235, le phénomène va recommencer, et ainsi de suite jusqu'à épuisement complet de tous les noyaux 235 de l'échantillon où a débuté la réaction lorsque le premier neutron efficace l'a frappé. Il faut évidemment plus d'un neutron pour donner lieu à ce déploiement d'énergie. Tous les projectiles n'atteignent pas le but, qui n'est autre que la cible offerte par chaque noyau d'uranium 235. Mais point n'est besoin de disposer d'une source considérable de neutrons, à condition que la substance irradiée contienne une forte majorité d'uranium 235. S'il en était autrement, chaque noyau « parasite » (uranium 238, oxygène, etc.) serait susceptible d'« avaler » les neutrons primaires (provenant de la source de neutrons) ou secondaires (provenant de la scission d'un noyau 235 frappé par un neutron primaire) sans donner lieu au dégagement d'énergie particulier à la scission du noyau 235. Ces neutrons seraient par conséquent perdus. Si par ailleurs, les familles radioactives formées à la suite de la scission étaient telles qu'il y ait plus d'un neutron libéré après chaque scission individuelle, et la chose est presque certaine, on voit aisément que les réactions successives seraient de plus en plus fréquentes, vu qu'à chaque neutron incident ou secondaire correspondraient deux ou plusieurs neutrons secondaires, tertiaires, etc. Le nombre de neutrons croîtrait ainsi en progression géométrique. En supposant que la « raison » de cette progression soit seulement 2, au bout de 10 rencontres le neutron incident ayant provoqué la première rupture aurait donné naissance à un millier de neutrons secondaires. On admet que les neutrons secondaires, profitant de meilleures conditions

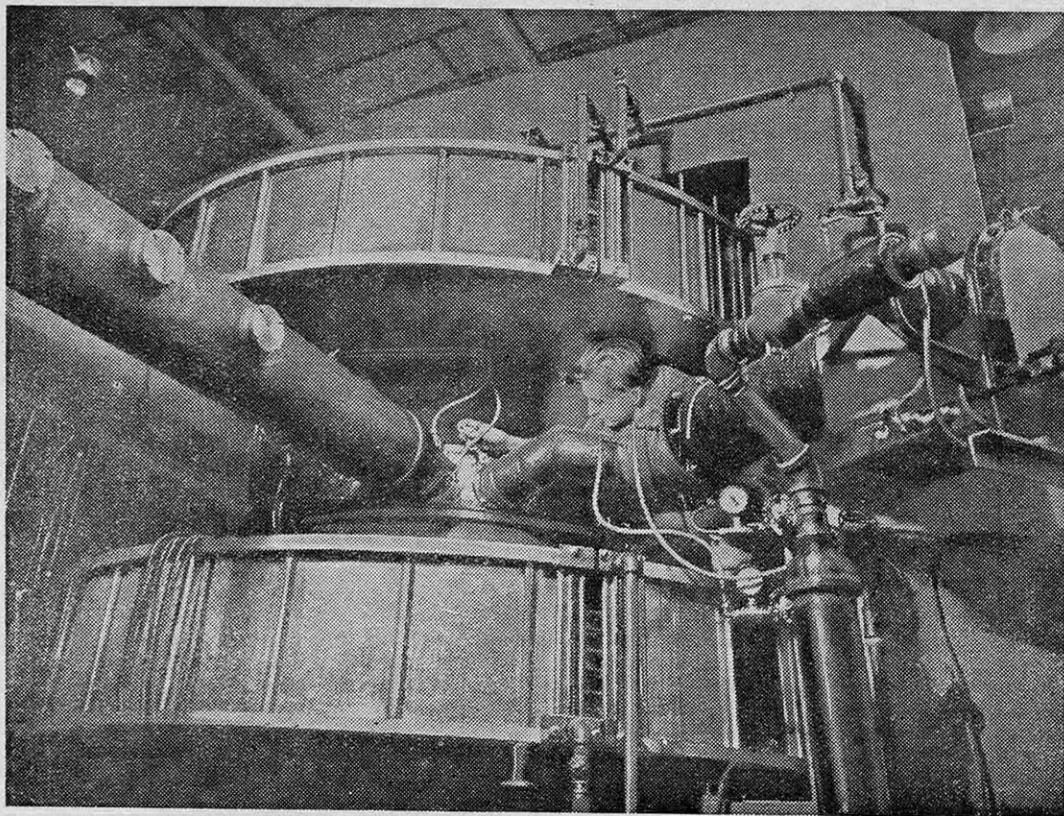


FIG. 2. — LE CYCLOTRON DE HARVARD (ÉTATS-UNIS)

géométriques, marquent beaucoup plus de coups au but que les neutrons primaires.

Si l'énergie mise en liberté lors de chaque rupture est de l'ordre de 100 millions d'électron-volts (1), c'est-à-dire de  $1,6 \times 10^{-11}$  joules, on a, pour la rupture complète de tous les atomes ( $10^{24}$ ) d'une molécule gramme (235 grammes) d'uranium 235, un dégagement d'énergie évalué à  $10^{13}$  joules, soit 3 000 000 kWh, c'est-à-dire de quoi porter à l'ébullition presque instantanée vingt-cinq millions de litres d'eau.

La ville de Paris consomme journalièrement 2 500 000 kWh et toute la France annuellement 20 000 000 000 kWh. Cette énergie pourrait être extraite de la rupture de près de 1 500 kg d'U 235. Il faudrait pour cela partir d'une masse approximative de 300 tonnes de minerai d'oxyde d'uranium et séparer d'abord l'isotope U 235 de son congénère 238, ce qui représente la plus grosse dépense.

### Enrichissement isotopique de l'uranium en uranium 235

Comment est-il possible, tout d'abord, d'obtenir en quantité pondérable un isotope qui n'existe qu'en quantité infime sur la terre? Il n'y a en effet qu'une dizaine de kilogrammes d'uranium 235 dans une tonne d'uranium chimiquement pur. C'est Washburn, aux États-Unis, qui le premier a mis en œuvre une méthode de

séparation des isotopes stables (et les isotopes de l'uranium peuvent être considérés comme naturellement stables, puisque les périodes de leur radioactivité naturelle sont de l'ordre de plusieurs milliards d'années). Il arriva à séparer par électrolyse les deux isotopes de l'hydrogène (1). L'eau ordinaire contient une infime quantité de molécules où l'hydrogène de masse 2 (ou deutérium) remplace l'hydrogène de masse 1. Lorsqu'on électrolyse de l'eau, les molécules à hydrogène léger sont dissociées en hydrogène et oxygène à une cadence beaucoup plus grande que celles qui contiennent de l'hydrogène lourd, de telle sorte qu'un bac d'électrolyse s'enrichit continuellement en eau lourde. On arrive ainsi à obtenir de l'eau lourde, ou oxyde de deutérium, à plus de 99 %. Son prix dépasse 1 million de francs le litre. Nous reviendrons tout à l'heure sur l'utilisation de cette eau lourde en physique nucléaire.

Une deuxième méthode de séparation des isotopes fait appel à la diffusion des gaz au travers des substances poreuses. Une troisième sépare aussi les isotopes par diffusion des gaz à travers de la vapeur de mercure. La quatrième, et c'est à elle probablement que l'on s'est adressé principalement pour la fabrication de la bombe atomique, met en œuvre la diffusion thermique de deux gaz, de poids moléculaires différents sur deux surfaces à différentes températures. Les courants de convection transportent le constituant le plus léger sur la partie supérieure de la

(1) L'électron-volt est l'énergie acquise par un électron franchissant une différence de potentiel de 1 volt.

(1) Voir : « Les isotopes » (*Science et Vie*, n° 324, août 1944, p. 73).

surface chaude tandis que celui qui est le plus lourd se porte sur la partie inférieure de la surface froide. Nier, qui est un spécialiste américain de cette technique, a pu préparer ainsi, en 1940, un échantillon d'uranium contenant un bon pourcentage d'uranium 235. Dunning, de l'Université Columbia (ville de New York), irradia cet échantillon avec les neutrons de son cyclotron. Il y observa une radioactivité induite énormément supérieure à celle présentée par un échantillon d'uranium ordinaire. La preuve était ainsi faite que le modèle nucléaire sur lequel Bohr avait basé ses calculs était aussi près que possible de la réalité, et que c'était bien à la scission de l'uranium 235 qu'étaient imputables les nombreux radioéléments observés dans les expériences citées précédemment.

Il restait une autre étape à franchir. Purifier encore plus d'uranium et obtenir des centaines de grammes d'uranium 235.

La chose était difficile, vu qu'il fallait à Nier 10 jours pour fournir 1 g de carbone 13, ou d'azote 15 ou de soufre 34. Le prix de revient de ces trois éléments était estimé à près de 1 000 francs le gramme. Pour l'uranium, aucune précision ne fut donnée.

Enfin, une cinquième méthode d'isolement des isotopes fait appel aux spectrographes de masse. La presse a annoncé que Bainbridge, professeur de Physique à l'Université Harvard, était présent lors du premier essai de la bombe atomique, le 16 juillet 1945, au Nouveau-Mexique. Or, ce physicien est un grand spécialiste des spectrographes de masse, et il est permis de penser que ces appareils ont joué un rôle non négligeable dans la purification de l'uranium 235.

Dans un spectrographe de masse, comme celui schématisé sur la fig. 4, on volatilise le produit dans une petite chambre à arc. Les molécules sont ensuite ionisées et entraînées vers un canalisateur. A la sortie de celui-ci, on trouve deux électrodes portées à des potentiels convenables qui accélèrent et dévient les ions vers une région où règne un fort champ magnétique. L'action de ce champ sur les ions dépend de leur masse. On dispose donc théoriquement ainsi d'un séparateur de masses. Chaque catégorie d'atomes présente dans le faisceau accéléré et dévié ira frapper l'écran opposé en un point différent et s'y accumulera à la longue. Mais les quantités ainsi isolées par un seul appareil du type laboratoire sont infimes. Il faut disposer de nombreux appareils de type industriel pour arriver à des résultats pratiques admissibles. L'isolement en quantités importantes de l'uranium 235 est une tâche gigantesque. Le pays où la pénicilline est administrée gratuitement à des millions de syphilitiques ne pouvait pas reculer devant ce « Manhattan Project ». Ceux qui connaissent la presque île de Manhattan trouveront que le nom de guerre de cette colossale entreprise était bien choisi. D'ailleurs, la dépense globale de ce Projet n'a coûté que l'équivalent financier de sept jours de guerre pour les Etats-Unis.

### Comment déclencher la rupture nucléaire

Comment peut-on imaginer un modèle de bombe atomique? Il faut amener quelques milliards de neutrons en présence de quelques grammes d'uranium 235 ou de tout autre élément

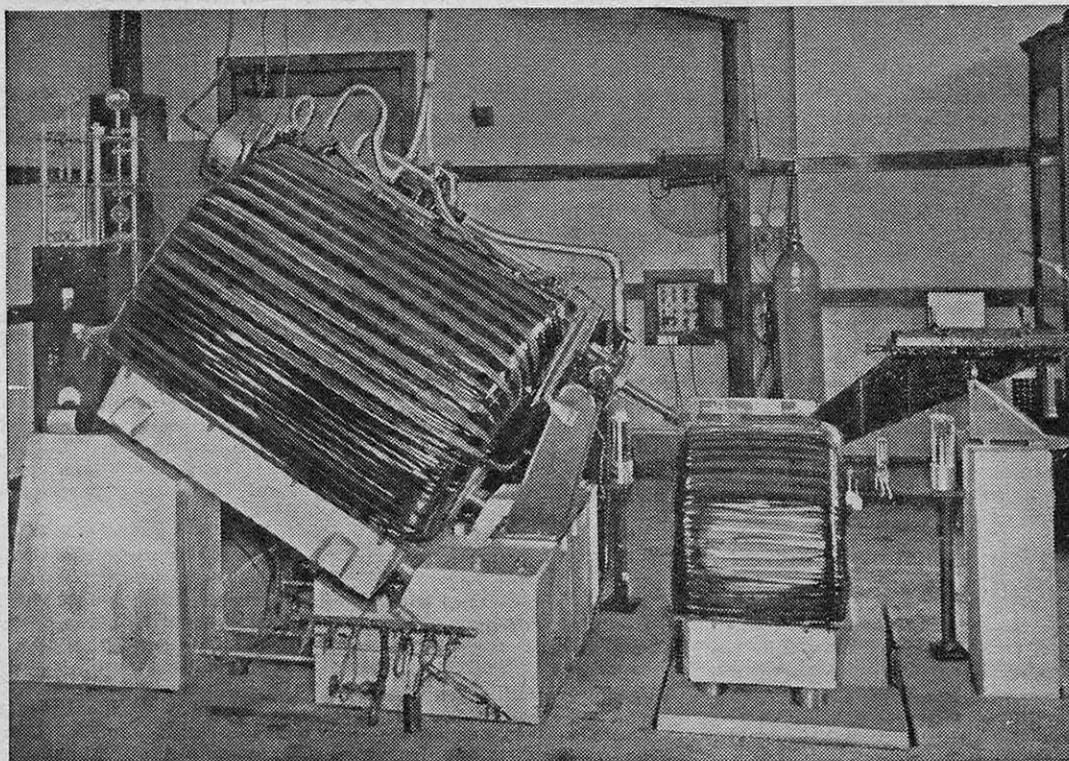


FIG. 3. — LE SPECTROGRAPHE DE MASSE CONSTRUIT PAR LA GENERAL ELECTRIC COMPANY POUR L'UNIVERSITÉ D'ILLINOIS

chimique capable de se scinder en atomes dont la masse totale serait inférieure à la sienne.

Pour produire des neutrons, on bombarde au cyclotron une cible de béryllium avec des deutons (noyaux d'hydrogène lourd). La figure 7 schématise cette réaction (1).

Plus l'énergie  $E$  des deutons incidents est grande, et plus on a de chances de désintégrer le béryllium, et par suite plus grand est le nombre de neutrons obtenus. Ces derniers sont animés aussi d'une énergie cinétique  $E'$  plus considérable. C'est surtout l'abondance des neutrons qui entre en jeu, et non leur énergie. En fait, on « ralentit » très souvent les neutrons pour favoriser leur entrée dans les noyaux atomiques.

Avec la bombe atomique proprement dite, il ne peut évidemment être question de cyclotron. Ce dernier ne peut servir que pour dégrossir le problème au laboratoire.

Dans la bombe, on peut imaginer une autre source de neutrons suivant le schéma de la figure 7. Une source radioactive, émettrice de rayons  $\alpha$ , est mise au moment voulu en présence de béryllium. Les neutrons émis agissent sur les atomes d'uranium 235 et amorcent quelques ruptures. Celles-ci libèrent des neutrons qui, à leur tour, entrent en jeu et en libèrent d'autres et ainsi de suite presque instantanément, avec émission d'une énergie de près de 10 000 kWh par gramme d'uranium 235 désintégré en éléments plus légers. La température de la bombe et des matériaux environnants monte vertigineusement, les pressions augmentent démesurément.

(1) Le deutérium ou hydrogène lourd est obtenu en électrolysant l'eau lourde. Ce produit est donc indispensable aux recherches et on comprend pourquoi l'aviation alliée et les patriotes norvégiens avaient mission de détruire les usines hydroélectriques de Norvège où on produisait l'eau lourde.

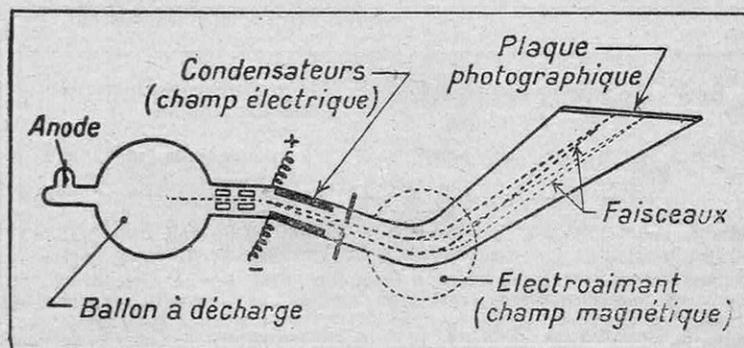


FIG. 4. — SCHÉMA D'UN SPECTROGRAPHE DE MASSE

Le courant d'atomes ionisés traverse un champ électrique et un champ magnétique. Il se trouve scindé en plusieurs faisceaux différemment déviés en fonction du rapport de la charge des atomes considérés à leur masse. Chaque isotope va frapper un point particulier de la plaque et s'y accumule.

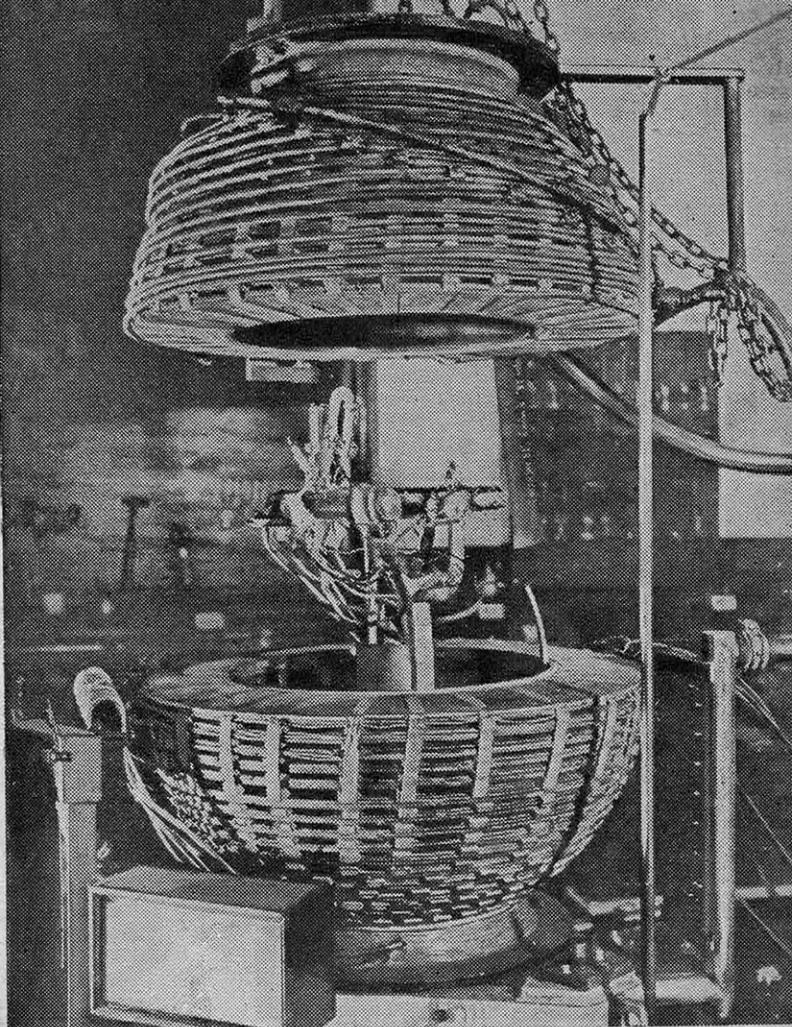


FIG. 5. — UN MODÈLE AMÉRICAIN DE SPECTROGRAPHE DE MASSE, POUR L'ISOLEMENT DES ISOTOPES PURS (WESTINGHOUSE)

ment et en une fraction infime de seconde tout l'uranium 235 de la bombe a cédé son trop plein d'énergie. Si toute la masse du noyau de l'uranium disparaissait, en d'autres termes s'il n'y avait pas d'éléments chimiques plus légers issus de la rupture, on obtiendrait une libération d'énergie beaucoup plus considérable. L'annihilation totale en énergie rayonnante d'un noyau de masse 1 libère près d'un milliard d'électron-volts et celle d'un noyau d'uranium 235 serait donc 235 fois plus grande, soit près de 250 milliards d'électron-volts au lieu de 100 millions libérés par la réaction du type de la figure 1.

## Température atteinte par la bombe atomique

Si nous assimilons cette bombe à un corps noir, fournissant les meilleures conditions d'émission de rayonnement et ayant un diamètre de 40 cm, on lui trouve une surface de près

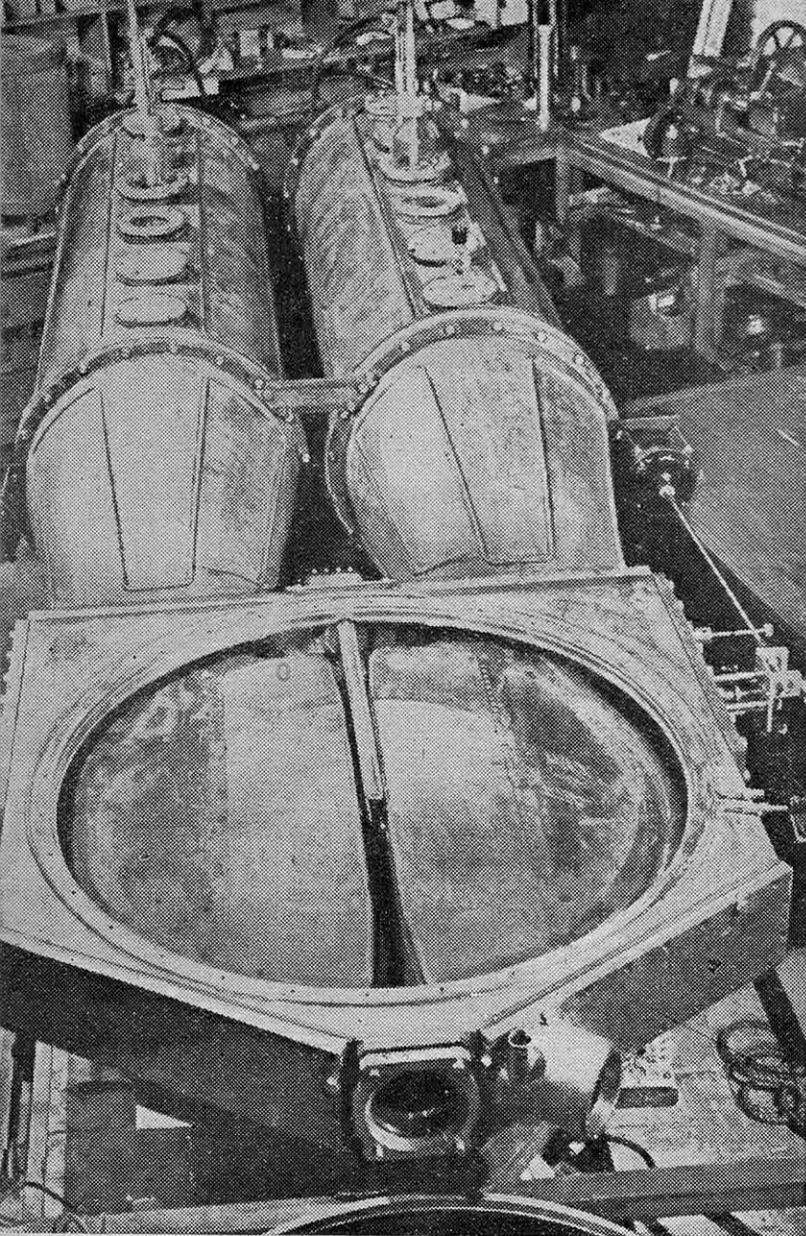


FIG. 6. — LE CYCLOTRON DU MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

On voit ici les chambres d'accélération extraites des pièces polaires. Au centre se trouve le canon à ions et à l'arrière-plan les supports des électrodes creuses ou « dees » qui oscillent en quart d'onde.

de 5 000 centimètres carrés. Si la bombe contient 235 grammes d'uranium 235, elle dégagera par rupture de tous ses noyaux d'uranium  $235 \times 10^{20}$  divisé par 5 000, soit plus de  $10^{16}$  ergs par centimètre carré.

La loi de Stéfán nous donne une température proportionnelle à la racine quatrième de l'énergie émise. On trouve ainsi une température de l'ordre de 100 000 degrés. Par comparaison, citons le soleil dont la surface est à 6 000 degrés et qui émet constamment  $7,5 \cdot 10^9$  ergs par centimètre carré.

## Les sources de rayons alpha

Les rayons  $\alpha$  sont émis par de nombreux radioéléments naturels. La famille de l'uranium (fig. 9) contient 8 émetteurs  $\alpha$ .

On peut par conséquent purifier l'uranium 238 et extraire le radium qui s'y est accumulé à travers les âges. Le radium, sous forme de sel, est mis en solution et on recueille le gaz radon qui s'en dégage continuellement. Ce gaz est enfermé dans une ampoule de verre scellée. Les parois de cette ampoule arrêtent tous les rayons  $\alpha$ , car ceux-ci sont éminemment absorbables. On peut donc imaginer une telle ampoule placée dans une bombe atomique et un dispositif automatique ou de percussion qui vienne casser cette ampoule au moment choisi. On libère ainsi le radon qui vient se déposer sur de la poudre de béryllium dont on a entouré l'ampoule. Les neutrons du béryllium déclenchent alors le cycle infernal.

Suivant la pureté de l'uranium 235 utilisé dans la bombe, il est peut-être plus prudent de ne pas se servir d'ampoule de radon. En effet, la fragilité de l'ampoule mise à part, qui pourrait occasionner une déflagration intempestive, il faut tenir compte des rayons  $\gamma$  très pénétrants du radium C. Ce descendant du radon s'accumule dans l'ampoule et émet des rayons  $\gamma$  qui traversent très aisément la paroi de verre. En bombardant le béryllium environnant, ils sont capables de le désintégrer et de donner naissance à des neutrons. Si le nombre de ces neutrons est assez élevé, et cela dépend de la quantité de radon emmagasinée, on peut encore amorcer sans contrôle la réaction dans un échantillon d'une certaine concentration en U 235. Pour contrôler ce mécanisme, il faut absorber ces rayons  $\gamma$  avec du plomb de quelques centimètres d'épaisseur.

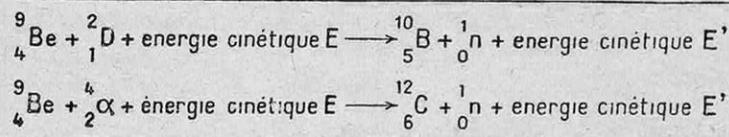


FIG. 7. — SCHÉMA DE LA PRODUCTION DE NEUTRONS PAR BOMBARDEMENT DU BÉRYLLIUM PAR DES DEUTONS OU PAR DES PARTICULES ALPHA

Comme sur tous les schémas de réactions nucléaires de cette étude, les particules matérielles sont représentées par une majuscule accompagnée de deux chiffres. Celui du bas désigne la charge électrique du noyau (rang dans la classification de Mendelévief, ou numéro atomique, ou encore nombre d'électrons planétaires de l'atome ou de protons du noyau). Celui-ci du haut désigne la masse atomique (somme du nombre de protons et de neutrons rassemblés dans le noyau). Dans la réaction du haut, le béryllium frappé par un deuton (noyau de deutérium ou hydrogène lourd) donne du bore en émettant un neutron. Dans la réaction du bas, le béryllium frappé par une particule  $\alpha$  (noyau d'hélium) donne du carbone et émet un neutron.

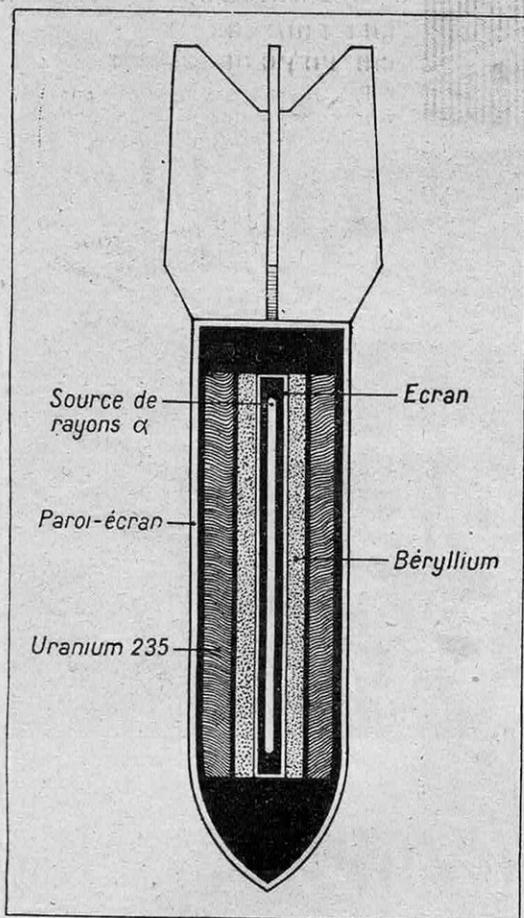


FIG. 8. — COMMENT ON PEUT CONCEVOIR SCHÉMATIQUEMENT UNE BOMBE ATOMIQUE

Au centre se trouve une source de rayons  $\alpha$ , entourée d'un écran protégeant le béryllium déposé au voisinage. Le système de déclenchement de la bombe, non représenté, aurait pour mission d'éliminer cet écran ou de casser l'ampoule de radon au moment voulu; il serait ou non à retard, suivant l'effet désiré. Le béryllium frappé par les rayons  $\alpha$  émettrait des neutrons qui provoqueraient l'explosion de l'uranium 235. L'ensemble de la bombe serait revêtu d'une paroi contenant du cadmium et du bore pour absorber les neutrons venant de l'extérieur, neutrons cosmiques ou neutrons émis par les défenseurs au sol. Si l'on fait appel au polonium comme source de rayons  $\alpha$ , sa période étant de 140 jours, on peut stocker ces bombes dans divers centres et déclencher des raids simultanés sur divers points de la terre.

Ce phénomène de désintégration photo-nucléaire peut se produire aussi en mettant de l'eau lourde en présence de rayons  $\gamma$ . On scinde alors le deutérium en un proton et un neutron. On peut donc encore envisager cette possibilité pour l'amorçage de l'explosion, en lieu et place du béryllium soumis aux rayons  $\alpha$ .

Un autre moyen de tourner la difficulté due à l'émission de rayons  $\gamma$  est d'avoir recours à des sources pures de polonium (ou radium F). Ce polonium se prépare à partir de vieux tubes de radon, ou bien artificiellement en bombardant au cyclotron du bismuth avec des deutons suivant la réaction de la figure 11.

### Neptunium et Plutonium

Ces deux éléments trans-uraniens, dont le premier possède 93 charges nucléaires et le second 94, sont radioactifs et possèdent des vies très courtes. Leur fabrication au moyen du cyclotron ne saurait porter sur des quantités pondérables. Il est donc peu probable que ces deux éléments participent d'une façon primordiale au fonctionnement de la bombe atomique.

On peut concevoir toutefois que le noyau d'uranium, peut-être le 238, qui absorbe un neutron, devient radioactif et se transforme en neptunium. Ce dernier, à son tour, étant radioactif  $\beta$ , voit ses noyaux 93 se transformer en noyaux 94 ou plutonium. C'est au cours de ces transformations, *in situ* dans la bombe, que des ruptures de ces noyaux 93 et 94 pourraient intervenir et s'ajouter à ceux de l'isotope 235 de l'uranium 92.

### Applications pacifiques de l'énergie atomique

La construction des bombes atomiques n'est évidemment pas la seule application pratique possible de la désintégration de l'uranium 235. Pour des fins pacifiques, il importe avant tout de

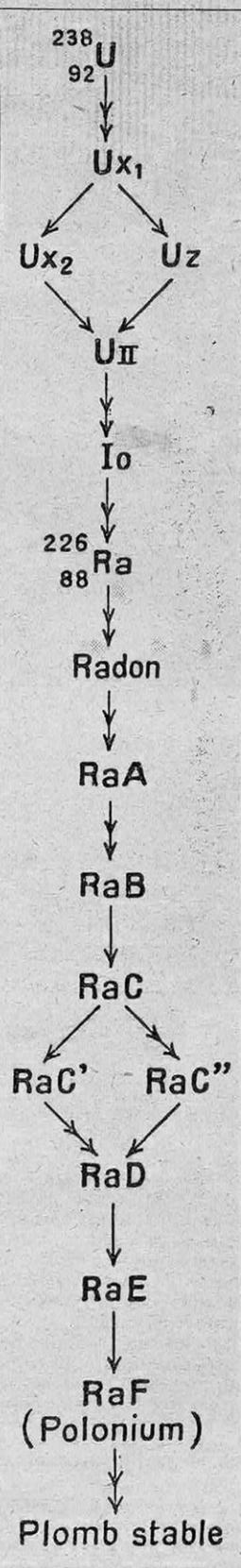


FIG. 9. — LA CHAÎNE D'ÉLÉMENTS RADIOACTIFS DE LA FAMILLE DE L'URANIUM

Les flèches simples désignent des émissions de rayons  $\beta$  (électrons) et de rayons  $\gamma$  (électromagnétiques), et les flèches doubles des émissions de rayons  $\alpha$  (noyaux d'hélium). U, uranium; Io, ionium; Ra, radium;

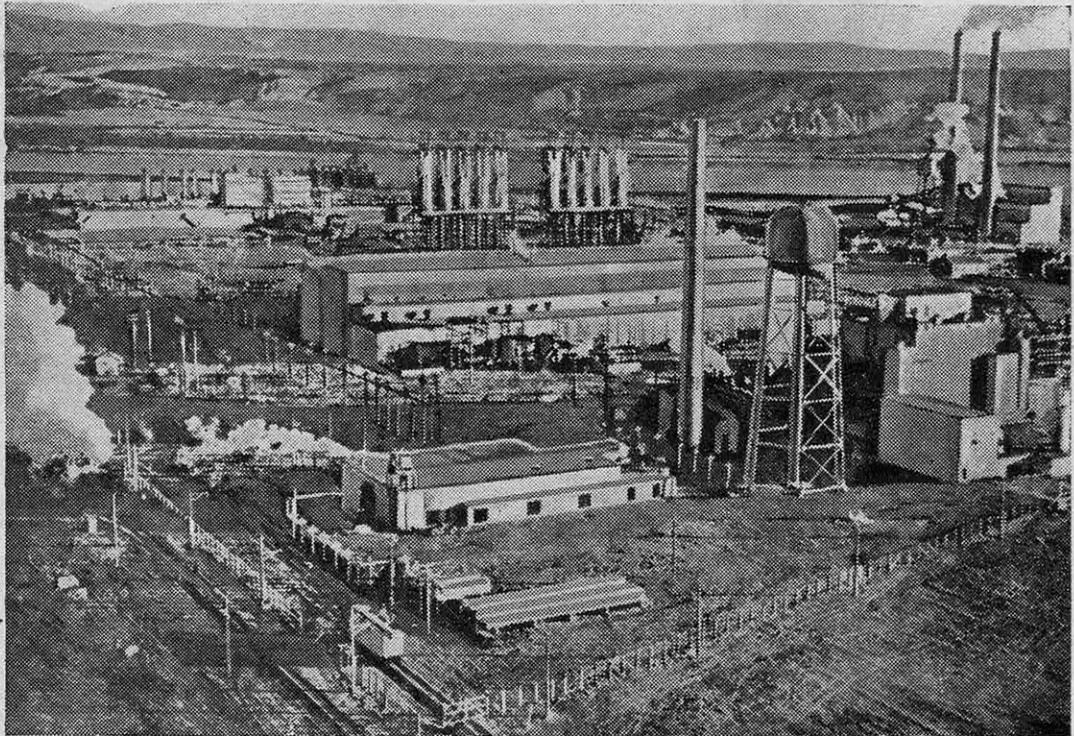
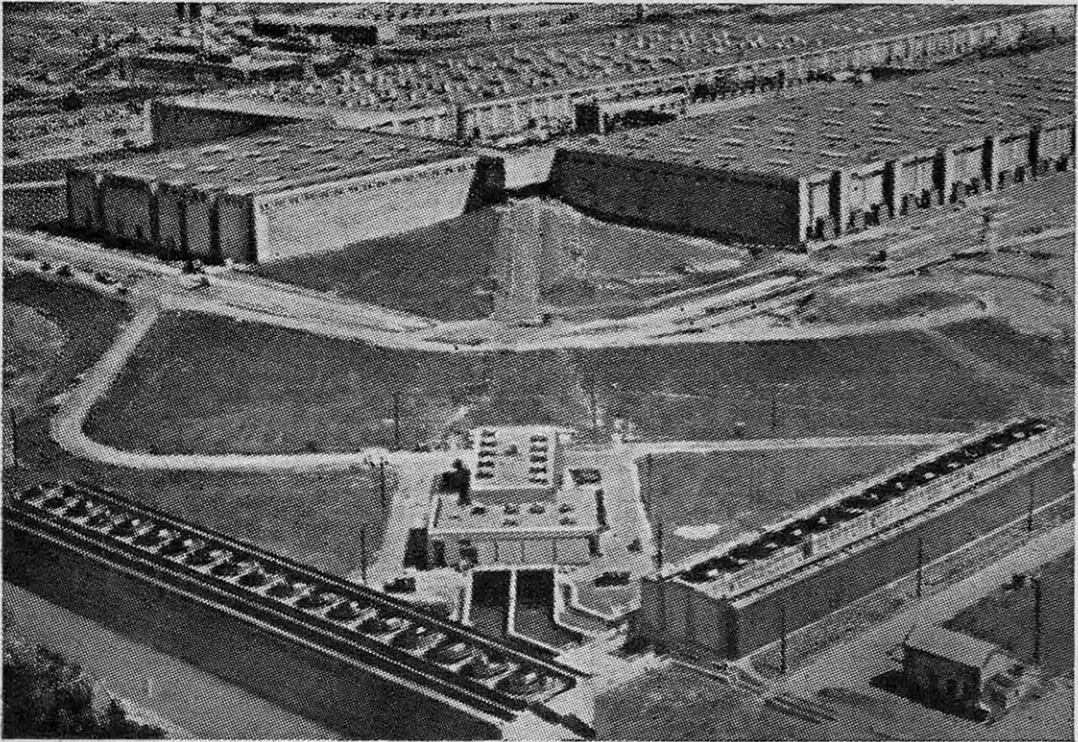


FIG. 9 ET 10. — DEUX DES PRINCIPALES USINES GÉANTES OU ON FABRIQUE, AUX ÉTATS-UNIS, LES BOMBES ATOMIQUES

On voit en haut les usines Clinton à Oak Ridge, près de Knoxville, dans l'Etat de Tennessee, isolées dans une zone interdite de 240 kilomètres carrés et dont la construction exigea le travail de 78 000 ouvriers. En bas, une partie de l'usine Hanford à Richland, près de Pasco. Cette dernière se trouve dans une région écartée du nord-ouest des Etats-Unis, dans l'Etat de Washington, au centre d'une zone isolée couvrant 2 000 kilomètres carrés.

pouvoir régler le débit calorifique de la masse à désintégrer.

Pour cela, on pourra soit fragmenter suffisamment cette masse pour la présenter graduellement au faisceau neutronique, soit faire agir ce faisceau d'une façon intermittente sur un mélange approprié. Ce mélange comprendra de l'uranium 235 à un degré quelconque de pureté, additionné d'autres éléments comme le cadmium qui auraient pour mission de freiner l'action des avalanches de neutrons secondaires sur les noyaux d'uranium 235 voisins de celui touché par un neutron primaire.

En effet, on connaît plusieurs éléments chimiques capables d'« avaler » les neutrons sans émettre des quantités d'énergie importantes. Certains même donnent directement des isotopes stables sans aucun dégagement d'énergie.

Nous pouvons imaginer ainsi des mélanges d'uranium 235 et de cadmium tels qu'un neutron secondaire seulement sur mille provoque une rupture atomique d'uranium 235. Si nous lançons sur ce mélange un nombre de neutrons tel 10 000 d'entre eux arrivent à toucher les cibles offertes et à provoquer autant de ruptures de noyaux d'uranium 235, et si nous admettons que chaque rupture libère une dizaine de neutrons, le nombre des ruptures successives s'amortit très rapidement. On ne désintègrera ainsi que 10 101 noyaux au total. Si le nombre d'atomes de cadmium du mélange était plus faible, le rendement s'élèverait. S'il atteignait 1/100 (un neutron secondaire efficace sur 100), l'amortissement serait moins rapide et on désintègrerait 11 111 noyaux d'uranium 235 avec les 10 000 neutrons primaires. En diminuant encore la teneur en cadmium du mélange, on accroîtrait très rapidement le nombre des ruptures et par conséquent l'énergie calorifique dégagée. Dès que l'on dépasse un rendement de 1/10 (un neutron secondaire efficace sur 10, alors que chaque rupture libère, comme nous l'avons supposé, 10 neutrons), l'explosion est inévitable.

On peut dire en généralisant que l'explosion se poursuit inévitablement lorsque le freinage dans la masse est tel que le rendement des neutrons secondaires est égal ou supérieur à l'inverse du nombre des neutrons émis à chaque rupture. En résumé, une distribution appropriée dans le temps et dans l'espace des particules initialement responsables du phénomène de rupture, comme par exemple une « injection » bien étudiée de rayons  $\alpha$  ou de neutrons (par un cyclotron) d'une part, et de noyaux instables d'uranium 235, d'autre part, fournit la solution du problème.

### Rupture atomique et radiobiologie

Lorsque des grammes et des kilogrammes

d'uranium 235 seront scindés « délicatement », il restera des grammes et des kilogrammes de radioéléments artificiels à utiliser en biologie et en médecine.

La bombe atomique de Hiroshima a dû laisser ainsi pas mal de radioéléments éparpillés sur des kilomètres carrés. Il ne faut pas d'ailleurs exagérer les conséquences à longue échéance de leurs rayonnements sur la population.

### Les prévisions théoriques

Dans un domaine où l'expérimentation présente des dangers qu'on ne saurait sous-estimer, des calculs préalables et minutieux s'imposent. En France, dès 1939, Francis Perrin fut le guide mathématique de l'équipe d'expérimentateurs qui, au Collège de France, menait les recherches sous la direction du professeur Joliot. Des notes furent publiées, des brevets pris et, à la déclaration de guerre, l'équipe fut mise en affectation spéciale. La débâcle entraîna deux de ses membres, Halban et Kowarski, en Angleterre. Là, ils se joignirent aux chercheurs anglais et le projet fut connu sous le titre de : « tube alloys research ». Là encore, un grand mathématicien d'Edimbourg, Charles Darwin, fut attaché au groupe de physiciens. Plus tard, toutes les

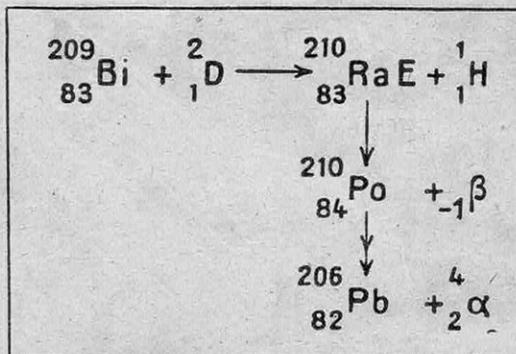


FIG. 11. — LA PRÉPARATION DU POLONIUM PAR BOMBARDÈMENT DU BISMUTH PAR DES DEUTONS

Bi, bismuth; D, deuton; Ra E, radium E; Po, polonium;  $\beta$ , électron;  $\alpha$ , noyau d'hélium.

recherches furent centralisées aux Etats-Unis, le groupe britannique s'étant transféré à Montréal, où il lui fut dévolu une partie de la tâche. Un mathématicien hors rang, le Danois Niels Bohr, était déjà au travail à Princeton, ayant pu échapper aux nazis. Un autre mathématicien jeune et plein d'enthousiasme, Robert Oppenheimer, de l'Université de Californie, fut adjoint au projet.

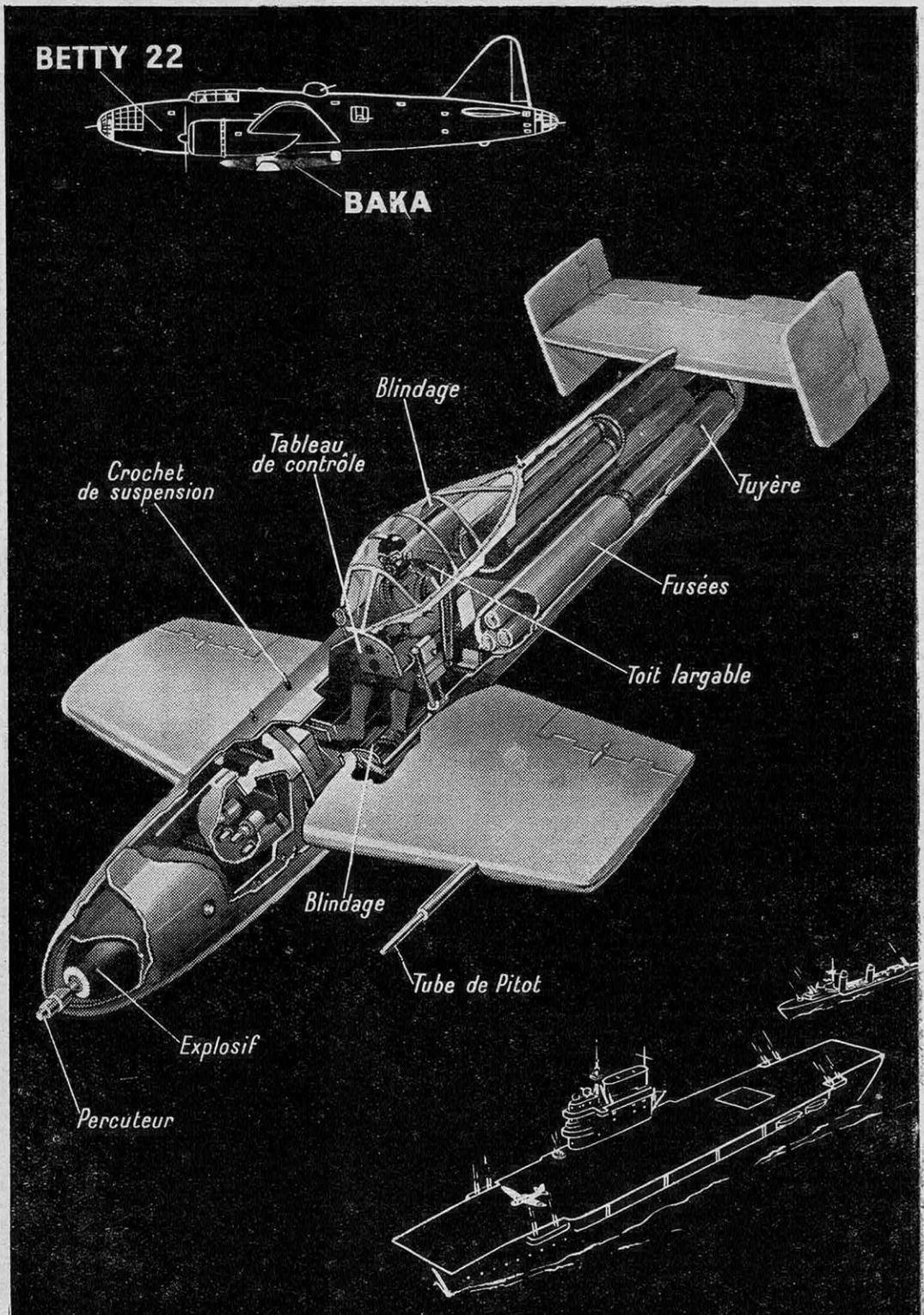
La complexité du problème est telle qu'il faut faire intervenir jusqu'à l'action possible de la radiation cosmique (1), qui contient des neutrons, sur l'uranium 235 de la bombe, surtout lorsque celle-ci est amenée à haute altitude par un avion.

La concentration des divers isotopes sur notre planète est analogue à celle observée sur la matière qui constitue les astéroïdes qui sillonnent l'espace. Il est donc tout à fait probable qu'une certaine loi d'équilibre régit les proportions des isotopes dans notre système solaire et même dans notre galaxie.

Nous sommes à la veille de perturber, aussi prudemment que possible, cet équilibre. Allons-nous jouer les apprentis sorciers qui n'auront même pas le temps d'avoir conscience de leur volatilisation soudaine dans l'espace, ou sommes-nous au contraire en possession d'un arsenal mathématique assez complet et d'une connaissance assez approfondie de la structure de la matière pour prévoir, maîtriser et vaincre?

M.-E. NAHMIAS.

(1) Voir : « Le grand mystère des rayons cosmiques » (Science et Vie, n° 278, octobre 1940).



LE « BAKA », AVION-SUICIDE JAPONAIS A RÉACTION

De dimensions réduites (2,40 m d'envergure), le « Baka » est accroché à la face inférieure d'un bombardier bimoteur « Betty 22 » qui le lâche à haute altitude, vers 8 000 m. Le pilote pique vers son but en pilotant son appareil comme un avion. Les tuyères entrent en action peu avant l'impact pour accroître la vitesse de l'appareil, qui atteint près de 1 000 km/h.

# LES AVIONS A RÉACTION

par G. GEDOVIOUS

Secrétaire Général

du Centre de Documentation Aéronautique Internationale

*Les applications pratiques de la propulsion par réaction à l'aviation ont fait depuis peu leur apparition dans de nombreux pays. Des prototypes de conception variée ont vu le jour, et certains même ont été construits en série, jouant un rôle non négligeable dans les combats qui se sont livrés au cours des derniers mois des hostilités en Europe et en Extrême-Orient. L'avion à réaction est essentiellement un appareil très rapide, car c'est seulement aux très grandes vitesses que le rendement propulsif du moteur à réaction prend des valeurs acceptables. Aussi est-il devenu urgent, pour assurer le développement de la technique aéronautique dans cette voie nouvelle, de trouver des solutions adéquates aux problèmes aérodynamiques déjà à l'étude sur le vol aux très grandes vitesses, égales ou supérieures à la vitesse du son, à ceux d'ordre métallurgique et mécanique que pose la construction des tuyères et des aubages de turbines soumis à des températures très élevées, etc. C'est des résultats de ces recherches systématiques que dépend la création, à côté de types militaires inédits de chasseurs et de bombardiers rapides, d'avions commerciaux à réaction, non plus seulement techniquement mais économiquement viables, et qui révolutionneront, plus encore que ne l'a fait l'avion aujourd'hui classique, les transports à grande distance de voyageurs et de marchandises.*

**L**A propulsion par réaction, dans ses applications aux projectiles-fusées, a connu la faveur croissante de tous les belligérants au cours de la guerre, ainsi qu'en témoignent les multiples modèles de projectiles à réaction qui équipent des engins aussi variés que les chars, les bateaux de débarquement et les avions, et sont adoptés aussi bien par le fantassin pour la lutte antichars que par l'artilleur pour les tirs de barrage et la D.C.A., pour ne citer que ces exemples. La propulsion des avions par réaction pose évidemment aux techniciens des problèmes plus ardu.

Il convient de souligner cependant que l'effet de réaction joue, depuis un temps appréciable, un rôle non négligeable dans la propulsion des appareils rapides. Les moteurs qui équipent certains chasseurs anglais, américains ou allemands sont dotés d'échappements dits « propulsifs » où les résidus de la combustion de l'essence dans les cylindres des moteurs sont canalisés, et à travers lesquels ils s'échappent à grande vitesse vers l'arrière. Il en résulte, par réaction, une force dirigée en sens inverse, qui vient s'ajouter à la traction de l'hélice. Le gain de puissance ainsi obtenu n'est guère intéressant aux faibles vitesses. Mais vers 550 ou 600 km/h, il dépasse déjà parfois 10 % du total, et ce chiffre va en croissant au fur et à mesure que l'avion va plus vite, d'autant plus que le rendement propulsif de l'hélice classique décroît rapidement à partir d'une certaine vitesse. Au contraire, le rendement de la propulsion par réaction (rapport de l'énergie effectivement utilisée pour la propulsion de l'appareil, à l'énergie dégagée par le combustible)

croît avec la vitesse de l'engin propulsé. Aux vitesses couramment réalisées à l'heure actuelle, même par les chasseurs les plus poussés, le groupe motopropulseur classique (moteur à explosion entraînant une hélice) convient encore très bien. Sauf applications très particulières (par exemple, faciliter le décollage des appareils de portie-avions), la propulsion par réaction intéresse donc uniquement les avions très rapides pour lesquels viennent alors se poser accessoirement de nombreux problèmes d'ordre aérodynamique, qui sont loin d'être entièrement résolus.

Dans la pratique, si l'on passe en revue les appareils actuellement connus et faisant appel partiellement ou totalement à la réaction, on constate une grande diversité dans le mode de fonctionnement et la réalisation des organes moteurs. On en trouvera les schémas de principe rassemblés sur la figure 1. La terminologie de ces propulseurs en est due à Maurice Roy et Destival.

L'appareil le plus simple, connu depuis longtemps, est la fusée. Elle se compose essentiellement d'une enceinte fermée à une de ses extrémités et contenant le ou les corps solides (comme la poudre), liquides ou gazeux qui, lors de la mise à feu, libéreront plus ou moins brusquement leur énergie chimique et provoqueront un violent dégagement gazeux s'échappant par l'orifice libre. La fusée se trouve alors poussée, par réaction, dans la direction opposée.

La propulsion du type fusée n'utilise pas l'air ambiant pour la combustion de sa charge.

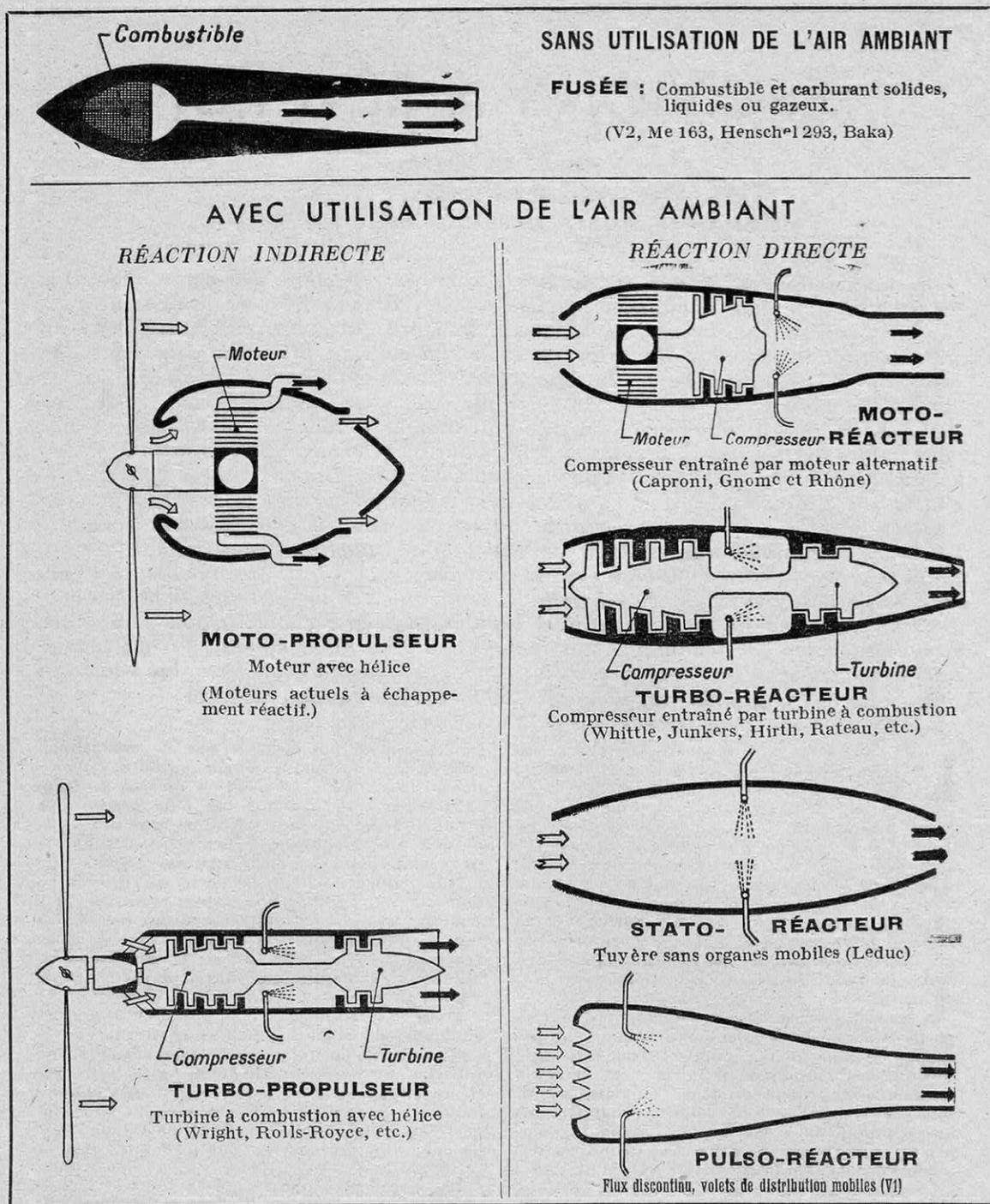


FIG. 1. — SCHÉMAS DE PRINCIPE ET CLASSIFICATION DES PROPULSEURS D'AVIATION

Celle-ci doit donc comprendre à la fois combustible et comburant. Tous les autres groupes de propulseurs utilisent l'air ambiant.

C'est d'abord le groupe *moto-propulseur* classique, moteur entraînant une hélice, laquelle agit dans l'air. Il n'y a pas d'enveloppe extérieure, donc pas de veine d'air dirigée. Sur la plupart des moteurs actuels, les tubu-

lures ou les collecteurs d'échappement sont traités de telle manière qu'ils fournissent un appoint non négligeable à la propulsion.

Dans le *turbo-propulseur*, le moteur à combustion classique est remplacé par une turbine dont le rôle est d'entraîner à la fois le compresseur amenant l'air à la turbine et une hélice sans enveloppe extérieure. Ce dispositif

semble être appelé à un grand avenir et des groupes de 10 000 ch et plus sont à l'étude, en France notamment. L'échappement des gaz de la turbine est utilisé comme appoint, comme dans le cas précédent, mais l'entort propulsif principal est toujours engendré par l'hélice. Pour cette raison, nous ne nous étendons pas ici, malgré sa grande importance, sur cette catégorie de propulseurs.

Dans toutes les autres combinaisons suivantes, l'hélice extérieure a disparu.

Le *moto-réacteur* groupe dans une enveloppe, ouverte aux deux extrémités, un moteur à explosions et un compresseur, à la suite desquels se trouve un injecteur. L'élément essentiel de cette combinaison est le moteur à flux discontinu, qui entraîne le compresseur. L'air extérieur est utilisé à la fois pour le refroidissement du moteur et comme comburant du combustible injecté.

Mais l'appareil le plus répandu à l'heure actuelle, celui qui est monté sur la majorité des avions à propulsion par réaction, anglais, américains, français et allemands, est le *turbo-réacteur*. Il se compose d'une enveloppe contenant un compresseur, des injecteurs et une turbine. Tous les éléments essentiels sont à flux continu. La puissance nécessaire à l'entraînement du compresseur est fournie par la turbine. Les gaz d'échappement de la turbine sont utilisés directement par éjection à travers une tuyère.

Le fonctionnement de l'engin peut se décomposer comme suit : l'air entre par un orifice à l'avant de l'enveloppe et est comprimé à l'aide du compresseur, centrifuge ou axial, à un ou plusieurs étages. L'air comprimé est dirigé dans une ou plusieurs chambres de combustion où le combustible est injecté et enflammé. Les gaz chauds passent sur les pales de la turbine et sortent par l'orifice ménagé à l'arrière de l'enveloppe.

Le *stato-réacteur*, de la catégorie suivante, ne comporte aucun organe mobile. Il se compose essentiellement d'une enveloppe, dont l'intérieur est traité en forme de tuyère, et d'un injecteur. L'air entre en flux continu et les gaz sont expulsés aussi en flux continu. La tuyère est dite « thermo-propulsive ».

Enfin, dans le *pulso-réacteur*, on utilise des organes mobiles, automatiques ou commandés, comme organes de distribution. L'appareil ressemble au stato-réacteur, mais avec une grille à l'avant réglant l'admission intermittente de l'air. L'injecteur et l'échappement sont les mêmes, mais l'injection peut être commandée. Le flux est discontinu (c'est le propulseur de la V.1).

Dans les descriptions qui vont suivre, nous observerons l'ordre ci-dessus, présentant en premier lieu les appareils propulsés par fusée.

## Le Messerschmitt Me 163 "Komet"

Le Messerschmitt Me 163 est un des plus petits chasseurs existants, et en tout cas le plus petit qui ait été en service au front. Son envergure est de 9 m et sa longueur de 6 m. C'est un monoplace, monoplan à aile médiane, sans queue, avec dérive verticale seulement.

Le fuselage, très trapu, se compose de trois parties : une pointe avant, un poste de pilotage et un tronc contenant les réservoirs et le propulseur.

Le cône avant est en acier coulé de 8 mm d'épaisseur, relié à la partie contenant le poste de pilotage par de gros rivets en dural. Il comporte, à la pointe, un prolongement servant de support à une hélice à deux pales rectangulaires, de 40 centimètres de diamètre, chargée d'entraîner les appareils d'alimentation de l'équipement électrique du bord.

L'habitacle du pilote est en dural. Un capotage en plexiglas, d'une seule pièce, recouvre le pilote.

Les réservoirs de combustible font suite au poste de pilotage. Un réservoir en dural, soudé et cloisonné intérieurement, contient 900 litres. Toutefois, la consommation énorme de combustible (2 000 litres pour 12 minutes de propulsion continue) permet de supposer que d'autres réservoirs sont répartis dans le fuselage. Un poste radio, derrière l'appui-tête du pilote, laisse dépasser un petit mât incliné vers l'arrière.

La partie arrière du fuselage est un tronc de cône en tôle garni d'une couronne rapportée en acier de 2 mm d'épaisseur. Les ailes, en forte flèche et sans dièdre, s'attachent à la partie centrale du fuselage. Leur profil, relativement mince, possède un bord d'attaque effilé.

La dérive, de grandes dimensions, surmonte le cône arrière et prolonge le carénage du cockpit. Le bord de fuite du gouvernail de direction s'arrête au droit de l'embouchure d'éjection des gaz et se prolonge, au-dessous, en une sorte de quille supportant la roulette de queue.

Cette roulette est la seule emportée par l'appareil en vol, le décollage s'effectuant sur deux roues largables. L'atterrissage a lieu sur un patin ventral, large de 20 cm, comme dans le cas d'un planeur.

Le Messerschmitt Me 163 est très lourd au départ : 5 200 kg environ, correspondant à 280 kg au mètre carré de voilure. Sa grande consommation de carburant contribue à l'alléger considérablement et il ne sera chargé qu'à 70 kg au mètre carré à l'atterrissage. Plusieurs témoins rapportent que ce chasseur pratique quelquefois le vol à voile en compagnie de planeurs. Le poids à vide se tient aux alentours de 1 600 kg. Sa vitesse maximum est estimée à 950 km/h et constituée sa seule dé-

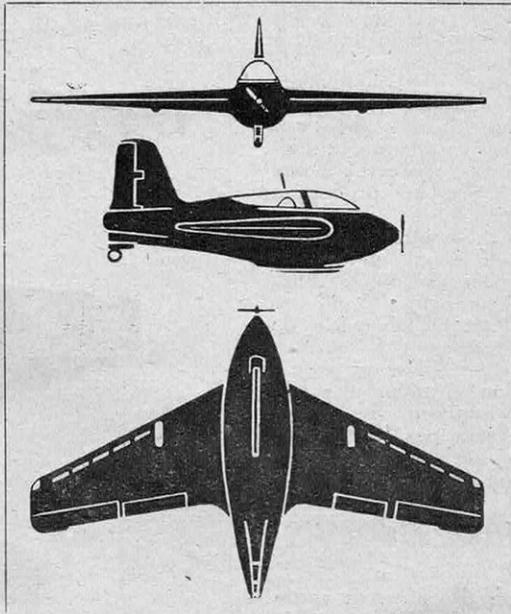


FIG. 2. — LE CHASSEUR A RÉACTION ALLEMAND ME 163 (9 M D'ENVERGURE, 6 M DE LONGUEUR)

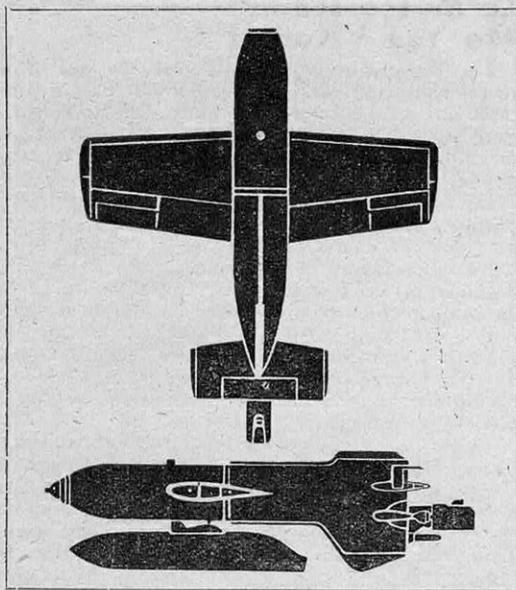


FIG. 3. — LA BOMBE PLANANTE ALLEMANDE HENSCHEL 293

fense, car on a constaté l'absence de blindage et de verres à l'épreuve des balles. La vitesse ascensionnelle est très élevée, 25 m par seconde, augmentant jusqu'à 50 m par seconde à partir de 1 200 m d'altitude.

L'armement consiste en deux ou quatre canons de 20 ou 30 mm, logés dans les ailes.

Le Messerschmitt Me 163 existe en deux versions : Me 163 A d'entraînement et Me 163 B de combat. Chaque version possède un propulseur de caractéristiques particulières : un système dit « froid » pour le type A et un dit « chaud » pour le type B. Toutes deux possèdent 15 injecteurs commandés par pompe. Dans le système « froid », ils recevraient un liquide à base d'eau oxygénée additionné d'une faible quantité d'alcool méthylique. Du permanganate de potassium servirait de catalyseur (1) et provoquerait la décomposition brusque de l'eau oxygénée, la chaleur dégagée enflammant l'alcool méthylique. La combustion s'effectue à une température relativement basse en produisant une longue traînée de vapeur.

Le système « chaud » semble utiliser un mélange d'eau oxygénée et d'alcool méthylique plus concentré, ou encore des carburants différents. La combustion s'accompagne d'un important dégagement de flammes (on parle de 15 mètres de long) qui justifierait le surnom de « Komet » (comète) donné à l'avion.

Ce système de propulsion entraîne une très forte consommation de carburant. La durée totale de la propulsion n'excède pas 15 minutes. Le pilote augmente la longueur du vol en alternant les périodes de propulsion et de plané.

### La bombe planante Henschel Hs 293

Utilisée par les Allemands dès avant la sortie des V 1, la bombe planante télécommandée

(1) Voir : « Le propulseur des V 2 » (*Science et Vie*, n° 332, mai 1945, p. 187)

Henschel Hs 293 est un monoplan sans pilote, à aile médiane et simple dérive, très débordante en sa partie inférieure. L'engin, de construction métallique, se compose d'un corps principal fuselé et d'un corps secondaire fixé au-dessous. Le corps principal contient à l'avant une charge de 590 kg d'explosif derrière laquelle se trouve le fuselage formant réservoir de combustible. A l'arrière, on remarque une sorte de boîte cylindrique ouverte à sa partie supérieure, destinée à émettre une fumée pendant le jour, ou une lueur pendant la nuit, permettant à l'équipage de l'avion qui a lancé la bombe de la diriger par radio vers son objectif. Le corps secondaire contient les appareils de radioguidage commandant les ailerons et le gouvernail de profondeur, et se termine par une chambre de combustion et une tuyère à réaction. Il n'y a pas de gouvernail de direction.

L'envergure est de 3,12 m et la longueur de 3,75 m. Avec un poids total de 907 kg, la bombe Hs 293 atteint 580 km/h. Elle parcourt en planant une distance horizontale égale à environ 10 fois la hauteur à laquelle elle a été lancée, et est amenée, pour l'attaque contre les navires, arrimée sous les ailes des Heinkel 177, Dornier Do 217 ou Focke Wulf Fw 200. Sa portée serait de 8 km, mais le contrôle par radio n'opère que jusqu'à 3 ou 4 km. Les Allemands l'ont également lancée à l'attaque des bombardiers.

Le propulseur de la bombe planante Henschel He 293 est de conception identique à celui du Messerschmitt Me 163, mais le carburant utilisé serait de l'eau oxygénée à très fort volume et le catalyseur du permanganate de calcium.

### L'avion-suicide "Baka"

*Baka* veut dire « fou » en japonais, et les Américains, dans leur code du Pacifique, ont

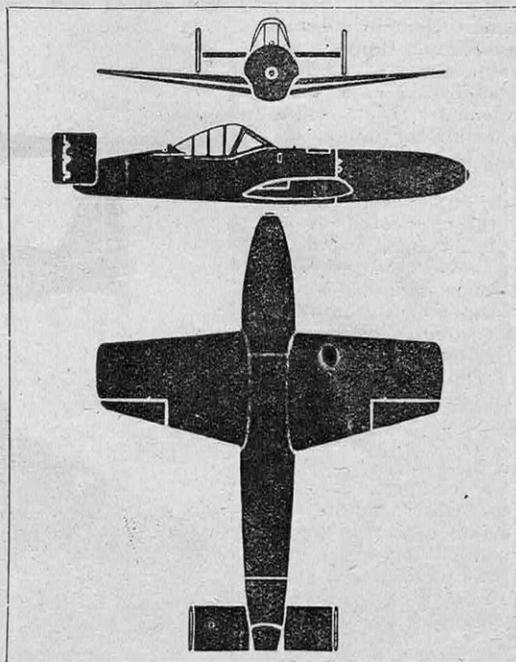


FIG. 4. — L'AVION-SUICIDE JAPONAIS « BAKA » (5 M D'ENVERGURE)

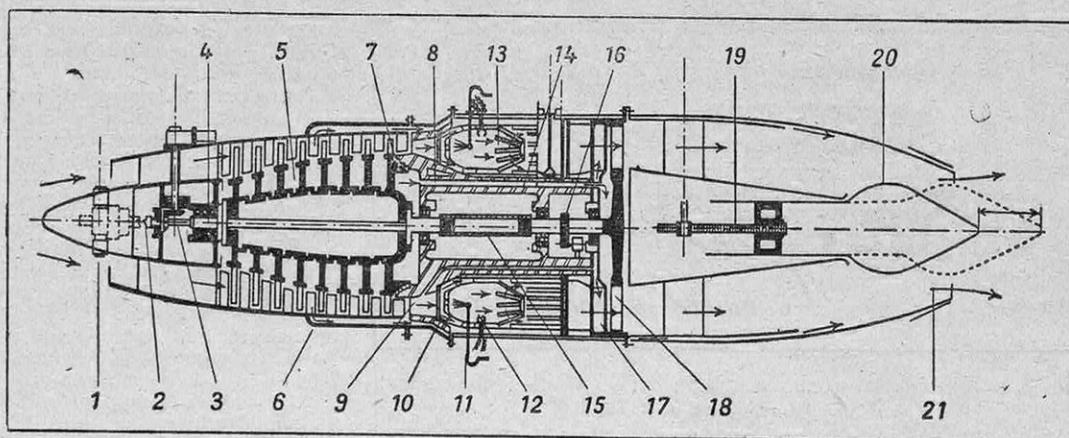


FIG. 5. — COUPE DU TURBO-RÉACTEUR JUNKERS JUMO 004

1, moteur de lancement; — 2, dents de loup assurant le débrayage du moteur de lancement; — 3, commande des auxiliaires; — 4, palier avant du compresseur; — 5, compresseur à huit étages; — 6, pré-lèvement d'air; — 7, tambour d'aiguillage; — 8, 9, 10, canalisations d'air sous pression; — 11, injecteur; — 12, bougie de départ; — 13, chambre de combustion; — 14, carter principal; — 15, manchon d'accouplement; — 16, pompe à huile; — 17, aubages de distribution; — 18, turbine; — 19, commande de réglage de l'obturateur d'échappement; — 20, obturateur d'échappement; — 21, tuyère d'échappement.

nommé cet avion ou plutôt cette bombe « Viper ». Construit en bois et en métal léger, par la firme Fuji Hikoki, le Baka a été vu pour la première fois lors de l'attaque contre Okinawa. Il n'a pas de train d'atterrissage puisqu'il est destiné à être détruit par l'explosion de sa charge de 1 200 kg contenue dans le nez du fuselage, boulonné sur le corps principal.

L'habitacle du pilote, rappelant celui des plus récents avions de chasse, est situé très en arrière, derrière le bord de fuite de l'aile. L'aile, très trapue, n'a que 5 m d'envergure. Derrière le pilote, la queue contient les trois fusées de propulsion, d'une durée de fonctionnement de 40 secondes seulement. Un empennage horizontal surélevé, de 2,40 m d'envergure, flanqué de deux dérives verticales de forme carrée, termine le fuselage long de 6 mètres.

Le Baka se pilote comme un avion, étant muni de gouvernes classiques : ailerons, profondeur, direction. Son pilote dispose des instruments principaux de contrôle tels que : compas de direction, badin, altimètre, inclinomètre. La faible durée de combustion de la fusée laisse supposer que la bombe est lâchée à grande altitude, entre 4 500 et 8 000 m, et commence par piquer vers l'objectif. Le propulseur ne serait utilisé que pour évoluer à proximité du but et augmenter la vitesse d'impact.

Le Baka est transporté sous le ventre du bombardier bimoteur Betty 22. La légende veut que le pilote soit sacrifié et le mot d'« avion-suicide » a été prononcé. S'il est exact que le pilote d'un tel engin encoure de gros risques, on pense que la bombe doit se séparer en plusieurs parties avant l'impact et que le pilote peut alors tenter de se sauver en parachute.

## L'avion Campini-Caproni CC 2

Le premier avion comportant un dispositif du type « moto-réacteur » a été le Campini-Caproni qui a effectué le voyage Milan-Rome, soit 474 km, en 2 h. 15. La vitesse moyenne ressortant à 210 km/h environ est très modeste, mais on doit considérer ce vol comme un essai. Ce

biplace avait été précédé du monoplace CC 1 qui vola en août 1940.

Sur le Campini-Caproni, l'air entre par un orifice à l'avant et circule autour d'un corps fuselé central enfermant un moteur Isotta-Fraschini à 12 cylindres en V. Ce moteur classique, refroidi par liquide, entraîne deux grands compresseurs logés sensiblement au milieu de la longueur du fuselage. L'air comprimé en deux étages est refroidi et canalisé par radiateur et amené vers une série d'injecteurs disposés en couronne, dans la chambre de combustion. L'échappement a lieu dans une tuyère à orifice réglable au moyen d'un cône mobile.

Il faut signaler que Gnome et Rhône étudie avec Rateau un compresseur entraîné par son moteur 14 M « Mars » avec injection additionnelle de carburant dans les tuyères.

La S. N. C. A. du Nord étudie actuellement un bimoteur de transport dans lequel les turbo-réacteurs Gnome et Rhône-Rateau sont accolés au fuselage dans le genre des moteurs du Bell P.59 « Airacomet » dont il sera question plus loin. L'échappement est décalé vers l'extérieur par rapport au plan médian du fuselage pour que les gaz chauds n'atteignent pas les empennages bien que ceux-ci soient surélevés et à simple dérive. L'envergure est de 14 m, avec une surface alaire de 25 m<sup>2</sup>. Le poids total de 6 t environ fait ressortir la charge alaire à 240 kg/m<sup>2</sup>, ce qui implique une vitesse assez élevée.

## Le Junkers Jumo 004 et les turbo-réacteurs allemands

Nous entrons maintenant dans la catégorie des turbo-réacteurs, la plus représentée et qui groupe les noms de Junkers, Heinkel, Hirth, Rateau, Whittle, etc.

Le turbo-réacteur Junkers Jumo 004 se présente comme un corps fuselé de 3 m de long et de 0,75 m de diamètre au maître couple, situé au tiers arrière. Il consiste principalement en un compresseur axial à huit étages, envoyant l'air comprimé dans six chambres cylindriques de combustion disposées en barillet autour de l'axe. Sa vitesse axiale est réduite et on lui

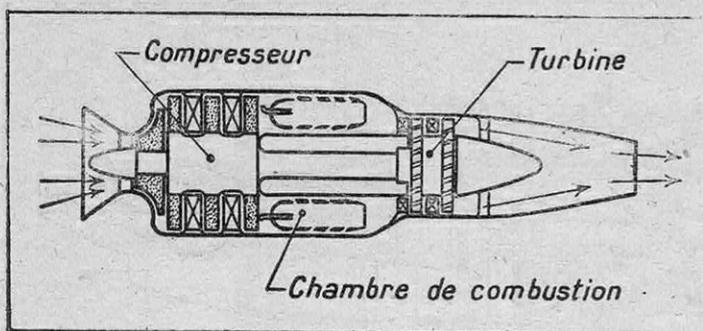


FIG. 6. — SCHÉMA DU TURBO-RÉACTEUR HEINKEL-HIRTH (COMPRESSEUR A 4 ÉTAGES, TURBINE A 2 ÉTAGES)

communiquent une forte rotation avec turbulence. Le combustible est introduit à contre-courant, finement pulvérisé, et brûle sur un faible parcours. Les gaz à très haute température résultant de la combustion de l'air primaire sont mélangés à de l'air frais secondaire avant d'arriver à la turbine. La turbine, à un seul étage, entraîne le compresseur disposé à l'avant. Les gaz sortent ensuite à travers une buse à ouverture réglable. Compresseur et turbine reposent sur quatre paliers à billes, un avant le compresseur et trois entre le compresseur et la turbine, supportés par un fût central en alliage léger. Une circulation d'air est prévue autour des divers éléments par des procédés assez ingénieux.

Dans un cône, concentrique à l'ouverture avant du fuseau de carénage, se trouve un petit moteur à deux temps, deux cylindres opposés, refroidi par air, d'une puissance de 10 ch. Il est accouplé à l'axe du compresseur au moyen de dents de loup à débrayage automatique. Ce moteur est destiné au lancement. Il entraîne d'abord le compresseur à 1000 tours par minute, et l'allumage se produit dans les chambres d'explosion. Le moteur accélère encore jusqu'à 2000 tours, puis se débraye. A ce moment, le turbo-réacteur fonctionne par ses propres moyens.

A la suite du moteur se trouve l'engrenage d'entraînement des auxiliaires : régulateur de vitesse, pompe à huile de régulation et pompe à pétrole.

Le compresseur axial à huit étages est composé de plusieurs roues enfilées sur le même axe. L'axe est supporté à l'avant par un palier à trois roulements-butées encaissant la réaction des aubages et à l'arrière par un seul roulement. Un tambour d'équilibrage compense en partie la réaction axiale du compresseur. A cet effet, le tambour est mis en communication, au moyen de canaux traversant le carter principal, avec la zone de dépression située derrière la roue de la turbine. Après le quatrième étage du compresseur, la partie extérieure du carter intermédiaire assure un prélèvement d'air destiné à refroidir l'enveloppe de la turbine. L'air comprimé sortant du dernier étage du compresseur passe dans les six chambres de combustion suivant le processus déjà écrit. A l'entrée des chambres de combustion, des canaux amènent l'air sous pression vers les tuyères de distribution, assurant leur refroidissement. Chaque chambre de combustion possède un pulvérisateur de combustible; trois bougies (une sur deux chambres) servent à l'allumage au départ; le fonctionnement normal se fait par auto-allumage.

En outre, la chambre est refroidie par une circulation extérieure d'air secondaire.

Les gaz chauds passent dans des aubages de distribution à la roue de la turbine. L'axe de la turbine est supporté, vers l'avant seulement, par deux roulements. Il est relié à l'axe du compresseur qu'il est chargé d'entraîner au moyen d'un accouplement coulissant permettant la libre dilatation. Le graissage des paliers intérieurs est assuré par une pompe à huile commandée directement par l'arbre de la turbine. Les gaz chauds s'échappent enfin à l'air libre à travers une tuyère à réaction dont la section de sortie est réglée au moyen d'un obturateur ogival coulissant, d'une course de 20 cm. Le réglage s'opère en fonction du débit de combustible et permet d'assurer la meilleure vitesse du groupe et la température la plus favorable suivant l'altitude et la charge.

Pour commander ces réacteurs, le pilote dispose d'une seule manette agissant sur le combustible, dont le débit est en outre soumis à l'action automatique d'une capsule manométrique en fonction de la densité de l'air à l'altitude de vol; un régulateur de vitesse stabilise le régime du groupe turbo-réacteur.

La longueur du compresseur est de 0,60 m. Le diamètre des aubages va en augmentant légèrement jusqu'à atteindre 0,59 m. Le compresseur aspire  $19 \text{ m}^3$  d'air par seconde et le comprime à 3,2 atmosphères. Il tourne à 8800 tours par minute. La roue de la turbine pèse 80 kg pour un diamètre de 70 mm. L'arbre pèse 4 kg, les six chambres 50 kg, le collecteur 19,2 kg, le distributeur 22 kg, la tuyère 87 kg, les carters 104 kg.

La consommation spécifique est de 500 g/ch-h environ, soit plus du double d'un moteur à piston normal. Le rendement thermodynamique est de 11,6 % à 10000 m d'altitude. Le poids d'un groupe est de 750 kg. La puissance est de 2600 ch au sol, fournissant un effort de décollement de 900 kg. La durée de fonctionnement d'une chambre de combustion est de 25 heures seulement, au delà desquelles elle est brûlée. La vitesse d'éjection des gaz atteint 605 m/s.

D'une disposition générale semblable à celle du Jumo 004, le moteur BMW 003 utilise un compresseur à 7 étages et une turbine à un seul étage.

De conception plus récente, le Heinkel-Hirth 011 est logé dans un corps fuselé d'un diamètre un peu supérieur à celui du 004, soit 0,914 m, mais d'une longueur moindre : 2,59 m environ.

Il se compose d'un compresseur à quatre étages et d'une turbine à deux étages. L'arbre central est supporté par des roulements à billes pour le compresseur et des roulements à rouleaux pour la turbine. La turbine tourne à 9000 tours/minute.

Le premier étage du compresseur est du type centrifuge, alors que les trois autres sont axiaux. Le rapport de compression est de 5. L'ensemble pèse environ 900 kg et fournit une poussée de 1250 kg.

Enfin, le turbo-réacteur Bussing N. A. G. dif-

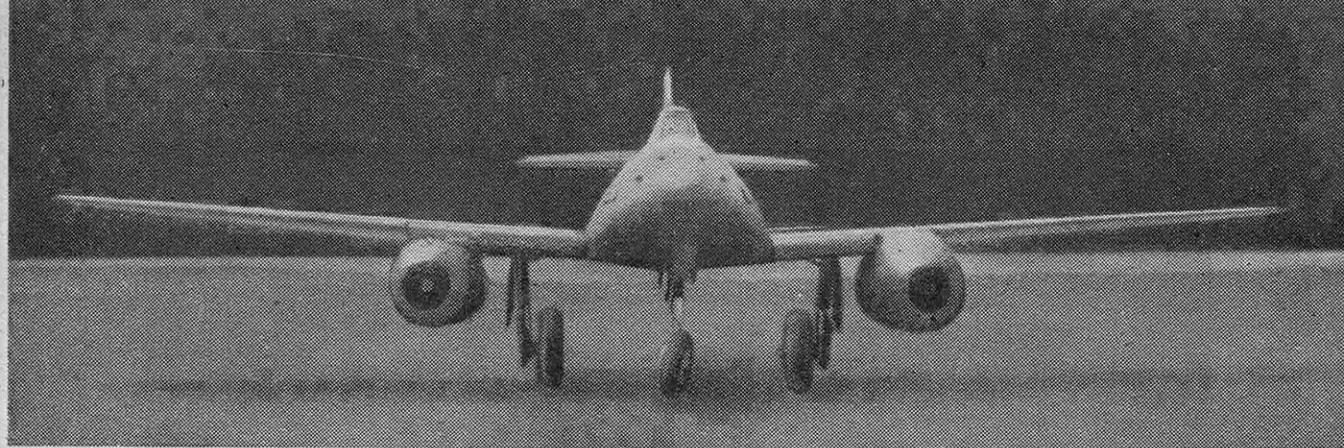


FIG. 7. — LE CHASSEUR BIMOTEUR A RÉACTION ALLEMAND MESSERSCHMITT ME 262 « SCHWALBE »  
(ENVERGURE 12,50 M, LONGUEUR 10,60 M)

fière des précédents par son compresseur du type à pistons.

La mise au point de tous ces turbo-réacteurs s'est révélée assez longue et le premier prêt, le Junkers-Jumo 004 a équipé les Heinkel He 280, Messerschmitt Me 262 et Arado 234.

### Le Heinkel He 280

Ce chasseur a fait son apparition à la fin de 1944 et est sorti à un très petit nombre d'exemplaires, vraisemblablement à cause de sa vitesse inférieure à celle du Messerschmitt Me 262.

C'est un monoplan monoplace, entièrement métallique, à aile basse présentant un dièdre assez prononcé. Le fuselage à long nez est très effilé. Le plan fixe, à dièdre important, est flanqué de deux dérives de forme trapézoïdale. Le contour de l'aile, de forme elliptique, rappelle la construction Heinkel. Le train est tricycle, à jambes très courtes, les roues principales se repliant dans l'aile vers le fuselage.

On lui prête les caractéristiques suivantes :

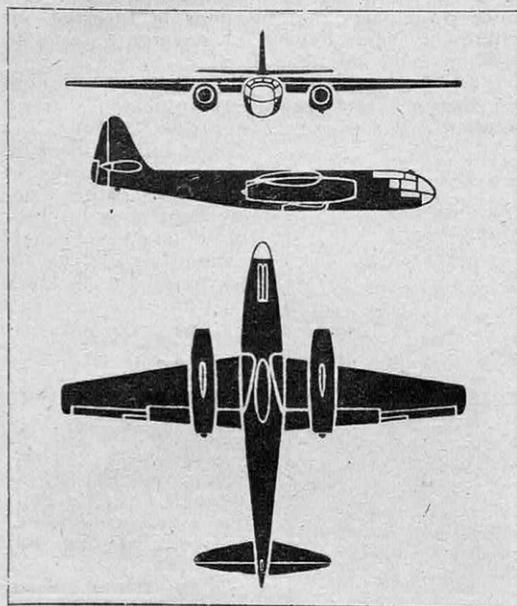


FIG. 8. — LE CHASSEUR BIMOTEUR A RÉACTION ALLEMAND ARADO AR 234 (ENVERGURE 14,40 M, LONGUEUR 12,70 M)

envergure, 11,90 m; largeur, 10,70 m; surface portante, 20 m<sup>2</sup>; poids total, 6 300 kg; vitesse, 800 km/h. Les deux turbo-réacteurs Jumo 004 sont logés sous les ailes. L'autonomie serait de 40 minutes.

L'armement comprendrait soit 4 canons de 30 mm, soit 2 canons de 30 mm et 3 de 20 mm, tous logés dans le nez.

### Messerschmitt Me 262 "Schwalbe"

Le chasseur bimoteur à réaction Messerschmitt Me 262 fut utilisé pour la première fois sur le front lors de l'attaque du pont de Nimègue.

Il se présente comme un monoplan à aile basse cantilever avec simple dérive et empennage surélevé. Les deux propulseurs sont fixés sous l'aile; le train d'atterrissage est tricycle, les roues principales étant supportées par de très courtes jambes.

L'aile, d'une seule pièce, possède un dièdre et surtout une flèche considérables. De construction métallique à revêtement travaillant en tôle de dural de 0,5 mm, elle rappelle les lignes angulaires de Messerschmitt avec un seul longeron très important et une multitude de raidisseurs. L'extrados est lisse, tandis qu'à l'intrados on trouve les groupes moteurs et le logement des roues principales du train. Le bord d'attaque est doté d'une fente automatique genre Handley-Page qui court du bord marginal au fuselage, interrompue par les turbo-réacteurs. Le bord de fuite est occupé par les ailerons, assez courts, et par les volets de courbure. Ailerons et volets sont métalliques.

Le profil de l'aile est mince, à bord d'attaque effilé, sensiblement symétrique, à l'épaisseur maximum au tiers du bord d'attaque. L'épaisseur est d'environ 30 cm à l'emplanture. Il est intéressant de noter que, malgré les hautes vitesses pour lesquelles est construit le Me 262, l'aile ne présente aucune trace de recherche particulière d'écoulement supersonique.

Les roues principales du train, relevables vers le fuselage, s'escamotent entièrement à l'aide de volets fixés sur les jambes et sur le fuselage.

Le fuselage, de construction métallique en dural, semi monocoque, est de forme très spéciale par sa section triangulaire à angles arrondis. Il est plus large que haut à l'emplanture de l'aile. Le nez, exceptionnellement effilé, dépasse le bord d'attaque. La dérive, venue de construction, est triangulaire et relativement importante. Elle

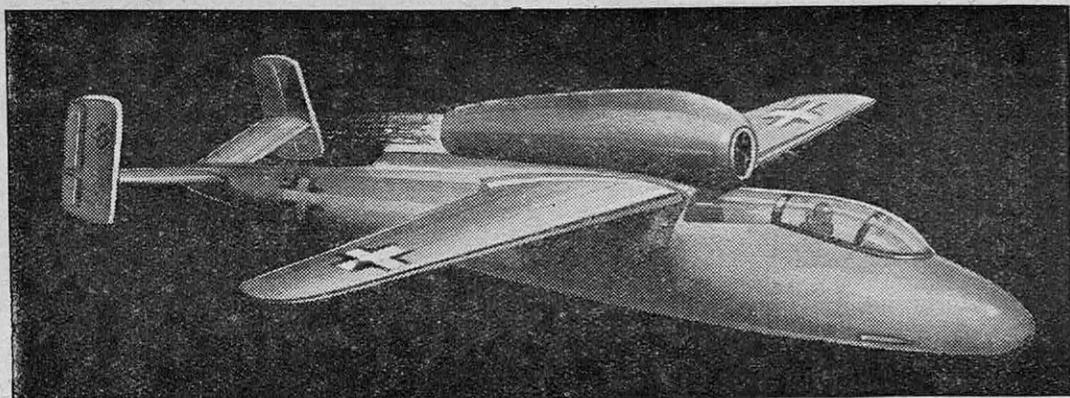


FIG. 9. — LE CHASSEUR ALLEMAND HEINKEL HE 162 « VOLKSJÆGER »

supporte à mi-hauteur le plan fixe, de forme triangulaire également, réglable en vol par un moteur électrique logé dans le raccordement de la dérive et du dos du fuselage. A l'avant s'articule la jambe de la roue orientale rentrant vers l'arrière en opérant une rotation de 90°, de manière à s'encaster à plat dans le fuselage.

Ensuite se logent les quatre canons de 30 mm avec leurs magasins d'approvisionnement, puis un réservoir de combustible. Le poste de pilotage se trouve au-dessus de l'aile. Les commandes sont normales : manche à balai et palonnier actionnant les gouvernes. Le blindage consiste en plaques métalliques et un pare-brise à l'épreuve des balles, de 5 cm d'épaisseur. Le capotage, translucide, est en trois parties : un pare-brise fixe ; un toit ouvrant de gauche à droite dans le genre du Messerschmitt Me 109, et un profilage se raccordant à une légère excroissance du dos du fuselage. Les deux derniers éléments sont largables en vol pour l'évacuation rapide. Derrière le pilote on trouve encore le poste de radio avec une antenne annulaire et un fil qui part de la pointe de la dérive et aboutit dans le carénage arrière du cockpit, des accumulateurs, des bouteilles d'air comprimé et des réservoirs additionnels.

L'armement peut être complété par une ou deux bombes de 250 kg ou par des fusées. Dans certains cas, les quatre canons ont été remplacés par une seule arme montée dans l'axe, d'environ 40 mm. D'autres versions sans armement emmenaient deux appareils photographiques et des réservoirs supplémentaires d'une capacité totale de 2600 l.

Le carburant utilisé est le gasoil. L'envergure du Me 262 atteint 12,51 m et sa longueur 10,50 m. Son poids est d'environ 7 t en ordre de vol. Il décolle en 700 à 1 000 m et grimpe à une allure étonnante (12 000 m en 4 minutes 30 s). Sa vitesse maximum devrait être de 900 km/h

d'après la puissance des moteurs et la finesse de la cellule. Mais, en raison peut-être de l'apparition des phénomènes supersoniques, la vitesse réelle n'est que de 830 km/h. Il est équipé de deux turbo-réacteurs Junkers Jumo 004. L'autonomie est réduite à 45 minutes en raison de la très forte consommation. Le pilote alterne les périodes de propulsion et de plané.

### L'Arado Ar 234

Un peu plus grand que le Messerschmitt Me 262 et propulsé comme lui par deux turbo-réacteurs Junkers Jumo 004, le monoplane Arado Ar 234 est moins rapide.

Il se distingue par une aile haute, de forme trapézoïdale, sous laquelle sont accrochés les propulseurs ; un fuselage sans saillie extérieure, le poste de pilotage se trouvant dans le nez entièrement vitré ; un plan fixe monté juste au-dessus du raccordement de la dérive avec le fuselage. Le train est naturellement tricycle. Les roues principales rentrent dans le fuselage, en remontant vers l'avant. L'envergure est de 14,40 m et la longueur de 12,71 m.

L'Arado Ar 234 n'est pas armé, étant destiné aux missions tactiques de reconnaissance et de bombardement léger. Une grosse bombe s'encastre à demi dans le ventre du fuselage et deux plus petites s'accrochent sous les propulseurs. Avec ce chargement de 700 kg, la vitesse atteint 780 km/h environ.

### Le Heinkel He 162 "Volksjäger"

Le Heinkel He 162 « Volksjäger » (chasseur populaire) se fabriquait en série dans des usines souterraines à Egeln, depuis janvier 1944.

C'est un monoplace, monoplane métallique à aile haute avec empenage stabilisateur en V à double dérive de forme rectangulaire. Le fuse-

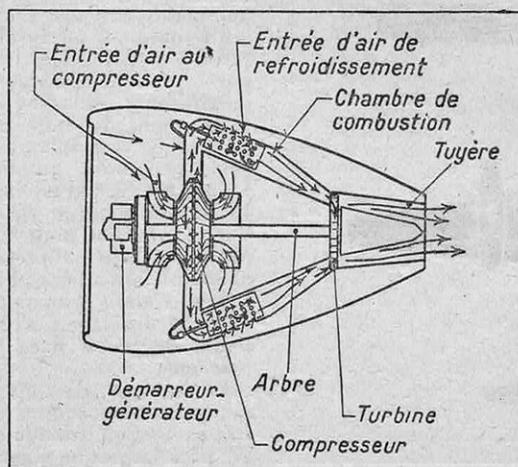


FIG. 10. — SCHÉMA DE PRINCIPE DU PROPULSEUR « WHITTLE »

lage métallique est de section elliptique. Le pilote est assis sous un cockpit transparent composé d'un pare-brise et d'un carénage relevable vers le haut. La partie centrale du fuselage contient le réservoir de combustible, reçoit l'aile fabriquée d'une seule pièce et elle-même surmontée du fuseau moteur. Le jet de propulsion s'écoule au-dessus du fuselage qui est protégé par une quille en forme de V. L'armement consiste en deux canons de 30 mm logés sous le siège du pilote, de part et d'autre du fuselage.

Avec sa surface portante réduite, l'appareil, très chargé au mètre carré, doit atteindre une vitesse élevée (960 km/h environ).

Il n'est pas précisé si le propulseur est un turbo-réacteur B M W 003, ainsi qu'il est probable. D'après les personnages photographiés autour des fuselages au montage, il semble que la longueur du Heinkel He 162 soit de 8,50 m environ, pour une envergure de 7,90 m.

### Le turbo-réacteur " Whittle "

L'Air-Commodore Frank Whittle, en collaboration avec la Power Jets Ltd et la British Thomson Houston Co Ltd a étudié un turbo-réacteur qui est à la base de toutes les réalisations anglaises et américaines : Rolls-Royce, De Havilland, General Electric Co, etc. (1).

Il diffère essentiellement des dispositifs allemands par l'adoption d'un compresseur centrique double.

La description peut être résumée ainsi : sur un arbre central unique sont montés, de l'avant vers l'arrière un générateur, un starter actionné par une batterie de 24 volts et des pompes, puis une roue de compresseur centrifuge de 0,70 m de diamètre. Cette roue absorbe 30 m<sup>3</sup> d'air par seconde (contre 19 m<sup>3</sup> pour le Jumo 004). L'air parvient au moyen d'une ouverture ménagée à l'avant et de guides l'amenant sur les deux faces du compresseur. L'air comprimé s'échappe radialement vers des chambres de mélange. Les chambres sont en deux parties : une douille intérieure percée de trous et recevant le carburant au moyen d'un injecteur vissé en bout, et une enveloppe également percée. A travers les orifices de l'enveloppe passe l'air de refroidissement qui se mélange au combustible pulvérisé avant d'atteindre la chambre de combustion. Il y a ensuite inflammation suivant le cycle habituel, et projection des gaz sur la roue de la turbine calée à l'autre extrémité de l'arbre. Le diamètre maximum du fuselage atteint 1,25 m en raison de la disposition des conduites d'air utilisant l'échappement centrifuge du compresseur.

(1) La Westinghouse Electric construit chez Pratt et Whitney, pour le compte de l'U.S. Navy, un moteur à réaction d'une conception différente de celle de Whittle. Disposant de puissants moyens, on a étudié un nouveau métal, le K-24-B, alliage forgeable, supportant des températures de plus de 650 degrés.

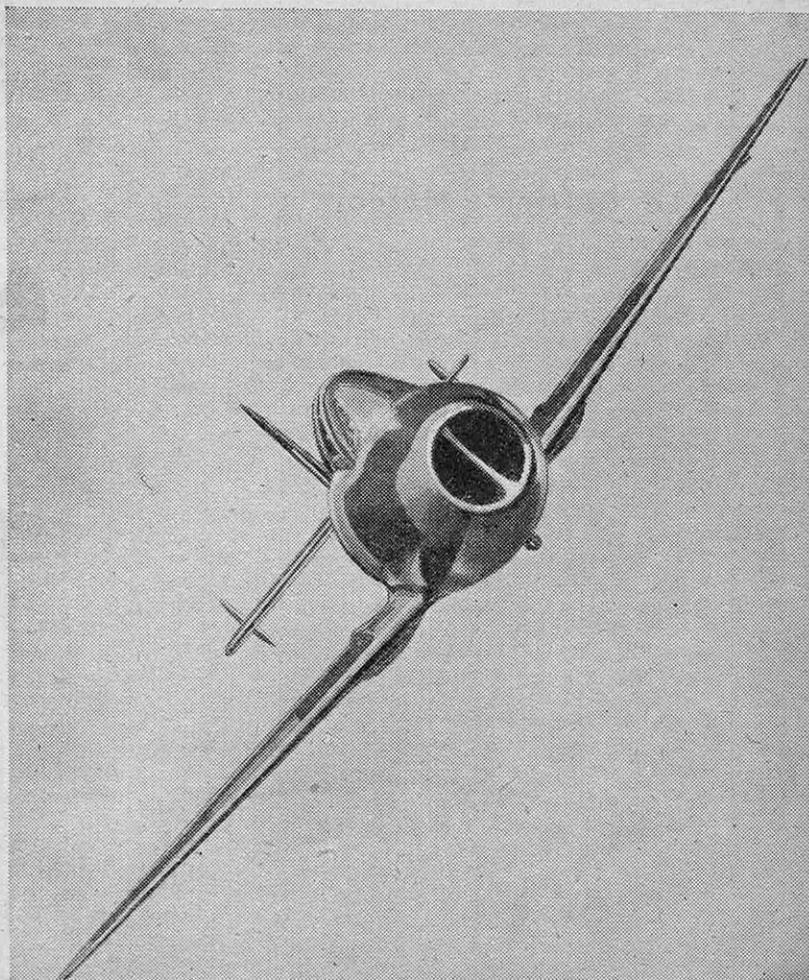
### Le Gloster E 28/39

Dès l'apparition des premiers renseignements sur les avions allemands, l'Angleterre révéla l'existence du Gloster E 28/39 pour lequel elle revendique la date de mai 1941 pour son premier vol. On savait déjà, par l'examen des brevets, que le commandant Whittle étudiait la propulsion par réaction depuis 1933. Ce prototype a servi à l'étude du Gloster « Meteor ». C'est un monoplane à aile basse dont le fuselage très renflé contient un propulseur Power Jets Ltd — Whittle W 2/700, logé dans la partie arrière. Le poste de pilotage est situé très en avant, devant le bord d'attaque de l'aile. Les empennages sont décalés, le plan fixe à gouverne unique surplombant l'orifice d'éjection des gaz et comportent deux petites dérives additionnelles. Le train d'atterrissage tricycle possède des roues très petites montées sur des jambes très courtes et se relève dans l'aile vers l'arrière. L'air entre par un orifice circulaire à l'avant, divisé en deux par une paroi verticale, assurant l'écoulement vers le compresseur, de part et d'autre du poste de pilotage. Les photographies ne révèlent aucun armement (env. 9,5 m., long. 9 m).

Bien qu'étant donné comme ayant servi à la chasse aux V 1 (1), le Gloster E 28/39 ne semble représenter qu'un appareil d'entraînement, au même titre que le Bell P 59 « Airacomet ».

(1) Voir : « La défense contre les V 1 » (Science Vie, n° 332, mai 1945, p. 183).

FIG. 11. — LE CHASSEUR MONOMOTEUR EXPÉRIMENTAL A RÉACTION GLOSTER E 28/39



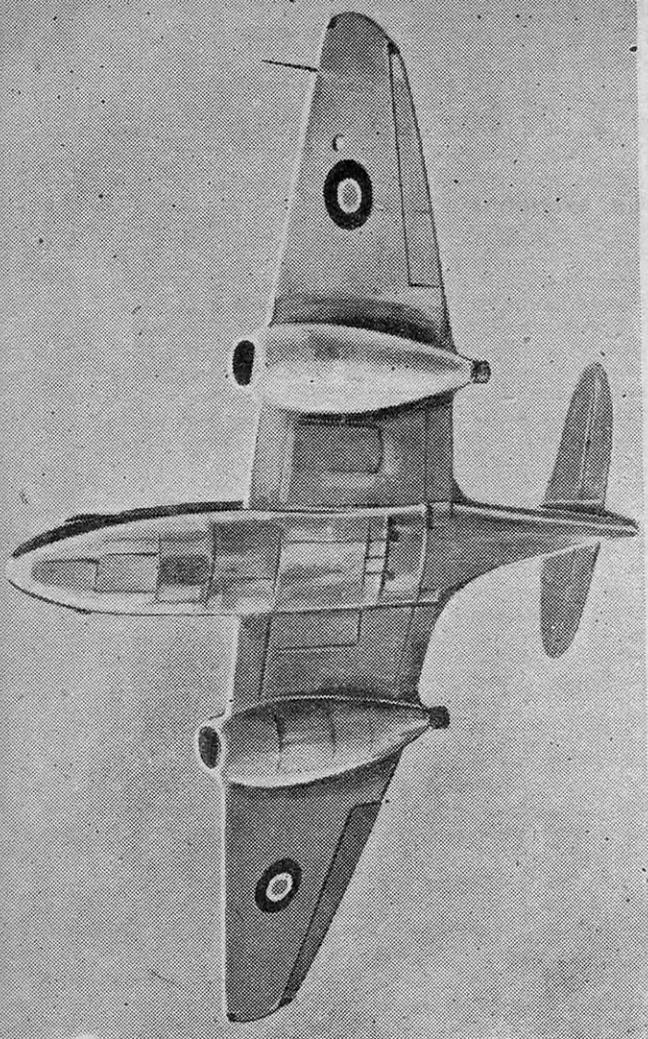


FIG. 12. — LE CHASSEUR BIMOTEUR ANGLAIS A RÉACTION GLOSTER « METEOR » (ENVERGURE 13,10 M, LONGUEUR 12,50 M)

### Le Gloster « Meteor »

Ayant effectué son premier vol en 1943, le Gloster « Meteor » s'attaqua aux bombes volantes dès 1944. Il fait suite au Gloster E 28/39 monomoteur expérimental.

Construit par la Gloster Aircraft Co, il se présente comme un monoplane monoplace métallique à aile basse, bimoteur, à train d'atterrissage tricycle.

La construction s'effectue par fractions : nez du fuselage avant avec la roue; partie médiane du fuselage à laquelle est rattachée la partie médiane de l'aile avec les nacelles motrices et les roues principales du train; demi-ailes extérieures; partie arrière du fuselage avec les empennages. Le plan fixe, en deux parties, est surélevé à mi-hauteur de la dérive, pour échapper à l'action des gaz chauds. La dérive se prolonge sous le fuselage en une sorte de quille prévue pour amortir les chocs à l'atterrissage en cas de cabrage. La manœuvre du train, ainsi que celle des volets de courbure et des freins aérodynamiques, est assurée par une pompe hydraulique doublée d'une pompe à main de secours. Des masselotes, logées à l'intérieur de l'aile, compensent les ailerons.

Le Gloster « Meteor » est propulsé par deux turbo-réacteurs « Welland » ou « Derwent »

construits par Rolls-Royce d'après les principes de Whittle. Leur position diffère de celle des appareils allemands en ce sens qu'ils sont montés « autour » du longeron de l'aile qui les sépare ainsi en deux dans leur plan médian, au lieu d'être accrochés sous l'aile.

L'armement consiste en quatre canons Hispano, de 20 mm, logés dans le nez, de part et d'autre du fuselage. Une camera automatique est commandée à volonté avec ou sans le tir.

Le « Meteor » possède des dimensions plus grandes que le Gloster E 28/39. Son envergure atteint 13,10 m, sa longueur 12,49 m, sa hauteur 3,96 m et sa surface portante 34,74 m<sup>2</sup>.

### Le Bell P-59 « Airacomet »

En septembre 1941, conformément à la loi Prêt et Bail, le gouvernement anglais expédia aux Etats-Unis un exemplaire du Gloster E 28/39. La General Electric Co étudia le propulseur et Bell reçut commande d'une cellule. Le premier vol du P-59, né de cette association, eut lieu en juillet 1943.

Suivant la lignée des Bell, le P-59 possède un fuselage très étroit, de section elliptique. Il est propulsé par deux turbo-réacteurs G. E. Co, système Whittle, accolés au fuselage, de part et d'autre du poste de pilotage, ce qui lui donne un aspect caractéristique à cause des larges ouvertures d'air sensiblement rectangulaires et des deux orifices d'échappement circulaires débouchant sous le bord de fuite de l'aile.

La dérive se raccorde au fuselage par une arête dorsale. Le plan fixe est légèrement surélevé. L'aile utilise naturellement un profit spécial à écoulement laminaire; son envergure atteint 14,60 m pour une longueur de fuselage de 11,65 m. Les roues principales à très large voie du train tricycle se replient dans l'aile vers les carénages des turbines.

L'armement des premiers modèles consis-

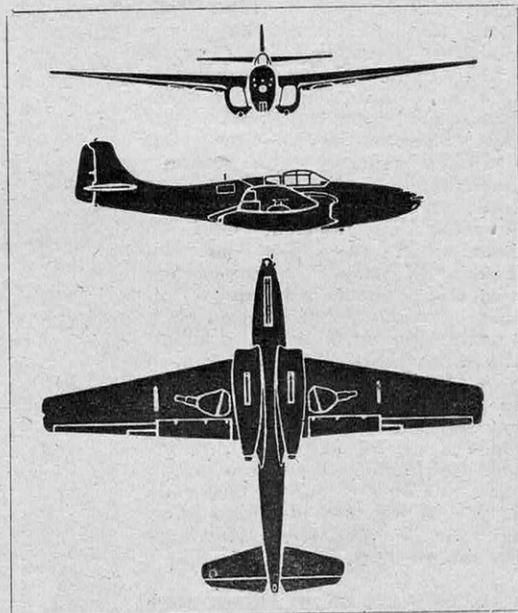


FIG. 13. — LE CHASSEUR BIMOTEUR AMÉRICAIN A RÉACTION BELL P-59 « AIRACOMET » (ENVERGURE, 14,60 M; LONGUEUR 11,65 M)

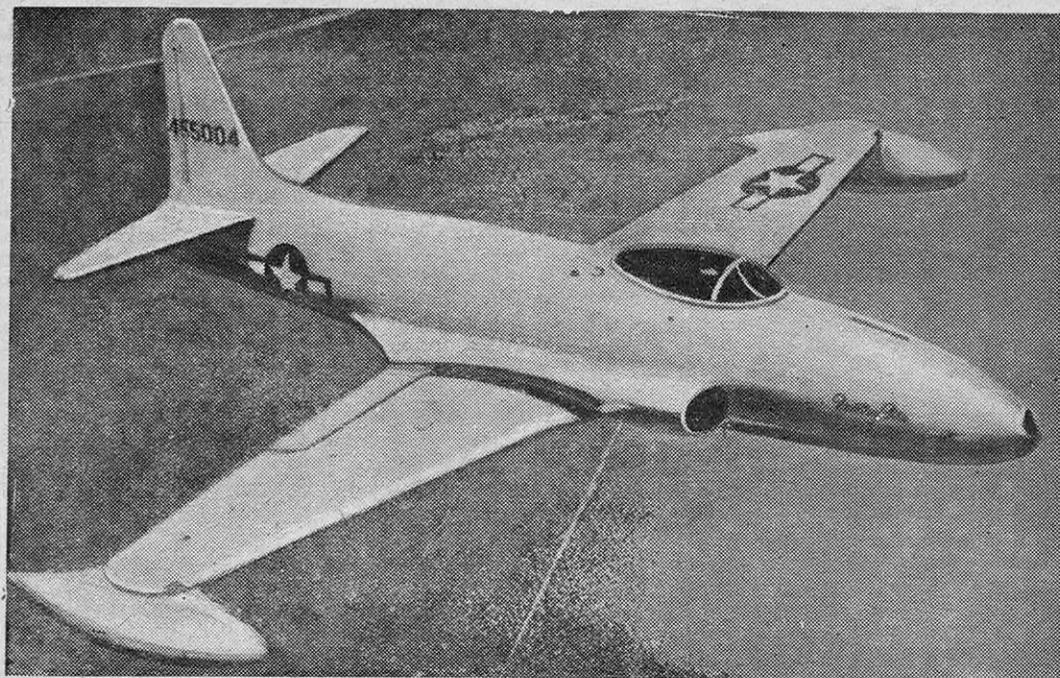


FIG. 14. — LE CHASSEUR AMÉRICAIN LOCKHEED P 80 « ÉTOILE BLANCHE »

Ce chasseur propulsé par réaction pourrait, d'après certaines informations, dépasser la vitesse du son, ce qui, du point de vue aérodynamique, oblige à adopter des profils d'aile en lame de couteau. De même des réservoirs largables ont été placés aux extrémités des ailes, vraisemblablement pour éviter la production locale de vitesses excessives sur l'aile. L'appareil, dont le plafond est de 13 700 m, est équipé d'une cabine étanche. Son armement est de six mitrailleuses de 12,7 mm.

tait en deux ou quatre mitrailleuses de 12,7 mm. Le dernier modèle, le P-59A, a des ailes rognées, une forme d'empennages modifiée et s'arme de quatre mitrailleuses de 12,7 mm et d'un canon de 20 mm. Ce type sert maintenant à l'entraînement des pilotes en vue de leur passage sur le Lockheed P-80 « Shooting Star ».

### Le Lockheed P-80 "Shooting Star"

Construit par Lockheed, cet appareil serait le plus rapide du monde. Il dépasserait donc la vitesse de 950 km/h attribuée au Messerschmitt Me 163 B, et atteindrait, d'après les derniers renseignements américains, 980 km/h.

En juillet 1943, la Lockheed Aircraft Corporation a reçu des American Air Forces la commande pour l'étude et la construction d'un monoplace de chasse équipé du turbo-réacteur de Havilland-Whittle, construit par la General Electric Co et Allison, de la General Motors, et développant environ 3 500 ch.

Grâce au concours de l'Air Service Technical Command et de la Royal Air Force, le P. 80 A, appelé alors XP 80 (la lettre X est attribuée aux nouveaux appareils jusqu'à leur adoption officielle) fut essayé en vol.

L'appareil est un monoplan à aile basse et simples dérives de formes orthodoxes.

Le fuselage, elliptique puis circulaire, est très allongé vers l'avant. Il contient dans le nez l'armement, vraisemblablement composé de six mitrailleuses lourdes de 12,7 mm et de deux canons de 20 mm. Au niveau du bord d'attaque de l'aile se trouve le poste de pilo-

tage, abrité par un cockpit à vision totale. Ce poste est traité en cabine étanche pour le vol à haute altitude et prévu pour l'utilisation de l'équipement antiaccélération du Dr Berger, le fameux « G-Suit ». Derrière le pilote est disposé un réservoir de combustible, deux autres réservoirs étant logés dans le bord d'attaque de l'aile. Ensuite vient le moteur General Electric « Superjet », dont les deux orifices d'alimentation en air s'ouvrent de part et d'autre du fuselage en avant des carènes de raccordement de l'aile. Les gaz propulsifs s'échappent à l'extrémité arrière du fuselage. Le moteur peut se changer en 15 minutes. L'aile possède un profil à écoulement laminaire presque symétrique, à bord d'attaque effilé. L'épaisseur relative atteint 21 % seulement au voisinage de la partie médiane. Un servo-moteur hydraulique commande les ailerons. Un moteur électrique commande les volets de courbure comme sur le Lockheed « Lightning », réduisant des cinq sixièmes l'effort à fournir par le pilote.

Le gouvernail de direction fait suite à une dérive, raccordée au fuselage par une arête dorsale. Le plan fixe est médian. L'ensemble est recouvert d'une laque incolore assurant un haut degré de poli.

Le train d'atterrissage est tricycle avec une roue avant orientable et deux roues principales se relevant vers le fuselage.

Le poids est d'environ 6 300 kg à pleine charge. On vante la maniabilité, due à sa faible charge alaire.

Le Lockheed P.80 A est un peu plus grand que le Gloster E-28/39, ce qui permet d'admettre les caractéristiques suivantes : enver-

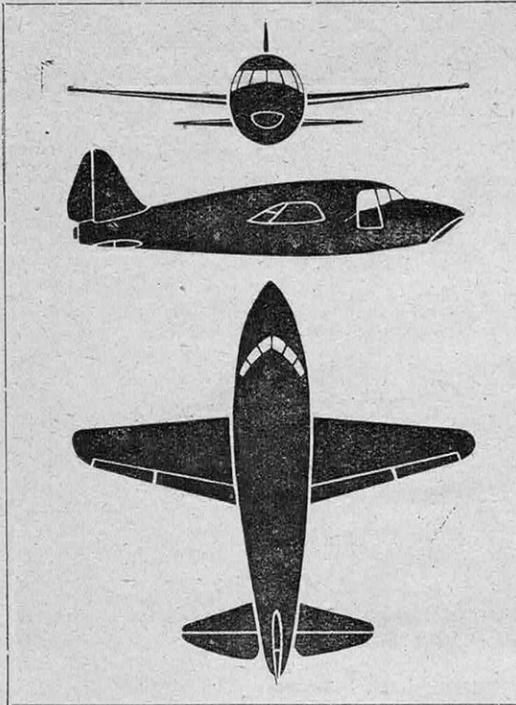


FIG. 15. — LE PREMIER AVION FRANÇAIS A RÉACTION S.O. 6000 (ENVERGURE 9,20 M, LONGUEUR 10,15 M)

gure, 11,89 m; longueur, 10,52 m. L'autonomie est estimée à 1 000 km, soit une heure de vol. L'armement consiste en six mitrailleuses dans le nez du fuselage.

Bien qu'originellement conçu comme chasseur, le P 80 A remplacera le Lockheed P 38 « Lightning » dans de nombreuses missions : bombardement, attaque au sol, reconnaissance photographique, etc.

Plusieurs usines, dont la filiale de Kansas City de la North American Aviation, construisent ce nouveau chasseur en dehors des quatre usines Lockheed. Il serait produit en deux versions : une à réaction pure (turbo-réacteur); une seconde avec un groupe moteur à hélice assisté d'un ou plusieurs réacteurs (moto-propulsion). Cette dernière version serait destinée aux missions à basse altitude.

### Le S. O. 6000

Un appareil français à propulsion par réaction avait été étudié par les ingénieurs Riffert et Sédille. Un autre appareil, le S.O. 6000, dû à l'ingénieur Servanti, est en construction en France, à la S.N.C.A. du Sud-Ouest.

Le S.O. 6000 est un monoplan métallique à aile médiane avec simple dérive et plan fixe surbaissé. L'aile se décompose en deux demi-ailes, à profil à écoulement laminaire, s'attachant au fuselage par une ferrure spéciale en acier à haute résistance, fixée sur le longeron, et par une cornière boulonnée. Le longeron est situé au voisinage de l'épaisseur maximum, assurant une grande résistance aux vibrations.

Le fuselage, très ventru, de section ovoïde, comporte, sous le nez, l'orifice d'entrée d'air pour le compresseur. L'air est dirigé à travers le fuselage, entre les deux sièges avant côte à côte, abrités par un habitacle à grand champ de vision. Le turbo-réacteur Rateau, dont la puissance atteint 3 000 ch pour une vitesse d'éjection de 250 m/s, se place derrière la cabine, dans un berceau réservé à cet effet, et est fixé en trois points, au moyen de ferrures spéciales. Sous le réacteur, dans la partie inférieure du fuselage, un réservoir d'essence de 1 200 litres est protégé du rayonnement par une paroi horizontale doublant son poids. Les deux roues principales du train d'atterrissage se relèvent hydrauliquement dans le fuselage.

Le S.O. 6000 est très petit pour un biplace. Son envergure est de 9,16 m seulement pour une longueur de 10,13 m et une hauteur de 3,12 m. La surface portante atteint 14 m<sup>2</sup>; le poids à vide se tient aux environs de 2,7 tonnes et le poids total est de 3 600 kg, donnant une charge alaire de 260 kg/m<sup>2</sup>. La vitesse maximum théorique est de 900 km/h. Les premiers vols auront probablement lieu vers le début de 1946.

### La tuyère thermopropulsive Leduc

Leduc est un des premiers ingénieurs ayant fait breveter des dispositifs de propulsion par réaction et ayant entrepris la construction d'un avion. Les tuyères thermo-propulsives Leduc ont été décrites dans cette revue (1).

Rappelons que le fuselage même de l'avion sert d'enveloppe extérieure. L'air entre librement par l'avant du fuselage et est comprimé statiquement en passant autour de la cabine étanche située dans l'axe de l'appareil. Il passe ensuite dans la partie contenant les brûleurs, et s'échappe à l'arrière. Ce cycle exige, pour démarrer, une certaine pression qui ne peut être obtenue qu'en lançant l'avion par un procédé auxiliaire : avion tracteur, catapulte ou fusée de décollage.

Au poids total de 2 tonnes, l'appareil aurait un rayon d'action de 4 000 km à 20 000 mètres d'altitude pour une vitesse de 1 000 km/h.

Le calcul démontre que, même à la vitesse de 1 000 km/h atteinte par l'avion, le rapport de compression n'est que de 2. Le rendement thermodynamique est donc assez bas, et la consommation spécifique de carburant très élevée. Mais le poids au cheval de ce propulseur n'est que de quelques grammes, alors que celui des meilleurs groupes moteur-hélice dépasse 1 kg, ce qui constitue une compensation non négligeable.

(1) Voir : « Le moteur à réaction » (*Science et Vie*, n° 232, octobre 1936).

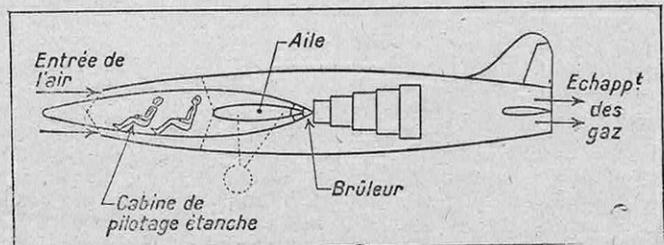


FIG. 16. — SCHÉMA DE L'AVION LEDUC A TUYÈRE THERMOPROPULSIVE

Les ateliers Bréguet, à Toulouse, étudient depuis 1943 un avion basé sur les principes de Leduc et dont la vitesse était estimée à 500 km/h. Il semble que cette réalisation diffère sensiblement du projet initial et se rapproche du dispositif turbo-réacteur, car on mentionne l'utilisation, pour le démarrage du compresseur, d'une turbine à vapeur. Cette turbine développerait une puissance de 1 200 ch à 3 000 tours/minute pour une pression de vapeur de 130 kg/cm<sup>2</sup>.

## Quelques autres appareils

Voici encore quelques appareils à réaction sur lesquels on manque de précisions.

Le *Heinkel « T »* (allemand) est un monoplan métallique à aile mi-basse caractérisé par un énorme fuselage-tonneau rappelant celui du Caproni-Stipa. Les empennages, de très grandes dimensions, ne lui ont pourtant pas assuré une maniabilité suffisante, principalement dans les retournements et les virages sur l'aile à grande vitesse. Le réacteur, de type non précisé, est logé dans le fuselage, et le poste de pilotage, en cabine étanche, fait saillie à l'extrême avant au-dessus de l'ouverture d'entrée d'air. L'envergure serait de 7,90 m pour une longueur de 5,90 m. Il atteindrait 800 km/h, mais aurait recours à un Heinkel III équipé de fusées pour un décollage assisté.

Le *Lowenthal 47* (allemand) est la désignation provisoire d'un monoplan à aile médiane de 14 mètres d'envergure dont le profil semble plus effilé à l'avant qu'au bord de fuite. L'aile présente en outre un fort dièdre. Le fuselage très mince, long de 12 m, a un nez extraordinairement long : 4 m à 4,5 m. Les empennages sont décalés, le plan fixe, d'une envergure de 6,5 m environ et à bord d'attaque curviligne, est calé en avant de la dérive simple, à 6,7 m du bord de fuite de l'aile.

Cet appareil ne posséderait qu'un seul réacteur, aurait un train tricycle et serait armé de plusieurs canons logés dans le nez.

Le *Dornier Do 335* (allemand) serait un bombardier léger, propulsé par deux réacteurs, atteignant 700 à 800 km/h et emportant un chargement de bombes de 1 800 kg.

Le *Rechlin 66* (allemand) serait un monoplan « canard » à aile basse ou médiane, de faible allongement avec flèche prononcée et bords marginaux pointus. Le fuselage serait assez épais et les cotes de cet avion : envergure, 19 à 20 m; longueur, 17 à 18 m; envergure du stabilisateur, 6 à 7 m; corde maximum de l'aile,

4,50 m, sont considérées comme provisoires.

La firme Focke-Wulf aurait aussi réalisé un chasseur. On a également observé en Allemagne un bifuselage s'apparentant au chasseur de nuit américain « Black Widow » et possédant un habitacle vitré à l'avant, sous le fuselage.

Le *Fireball* (américain) est un chasseur propulsé par réaction, récemment annoncé comme devant être au premier plan de la guerre dans le Pacifique et probablement construit par Ryan.

Le *Heinkel He 178* (allemand) est un appareil expérimental qui aurait effectué son premier vol le 27 août 1939.

Enfin, le *De Havilland « Vampire »* (anglais) est un monoplace de chasse pour lequel on réclame une très grande maniabilité et une vitesse

largement supérieure à celle du Lockheed P 80 « Shooting-Star ». On remarque à cet effet que c'est le premier appareil de la R.A.F. crédité officiellement de plus de 800 km/h.

## Conclusion

Nous avons vu, au cours de ce rapide tour d'horizon, que la propulsion des avions par réaction subit un développement accéléré, principalement du fait des exigences de la guerre.

Tout en étant à ses débuts de réalisation pratique, ce mode de propulsion connaît des résultats extrêmement encourageants et propres à inciter les ingénieurs à la recherche systématique de solutions d'avenir.

Ces recherches sont multiples. Elles porteront sur la forme générale de l'avion, la disposition des principaux organes de sustentation, leur structure même, l'étude des

profils d'aile à écoulement laminaire et destinés à atténuer les phénomènes aérodynamiques rencontrés à l'approche de la vitesse du son.

Le propulseur offre également un vaste champ d'expériences en ce qui concerne le mode de réalisation choisi, la répartition des organes, les types de compresseurs et de turbines, les chambres de combustion, les injecteurs, le carburant, les métaux destinés à supporter de hautes températures tout en étant soumis à des contraintes diverses, dont la principale semble être la force centrifuge, etc. Enfin, les dispositifs de refroidissement peuvent faire l'objet d'études fructueuses.

Bien des brevets français ont été pris depuis bientôt trente ans. Il manque à nos ingénieurs l'expérience en vol et nous souhaitons que ce retard, imputable en partie à l'occupation allemande, soit rapidement comblé.

G. GEDOVIOUS.

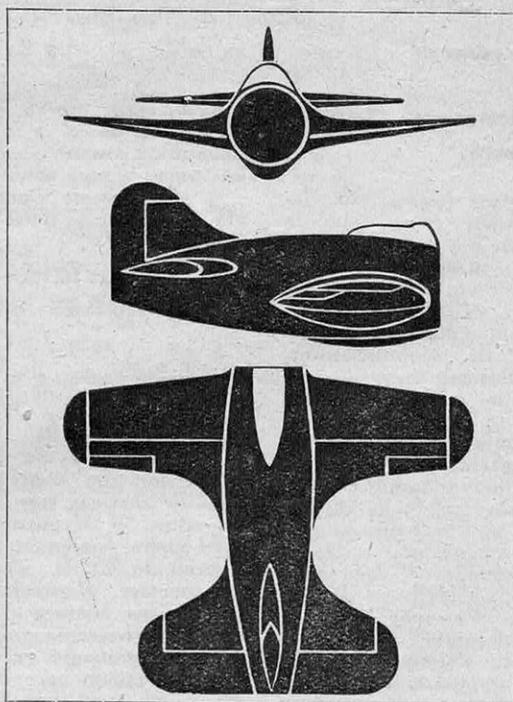


FIG. 17. — LE CHASSEUR ALLEMAND MONOMOTEUR A RÉACTION HEINKEL « T »

# HORMONES ET MAUVAISES HERBES

La pénurie générale de produits agricoles causée par la guerre a mis à l'ordre du jour l'amélioration des rendements des cultures. Les chimistes de tous pays se sont donc attachés à combattre les parasites qui portent atteinte à ces rendements. La découverte du D.D.T. (1) ayant doté l'agriculture d'un puissant moyen de destruction des insectes nuisibles, il restait à combattre le fléau que constituent les plantes parasites ou « mauvaises herbes ». Parmi les nombreuses armes étudiées en vue de leur destruction, l'emploi des hormones végétales s'est avéré particulièrement efficace et semble promis à un brillant avenir.

## La destruction chimique des mauvaises herbes

**C**OMBATTE les mauvaises herbes par des moyens expéditifs sans porter atteinte aux récoltes, voilà un but séduisant pour les chimistes, qui ont mis en œuvre leurs ressources les plus diverses pour y parvenir.

Il y a un quart de siècle déjà, le Norvégien Korsmo étudiait systématiquement l'action herbicide d'un grand nombre de produits chimiques, parmi lesquels les huiles minérales, l'acide sulfurique et le chlorate de sodium se montrèrent efficaces pour détruire sélectivement certains parasites (jacobée, mouron et senecion).

Peu à peu, on trouva par la suite des substances plus efficaces et meilleur marché, dont la plus répandue fut longtemps l'arséniate de sodium. Ce corps, pulvérisé sur le feuillage des plantes, descend dans les racines par « translocation ». Il est particulièrement efficace contre la centaurée et le liseron. Mais il est dangereux pour le bétail, et la dose nécessaire et suffisante est difficile à déterminer.

On a aussi eu l'idée de s'attaquer au sol lui-même, en le stérilisant temporairement. Le sulfure de carbone, dont les vapeurs avaient déjà servi à combattre le phylloxéra, fut essayé à cet effet, mais il s'avéra coûteux et dangereux à manipuler (il forme avec l'air un mélange détonant). La chloropicrine, également délicate à manipuler, s'avéra toxique pour bien des plantes cultivées. Le chlorate de sodium est mieux toléré, mais certaines céréales sont légèrement affectées par son emploi.

Le premier herbicide réellement sélectif que l'on découvrit fut le dinitro-orthocrésylate de sodium, connu dans le commerce en Amérique sous le nom de « Sinos ». Des contrôles officiels ont confirmé que ce produit détruit les mauvaises herbes annuelles qui poussent parmi les céréales, les pâturages, les gazons, les vergers, sans porter le moindre dommage aux récoltes. Le Sinos est particulièrement efficace dans les champs de lin, de pois et d'oignons.

Plusieurs autres produits ont encore été étudiés ces dernières années. Les plus importants semblent être :

— la cyanamide calcique, engrais qui agit en même temps comme herbicide puissant dans les champs de tabac ;

(1) Voir : « Le D.D.T. et la destruction des insectes nuisibles » (*Science et Vie*, n° 335, août 1945).

— le borax (borate de sodium cristallisé), qui débarrasse le sol de toute mauvaise herbe pendant deux ans, et s'emploie notamment le long des voies ferrées et des routes ;

— le sulfamate d'ammonium, particulièrement efficace contre le lierre terrestre.

## Les propriétés herbicides des hormones végétales

C'est en 1940 que les chercheurs de la société britannique « Imperial Chemical Industries » découvrirent les propriétés herbicides de certaines substances appartenant à la famille des hormones végétales (1).

Les deux corps qui se sont avérés les plus efficaces lors des essais effectués en 1943 et 1944 par les services agricoles britanniques portent les noms de Methoxone et de Chloroxone. La Méthoxone, également connue en Amérique sous le nom de D.C.P., s'applique à raison de 1 kg par hectare. Particulièrement active contre le sénevé des champs, elle tue également toutes autres mauvaises herbes des champs de céréales sans endommager la récolte.

Plus récemment encore, Franklin D. Jones a étudié en Amérique les propriétés d'une nouvelle hormone végétale synthétique, l'acide 2-4-dichloro-phénoxy-acétique (en abrégé 2-4-D), également douée de propriétés léthales spécifiques. Dissous à la dose de 160 grammes par hectolitre d'eau, et répandu dans les champs, le 2-4-D (*Weedone* dans le commerce) tue la plus opiniâtre mauvaise herbe des Etats-Unis, le liseron, ainsi que le toxicodendron, le sumac, l'ortie, le mouron, le plantain, le chardon, la jacobée, le pissenlit. Il n'est pas toxique pour les animaux, ni corrosif pour les pulvérisateurs, et est ininflammable.

Le mécanisme biologique de l'action léthale de ces hormones végétales sur les mauvaises herbes est loin d'être entièrement élucidé. Il est probable que dans le « struggle for life » qui se livre dans le sol, les mauvaises herbes, qui sont les plantes les plus rapaces, absorbent plus que leur part de substances nutritives et aussi la majeure partie des substances toxiques répandues. Toutefois, il existe certainement, en plus de ce phénomène, un effet spécifique de certaines hormones sur certaines plantes.

(1) Voir : « La Stimulation végétale » (*Science et Vie*, n° 280, décembre 1940).

# LA SÉLECTION DES PILOTES D'AVION

par E. LEMAIRE

Ingénieur des Arts et Manufactures

Les progrès extrêmement rapides de l'aviation, dus à la hardiesse des solutions nées de la guerre en vue de répondre aux conditions du vol et du combat ont fait en même temps apparaître au premier plan les qualités indispensables non seulement aux pilotes, mais à tous ceux qui, à un titre quelconque (navigateurs, mitrailleurs, radiotélégraphistes, etc.), prennent place dans l'avion. Qualités physiques d'abord, mais aussi intellectuelles et morales, révélées par des tests psychotechniques. La sélection des aviateurs incombe au premier chef au médecin, lui-même spécialisé dans l'étude et la guérison des graves indispositions qui menacent les pilotes soumis à de dangereuses accélérations. Ainsi est née en Grande-Bretagne, aux Etats-Unis, en Allemagne, une médecine nouvelle et le Congrès national de l'Aviation française nous a révélé les remarquables résultats obtenus chez nous, dans des conditions souvent précaires (clandestinité). Il reste à souhaiter qu'une organisation rationnelle de la sélection des aviateurs et de l'enseignement de la médecine aéronautique en France permette de diriger les recherches dont bénéficiera l'aviation civile, les passagers étant exposés aux mêmes malaises physiques que les professionnels.

## La physiologie des aviateurs

On a réussi à construire des avions qui permettent à l'homme de voler plus haut (jusqu'à 17 000 m), plus vite (jusqu'à 800 km/h) et plus longtemps (pendant 12 000 km), que n'importe quel être animé. Le *Pteranodon*, un reptile de l'ère secondaire, découvert dans le Crétacé du Kansas, est probablement le plus grand animal volant qui ait jamais existé; et cependant sa longueur ne dépassait guère 8 m et son envergure 6 m; c'eût été un pygmée à côté de nos avions de 50 t et même des De Havilland « Mosquitos ». L'aviateur se livre à des acrobaties que l'anatomie des oiseaux interdit à ceux qui volent le mieux. Les animaux ne volent ni dans le brouillard, ni dans les nuages; ils ne volent que de jour ou de nuit. L'homme vole indifféremment par tous les temps, de nuit comme de jour, et sans voir; il atterrit de même. Le recordman du saut en parachute, le Français Williams, descendit d'une altitude de plus de 11 000 m et atterrit sain et sauf. Et cependant, la nature n'a doté l'homme de rien de ce qu'il faut pour voler, ni pour descendre de si haut.

Tous ces prodiges n'ont été possibles — et l'avenir nous en réserve bien d'autres — que grâce à des artifices de plus en plus ingénieux, mais aussi de plus en plus nombreux et compliqués; la moindre de leurs défaillances expose l'aviateur aux pires dangers. Pour pouvoir les éviter ou remédier à leurs conséquences, le pilote doit exécuter en temps opportun un grand nombre de manœuvres et, par suite, posséder un ensemble de moyens physiques et intellectuels qu'on ne trouve réunis que chez un petit nombre d'individus; d'où la nécessité de

leur sélection. Mais cela ne suffit pas, il faut préparer au vol ceux qui y ont été reconnus aptes; il faut aussi qu'ils soient prévenus des dangers qui les menacent, notamment l'anoxie et l'aéroembolisme (1), qu'ils sachent en reconnaître les signes prémonitoires et les pallier.

De très nombreux travaux ont été consacrés pendant la guerre à l'étude des problèmes que posent les conditions de vie en avion. L'influence des basses pressions atmosphériques, des variations de pression, du froid, des accélérations sur le comportement de l'homme ont fait l'objet de recherches fructueuses dans le domaine de la physiologie et de la psychologie appliquées. Il est intéressant, par exemple, de signaler l'influence des accélérations provoquées par les changements de direction dans un avion rapide. L'aviateur qui, volant à 600 km/h, décrit une courbe de 500 m de rayon est soumis à une accélération égale à cinq fois celle de la pesanteur; c'est la limite de ce que peut supporter sans trouble l'organisme humain assis dans la position habituelle de pilotage. Or les conditions de vol militaire peuvent imposer des virages de beaucoup plus court rayon: l'aviateur devient alors subitement aveugle et souvent perd connaissance; les troubles ne disparaissent qu'après plusieurs minutes de vol en ligne droite. On explique ces accidents par l'anémie temporaire dans le domaine de la circulation cérébrale, le sang étant centrifugé vers les parties basses du corps, abdomen et membres inférieurs. L'attitude joue en effet un rôle important; si au lieu d'être assis, l'aviateur est couché, il peut supporter sans incon-

(1) L'anoxie est due à l'insuffisance d'oxygène, l'aéroembolisme est provoqué par la raréfaction de l'air.

venient sérieux des accélérations douze à quatorze fois plus fortes que celle de la pesanteur; le corps étant couché, l'accélération agit en effet perpendiculairement aux plus gros vaisseaux du corps au lieu d'agir suivant leur direction générale. Une sangle abdominale serrée et des bandages autour des membres inférieurs, en réduisant la possibilité de réplétion sanguine des parties basses du corps, assurent une meilleure irrigation cérébrale et permettent de supporter en position assise des accélérations plus considérables (*G-suit des Américains*).

Il est à présumer que le développement de l'aviation civile posera des problèmes de biologie aérienne que l'étude du vol militaire aidera à résoudre.

La tâche de sélectionner les futurs aviateurs incombe au médecin, celle de leur formation dans les écoles d'aviation lui incombe aussi en partie, puis il doit les surveiller dans l'exercice de leur profession. Cela suppose chez le médecin un grand nombre de connaissances spéciales, nouvelles, d'où une autre nécessité : former des médecins aptes à accomplir ces tâches, c'est-à-dire qui soient au courant de tous les maux qui menacent l'aviateur, qui en connaissent les causes et les moyens de les prévenir et de les guérir, le cas échéant. Ainsi est née une médecine nouvelle qui pourrait s'enseigner dans les facultés comme toute autre médecine professionnelle, et à laquelle, en France, on a donné le nom de médecine aéronautique (*Aviation Medicine des Anglo-Américains, Luftfahrtmedizin des Allemands*).

Sauf de très rares exceptions, jusqu'ici elle n'a été enseignée chez nous que par les médecins militaires affectés aux formations de l'Armée de l'Air et en même temps professeurs de faculté. La plupart sont eux-mêmes aviateurs. A cet égard, on ne saurait trop louer ceux d'entre eux, presque tous, qui, pendant l'occupation, souvent dans la clandestinité, ou aussitôt après la libération, comme à Alger, se sont consacrés à des recherches et à des travaux de médecine aéronautique. Ne disposant que de moyens précaires, leurs travaux ont presque tous abouti, et en un temps très court, à des résultats qui surclassent et de beaucoup les travaux pourtant si remarquables qu'ont entrepris les Allemands. Ces travaux nous ont été révélés lors du Congrès national de l'Aviation française qui s'est tenu à Paris du 3 au 8 avril 1945. Malheureusement ce Congrès nous a appris aussi que nous manquons d'une véritable organisation de la sélection des aviateurs et de l'enseignement de la médecine aéronautique, alors que cette organisation est presque parfaite à l'étranger, notamment aux Etats-Unis, où elle existe depuis une dizaine d'années et où l'on vient encore de l'améliorer en adoptant la présélection scolaire.

Il importe de remédier au plus tôt à cet état de choses, car l'aviation civile pose les mêmes problèmes que l'aviation militaire, abstraction faite des dangers que fait courir l'adversaire. Comme elle est appelée à un très grand développement et comme les passagers seront exposés aux mêmes périls que les aviateurs professionnels, il importe que tous nous soyons prévenus.

## Les aptitudes physiques :

### La vue

La vue est d'une importance capitale. Au 45<sup>e</sup> Congrès de l'Association médicale britan-

nique, qui se tint en 1919, Sir David Monree, vice-maréchal de l'Air, signala que, sur 178 officiers aviateurs examinés à la fin de la guerre, 175 avaient une vision binoculaire satisfaisante. Or, pendant la guerre de 1914-1918, la sélection médicale des aviateurs laissait beaucoup à désirer; il en conclut qu'une sélection s'était faite par la mort de ceux qui avaient une vision défectueuse.

En Allemagne, où les myopes sont nombreux, on admet dans l'aviation ceux dont la vue peut être parfaitement corrigée par des verres. Aux Etats-Unis, on ne les admet pas; on estime que le port de besicles est incompatible avec celui du masque respiratoire à oxygène quand on vole à grande altitude, et qu'il peut être dangereux aux grandes vitesses; les verres, ou un seul, ce qui est pire, peuvent aussi se détacher ou se couvrir de la graisse des cils, de buée ou même de sueur, le pilote étant souvent en pleine transpiration dans un moment critique.

L'aviateur ne doit pas être affecté d'un daltonisme trop accusé; 7 % des hommes et 1,5 % des femmes en sont atteints pour une, deux ou trois couleurs, et de façon assez intense pour les rendre inaptes à l'aviation.

L'hypermétropie, qui se traduit par une fatigue continuelle de l'œil, quelle que soit la distance de l'objet observé, est un défaut rédhibitoire absolu aux Etats-Unis, puisque le port des besicles n'est pas admis.

Le pilote doit avoir une acuité visuelle suffisante dans la demi-obscurité; il doit accommoder très vite quand il passe de la vision du terrain, qui peut être dans l'obscurité, à celle du tableau de bord, qui est nécessairement éclairé, et *vice versa*. Il doit accommoder aussi très rapidement à toutes les distances. Les deux yeux doivent posséder dans tous ces domaines des aptitudes aussi peu différentes que possible, sinon la perception du relief est mauvaise.

Aux Etats-Unis, sans une bonne vue binoculaire on ne peut être ni pilote, ni observateur, ni mitrailleur, ni même radiotélégraphiste.

### L'ouïe

La nécessité d'une bonne audition n'a été reconnue que tout récemment en Allemagne. L'acuité auditive doit être suffisante pour permettre de percevoir un bruit ou un son insolite qui vient se superposer au vacarme qui règne à bord d'un avion en vol. On pensait que sa diminution ne pouvait être qu'insignifiante chez les aviateurs militaires parce qu'ils sont jeunes, sains, vigoureux, déjà sélectionnés, et aussi parce qu'au total ils ne sont exposés au bruit de l'avion que pendant un temps relativement court et entrecoupé de pauses assez longues. En réalité, chaque vol laisse une diminution de l'acuité auditive assez grande, surtout dans les sons hauts; elle est temporaire, mais elle laisse une petite séquelle qui, en s'accumulant, peut aboutir à une surdité quasi-complète. C'est ce qu'on a observé chez les moniteurs des écoles d'aviation et surtout chez les vieux pilotes commerciaux qui, par crainte de perdre leur place, n'avoient leur surdité que quand elle est manifeste ou a été cause d'un accident. La surdité progressive des aviateurs doit être considérée comme une maladie professionnelle, au même titre, par exemple, que celle des chauffonniers. On peut l'éviter.

En Italie, le Dr Traina, et, aux Etats-Unis, le médecin capitaine J. L. Walter ont reconnu que

les bruits de l'avion se transmettent aux osselets de l'oreille moyenne et à l'organe de Corti qui, peu à peu, dégénère, bien plus par la boîte crânienne que par l'air du canal auditif externe; d'où un dispositif protecteur très simple composé de deux plaques minces de caoutchouc-mousse qui encadrent d'assez loin le pavillon de l'oreille et qui sont appliquées par la pression du casque. Il ne gêne en rien l'emploi des écouteurs de la radio. Après 3 heures de vol, l'aviateur perçoit encore la voix chuchotée à 3 m de distance.

La trompe d'Eustache, qui fait communiquer l'oreille moyenne avec les fosses nasales, doit être perméable, sous peine d'exposer l'aviateur à la rupture de la membrane du tympan, très douloureuse, lors des changements brusques de pression. Un catarrhe chronique de la trompe rend inapte au vol.

## Autres organes

Aux Etats-Unis, on exige une denture en bon état et un minimum de 20 dents saines, dévitalisées ou obturées; même dans ce cas, 2 % des élèves pilotes souffrent encore de rages de dents assez brusques et assez violentes pour diminuer notablement leurs moyens d'action. La



FIG. 1. — UN PILOTE DE CHASSE REVÊTU D'UNE COMBINAISON SPÉCIALE POUR PALLIER LES EFFORTS DE LA FORCE CENTRIFUGE

Cette combinaison peut être portée par-dessus ou par-dessous la combinaison ordinaire. Elle possède des poches en caoutchouc qui sont gonflées automatiquement dès que l'accélération centrifuge atteint une valeur fixée à l'avance. Comprimant la partie inférieure du corps, les poches s'opposent à l'afflux du sang vers le bas et assurent ainsi une meilleure irrigation cérébrale.

douleur est due à un défaut de circulation dans la pulpe qui empêche l'égalisation des pressions entre l'intérieur et l'extérieur de la dent, lors d'une variation d'altitude assez rapide.

On n'exige pas des pilotes qu'ils soient des athlètes, ni même très vigoureux; il suffit qu'ils soient normalement conditionnés, c'est-à-dire que leurs appareils circulatoire, respiratoire et digestif soient en bon état, et que certaines opérations chirurgicales antérieures n'aient pas laissé de séquelles rédhibitoires. Quant au système nerveux, il doit être en excellent état; aux Etats-Unis, on y attache une importance extrême.

En Grande-Bretagne et au Japon, tous les aviateurs doivent être d'excellents nageurs; et l'opinion, dans ces pays, est qu'ils devraient l'être aussi dans les pays non insulaires.

## Aptitudes intellectuelles

En général, leur niveau ne dépasse guère celui qui correspond aux connaissances exigées chez nous pour réussir à l'examen des baccalauréats. En Allemagne, on s'en préoccupe assez peu, les Allemands ayant tendance à croire que tout peut s'apprendre, pourvu que le professeur soit un bon pédagogue. En Italie et aux Etats-Unis, on est beaucoup plus exigeant: on estime que, outre la possession d'un minimum de connaissances, assez élevé d'ailleurs, il faut comprendre, savoir établir et bien appliquer les formules et les graphiques, savoir calculer très vite, même de tête.

## Les tests psychotechniques

L'examen médical, même s'il a été passé avec succès, doit être complété par ce qu'on appelle des « tests psychotechniques ». Ce sont des épreuves destinées surtout à renseigner sur le bon fonctionnement des réflexes du sujet; on mesure, par exemple, la correction, la rapidité et la précision avec lesquelles il répond, par une opération mentale ou un geste convenus d'avance, à la vue ou à l'audition d'un signal inattendu.

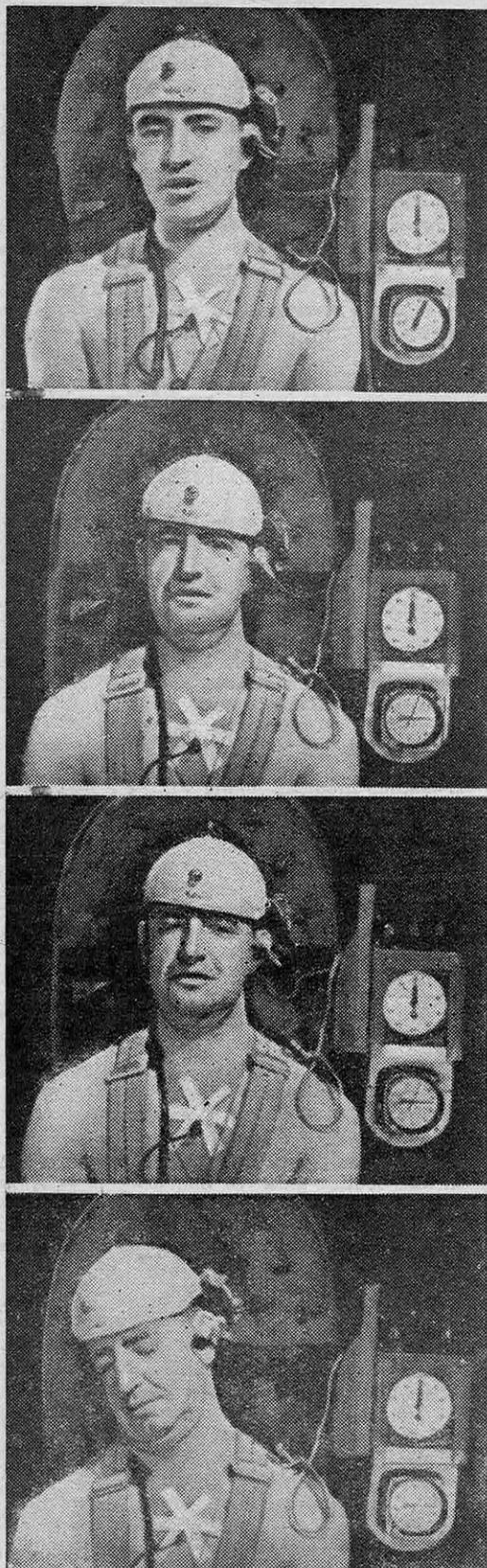
Le Dr Garsaux, qui paraît être le premier à avoir imaginé ces tests, il y a près de trente ans, n'a pu les appliquer dans son installation du Bourget, aujourd'hui détruite, que lorsqu'on eut reconnu les bons résultats qu'ils avaient donnés dans la sélection des conducteurs de tramways, d'autobus et de locomotives.

Aujourd'hui, on y recourt dans un grand nombre de métiers et pour l'orientation professionnelle des jeunes gens. Si bien connus et appliqués qu'ils soient, sans doute, ces tests ont toujours quelque chose de personnel, donc d'arbitraire; néanmoins, ils permettent d'éliminer les individus manifestement inaptes à l'exercice d'un métier ou d'une profession.

Les qualités morales sont indispensables aussi, mais on ne connaît aucun moyen sûr de les mesurer, elles ne se révèlent que par la pratique du vol qui, en général, les améliore. Les tests psychotechniques ne renseignent aucunement sur ce point: c'est ainsi qu'un candidat pilote y ayant pleinement satisfait sera toujours inapte à l'aviation s'il a la moindre appréhension au moment de s'embarquer pour la première fois sur un avion.

## Tares rédhibitoires

Aux Etats-Unis, les médecins chargés d'exa-



miner les candidats aux écoles d'aviation sont choisis parmi les médecins militaires qui ont reçu un enseignement spécial, d'une durée de quatre mois, qui ont fait ensuite un stage d'un an dans une formation de l'air. Après qu'ils y ont été affectés, ils complètent leurs connaissances par des stages d'un ou deux mois, tous les trois ou quatre ans, dans l'école spéciale où ils ont été instruits auparavant. Les nombreuses observations qu'ils peuvent faire ainsi les ont conduits à discerner à quels signes de dégénérescence à prédominance nerveuse, on peut, sinon reconnaître d'avance ceux qui seront incapables au vol, du moins soupçonner ceux qui le deviendront. La liste de ces symptômes, ou tares, est assez impressionnante, la voici tout entière :

Fortes dissymétries de la face; évanouissement à la vue du sang; somnambulisme; incontinence d'urine; onychophagie; peur de l'obscurité; étourdissements; évanouissements; bégaiement; balbutiement; amnésie temporaire; migraines fréquentes; hésitation et lenteur dans les gestes usuels et la parole; tremblements; rabâchage; tendance à la chamaillerie avec la famille pour des vécilles (très fréquente chez les Allemands); alcoolisme, surmenage physique ou intellectuel, ou tous deux, à la suite d'une convalescence insuffisante; paralysies partielles ou incomplètes; cruauté envers les animaux; avarice; égoïsme et mesquinerie; accès de somnolence; entêtement; lenteur à se lever le matin!

L'association de trois ou quatre de ces tares créerait, selon les Américains, une forte présomption d'inaptitude au vol et doit inciter à un examen médical et psychotechnique approfondi, à une surveillance continue du sujet et au renouvellement fréquent de ces examens. Des enquêtes faites à la suite de 25 atterrissages ayant entraîné mort d'hommes ont révélé que, dans 21 cas, le pilote présentait plusieurs des tares précitées, et que deux autres pilotes s'étaient suicidés, preuve indéniable d'un grand déséquilibre mental.

Le médecin militaire N. C. Mashburn est plus exigeant encore. Il fait remarquer qu'après avoir écarté tous ceux qui présentaient les signes de dégénérescence précitées, il restait encore, en 1937, parmi 221 étudiants de l'Université de Columbia qu'il avait bien examinés, 192 d'entre eux, soit 87 %, qui furent reconnus incapables à la fin de leur formation dans les écoles militaires d'aviation ou après leur incorporation. Ainsi s'explique le prix élevé auquel, à cette époque, revenait cette formation (entre 25 000 à 75 000 dollars, évaluations extrêmes). Le Dr Mashburn en conclut qu'on doit soupçonner comme incapables, examiner et surveiller avec plus d'attention et soumettre à des tests plus nombreux et plus variés tous ceux qui ont attiré ou attirent encore l'attention de leur entourage par leur conduite : les excentriques, les perturbateurs, les irritables, les insociables, les arrogants, les colporteurs de potins et même les bavards, c'est-à-dire ceux que, de-

FIG. 2. — QUATRE ASPECTS D'UN PILOTE SOUMIS EXPÉRIMENTALEMENT A DES ACCÉLÉRATIONS CENTRIFUGES CROISSANTES

*Le pilote réagit de plus en plus mal au fur et à mesure que l'accélération s'élève, jusqu'à perdre conscience au-dessus de quatre fois l'accélération de la pesanteur.*

puis une dizaine d'années, les neurologues et les psychiatres appellent les « caractériels », désignant ainsi les sujets chez lesquels un trait particulier du tableau mental ou du tempérament domine l'ensemble du comportement général. Ce terme a une signification précise, tandis que l'appellation « mauvais caractère » reste vague et souvent mal adaptée. Le dépistage de ces futurs indésirables dans l'aviation est si difficile que l'on préconise une préparation spéciale des médecins qui en seront chargés.

## La peur

C'est le médecin capitaine W. S. Jensen qui, en 1936, a attiré l'attention sur les causes de la peur chez les aviateurs éprouvés. Il pense que les meilleurs pilotes sont ceux qui ont maîtrisé leur peur, soit parce qu'ils la ressentent peu, soit grâce à leur volonté, ce qui, dans les deux cas, traduit un bon équilibre mental et un bon état du système nerveux. La peur est ainsi passée dans le subconscient, et elle y demeure sans que le sujet ait à fournir aucun nouvel effort, jusqu'à ce qu'une cause la ramène dans le conscient : surmenage (cas le plus fréquent), choc cérébral, traumatisme, que le sujet peut n'avoir pas perçus. Il doit la refouler à nouveau dans le subconscient, d'où une fatigue nerveuse qui vient s'ajouter au surmenage; et alors, les appréhensions augmenteront d'intensité et de fréquence, et d'autant plus que le sujet a honte d'avouer sa peur.

Le seul remède est le repos absolu et la soustraction au milieu cause des troubles; selon le cas, l'aviateur est envoyé en permission ou est changé provisoirement d'affectation. Le difficile est d'obtenir du patient l'aveu de son état; il y faut un peu de psychanalyse, beaucoup de tact et surtout beaucoup de bienveillance de la part du médecin. Le patient doit avoir pleine confiance en lui et apprendre de lui qu'il n'a pas à s'inquiéter et que ses appréhensions disparaîtront d'elles-mêmes. Le médecin doit aussi être préparé à cette tâche, plus difficile dans

l'aviation, car le courage y est chose courante. Aujourd'hui, aux Etats-Unis, on admet que la peur est un accident banal chez tous les combattants et qu'elle peut et doit se soigner, et guérir.

## La présélection scolaire

Tout ce qui précède montre qu'il y a intérêt à préparer de façon spéciale et le plus tôt possible, les jeunes gens qui désirent entrer dans l'aviation, et cela avant même leur admission aux écoles militaires : on évite ainsi bien des déceptions et aussi des pertes considérables de temps et d'argent, car la guerre moderne fait, hélas! une énorme consommation d'aviateurs. C'est ce qu'on a fait aux Etats-Unis.

Tout en poursuivant les mêmes études que leurs camarades, les élèves des écoles supérieures qui désirent devenir aviateurs reçoivent un enseignement supplémentaire, spécial, auquel cependant ne sont admis que ceux qui possèdent les aptitudes physiques et intellectuelles jugées indispensables.

Le programme des matières enseignées comprend, outre l'algèbre et la géométrie élémentaires, des notions assez étendues de physique, de mécanique et surtout de météorologie. Leur enseignement est complété par des cours de culture physique. Ceux qui ont suivi ce double enseignement sont encore soumis à un examen d'élimination avant d'entrer dans les écoles d'aviation militaire. Les premiers résultats ont été excellents.

En France, les mesures de ce genre n'ont pu être prises, mais elles sont préconisées; on pense même que l'enseignement spécial devrait être complété par un cours élémentaire de physiologie et de médecine appliquées à l'aviation qui ferait connaître les maladies, maux et malaises auxquels l'aviateur est exposé, les moyens de les diagnostiquer, de les prévenir et de les guérir.

E. LEMAIRE.

La physique contemporaine travaille sous le signe de l'équivalence de la masse et de l'énergie. D'après la formule d'Einstein, l'énergie exprimée en ergs est égale au produit de la masse par le carré de la vitesse de la lumière (en centimètres par seconde). Ainsi la masse du soleil représente une énergie qui, en ergs, serait représentée par le chiffre 2 suivi de 54 zéros. Disponible sous forme de rayonnement, elle pourrait alimenter la dépense solaire, à débit constant, pendant près d'un milliard de milliards d'années (1). Un gramme d'une matière quelconque représente une quantité d'énergie qui se chiffrerait, en ergs, par le chiffre 9 suivi de 20 zéros. Ce nombre d'ergs équivaut lui-même à 9280 milliards de kilogrammètres, c'est-à-dire que, dans 1 gramme de matière, il y a assez d'énergie pour soulever la Tour Eiffel qui pèse 7 000 tonnes, à plus de 1 000 km de hauteur. Convertie en chaleur, cette énergie équivaut à celle que dégagerait la combustion de 3 000 tonnes de houille. Ces nombres nous donnent une idée des quantités fantastiques d'énergie qui existent, à l'état condensé, dans la matière. Chiffrée selon la théorie d'Einstein, l'énergie totale qu'un homme peut fournir au cours d'une longue existence ne dépasserait pas, selon M. Jean Thibaud, un milligramme! De quel « poids » minime est l'activité humaine vis-à-vis de l'énergie du moindre atome!

(1) L'âge de la Terre dépasse probablement un milliard d'années.

# LES MATHÉMATIQUES ET LA VIE

par A. SAINTE-LAGÜE

Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers

*Pour beaucoup de gens, et non pas seulement des hommes de la rue sans compétence particulière, mais même des techniciens, les mathématiques, et plus généralement les sciences théoriques, constituent un domaine abstrait et mystérieux. La connaissance de telles sciences permettrait, dans certains cas, de faire de véritables miracles et de triompher, pour des raisons que beaucoup croient imprévisibles, des difficultés qui arrêtent l'homme de l'atelier. Il y a là des idées qui sont loin d'être exactes ou qui, tout au moins, valent d'être précisées. Les mathématiques, pour nous borner à elles, sont, beaucoup plus qu'on ne le croit, une science expérimentale. En outre, dans la solution d'innombrables problèmes concrets, ou même seulement pour poser clairement les énoncés de ces problèmes, on se heurte à des difficultés souvent insurmontables si l'on veut faire appel aux mathématiques, tandis que des méthodes empiriques fournissent des résultats amplement satisfaisants.*

## Les mathématiques ne peuvent être qu'un outil

**S**ANS nous embarquer dans des questions de philosophie scientifique, il n'est pas mauvais de distinguer le domaine des mathématiques théoriques et celui des mathématiques appliquées. Le mathématicien pur, en tant que tel, introduit les définitions qui lui plaisent, et si, par hasard, sa géométrie a quelque chose à voir avec celle qui intéresse l'arpenteur, l'architecte, ou l'artisan, si sa définition d'angle ou de longueur peut être de quelque utilité pratique, c'est bien de la condescendance de sa part, et pour un peu, il nous demanderait de lui en savoir gré. L'utilité de ses définitions et des conséquences qu'il en déduit, comme les possibilités d'utilisation pratique de ses études théoriques, ne le regardent théoriquement pas. Une phrase caractéristique, nous pourrions presque dire un aveu, souligne ce point de vue. Nous l'empruntons à Eddington qui, dans son volume « Espace, Temps et Gravitation » nous donne le dialogue que voici : Le Physicien dit au Mathématicien : « ... et maintenant vous venez nous dire que vous ne vous souciez même pas de savoir de quoi vous parlez. » Le Mathématicien répond : « Voilà une excellente définition des mathématiques pures, qui a, du reste, déjà été donnée par un mathématicien éminent. » En effet, Bertrand Russell a dit : « Les mathématiques pures sont entièrement composées d'affirmations construites sur le modèle suivant : Si telle proposition est vraie d'une chose quelconque, telle autre proposition est vraie de cette même chose. Il est inutile de chercher à savoir si la première proposition est réellement vraie et de spécifier la nature particulière de la chose dont il s'agit. On peut donc définir les mathématiques pures

comme une étude où l'on ignore de quoi l'on parle et où l'on ne sait pas si ce qu'on dit est vrai. »

Si outrées que puissent paraître de telles assertions, elles n'en sont pas moins intéressantes, car elles montrent deux choses. La première, c'est que le mathématicien est roi dans sa tour d'ivoire, qu'il ne craint aucune contradiction, et qu'il ne commence à recevoir des coups, disons à subir d'âpres critiques, que lorsqu'il veut, comme le commun des mortels, discuter des choses qui existent vraiment et se mêler au monde des objets matériels où vivent le physicien, l'ingénieur et l'industriel.

Le second point qui précise ce que dit Bertrand Russell, c'est que les mathématiques ne font que transformer, mais ne peuvent pas créer. Les mathématiques ne sont et ne peuvent être qu'un outil. Pour prendre une comparaison, considérons la poulie qui sert à un ouvrier maçon à élever des briques au haut d'un mur en construction; elle ne crée pas l'énergie nécessaire au transport des matériaux, mais elle évite à l'ouvrier de monter et de descendre l'échelle un grand nombre de fois en portant chaque fois son propre corps, et par là elle diminue l'effort qu'il doit fournir. Pas davantage, les mathématiques ne créent les matériaux dont elles se servent. Elles ne font que les utiliser. Cela ne veut pas dire que les questions de commodité n'aient pas une grande importance pratique.

Sans apporter de matériaux nouveaux, les mathématiques peuvent, par de simples arrangements d'éléments déjà connus, suggérer des vues nouvelles, provoquer des hypothèses, indiquer des analogies, donner l'idée d'expériences à faire. Elles économisent souvent les raisonnements. Le propre des formules algébriques, et c'est de là que vient la grande généralité et la portée considérable de l'algèbre, est que, toutes les fois que l'on est conduit à une même formule, et quelle

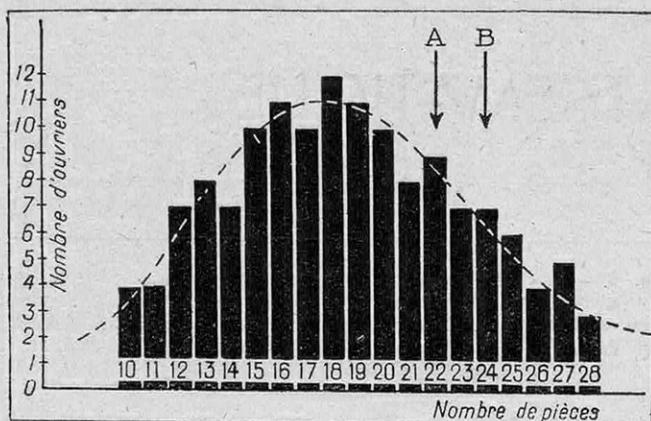


FIG. 1. — RÉPARTITION DES OUVRIERS D'UNE USINE SUIVANT LE NOMBRE DE PIÈCES OBTENUES EN UN JOUR

Le premier rectangle marqué 10 et de hauteur 4 signifie que 4 ouvriers ont fait 10 pièces dans leur journée; le second rectangle montre que 4 ouvriers également en ont fait 11, le suivant que 7 ouvriers en ont fait 12, et ainsi de suite.

que soit par ailleurs la signification des lettres qui y entrent, les résultats qui en découlent sont connus d'avance sans qu'il y ait à refaire les raisonnements

Pour prendre encore une comparaison bien terre à terre, essayons de faire de tête une multiplication. Si l'on a deux facteurs de 3 ou 4 chiffres on n'y arrivera pas, ou bien il faudra un effort mental considérable. Mais si l'on prend un crayon et une feuille de papier, il n'y a plus de difficulté. Ce n'est ni le crayon, ni le papier, ni notre main qui ont fait le travail cérébral demandé, mais leur ensemble a centuplé nos possibilités de réalisation. De façon analogue, les mathématiques, dans certains cas, centuplent nos possibilités de compréhension et d'invention et, sans au fond rien apporter par elles-mêmes, nous permettent d'être de véritables surhommes.

## Les représentations graphiques

Dans un ordre d'idées à peine différent, car ici encore il s'agit de commodité, les représentations graphiques ont, pour beaucoup d'entre nous, un extraordinaire pouvoir d'évocation et de représentation des phénomènes. Un graphique des variations des changes parle aux yeux, surtout un peu exercés, beaucoup

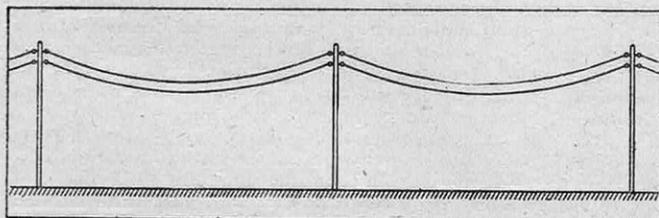


FIG. 2. — LA FORME D'UN FIL TENDU EST UNE « CHAINETTE », COURBE TRANSCENDANTE, ET NON UNE PARABOLE

Les données immédiates, écartement des poteaux, grandeur de la flèche, ne permettent pas d'obtenir commodément la longueur du fil ni la tension qu'il exerce sur les poteaux.

plus qu'une colonne de chiffres. Pour en donner un exemple moins élémentaire, supposons que dans une usine moderne on ait un grand nombre d'ouvriers travaillant aux pièces et que l'on ait mesuré pour chacun d'eux le nombre de pièces qu'il peut faire en une journée de travail. On en déduira un tableau de résultats où l'on verra par exemple que quatre ouvriers ont fait dix pièces en un jour et ainsi de suite. Un graphique correspondant peut en être déduit; il est formé de rectangles juxtaposés et a un profil irrégulier. Il serait possible pour un mathématicien de le régulariser et d'en déduire (1) une courbe théorique appelée souvent courbe en cloche. La comparaison d'une telle courbe avec la réalité permettra d'avoir une mesure de l'hétérogénéité du rendement et peut-être, si l'on consulte les fiches concernant chaque ouvrier, d'avoir une mesure de l'hétérogénéité du recrutement.

Supposons que le recrutement paraisse homogène. Si, dans cette usine, on fait de la taylorisation et qu'on ait un chronomètre, il se placera parmi les ouvriers au travail rapide et fera, par exemple, vingt-deux pièces en un jour, ce qui le met dans la catégorie marquée par la flèche A (fig. 1). Lorsque une nouvelle fabrication sera en train, on saura par avance, en tenant compte de l'expérience précédente, et regardant le nombre de pièces nouvelles faites en un jour par le chronomètre, comment se répartiront les ouvriers. Ceci permettra de prévoir le temps moyen d'usinage et d'établir un prix de revient.

Si le premier chronomètre vient à disparaître et qu'on le remplace par un second, il suffira de lui faire construire une pièce, par exemple celle que nous avons considérée en premier lieu. Il se place, par exemple, en B, et fait vingt-quatre pièces en un jour au lieu de vingt-deux. On saura que le rapport du nombre des pièces est 12/11 et que le second fait 9 pour cent de pièces en plus du premier, ce qui permet en quelque sorte de comparer le nouvel étalon de temps à l'ancien.

Si le recrutement de la main-d'œuvre vient à changer, on le verra d'une année à l'autre en regardant la nouvelle place prise par le chronomètre-étalon parmi la population ouvrière.

## Difficulté qu'il y a à poser un problème

Nous voudrions maintenant souligner la difficulté qu'il y a à donner une forme mathématique à l'un quelconque de ces mille problèmes que pose l'existence; c'est une chose que savent très bien tous ceux qui, physiciens, chimistes, ingénieurs, font de la pratique, mais qu'ignorent complètement les élèves de nos écoles. Les exercices qu'on leur donne sont en effet rédigés de telle

(1) Voir, par exemple : « Le Sondage des opinions » (Science et Vie, n° 320, avril 1944).

façon qu'ils peuvent être certains d'avance que leur solution est inexacte s'ils n'ont pas utilisé toutes les données de l'énoncé, ou s'ils arrivent à des résultats trop compliqués pour le programme. Supposons que nous ignorions tout de la façon dont on évalue géométriquement le volume d'un parallélépipède oblique et que nous ayons à le calculer pour un cristal ayant cette forme. Nous mesurerons soigneusement les longueurs des arêtes, les angles qu'elles font deux à deux, les angles dièdres des plans des faces et nous reviendrons avec une moisson de données surabondantes, d'où nous aurons d'ailleurs beaucoup de mal à déduire le volume, alors qu'il aurait été essentiel, par exemple, de mesurer la distance des plans des deux faces parallèles, ce que nous avons omis de faire. De tels exercices empruntés à la pratique devraient être donnés aux élèves qui verraient ainsi combien il est difficile, en face d'un cas concret, de poser le problème en termes mathématiques et de choisir des données ni insuffisantes, ni surabondantes. Dans bien des cas, on peut dire sans exagération, et nous allons y revenir dans un instant, que la vraie difficulté est de poser le problème et que, lorsqu'on sait le poser, on sait par là même le résoudre.

Au surplus, la nature ne nous facilite guère les choses et les moindres détails d'une recherche soulèvent des difficultés parfois disproportionnées avec le but à atteindre. Les courbes ou lieux géométriques que l'on obtient en pratique ne sont pas forcément des courbes simples, quelque désir que nous en ayons. La courbe que forme un fil en équilibre (fig. 2) ou chaînette est transcendante (1); transcendante aussi la trajectoire décrite par un point d'une roue de voiture qui roule sur le sol (fig. 3). Si un cercle roule sur un cercle de même rayon, on a une cardioïde, courbe algébrique de degré quatre (2), mais si les deux rayons diffèrent un peu, fût-ce d'un cent millionième, le lieu est une courbe infiniment compliquée, de degré supérieur à deux millions, ou même transcendante. Le lieu du point de rencontre des aiguilles des heures et des secondes dans une montre a un degré qui est de plusieurs centaines d'unités.

Les conditions qui interviennent dans un problème sont souvent contradictoires entre elles.

(1) Une courbe est dite « transcendante » (par opposition à « algébrique ») lorsque la formule qui relie les abscisses de ses points à leurs ordonnées ne peut être mise sous la forme d'une équation comportant des polynômes telle que  $ax^2 + bxy^2 + \dots = 0$ . Malgré les apparences, la forme d'un fil tendu n'est pas une parabole. Celle-ci est une courbe « algébrique ».

(2) Le « degré » d'une courbe algébrique, telle que celle de la note précédente, s'obtient en additionnant les exposants des termes de l'équation qui la définit et en ne retenant que le total le plus élevé. Dans l'exemple choisi ce serait  $4 + 3 = 7$ . Le degré d'une courbe exprime le nombre de points d'intersection d'une droite quelconque du plan avec la courbe. (Le degré d'une parabole est 2.)

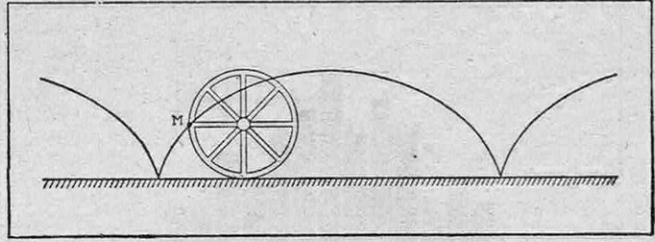


FIG. 3. — LA COURBE DÉCRITE PAR UN POINT D'UNE ROUE QUI ROULE SUR UN SOL HORIZONTAL OU « CYCLOÏDE » EST AUSSI UNE COURBE TRANSCENDANTE, ASSEZ COMPLIQUÉE A ÉTUDIER, ET NON PAS UNE SUCCESION DE DEMI-ELLIPSES COMME LE CROYAIENT AUTREFOIS LES MATHÉMATIENS

Si l'on veut construire un avion, l'idéal serait sans doute d'avoir un appareil léger, solide, résistant, à grand rayon d'action, à plafond élevé, à faible consommation, de construction économique, etc... On s'aperçoit vite que certaines de ces conditions s'excluent. Si l'appareil est résistant, il ne sera pas le plus léger possible; s'il a un plafond élevé, le moteur travaillera dans de mauvaises conditions aux faibles altitudes, et ainsi de suite.

Dans tous les cas analogues, et il y en a des centaines, la remarque à faire est toujours la même. Ce n'est pas au mathématicien, en tant que mathématicien, à indiquer les conditions qu'il faut remplir, c'est à l'industriel qui construit un avion en vue de tel ou tel usage particulier : avion de chasse, avion de bombardement, avion commercial... à dire exactement ce qu'il veut. Quand il aura précisé de façon suffisante au mathématicien le but qu'il veut atteindre, celui-ci pourra lui répondre. Il lui donnera, si c'est possible, une solution théorique du problème; si ce n'est pas possible, il établira une règle empirique conduisant au résultat demandé. Si celui qui pose au mathématicien un problème ne sait pas exactement ce qu'il veut, ce n'est pas au mathématicien, en tant que tel, à le dire à sa place. De là, encore une fois, viennent tant d'équivoques et de malentendus dans le domaine technique, entre celui qui pose une question et celui qui doit y répondre, ou même dans la

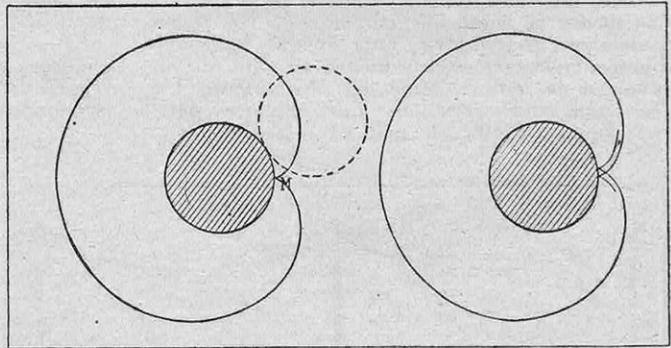


FIG. 4. — CARDIOÏDE ET ÉPICYCLOÏDE

Si l'on fait rouler un cercle, tracé ici en pointillé, sur un cercle égal, qui a été couvert de hachures, le lieu d'un point M est une « cardioïde », courbe du quatrième degré. Si le rayon du cercle qui roule est un peu différent du premier, on obtient des « épicycloïdes » qui sont en général transcendentes et qui, comme dans la partie droite de la figure, ne se referment pas et peuvent pratiquement recouvrir toute une partie du plan.

pensée d'un individu, entre la conception du but qu'il se propose et l'étude mathématique qu'il veut en entreprendre.

Bien souvent l'industriel se figure à tort, quand il pose un problème au mathématicien, que dans une question ou mal posée ou insoluble, la mise en équation de la question supprimera comme par enchantement toutes les absurdités et toutes les contradictions que comportait la question.

### Que valent nos méthodes mathématiques ?

Peut-être une des difficultés de la mise en équation de ces innombrables questions que nous pose la vie, ou si l'on préfère de leur étude mathématique, provient-elle de ce que nous n'avons pas des méthodes scientifiques appropriées à toutes les questions, pas plus que, dans un pays, il n'y a de lignes droites reliant deux à deux toutes les villes du pays. Il est en effet certain que l'angle sous lequel nous envisageons les propriétés des figures et les recherches algébriques est très particulier. Pour en donner un exemple, quand, en géométrie analytique, nous utilisons les coordonnées cartésiennes (1), nous trouvons naturellement, à cause de ce mode de notation, que les courbes algébriques sont plus simples que les courbes transcendentes. Mais, comme nous l'avons déjà dit, la nature se joue de ces subtilités, et les lois de la pesanteur qui conduisent à la chaînette pour la forme d'un fil en équilibre, nous donnent une parabole comme trajectoire d'un projectile dans le vide. L'une des développantes (fig. 5) d'une hypocycloïde est une courbe qui n'est ni moins ni plus compliquée que sa développée, et qui est du même degré, mais celle d'un cercle, courbe simple s'il en fut, est une courbe transcendente en forme de double spirale.

Si nous prenons maintenant le système des coordonnées polaires (2), nous pourrions faire les mêmes remarques. On est tenté, étant donné les notations mêmes, de considérer comme courbes simples les spirales telles que la spirale hyperbolique (fig. 6) et l'on sait étudiant sans difficulté une courbe telle que celle de la figure 7 qui a, tout au moins à vue d'œil, la forme d'un ressort de montre enroulé dans sa

boîte. Nous trouvons ici tout naturel d'avoir un cercle asymptote (1) pour une courbe, mais comment étudierons-nous, sans un appareil mathématique très compliqué, une courbe analogue, admettant une ellipse au lieu d'un cercle comme courbe asymptote ou, au lieu d'une ellipse, un ovale algébrique ou transcendant ?

En fait, les fonctions, les courbes ou les surfaces que nous appelons simples sont celles que nous rencontrons habituellement dans nos calculs mathématiques.

Certaines questions qui se résolvent très simplement par des moyens empiriques sont extrêmement compliquées avec notre appareil mathématique usuel. Prenons par exemple le problème

de Pappus (figure 8) qui consiste à faire passer par un point intérieur à un angle un segment de longueur donnée, limité aux côtés de l'angle; une simple feuille de papier transparent millimétrique suffit pour résoudre graphiquement ce problème. De même, si nous voulons accrocher un tableau au mur, nous trouvons assez facilement, par tâtonnements, les points du cadre où il faut attacher la ficelle, et la longueur à prendre

si l'on veut avoir telle ou telle inclinaison donnée d'avance, et telle ou telle hauteur du tableau sur le mur. Au contraire, l'étude par le calcul est très compliquée. La méthode graphique par composition des forces serait déjà plus abordable, quoique assez longue également.

Considérons encore les cellules hexagonales des ruches d'abeilles (fig. 9). Il est assez difficile de trouver, par le calcul, la forme que doivent avoir les fonds des cellules qui sont, comme on le sait, disposés en trois plaques adossées les unes aux autres. Si l'on veut avoir le minimum de matière à utiliser, on trouve que les losanges du fond doivent avoir des angles de  $109^{\circ}26'$  et  $70^{\circ}34'$ ; or, ce sont exactement les angles qu'elles ont en effet. La nature et les abeilles ont trouvé ici de façon empirique un résultat que nos mathématiciens ne peuvent obtenir que difficilement.

### Un Martien sur la Terre

Pour reprendre ceci de façon un peu différente, faisons l'hypothèse qu'il y a des habitants sur Mars et que l'un d'eux arrive un jour à l'aide d'une astronave appropriée sur la Terre. C'est précisément un mathématicien qualifié, bien au courant de tout ce qui se fait chez lui. Il apprend notre langue, s'assimile nos propres découvertes mathématiques et constate avec plaisir que, somme toute, leur science est aussi

(1) Dont la courbe se rapproche indéfiniment, sans jamais y atteindre.

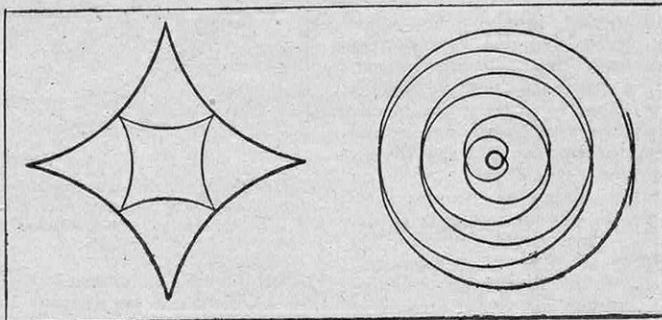


FIG. 5. — DEUX EXEMPLES DE « DÉVELOPPANTES »

Si l'on enroule un fil sur une courbe, puis qu'on le déroule en le laissant tendu, tout point de ce fil décrit une « développante » de la courbe primitive. Considérons, à gauche en traits forts, une « hypocycloïde à quatre rebroussements » ou « astéroïde » (c'est la courbe que décrit un point d'un cercle roulant à l'intérieur d'un autre cercle de rayon quadruple); une des développantes (en trait fin) de cette courbe est une courbe relativement simple, semblable à la première. Mais si l'on part d'un simple cercle (à droite), on obtient une développante très compliquée et transcendante.

(1) Coordonnées rectangulaires, où les abscisses et les ordonnées sont mesurées suivant deux directions à angle droit.

(2) Où la position d'un point dans le plan est rapportée à sa distance à un point appelé pôle et à l'angle que fait la droite qui le joint à ce pôle avec une direction fixe.

avancée que la nôtre. Est-ce à dire que cette science mathématique serait identique à la nôtre, même dans ses grandes lignes? Rien n'est moins sûr!

Nous admettons ici, il va sans dire, que tout raisonnement qui nous paraît logique leur paraît également correct, et inversement, et que la logique est une dans tout l'Univers, sans quoi il faut renoncer à tout.

Nous trouverions sans doute chez les Martiens quelques propriétés tellement fondamentales qu'elles n'ont pu échapper à aucune étude, comme l'existence de la suite des nombres premiers ou le théorème de Pythagore, mais il est très possible que, ces quelques propriétés mises à part, leur science et la nôtre n'aient pour ainsi dire aucun point commun.

Si de telles considérations sont exactes, elles reviennent à dire qu'il y a bien des découvertes scientifiques à faire hors des sentiers battus. Nous sommes dans une immense forêt de vérités tant connues qu'inconnues, et nous y avons défriché une petite clairière au hasard des coups de hache et des directions prises par les divers pionniers de la science. Mais on aurait pu découper bien d'autres clairières et de bien d'autres formes que celles que nous connaissons. Ceci expliquerait que, dans notre arsenal de découvertes scientifiques, il n'y en ait pas toujours qui soient suffisamment adaptées à certains problèmes concrets donnés et peut-être très simples.

### Complication de certains problèmes

Il est cependant indéniable que, si, pour certaines questions, la complication vient de la façon trop maladroite dont nous les attaquons, pour certaines autres elle vient du fond même des choses, et que ces problèmes sont vraiment inextricables quelle que soit l'habileté du chercheur.

Pour prendre tout de suite un cas extrême, considérons ce que l'on peut appeler l'équation différentielle du monde : s'il n'y a pas de cause sans effet et si deux causes rigoureusement identiques engendrent toujours le même effet, il est facile d'en conclure que la connaissance des

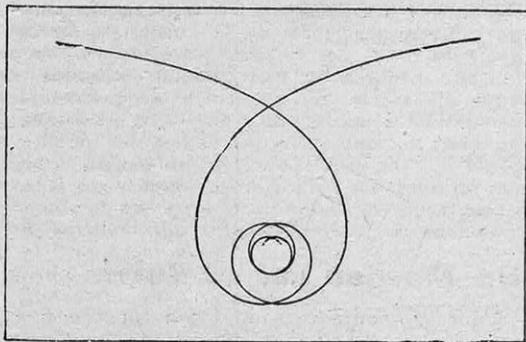


FIG. 6. — LA SPIRALE HYPERBOLIQUE

Cette courbe d'équation simple (1) comporte deux branches. Une de ses moitiés n'est autre que l'ombre sur un plan horizontal d'une hélice à axe vertical éclairée par un point lumineux placé sur l'axe de l'hélice.

(1) En coordonnées polaires, c'est  $\rho = \frac{1}{\omega}$

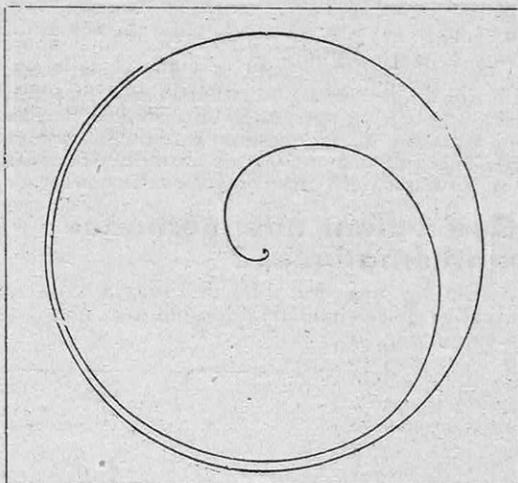


FIG. 7. — LA COURBE DU SPIRAL

Cette courbe s'enroule indéfiniment autour du point central et indéfiniment aussi à l'intérieur d'un cercle qu'elle n'atteint jamais (1).

positions et des vitesses de toutes les molécules de l'Univers à un instant donné, permettra de donner leurs positions et leurs vitesses à l'instant suivant et finalement à un instant quelconque. On a dit que, qui connaîtrait toutes les causes actuelles pourrait ainsi deviner tous les effets et prédire très exactement l'avenir du monde pendant les siècles à venir. Mais qui ne voit l'impossibilité pratique de telles déterminations en songeant que tout ce qui se passe dans l'Univers a une influence sur tout? Si je frappe du pied sur le sol, l'ébranlement se transmet jusqu'à Sirius et bien plus loin encore. On a parlé du nez de Cléopâtre qui, s'il eût été plus court, eût changé la face du monde. Mais on pourrait dire aussi que le sillage de la galère qui l'emportait n'est point encore effacé sur la mer Méditerranée.

On pourrait reprocher à l'exemple qui précède sur l'équation différentielle du monde, d'avoir l'air d'ignorer toutes les théories de physique moderne sur l'indétermination de certains phénomènes et le rôle qu'y joue le calcul des probabilités, mais ce n'est pas ici le lieu de dire en quoi notre exemple est insuffisamment précis.

Sans prendre des exemples aussi complexes et qu'il est aussi impossible pratiquement de soumettre au calcul algébrique, considérons plus simplement un tas de brindilles, comme ceux que bâtissent les fourmis avec des aiguilles de pins. Il suffirait théoriquement de les considérer pour traiter par les mathématiques la question de leur équilibre et la détermination de l'inclinaison que doit avoir telle ou telle brindille du tas. Mais, en principe, un tel problème serait inextricable. Dans des cas aussi complexes, il est plus facile de calculer ou de prévoir un phénomène résultant d'ordre statistique ou moyen. Un physicien saura calculer la pression d'un gaz dans un récipient, s'il a certaines données, sans connaître pour cela la trajectoire de chaque molécule, et sans être d'ailleurs capable de calculer ces myriades de trajectoires, si même

(1) En coordonnées polaires, son équation est :

$$\frac{1}{\rho} = e + 1$$

il en avait les éléments initiaux. De même, nous connaissons la hauteur de la marée à telle ou telle heure en un point donné du rivage, mais nous ne pourrions pas prévoir la forme des remous qui entourent un rocher donné, ni dire à quel instant il sera pour la première fois balayé par une vague montante.

Peut-être est-ce pour des raisons du même genre que certains météorologues ont prétendu qu'il était plus facile de prévoir le temps à échéance lointaine et pour une large zone de terrain que de dire avec certitude si, tel jour à telle heure, il pleuvra ou non sur tel point de Paris.

Toujours de façon analogue, il est plus facile de prédire les phénomènes économiques dans leur ensemble que dans le détail de l'un d'entre eux.

Les phénomènes sociaux qui nous entourent et au milieu desquels nous vivons sont souvent comparables pour nous au cours d'un fleuve qui nous emporte. De notre barque nous voyons parfois de quel côté de l'horizon les courants nous entraînent, et encore nous n'en sommes pas absolument certains, mais nous ne pouvons pas dire où sera et ce que sera dans une minute un petit tourbillon qui danse sur l'eau à côté de notre esquif.

### Simplifier les questions et avoir confiance

Au milieu d'une telle complexité, il n'y avait qu'une chose à faire, c'est celle qui consiste, sans se laisser rebuter par l'énormité de la tâche, à traiter des problèmes simples et comportant aussi peu de données que possible. Les exercices mathématiques sont naturellement ceux auxquels il est le plus facile d'appliquer cette méthode de simplification, car on n'y introduit dans l'énoncé que ce l'on veut bien. Les formules donnant le volume d'un parallélépipède ou le calcul du produit de deux nombres n'ont rien à voir avec

le fait que tout ce qui se passe dans le vaste univers a sa répercussion sur nous. Notre logique et notre raisonnement sont à l'abri des vicissitudes du monde. Dans l'océan mouvant des choses de la vie, nous avons créé, par la seule vertu de l'abstraction, un roc solide et des points de repère fixes auxquels peut s'accrocher notre pensée. Nous avons ainsi bâti petit à petit un échafaudage qui forme actuellement ce monument déjà impressionnant qu'est devenue la science mathématique. Nous n'y avons employé comme seul mortier que la vertu des syllogismes et cette foi que nous avons en la logique formelle. Descartes a dit que si Dieu avait voulu, 2 et 2 feraient 5. Si l'on ne veut pas jouer sur les mots et supposer que le mot 5 aurait la signification qu'a actuellement le mot 4, une telle supposition nous paraît incompréhensible et absurde. Nous ne pouvons pas admettre que la somme de 1 + 1 et de 1 + 1 soit 1 + 1 + 1 + 1 + 1.

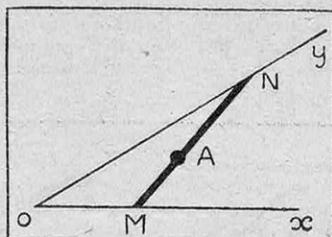


FIG. 8. — LE PROBLÈME DE PAPPUS

*C'est un exemple de problème qui est plus simple de résoudre empiriquement que par les mathématiques, qui conduisent à des calculs effroyablement compliqués. Il s'agit de faire passer par un point donné A un segment de droite de longueur connue, s'appuyant sur les deux côtés de l'angle xoy, également donné. On ne peut trouver de solution avec la règle et le compas, tandis qu'un simple papier calque résout pratiquement le problème.*

nous faisons encore un emprunt, nous présente comme suit dans « La Nature du monde physique » les angoisses d'un savant qui veut passer par une porte :

« Je suis debout sur le seuil avant d'entrer dans la salle. C'est fort compliqué. Je dois d'abord vaincre une pression atmosphérique très forte qui pèse sur mon corps; je dois m'assurer de bien poser mon pied sur une planche qui se déplace à une vitesse considérable autour du soleil; une fraction de seconde trop tôt ou trop tard et la planche sera à plusieurs kilomètres; je dois faire tout cela tout en étant suspendu à une planète ronde, avec ma tête dans l'espace, et avec un souffle d'éther qui traverse tous les interstices de mon corps à je ne sais combien de kilomètres à la seconde; la planche n'a aucune compacité substantielle; marcher sur elle, c'est comme si l'on marchait sur un essaim de mouches. Ne vais-je pas passer au travers? Mais tout ceci n'est encore rien. Il faut que j'examine le pro-

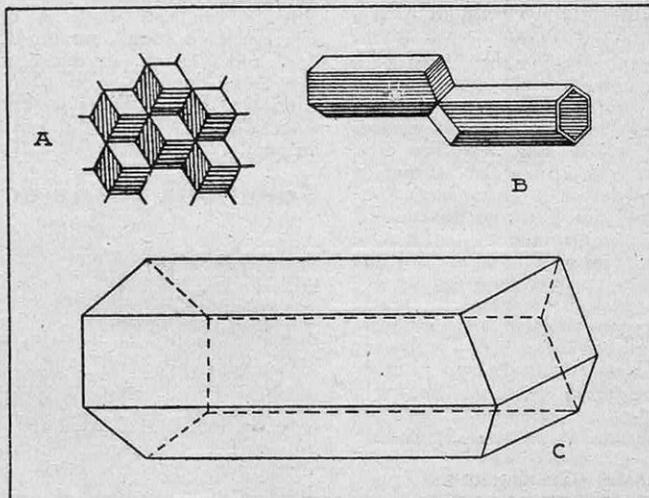


FIG. 9. — LES ALVÉOLES DES RUCHES D'ABEILLES

*La disposition des alvéoles des ruches d'abeilles est assez curieuse et a été étudiée par de nombreux mathématiciens. Le dessin représente d'abord (A) l'entrée des alvéoles avec, dans le fond, visibles, les trois plans inclinés qui les limitent, puis, car le gâteau est double, la façon dont sont adossés deux alvéoles qui ont en commun deux faces en forme de losange (B). Enfin le dernier dessin (C) représente un alvéole isolé.*

blème suivant les quatre dimensions en ce qui concerne l'intersection de ma ligne-monde avec celle de la planche, et ensuite je dois déterminer dans quelle direction l'entropie du monde va croissant, afin d'être bien sûr que mon passage du seuil est une entrée et non une sortie.

« Véritablement, il est plus facile à un chameau de passer à travers le trou d'une aiguille qu'à un homme de science de passer une porte. »

C'est parce que les premiers chercheurs ne se sont pas encombrés de telles subtilités et ont eu une foi inébranlable en leur logique, que la science humaine a pu se créer et arriver au splendide développement qu'elle a maintenant. Et ce n'est pas seulement sur le terrain plus ou moins solide des bords de la Seine qu'est bâtie la Tour Eiffel, mais aussi sur celui, infiniment plus stable, du raisonnement mathématique et des syllogismes.

La question est beaucoup plus complexe pour les sciences appliquées. Là encore, cependant, et peut-être parce qu'il était à courte vue, le savant s'est lancé délibérément dans l'étude des phénomènes. Il n'a vu tout d'abord que le premier aspect grossier des lois naturelles et a d'autant plus facilement négligé l'influence des infiniment petits du second ordre ou même du premier qu'il en ignorait totalement l'existence. Quand il a étudié la compressibilité des gaz et découvert la loi qui porte son nom, Mariotte ne s'est occupé ni de la température, ni de ses erreurs d'expérience, ni de tant d'autres contingences. En étudiant la chute des corps, le physicien n'a pas songé que la force attractive, au lieu d'être constante, était proportionnelle à l'inverse du carré de la distance au centre de la Terre, ni que  $g$  était variable avec la latitude, l'altitude, l'heure de la journée, la présence des masses voisines du lieu d'observation. Le marin qui, sur un bateau, consulte un chronomètre, pour faire le point, ne cherche pas l'influence que peut avoir sur le balancier de son chronomètre, le mouvement de tangage ou de roulis du bateau, son mouvement d'ascension ou de descente avec la marée, sa vitesse propre ni celle du Gulf-Stream qui l'emporte, la rotation de la Terre sur elle-même ou autour du Soleil, ni le mouvement du système solaire qui va vers la constellation d'Hercule, à moins que ce soit vers celle du Dragon. Le maçon qui construit un bassin circulaire en pierre n'a que faire de savoir que le rapport de la longueur de son bassin au rayon dépend, d'après Einstein, de l'importance du massif en bronze qui décorera le centre de ce bassin. Nous sommes un peu comme ces tarets qui creusent honnêtement leurs

longs couloirs dans nos meubles sans s'occuper jamais d'autre chose que de grignoter la fibre de bois qui est devant eux, et sans songer au reste de l'univers.

C'est avec un tel état d'esprit que le physicien, moins bien partagé pour son métier que le mathématicien pour le sien, est parti courageusement à la conquête de la nature. Il faut dire d'ailleurs qu'il est à son tour dans une situation privilégiée par rapport au naturaliste, au météorologue ou au médecin qui ne peuvent guère, comme lui, découper des phénomènes purs et faciles à étudier dans la complexité des lois naturelles qu'ils ont pour mission d'essayer de débrouiller.

Tout ceci permet de deviner comment il faut attaquer une quelconque de ces questions que soulève à chaque instant, surtout en matière industrielle, la pratique de la vie.

Il faut commencer par éliminer toutes les quantités qui, visiblement, n'interviennent pas dans le problème, tout au moins sous forme sensible. Il faut ensuite, et cela devient déjà beaucoup plus délicat et demande un certain doigté et un certain bon sens, éliminer les quantités qui entrent un peu dans la question, mais dont l'importance paraît cependant négligeable. Il ne faut pas vouloir, en étudiant la compressibilité des gaz, découvrir du premier coup la loi de Van Der Waals, mais borner son ambition à la constance du produit de la pression par le volume.

faut ensuite, et cela devient déjà beaucoup plus délicat et demande un certain doigté et un certain bon sens, éliminer les quantités qui entrent un peu dans la question, mais dont l'importance paraît cependant négligeable. Il ne faut pas vouloir, en étudiant la compressibilité des gaz, découvrir du premier coup la loi de Van Der Waals, mais borner son ambition à la constance du produit de la pression par le volume.

## Fonctions d'une seule variable

En procédant ainsi, on trouve qu'il y a deux catégories de questions : celles où il faut déterminer une fonction d'une seule variable, et celles, malheureusement plus nombreuses, où il y a plusieurs variables enchevêtrées.

Le premier cas se traite simplement. On fait des expériences et, si l'on ne peut prévoir le résultat par le calcul, on trace un graphique, ou bien on dresse un tableau numérique des valeurs des deux quantités fonctions l'une de l'autre; on rectifie les erreurs accidentelles du tableau et on interpole par la méthode des différences, ou plus souvent par un graphique à échelle convenable suffisamment simple pour traduire avec une précision suffisante et avec commodité la loi demandée.

Il faut naturellement se méfier des extrapolations. Même si la loi théorique de la fonction est connue d'avance, les dangers de l'extrapolation sont parfois encore très grands. Pour en donner un exemple schématique, supposons

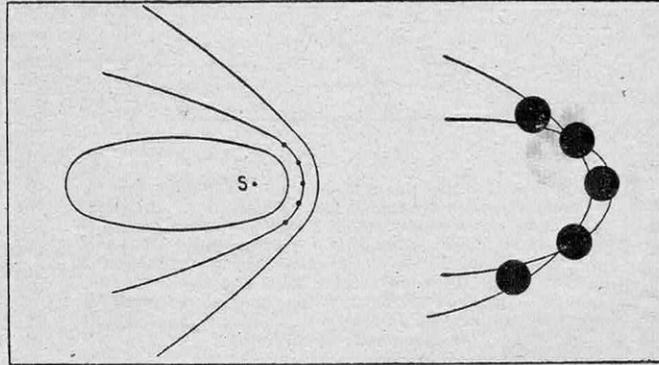


FIG. 10. — LES TRAJECTOIRES DES COMÈTES

La figure de gauche représente diverses trajectoires possibles de comètes : ce sont des coniques (ellipse, parabole et hyperbole) dont le soleil  $S$  est un foyer. L'une d'elles comporte cinq points qui sont cinq positions observées de la comète. La figure de droite montre quelle est l'incertitude qui existe sur le tracé de la trajectoire, quand on tient compte du fait que chaque position observée peut comporter une erreur à laquelle correspond le petit cercle qui entoure ce point.

qu'un astronome ait relevé cinq positions successives d'une comète nouvelle (fig. 10). En réalité trois positions suffiraient, puisqu'on sait que le Soleil est un foyer, mais, pour que la question soit plus facile à exposer, négligeons cette condition.

Chacune de ces mesures est entachée d'erreurs dont on ne connaît qu'une limite supérieure, de sorte que les cinq points connus de la trajectoire sont, au fond, pris quelque part à l'intérieur de cinq petites sphères. Qui ne voit la variété des formes de coniques que l'on peut ainsi tracer en restant dans les conditions de l'énoncé? Ni leur plan, ni leur excentricité ne sont connus, si les points sont très rapprochés, c'est-à-dire si la comète a été visible très peu de temps, et, si les mesures sont entachées d'erreurs un peu importantes, il est impossible pratiquement de savoir si l'on a une trajectoire hyperbolique ou parabolique ou elliptique et, *a fortiori*, dans ce dernier cas, de savoir quelle est la période dont on peut tout au plus donner une limite inférieure. Cependant, ici, on connaissait à l'avance la forme théorique de la fonction qui donne les positions successives de la comète.

## Fonctions de plusieurs variables

Ce premier cas est pourtant le plus simple, et il est autrement malaisé d'étudier une fonction de deux ou plusieurs variables. Pour prendre d'abord un exemple aussi schématique que possible, considérons une carte donnant les profondeurs de l'océan dans une région marine. Cette profondeur est fonction de la position du navire, c'est-à-dire de sa longitude et de sa latitude. Il faut, pour avoir cette fonction, fût-ce sous forme empirique, explorer tout le champ considéré. On fait pour cela un certain nombre de sondages. Par interpolation entre deux sondages suffisamment voisins on aura, en un point quelconque du sol sous-marin, la valeur de la profondeur. En supposant maintenant la longitude constante, on tracera, en quelque sorte sur le fond de l'océan, les courbes de profondeur à longitude constante, ce qui donnera un réseau de courbes à longitude constante. On obtiendra, de même, un réseau de courbes à latitude constante. Le plus souvent, on trace des courbes de niveau, c'est-à-dire à profondeur constante (fig. 11). Si l'on veut faire une étude numérique, on dressera un tableau à double entrée qui donnera la valeur de la profondeur pour chaque valeur de longitude et de latitude. Parfois encore, on construira à une échelle réduite et en plâtre un modèle donnant la forme du fond de l'océan dans la zone explorée.

De telles méthodes servent dans l'industrie toutes les fois qu'on a à étudier une fonction de deux variables.

S'il y a trois variables, il faudra dresser autant de tables à double entrée donnant la valeur de la quantité étudiée en fonction des deux premières variables qu'il sera nécessaire d'envisager de valeurs distinctes pour la troisième. Si, par exemple, pour pouvoir ensuite interpoler à l'œil, on veut donner à chacune des trois variables 10 valeurs numériques distinctes, ce qui est pourtant peu, il faudra déjà 10 tableaux numériques contenant 100 valeurs chacun, soit en tout 1 000 résultats. Avec 4 variables on aurait dans les mêmes conditions 10 000 valeurs numériques,

avec ici une sorte de disposition à double entrée de tableaux à double entrée. On voit que la complication croît très vite avec le nombre des variables.

On commence à comprendre par là la quasi-impossibilité pratique où l'on se trouve d'étudier une question lorsque la réponse dépend d'un grand nombre de variables. Pour en citer un exemple classique, Tay-

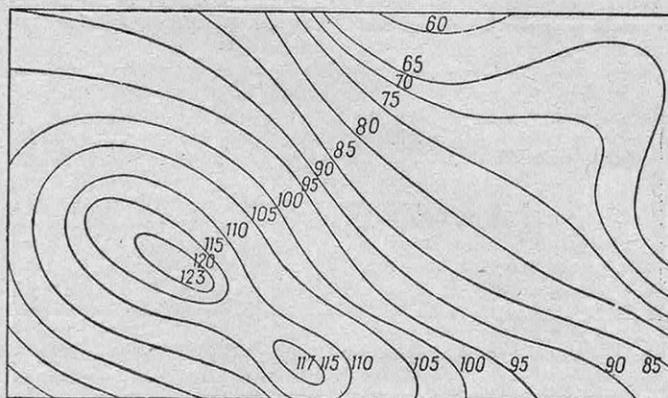


FIG. 11. — LES COURBES DE NIVEAU D'UN TERRAIN

Les points de cotes 117 et 123 sont les sommets de deux mamelons entre lesquels se trouve un col.

lor, lorsqu'il étudia la vitesse de coupe des outils, se trouva en présence de treize variables pouvant intervenir. Il arriva à en réduire le nombre en mettant en évidence celles qui étaient les plus importantes et obtint ainsi, paraît-il, la formule représentée (fig. 12) qui lui demanda bien des années de travail et pour laquelle il dépensa des millions largement regagnés depuis par l'application de ses résultats.

## Questions de maximum ou de minimum

Laissons de côté ces études si pénibles des fonctions de plusieurs variables, tout au moins en abandonnant le point de vue général, et examinons un problème plus particulier que la pratique pose à leur sujet dans un très grand nombre de cas : c'est celui de la recherche d'un maximum ou d'un minimum.

Bien entendu, et nous l'avons déjà souligné, il faut d'abord que le problème soit nettement posé.

Quoique tout ceci aille de soi, il faut se rendre compte que souvent on ne peut complètement préciser ce que l'on veut qu'après avoir fait une étude approfondie de la question. Si, par exemple, on veut construire une ligne électrique pour le transport de l'énergie, il y aura bien des considérations à faire intervenir : la résistivité, la résistance mécanique, la densité, le prix du câble avec toutes les conséquences qui découlent d'une étude un peu complète. Si l'on prend du câble plus lourd au kilomètre, il faudra plus de poteaux, et le prix de ces derniers devient un des éléments du problème, ainsi que celui

du plus grand nombre d'ouvriers à utiliser, avec les questions de salaire, de facilité d'embauchage qui en résultent. Il n'est donc pas possible de répondre *a priori* à une question aussi simple que celle-ci : la ligne sera-t-elle en cuivre ou en aluminium? Ce dernier étant moins bon conducteur, mais plus léger que l'autre, il faudra examiner de très près les choses. En fait, dans les régions dévastées, au lendemain de la guerre de 1914, on a utilisé l'aluminium pour un grand nombre de lignes de transport, tandis que quelques années plus tard, la hausse sur l'aluminium ayant été bien plus grande que celle qui a eu lieu sur le cuivre, on a préféré revenir au cuivre. Il y a eu une assez large période pendant laquelle l'étude devait être faite avec le soin le plus minutieux avant que l'on puisse savoir, dans un cas donné, quel est le métal qui donnerait la ligne la plus économique.

Beaucoup d'industriels emploient, pour la recherche pratique d'un maximum, des méthodes empiriques qui sont souvent déplorablement. Pour prendre l'exemple de la construction des avions, et surtout autrefois, les ingénieurs procédaient comme suit. On

lançait un modèle d'avion, un peu au petit bonheur, en tenant compte de ce qu'avait fait le voisin, et y apportant des perfectionnements dus à des idées personnelles. Ceci fait, on regardait comment ces avions se comportaient dans les vols. Si une pièce cassait trop souvent, on la renforçait; si une autre avait rarement des accidents, on l'allégeait de façon à regagner de ce côté le supplément de poids que l'on perdait de l'autre.

Ces méthodes de retouche ne valent pas forcément grand chose lorsqu'il s'agit de variables enchevêtrées les unes dans les autres, et, avec de tels procédés, jamais Taylor n'aurait pu trouver les aciers à coupe rapide qui ont commencé à établir sa réputation. On peut s'en rendre compte par la très instructive comparaison que voici :

Prenons un terrain plus ou moins mamelonné et sur ce terrain plaçons une fourmi, à laquelle nous demanderons de trouver le point le plus haut du terrain. Elle grimpera consciencieusement le long de la ligne de plus grande pente de façon à toujours s'élever et à ne pas perdre un pouce de l'altitude atteinte à chaque instant. Elle arrivera ainsi, en totalisant des « dz » positifs, pour parler le langage des mathématiciens, à quoi? A un maximum relatif qui est le sommet du mamelon au pied duquel elle aura été placée. Seuls de tels maxima sont accessibles par de telles méthodes. Peut-être ce maximum relatif est-il ici un maximum absolu, et la fourmi arrivée au sommet de son éminence aura-t-elle la satisfaction, avec de bons yeux, de voir qu'elle domine tout le pays environnant. Tant mieux! Mais avouons alors que le hasard l'aurait bien servie. Il peut parfaitement se faire que dans

une question donnée, tout comme pour la fourmi posée en terrain mamelonné, il y ait un grand nombre de maxima voisins, sans que l'on puisse prévoir aisément quel sera le plus avantageux. Il me souvient d'avoir cherché quelle trajectoire théorique devait suivre, dans un problème donné, un avion voilier qui voulait emmagasiner la quantité d'énergie la plus grande possible, cette énergie étant puisée dans les oscillations du vent rencontré. J'ai appliqué la méthode de la fourmi qui entasse des « dz » tant qu'elle peut pour avoir la valeur maximum de « z ». Comme elle, j'ai emmagasiné, à chaque instant « dt », l'énergie maximum « de ». Le résultat a été lamentable, car en donnant à l'aile une incidence qui pour l'instant considéré de « t » à « t+dt » donnait le meilleur « dz », on amorçait, sinon des catastrophes futures, au moins des pertes

considérables d'énergie pour l'avenir, à cause du mauvais point de départ.

Mais, hélas, la méthode de la fourmi a de nombreux partisans, conscients ou inconscients. Beaucoup d'industriels, de praticiens, d'inventeurs, par timidité, par manque de moyens matériels, parce qu'ils n'ont pas une vue assez

haute de la question, parce qu'ils sont habitués à triompher par de petits moyens dans de petites affaires, parce qu'ils n'ont pas une confiance suffisante en la science pure et ignorent presque tout des travaux du laboratoire et de leurs possibilités, sont des empiriques et ne savent trouver que des solutions partielles des problèmes cherchés.

Après avoir consciencieusement, honnêtement perfectionné leur projet primitif, l'avoir buriné, y avoir apporté tout le soin compatible avec leur myopie intellectuelle, ils sont tout étonnés d'apprendre un jour qu'un concurrent vient subitement de faire dix fois mieux qu'eux et que tout leur effort est perdu et ils lèvent les bras au ciel en disant : « Je n'ai pas de chance dans la vie », comme si la chance n'était pas le plus souvent en soi, et non hors de soi, comme ils le croient.

## Conclusion

Est-ce à dire qu'il faille introduire les mathématiques ou la physique théorique partout? Evidemment non. Lorsque Pascal fait intervenir le calcul des probabilités dans la question du salut éternel, il a tort.

A côté de Pascal, on pourrait citer Bentham qui, dans son arithmétique du plaisir, suppute, en face d'un cas moral donné, la valeur numérique des conséquences bonnes ou mauvaises qui en découleront et, ayant bien chiffré les plaisirs et les peines, fait la somme algébrique des nombres ainsi obtenus pour savoir quelle conduite il faut tenir. Un ivrogne veut-il aller au cabaret? Il l'engage à faire un petit calcul. Si le total est positif, c'est que le plaisir l'emporte sur la peine, alors qu'il aille au cabaret;

$$\text{Log } v = \text{Log } k + \text{Log} \left[ 1 - \frac{8}{7(32R)^2} \right] - \left( \frac{2}{5} + \frac{2.12}{5+32R} \right) \text{Log } F \\ - \left[ \frac{2}{15} + 0.06\sqrt{32R} + \frac{0.8.32R}{6(32R+48D)} \right] \text{Log } \frac{48D}{32R}$$

FIG. 12. — LA FORMULE EMPIRIQUE DE TAYLOR POUR LA VITESSE DE COUPE DES OUTILS

*v*, vitesse de coupe qui met l'outil hors de service en 20 minutes; — *F*, avance de l'outil; — *D*, profondeur de coupe; — *R*, rayon du bec de l'outil; — *k*, constante dépendant des métaux utilisés.

mais si le total est négatif, qu'il reste chez lui.

De même, certains problèmes, quoique pouvant être résolus par le calcul, ne méritent guère de l'être. C'est ainsi que l'on cite l'exemple d'un mathématicien du moyen âge qui avait soutenu à ses élèves que l'on pouvait étudier n'importe quelle question à l'aide des mathématiques. Ceux-ci l'ayant mis au défi de composer un traité scientifique sur un sujet donné d'avance, il accepta. On lui demanda alors de parler du soulier, et il paraît qu'il tint courageusement sa promesse et gagna son pari en écrivant un traité mathématique du soulier où se trouvaient de nombreuses remarques intéressantes pour l'époque et dont quelques-unes ont servi aux progrès de la science. Peut-être, en effet, le sujet est-il plus scientifique qu'on ne le croit généralement, et, comme l'a fait Tchibitcheff dans ses études sur les vêtements, peut-on évoquer entre autres choses les propriétés des surfaces développables et celles des surfaces applicables. Toujours dans le même ordre d'idées, on pourrait citer non seulement le mode classique de construction des ballons par fuseaux, mais celui plus savant de construction des balles de tennis ou de ballons de football.

On pourrait allonger presque indéfiniment une telle liste. Mais le plus souvent, dans ce genre de questions, un coup d'œil un peu exercé, disons un coup d'œil de géomètre, suffit amplement pour répondre sans calculs à des questions qui, si on voulait les traiter par l'analyse, seraient parfois très compliquées.

Des méthodes empiriques suffisent souvent, comme on l'a vu dans le cas du tableau accroché au mur. Mais, si l'on veut appliquer les méthodes mathématiques, il faut utiliser la pure méthode scientifique qui veut que le chercheur traduise sous forme aussi précise et aussi numérique que possible ses préoccupations. Il n'y a pas de science là où il n'y a pas de mesure. La seule remarque à faire à ce sujet, est qu'il ne faut pas oublier, en faisant le bilan des gains que peuvent procurer des études judicieuses d'une

question, de tenir compte en contre-partie du temps qu'il a fallu pour les faire et de la tension d'esprit, légère si l'on veut, mais tout de même existante, que représente une étude un peu attentive de beaucoup de problèmes.

S'il est besoin de conclure sur ce point, on peut dire qu'il y a au fond deux sortes d'esprits dans le vaste monde, en nous bornant à des cas limites distincts et sans envisager la foule des cas intermédiaires. Les esprits non formés aux disciplines scientifiques et les esprits scientifiques, ce mot englobant non seulement les scientifiques de métier, mais quantité de personnes aux raisonnements sûrs, aux déductions rigoureuses, et qui, s'ils l'avaient voulu, auraient d'ailleurs fait d'excellents scientifiques. Pour les premiers, toute espèce d'introduction de la méthode scientifique, toute utilisation des nombres est pratiquement impossible à cause de la fatigue intellectuelle qu'en entraîne un tel effort, du manque d'habitude et du peu de dispositions qu'ils ont pour ce genre de raisonnement. Les seconds, au contraire, sans même la plupart du temps faire vraiment œuvre de science, et fût-ce d'instinct, appliquent cependant la méthode scientifique à la question posée. Ils en font le tour, ils évaluent d'un coup d'œil la valeur de telle ou telle solution, et choisissent en pleine connaissance de cause.

Quant à dire quelles sont exactement les qualités nécessaires à un homme pour être parfait dans un tel domaine, dans quelle mesure il doit allier le sens des nuances avec celui de la rigueur, et dans quelle mesure — c'est sans doute là pour partie ce que voulait dire Pascal — il vaut mieux être fin que géomètre, ou géomètre que fin, nous nous en garderons bien et laisserons à chacun de vous le soin de choisir au gré de ses tendances. La seule chose qui soit terrible et impardonnable est d'être un esprit faux, d'autant plus que, comme nous le dit encore l'auteur des Pensées : « Les esprits faux ne sont jamais ni fins, ni géomètres. »

A. SAINTE-LAGÜE.

Les techniques modernes d'accélération des particules électrisées (électrons, protons, deutons...) jouent un rôle capital dans les recherches de physique atomique. Leurs applications pratiques, déjà très nombreuses (production des rayons X, microscopes électroniques, fabrication des radioéléments artificiels, neutronthérapie, bombes atomiques), sont certainement appelées à prendre, dans un proche avenir, une extension considérable. **SCIENCE ET VIE** va publier prochainement un **NUMERO HORS SERIE** entièrement consacré à ces questions. Sa rédaction est confiée à M. Maurice-E. Nahmias, docteur ès Sciences physiques, assistant au Collège de France, un des rares spécialistes français du cyclotron, sur lequel il vient de publier le seul ouvrage technique paru en France à ce jour (1). Si ledit ouvrage, s'adressant aux techniciens et physiciens, demeure d'une lecture difficile pour le non initié, l'ouvrage que **SCIENCE ET VIE** va consacrer à l'« Artillerie atomique » et à ses plus récentes applications aux armes de guerre, aussi bien qu'aux techniques du temps de paix, industrielles, biologiques et médicales, sera accessible au plus large public.

Son tirage étant limité, nos lecteurs peuvent d'ores et déjà le retenir.

**NUMERO HORS SERIE** Prix de vente : 60 francs franco.  
Prix spécial aux abonnés : 50 fr. (2).

3, rue d'Alsace-Lorraine, Toulouse. C./C. postal 184-05 Toulouse.

(1) « Le Cyclotron, la désintégration de la matière et la radiobiologie ». Préface de M. Joliot. Editions de la Revue d'Optique, Paris.

(2) Adresser la dernière bande d'envoi de la revue comme justification.

# LES A COTÉ DE LA SCIENCE

## INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

### Un hydravion à fond de coque mobile

**L'**HYDRAVION anglais Blackburn B-20 est un bimoteur à aile haute qui présente la particularité remarquable de posséder un fond de coque mobile utilisé pour les amérisages et les

petits, bimoteurs, dont les moteurs se trouvent placés plus bas. Pour eux, les cercles d'hélices ont un diamètre de même ordre de grandeur que pour les gros hydravions et les constructeurs se trouvent de ce fait placés devant un problème souvent difficile à résoudre.

D'autre part, au décollage, l'angle d'incidence de l'aile doit avoir une valeur assez élevée, et l'inclinaison de

que l'aile ait la position la plus favorable, à la fois au décollage et en vol horizontal. Les opérations d'amérisage et de manœuvre à flot se trouvent facilitées par cette disposition.

Le Blackburn 20 est équipé de deux moteurs à compresseurs Rolls-Royce « Vulture », 24 cylindres refroidis par liquide, développant 1 720 ch au décollage. Les hélices tripales ont 4,65 m de diamètre. La vitesse maximum est de 480 km/h à 4 500 m d'altitude et le rayon d'action de 2 400 km.

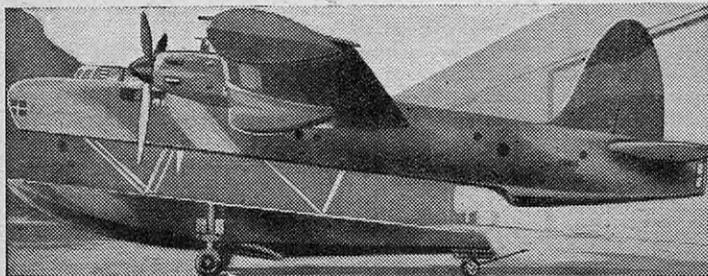


FIG. 1. — LE BLACKBURN 20 AVEC SON FOND DE COQUE ABAISSÉ

décollages. Cette disposition originale présente un intérêt évident pour les appareils de dimensions moyennes, tels que le Blackburn 20, de 25 m d'envergure. En effet, alors que, sur les gros hydravions, généralement quadrimoteurs, la hauteur de l'aile est telle que les hélices disposent d'un espace suffisant au-dessus de l'eau pour n'éprouver aucune gêne lorsque l'hydravion est posé sur l'eau, il n'en est pas de même pour les appareils plus

l'aile par rapport au fuselage est normalement déterminée en fonction de celle de la coque. Cette inclinaison est rarement la plus favorable du point de vue aérodynamique pour le vol horizontal, et les performances de l'appareil s'en trouvent diminuées.

Sur le Blackburn 20, la partie inférieure de la coque peut s'abaisser (la hauteur totale de l'appareil atteignant alors 7,60 m) et son inclinaison est étudiée pour

### Les progrès de l'étude du cancer

**S'**IL est encore trop tôt pour faire le point définitif des progrès qu'aura faits l'étude du cancer durant le cours de la présente guerre, du moins peut-on affirmer que cette étude n'a pas encore quitté le stade purement clinique (bien qu'elle s'appuie souvent sur les résultats de la chimie biologique). Toutefois, malgré le caractère plus ou moins empirique que présentent les travaux accomplis par les chercheurs des différents pays, il est indubitable que des résultats positifs avant une portée limitée ont été atteints.

Les recherches les plus nombreuses ont porté sur les substances naturelles ou artificielles susceptibles de favoriser ou d'entraver le développement des cellules cancéreuses. Elles ont notamment montré qu'il ne fallait pas attacher une valeur trop absolue à la notion de « substances cancérigènes », notion en vérité toute relative puisque certains animaux sont réfractaires à l'action de substances qui provoquent chez d'autres l'apparition de tumeurs. Ainsi le benzopyrène a une

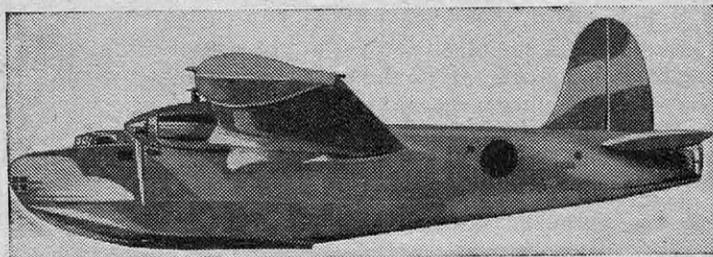


FIG. 2. — LE BLACKBURN 20 EN VOL HORIZONTAL

action cancérogène sur la souris et le lapin, pas sur la poule ni le chat. D'autre part, on a mis en évidence que des extraits d'organes prélevés sur des animaux sains peuvent avoir une action cancérogène (ne l'on ne peut parfois attribuer à aucune des substances connues qu'ils renferment). C'est ainsi que l'extrait de foie humain appliqué journalièrement à des souris provoque au bout d'un an l'apparition de tumeurs cancéreuses.

Les recherches portant sur la thérapeutique du cancer sont également parvenues à certains résultats intéressants, mais dans des cas particuliers seulement. L'électrothérapie est aujourd'hui appliquée avec succès dans le traitement des cancers de la partie terminale du tube digestif. La chimiothérapie a, pour la première fois, enregistré des succès en cancérologie grâce aux travaux du professeur Dodds qui a étudié l'action de substances possédant un pouvoir hormonal femelle et montré que certaines d'entre elles ont des propriétés curatives contre les cancers de la glande prostatique de l'homme. Ce résultat est d'autant plus remarquable qu'il s'obtient par ingestion buccale.

Enfin, une intime parenté a été mise en évidence entre les troubles pathologiques consécutifs à la cancérisation d'une part, et les troubles expérimentaux produits sur les végétaux par les poisons dits mitoclasiques (1) du type colchicine, d'autre part. En effet, l'examen microscopique de coupes d'épithéliomas (2) humains montre que le tissu cancéreux présente de grandes ressemblances avec le tissu d'une racine ou d'une tige soumise à l'action de la colchicine. Les cellules de l'un et l'autre tissu se multiplient en outre suivant des processus semblables souvent caractérisés par une altération du nombre chromosomique. Tout se passe comme si le

néoplasme (tissu cancéreux) était soumis à l'action d'un poison mitoclasique naturel agissant de manière temporaire sur les divers territoires de la tumeur. (R. Garrigues.) On peut espérer que ce rapprochement servira de point de départ à de nouvelles et fructueuses études sur la nature du cancer qui reste, malgré tous les travaux dont il est l'objet, la plus mystérieuse des maladies.

## Pour crever les pneus des avions

L'AVIATION américain pour gêner la circulation des avions ennemis sur leurs aérodromes, complétait le bombardement des pistes en semant à leur surface des clous et des « hérissons » de formes diverses. On voit sur les figures 3 et 4 de tels dispositifs. Les uns comportaient les pointes acérées formant un tétraèdre régulier, les autres évoquaient des « arbres de Noël »; d'autres enfin étaient de simples pointes munies d'une tête lestée, de manière à tomber sur le sol la pointe en l'air et à demeurer dans cette position. La crevaisson d'un pneu d'avion, aussi bien au décollage qu'à l'atterrissage, provoque la plupart du temps un accident grave et en tout cas immobilise l'avion pour une assez longue durée. Ce dernier gêne à son tour les autres appareils qui veulent utiliser la piste, de sorte que

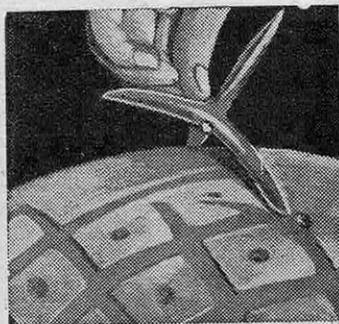


FIG. 3. — UN « HÉRISSON » A PERFORÉ UN PNEU D'AVION

ces petits engins, simples et peu coûteux à fabriquer, peuvent grandement contribuer à ralentir l'activité aérienne de l'adversaire.

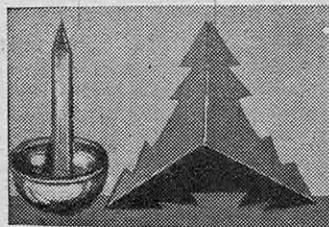


FIG. 4. — LA POINTE LESTÉE ET L'« ARBRE DE NOËL »

## Chauves-souris et ultrasons

ON a remarqué depuis fort longtemps que ce n'est pas au moyen de ses yeux que la chauve-souris repère la position des objets qui l'entourent : une chauve-souris rendue aveugle est parfaitement capable de voler sans se heurter à aucun obstacle, et même de saisir au vol les insectes qui passent à sa portée. Quelle est donc la nature de ce « sixième sens » de la chauve-souris?

C'est ce que vient d'éclaircir un savant anglais, qui a découvert que cet animal utilise les « ultrasons » de la même façon que les appareils détecteurs de sous-marins (1) : la chauve-souris émet des ultrasons qui se réfléchissent sur les objets qui l'entourent puis reviennent frapper son oreille. Celle-ci, contrairement à la nôtre, est sensible à ces vibrations (on sait que les ultrasons sont des vibrations de même nature que les sons mais de fréquence beaucoup plus grande). La différence entre les sensations perçues par les deux oreilles permet à la chauve-souris de repérer la position des objets au voisinage desquels elle passe.

(1) Voir : « La détection des sous-marins » (*Science et Vie*, n° 108, juin 1926).

V. RUBOR.

(1) Ainsi nommés parce qu'ils troublent la division cellulaire ou *mitose*.

(2) Cancers de la peau.

AUTOMOBILE - AVIATION - CINEMA - COMMERCE - VENTE  
 ET PUBLICITE - CUISINE - DESSIN - DICTIONNAIRES ET  
 ENCYCLOPÉDIES - ELECTRICITE - ÉLEVAGE - ENSEIGNEMENT  
 GÉNÉRAL - FINANCE - GÉNÉRAL - ROUPSE - JARDINAGE  
 JEUX DE SOCIÉTÉ - MAGNÉTISME - ASTROLOGIE - MARINE  
 ET YACHTING - MARINE  
 MENUISERIE - GÉNÉRAL - MARINE  
 TÉLÉVISION - PHILASOPHIE - PHOTO - PHYSIQUE ET CHIMIE  
 RADIO - TÉLÉVISION - TRAVAUX D'AMATEURS - SCIENCES NATURELLES - ARTISANAT

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

**SCIENCES ET LOISIRS**  
 17, AV. DE LA RÉPUBLIQUE, PARIS (XI<sup>e</sup>)

CATALOGUE GÉNÉRAL CONTRE 10<sup>FRS</sup> EN TIMBRES

## Devenez REPORTER ou CORRESPONDANT de Presse

SPORTIF - THÉÂTRAL - CINÉMA  
 INFORMATION - CRIMINEL - VOYAGES

En suivant notre cours de  
**JOURNALISME**

Si vous aimez le **DESSIN**, le **CROQUIS**  
 Suivez notre cours de  
**CARICATURISTE**

TOUS CES COURS PAR CORRESPONDANCE  
 PEUVENT ÊTRE SUIVIS SANS QUITTER  
 VOS OCCUPATIONS HABITUELLES

SITUATIONS D'AVENIR  
 INDÉPENDANTES ASSURÉES

Pour tous renseignements gratuits, écrire à l'

**ÉCOLE TECHNIQUE  
 DE REPORTAGE**  
 8, boulevard Michelet, 8  
 TOULOUSE

**INSTITUT  
 ELECTRO-RADIO**  
 6, RUE DE TEHÉRAN - PARIS 8<sup>e</sup>  
 prépare  
 PAR CORRESPONDANCE  
 à toutes les carrières de  
**L'ÉLECTRICITÉ :**  
**RADIO  
 CINÉMA - TÉLÉVISION**  
**VOTRE AVENIR  
 EST DANS CE  
 LIVRE**

**L'ÉLECTRICITÉ  
 ET SES  
 APPLICATIONS**

**GRATUITEMENT**  
 Demandez-nous notre documentation et le  
 livre qui décidera de votre carrière



**ÉCOLE TECHNIQUE  
 DE RADIOÉLECTRICITÉ ET  
 DE SCIENCES APPLIQUÉES**  
 2, rue du Salé - TOULOUSE

**LA RADIO  
 c'est L'AVENIR**

sans quitter vos occupations courantes,

**SUIVEZ NOS COURS  
 PAR CORRESPONDANCE**

PRÉPARATION AUX CARRIÈRES CIVILES  
 MILITAIRES ET MARITIMES

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

FOURNITURES SCOLAIRES ET CHASSIS  
 D'ÉTUDES ASSURÉS GRATUITEMENT

*Renseignements gratuits  
 sur simple demande*

## LES MEILLEURES ETUDES PAR CORRESPONDANCE

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

**ETUDES PRIMAIRES OU SECONDAIRES.** — Des centaines de brillants succès au B. E., au B. E. P. S., au Baccalauréat, établissent la haute efficacité des méthodes de l'École des Sciences et Arts. — Brochure gratuite n° R 16.680.

**NOS COURS D'ORTHOGRAPHE ET DE REDACTION** vous assureront une connaissance solide de votre langue maternelle, un style correct, clair, élégant. Notice gratuite n° R 16.681.

**LES COURS DE FORMATION SCIENTIFIQUE** vous permettront de compléter vos connaissances en Mathématiques, Physique, Chimie, etc. — Notice gratuite n° R 16.682.

**DESSIN INDUSTRIEL.** — Préparez-vous à un Certificat d'aptitude professionnelle, ou directement à l'exercice de la profession de Dessinateur dans l'Industrie et le Bâtiment. — Notice gratuite n° R 16.683.

**CARRIERES COMMERCIALES.** — Nos Cours de Commerce et de Comptabilité constituent la meilleure des préparations à ces carrières comme aux Certificats d'aptitude professionnelle commerciaux. — Notice gratuite n° R 16.684.

**LA CELEBRE METHODE DE CULTURE MENTALE « DUNAMIS »** permet à chacun de développer toutes ses facultés, d'acquérir la confiance en soi et de « forcer le succès ». Not. gr. n° R 16.685.

**LE COURS DE DESSIN ARTISTIQUE**, en vous

apprenant d'abord à voir, puis à interpréter votre vision personnelle vous donnera la formation complète de l'artiste et l'accès aux plus brillantes carrières. — Notice gratuite n° R 16.686.

**PHONOPOLYGLOTTE** vous apprendra, par le phonographe, à parler, à comprendre, lire, écrire l'Anglais, l'Espagnol, l'Allemand, l'Italien. — Notice gratuite n° R 16.687.

**LE COURS D'ELOQUENCE** vous mettra en mesure d'improviser une allocution émouvante, de composer un discours persuasif. — Notice gratuite n° R 16.688.

**LE COURS DE PUBLICITE** vous permettra soit de vous assurer dans cette branche un brillant avenir, soit de donner à vos affaires le maximum de développement. — Notice gratuite n° R 16.689.

**LE COURS DE FORMATION MUSICALE** fera de vous un musicien complet, capable de déchiffrer n'importe quelle œuvre, non seulement maître de la technique musicale, mais averti de toutes les questions d'histoire et d'esthétique. — Notice gratuite n° R 16.690.

**LE COURS D'INITIATION AUX GRANDS PROBLEMES PHILOSOPHIQUES** est le guide sûr de tous ceux qui veulent savoir comment se posent et comment peuvent être résolus les grands problèmes de la liberté humaine, de l'immortalité de l'âme, etc. — Notice gratuite n° R 16.691.

**FONCTIONS PUBLIQUES.** — Nous vous recommandons les situations de l'Administration des P. T. T. : *Commis masculin ou Commis féminin, Contrôleur stagiaire.* — Notice gratuite n° R 16.692.

### ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

16, rue du Général-Malletterre, PARIS (16<sup>e</sup>). - 81, boulevard des Belges, LYON.



CHAQUE BON DE  
LA LIBÉRATION  
QUE  
VOUS SOUSCRIVEZ,  
C'EST UNE PIERRE  
QUE  
VOUS APPORTEZ  
A LA  
RECONSTRUCTION  
DU PAYS.

## JEUNES GENS ?

Occupez vos loisirs en suivant par correspondance les cours qui feront de vous, en peu de temps, un homme de valeur. Faites-vous une situation d'avenir dans l'une des branches suivantes :



**RADIOÉLECTRICITÉ** — Industrie à l'avenir illimité, qui, avec ses actuelles applications du Cinéma sonore et de la Télévision, fait appel à des techniciens de tous grades : du monteur à l'ingénieur, elle réserve à ces techniciens un travail aussi passionnant que bien rémunéré.

**DESSIN INDUSTRIEL** — Situations agréables dans toutes les industries sans exception : Aviation, Automobile, Constructions mécaniques et électriques, Travaux publics, Grandes Administrations d'Etat. Partout, il y a place pour des milliers de dessinateurs hommes et femmes.

**AVIATION** — Le développement formidable que prendra l'Aviation demain offrira de nombreuses et excellentes situations à un personnel spécialisé. L'Aviation vous attire ? Alors devenez à votre choix Electro-Mécanicien ou pilote.

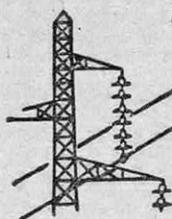
DOCUMENTATION GRATUITE (spécifier la branche choisie)

**ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE**

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

## APPRENEZ L'ÉLECTRICITÉ

PAR CORRESPONDANCE  
sans connaître  
les mathématiques



Tous les phénomènes électriques ainsi que leurs applications industrielles et ménagères les plus récentes sont étudiées dans le cours pratique d'électricité sans nécessiter aucune connaissance mathématique spéciale.

Chacune des manifestations de l'électricité est expliquée à l'aide de comparaison avec des phénomènes connus par tous et toutes les formules de calcul sont indiquées avec la manière de les utiliser. En dix mois vous serez à même de résoudre tous les problèmes pratiques de l'électricité industrielle.

Ce cours s'adresse aux praticiens de l'électricité, aux radio-électriciens, aux mécaniciens, aux vendeurs de matériel électrique et à tous ceux qui sans aucune étude préalable désirent connaître réellement l'électricité, tout en ne consacrant à ce travail que quelques heures par semaine.

**COURS PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ**

**BON**

pour la documentation 18 B (joindre 6 frs en timbres).



222, Boulevard Pereire - PARIS-17<sup>e</sup>

**ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL** PARIS, 152, av. de Wagram  
NICE, 3, rue du Lycée

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

### MATHÉMATIQUES

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

### INDUSTRIE

CONTRÔLEUR, DESSINATEUR, TECHNICIEN, SOUS-INGÉNIEUR, INGÉNIEUR en Mécanique générale, Constructions aéronautiques, Électricité, Electro-mécanique, Chimie industrielle, Bâtiment, Travaux publics, Constructions navales, Géomètres

### COMMERCE - DROIT

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

### AGRICULTURE

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

### ADMINISTRATIONS

Tous les concours techniques des diverses administrations France et Colonies, Armée, Air, Marine.

### AVIATION CIVILE

Brevets de navigateurs aériens et de Pilotes, Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs adjoints, Météorologistes, Opérateurs radio-électriciens, Chefs de Poste et Mécaniciens d'aéronefs.

### BACCALAURÉATS. ÉCOLES NATIONALES

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

Envoi du programme désiré contre 10 francs en



**ÉCOLE DE T. S. F.**

### JEUNES GENS !

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

sont dans la RADIO

P. T. T., AVIATION, MARINE, NAVIGATION AÉRIENNE, COLONIES, DÉFENSE DU TERRITOIRE, POLICE, DÉPANNAGE, CONSTRUCTION INDUSTRIELLE, TÉLÉVISION, CINÉMA.

### COURS SCIENTIFIQUES, TECHNIQUES, PRATIQUES, PAR CORRESPONDANCE

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

Possibilité d'exercices pratiques chez soi : lecture au son, manipulation, montage et construction de poste.

Préparation à l'entrée aux écoles privées d'Enseignement maritime, ainsi qu'aux écoles en exercice de l'Aviation et de la Marine militaires. COURS SUR PLACE ont lieu à Nice à l'École d'Enseignement maritime, 21, boul. Frank-Pilatte.

Sans quitter votre emploi, vous pouvez vous préparer chez vous, par correspondance, aux carrières de la RADIO, de l'AÉRONAUTIQUE et du CINÉMA, en vous adressant au CENTRE D'ÉTUDES TECHNIQUES ET ARTISTIQUES DE PARIS qui groupe les trois Écoles suivantes :

## ÉCOLE GÉNÉRALE RADIOTECHNIQUE

(Monteur-Dépanneur, Dessinateur, Opérateurs, Sous-Ingénieur et Ingénieur.)

## ÉCOLE GÉNÉRALE CINÉMATOGRAPHIQUE

(Opérateurs photographe, de projection, de prise de vues, du son, Script-Girl, Acteurs, Metteur en scène, Directeur de la production.)

## ÉCOLE GÉNÉRALE AÉRONAUTIQUE

(Pilote, Navigateur, Radio, Mécanicien, Technicien.)

Demandez la documentation qui vous intéresse au

## CENTRE D'ÉTUDES TECHNIQUES ET ARTISTIQUES DE PARIS

69, rue Vallier, à LEVALLOIS-PERRET (Seine.)

Devenir  
**DESSINATEUR  
et PEINTRE!**



Renseignez-vous aujourd'hui même sur l'ÉCOLE INTERNATIONALE et sur les lucratives et passionnantes carrières auxquelles vous pourrez prétendre lorsque vous

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

**L'ÉCOLE INTERNATIONALE**

PAR CORRESPONDANCE

**DE DESSIN ET DE PEINTURE**

SERVICE DV

PRINCIPAUTÉ DE MONACO



