SCIENCE ET VIE

AVRIL 1945 N° 331 15 FRANCS

COURS DE DESSIN ET DE PEINTURE

par correspondance

MARC SAUREL qui, depuis 33 ans, enseigne le dessin par correspondance, n'a cesse de perfectionner ses méthodes

Son École du DESSIN FACILE, jeune, vivante, dynamique est l'aboutissement de sa longue expérience. Sa 3e exposition annuelle à la Galerie Royale, où furent présentés 500 dessins et peintures d'élèves, vient de confirmer son eclatant succès, montrant que la personnalité de chacun est mise en valeur En effet les corrections de devoirs et les conseils personnels donnés périodiquement à chaque élève confèrent au cours la valeur d'un véritable enseignement particulier.

Pour les Adultes :

"LE DESSIN FACILE"

Croquis, paysage, portrait, caricature, nu académique, perspective, anatomie, etc.

"LA PEINTURE FACILE"

Techniques 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 fr. en timbres et le bon ci-contre.

"LE DESSIN FACILE" 11, RUE KEPPLER - PARIS (16e)

512

Les cours par correspondance de L'ECOLE UNIVERSELLE

permettent à ses élèves d'effectuer le maximum de progrès dans le minimum de temps. Ceux de ces cours qui préparent aux examens et aux concours publics conduisent chaque année au 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'Ecole 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. 55.701. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, etc.

BROCHURE L. 55.706. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.

BROCHURE L. 55.710. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.

BROCHURE L. 55.715. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.

BROCHURE L. 55.722. — POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE : Administrations financières, P. T. T., Police, Ponts-et-Chaussées, Génie rural, etc...

BROCHURE L. 55.728. — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS. Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

BROCHURE L. 55.734. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.

BROCHURE L. 55.737. — COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc... Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

BROCHURE L. 55.740. — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc.

BROCHURE L. 55.745. — CARRIÈRES de l'AVIATION, (aviation militaire, aviation civile).

BROCHURE L. 55.751. — CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.

BROCHURE L. 55.756. — CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE (Pont, Machines, Commissariat).

BROCHURE L. 55.760. — CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariats, bibliothèque, etc...)

BROCHURE L. 55.765. — ÉTUDES MUSICALES : Instruments, Professorats.

BROCHURE L. 55.771. — ARTS DU DESSIN : Professorats, Métiers d'art, etc.

BROCHURE L. 55.776. — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc.

BROCHURE L. 55.781. — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.

BROCHURE L. 55.785. — CARRIÈRES DU CINÉMA.

ÉCOLE UNIVERSELLE
12, Place Jules-Ferry, LYON
59, Boulevard Exelmans, PARIS

ÉCOLE TECHNIQUE
DE
RADIOÉLECTRICITÉ
2, RUE DU SALÉ, 2
TOULOUSE

JEUNES FRANÇAIS...

choisissez une situation

D'AVENIR

en apprenant

LA RADIO

sans quitter vos occupations courantes, suivez les

Cours par correspondance
de notre École,

CELLE DE LA CAPITALE DE LA RADIO

La Direction et les Professeurs de l'Ecole ont continuellement enfreint les ordres de l'envahisseur pendant la période d'occupation, en enseignant toute la radio et l'émission, malgré les risques encourus.

Fournitures scolaires et chassis d'études assurés gratuitement

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

Conditions spéciales aux F. F. I.

BON 131 à joindre à toute demande de renseignements gratuits.

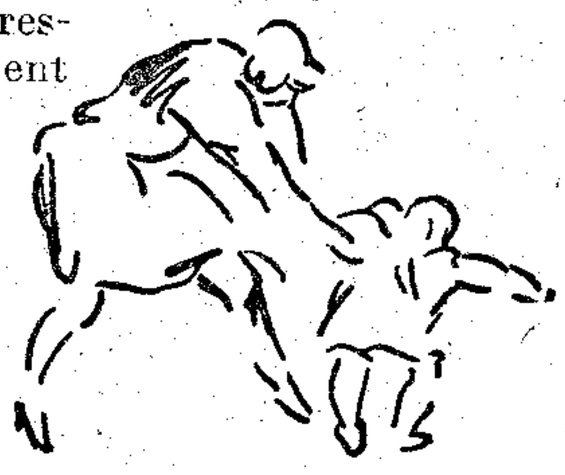
Ah! si je savais DESSINER...

QUE de fois avons-nous entendu prononcer cette phrase autour de nous ! Par dépit chez l'un, incapable de se faire comprendre faute de ne pouvoir tracer un simple croquis ; par regret chez un autre lorsqu'il reconnaît que lui sont refusées les joies que lui aurait procurées le dessin ; par envie chez un troisième lorsqu'il constate que l'un de ses amis a réussi grâce au dessin là où il a lui-même échoué.

Mais **vous-même** *ne l'avez-vous pas prononcée cette phrase à un moment de votre vie ?*

" Ah ! si je savais dessiner ! "

C'est donc à vous que nous nous adressons en vous disant : quels que soient votre âge, votre situation, votre résidence, vous pouvez apprendre très rapidement à dessiner grâce à la méthode A.B.C. Il vous suffit en effet de savoir écrire pour savoir en peu de temps dessiner. A ce propos, la brochure que l'École A.B.C. de Dessin met à votre disposition vous révélera que c'est dans les deux premières heures de vos étuque vous apprendrez comment on dessine.



Croquis d'élève

BROCHURE ILLUSTRÉE

Pour obtenir tous renseignements à ce sujet demandez sans plus tarder notre brochure CB 30 qui vous sera offerte gracieusement. (Joindre 6 frs. en timbres pour tous frais). Spécifiez bien le cours qui vous intéresse : Cours pour Adultes ou Cours pour Enfants.

ECOLE A.B.C. DE DESSIN

12, rue Lincoln (Champs-Elysés), PARIS (8e)

LES MEILLEURES ETUDES PAR CORRESPONDANCE

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

ETUDES PRIMAIRES OU SECONDAIRES. — Des centaines de brillants succès au *Brevet élémentaire*, au *B. E. P. S.*, au *Baccalauréat* établissent la haute efficacité des méthodes de l'*Ecole des Sciences et Arts*. — Brochure gratuite n° R 2472.

LES COURS DE FORMATION SCIENTIFIQUE vous permettront soit de compléter vos connaissances, soit d'augmenter utilement vos aptitudes professionnelles, soit d'étendre votre culture générale en Mathématiques, Physique, Chimie, etc... — Notice gratuite n° R 2473.

DESSIN INDUSTRIEL. — Notre cours de Dessin industriel vous prépare soit à un Certificat d'aptitude professionnelle, soit directement à l'exercice de la profession choisie par vous et où vous deviendrez un technicien accompli. — Notice gratuite n° R 2474.

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 2475.

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 ». — Notice gratuite n° R 2476.

LE COURS DE DESSIN ARTISTIQUE, en vous apprenant d'abord à voir, puis à interpréter votre vision personnelle par les procédés les plus variés, vous donnera la formation complète de l'artiste et l'accès aux plus brillantes carrières. — Notice gratuite n° R 2477.

LE COURS D'ELOQUENCE vous mettra en mesure d'improviser une allocution émouvante, de composer un discours persuasif. Il vous livrera tous les secrets de l'art oratoire. — Notice n° R 2478.

LE COURS DE PUBLICITE vous permettra soit de vous créer une situation dans une spécialité appelée au plus brillant avenir, soit de donner à vos affaires le maximum de développement. — Notice gratuite n° R 2479.

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 2480.

LE COURS D'INITIATION AUX GRANDS PROBLEMES PHILOSOPHIQUES sera le guide familier et sûr de tous ceux qui veulent savoir comment se posent et comment peuvent être résolus les grands problèmes qui hantent l'esprit humain (liberté humaine, immortalité de l'âme, etc.). — Notice gratuite n° R 2481.

FONCTIONS PUBLIQUES. — Nous vous recommandons les situations accessibles, sans diplôme, de l'*Administration des P. T. T. : Commis masculin* ou *Commis féminin, Contrôleur stagiaire*. — Notice gratuite n° R 2482.

ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

81, boulevard des Belges, LYON (Rhône). 16, rue du Général-Malleterre, PARIS (16e).

SCIENCE ET VIE

Tome LXVII - N° 331 Avril 1945

SOMMAIRE

★ Les "Superforteresses" sur le Japon, par Pierre Belleroche 135

★ Le mystère des "Naines blanches", par Paul Couderc ... 142

★ Qu'est-ce qu'une "Jeep"? par Henri Petit 151

★ Ce qu'a révélé l'oscillographe cathodique appliqué à l'étude des nerfs, par Paul Chauchard 162

★ L'analyse scientifique des peintures, par Jacques Wilhem .. 165

★ Les A côté de la Science, par V. Rubor 171

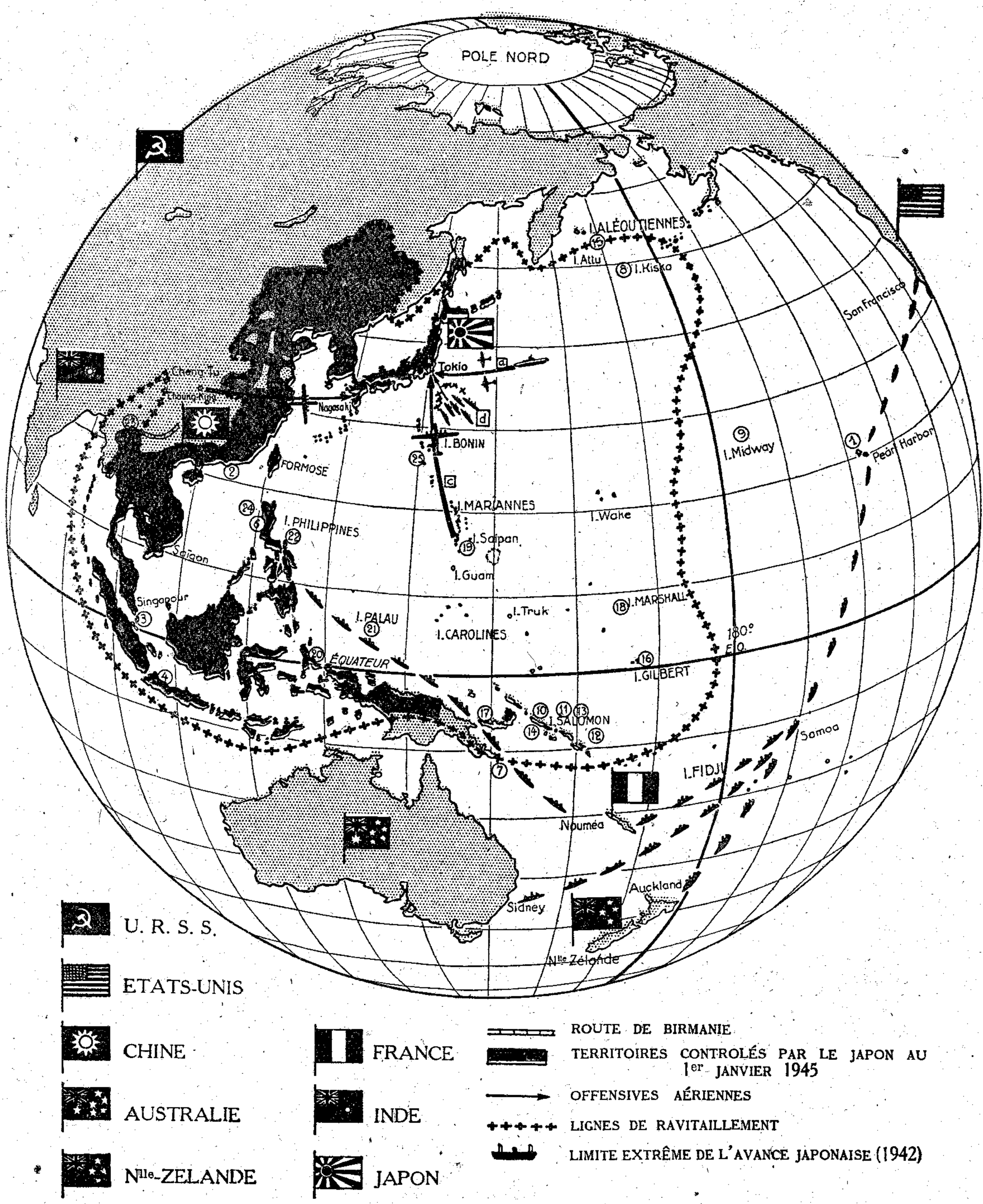
La bataille navale de la mer de Corail a marqué le tournant de la guerre dans le Pacifique. Depuis cette date (mai 1942), l'offensive alliée se poursuit, implacable, regagnant d'archipel en archipel le terrain conquis par le Japon, isolant et réduisant à l'impuissance les garnisons qui occupent encore les îles à plusieurs milliers de kilomètres de la métropole et approchant peu à peu du territoire même des Iles Nippones. Déjà celui-ci se trouve à portée des raids de bombardement des « Superfortereses » B-29, dont le rayon d'action atteint 5 000 km et que représente la couverture du présent numéro. Elles l'assaillent, tant des aérodromes chinois que des îles Saïpan, Guam et Tinian aux Mariannes. Demain, elles s'envoleront des Philippines et même d'Iwo Jima, si proche des centres industriels, des arsenaux et des chantiers navals japonais que les bombardiers moyens et lourds que nous connaissons sur le front occidental pourront compléter efficacement l'action des « Superforteresses ». (Voir page 135 l'article sur les opérations de bombardement des Iles Nippones.)

« 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 », Avril mil neuf cent quarante-cinq. Registre du Commerce : Toulouse 3235 B.

Abonnements : France et Colonies, un an : cent cinquante francs.

LES PREMIERS BOMBARDEMENTS AÉRIENS DU JAPON



Voir page ci-contre l'explication des numéros et lettres. →

" SUPERFORTERESSES " SUR LE JAPON

par Pierre BELLEROCHE

Le front du Pacifique s'étale sur des immensités marines telles que le problème des distances y passe au premier plan. A des milliers de kilomètres des bases navales et aériennes alliées, le Japon paraissait, il y a quelques mois encore, inaccessible. Ses arsenaux semblaient pouvoir y travailler longtemps en pleine sécurité. L'apparition des « Superforteresses » de 50 tonnes dans le ciel japonais est venu troubler cette quiétude trompeuse. Décollant de bases chinoises d'abord, puis des îles conquises en 1944 dans le Pacifique central, d'où les Japonais sont à peu près chassés, les « Superforteresses » viennent aujourd'hui bombarder, en plein cœur du territoire métropolitain, les centres industriels vitaux : chantiers maritimes, docks, centrales électriques, usines d'aviation, etc... La production en série de ces nouveaux bombardiers lourds, alliant un rayon d'action énorme à une charge de bombes élevée, a débuté en 1943, et plus de 800 « Superforteresses » ont été livrées à ce jour. Elles sortent des usines (Boeing, Glenn-Martin et Bell) à raison de 100 par mois environ.

Les bombardements de Tokio

Le 20 avril 1942, au plus fort de l'offensive japonaise, le monde entier apprit avec stupéfaction que Tokio avait été bombardé le 18 avril par des avions américains. Il s'agissait d'avions bimoteurs lourds North-American NA.40 dits B-25 « Mitchell ». Or, la base aérienne la plus proche — l'île Midway — se trouve à 3 500 kilomètres, et les bases chinoises du Tché-Kiang à 2 000 kilomètres (1). D'où venait l'attaque? On signalait que plusieurs de ces bimoteurs avaient atterri en Chine et en Sibérie.

(1) Ces bases ont été, depuis, conquises par les Japonais.

Pour mystifier les Japonais, le président Roosevelt fit allusion à une base secrète, située au pays imaginaire de « Shangri-La », nom tiré d'un roman célèbre aux Etats-Unis : *Lost horizons.*

En fait, le « Shangri-La » n'était autre que le porte-avions *Hornet.* Ce qui était, sinon un mystère, du moins une innovation, c'était la possibilité de décoller avec des bimoteurs lourds d'une plate-forme de navire.

Le Hornet (18 avril 1942)

L'opération du 18 avril 1942 contre Tokio avait été montée avec une « Carrier Force » composée des deux porte-avions *Hornet* et *Enterprise* escortés de croiseurs et de contre-torpilleurs sous les ordres de l'amiral William Halsey. L'*Enterprise*

← DE PEARL HARBOR A TOKIO

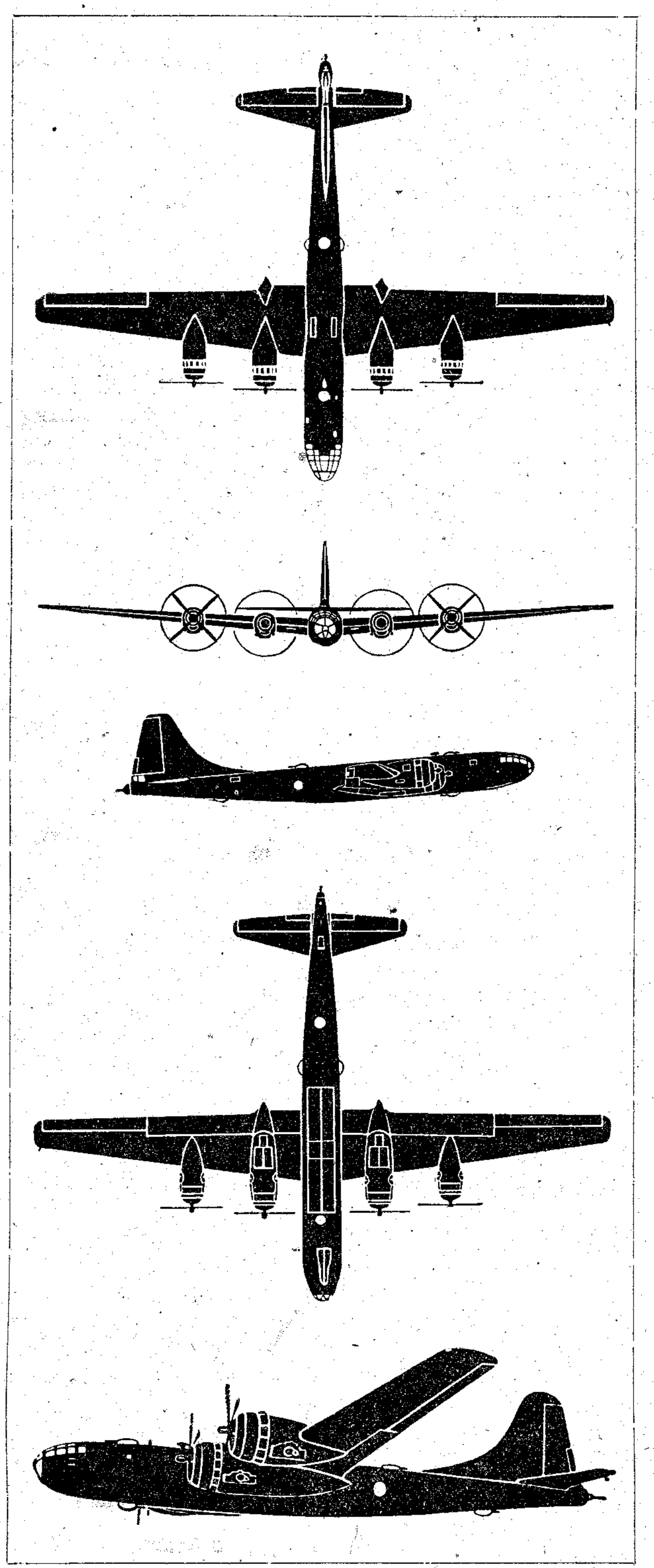
1. *(7.12.41) Attaque de Pearl Harbor.*
2. *(23.12.41) Perte de Hong-Kong.*
3. *(15.2.42) Perte de Singapour.*
4. *(9.3.42) Perte de Java.*
5. *(1.5.42). Coupure de la route de Birmanie (perte de Mandalay).*
6. *(5.5.42) Perte de Corregidor (entrée de la baie de Manille aux îles Philippines)*
7. *(8.5.42) Bataille navale de la mer de Corail.*
8. *(3.6.42) Perte de Kiska et Attu.*
9. *(5.6.42) Bataille navale de Midway.*
10. *(7.8.42) Débarquement à Guadalcanal.*
11. *(28.8.42) Première bataille navale des iles Salomon.*
12. *(24.10.42) Bataille navale des iles Santa Cruz.*
13. *(15.11.42) Deuxième bataille navale des iles Salomon.*
14. *(7.2.43) Prise de Guadalcanal.*
15. *(11.5 et 15.8.43) Reprise d'Attu et Kiska.*
16. *(21.11.43) Débarquement aux iles Gilbert (Tarawa).*
17. *(15.12.43) Débarquement en Nouvelle-Bretagne (Arawé).*
18. *(30.1.44) Débarquement aux iles Marshall (Kwajalein).*
19. *(17 et 19.6.44) Débarquement aux iles Mariannes (Saïpan) et bataille navale.*
20. *(7.44) Débarquement à Halmahera (Moluques).*
21. *(15 9.44) Débarquement aux iles Palau (Peleliu).*
22. *(20 et 25.10.44) Débarquement aux iles Philippines (Leyte) et bataille navale.*
23. *(5.1.45) Ouverture de route de Birmanie.*
24. *(9.1.45 et 16.2.45) Débarquement à Luçon (iles Philippines) et prise de Bataan et Corregidor (entrée de la baie de Manille).*
25. *(18.2.45) Débarquement sur Iwo-Jima (Volcano).*

a. *(18.4.42) Premier bombardement de Tokio à partir d'un porte-avions.*

b. *(15.6.44) Premier bombardement de Nagasaki par « Superforteresses » venues de Chine.*

c. *(24.11.44) Premier bombardement de Tokio par « Superforteresses » venues de Saïpan.*

d. *(16 et 17.2.45) Premier bombardement de Tokio par une flotte de porte-avions.*



assurait la sécurité de la partie navale du raid, le *Hornet* servant de piste d'envol aux bimoteurs destinés à attaquer Tokio, seize bimoteurs North-American B-25 « Mitchell » (1), conduits par le lieutenant colonel James Doolittle.

La « Carrier Force » *Hornet-Enterprise* devait s'approcher jusqu'à 450 milles marins du Japon (800 km), mais une grosse mer retarda les porte-avions et l'envol dut être avancé de 12 heures. Le décollage des seize bimoteurs se fit, en réalité, à 800 milles du Japon (1 400 km), par grosse mer.

En dépit de la houle qui faisait tanguer la plate-forme, les « Mitchell » décollèrent du pont ruisselant de grains, grâce à leur train tricycle.

Des quatre-vingts aviateurs américains, soixante-cinq purent gagner le territoire chinois du Tché-Kiang, mais l'un se tua à l'atterrissage. Un « Mitchell » atterrit en Sibérie et ses cinq hommes d'équipage furent internés par les Russes. Deux autres « Mitchell » durent se poser en territoire con-

(1) Le NA-40 « Mitchell » (B-25) est un bimoteur de combat avec train d'atterrissage tricycle, équipé de moteurs Wright « Cyclone » de 14 cylindres double étoile, développant 1 700 ch, munis de compresseurs à deux vitesses. Sa vitesse maximum est de 550 km/h, son rayon d'action de 3 200 km avec 2 500 kg de bombes. Il est armé de deux mitrailleuses fixes de 12,7 mm dans le nez du fuselage et porte sur le fuselage et sous le fuselage deux tourelles avec chacune deux mitrailleuses de 12,7 mm. La version récente B-25 H du North American « Mitchell » utilisée depuis un an pour l'attaque de la navigation dans le Pacifique porte un canon de 75 mm et quatorze mitrailleuses de 12,7 mm réparties entre le nez du fuselage (4), les parois latérales (6), la tourelle supérieure (2) et celle de queue (2).

FIG. 1. — QUELQUES SILHOUETTES DE « SUPERFORTERESSES » EN VOL

Le Boeing B-29 « Superforteresse » est un appareil à aile médiane, très allongée, à extrémités carrées. Il est équipé de 4 moteurs Wright « Cyclone », de 18 cylindres en double étoile, développant 2 200 ch. Ses dimensions générales sont : envergure 42,45 m, longueur 30 m, hauteur 5,40 m. Son poids maximum est de 50 tonnes, sa vitesse maximum de 590 km/h, son rayon d'action de 5 000 km avec 5 tonnes de bombes. Il peut emporter jusqu'à 40 bombes de 225 kg ou 4 bombes de 1 800 kg. Il est armé de 10 mitrailleuses de 12,7 mm et un canon automatique de 20 mm. Ses hélices à quatre pales, de 4,80 m de diamètre, sont plus grandes que celles de n'importe quel autre appareil existant. L'équipage se compose de 11 hommes, travaillant dans des cabines étanches où l'air est maintenu à la pression normale, indépendante de l'altitude de vol qui peut atteindre 11 000 m.

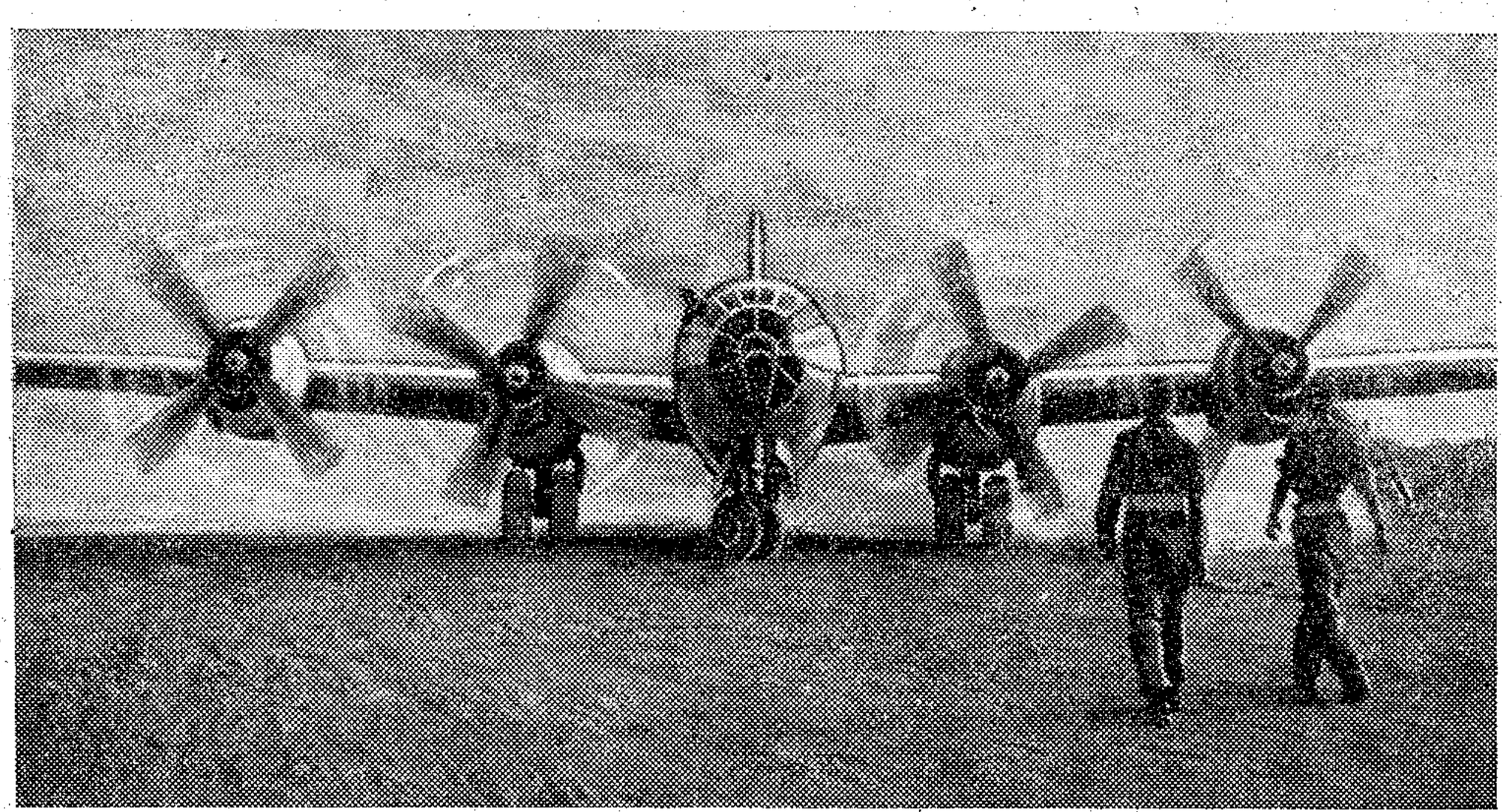


FIG. 2. — UNE « SUPERFORTERESSE » SE PRÉPARE A DÉCOLLER SUR L'AÉRODROME CHINOIS DE CHENG-TU
Le train d'atterrissage, éclipsable en vol, comporte de roues jumelées, une paire sous chaque aile et une sous le nez du fuselage.

FIG. 3. — UNE « SUPERFORTERESSE » EN VOL AU-DESSUS DE CHENG-TU (CHINE)

trôlé par les Japonais et, sur les dix aviateurs, huit furent internés, deux ayant disparu. Ces huit malheureux furent fusillés par la suite.

Il est probable que, sur le moment, l'Etat-Major japonais s'imagina que les bases de départ du raid avaient été l'île Midway ou l'une des îles Aléoutiennes, bases terrestres américaines les plus proches. Ce qui est certain, c'est que le raid sur Tokio du 18 avril 1942 fut suivi, sept semaines plus tard, par une expédition de débarquement contre Midway, qui avorta, mais donna lieu à la fameuse bataille navale de Midway du 5 juin 1942.

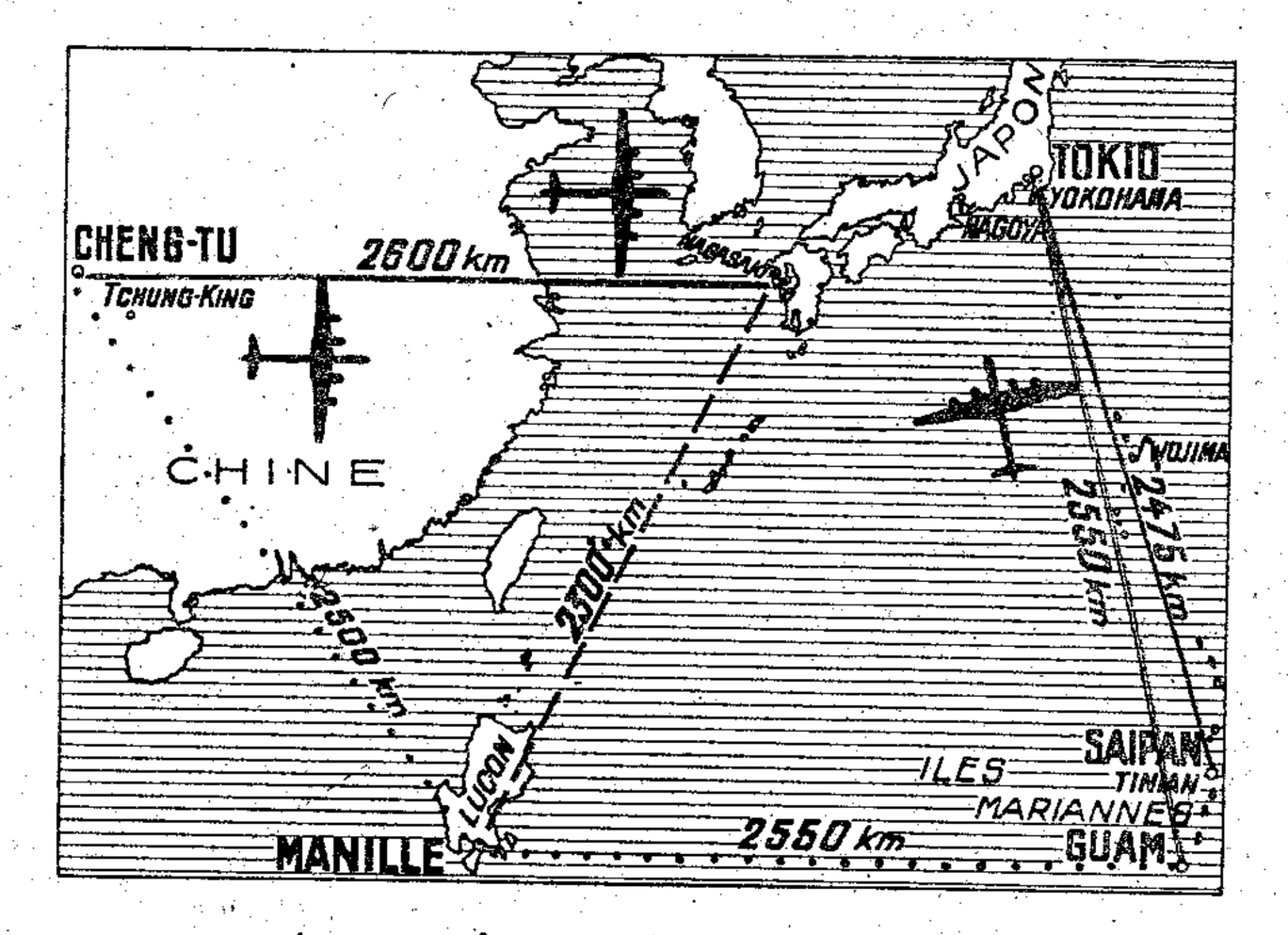


FIG. 4. — SCHÉMA DU BOMBARDEMENT DU JAPON

Les B-29 « Superforteresses » basées à Cheng-Tu (Chine) sont chargées de bombarder Nagasaki, à 2 600 km. Tokio, à 1 000 km plus loin, n'est guère accessible aux B-29 parties de Chine. Les « Superforteresses » basées à Saïpan (Iles Mariannes) sont chargées de Tokio, Yokohama et Nagoya. Tokio est situé à 2 475 km de Saïpan et à 2 550 km de Guam. Lorsque les aérodromes de Luzon (Manille, en particulier) seront rendus disponibles, les B-29 disposeront d'une base de départ un peu plus rapprochée de Nagasaki (2 300 km). Il faut remarquer que Manille, équidistante de Guam et de Cheng-Tu, pourra servir de relais entre ces deux bases, ce qui complétera le dispositif offensif des « Superforteresses » destinées à l'attaque des îles japonaises Iwo-Jima n'est qu'à 1 200 km de Tokio.

Il fallut attendre 1944, le 24 novembre, pour que Tokio reçut à nouveau des bombes américaines. Cette fois elles furent lancées par de gigantesques quadrimoteurs de 50 tonnes, les Boeing B-29 « Superforteresses » parties d'une île : Saïpan. Cette fois, la mystérieuse Shangri-La n'était autre qu'une île du Pacifique arrachée aux Japonais.

L'aérodrome d'Aslito à Saïpan

L'aménagement d'une base de départ stratégique dans l'île de Saïpan résulte de la conquête des îles Mariannes par la marine américaine, de juin à août 1944.

L'aérodrome d'Aslito à Saïpan, situé au sud de l'île, comporte une piste de 3 km de longueur. La distance d'Aslito à Tokio est exactement de 2 475 km.

Les forces américaines de l'amiral Nimitz débarquèrent à Saïpan le 14 juin 1944 et enlevèrent l'aérodrome qui fut redénommé « Isely Field ». L'île de Saïpan ne fut entièrement réduite que le 8 juillet. Quant aux îles voisines de Tinian et de Guam, elles furent conquises en août.

En octobre, une flotte de « Superforteresses » B-29 commença de s'installer à Isely Field, le ravitaillement de ces forces aériennes en combustibles et bombes s'effectuant aisément par mer. Le premier raid sur Tokio à partir d'une base terrestre put devenir une réalité.

Le 20me et le 21me Bomber Command

Les Boeing B-29 « Superforteresses » basées à Saïpan en octobre 1944 constituèrent le 21e Bomber Command sous les ordres du général Heywood Hansel. Depuis mai 1944, une autre flotte de « Superfortesses » avait été constituée, le 20e Bomber Command, basée aux Indes, — et pouvant opérer à partir des aérodromes de Chine, notamment ceux de Cheng-Tu (au nord de Tchoung-King).

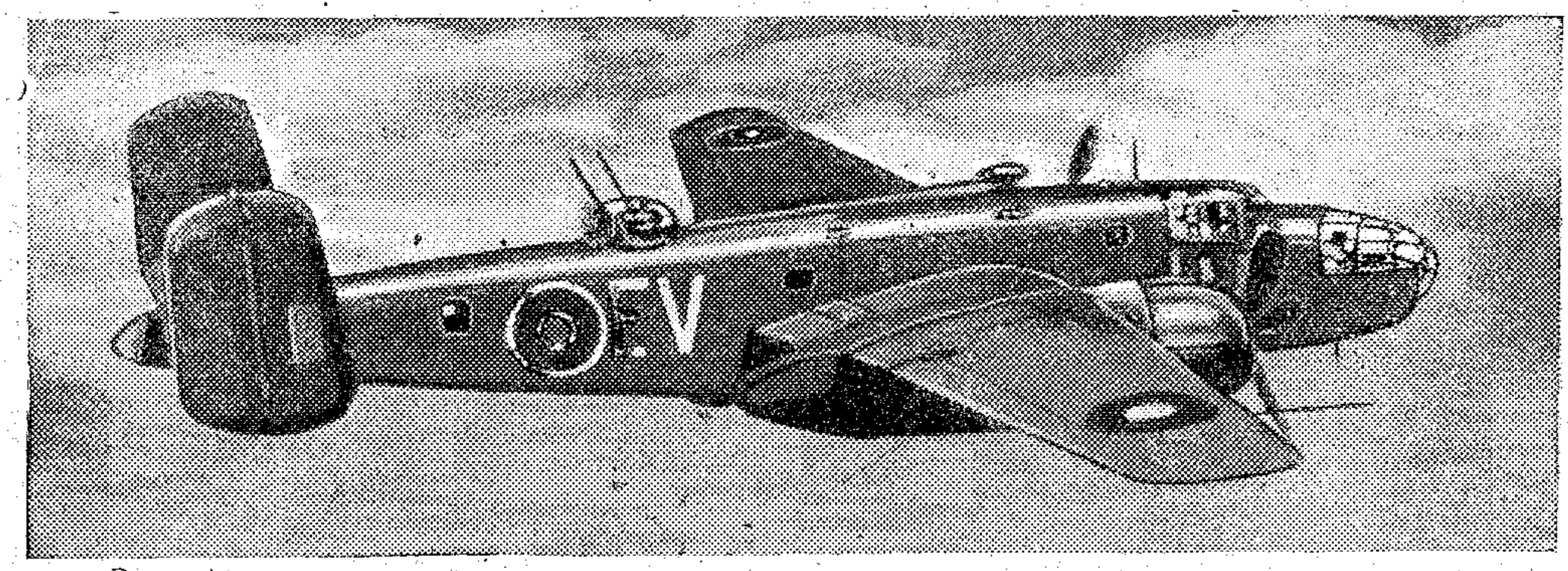


FIG. 5. — LE NORTH-AMERICAN B-25 « MITCHELL » TYPE DES APPAREILS QUI, DÉCOLLÉS DU PORTE-AVIONS « HORNET », BOMBARDÈRENT TOKIO LE 18 AVRIL 1942

Le 20e et le 21e Bomber Command constituent des flottes aériennes stratégiques dirigées directement de Washington par les *Combined Chiefs of Staff*, cet Etat-Major combiné anglo-américain qui dirige la guerre mondiale.

Les B-29 de Chine ne peuvent bombarder Tokio

Les premiers raids sur le Japon effectués par les nouveaux quadrimoteurs B-29 furent effectués en partant de Chine, quatre mois plus tôt, à partir du 15 juin 1944.

L'aérodrome de départ était Cheng-Tu. Mais de Cheng-Tu, Tokio est inaccessible, et les B-29, basées en Chine, durent se contenter de bombarder Nagasaki, à l'extrémité ouest de l'archipel nippon. Les plus importants des raids des B-29 de Cheng-Tu ont été ceux du 15 juin et du 25 octobre 1943. Ces « Superforteresses » n'utilisaient Cheng-Tu que comme base de départ, leur base principale était aux Indes. C'est en partant des Indes qu'elles effectuèrent leur premier raid sur Bangkok le 5 juin 1944 et sur Singapour, attaqué pour la première fois le 3 janvier 1945. Les B-29 du 20e Bomber Command continuèrent leurs raids sur les îles occidentales du Japon et sur les ports de Chine à une cadence modérée : juillet 2 raids, août 3, septembre 2, octobre 4.

Les raids de B-29 sur Tokio

C'est le 24 novembre, qu'entrent en scène les B-29 de Saïpan. Leur objectif fut Tokio, et en particulier les usines d'aviation Muschaschina dans la banlieue de la capitale. Le bombardement, dirigé par le général O'Donnel, fut échelonné en plusieurs vagues et dura deux heures.

D'après les Japonais, soixante-dix « Superforteresses » prirent part à l'action. Elles ne rencontrèrent qu'une faible réaction de chasse ou de D.C.A., et deux B-29 furent abattus.

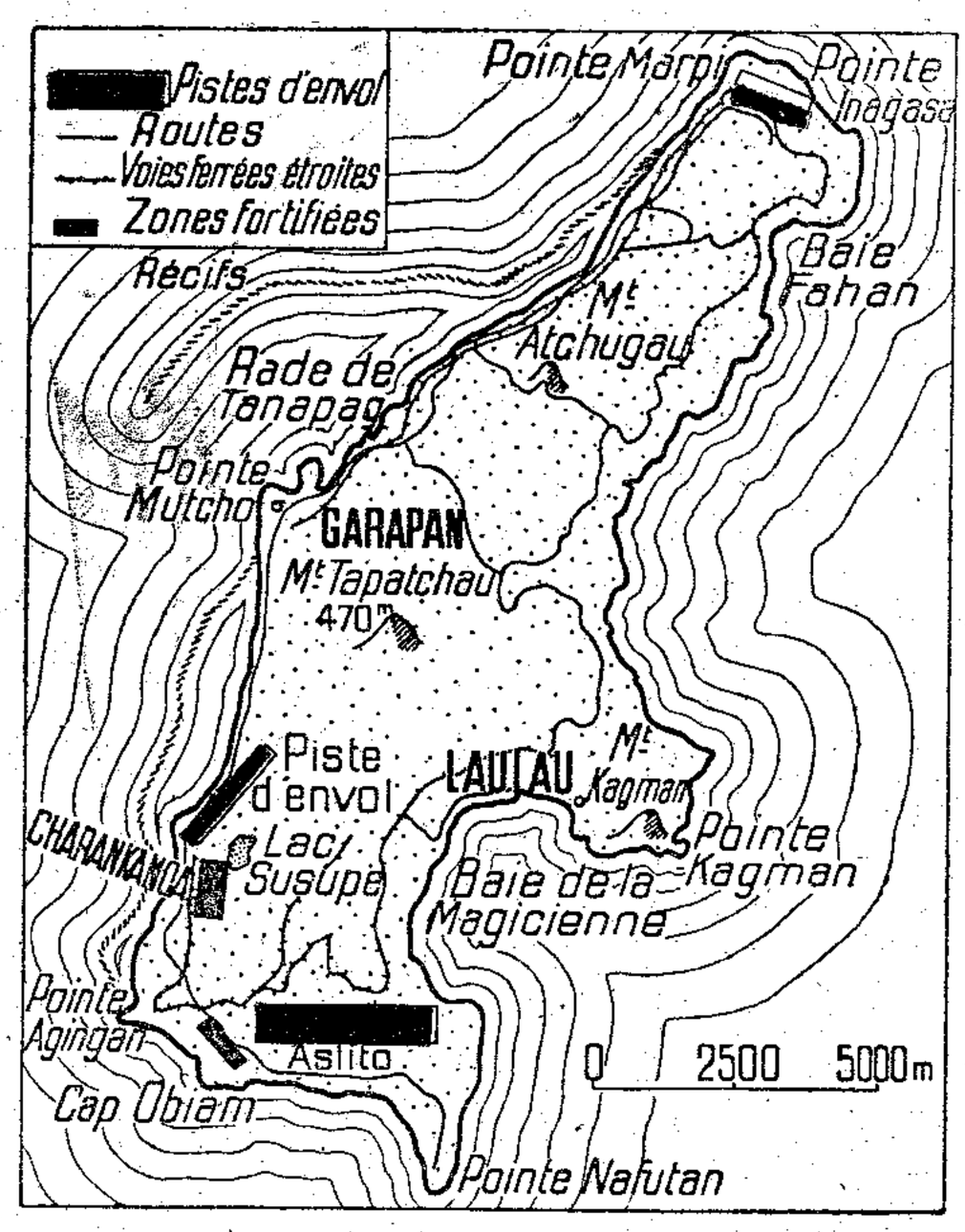


FIG. 6. — L'ILE DE SAIPAN (ILES MARIANNES) D'OU S'ENVOLENT LES B-29 « SUPERFORTERESSES » QUI BOMBARDENT TOKIO

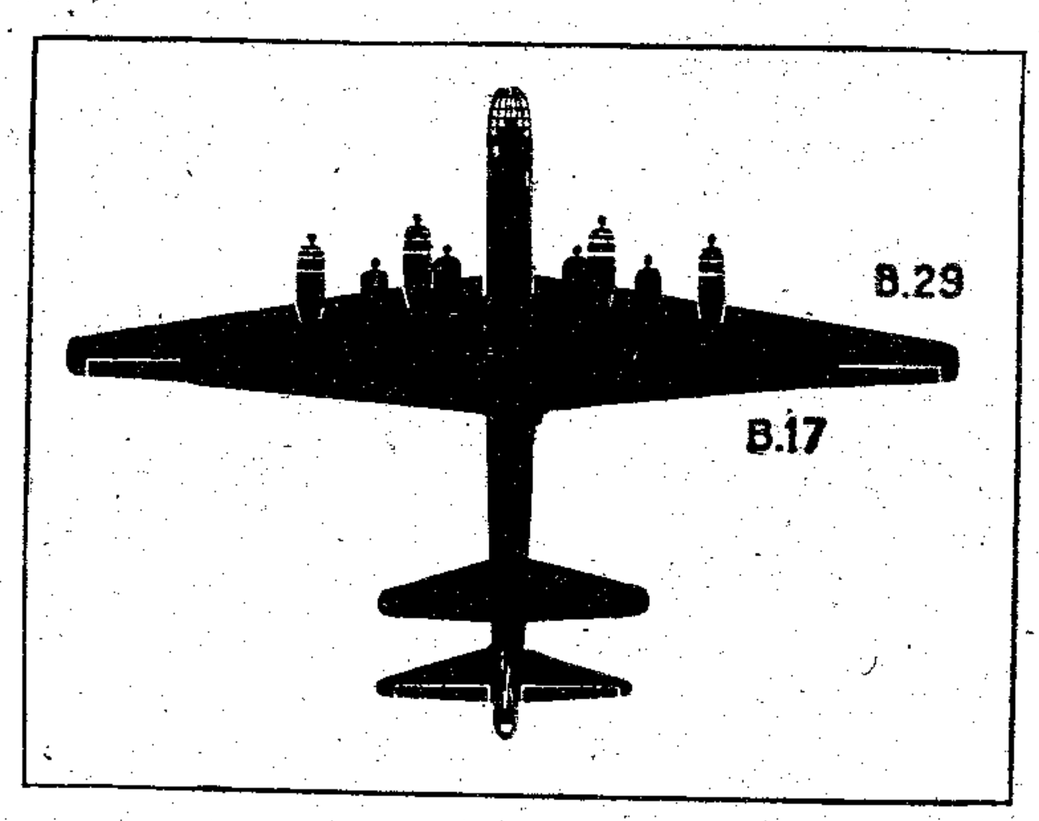


FIG. 7. — « FORTERESSE VOLANTE » ET « SUPERFORTERESSE »

Ce croquis met en évidence la différence d'envergure (42 m 45 contre 31 m) et de longueur (30 m contre 22 m 50) des deux types de bombardiers. On notera en particulier la longueur du nez du fuselage chez la « Superforteresse » et la petitesse relative de l'empennage de queue.

A la suite de ce raid, l'aviation japonaise attaqua violemment dans la nuit du 25 au 26 novembre l'aérodrome d'Aslito, à Saïpan, d'où partaient les escadres de B-29.

Un deuxième raid sur Tokio eut lieu dans l'après-midi du 27 novembre. En raison d'une mauvaise visibilité, les résultats ne purent être observés. D'après les Japonais, des bombes auraient atteint les faubourgs de la ville : Kanto, Tokaido et le sud de Kinki.

Un troisième raid eut lieu, de nuit cette fois, le 29 novembre, à nouveau sur les objectifs industriels de Tokio et de sa banlieue, mais en raison des nuages, les résultats ne furent pas observés. Le tir de la D.C.A. japonais était imprécis et tous les bombardiers américains sont rentrés à leur base.

Un quatrième raid fut effectué le 3 décembre sur Tokio et sur Yokohama, tandis que des Consolidated B-24 « Liberator » (1) pilonnaient les aérodromes de Iwo-Jima (îles Bonin) d'où partaient les bombardiers nippons qui contre-attaquaient la base des B-29 à Saïpan.

Le cinquième raid sur Tokio fut effectué le 27 décembre. En même temps, en décembre, se placent trois raids sur Nagoya, la grande cité aéronautique avec les fameuses usines Mitsubishi.

Au total, en décembre, quatorze raids sur le Japon par l'action conjuguée des B-29 basées en Chine et à Saïpan.

Le 3 janvier 1945, un raid massif de 100 B-29 « Superforteresses » est lancé à la fois sur Tokio et sur Nagoya, ainsi que sur Kobe et Osaka. Cette fois, les B-29 partaient non seulement de l'aérodrome d'Aslito, mais également d'un nouvel aérodrome aménagé à Guam, autre île des Mariannes.

(1) Le Consolidated B-24 « Liberator » est un quadrimoteur de combat lointain à train tricycle, équipé de moteurs Pratt et Whitney « Twin Wasp » de 1 200 ch. à turbocompresseurs. Sa vitesse maximum est de 480 km/h et son rayon d'action de 4 500 km. Il est armé de mitrailleuses de 7,7 mm.

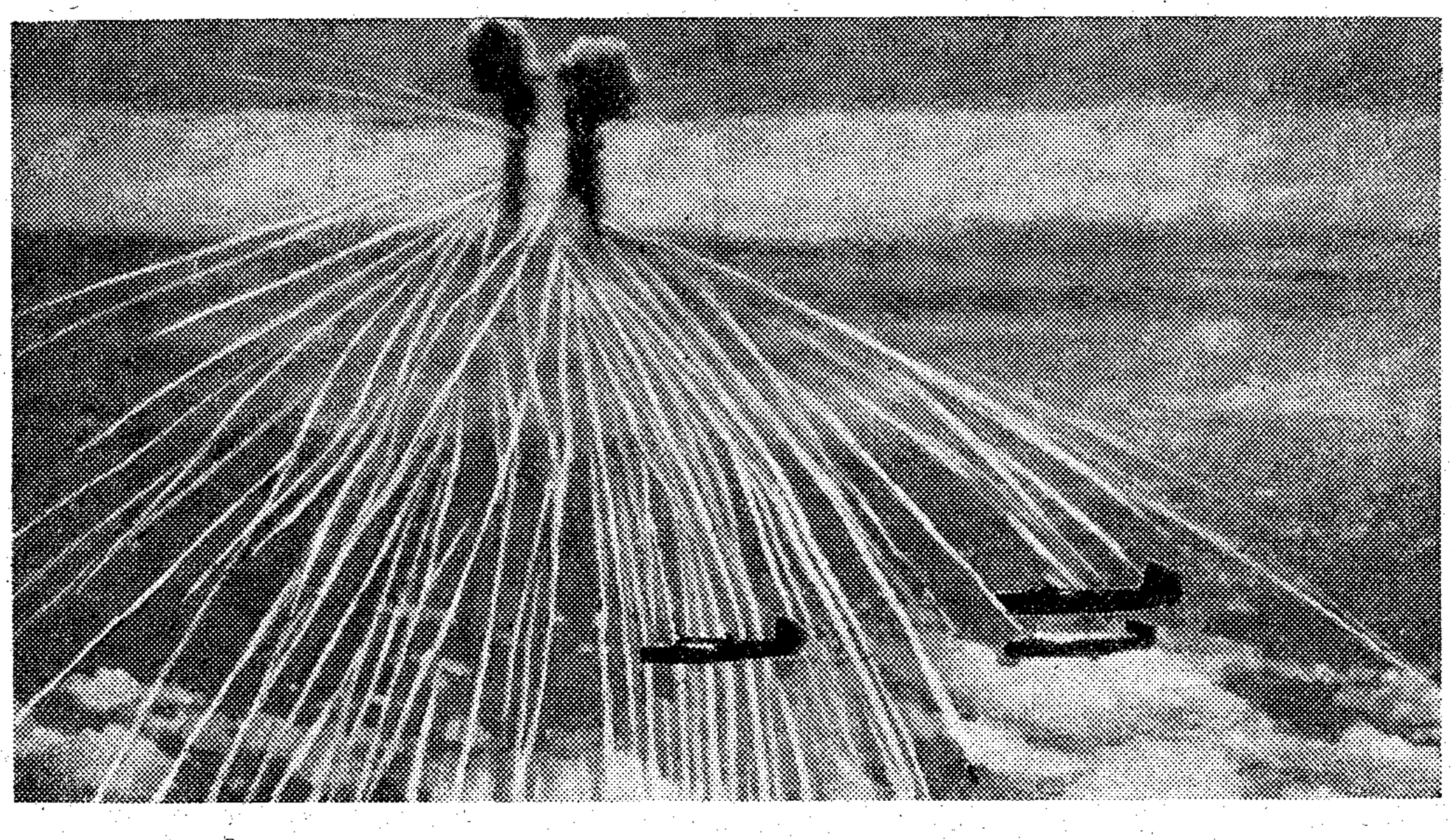


FIG. 8. — LES QUADRIMOTEURS CONSOLIDATED « LIBERATOR » BOMBARDENT IWO-JIMA

C'est des îles Bonin, à Iwo-Jima en particulier, que partait la contre-attaque japonaise contre les aérodromes des « Superforteresses » à Saïpan et à Guam. Les Américains à leur tour bombardaient les aérodromes des îles Bonin à l'aide de quadrimoteurs Consolidated « Liberator » que l'on voit ici franchissant le barrage de la D.C.A. japonaise d'Iwo-Jima.

Au cours de ce raid, le tonnage déversé sur Nagoya dépassa le total des trois raids de décembre sur cette ville.

Le communiqué de Tokio prétendit que dix-sept des « Superforteresses » furent abattues le 3 janvier. Il faut reconnaître que l'aviation japonaise a dû concentrer une proportion importante de sa chasse (60 %) pour la défense des îles métropolitaines.

Un nouveau raid sur Tokio se place le 27 janvier avec, entre temps, un bombardement sur les usines Honshu entre Osaka et Kobe, le 19 janvier par 80 B-29 parties de Guam-Saïpan.

Le plus important des raids des « Superforteresses » sur le Japon se place au début de février 1945. Pendant cinq jours consécutifs, du 3 au 8 février, la région industrielle de Kobe, à 400 km dans l'Ouest de Tokio, fut bombardée par des B-29 parties de trois aérodromes : Saïpan, Guam, Tinian, cette dernière base venant d'être aménagée.

Une flotte de porte-avions devant Tokio (16-17 février 1945)

Enfin, le 16 février, vint la grande attaque sur Tokio par 1 200 avions de la Task Force du vice amiral Mitscher qui compte à elle seule plus de 20 porte-avions.

Qu'il y a loin des 15 bimoteurs et des 2 porte-avions de l'amiral Halsey du 18 avril 1942, approchés à 800 milles de Tokio, aux 1 200 monomoteurs partis des 20 porte-avions de l'amiral Mitscher qui croisèrent pendant deux jours à partir du 16 février 1945 à 400 milles de Tokio !

Cette opération servait d'ailleurs à couvrir un débarquement à Iwo-Jima, le 18 février 1945. Cette île volcanique, équidistante de Tokio et de Saïpan, à 1 200 km de l'un et de l'autre, constituait, avec ses trois aérodromes de Suribachi, Minami et Moto, la base avancée de la chasse japonaise pour la défense contre les raids de B-29 parties de Saïpan.

Aussi avait elle été pilonnée 70 fois de juin 1944 à février 1945 par les Consolidated « Liberator » basés aux Mariannes.

La radio de Tokio du 10 février 1945 a revendiqué la destruction de 800 « Superforteresses ». Ce chiffre purement fantaisiste montre néanmoins l'importance que l'aviation japonaise attache à la défense des îles métropolitaines du Japon.

La chasse Japonaise contre les B-29

Un exemple typique de la réaction de la chasse japonaise aux premiers raids de B-29 est fourni par le raid du 25 octobre 1944 sur la base navale de Omura, près de Nagasaki, par soixante « Superforteresses » parties de Cheng-Tu (Chine).

La défense japonaise rassembla cinquante chasseurs de type hétéroclite qui prononcèrent une centaine d'attaques, mais celles-ci n'eurent lieu que sur la route de retour, après le bombardement. Les B-29 volaient à 7 000 mètres d'altitude. Certains chasseurs ont attaqué à la bombe fusante, procédé normal japonais. Au total, sur les soixante B-29, une seule fut abattue, mais douze furent endommagées. Il y eut sept chasseurs nippons descendus.

Les bombardements sur zone (10 mars 1945)

Le 10 mars 1945, les bombardements du Japon par les B.-29 des Mariannes sont entrés dans une nouvelle phase : celle des attaques massives sous la forme de bombardements sur zones par bombes incendiaires.

Les raids précédents des « Superforteresses » étaient séparés par un intervalle de quatre à cinq jours environ. L'altitude d'attaque était

de 8 000 à 9 000 mètres. Dès que la D. C. A. japonaise fut jugée suffisamment affaiblie, une nouvelle méthode d'attaque fut inaugurée entre 1 500 et 2 500 mètres, à partir du 10 mars 1945, les raids se succédant à 48 heures d'intervalle.

Les objectifs choisis pour les premiers raids furent les zones industrielles de Tokio, Nagoya, Osaka, et Kobe : Tokio, le 10 mars (12e bombardement) avec 300 « Superforteresses » portant 2 300 tonnes de bombes (27 km² visés, 40 km² effectivement dévastés); Nagoya, le 12 mars, avec 270 « Superforteresses » portant 1 500 tonnes de bombes (5 km² visés); Osaka, le 14 mars, avec 270 « Superforteresses » portant 1 500 tonnes de bombes (10 km² visés); Kobe, le 17 mars, avec 300 « Superforteresses » portant 2 500 tonnes de bombes.

Dès le 15 mars, le gouvernement de Tokio avait invité la population civile à évacuer Tokio, Yokohama, Nagoya, Osaka et Kobe.

Les pertes au cours des trois derniers raids ne furent que de quatre B-29. Les appareils manquant de combustible au retour de leur mission se posent sur Iwo-Jima.

Tactique et stratégie des B-29

L'avantage de la « Superforteresse » B-29, en dehors de son rayon d'action de 5 000 km (2 500 km aller et 2 500 km retour) est une vitesse élevée en altitude. L'altitude de route est normalement de 7 000 à 9 000 mètres, et la vitesse de croisière de 550 km/h à cette altitude. La vitesse maximum des B-29 est de 590 km/h *à l'altitude de 9 000 mètres.*

Lors du premier raid des B-29, le 15 juin 1944 (sur le Japon, mais non sur Tokio), les déclarations suivantes furent faites par le général Marshall, membre des *Combined Chiefs of Staff.*

« L'attaque du Japon par les B-29 introduit dans la guerre un nouvel organisme défensif. Non seulement les B-29 transportent un nombre de tonnes bien supérieur à tout autre bombardier, mais elles peuvent attaquer un même objectif à partir de bases différentes et éloignées. Aussi les *Combined Chiefs of Staff* de Washington ont-ils admis qu'il serait illogique de restreindre l'activité des « Superforteresses » à un théâtre d'opérations déterminé. Les B-29 opéreront directement sous le contrôle des *Combined Chiefs of Staff,* dont le délégué, le général Arnold, dirigera leurs opérations à travers le monde et en désignera les objectifs, comme pour une flotte maritime. »

La réalisation technique des B-29 a donc permis de concevoir un développement stratégique nouveau de l'aviation de bombardement, un emploi mondial conçu indépendamment du théâtre d'opérations. Les 20e et 21e Bomber Command couvrant à la fois les Indes, la Chine et le Pacifique en constituent les premiers exemples. Avec le réseau des bases stratégiques mondiales et le rayon d'action des B-29, les océans sont enjambés. Ainsi, en trois ans, de 1942 à 1945, la stratégie aérienne a subi une évolution radicale.

Pierre BELLEROCHE.

Les réserves de carburant des Etats-Unis sont estimées actuellement à 6 milliards de tonnes. Or, d'après les déclarations de M. Harold Ickes, directeur de la « Petroleum Reserve Corporation », la guerre motorisée absorbe, sans compter le front russe, 900 millions de litres d'essence par jour. A ce régime, les réserves s'épuisent rapidement, et les experts d'outre-Atlantique sont allés jusqu'à prédire que, d'ici quelques années, les nappes pétrolifères ne paieront plus l'exploitation. En 1944, on n'a pas foré aux Etats-Unis moins de 24 000 nouveaux puits de pétrole. En 1945, on se propose d'en forer 27 000 autres. Aussi, le gouvernement américain a-t-il orienté depuis peu sa politique pétrolière vers le contrôle plus ou moins direct de la production du pétrole à l'étranger. La « Petroleum Reserve Corporation » a précisément été créée dans ce but, et son attention se porte principalement sur l'Arabie, le Proche et le Moyen-Orient, où des capitaux américains très importants ont déjà été investis depuis longtemps (Irak, île de Bahrein dans le Golfe Persique, Koweit, etc.). Les terrains pétrolifères de l'Arabie et du Moyen-Orient passent, aux yeux des techniciens du pétrole, pour les plus riches du monde. Les réserves de l'Irak et de l'Iran seraient au moins égales à celles de l'Arabie, et seuls quelques-uns de ces gisements ont été jusqu'ici touchés par l'exploitation. Un plan américain grandiose envisage la construction d'un pipe-line de près de 4 mètres de diamètre à travers les déserts d'Arabie. Il franchira plus de 1 800 km et coûtera 125 millions de dollars. Il reliera les puits de Koweit et de l'Arabie séoudite, d'une part à Haïffa, et d'autre part à Alexandrie, en passant sous le canal de Suez (cette dernière branche du pipe-line représentera environ 500 km supplémentaires).

LA PLUS SAISISSANTE DÉCOUVERTE DE L'ASTRONOMIE MODERNE : L'ÉTAT DÉGÉNÉRÉ DE LA MATIÈRE

LE MYSTÈRE DES "NAINES BLANCHES"

par Paul COUDERC
Astronome à l'Observatoire de Paris

Le spectacle du ciel, l'étude des phénomènes célestes, ont joué un rôle de premier plan dans le développement de la pensée humaine : on le rappelle souvent à juste titre. D'autre part, les grandes découvertes de l'Astronomie, au cours de l'Histoire, ont marqué le début des étapes essentielles de la civilisation; nous n'en prendrons pour preuves que l'influence de Copernic ou de Newton : après Copernic, toute la philosophie dut changer ses bases; après Newton et sous l'impulsion qu'il donna à la science, le progrès matériel a transformé la vie des peuples. De nos jours, l'Astronomie participe encore avec la même efficacité à l'évolution des lois de la pensée, à la libération de la raison humaine, d'une part, comme au progrès des autres sciences, à l'essor des civilisations matérielles, d'autre part. On a coutume de dire que l'Astronomie est la plus désintéressée des sciences et, malgré bon nombre d'applications pratiques de ses recherches, l'Astronomie mérite ce compliment, car ses savants et ses disciplines principales ne se préoccupent guère de l'utilisation directe des connaissances qu'ils acquièrent. Mais, par les révélations qu'elle apporte sur les propriétés profondes et surprenantes de la matière, l'Astronomie met l'humanité sur le chemin des découvertes les plus fécondes : le présent exposé en fera foi. Le vingtième siècle a l'avantage de saisir sur le vif la solidarité qui unit l'Astronomie à la branche la plus active de la Physique, la Physique atomique ; leur action commune, leur symbiose, a mérité la création du terme nouveau d'Astrophysique. On sait de reste combien l'Astronomie a bénéficié des pouvoirs nouveaux de la Physique. En retour, le ciel offre à la Physique les stations à haute température, les vides extrêmes ou les pressions énormes, qui lui manquent sur la Terre. Le chapitre des naines blanches s'est ouvert en Astronomie il y a deux décades, et il a manifesté aussitôt une vitalité débordante, s'associant d'emblée aux théories révolutionnaires de la Physique, leur fournissant des preuves et leur empruntant des lois. Aujourd'hui, pour l'Astronomie, comme pour la Physique, les naines blanches sont à l'avant-garde du progrès.

Qu'est-ce que les "naines blanches" ?

Les naines blanches sont des objets stellaires, brillant d'une lumière propre, dont les rayons sont inférieurs aux trois centièmes de celui du Soleil — et le plus souvent beaucoup moindres. Ce qui fait l'unité du groupe et l'intérêt de cette définition, c'est l'absence complète, dans l'espace, d'astres dont les rayons soient compris entre 0,03 et 0,2 fois celui du Soleil; pratiquement on ne rencontre pas d'étoiles ayant pour rayon le dixième du rayon solaire.

Quand on dépasse les deux dixièmes du rayon solaire, on commence à trouver des étoiles qui deviennent de plus en plus nombreuses à mesure que le diamètre proposé croît. L'abondance est maximum pour des diamètres un peu inférieurs à celui du Soleil (la moitié ou le tiers). Les géantes, de beaucoup supérieures au Soleil, sont, à leur tour, très rares. Ces faits d'observation peuvent se résumer dans le tableau de la figure 1.

Ce premier caractère distinctif des naines blanches n'est pas le seul à les singulariser. Les propriétés physiques de leur substance sont tout à fait anormales et suffiraient aussi à les définir.

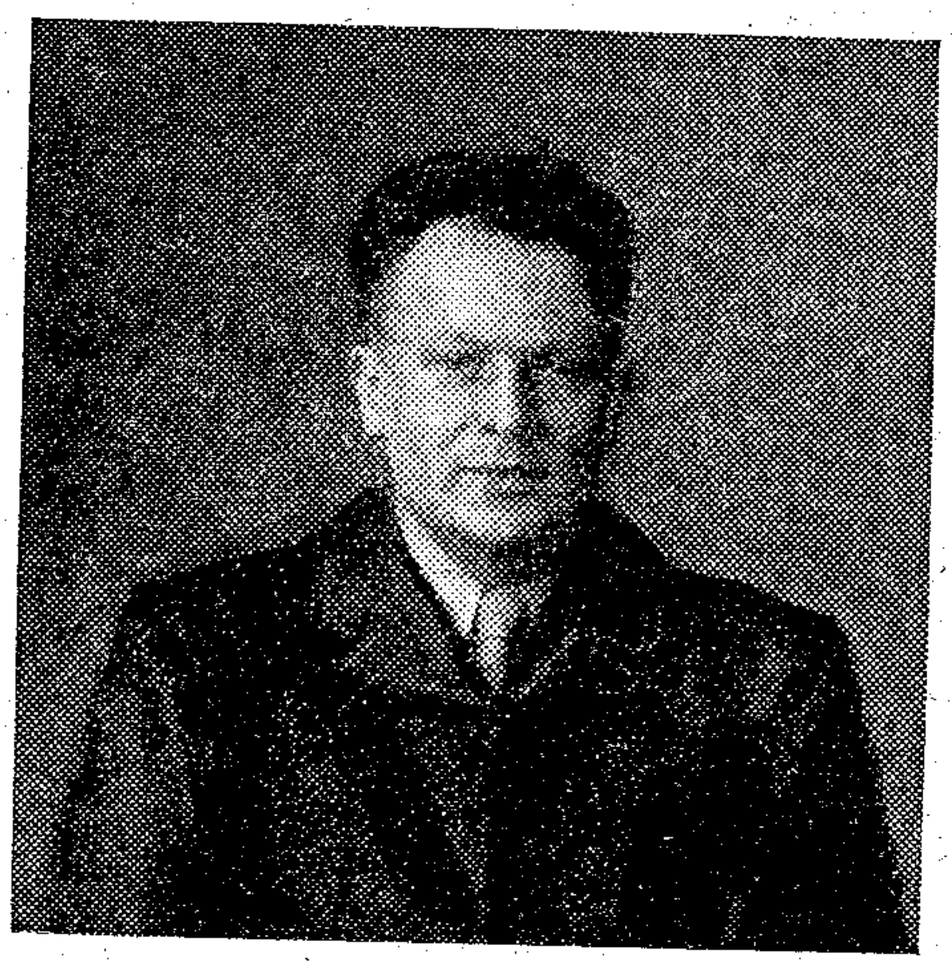
Avant d'aborder leur étude, signalons encore la place que ces astres occupent dans le tableau général où se classent les étoiles, c'est-à dire dans le diagramme de Herzsprung-Russell (fig. 2). Les naines blanches s'isolent dans le coin inférieur gauche (1).

(1) Voir : « Comment les étoiles produisent leur lumière et leur chaleur » *(Science et Vie,* n° 312, août 1943) et « Novæ et Supernovæ » *(Science et Vie,* n° 325, octobre 1944).

Le calcul des rayons

Le calcul du rayon d'une étoile s'effectue en principe en évaluant d'une part l'énergie qu'elle dégage par unité de surface, d'autre part son débit total d'énergie. Il suffira de diviser ces deux quantités l'une par l'autre pour connaître la surface de l'étoile, d'où l'on tire aisément son rayon.

La *couleur* d'une étoile, immédiatement observable, dépend de sa température superficielle. Une étoile dont la surface est froide apparaît rougeâtre et rayonne peu par unité de surface. Une étoile très chaude, au contraire, apparaît d'un blanc bleuté et, à surface égale, rayonne beaucoup plus. Des mesures de couleur feront donc connaître la *température de couleur* de l'astre, d'où l'on déduira, après certaines corrections que nous passerons sous silence, la *température effective*. Or, l'énergie dégagée par unité de surface est fonction de cette température effective (1). Nous avons donc le moyen de la calculer.



L'ASTRONOME AMÉRICAIN, D'ORIGINE HOLLANDAISE, G. R. KUIPER, LE GRAND CHASSEUR DE NAINES BLANCHES

La seconde donnée immédiate est la *magnitude apparente* de l'étoile (on disait autrefois sa *grandeur*), qui caractérise son éclat *apparent*. En éliminant l'influence de la distance de l'étoile (nous connaissons la *parallaxe*, c'est-à-dire la distance, de toutes les naines blanches), nous obtenons la *magnitude absolue* qui caractérise la *luminosité totale*, la *puissance* lumineuse, le débit total d'énergie de l'astre considéré.

Nous sommes donc à même de calculer la surface de l'étoile par le quotient du débit total par le débit par unité de surface, et ensuite le rayon.

Les rayons stellaires anormalement petits résultent d'une luminosité totale très faible, associée à un débit par unité de surface très grand, c'est-à-dire à une température élevée, à une couleur blanche.

Voilà pourquoi les étoiles *naines, quant à la luminosité*, se divisent en deux groupes largement séparés : à luminosité égale (un dix millième de celle du Soleil, par exemple), les unes sont *rouges* et ont des rayons petits, mais conservent un calibre d'étoiles ; ce sont les *naines rouges* du coin inférieur droit du diagramme (fig. 2) ; les autres sont blanches et ont un calibre de médiocre planète comme la Terre, ou un calibre moindre encore. Elles méritent le nom d'étoiles parce qu'elles brillent par elles mêmes et parce que leur masse est comparable à celle des étoiles ordinaires, comme nous l'allons voir : ce caractère fera tout le drame. Ce sont les naines blanches, du coin inférieur gauche du diagramme.

A la recherche des naines blanches

Etant intrinséquement peu lumineuses, les naines ne se voient pas de loin : nous sommes condamnés à ne découvrir que celles qui habitent un coin exigu d'espace autour de nous. On les recherche parmi les étoiles à *forte parallaxe*, c'est-à dire très rapprochées ou à *grand mouvement propre*.

Actuellement on en connaît trois douzaines ; la plupart ont été découvertes par Kuiper depuis 1935. La récolte peut sembler maigre, mais, étant donné le petit volume où elles sont confinées, leur abondance par rapport aux autres catégo-

(1) D'après la loi de Stéfan, elle est proportionnelle à la quatrième puissance de cette température. Cette loi, relative au rayonnement du corps noir, n'est applicable aux étoiles qu'en première approximation.

Rayon en km	6 400 (rayon terrestre)	20 000	140 000	700 000		280 000 000
Rayon par rapport au Soleil		0,03	0,2	1 (Soleil)	2	400
Catégorie	Naines blanches		Naines rouges	Naines orangées	Naines jaunes	Géantes tous types
Fréquence relative dans l'espace	3		200	15	9	1

FIG. 1. — RAYON DES ÉTOILES ET FRÉQUENCE DES DIVERS TYPES STELLAIRES DANS L'UNIVERS

ries d'étoiles n'est pas négligeable. Reportons-nous à la figure 1 : *Les naines blanches*, dans l'espace, *sont probablement trois fois plus nombreuses que les géantes de toutes espèces réunies* (ces géantes se voient de loin, nos catalogues en sont par suite sursaturés, et cela fait illusion sur leur véritable fréquence).

Puisque les naines ne sont pas beaucoup plus rares que les étoiles de type solaire, il est impossible de les ignorer. Ce ne sont pas des cas d'exception, des pièces de musée : il devient nécessaire de leur faire une place dans la société *régulière* des étoiles, de trouver où, et comment, elles entrent dans l'histoire stellaire, quel rôle elles tiennent dans l'évolution *normale* des astres. L'intérêt de leur étude, pour l'Astronomie, est donc considérable.

Un peu d'histoire

L'éminent astronome H. N. Russel (le principal créateur du diagramme de la fig. 2), nous a conté une anecdote, au cours du congrès international tenu en 1939 à Paris, anecdote qui fait remonter à 1910 l'entrée dans la science d'une naine blanche.

En 1910, Russel travaillait à la recherche de distances stellaires et il avait découvert que toutes les étoiles de très petite luminosité étaient rouges : c'étaient des naines rouges.

Pourtant, une petite étoile échappait à la règle qu'il avait crue générale : c'était *40 Eridani B*, l'étoile de tête du tableau de la figure 3. Très peu lumineuse au total, elle était, non point rouge, mais *très blanche*.

Même en ces temps paléozoïques, nous a dit Russell, j'en savais assez pour flairer là une anomalie grave : cette blancheur devait conduire à un volume dérisoire et à une valeur « impossible » de la densité. Désappointé par cette exception à une si belle règle de caractéristiques stellaires, Russell alla faire part de sa déconvenue à son maître Pickering. Pickering accueillit en souriant les plaintes de Russell et lui dit : « Ce sont justement ces exceptions qui font progresser notre connaissance. » Paroles prophétiques, puisque les naines blanches ont révélé un état insoupçonné de la matière et sont assurément les astres les plus prometteurs pour les progrès de la physique.

Russell ne fut point seul à réagir et, de 1913 à 1917, trois astronomes éminents, Herzsprung, Adams et Van Maanen signalèrent, indépendamment les uns des autres, trois étoiles contrariantes, qui associent une luminosité totale très faible à une couleur insolemment blanche : c'étaient à nouveau *40 Eridani B* (l'étoile de Russell), puis *Sirius B* et enfin *Van Maanen 2* (qui porte le nom de son découvreur). Ces étoiles sont les trois naines blanches classiques.

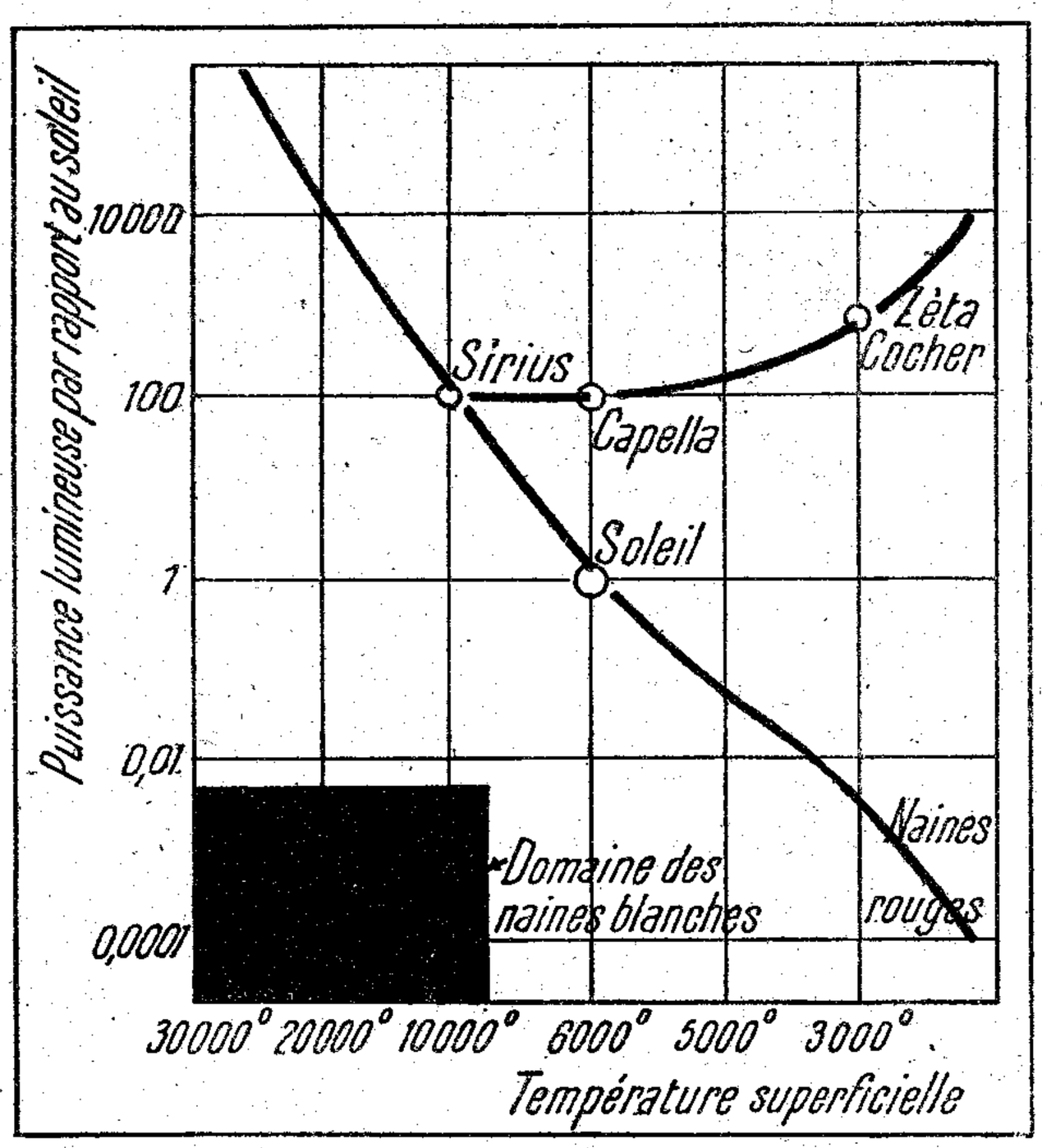


FIG. 2. — LE DIAGRAMME DE HERZSPRUNG-RUSSELL

Si on caractérise chaque étoile par deux nombres, l'un exprimant sa température superficielle, l'autre sa puissance lumineuse, et qu'on porte le premier en abscisse et le second en ordonnée, on constate que la majorité des étoiles vient se ranger sur deux lignes. Sur la branche supérieure se trouvent les étoiles géantes; sur la branche inférieure, les étoiles ordinaires (dites naines). Les « naines blanches » échappent à cette règle et viennent se grouper à part, dans l'angle inférieur gauche du diagramme.

Les masses et les densités

Le conflit devint aigu par la connaissance des masses. La masse est une donnée très difficile à découvrir en Astronomie. A l'époque indiquée, une seule méthode permettait le calcul des masses, il fallait que l'astre considéré fît partie d'un couple et que l'orbite en fût convenablement étudiée (le calcul des masses des composantes du couple résulte de la troisième loi de Kepler). Cette méthode dynamique est encore la source la plus sûre de nos informations sur ce sujet.

Par bonheur, les deux premières naines blanches font partie de systèmes binaires et leur masse est connue avec précision : la première possède une masse moitié de celle du Soleil, la seconde a presque exactement la masse du Soleil (fig. 3). Il en résulte que la *densité* est à peu près la même pour ces deux naines et *dépasse 150 000 par rapport à l'eau* (densité du platine : 21,4). Chaque centimètre cube de leur volume, en moyenne, contient plus de 150 kilogrammes de substance. Un petit dé à jouer de cette matière hyperdense pèse davantage que ceux Français moyens.

Au surplus, ces deux exemples sont les moins révolutionnaires de la série. Ils n'en entraînent pas moins des valeurs fantastiques, déjà, pour la pesanteur à la surface de l'astre. Si nous prenons pour unité la valeur de *l'intensité de la pesanteur à la surface de la Terre* (g), nous

savons qu'à la surface du Soleil la *pesanteur* est 28 fois plus grande. Sur *40 Eridani B*, elle devient 50 000, pour *Sirius B* elle atteint 65 000.

Devant ces résultats fantastiques, les astronomes se demandaient où était la faute commise, qui eût été responsable des densités « impossibles » auxquelles conduisait l'observation, lorsqu'en 1924 la situation s'éclaira à la suite des travaux théoriques et de la découverte d'Eddington. Nulle faute n'avait été commise, les *densités* impossibles étaient bel et bien *réelles* : mais un phénomène (à la vérité bien connu), l'*ionisation*, entre en jeu, au sein des étoiles, avec une ampleur et une efficacité insoupçonnées. Il est instructif de rappeler brièvement par quel détour vint la découverte.

NOM	Température effective	Magnitude apparente	Parallaxe (trigonométrique)	Magnitude absolue	Luminosité par rapport au Soleil	Rayon en km	Masse par rapport au Soleil	Masse par cm3	Pesanteur à la surface	Effet Einstein Calculé	Effet Einstein observé
40 Eridani B	13 500°	9,6	0'',202	11,1	0,008	11 000	0,45	160 kg	50 000	18 km/s	à l'étude
Sirius B .	9 000° à 10 000°	8,5	0'',376	11,4	0,003	15 000 à 13 000	0,98	140 kg à 210 kg	65	0 km/s	22 km/s (+ 5)
Van Maanen 2 ...	8 200°	12,3	0'',243	14,3	0,00015	4 200	1,5 2,5 (1)	10 t	500 000		238 km/s (– 65)
A. C. 70° 8247 ...	35 000°	13,6	0'',055	12,3	0,001	2 800	1,5 2,5 (2)	30 t	3 000 000	220 400 km/s	Spectre continu
Wolf 457 ..	10 000°	15,6	0'',079	15,1	0,0001	2 100	1,5 2,5 (2)	80 t	5 000 000	250 à 460 km/s	Spectre continu

(1) Calculée d'après l'effet Einstein observé.
(2) Calculée d'après la relation de Chandrasekhar au moyen du rayon, en supposant $\mu = 2$, $\alpha = 1,5$.

FIG. 3. — LES CARACTÈRES DE CINQ NAINES BLANCHES

Les premières colonnes du tableau indiquent les éléments fournis par l'observation et qui ont permis le calcul des rayons sans aucune hypothèse et avec une incertitude faible sur le résultat. Le seul point délicat concerne l'évaluation de la température effective. Pour la seconde étoile, par exemple, nous avons indiqué l'hésitation entre 9 000° et 10 000°. On se rappellera que le rayon du Soleil est de 700 000 km et le rayon de la Terre de 6 400 km. La dernière des naines étudiée n'est guère plus grosse que la Lune. La pesanteur à la surface a été évaluée en prenant pour unité la pesanteur à la surface de la Terre; dans ces conditions, la pesanteur à la surface du Soleil est de 28. L'effet Einstein consiste dans le déplacement des raies du spectre de l'étoile vers le rouge lorsque les atomes qui émettent les radiations sont placés dans un champ de gravitation intense. Pour le Soleil, cet effet (le même que si l'astre s'éloignait de nous à grande vitesse) correspond à une vitesse de 0,636 km/s. La mesure de l'effet Einstein peut servir à évaluer la masse d'une étoile.

En 1924, Eddington s'intéressait aux étoiles géantes, découvertes depuis quelques années. Ces astres immenses ont des densités moyennes très faibles, tandis qu'une étoile ordinaire comme le Soleil a pour densité moyenne 1,4 par rapport à l'eau. Nul n'aurait songé à attribuer à une substance plus dense que l'eau les propriétés des gaz. Mais Eddington espéra que les géantes se comporteraient comme des gaz *parfaits*, au moins dans la majeure partie de leur volume, et il reprit de très vieux calculs de Homer Lane (1869) sur les sphères de gaz, calculs qui avaient paru sans portée astronomique et avaient sombré dans l'oubli.

De ces travaux, Eddington déduisit pour les géantes une relation fort intéressante, dite *relation masse-luminosité*, qui détermine la masse quand la luminosité est connue et inversement. Voici la courbe (fig. 4) ajustée sur *Capella A*, étoile géante, dont la masse est 4,18 fois celle du Soleil et qui rayonne 175 fois plus que lui.

Eddington eut l'extrême surprise de voir sa relation, établie pour les géantes, s'appliquer aussi bien à *toutes* les étoiles. Le Soleil, naine jaune, se place fort bien sur la courbe; de même les naines rouges, beaucoup plus denses que lui.

Il en résulte que les étoiles, même naines, même très denses, se comportent dans toute leur étendue comme des gaz parfaits. C'est en méditant sur cette anomalie apparente qu'Eddington découvrit le rôle de l'ionisation au sein des étoiles.

L'ionisation

Aux températures ordinaires, les atomes se conduisent comme de petits corps rigides, et, quand ils arrivent à se toucher (comme dans nos liquides et nos solides), la matière devient, pour nous, incompressible. Pourtant, chaque atome est un édifice extraordinairement vide. Son apparente rigidité provient de ce qu'il défend efficacement les approches d'un certain domaine, dont le rayon est de quelques angströms (1). Mais, en fait, presque toute la masse de l'atome réside dans un noyau central minuscule, d'un rayon encore dix mille fois plus petit. Ce noyau est entouré d'un nuage d'électrons légers (particules d'électricité négative) de dimensions analogues à celles du noyau. Evoquons une image agrandie de l'atome : une bille de plomb de 1 cm environ de rayon, entourée d'un petit nombre de balles de coton, de dimensions analogues et dispersées dans une sphère de 1 km de diamètre (domaine de protection de l'atome).

On conçoit pourquoi un noyau ou un électron lancés peuvent traverser sans choc des millions d'atomes à la file : l'atome est *transparent*, si l'on peut dire, pour ces projectiles.

(1) L'angström est une unité de longueur qui vaut un dix-millionième de millimètre.

L'ionisation, c'est la démolition de l'édifice : soumis à des températures très élevées — à des chocs mutuels violents, à des radiations puissantes — les atomes sont mis en pièces, les électrons mis en liberté. Le noyau est même mis à nu, si l'ionisation est totale. Après quoi il reste un gaz formé, *non plus d'atomes, mais d'électrons et de noyaux*, gaz dont la masse totale n'a pas changé, mais où les particules constituantes sont des milliards de fois *plus petites* qu'auparavant.

Ces éléments infimes, électrons et noyaux, ont une liberté de mouvement prodigieuse, même quand la compression a amené le gaz à des densités insoupçonnables ici-bas. Un gaz peut rester *parfait* sous des densités dépassant 1 000 par rapport à l'eau — gaz cinquante fois plus dense que le plus dense des corps connus, le platine (21,4). Voilà pourquoi les étoiles, même naines, puissamment ionisées, sous les températures de plusieurs millions de degrés qui règnent à leur intérieur, sont des gaz *parfaits* jusqu'en leur centre.

La matière, dans l'Univers, se trouve partout en cet état simple et morcelé — sauf en marge des étoiles, ou sur les planètes, ou dans le vide intersidéral.

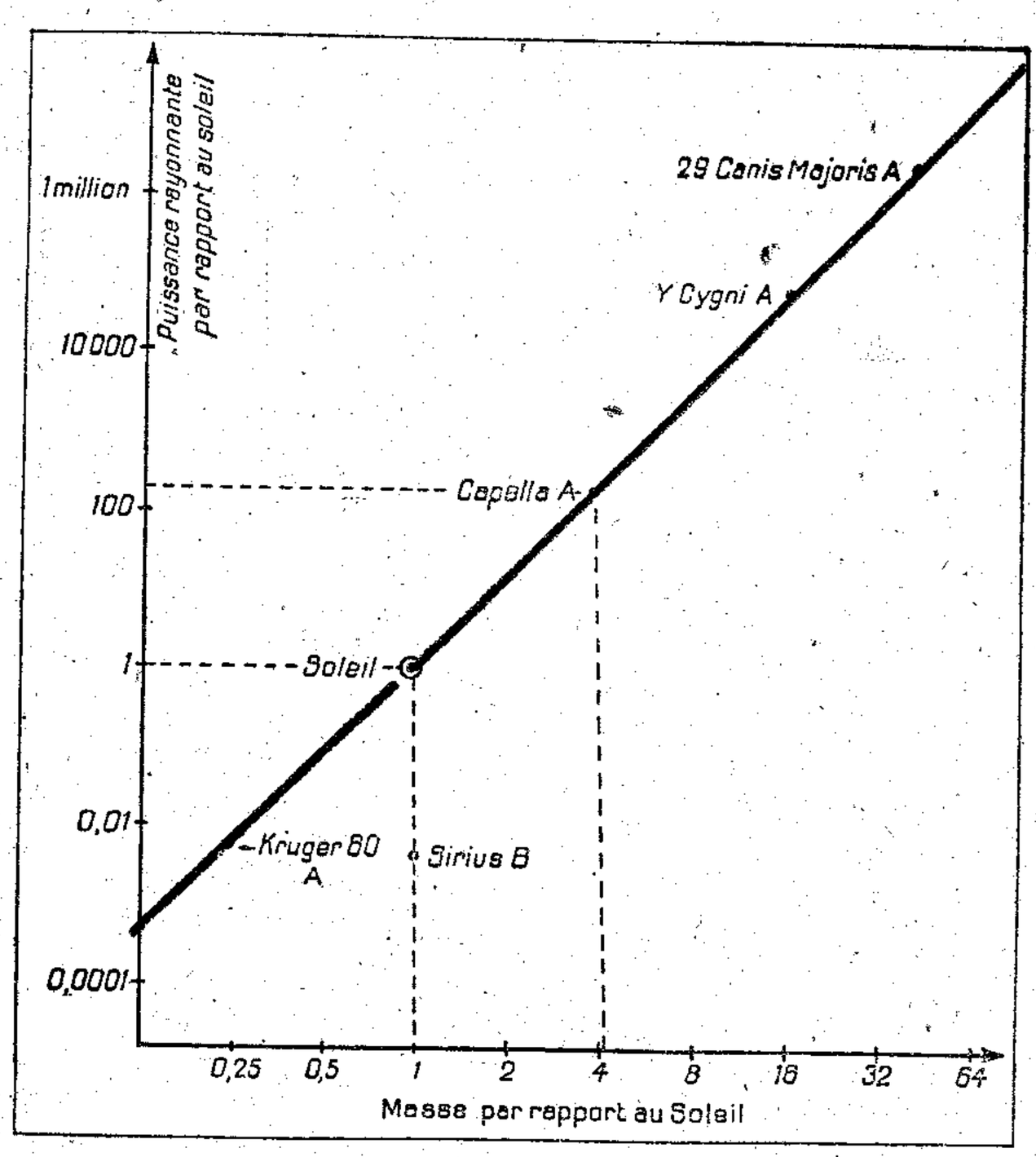


FIG. 4. — LA RELATION MASSE-LUMINOSITÉ D'EDDINGTON

Etablie pour les étoiles géantes, de densité très faible, cette relation s'applique encore aux naines jaunes comme le Soleil et même aux naines rouges, comme Kruger 60 A. *Par contre, les naines blanches, comme* Sirius B, *lui échappent.*

Une prédiction

Poussant les choses à l'extrême, Eddington en vint à concevoir un état de concentration tel que les électrons et les noyaux finiraient par se gêner. Et il imagina qu'à la limite, quand ces particules infimes arriveraient à se toucher, des densités « absurdes » pourraient apparaître, de l'ordre de 100 000, 1 million, 10 millions par rapport à l'eau. Et il lui sembla extrêmement souhaitable de découvrir des échantillons de matière hyperdense dans l'Univers. Pensant aux trois astres anormaux, il eut conscience que les échantillons souhaités étaient déjà découverts.

La vérification relativiste

Après les travaux d'Eddington, les hautes densités apparaissent vraisemblables. Néanmoins, une preuve directe de leur réalité, indépendante de tous les calculs précédents, demeurait opportune. La Relativité générale l'apporta sans tarder.

Einstein a prédit que les horloges, placées dans des champs de gravitation intenses, doivent retarder par rapport à leur marche dans un champ faible (sur la Terre par exemple). Or, chaque atome est une horloge : ses électrons périphériques sont comparables à des balanciers dont les oscillations seront ralenties. Par suite, les radiations émises par un atome à la surface d'une naine blanche auront une fréquence moindre que celles émises par le même atome dans un laboratoire terrestre. Toutes les raies du spectre de l'étoile seront donc déplacées vers le rouge par rapport aux raies observées au laboratoire pour le même élément. Le décalage relatif est proportionnel au potentiel de gravitation à la surface.

Cet *effet Einstein* donne les mêmes apparences qu'une *vitesse radiale d'éloignement ;* c'est pourquoi on l'évalue souvent, comme une vitesse, en *kilomètres par seconde.*

Rappelons à titre documentaire, que, sur le Soleil, l'effet à prévoir est faible et correspondrait à 0,636 km/s. Le décalage doit donc atteindre 0,01 angström vers le milieu du spectre visible. Les meilleurs spectroscopistes du monde sont maintenant d'avis que cet effet existe sur le Soleil.

Mais il est évident que les naines blanches, avec leur potentiel de gravitation élevé, seront les astres de choix pour révéler le déplacement des raies, lequel, s'il est constaté, confirmera à la fois les densités énormes et la relativité générale.

Pour *40 Eridani B*, l'étude était en cours en 1939 ; nous n'en avons pas encore de nouvelles.

Pour *Sirius B*, compagnon de Sirius, l'effet à prévoir était 50 fois plus grand que pour le Soleil et devait atteindre un demi-angström. Dès 1925, Adams puis Moore constatèrent un décalage de l'ordre de grandeur annoncé. Les mesures ultérieures ont toutefois donné une valeur plus faible (22 km/s au lieu de 30). Mais Moore estime que le spectre de *Sirius A*, difficile à éliminer, gêne la mesure et que le désaccord peut s'expliquer ainsi.

Il se peut aussi que *Sirius B* ait un compagnon, à son tour.

Pour *Van Maanen 2*, on mesure un décalage énorme correspondant à un éloignement de 238 km/s. Or, dans la direction où nous voyons cette étoile, une vitesse *réelle* de fuite supérieure à 65 km/s est impossible : l'astre aurait échappé à la Galaxie depuis longtemps. (La limitation des vitesses stellaires dans le sens de la *rotation* galactique est un *fait* indiscutable.) Donc l'effet Einstein atteint, pour cet astre, au moins 175 km/s (et beaucoup plus, si la vitesse réelle de *Van Maanen 2* est dirigée vers le Soleil car, dans ce sens, les vitesses ne sont pas limitées).

Le potentiel de gravitation est donc au moins 6 fois plus élevé que chez *Sirius B*, la valeur minimum de la masse est alors 1,5 fois celle du Soleil (la vraie valeur peut atteindre, sans invraisemblance, 2,5 fois la masse du Soleil). Le tableau de la figure 3 montre que les conditions physiques de *Van Maanen 2* sont beaucoup plus surprenantes que celles des deux premières naines : 10 tonnes de matière dans chaque centimètre cube, pesanteur 500 000 fois plus grande à sa surface qu'à la surface de la Terre.

En résumé : des observations astronomiques (sans aucune hypothèse théorique) d'une part, l'existence d'un décalage du spectre annoncé par la Relativité générale et ultérieurement observé, d'autre part, établissent par deux voies entièrement distinctes l'existence de la matière hyperdense.

Le moment est venu de dire ce qu'en pensent les théoriciens.

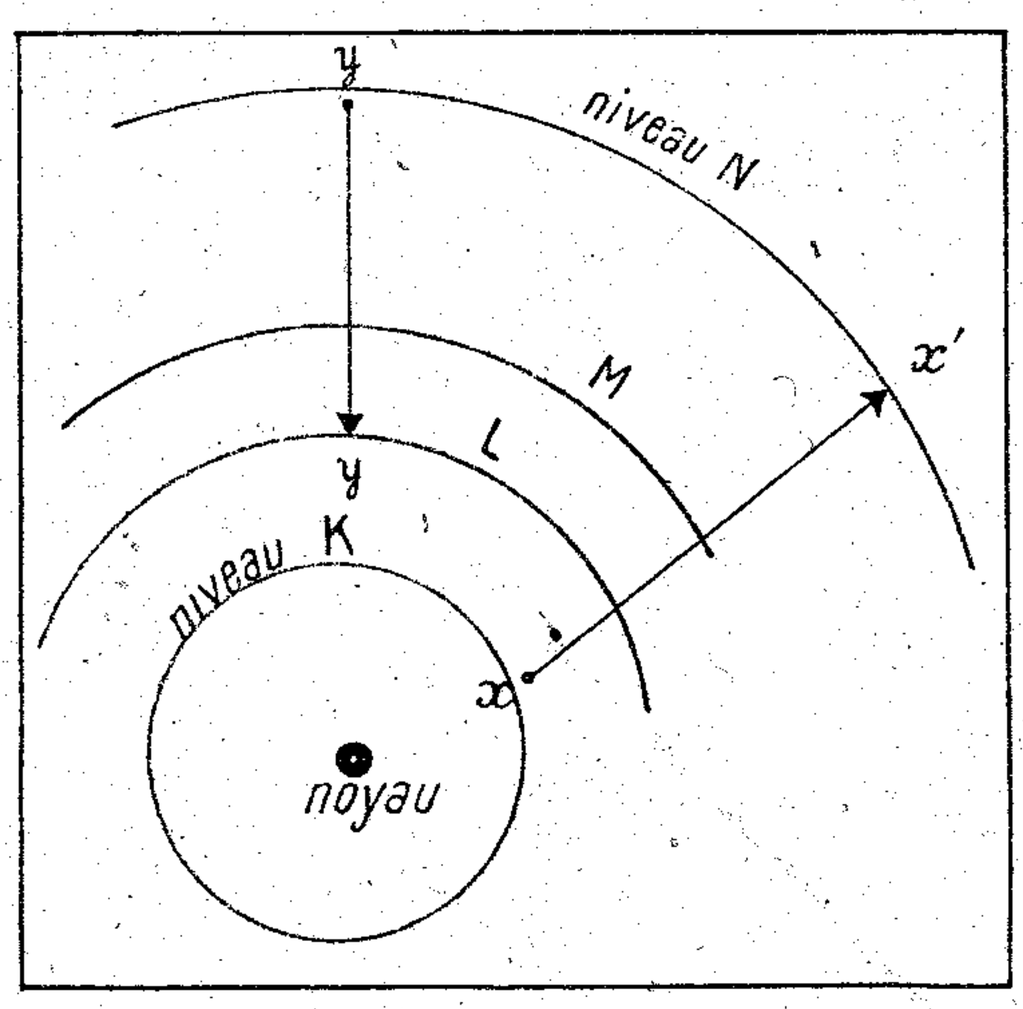


FIG. 5. — LES NIVEAUX ÉLECTRONIQUES DANS L'ATOME

Un électron « monte » de x en x' en empruntant de l'énergie au milieu. Quand un électron « descend », de y en y' par exemple, il émet de l'énergie : l'atome rayonne de la lumière. La lumière émise caractérise les niveaux intéressés.

La matière "dégénérée"

Vers 1926, quand l'état hyperdense de la matière devint certain par l'observation, les développements théoriques de la Mécanique ondulatoire (fondée par Louis de Broglie, et qui prolonge la théorie des Quanta), orientaient la Physique dans la même direction.

R. H. Fowler s'aperçut que les nouvelles statistiques quantiques trouvaient dans les naines blanches leur premier champ d'application et, en 1926, il édifia une théorie mathématique des naines blanches. Il y montrait comment l'inobservation des lois des gaz explique leur structure, et il mettait en évidence les propriétés singulières de leur matière : cet état de la matière a pris le nom *d'état dégénéré*.

Il doit ses singularités à une propriété reconnue par la Mécanique ondulatoire sous le nom de *principe d'exclusion de Pauli*.

Etant donné des électrons rassemblés dans un certain volume, nous pouvons décrire l'état de chacun d'eux au moyen de nombres appelés *nombres quantiques*. Pour en donner une idée, nous profiterons de l'image familière de l'atome ; la situation est analogue dans un gaz d'électrons.

Dans un atome, les électrons satellites décrivent autour du noyau des orbites à des niveaux divers (K, L, M, N, etc...) (fig. 5).

Ces électrons peuvent monter à des orbites supérieures en empruntant de l'énergie rayonnante éparse dans le milieu considéré, ou descendre à des niveaux inférieurs en émettant de l'énergie, de la lumière.

Deux électrons se distinguent l'un et l'autre au moyen de deux paramètres : un paramètre *de position ou d'espace*, un paramètre *d'énergie ou de quantité de mouvement*. Prenons une image : considérons un vaste immeuble, un gratte-ciel : les pièces du *rez-de-chaussée* représenteront les cellules *d'espace* et caractériseront les diverses positions possibles ; les étages successifs représenteront les *niveaux d'énergie* différents. Dans la théorie des gaz, la statistique classique (Bose-Einstein) admettait qu'il pouvait y avoir un nombre quelconque d'électrons dans le même état quantique, autrement dit, il pouvait y avoir plusieurs occupants dans la même chambre du gratte-ciel (leur nombre pouvait être de 0, 1, 2, 3... jusqu'à l'infini, théoriquement). Dans la Mécanique ondulatoire, il n'en va plus ainsi : les fonctions d'ondes qui décrivent le système considéré doivent être *dissymétriques* par rapport aux paramètres qui caractérisent les divers électrons.

Pauli a déduit de la nécessité de cette dissymétrie son célèbre *principe d'exclusion* : il doit y avoir un minimum de dissemblance entre deux électrons, deux électrons ne peuvent avoir le même état quantique ; il ne peut y avoir deux occupants dans la même chambre ; il peut y en avoir *zéro* ou *un*.

Une nouvelle statistique, celle de Fermi-Dirac, remplace alors celle de Bose-Einstein, et elle donne des résultats très différents quand les électrons sont serrés et que le voisinage d'un électron B altère les probabilités qui affectent l'électron A.

Le caractère nouveau, dû aux très fortes densités, est qu'il ne peut y avoir place pour tous les électrons au rez-de-chaussée ; il n'y a pas assez de pièces. Par définition, *un gaz est dit complètement dégénéré quand tous les états quantiques inférieurs sont occupés*. Dès que l'engorgement a commencé, la matière devient *incompressible*, car, non seulement il faudrait serrer les particules, mais il faudrait hisser un nombre fantastique d'électrons à des niveaux énergétiques supérieurs, il faudrait les monter à un étage où il y ait encore des places vacantes, ce qui exigerait une dépense d'énergie impossible à envisager.

Le caractère le plus curieux de la matière dégénérée c'est que, malgré beaucoup d'énergie calorifique emmagasinée en son sein, elle n'en peut céder la moindre parcelle. Nous avons vu que, pour rayonner de l'énergie, un électron doit descendre de niveau, mais ici, il n'y a pas moyen de descendre, puisque les étages inférieurs sont saturés. La matière complètement dégénérée n'émet ni lumière ni chaleur, elle est *noire* et *froide*. Un astre totalement dégénéré serait une naine noire.

Chez les naines blanches, la matière dégénérée est en profondeur. Nous voyons ces astres parce que leurs couches superficielles sont du gaz normal (sous forte pression et à très haute température, il est vrai). Autrement dit, la matière noire est entourée d'une frange gazeuse, d'une pellicule sans doute assez mince, sans laquelle nous ne verrions rien.

Pour *Sirius B*, l'épaisseur de la couche normale est inférieure au dixième du rayon et n'atteint sans doute pas même 1 000 km. Les quatre cinquièmes de la masse totale sont dégénérés. On estime que la dégénérescence commence, à l'intérieur, au moment où la densité atteint 1700 et la température 10 millions de degrés.

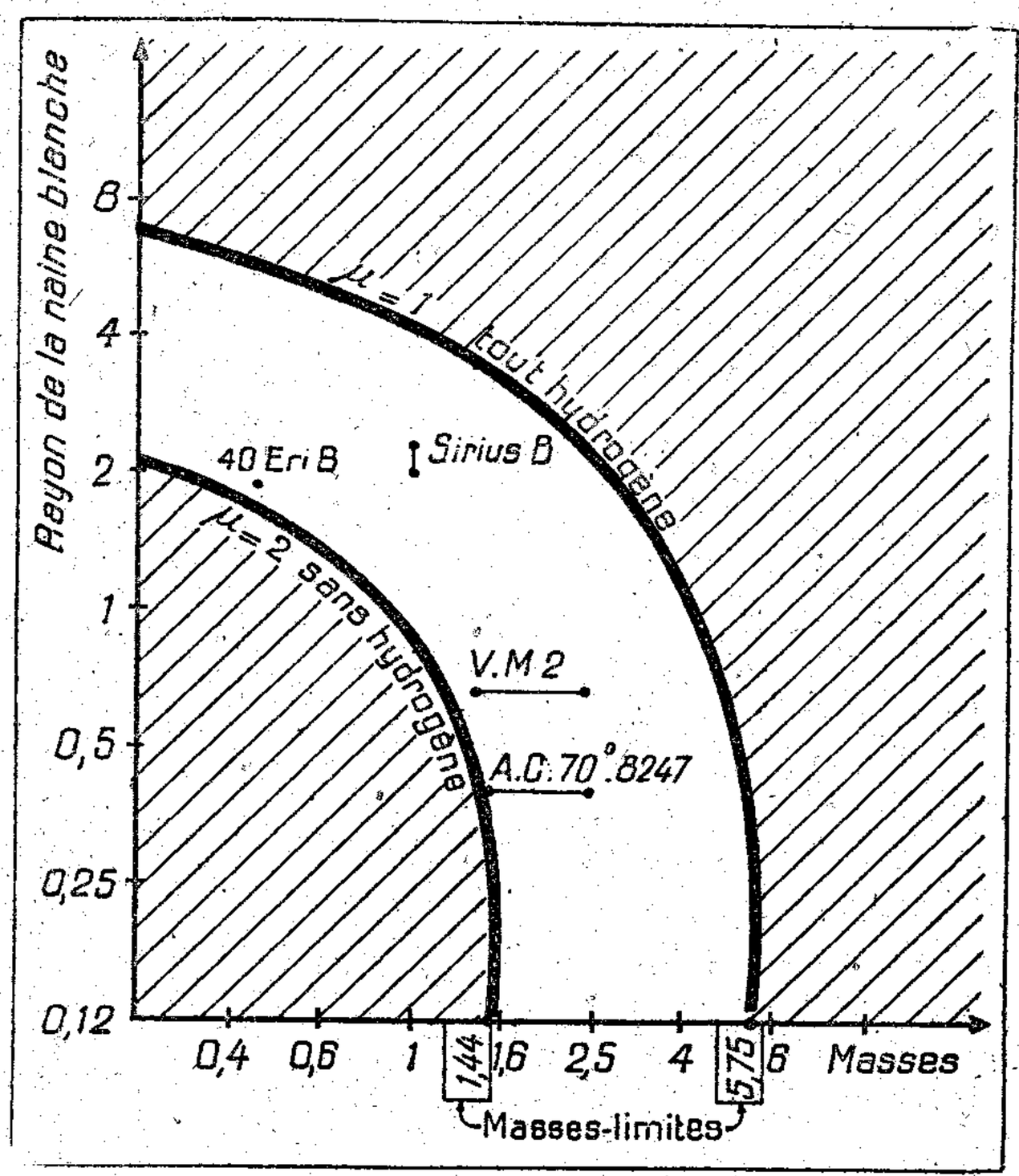


FIG. 6. — LES COURBES DE CHANDRASEKHAR POUR LES NAINES BLANCHES.

Ces courbes établissent une relation entre la masse et le rayon des naines blanches pour les deux cas limites théoriques où l'étoile est formée uniquement d'hydrogène et où elle est complètement dépourvue d'hydrogène. Toutes les naines blanches doivent se loger dans le couloir ainsi défini. En abscisse, l'unité de masse choisie est la masse du Soleil; en ordonnée, l'unité de longueur est le rayon terrestre.

On comprend maintenant pourquoi, à masse égale, une naine blanche est extraordinairement moins lumineuse qu'une étoile ordinaire : chez la naine, la plus grande partie de la masse reste inerte; seule, la frange périphérique participe au rayonnement. C'est pourquoi, dans la figure 4, les naines blanches se situent fort loin au-dessous de la courbe masse-luminosité. *Sirius B*, avec la masse du Soleil, rayonne 300 fois moins. *Wolf 457*, encore plus massive, rayonne 10 000 fois moins que le Soleil.

La théorie montre que, pour amener les substances terrestres à l'état dégénéré, des températures élevées seraient inutiles; des pressions énormes suffiraient. La compressibilité adiabatique de la matière est à peu près invariable; si nos liquides et nos solides paraissent échapper à cette règle, c'est que leur compression irait par saccades : les pressions très petites dont l'homme dispose aujourd'hui ne viennent pas à bout du premier seuil; ce seuil franchi, les états solide et liquide seraient aussi compressibles que l'état gazeux ordinaire.

Les travaux de Chandrasekhar

La théorie la plus satisfaisante des naines blanches est actuellement celle de Chandrasekhar, jeune savant hindou, élève de Fowler, qui, depuis 1935, développe cette étude. Il a perfectionné la théorie de Fowler en tenant compte surtout de la variation de masse des électrons en fonction de leurs vitesses, comme l'exige la Relativité restreinte. Les découvertes de nouvelles naines blanches par Kuiper, qui travaille en liaison avec lui, confirment les prévisions les plus surprenantes de sa théorie.

Parmi les conclusions de Chandrasekhar, la plus paradoxale est sans doute celle-ci : *plus la masse d'une naine blanche est grande, plus son rayon est petit.*

Il existe une *masse limite*, telle que le rayon serait nul et la densité infinie. En d'autres termes, Chandrasekhar prévoit qu'il existe une masse telle qu'à son approche une faible variation de masse doit comporter une diminution énorme de rayon et un accroissement considérable de la densité. Nous allons préciser ces points essentiels.

Le rôle de l'hydrogène

La matière totalement ionisée se comporte de deux manières différentes selon qu'il s'agit d'hydrogène ou de tout autre corps. Le facteur qui entre en jeu dans les calculs est la *masse atomique moyenne par électron libre* qu'on désigne par μ.

Pour l'Hydrogène, $\mu = 1$, car chaque atome H de poids atomique 1 libère un seul électron.

Pour toute autre substance, μ avoisine 2.

Ainsi l'Hélium, de poids atomique 4, libère 2 électrons : $\mu = \frac{4}{2} = 2$.

Le Carbone, de poids atomique 12, libère 6 électrons : $\mu = \frac{12}{6} = 2$.

L'Oxygène, de poids 16, libère 8 électrons : $\mu = \frac{16}{8} = 2$.

Le Sodium, de poids 23, libère 12 électrons : $\mu = \frac{23}{12}$ = environ 2.

Le Fer, de poids 56, libère 26 électrons : $\mu = \frac{56}{26}$ = environ 2. Et ainsi de suite.

Un astre d'hydrogène pur exigerait qu'on prît dans les calculs $\mu = 1$.

Un astre *sans Hydrogène*, mélange d'autres corps quelconques, répond au caractère $\mu = 2$.

Les astres ordinaires, qui comportent un mélange d'hydrogène et de substances diverses, exigent que l'on prenne une valeur intermédiaire, d'après la teneur en hydrogène. *Inversement*, si quelque caractère permet d'atteindre la valeur de μ, on en déduira la teneur de l'astre en hydrogène.

On a longtemps pensé que les naines blanches avaient épuisé leur hydrogène et que pour elles, μ devait être voisin de 2. Il en est ainsi pour certaines d'entre elles. Pour d'autres, tel le compagnon de Sirius, nous allons voir qu'il n'en est rien.

Les études modernes montrent que les deux facteurs essentiels qui déterminent l'état physique d'une étoile (normale ou naine blanche) sont : 1° *sa masse ;* 2° *sa teneur en hydrogène* (c'est-à-dire le facteur μ).

En particulier, μ intervient dans la luminosité, et la relation masse-luminosité des étoiles normales (fig. 4) n'est qu'une première approximation. En pratique, la relation est convenablement suivie parce que les étoiles, en majorité, ont un pourcentage d'hydrogène semblable (un tiers de la masse, *grosso modo*).

Les courbes de Chandrasekhar pour les naines blanches

Le savant hindou a établi une relation entre la masse d'une configuration totalement dégénérée et son rayon, relation où entre le facteur μ.

Pour les valeurs extrêmes $\mu = 1$, $\mu = 2$, cette relation se traduit par les deux courbes en trait plein sur la fig. 6. Les naines blanches réelles, pour lesquelles μ est compris nécessairement entre 1 et 2, doivent s'intercaler dans le diagramme *entre les deux courbes.*

Catégorie I	U	Catégorie II	V	Catégorie III
Masses inférieures à **U**		Masses intermédiaires		Masses supérieures à **V**

FIG. 7. — LES TROIS CATÉGORIES D'ÉTOILES DU CLASSEMENT DE CHANDRASEKHAR

U désigne la masse maximum que puisse posséder une naine blanche; V désigne la masse au-dessus de laquelle l'état dégénéré de la matière ne peut apparaître. Comme U, en toute hypothèse, vaut au moins 1,44 fois la masse du Soleil, ce dernier se trouve nécessairement dans la catégorie I.

Dès que nous connaissons, par l'observation seule, la masse et le rayon d'une naine, le point qui la représente est parfaitement déterminé dans le quadrant de la figure 6.

Il aurait pu se faire que certains points représentatifs des naines bien observées se placent *en dehors* du couloir limité par les deux courbes. La valeur de μ correspondante eût été absurde, impossible (par définition de μ) et la théorie se fût écroulée.

C'est donc une première et essentielle confirmation des travaux de Chandrasekhar, de constater que les naines les mieux connues viennent spontanément se loger dans le couloir permis et *seul* permis. C'est le cas de *Sirius B* et de *40 Eridani B*, par exemple.

Réciproquement, la confiance dans la valeur de la théorie étant ainsi établie, l'emplacement d'une naine dans le couloir fera connaître son facteur μ, c'est-à-dire son contenu en hydrogène. Ainsi pour *Sirius B*, μ apparaît voisin de 1,5 et son contenu en hydrogène doit atteindre de 30 à 40 % de sa masse (tout autant que *Sirius A* elle-même).

Au contraire, *40 Eridani B* se place près du bord, vers $\mu = 2$ et paraît en conséquence avoir épuisé son hydrogène (surtout si l'on tient compte des quantités de ce gaz que renferme la frange normale périphérique de cette étoile).

Pour *Van Maanen 2*, les valeurs extrêmes que l'effet Einstein permet d'attribuer à sa masse la situent en quelque point d'un petit segment horizontal, dans le couloir. Pour les naines comme *A. C. 70° 8247*, dont le rayon est bien connu, mais *non* la masse, on voit comment le « couloir » permet d'assigner à la masse des valeurs maximum, minimum ou vraisemblable.

Les masses limites

On voit, sur la figure 6, que la masse d'une naine blanche d'hydrogène pur ($\mu = 1$) ne saurait dépasser 5,75 fois la masse du Soleil. Une naine sans hydrogène ($\mu = 2$) ne saurait dépasser 1,44 fois la masse solaire.

Une naine contenant un tiers de sa masse d'hydrogène ($\mu = 1,5$) aurait pour masse limite 2,55 fois la masse solaire (1). Pour autant que nous en puissions juger à présent, les étoiles décèlent un facteur μ compris entre les deux dernières valeurs 1,5 et 2.

Le tableau des naines blanches (fig. 3) se complète par deux cas extrêmes, choisis dans le lot des découvertes récentes : l'étoile *A C 70° 8247* et l'étoile *Wolf 457*. Pour ces étoiles, la masse n'est pas connue, l'effet Einstein non plus (leur spectre n'a pas de raies, il est continu). On a estimé la masse au moyen de la relation masse-rayon de Chandrasekhar, en pre-

(1) La formule indiquée par Chandrasekhar pour la masse limite est $U = \frac{5,75}{\mu^2} \times$ masse du Soleil.

nant pour le facteur μ les limites vraisemblables $\mu = 2$ et $\mu = 1,5$.

La densité, pour *Wolf 457*, dont le rayon est inférieur au tiers du rayon terrestre, avoisine la valeur fantastique de 80 millions par rapport à l'eau : un dé à jouer de cette substance pèse 80 tonnes.

La majorité des naines récemment découvertes présente des caractères aussi extrêmes : l'abondance des naines de petit rayon indique une concentration des masses juste au-dessous de la limite prévue par Chandrasekhar; ce fait rend très vraisemblable l'existence d'une telle limite.

Le classement des astres

Chandrasekhar a établi un résultat complémentaire : au sein des masses trop grandes, aucune dégénérescence ne peut apparaître, et il existe une masse limite telle que les étoiles qui la dépassent ne peuvent comporter *aucune* trace de matière dégénérée (1).

Par exemple : pour une étoile sans hydrogène ($\mu = 2$), ce serait 1,66 fois la masse solaire;

pour une étoile avec un tiers d'hydrogène ($\mu = 1,5$), ce serait 3 fois la masse du Soleil.

Quoi qu'il en soit, l'existence de ces deux masses limites permettent de classer *toutes* les étoiles en trois catégories (fig. 7).

Examinons le destin possible de ces trois catégories :

Catégorie I. — L'état complètement dégénéré paraît représenter le stade ultime de leur évolution : état d'extinction totale, de naine noire, avec un rayon fini (qui dépend de la masse et de μ, suivant les lois de Chandrasekhar).

Parvenue à ce stade, l'étoile paraît condamnée à n'en jamais bouger : elle est morte.

Catégorie III. — Une étoile de masse supérieure à V rayonne en puisant l'énergie à ses sources subatomiques. Quand ces ressources seront épuisées, l'étoile se contractera et, puisque la dégénérescence est impossible, une contraction indéfinie, illimitée, serait le destin *théorique* de cet astre. Mais, au cours de ce racornissement, il faut envisager l'apparition d'instabilités diverses : par exemple, la rotation va s'accélérer de telle sorte qu'une explosion brisera l'astre en fragments plus petits, qui appartiendront aux catégories I ou II, moins massives.

Ou encore, il se peut que l'étoile se débarrasse de sa substance par un processus *d'émission continue* de matière, comme nous le constatons chez les étoiles Wolf-Rayet. Et l'astre glissera dans la catégorie II progressivement.

(1) Cette masse limite serait : $V = \frac{6,65}{\mu^2} \times$ masse du Soleil.

Catégorie II. — Reste à examiner le cas des masses comprises entre U et V. A la période de contraction, ces astres peuvent engendrer un noyau central de matière dégénérée (l'astre est susceptible de dégénérescence partielle). Mais, si le noyau atteint des densités assez élevées (ce qui est possible), les protons et les électrons qu'il renferme se combineront et formeront des neutrons. Ce noyau de neutrons provoquera une soudaine dépression au cœur de l'astre, et l'étoile s'effondrera d'un seul coup sur son noyau, libérant d'un seul coup presque *toute* son énergie de gravitation.

Telle est une explication possible des Supernovae (1). Ces commentaires sur la signification cosmogonique des masses U et V sont donnés par Chandrasekhar sous toutes réserves, comme hypothèses provisoires.

Les naines blanches et la physique moderne

L'ionisation totale de la matière fit concevoir théoriquement l'existence d'un état hyperdense : trois naines blanches d'abord, et maintenant trois douzaines, en ont fourni des exemples concrets. Presque en même temps, les nouvelles statistiques de la Mécanique ondulatoire, à peine créée, trouvaient chez ces astres leur premier et leur seul champ d'application. Les succès de la théorie quantique des naines blanches — ses prévisions vérifiées — sont d'un précieux apport pour l'Astronomie, mais aussi pour les Mécaniques quantiques. De même, la Relativité Générale prévoit un décalage des raies et permet de préciser, parfois, la masse des naines blanches : en retour, l'existence du décalage chez nos naines blanches est une précieuse pierre de touche pour la Relativité Générale. Enfin, les développements de Chandrasekhar, tenant compte d'un facteur de Relativité restreinte (masse d'un électron fonction de sa vitesse), serrent la réalité de beaucoup plus près que l'ancienne théorie de Fowler. On voit à quel point les théories abstraites, avant-postes de la science, et les naines blanches, se prêtent un mutuel appui.

Pour finir, l'étude des naines blanches promet de n'être pas sans influence sur le chapitre de la Physique le plus intéressant pour l'humanité nous voulons parler de la libération des énergies subatomiques, dont la conquête transformera la face du globe, conquête auprès de laquelle pâlira celle même du feu.

Paul COUDERC.

(1) Voir : « Novæ et Supernovæ » *(Science et Vie*, n° 325, octobre 1944).

— La plupart des cellules de l'organisme humain n'ont que quelques millièmes de millimètre dans leur plus grande dimension. D'autres, comme certaines cellules nerveuses, ont plus d'un mètre de long.

— Certaines cellules, comme les cellules nerveuses ou celles du cristallin de l'œil, vivent autant que l'individu; si on les détruit, elles ne sont pas remplacées. D'autres, comme les cellules de la muqueuse intestinale, ne vivent que quelques heures; elles tombent dans la cavité du tube digestif et sont incessamment remplacées par des cellules neuves.

QU'EST-CE QU'UNE " JEEP " ?

par Henri PETIT
Ingénieur de l'Ecole Polytechnique

Le plus répandu et le plus populaire des types de véhicules qui équipent l'armée américaine est sans aucun doute la voiture de reconnaissance « Jeep ». Fabriquée en grande série par plusieurs usines américaines depuis l'été 1941, la « Jeep » a paru sur tous les théâtres d'opérations du monde, en Cyrénaïque, en Libye, en Afrique du Nord, U.R.S.S., dans les îles du Pacifique, en Birmanie, en Italie, en France, Belgique et Hollande. Elle vient d'envahir l'Allemagne. La robustesse de sa construction, alliée à la grande puissance de son moteur sous ses faibles dimensions, la rendent propre aux missions les plus diverses, depuis le combat de première ligne et la reconnaissance rapide en tous terrains, jusqu'aux tâches plus modestes de l'arrière où elle assure les liaisons et remorque éventuellement des charges doubles de celles d'une voiture ordinaire. Avec ses 60 chevaux, ses quatre roues rendues à volonté toutes motrices, ses pneus à l'épreuve des balles, ses six vitesses en marche avant et ses deux vitesses en marche arrière, ses 100 km/h de vitesse maximum et son poids de 1416 kg, la « Jeep » est devenue le Maître-Jacques des armées alliées et leur auxiliaire irremplaçable.

Ce qui frappe quand on examine l'ensemble du matériel automobile qui équipe les armées américaines, c'est la diversité des types de véhicules dont il existe des exemplaires spécialement adaptés à chacune des tâches que les armées peuvent avoir à leur imposer. Sans doute, un grand nombre d'exemplaires de certains types existent, tels par exemple ceux qui sont destinés au transport du personnel ou du matériel, aux reconnaissances, etc... mais il n'en reste pas moins que, dans un ouvrage où sont énumérés tous les types de véhicules actuellement en service, on n'en compte pas moins de 400, y compris les remorques, les motocyclettes et les véhicules de combat proprement dits, c'est-à-dire véhicules armés et chars d'assaut.

Dans la conception de tous ces véhicules, a dominé une idée majeure : construire des véhicules de guerre, sans aucune préoccupation de les voir ressembler plus ou moins à des véhicules commerciaux.

Faire aussi du matériel surabondant, possédant des moyens toujours supérieurs aux tâches les plus dures qu'il aura à remplir.

Si l'on compare les tonnages utiles au poids des véhicules vides, on est frappé de leur faible rendement commercial : ce serait certes une mauvaise utilisation que de les employer pour des transports du temps de paix en se bornant aux charges limites théoriquement imposées. Mais, tel camion dénommé deux tonnes, pourrait facilement, en bon terrain en transporter cinq, sans qu'aucun de ses organes en souffrît.

Une autre considération qui a présidé à l'établissement des types, c'est de n'utiliser pour eux que des solutions, peut-être déjà anciennes, mais parfaitement sûres.

On peut dire qu'à peu près sans exception, qu'il s'agisse de camions, de voitures portant des mitrailleuses ou des canons, de chars, tous les organes porteurs sont également moteurs. Depuis la petite voiture de reconnaissance Jeep dont nous parlerons tout à l'heure, jusqu'aux gros véhicules à trois essieux, la règle générale est la suivante : sur la route, le ou les essieux arrière sont porteurs et moteurs, l'essieu avant directeur et seulement porteur. Mais on peut toujours grâce à une transmission commandée par un levier à la disposition du conducteur, rendre les roues avant également motrices. D'où l'aptitude de tous ces véhicules à passer sans difficulté en tous terrains, aptitude confirmée par l'utilisation absolument générale de pneus dont la bande de roulement comporte de grosses saillies.

Si les organes mécaniques sont surabondants, les pneus le sont aussi. On n'a pas hésité à multiplier les roues pour que chacune d'elles ne supporte qu'une charge réduite et surtout pour que la pression unitaire sur le sol soit faible. La pression unitaire varie en effet depuis 0,300 kg par centimètre carré jusqu'à 1,5 kg sans dépasser cette limite : autre raison de la maniabilité du matériel américain en terrain difficile.

L'adaptation des véhicules à la tâche à accomplir est toujours très étroite. C'est ainsi qu'il y a des camions spéciaux pour transporter des ateliers de tailleurs, de bottiers, de selliers, pour le transport des denrées périssables. Il y a des remorques pour blanchisserie de linge, d'autres transportant un matériel de stérilisation et de douches. On trouve même, chose un peu inattendue, des véhicules aménagés pour le transport des chevaux.

Nous trouvons un tracteur spécialement équipé pour le nivellement des aérodromes et la construction des routes, Un autre est destiné à boucher rapidement les trous de bombes dans le sol. Un autre possède une fraiseuse pour creuser rapidement les fossés.

N'oublions pas les chasse-neige destinés soit à

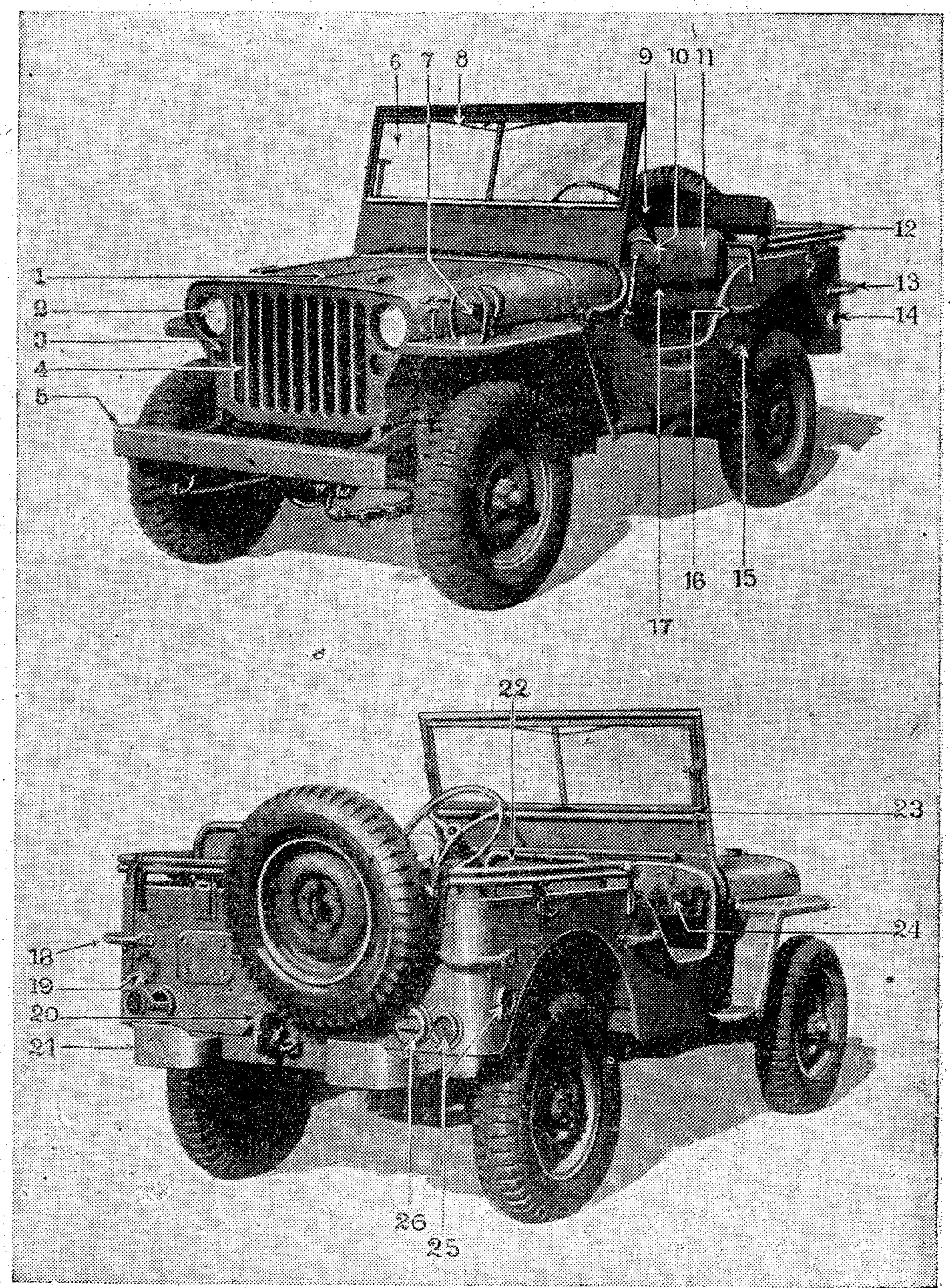


FIG. 1. — VUES TROIS QUARTS AVANT ET TROIS QUARTS ARRIÈRE DE LA « JEEP »

1, capot; — 2, phare; — 3, feu de blackout; — 4, protège radiateur; — 5, pare-choc; — 6, pare-brise; — 7, phare de blackout; — 8, essuie-glace; — 9, volant; — 10, rétroviseur; — 11, siège du conducteur; — 12, monture de la capote; — 13, poignée; — 14, réflecteur; — 15, attache de la bêche; — 16, poignée; — 17, sangle de sécurité; — 18, poignée; — 19, prise de courant de la remorque; — 20, crochet d'attelage; — 21, pare-choc; — 22, siège du passager; — 23, bras de réglage du pare-brise; — 24, sangle de sécurité; — 25, réflecteurs; — 26, feu et signal arrière.

déblayer, sur les routes, les grandes épaisseurs des congères (amas de neige entassés par le vent), soit simplement à balayer les pistes cimentées des aérodromes. Plusieurs types de camions ou de remorques sont destinés à ravitailler véhicules ou avions en carburant et possèdent, à côté de la citerne renfermant ces liquides, un groupe motopompe et toute la tuyauterie nécessaire pour transvaser le carburant sans manœuvre, jusqu'au réservoir qui doit le recevoir.

Du côté mécanique, nous trouvons les véhicules à essence et les véhicules à gasoil, des moteurs à cylindres verticaux ou des moteurs en étoile dérivant directement des moteurs d'aviation...

Les transmissions sont du type classique avec cependant un démultiplicateur qui n'entre en fonction que lorsqu'on emploie les roues avant motrices.

Le châssis de la " Jeep "

Le véhicule qui a attiré le plus la curiosité des Français quand les armées américaines ont traversé notre pays est certainement la petite voiture de reconnaissance dite « un quart de tonne », appelée familièrement « *Jeep* ».

D'abord, pourquoi le nom de *Jeep*? Simplement parce que les petites voitures frabriquées chez Ford (on en fabrique également chez Willys) portent comme désignation du type les lettres G P W qui s'épellent en anglais gi pi deubliou. *Jeep* (prononcez : jip) est donc l'abréviation des lettres désignant le type.

Voici une description rapide de cette voiture. Elle est destinée en principe à transporter deux passagers et éventuellement quatre. Le châssis est en tôle emboûtie et comporte deux longerons fortement surbaissés dans leur milieu, réunis par cinq traverses. Il repose sur les essieux par quatre ressorts droits avec amortisseurs télecopiques à l'avant et à l'arrière. A l'arrière, le ressort comporte à son extrémité avant un point fixe et à l'autre une jumelle travaillant en compression. A l'avant, les ressorts sont montés sur deux jumelles; un demi-ressort à deux lames, placé en-dessous de la partie postérieure du ressort, supporte le couple de réaction. Pour en finir avec le châssis, disons qu'à l'arrière il comporte un crochet d'attelage fixé au milieu de sa traverse. Toute *Jeep* peut en effet traîner une remorque, et on remarque que dans les convois elle en est presque toujours munie.

La propulsion est assurée en temps normal par les roues arrières motrices. Dans les terrains difficiles, les roues avant deviennent également motrices. Le conducteur peut, à son gré, embrayer ou non les roues avant au moyen d'un levier placé à sa droite. En même temps qu'il utilise les roues avant, il doit mettre en service un démultiplicateur qui double le couple transmis aux roues. Nous verrons plus loin le détail des commandes et de la transmission.

Contrairement aux voitures à roues avant motrices dont nous avons l'habitude en France, la *Jeep* comporte un essieu avant rigide et non pas une suspension par roues indépendantes.

Le moteur développe 60 ch

La direction est placée à gauche, les leviers de changement de vitesse, de commande du démultiplicateur et d'embrayage du train avant sont placés à droite du conducteur et montés directement sur le carter des organes qu'ils commandent.

Le moteur est placé à l'avant, immédiatement en arrière de l'essieu. Embrayage et boîte de vitesse sont boulonnés sur le même carter, le démultiplicateur venant s'appliquer lui-même à droite de la boîte de vitesse. De ce démultiplicateur partent deux arbres à cardan qui commandent, l'un le pont arrière, l'autre le pont

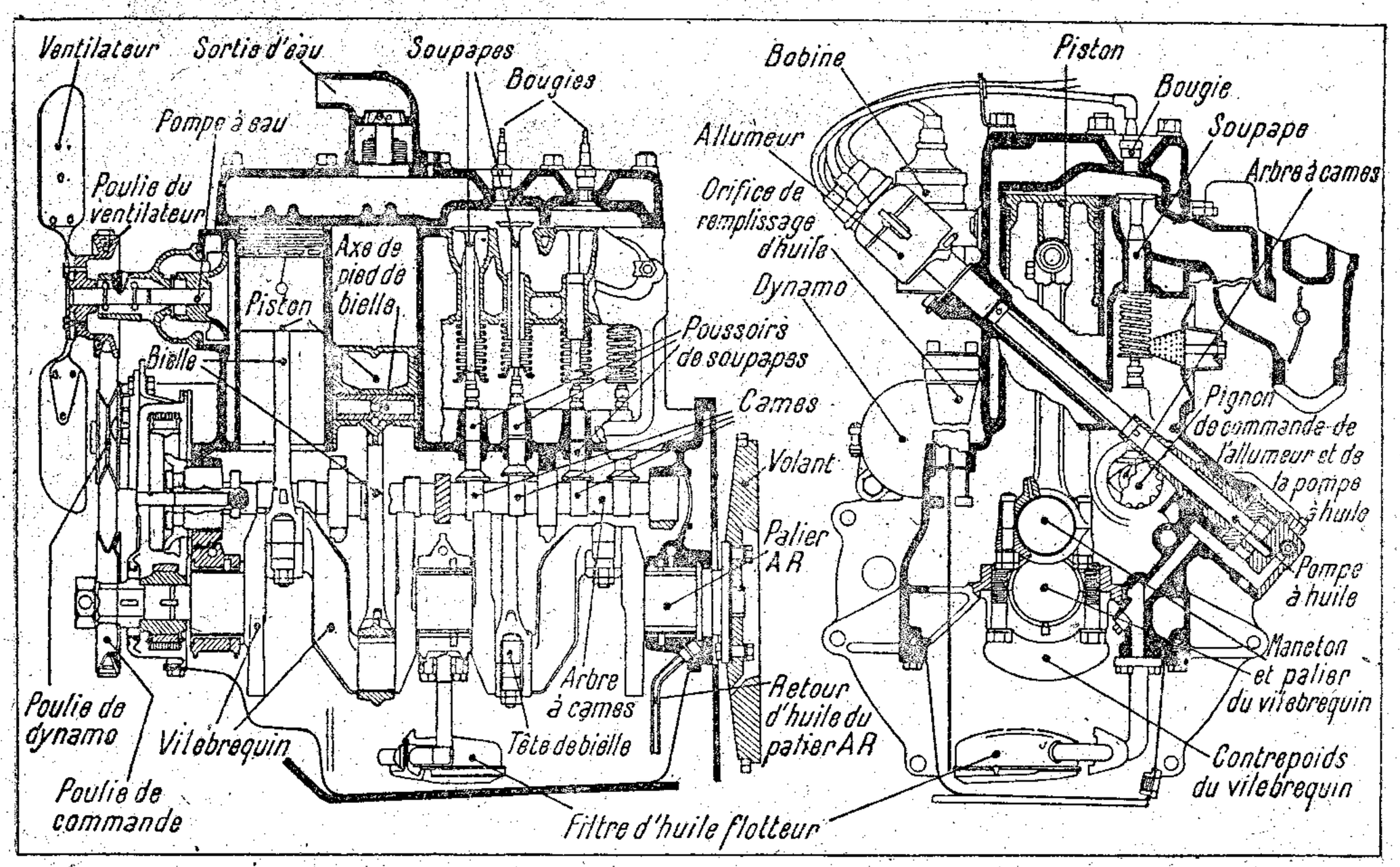
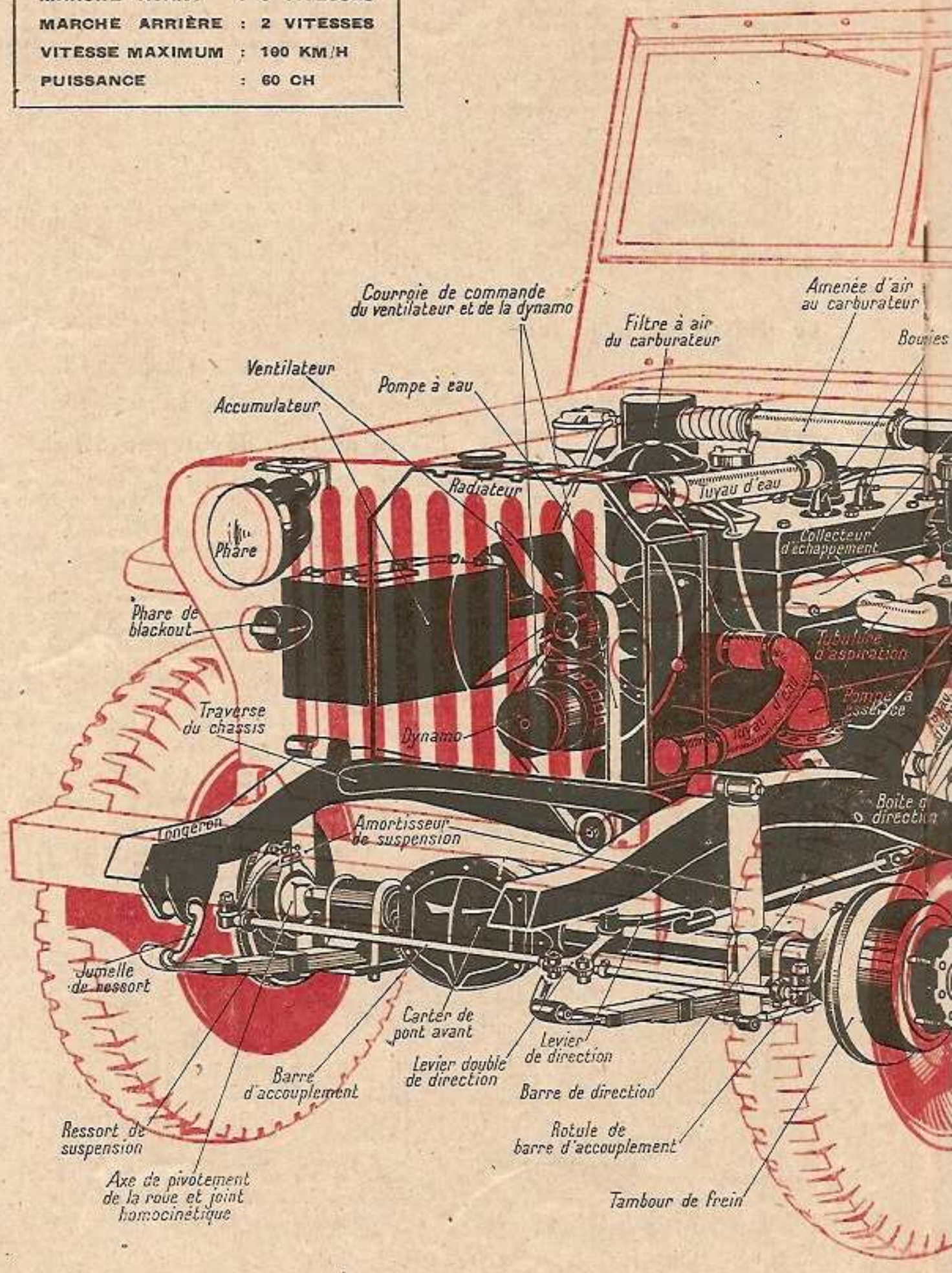
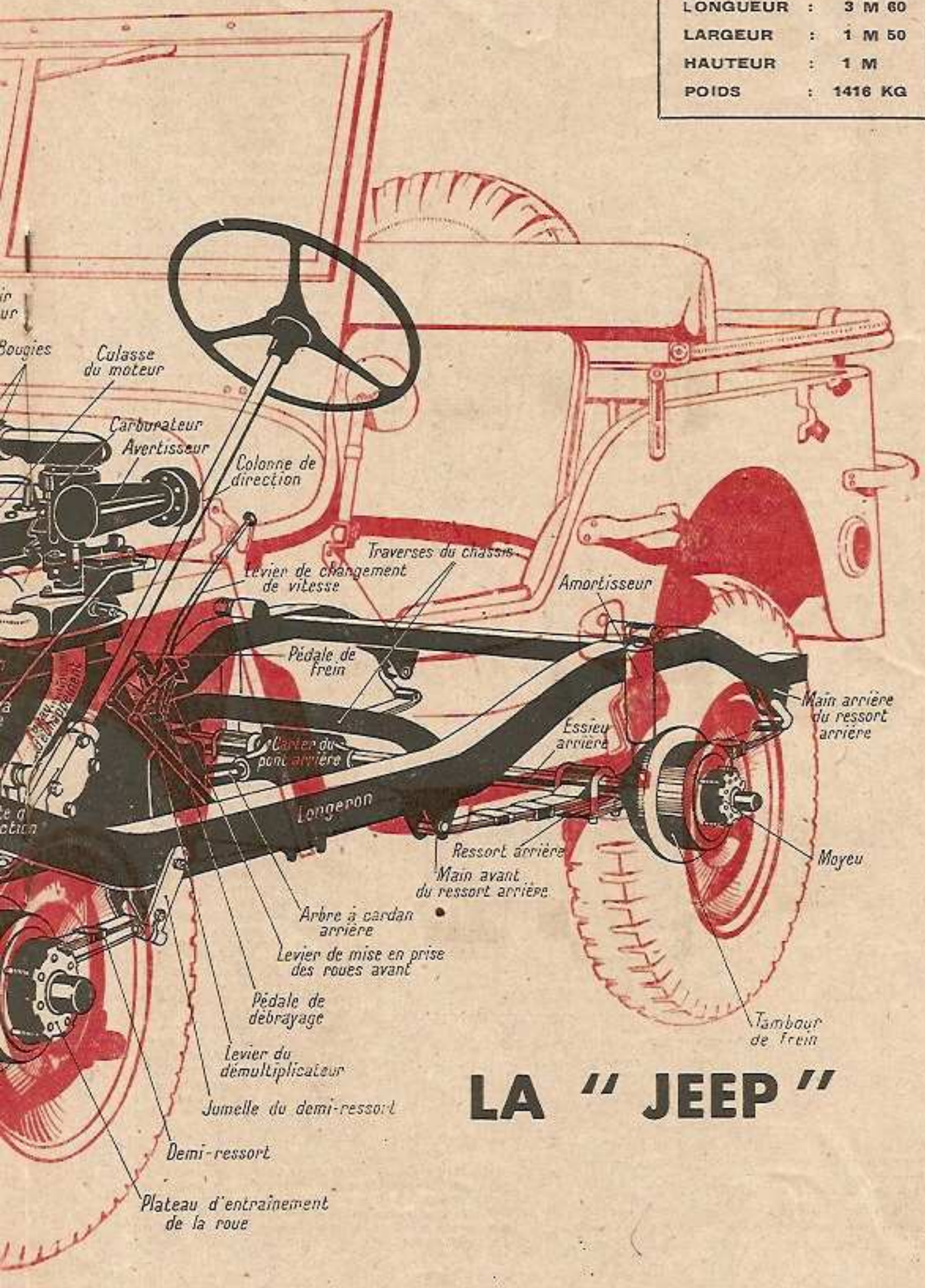


FIG. 2. — COUPES LONGITUDINALE ET TRANSVERSALE DU MOTEUR

MARCHE AVANT	:	6 VITESSES
MARCHE ARRIÈRE	:	2 VITESSES
VITESSE MAXIMUM	:	100 KM/H
PUISSANCE	:	60 CH



LONGUEUR	:	3 M 60
LARGEUR	:	1 M 50
HAUTEUR	:	1 M
POIDS	:	1416 KG



LA " JEEP "

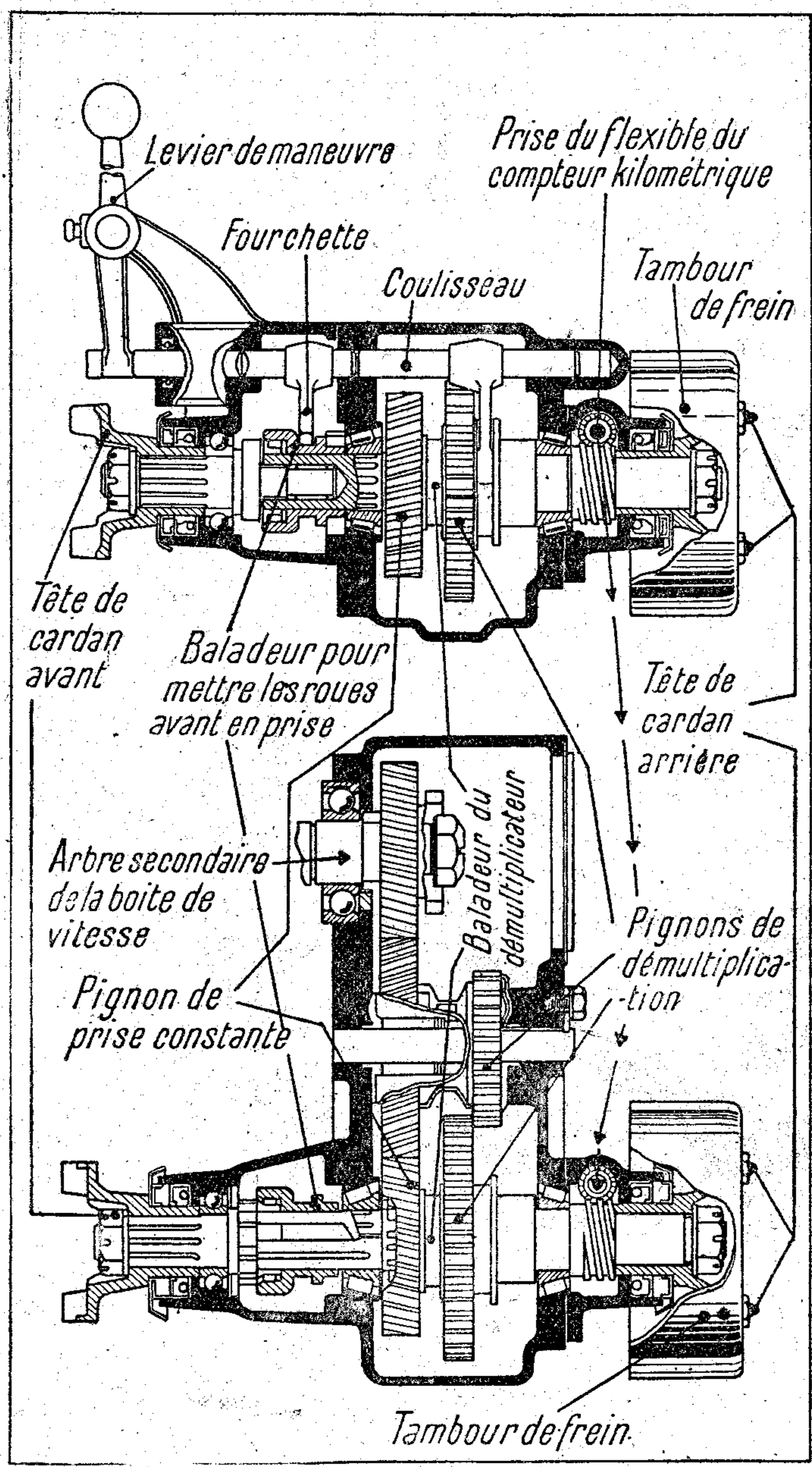


FIG. 3. — COUPE HORIZONTALE DU DÉMULTIPLICATEUR

Le frein que l'on aperçoit à la droite de la figure est le frein sur mécanisme qui est commandé par levier et qui n'est utilisé que pour le parquage.

avant; ces arbres ne sont pas tout à fait parallèles à l'axe général du véhicule, bien que le carter du pont arrière soit lui-même légèrement déporté sur la droite.

Le moteur est un quatre cylindres de type absolument classique avec soupapes latérales et culasse rapportée : alésage, 79 mm; course, 111 mm; soit une cylindrée de 2,200 litres.

Le rapport volumétrique (1) est de 6,48. La puissance fournie par le moteur est de 60 ch à 4 000 tours/mn.

Ce moteur exige, pour son fonctionnement, de l'essence à 70 d'octane minimum.

Le cylindre est venu de fonte d'un seul bloc avec le carter supérieur, et la culasse est rapportée. Le vilebrequin repose sur trois paliers. Il entraîne à l'avant l'arbre à cames qui est commandé par chaîne et, au moyen d'une poulie et d'une courroie, le ventilateur et la pompe à eau, montés sur le même axe, ainsi que la dynamo placée sur le côté droit.

Les pistons, en alliage léger, comportent trois segments : deux segments d'étanchéité et un racleur. L'axe du piston est assemblé dans le pied de bielle au moyen d'une vis qui forme clavette. Les coussinets des têtes de bielles ont une coquille en acier forgé et régulé; leur chapeau est tenu par deux boulons.

L'arbre à cames repose sur quatre paliers. Il entraîne par un pignon hélicoïdal, placé entre le deuxième et le troisième cylindre, un arbre incliné à 45 degrés qui commande à sa partie inférieure la pompe à huile et à sa partie supérieure l'allumeur.

Les cames attaquent des poussoirs à plateaux réglables. Les ressorts de soupapes sont montés sur la tige de la soupape avec une cuvette de retenue immobilisée par deux demi-troncs de cône d'une façon tout à

(1) Rappelons qu'on appelle rapport volumétrique d'un moteur le rapport entre le volume total du cylindre, mesuré à partir de la position du fond du piston quand celui-ci occupe le point mort inférieur, au volume du cylindre mesuré à partir de la position occupée par le fond du piston quand celui-ci se trouve au point mort supérieur. Si l'on appelle V la cylindrée (c'est-à-dire le volume balayé par le fond du piston pendant une course) et v le volume de la chambre de combustion, le volume total a pour valeur $V+v$. Le rapport volumétrique a donc pour expression : $\frac{V+v}{v}$. On appelle souvent le rapport volumétrique *taux de compression* ou simplement (mais improprement) *compression*. N'oublions pas que le rapport volumétrique *est un nombre*, sans dimensions physiques par conséquent, et qu'il est impropre de parler d'un taux de compression de 6 kg par cm² et plus encore d'une compression de 6 kg.

fait classique. Les guides de soupape sont rapportés dans le cylindre, d'où ils peuvent éventuellement être démontés pour remplacement après usure.

Le graissage se fait sous pression, la provision d'huile étant contenue dans le carter inférieur du moteur, lequel est en tôle. Un flotteur, muni d'une crépine, vient prendre l'huile au fond du carter. Cette huile est aspirée au moyen de canaux forés dans le carter par la pompe à huile qui est située sur le côté gauche du moteur. Cette pompe est d'un modèle assez spécial. C'est une pompe à engrenages, comportant une couronne dentée intérieurement et un pignon engrenant avec elle. La couronne présente cette particularité d'être évidée à la partie inférieure de façon à ne présenter que la saillie de la denture. A l'intérieur est monté excentriquement un petit pignon de sept dents.

Le fonctionnement de la pompe ne diffère en rien d'ailleurs de celui de la pompe ordinaire à engrenages que nous connaissons tous.

Pour le refroidissement, notons la pompe de circulation montée comme nous l'avons dit, derrière le ventilateur, en avant du premier cylindre L'eau est refoulée vers le radiateur en traversant un thermostat logé dans la pipe de sortie de la chambre d'eau à la partie supérieure du cylindre.

Le carburateur est un « Carter ». Il est du type inversé, avec pompe de reprise. Il est alimenté au moyen d'une pompe mécanique entraînée comme de coutume par un excentrique monté sur l'arbre à cames.

A la partie supérieure de la cloche de la pompe est disposé un filtre.

L'air qui arrive au carburateur a traversé un purificateur d'air à huile qui est placé sur le côté droit du capot et qui est aisément démontable.

Le réservoir d'essence, qui est placé sous le siège du conducteur, présente la particularité d'avoir un bouchon étanche qui maintient à l'intérieur du réservoir une pression d'environ 100 g par centimètre carré, ce qui empêche l'évaporation du combustible dans les pays chauds.

Ce réservoir est muni d'une tubulure amovible qui facilite son remplissage.

Boîte de vitesse et démultiplicateur

La boîte de vitesse, dont le carter est boulonné derrière le carter d'embrayage, est du type classique à trois vitesses dont une prise directe. Les engrenages de prise constante se trouvent à l'avant de la boîte. L'arbre intermédiaire tubulaire, placé en-dessous de l'arbre secondaire, tourne sur un arbre fixe. La boîte comporte un dispositif de « synchromesh » (1) entre les deuxième et toisième vitesses, le levier de commande est porté par le couvercle même de la boîte et articulé sur rotule.

L'échelonnement des vitesses est le suivant :

Première vitesse : 2,665;
Deuxième vitesse : 1,564;
Prise directe : 1;
Marche arrière : 3,554.

A l'arrière de la boîte de vitesse se trouve le démultiplicateur logé dans un carter spécial qui est boulonné sur celui de la boîte. Ce démultiplicateur n'est autre qu'un changement de vitesse à deux vitesses sans prise directe. Le coulissement du baladeur est commandé par un petit levier placé à la droite du conducteur.

Le pignon qui sort de la boîte de vitesse et qui a une denture hélicoïdale, attaque une couronne intermédiaire qui fait corps avec un pignon à denture droite. La couronne à son tour engrène avec un autre pignon monté sur l'arbre qui porte à chaque extrémité un joint de cardan. En marche normale (c'est-à-dire quand les roues arrières seules sont motrices), le rapport de démultiplication est égal à l'unité. Au contraire, quand on fait coulisser le baladeur, on obtient une démultiplication voisine de 2 (exactement 1,97).

A chaque extrémité du dernier arbre du démultiplicateur se trouve une fourchette de cardan qui est assemblée avec le joint coulissant d'un arbre à cardan à croisillons. Il y a un arbre à cardan qui se rend au pont arrière et l'autre au pont avant, ce dernier pouvant être désolidarisé du moteur grâce au coulissement d'un organe convenable monté à la sortie du démultiplicateur.

(1) Le « synchromesh » est un dispositif qui permet, lorsqu'on va mettre en prise une combinaison de vitesse, de donner aux deux organes qui vont entrer en contact la même vitesse de rotation afin d'éviter tout bruit au moment où ces organes entrent en prise. Le synchromesh est de règle dans les boîtes de vitesse modernes, au moins entre les deux vitesses supérieures.

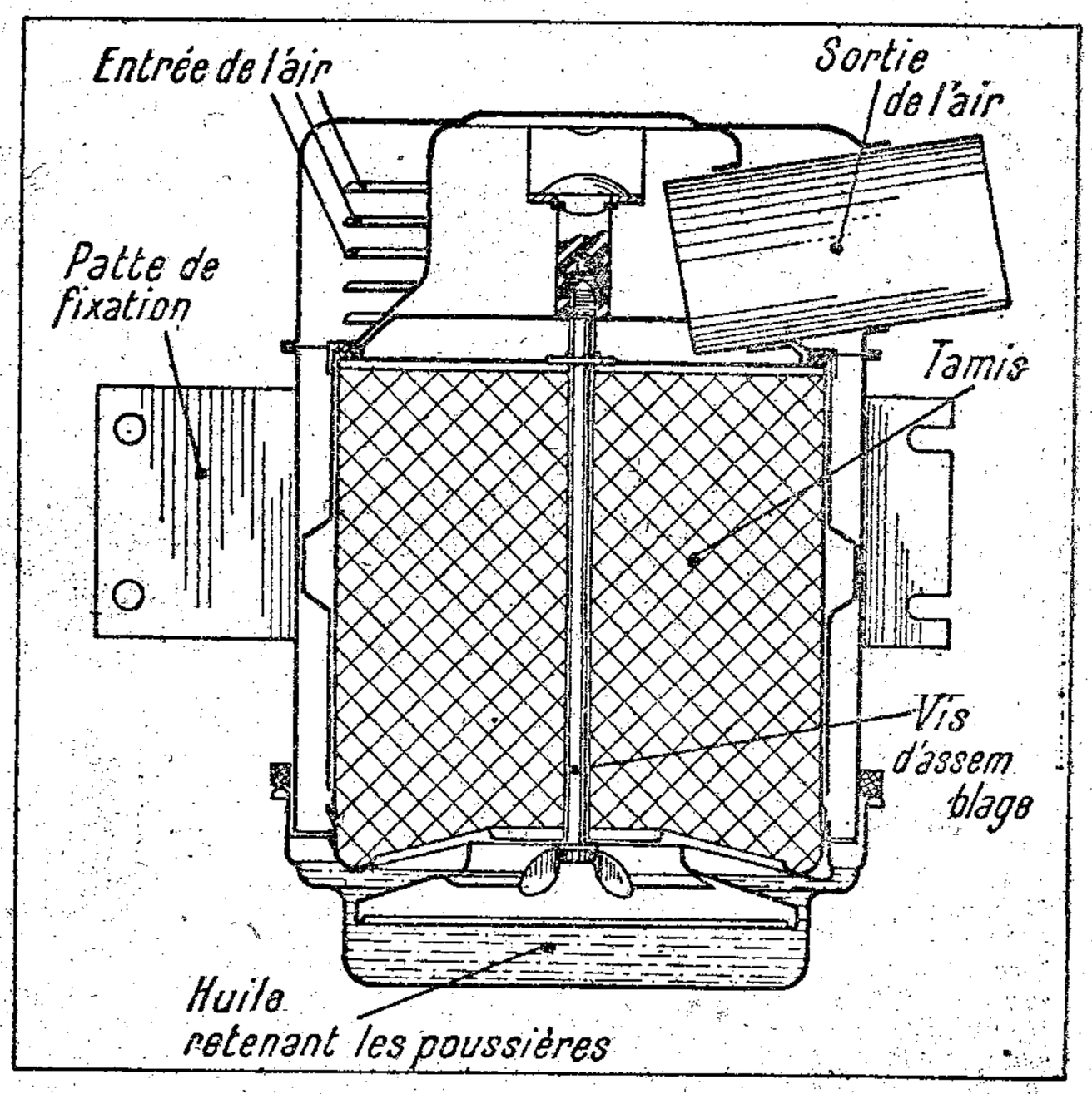


FIG. 4. — COUPE DE L'ÉPURATEUR D'AIR

L'air qui alimente le moteur doit être purifié des poussières et du sable dont il peut se trouver chargé, particulièrement dans les régions désertiques. Aussi le fait-on passer avant son admission au carburateur dans un épurateur. Il prend en y entrant un mouvement tourbillonnaire et laisse les poussières se déposer dans le bain d'huile qui se trouve au fond de l'appareil. Après purification, il s'échappe par la tubulure supérieure et parvient ainsi au carburateur.

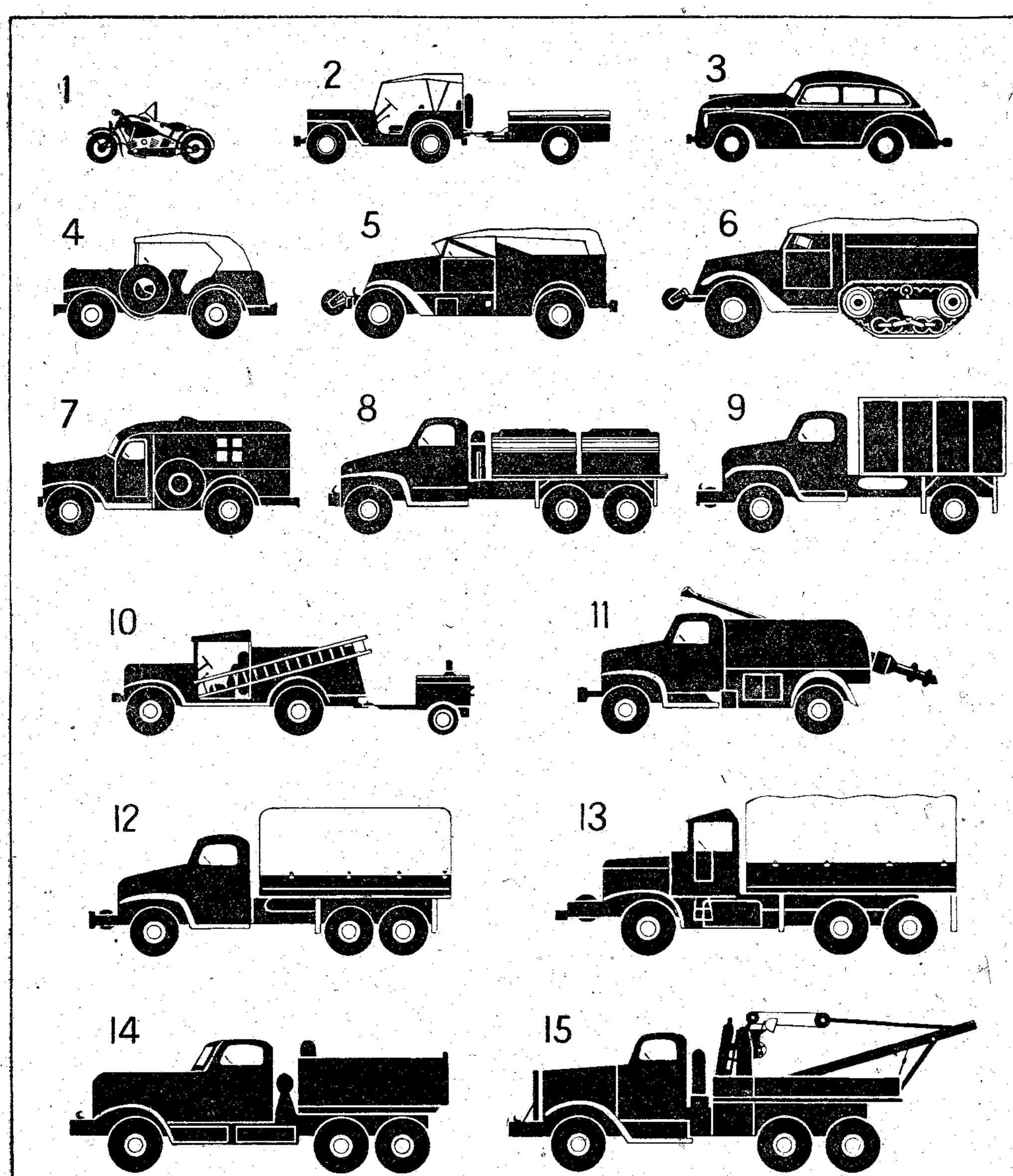
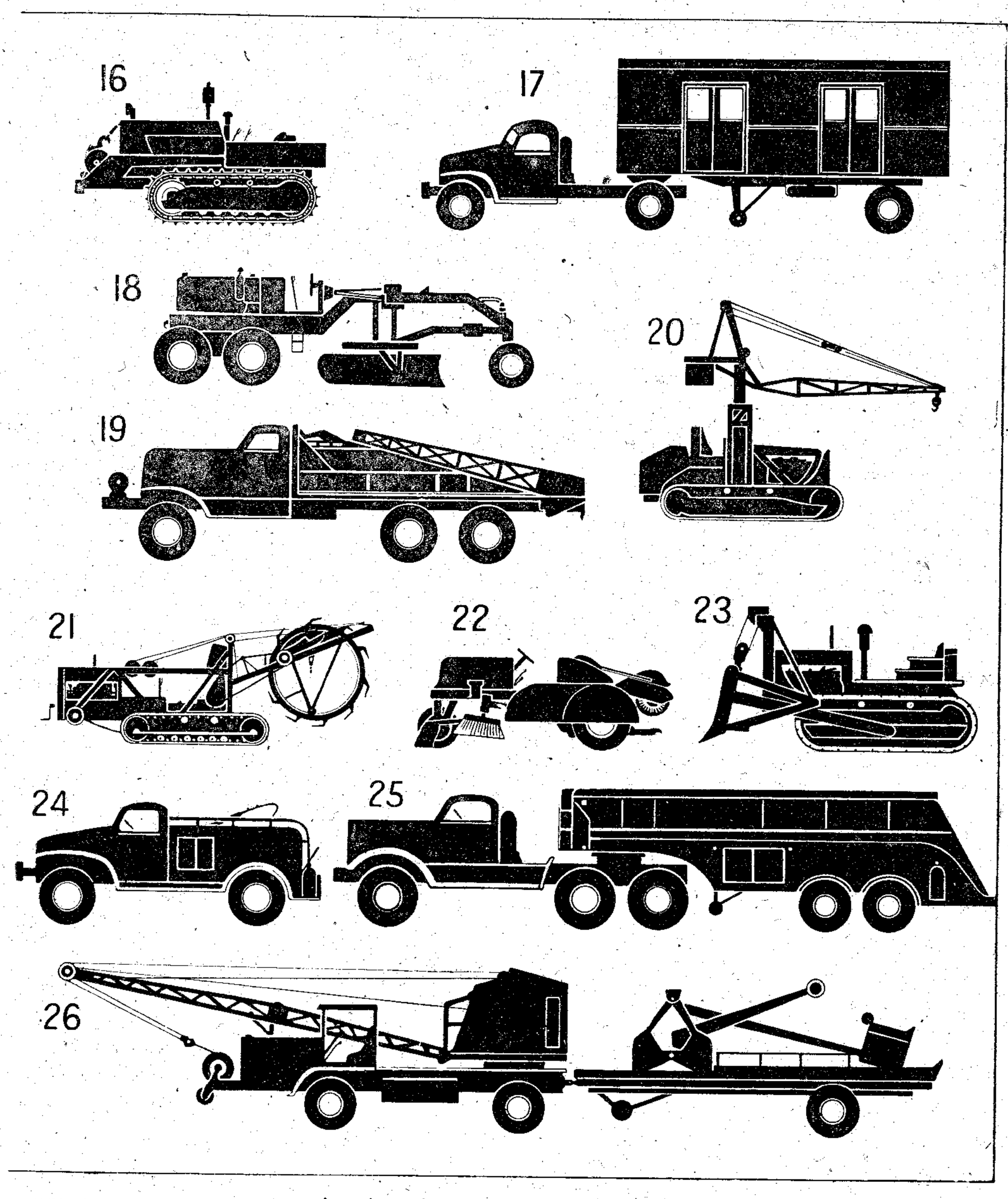


FIG. 5. — SILHOUETTES DE QUELQUES TYPES VARIÉS DES PRINCIPAUX VÉHICULES AUTOMOBILES

1, Motocyclette avec side-car (90 km/h, rayon d'action, 180 km). — 2. Camionnette « Jeep » avec sa remorque (4 roues motrices; 100 km/h; rayon d'action, 480 km). — 3, Conduite intérieure (95 km/h; rayon d'action, 360 km). — 4, Voiture de commandement (4 roues motrices; 85 km/h; rayon d'action, 340 km). — 5. Voiture de reconnaissance (4 roues motrices; 90 km/h; rayon d'action, 400 km). — 6, Autochenille (90 km/h; rayon d'action, 190 km). — 7, Voiture ambulance. — 8. Camion pour transport et distribution d'essence (6 roues motrices dont 4 jumelées; citerne de 2 840 l; 72 km/h; rayon d'action, 385 km). — 9, Camion (charge utile, 1 360 kg; 4 roues motrices dont 2 jumelées; 77 km/h; rayon d'action, 310 km; treuil de 4,5 t). — 10, Camion pour entretien des téléphones (charge utile, 680 kg; 90 km/h) avec remorque portant le matériel nécessaire aux épissures de câbles. — 11, Camion portant le matériel mobile de forage pour la mise en place de poteaux téléphoniques (4 roues motrices dont 2 jumelées; 77 km/h; treuil de 4,5 t). — 12. Camion (6 roues motrices dont 4 jumelées; charge utile, 2 000 kg; 72 km/h; rayon d'action, 385 km; treuil de 4,5 t). — 13. Camion pour remorquage d'artillerie lourde et transport de matériel (6 roues motrices dont 4 jumelées; charge utile, 7,2 t; poids brut, 19,2 t; 50 km/h; treuil de 18 t). — 14, Camion pour la traction de remorques de 40 t, 12 roues, servant au dépannage de chars (charge utile, 9 t; poids total, 20,5 t; 6 roues dont 4 motrices jumelées; 35 km/h; moteur Diesel; treuil de 18 t monté au centre du véhicule). — 15, Camion pour levage et remorquage de véhicules lourds en panne (6 roues motrices dont 4 jumelées; poids brut, 17 t; 72 km/h; treuil de 9 t).



ACTUELLEMENT EN SERVICE DANS L'ARMÉE AMÉRICAINE (A L'EXCLUSION DE TOUS VÉHICULES DE COMBAT)

16, Tracteur pour le remorquage de matériel lourd en terrain accidenté (poids brut, 13 t; 18 km/h; rayon d'action, 280 km; moteur Diesel; treuil de 18 t). — 17, Tracteur (4 roues motrices dont 2 jumelées; 77 km/h) traînant une semi-remorque pour transport de matériel de développement photographique. — 18, Régaleuse pour l'entretien des routes et des pistes d'atterrissage (10 t; 24 km/h; moteur Diesel). — 19, Camion pour le transport de matériel de ponts (6 roues motrices dont 4 jumelées; charge utile, 5,5 t; 58 km/h; rayon d'action, 240 km; treuil de 11 t; équipement spécial comprenant une grue hydraulique, des sections de ponts métalliques et un compresseur pour le gonflement des pontons). — 20, Tracteur à grue pour mettre en place les moteurs d'aviation (10 t; 10 km/h; moteur Diesel). — 21, Tracteur à chenilles pour creuser les fossés d'écoulement d'eau des terrains d'aviation (6,3 t; 8 km/h). — 22, Balayeuse à moteur des forces aériennes pour les aires cimentées et les pistes de terrains d'atterrissage; — 23, Tracteur lourd pour nivellement du sol (poids brut, 16 t; 10 km/h; moteur Diesel). — 24, Camion pour combattre l'incendie et dépanner les avions accidentés sur les terrains d'atterrissage (4 roues motrices dont 2 jumelées; 77 km/h). — 25, Tracteur (6 roues dont 4 jumelées; 65 km/h) traînant une semi-remorque pour approvisionner les avions en carburants (4 roues jumelées; citerne de 15 140 l; moteur pour le pompage de l'essence). — 26, Camion avec remorque pour tous travaux de terrassement exigeant l'emploi de grue, pelle, benne preneuse, dragline et sonnette (4 roues motrices dont 2 jumelées; 80 km/h; rayon d'action, 320 km; treuil de 5,5 t).

Pont arrière et pont avant

Le pont arrière est du type normal : un pignon à queue portant un pignon à denture Gleason (1) engrène avec une grande couronne calée sur la boîte du différentiel à pignons coniques. Les roues arrières sont montées sur la fusée creuse du pont et reposent sur deux roulements à rouleaux coniques types Timken. L'arbre de roue traverse la fusée et vient attaquer le moyeu par l'extérieur au moyen d'un plateau boulonné sur lui.

Le pont avant présente des particularités plus intéressantes du fait que les roues sont à la fois motrices et directrices.

Chaque extrémité du pont porte un épanouissement de forme sphérique sur lequel vient s'articuler le porte-fusée de la roue avant au moyen de deux roulements à rouleaux coniques. L'axe de pivotement est assez fortement incliné. L'inclinaison est de 7° 1/2. L'arbre de roue qui sort d'un différentiel identique au différentiel arrière attaque l'arbre entraîneur des roues au moyen d'un joint homocinétique (1). Le porte-fusée de la roue avant est assemblé au moyen de boulons sur une fusée creuse, laquelle vient s'appuyer sur le moyeu par un montage de deux roulements à rouleaux coniques. L'arbre d'entraînement de chaque roue, très analogue comme disposition à celui des roues arrières, porte à l'extrémité intérieure la tête du joint de cardan

(1) Lorsque, dans une couple de pignons coniques, deux dents rectilignes entrent en prise, il se produit un choc si les engrenages ne sont pas parfaitement taillés et parfaitement réglés. Ces petits chocs produisent dans le fonctionnement de la couple conique un ronflement désagréable.

Pour y remédier, on a imaginé de substituer des **dents courbes aux** dents rectilignes des pignons. Ces dents courbes n'entreront naturellement en prise l'une avec l'autre que progressivement et d'une façon continue. La *conduite*, c'est-à-dire l'arc de rotation pendant lequel les mêmes dents des deux pignons sont en prise, est plus grande avec une denture courbe.

La taille des pignons coniques à denture courbe se fait sur une machine du type *Gleason*, d'où le nom de denture Gleason donné à ce genre de pignon.

Quand les axes des deux pignons sont concourants (ce qui a été jusqu'à maintenant le cas le plus général), on désigne l'ensemble sous le nom de *couple Gleason* sans autre qualification.

Quand, au contraire, les axes ne sont pas concourants (dispositif que l'on emploie de plus en plus, surtout aux Etats-Unis), la couple est dite à denture « hypoïde ». Une couple hypoïde représente en somme quelque chose d'intermédiaire entre une couple normale à axes concourants et une vis tangente.

(1) Lorsque deux arbres sont réunis par un joint de cardan ordinaire, si l'arbre entraîneur tourne à une vitesse uniforme, on remarque que l'arbre entraîné a une vitesse instantanée périodiquement variable, tantôt plus grande, tantôt plus faible que la vitesse de l'arbre entraîneur. L'écart entre le maximum et le minimum de vitesse est d'autant plus grand que l'angle que font les deux arbres est lui-même plus grand; il est nul quand les arbres sont situés dans le prolongement l'un de l'autre.

Quand les roues avant d'une voiture sont motrices, l'angle que font l'arbre entraîneur monté sur le planétaire du différentiel et l'arbre entraîné calé sur le moyeu de la roue peut être considérable dans les braquages. Le défaut de constance de la vitesse relative des deux arbres impose des efforts importants au mécanisme d'une part et aux pneus d'autre part; aussi emploie-t-on pour les transmissions avant des joints spéciaux dits homocinétiques dans lesquels la vitesse relative des deux arbres est constante.

L'un des premiers joints homocinétiques utilisés en automobile est un joint français, le joint « Tracta ». Il est formé théoriquement d'un double joint ordinaire dont l'arbre intermédaire très court se trouve confondu avec la noix du cardan.

Les joints Bendix et Rzeppa sont des joints à billes où les têtes de cardan taillées d'une façon spéciale transmettent leur effort l'une sur l'autre par des billes qui se déplacent sur des chemins de roulement usinés dans chacune des têtes.

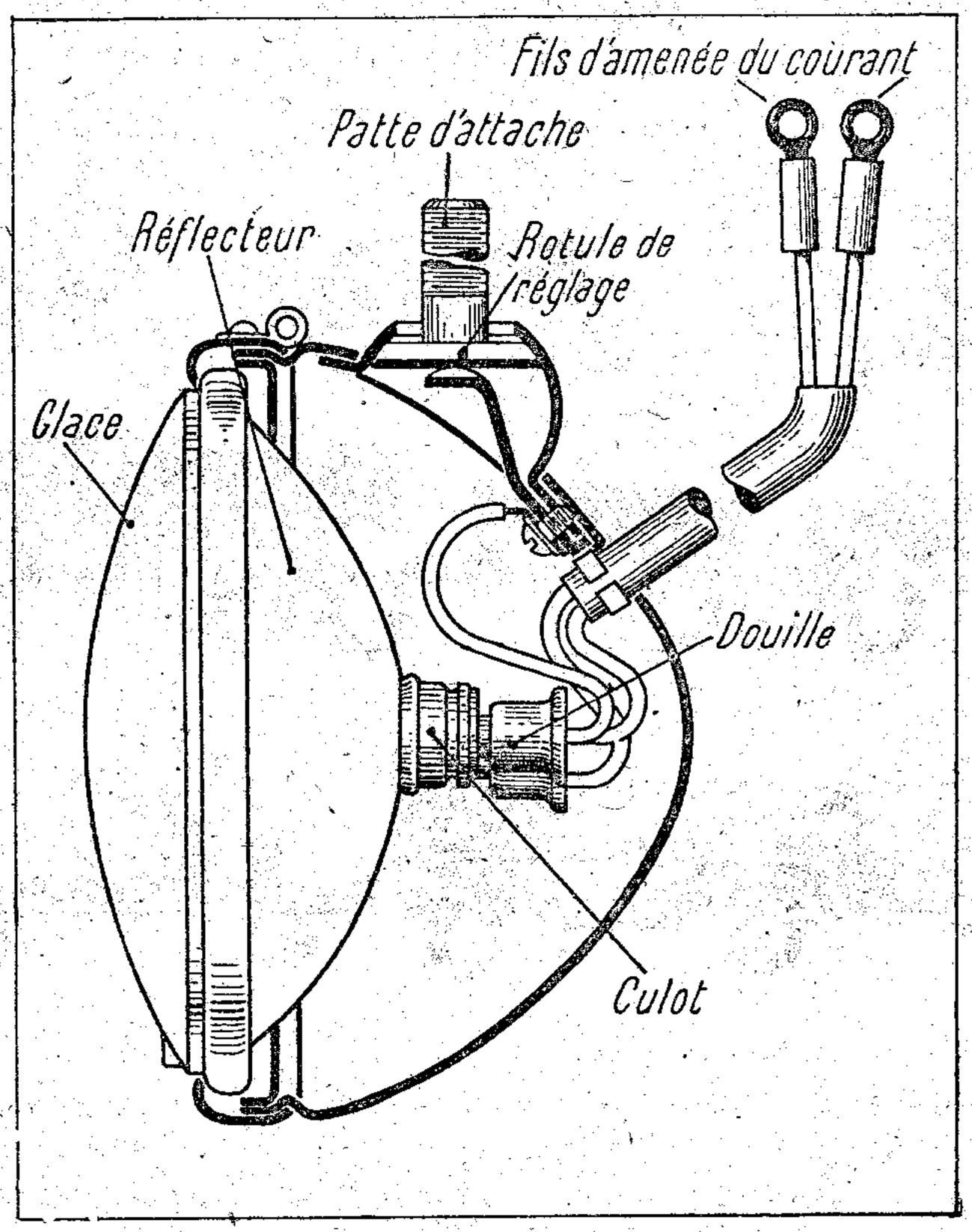


FIG. 6. — LE PHARE DE LA « JEPP »

Jusqu'en 1938 on séparait toujours les trois éléments principaux d'un projecteur à savoir, la lampe, le réflecteur et la glace. Vers 1938, les Américains ont réuni ces trois éléments en un seul. Dans les phares tels que celui qui est représenté ci-dessus, c'est l'ampoule même de la lampe qui forme : en arrière, le réflecteur et en avant la glace protectrice. A cet effet, la face arrière de l'ampoule est argentée comme un réflecteur ordinaire. Solution évidemment plus simple, plus économique comme réalisation, mais aussi plus onéreuse du point de vue entretien puisque, quand le filament de l'ampoule est hors d'usage, tout l'ensemble doit être remplacé.

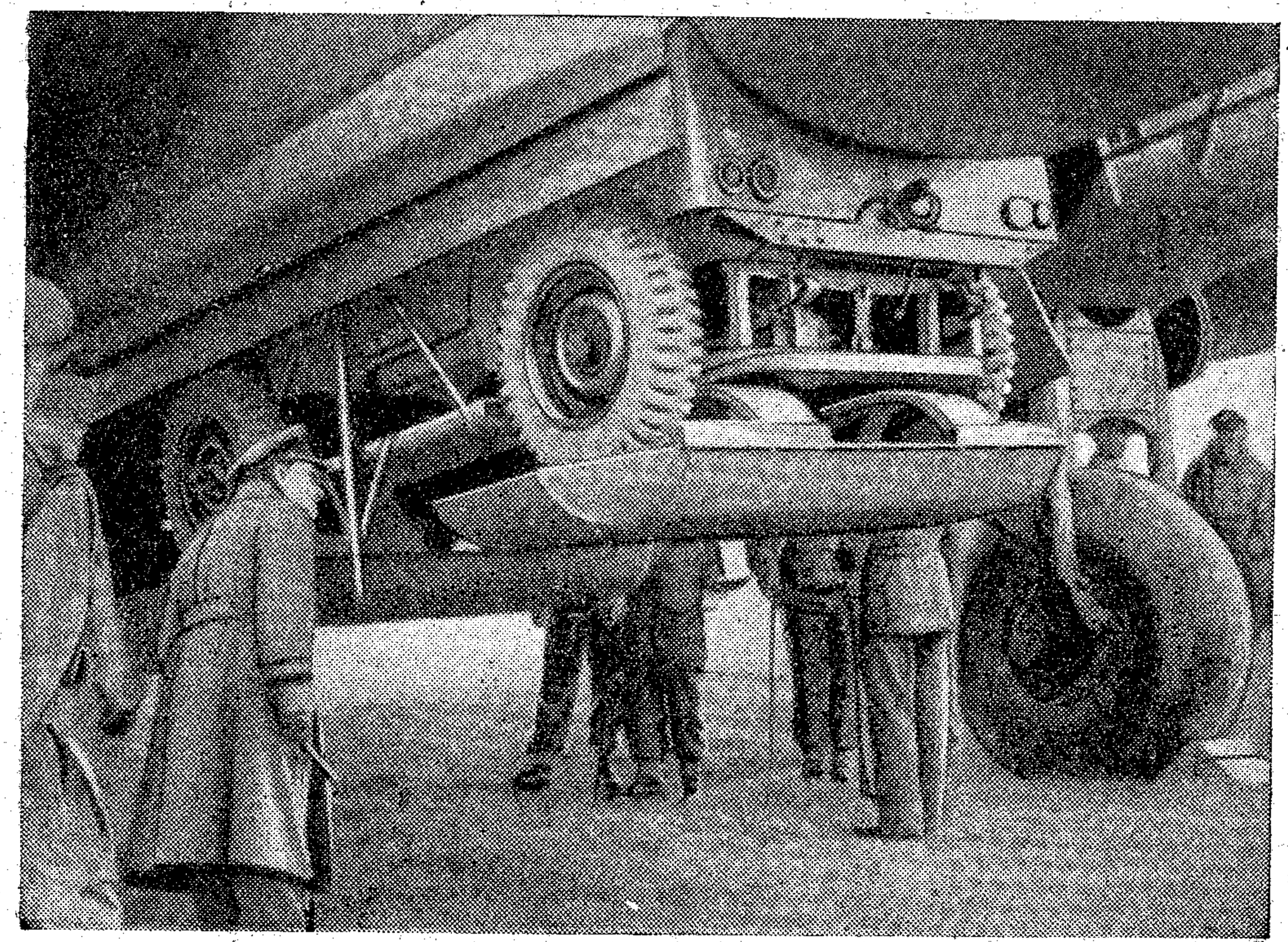


FIG. 7. — SES FAIBLES DIMENSIONS ET SON POIDS RÉDUIT PERMETTENT A LA « JEEP » DE PRENDRE PLACE DANS LES AVIONS DE TRANSPORT DE L'ARMÉE ET MÊME DANS LES BOMBARDIERS : VOICI UNE « JEEP » ENGAGÉE DANS LA SOUTE A BOMBE D'UN BOMBARDIER HANDLEY PAGE « HALIFAX » QUI VA LA PARACHUTER A DES TROUPES AÉROPORTÉES ENGAGÉES DERRIÈRE LES LIGNES ENNEMIES

et est cannelé à l'autre extrémité. Il est coiffé d'un chapeau emmanché sur les cannelures, lequel chapeau est boulonné à l'extrémité extérieure du moyeu.

Les freins à commande hydraulique sont du type Loockeed et la direction, d'un type classique, est à vis et galets.

Terminons en donnant quelques caractéristiques d'utilisation de la *Jeep*.

Sa vitesse maximum est d'environ 100 kilomètres à l'heure, elle consomme sur route 14 à 15 litres aux 100 kilomètres.

Quand on utilise les roues avant motrices, la voiture peut passer pratiquement sur tous les terrains.

Elle possède d'ailleurs l'équipement nécessaire pour se tirer d'un mauvais pas : pelle, pioche, chaîne, etc...

On le voit, il s'agit là d'un instrument de guerre qui serait difficilement utilisable d'une façon économique pour un service du temps de paix. Ne comptons donc pas sur la *Jeep* pour reconstituer notre parc d'après guerre.

Il se pourrait d'ailleurs, d'après des renseignements qui n'ont absolument rien d'officiel et sont plutôt de vagues bruits, qu'une voiture commerciale *dérivée de la « Jeep »* soit au contraire offerte au public ; il est certain, en effet, qu'une *Jeep* à roues arrières motrices seulement, débarrassée par conséquent du démultiplicateur et de toute la transmission jusqu'aux roues avant, puisse, munie d'une carrosserie convenable, être utilisée pour des fins non guerrières. D'après ces mêmes bruits, le prix de vente de cette voiture pourrait être extrêmement bas.

Mais c'est là une question qui est essentiellement d'ordre économique et pour la solution de laquelle nous devons naturellement attendre les événements.

Henri PETIT.

Au 30 décembre 1944, la flotte de guerre des Etats-Unis comprenait 61 045 navires, d'un tonnage total de 11 707 000 tonnes. En 1944 avaient été construits 39 971 navires, dont 37 724 navires de débarquement. La marine disposait à cette date de 1 167 navires de combat, soit trois fois plus qu'au moment de l'entrée en guerre de l'Amérique.

CE QU'A RÉVÉLÉ L'OSCILLOGRAPHE CATHODIQUE APPLIQUÉ A L'ÉTUDE DES NERFS

par Paul CHAUCHARD
Directeur-adjoint du Laboratoire de Neurophysiologie
de l'Ecole des Hautes-Études (Sorbonne)

Les messages électriques qui parcourent les nerfs, les « ondes d'influx nerveux », sont difficiles à enregistrer avec précision étant donné la faible durée du phénomène et la petitesse des tensions mises en œuvre. L'oscillographe cathodique, dont les applications industrielles sont maintenant innombrables et à qui nous devons en particulier la télévision, a pu être appliqué à cette étude, et ses révélations dans ce domaine ont eu une portée capitale pour notre interprétation du fonctionnement des nerfs. Deux savants américains, Erlanger et Gasser, se sont consacrés depuis vingt ans à cette technique et le fruit de leurs recherches vient de recevoir la sanction du prix Nobel de physiologie pour 1944.

L'EFFORT expérimental du dix-neuvième siècle, depuis les constatations initiales de Galvani et de Mateucci jusqu'aux expériences plus précises de Du Bois Reymond et de Bernstein, a permis de reconnaître que les messages transmis par les fibres nerveuses, ces mytérieux « esprits animaux » de l'époque de Descartes, étaient en réalité des *ondes électriques*.

Les progrès dans ce domaine ont été principalement conditionnés par les perfectionnements des appareils détecteurs, des galvanomètres. Au début, il fallait se servir d'un test biologique, la préparation nerf sciatique-muscle gastrocnémien de Grenouille, chère à Swammerdam, ou « patte galvanoscopique » ; l'électrophysique était encore dans l'enfance, il n'existait pas de galvanomètre, et Volta, méditant sur l'expérience électrophysiologique de Galvani, venait à peine de construire la première pile. Les galvanomètres classiques trop inertes n'ont donné, et souvent au prix de dispositifs indirects très ingénieux, qu'une idée très infidèle de l'onde d'influx nerveux. Il faut en arriver à l'électromètre capillaire de Lippmann et au galvanomètre à corde d'Einthoven pour obtenir une image, mais encore imparfaite, du phénomène. Plus récemment, enfin, on a utilisé des oscillographes électromagnétiques fondés sur la déformation d'une lame d'acier courte et rigide (oscillographes de Dubois et de Matthews). C'est avec de tels appareils que le physiologiste anglais Adrian a pu réaliser sa belle étude de l'activité des nerfs sensitifs, du « message sensoriel », pour laquelle il reçut le prix Nobel.

L'oscillographe cathodique

Les savants physiologiques américains Erlanger et Gasser de Saint-Louis (Missouri), qui reçoivent aujourd'hui ce prix pour leur œuvre neurophysiologique, ont été les introducteurs en physiologie d'un détecteur remarquable, l'oscillographe cathodique. Ils mirent au point en 1922 sa technique d'utilisation et dès lors, comme l'écrit A.-M. Monnier, qui a employé cet appareillage en France dès 1930, après s'être rendu auprès d'Erlanger et Gasser, l'électrophysiologie s'est trouvée dotée

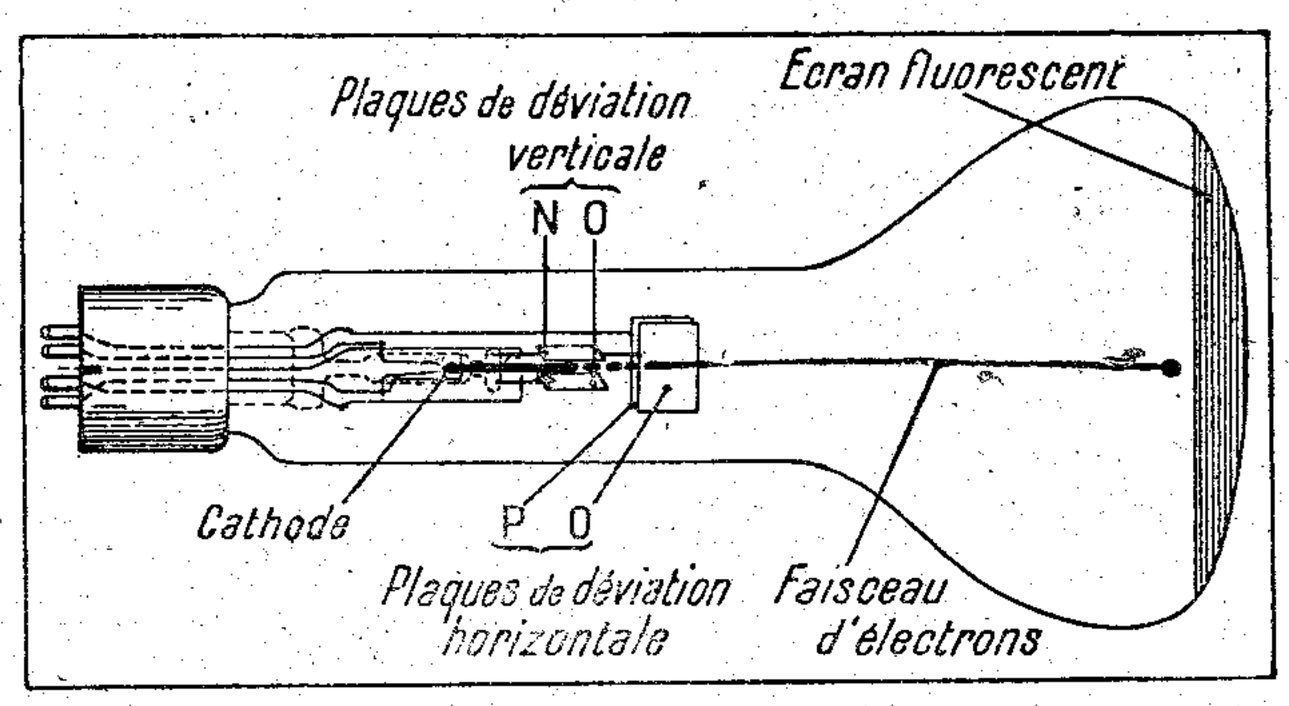


FIG. 1. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN TUBE CATHODIQUE

Le faisceau d'électrons est dévié suivant la verticale à son passage entre les deux premières plaques, et suivant l'horizontale à son passage entre les deux suivantes. A la première paire de plaques on applique la tension à étudier, et à la deuxième une tension régulièrement croissante. Le faisceau d'électrons trace sur l'écran fluorescent le graphique en fonction du temps du phénomène à analyser.

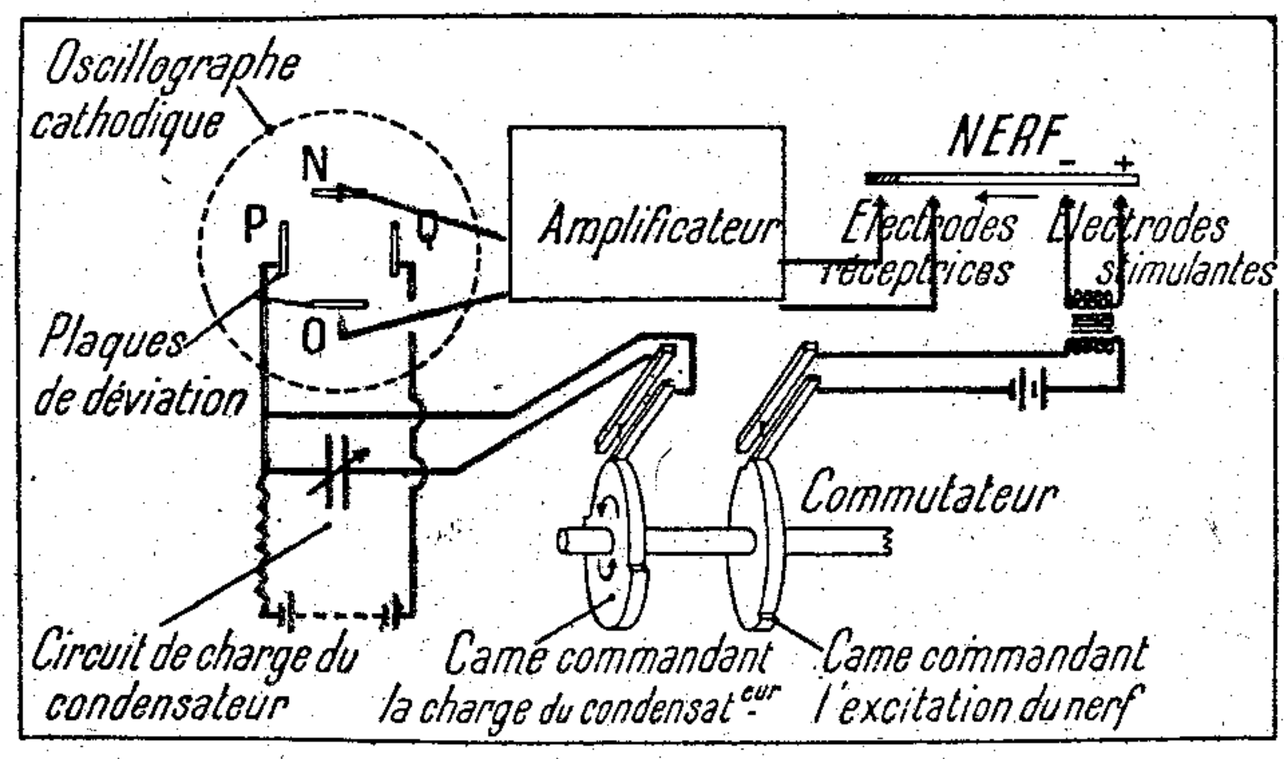


FIG. 2. — SCHÉMA SIMPLIFIÉ DE L'APPAREILLAGE D'ERLANGER ET GASSER POUR L'ENREGISTREMENT DE L'INFLUX NERVEUX D'UN NERF

Le déplacement du spot lumineux en fonction du temps est obtenu grâce aux plaques P, Q, reliées aux bornes du condensateur. Après amplification, l'onde d'influx nerveux détectée par les électrodes réceptrices est appliquée aux plaques N. O. La mise en charge du condensateur et l'excitation du nerf sont commandées par les deux cames du commutateur tournant.

d'un instrument de recherche incomparable et de fonctionnement aisé et sûr, qui se prête admirablement à la mesure de la forme du « potentiel d'action » (onde d'influx), comme de tout processus électrique transitoire et de faible amplitude.

Cet appareil, aujourd'hui d'un usage courant dans l'industrie et les laboratoires, commençait alors sa carrière. Il repose, on le sait, sur l'emploi du tube à rayons cathodiques de Braun (1897) : le faisceau d'électrons que constituent ces rayons peut être dévié si on fait agir sur son passage un champ électrique ou magnétique; la déviation peut être observée sur un écran fluorescent. C'est donc là un galvanomètre dont l'élément mobile ne possède à peu près aucune inertie, la masse des électrons étant extrêmement réduite.

Sa première réalisation pratique fut l'œuvre du physicien français Dufour (1914), mais l'appareil n'était que difficilement utilisable en physiologie, car il exigeait des électrons animés d'une grande vitesse. Pour dévier leur trajectoire, il fallait un champ électrique intense, alors que les différences de potentiel observables en physiologie sont toujours très faibles. Les physiologistes américains ont employé le tube construit par Johnson dans les laboratoires de la Western Electric C° en 1921, où les électrons ont une vitesse relativement faible (elle est encore de plusieurs milliers de km/s). Les figures 1 et 2 donnent une idée du dispositif utilisé. Les plaques horizontales N, O, dévient le spot verticalement en fonction de la tension à étudier. En appliquant en même temps aux plaques verticales P, Q, une différence de potentiel variable en fonction du temps, on provoque un déplacement horizontal du spot qui se compose avec le déplacement vertical pour fournir, sur l'écran, l'image même du phénomène; cette image est photographiée. Il est nécessaire de soumettre l'influx recueilli sur le nerf à une forte amplification avant de l'appliquer sur les plaques du tube; une différence de potentiel de 1 volt ne dévie le spot que de 1 mm. Pour les quelques millivolts de l'influx, il faudra amplifier de 3 000 à 10 000 et même 300 000 fois; on utilise pour cela un amplificateur à lampes triodes.

La décomposition de l'influx nerveux

Grâce à cette technique, les physiologistes américains constatèrent que l'influx nerveux d'un nerf complexe comme le sciatique n'est pas simple comme on l'admettait, mais composé d'une succession d'ondes se propageant à des vitesses différentes. Quand les électrodes réceptrices sont appliquées très près des électrodes stimulantes, l'onde paraît simple et unique; si on recueille l'influx de plus en plus loin, on voit l'onde se décomposer en ondes secondaires de plus en plus distinctes, comme le montre la figure 3. Ils ont déterminé tous les caractères de ces ondes, leur amplitude, leur vitesse, leur durée, leur temps perdu (1), leur période réfractaire (2), l'intensité minimum nécessaire pour les déclencher; chaque onde présente à ce point de vue des caractéristiques différentes (fig. 4). On reconnaît ainsi trois groupes d'ondes dont le plus rapide lui-même se décompose en trois ondes secondaires. Si le groupe A, par exemple, possède une vitesse de 41 m/s (pour α), de 22 pour β), de 15 (pour γ), le groupe B n'a pus que 4 et le groupe C, 0,7 m/s.

Comment interpréter ce résultat? Après leur première publication en 1924, Gasser vint à la Sorbonne et, parlant avec L. Lapicque de ses

(1) Temps de latence qui s'écoule entre le moment de l'excitation et le début de l'onde.

(2) L'excitation d'un nerf peut se trouver en défaut si elle suit de trop près une excitation précédente. La « période réfractaire » pendant laquelle un nerf ne répond plus aux excitations est toujours extrêmement brève, de l'ordre de quelques millièmes de seconde.

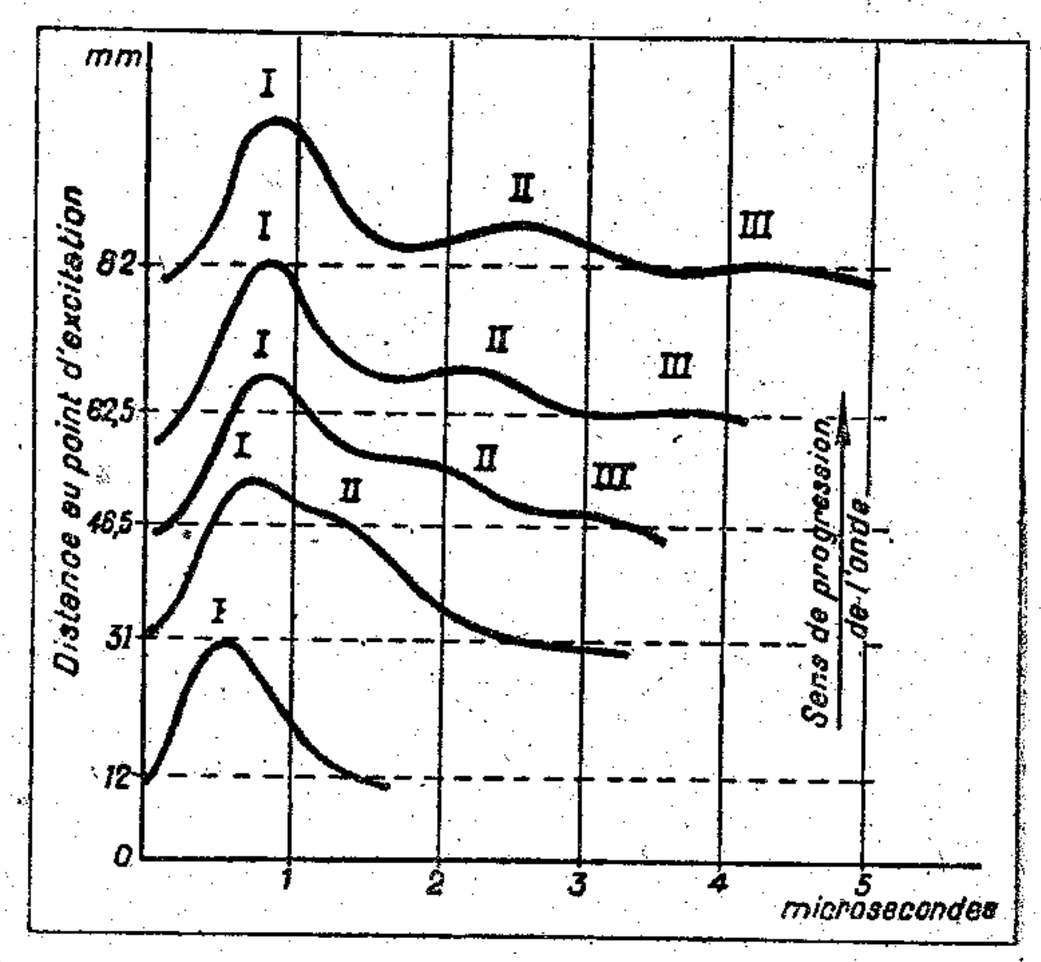


FIG. 3. — L'ONDE D'INFLUX NERVEUX SE DÉCOMPOSE EN PROGRESSANT LE LONG D'UN NERF

Ces enregistrements ont été opérés sur le nerf sciatique de la grenouille Rana Catesbiana. *On voit qu'au fur et à mesure qu'on s'éloigne du point d'excitation du nerf, des ondes secondaires (II et III) apparaissent, de plus en plus distinctes de l'onde principale (I), ce qui traduit une vitesse de propagation plus petite.*

expériences, celui-ci lui fit part d'une hypothèse qu'il avait tirée de ses recherches de 1913 avec Legendre; il y aurait un rapport entre la vitesse de l'influx et le diamètre de la fibre; les nerfs complexes qui renferment des fibres de diamètre varié correspondant aux diverses fonctions (motricité volontaire, sensibilité, sympathique) doivent donc, comme L. Lapicque l'avait prédit en 1923, avoir un influx global complexe. Le résultat d'Erlanger et Gasser confirmait heureusement cette hypothèse que L. Lapicque n'avait pas démontrée, car il n'avait pas mesuré directement de vitesses d'influx, mais des *chronaxies*, c'est-à-dire des vitesses d'excitabilité, constantes chronologiques caractéristiques de la vitesse fonctionnelle des fibres nerveuses; toute l'œuvre du physiologiste de la Sorbonne était d'ailleurs orientée dans le sens d'une différenciation chronologique des éléments organiques.

Tout de suite, Gasser et Lapicque commencèrent à comparer les résultats de l'analyse oscillographique et ceux de l'histologie. Une publication préliminaire eut lieu à la Société de Biologie. Puis Gasser, rentré dans son pays, reprit ce travail avec Erlanger, et ils purent reconstituer l'allure complexe de l'onde d'influx à partir du pourcentage des fibres de divers diamètres constituant un nerf (fig. 5).

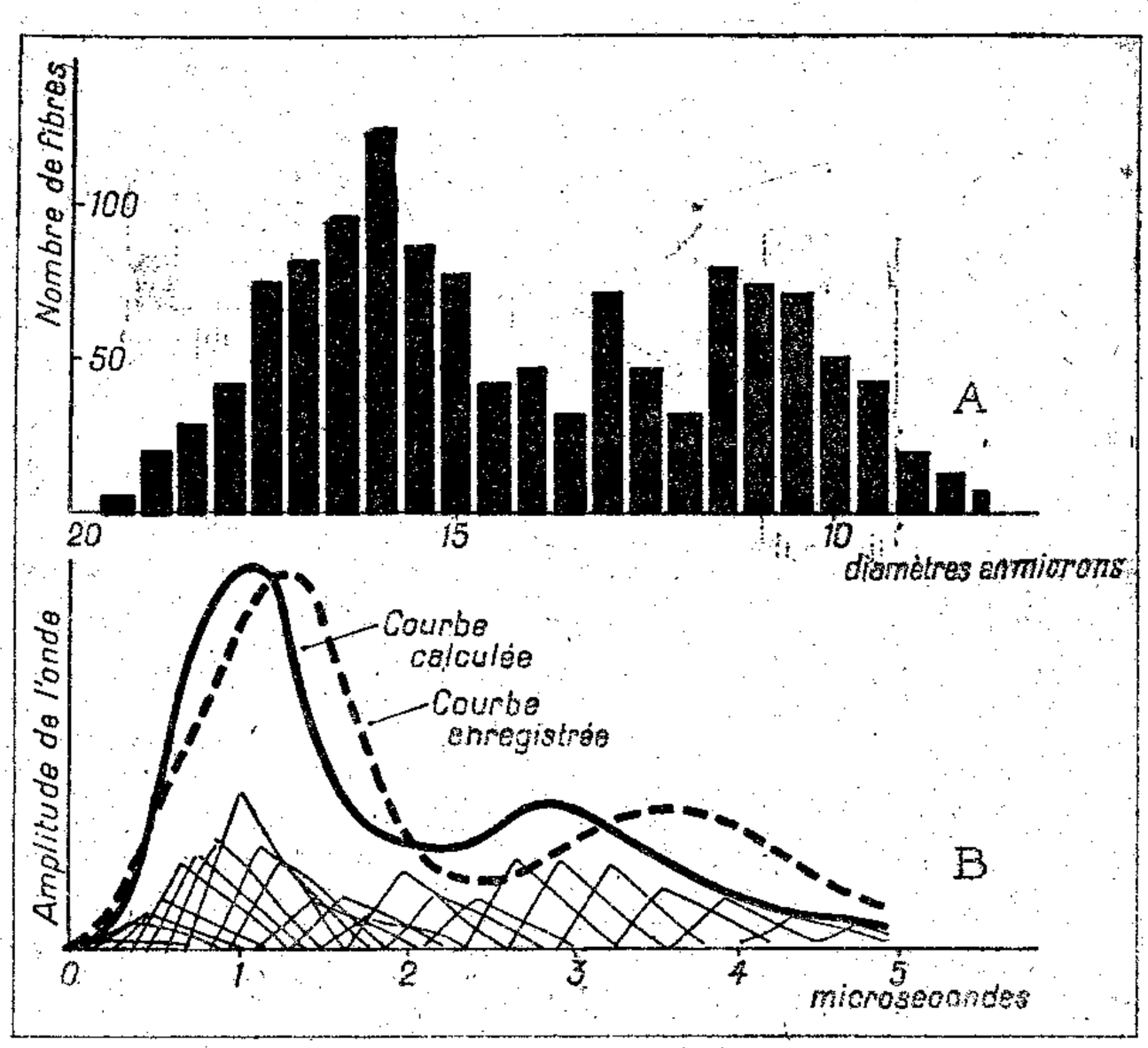


FIG. 5. — COMMENT ON PEUT RECONSTITUER L'ONDE D'INFLUX NERVEUX D'APRÈS LES DIAMÈTRES DES FIBRES CONSTITUANT UN NERF

Un nerf est essentiellement constitué, non par une fibre nerveuse unique, mais par un très grand nombre (plusieurs milliers) de fibres. Celles-ci n'ont pas toutes le même diamètre, et le graphique A montre, pour le nerf péronier de la grenouille Rana Catesbiana, *la répartition statistique de ces diamètres entre les fibres. La vitesse de propagation de l'influx variant avec le diamètre, Erlanger et Gasser ont pu, en partant du graphique A, reconstituer par le calcul la forme caractéristique de l'onde d'influx (la courbe ainsi calculée est en trait plein, et la courbe réelle en pointillé).*

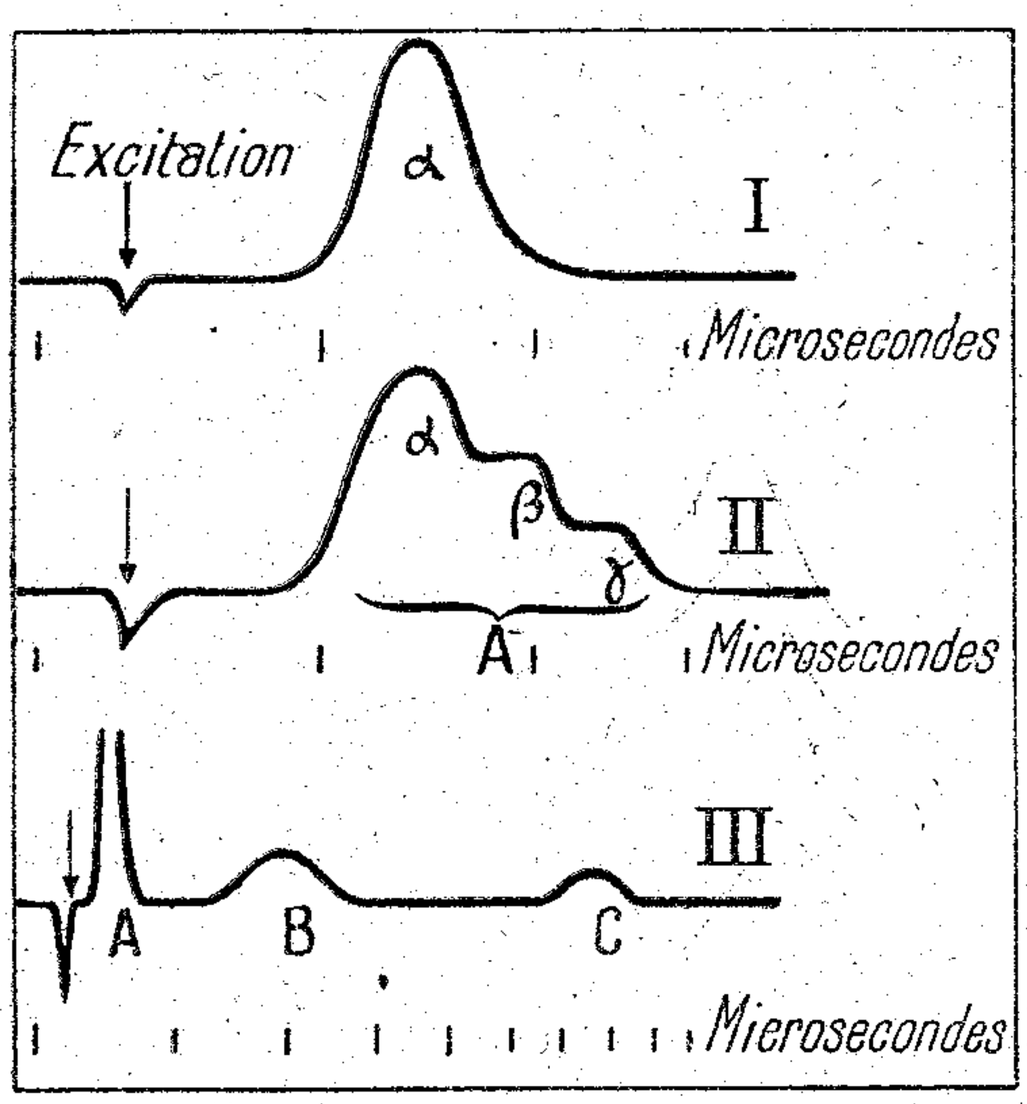


FIG. 4. — ONDES D'INFLUX NERVEUX PROVOQUÉES PAR DES EXCITATIONS DE PLUS EN PLUS FORTES

Ces courbes ont été relevées par Erlanger et Gasser à l'aide de nerfs sciatiques de grenouilles. En I, une excitation faible ne fait apparaître qu'une onde. En II, déjà se séparent les trois ondes α, β, γ, appartenant toutes trois au même groupe A. En III, la force de l'excitation provoque l'apparition, à côté de l'onde A qui déborde les limites de l'écran, de deux ondes lentes B et C.

Pour les groupes précédents, on aurait des diamètres de 18,5, 14, 11, 6 et 4,5 mm. Sans diminuer en rien les mérites expérimentaux d'Erlanger et Gasser, il nous a semblé utile de bien rappeler le rôle essentiel de cette collaboration franco-américaine dans l'interprétation des faits. Continuant à travailler cette question, L. Lapicque est d'ailleurs parvenu à expliquer ce rapport entre vitesse et diamètre. On nous permettra d'espérer que la si importante contribution apportée par le maître de la Sorbonne à l'électrophysiologie, œuvre si riche en conséquences théoriques et pratiques, qui ne cesse de se développer depuis une quarantaine d'années et que seule la persécution nazie faillit arrêter, ne tardera plus à recevoir à son tour l'éclatante récompense du prix Nobel.

Le mémoire le plus important des auteurs américains parut en 1927; depuis cette date, ils n'ont pas cessé, avec la méthode qu'ils ont mise au point, d'étudier divers nerfs, d'y rechercher les propriétés des fibres constituantes, faisant progresser nos connaissances, et dans le domaine de l'excitabilité et de la conductibilité nerveuse, et en ce qui concerne divers points de physiologie. Pendant ce temps, l'oscillographe cathodique devenait l'instrument obligatoire des neurophysiologistes, et les chercheurs du monde entier se trouvaient ainsi tributaires des physiologistes américains. En 1938, Erlanger et Gasser ont condensé leur œuvre en un livre : « Electrical signs of nervous activity » destiné à devenir classique.

C'est donc à très juste titre que le prix Nobel est venu les récompenser de leur long et fructueux labeur.

Paul CHAUCHARD.

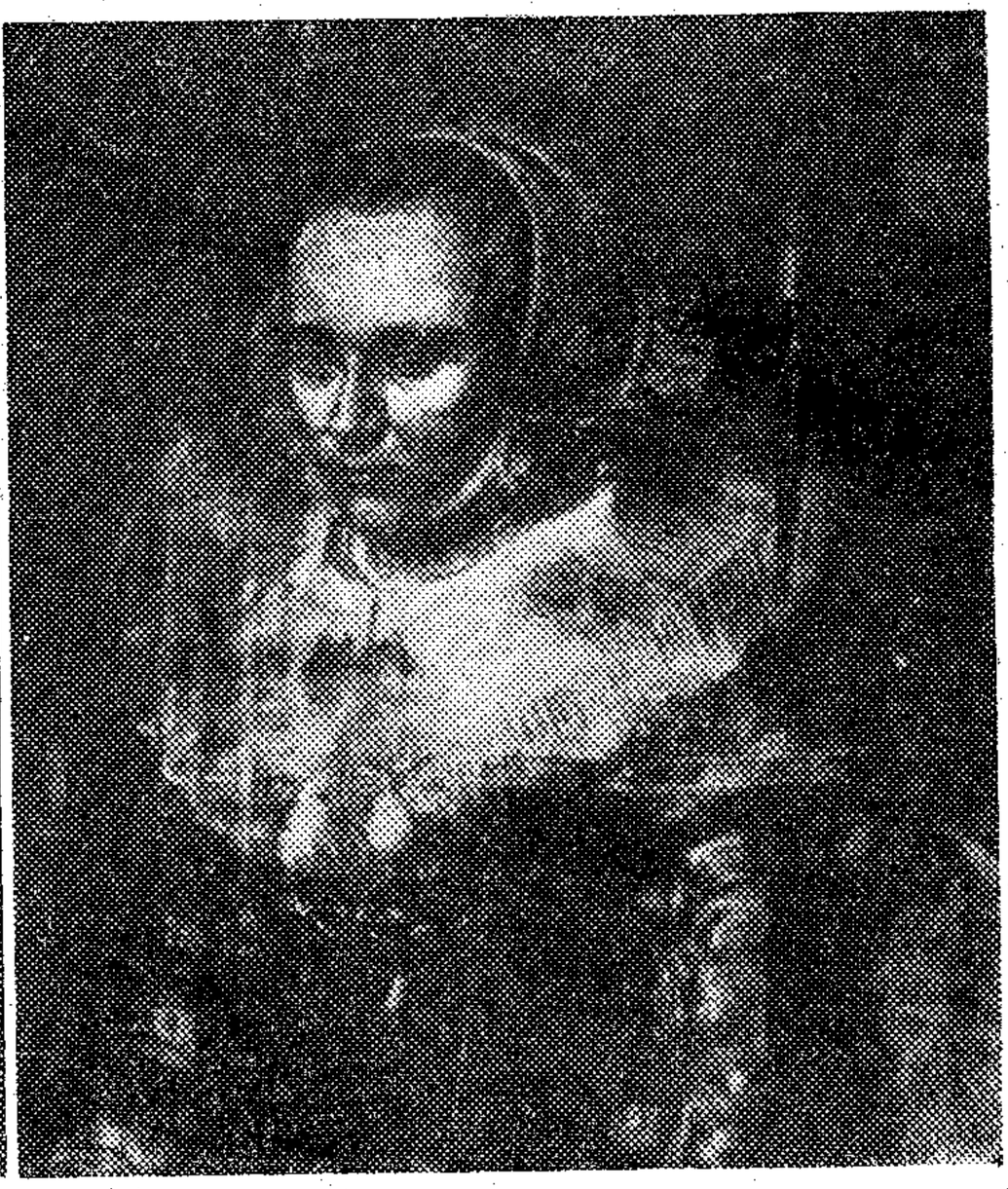


FIG. 1. — PORTRAIT D'ANNE VAN BLEYSWIJK (MUSÉE FRANS HALS A HARLEM)

A gauche : L'œuvre telle qu'elle est exposée au public. — A droite : La radiographie du même tableau révèle la collerette originale, en forme de disque tuyauté. Cette collerette et la coiffe ont été remplacées plus tard par une collerette et une coiffe d'une autre forme, peut-être à la demande du modèle. (D'après « Mouséion ».)

L'ANALYSE SCIENTIFIQUE DES PEINTURES

par Jacques WILHEM

Le progrès scientifique a fourni à l'artiste des matériaux nouveaux et des techniques d'expression inédites. Il a mis aussi à la disposition de l'historien de l'art des moyens de contrôle particulièrement précis et puissants. Il permet, en effet, l'identification des œuvres des grands maîtres de la peinture dont les dommages du temps ou le travail plus ou moins habile des retoucheurs font douter de l'authenticité, et révèle impitoyablement les efforts intéressés des faussaires. Microphotographie et photographie en lumière rasante mettent en évidence la facture caractéristique d'un Watteau un d'un Vélasquez, tandis que l'analyse chimique ou spectrale contrôle la composition des couleurs, laquelle a varié, on le sait, avec les époques. La radiographie découvre les retouches les plus légères et apprécie parfois approximativement les dates successives de leur application sur la toile primitive, tandis que l'examen en lumière ultraviolette précise la nature des teintes utilisées, souvent particulières à tel ou tel peintre illustre. Si toutes ces méthodes, malgré leur précision, n'autorisent souvent pas des conclusions définitives, elles n'en constituent pas moins de précieux auxiliaires pour l'œil du critique et de l'historien d'art en étayant leur verdict d'arguments irréfutables.

L'HISTORIEN d'art juge d'abord d'une peinture grâce à son sens esthétique et à son instinct critique. L'un et l'autre sont le fruit de dons innés mais aussi d'une éducation de l'œil formé par la connaissance et la comparaison de nombreuses œuvres. L'identification d'une toile, avec le maximum de probabilités, est le fait de la rencontre d'avis autorisés. Seules une filiation suivie sans la moindre rupture ou l'existence de documents écrits permettent une certitude absolue. Bien rares sont les œuvres escortées d'un tel bagage. Les pro-

grès de la science apportent un aide précieuse à l'historien d'art. Le premier pas a été franchi, dès le milieu du XIXe siècle, grâce à l'invention de la photographie. Au lieu d'une gravure ou d'une description peu fidèles, l'historien d'art a eu entre les mains la reproduction exacte, à la couleur près, d'un tableau. Mais il fallut attendre plusieurs dizaines d'années pour que les procédés de clichage permissent de multiplier ces images en grand nombre dans des ouvrages illustrés et de faciliter ainsi la comparaison des œuvres. Ce n'est qu'en 1897 que la découverte de la radiographie fut appliquée pour la première fois, à Munich, à l'examen d'une peinture. Cette expérience n'aboutit que beaucoup plus tard à une utilisation pratique. C'est encore à Munich que les restaurateurs de la Pinacothèque commencèrent à employer couramment ce procédé, mais ce grand musée ne posséda son propre outillage qu'en 1924.

Depuis le début du siècle, des historiens d'art et des ingénieurs de divers pays s'étaient livrés à des expériences isolées sur des tableaux anciens. Peu à peu, d'autres techniques furent employées à des recherches et la microphotographie, l'analyse chimique ou spectrale, les rayons ultraviolets apportèrent leur contribution à l'identification des œuvres d'art. Des laboratoires furent installés dans quelques musées. Celui de Dijon date de 1923. Au Louvre, M. Cellerier se livra à certaines expériences. En 1931, un laboratoire important organisé par le Dr Maïnini, de l'Université de Buenos-Ayres et le Dr Perez, ambassadeur d'Argentine, fut inauguré dans notre grand musée national. En 1930 se réunit, à Rome, un congrès international pour l'étude des méthodes scientifiques appliquées à l'examen et à la conservation des œuvres d'art. Ses travaux constituèrent une mise au point des expériences réalisées à cette date et des découvertes qu'elles avaient permises.

La photographie au service de l'expertise des peintures

Etudier un tableau, c'est d'abord le regarder à l'œil nu. L'examen qualitatif du style et de la technique permet d'émettre une hypothèse, une attribution de date et d'école, et parfois de supposer un auteur connu.

L'œuvre doit ensuite être étudiée sous toutes ses faces, châssis, support de bois, de carton ou de toile, préparation, matière picturale et vernis. Ceci est du domaine de la simple expérience pratique.

La science intervient à son tour pour aider la puissance visuelle à l'aide de la loupe, du microscope simple ou stéréoscopique. De nombreux détails apparaissent alors, empâtements, trajets du pinceau, craquelures, nature du support, etc... Afin de faciliter cet examen, les ressources de l'éclairage sont mises en œuvre; éclairage de face, de biais, lumière rasante. Des écrans permettent de concentrer cette lumière en raies, en pinceaux, promenés sur la toile afin de fixer l'attention sur un point de la composition. Sous ces diverses incidences, certains détails invisibles à la lumière du jour se révèlent.

Cet examen, pour garder une valeur durable, doit être fixé par la photographie. Agrandies, tirées sur des papiers de qualités diverses, ou sur pellicule pour les autochromes, photographies diverses et micrographies prendront place dans le dossier de chaque œuvre étudiée.

Les photographies en lumière rasante fournissent des renseignements précieux. Les différences d'épaisseur les plus infimes prennent sous cet éclairage un relief saisissant. Il arrive qu'une signature invisible à l'œil nu soit ainsi révélée. Ce fut le cas d'un « Jugement de Pâris », donné à Rubens sans preuve absolue, et sur lequel apparut sa signature avec la date du 1er juin 1619.

C'est grâce à la microphotographie que le professeur Laurie a pu préciser le « graphisme » de Rembrandt. Il exécute d'abord, d'après des toiles indiscutables de ce maître, des microphotographies de détails, chairs, draperies, fourrures, fonds, etc... La même opération est renouvelée pour des œuvres dont il s'agit de vérifier l'attribution au même artiste. Les documents obtenus sont assemblés côte à côte en une sorte de mosaïque (voir fig. 2). Ainsi les moindres différences de direction, de pesanteur, de finesse et de sûreté du coup de pinceau apparaissent. Des résultats particulièrement exacts sont obtenus en confrontant des détails de toiles datées avec certitude d'années voisines, avec des détails d'œuvres attribuées au peintre et qui, par leur style apparent, semblent se rattacher à cette période. Des tableaux de disciples ou d'imitateurs, de Ferdinand Bol, par exemple qui, à l'œil nu ou à la loupe, peuvent passer pour de vrais Rembrandt, révèlent ainsi des différences très nettes de facture.

Les microphotographies en lumière rasante ont permis à M. Perez de découvrir sur la matière picturale la marque des doigts ou de la paume de certains maîtres. Il est ainsi parvenu à établir un répertoire de dactylogrammes de Bellini, Pinturricchio, Vinici Solario. Il n'est naturellement tenu compte de ces traces que lorsqu'elles sont incrustées dans la peinture et non dans le vernis qui a pu être remplacé.

L'examen des craquelures fournit également des indices importants au sujet de l'authenticité d'un tableau. On a pu, grâce au microscope, dresser un catalogue des divers aspects qu'elles offrent suivant la composition des couleurs et des vernis. De fausses craquelures peuvent être produites par divers procédés artificiels, changements brusques de température, addition au vernis d'un siccatif très fort, produisant son effet de façon rapide. Ces craquelures présentent, sous le microscope, des tracés caractéristiques. Elles n'entament pas profondément la matière picturale, contrairement aux craquelures authentiques. Le plus souvent, d'ailleurs, elles sont seulement imitées au pinceau. Enfin, les repeints importants, même lorsqu'un faussaire a pris soin de les craqueler, montrent un réseau différent de celui qui couvre le reste de l'œuvre. Toutes ces contrefaçons résistent difficilement à un examen sous le grossissement de 40 à 120 diamètres du pinacoscope du Dr Pérez (1).

L'analyse chimique

Les méthodes d'analyse chimique ont été, sinon mises au point, du moins améliorées depuis quelques années. Ces recherches sont délicates par le fait qu'elles obligent à des prélèvements de matière picturale qui, bien qu'infimes, peuvent difficilement être effectués sur des œuvres de grande valeur artistique, ou seulement sur les bords du tableau. Les procédés d'analyse sont ceux employés dans tous les laboratoires. Des réactions très simples peuvent être pratiquées sur des particules détachées. Mais, dans le cas

(1) Le pinacoscope est un microscope qui permet d'examiner sur place les tableaux, grâce à un éclairage spécial enfermé dans son socle.

qui nous occupe, elles ne peuvent renseigner sur l'ensemble des corps entrant dans la composition de la peinture et ne sauraient être que d'ordre qualitatif.

L'analyse spectrale

L'analyse spectrale offre des ressources plus étendues. Le procédé est fort connu, qui consiste à faire passer à travers un prisme les radiations émises par une particule de matière rendue incandescente et à examiner sur un écran les raies colorées obtenues. La présence de certains corps contenus dans la matière picturale est ainsi révélée et permet de déceler, à l'aide des connaissances acquises sur la composition des couleurs employées à une époque donnée, leur concordance avec le style de l'œuvre.

Les rayons X révèlent la genèse d'une toile

L'utilisation des radiations invisibles dans l'analyse des peintures est assurément la méthode qui frappe le plus vivement l'esprit du public. Si celui-ci ne peut juger des résultats d'une analyse chimique ou spectrale, voire même d'un examen microscopique, il est intéressé par l'aspect inattendu qu'offrent des toiles retouchées ou certains tableaux peints pardessus des œuvres plus anciennes photographiés sous les rayons X ou ultraviolets. Il est cependant nécessaire de réfuter quelques opinions courantes. Beaucoup de gens croient que l'application de ces procédés scientifiques permet de déterminer à coup sûr l'authenticité d'une peinture, son âge et son auteur. Les résultats obtenus sont rarement aussi décisifs.

FIG. 2. — LA MICROPHOTOGRAPHIE ET L'IDENTIFICATION D'UN TABLEAU

Cette microphotographie d'un fragment d'une peinture de Rembrandt, auquel on a juxtaposé un fragment d'une autre peinture du même maître, montre l'identité absolue de « facture ». Cette identité apparaît nettement des deux côtés de la diagonale, en bas à droite. (D'après « Museion ».)

Quelque précieux qu'ils puissent être, les renseignements fournis par la radiographie de la majorité des tableaux sont d'une valeur analytique assez réduite. Ce fait tient à la nature des rayons X qui, grâce à leur grand pouvoir de pénétration, qu'il est d'ailleurs possible de faire varier, traversent plus ou moins complètement la matière picturale, les vernis et même les supports. Ces couches diverses se révèlent par transparence. La radiographie d'un tableau fait souvent apparaître, à travers l'image légère du sujet représenté, le châssis ou les fragments de toile recollés et, en noir, les clous ou autres particules métalliques qui servent à fixer certains châssis. En effet, plus le poids atomique d'un corps est élevé, plus celui-ci arrête les rayons. Quelques substances comme la céruse, le vermillon et d'autres couleurs à base de sels métalliques s'opposent également à leur passage de façon plus ou moins totale, suivant l'épaisseur de leur couche. Les couleurs végétales, ne s'opposant que faiblement au passage des rayons, apparaissent en gris légers. Ainsi, les retouches ne seront décelées que si elles ont été effectuées avec des couleurs d'un poids atomique plus élevé que celui des couleurs employées pour l'œuvre elle-même. Il est donc aisé de comprendre que, si la radiographie permet de déceler la présence de certains corps dans la composition des couleurs employées par l'artiste ou le faussaire, en réalité une telle analyse est fort difficile, ces couleurs étant rarement à l'état pur.

La propriété de révéler, grâce à ces différences de poids atomique, une œuvre dissimulée sous une seconde couche de peinture, constitue, aux yeux du public, l'intérêt principal de la radiographie. Les deux couches apparaissent par transparence et l'étonnement est grand de distinguer, sur la même pellicule, une vierge à l'enfant de la Renaissance et un paysage du XVIIIe siècle. Mais les cas de ce genre sont fort rares, bien qu'ils soient les seuls à être l'objet d'une publicité qui dépasse le cadre des revues techniques. Rien d'ailleurs ne permet de supposer que le sujet ainsi révélé soit d'une grande valeur artistique. Beaucoup d'artistes ont utilisé de vieilles toiles, les leurs ou celles d'autres peintres, pour éviter d'avoir à préparer une toile neuve. Ils se sont parfois servis d'un fragment d'une composition plus vaste. Le mystère dissimule souvent une médiocre réalité.

Il est cependant curieux de noter quelques-unes

FIG. 3. — PORTRAIT D'HOMME, PAR PALMA VECCHIO (MUSÉE DE WORCESTER)

La photographie du haut montre ce portrait tel qu'il avait été acquis par le musée. Une radiographie révéla que la position originale de la tête était différente. La photographie du centre représente le tableau en cours de restauration et les fragments des deux têtes superposées, tournées en sens opposé. En bas, le portrait ayant retrouvé son aspect original.

des découvertes les plus intéressantes qui ont été faites grâce aux rayons X.

« L'homme à la cage » du Musée de Strasbourg, attribué à Mathias Grunewald, est un tableau exécuté en deux temps. Le peintre a utilisé un panneau représentant un chat en arrêt devant une cage contenant un oiseau. Il a repeint ensuite sur ce chat un buste d'homme. La première œuvre est de peu d'années antérieure à sa transformation, et sans doute aussi de la main de Grunewald. Il faut d'ailleurs ajouter que le simple examen visuel du panneau révélait déjà par des détails de relief qu'une modification y avait été apportée. Cette première remarque a conduit à la découverte, en incitant à radiographier ce panneau.

Un Saint-Jean-Baptiste appartenant à la Galerie Royale de Florence, avait été entièrement repeint à deux reprises. L'œuvre paraissait dater du XVIIe siècle, mais certaines anomalies de facture attirèrent l'attention. Elle fut radiographiée et l'on acquit ainsi la certitude qu'une autre peinture, en bon état, se trouvait dessous. Les repeints furent enlevés et l'on fut en présence d'un nouveau Saint-Jean de type analogue, mais antérieur au moins de trois siècles. Une nouvelle différence de style entre le visage et les vêtements du personnage ainsi révélé poussa à approfondir l'enquête. Ce visage semblait dater du XIVe siècle et les vêtements de la fin du XIIIe. On parvint à effacer le visage et à retrouver la peinture primitive dans un excellent état de conservation.

Un autre tableau, provenant de l'église de Rémole, en Italie, montrait, à la base d'une Vierge à l'enfant du XIIIe siècle, deux saints agenouillés d'un type plus moderne. Ils avaient été ajoutés en 1761, et l'on découvrit en-dessous, intacts, deux petits personnages du XIIIe siècle.

Ainsi, l'un des plus grands avantages de la radiographie consiste à guider le travail du restaurateur en lui révélant ce qu'il trouvera sous les repeints et si le nettoyage complet doit être tenté, mais de simples retouches ne sauraient apparaître, puisqu'elles suivent exactement le même dessin.

L'histoire d'un tableau du Musée Rath, à Genève, mérite d'être contée afin de mettre en garde contre des restaurations trop audacieuses. Il s'agit d'une œuvre de De la Rive, peintre suisse de la fin du XVIIIe siècle. Le journal de ce peintre a été conservé. Il tenait un catalogue de ses œuvres. A la date du 7 janvier 1790, sous la lettre A, figure cette description de la toile : « Vue prise depuis Sècheron, le coteau de Cologny, le môle, les Glacières, la Famille de Tournes-Sellon. Il a été remis à M. de Tournes, dès qu'il a été sec, pour 100 louis. » Cependant, à la place de la famille de Tournes, on ne voyait qu'un superbe troupeau. Le mystère s'éclaircit à la lecture d'une seconde note : « 1810. Janvier, le 26. Terminé les changements que Mme de Puck m'a demandés au tableau A de 1790. A la place de toute la famille de Tournes, j'ai peint un troupeau de 24 animaux, bœufs, vaches, chèvres et moutons. » Ce texte fit songer à enlever ces malencontreuses additions et à retrouver les châtelains sous le bétail. Cependant le conservateur hésitait. Il eut raison, puisque 20 ans après, une radiographie révélait que le groupe familial avait été gratté et qu'un nettoyage complet aurait abouti à une catastrophe.

Si les tableaux entièrement recouverts d'un sujet nouveau sont rares, par contre les modifications apportées à certains thèmes considérés

comme peu aimables, ou trop galants, sont fréquents. Il a suffi d'une grand'mère pudibonde du règne de Louis-Philippe pour faire munir de guimpes les décolletés abondants de ses aïeules du dix-huitième siècle; et d'un joyeux vivant pour transformer en héros de chanson à boire, tenant sa coupe à la main, un Samson de Frans Hals du Musée d'Edimbourg, élevant au dessus de sa tête la mâchoire d'âne légendaire. Aujourd'hui, coupes et guimpes peuvent être aisément révélées et effacées.

Parfois de tels examens sont d'une utilité très grande pour la connaissance de la genèse d'une œuvre, ou la découverte de toiles considérées comme disparues. Sous un beau portrait de Rembrandt par lui-même, on a pu distinguer une figure de femme âgée, œuvre du même maître. On discerne souvent ainsi les repentirs d'un peintre, parfois même le trait de son dessin. Un récit d'un ancien biographe de Raphaël raconte que l'artiste eut ou crut avoir un jour une vision de la Vierge. Emerveillé, il s'empressa de la fixer dès qu'il le put par un tableau. Puis, craignant de commettre un sacrilège en mettant une telle image sous les yeux de ses contemporains, il recouvrit cette peinture d'un second sujet. On a cru, il y a quelques années, vérifier cette légende, en distinguant, sous une œuvre du peintre, une belle Vierge qui semblait de sa main. Mais, ici, un cas de conscience se posa. Fallait-il anéantir la seconde œuvre afin de retrouver la première qui, peut-être, ne la vaudrait pas? Aucune restauration ne fut tentée, et l'énigme subsiste toujours.

L'examen en lumière ultraviolette

Les rayons ultraviolets sont produits par une lampe à vapeur de mercure, appareil fort simple, peu coûteux, et que de nombreux amateurs possèdent aujourd'hui. Leur faible pouvoir de pénétration ne leur permet pas de traverser la matière picturale, ni son support. Leur effet est limité à la surface visible du tableau. Ils sont également réfléchis par certaines substances transparentes à l'œil nu comme les vernis, les huiles, les agglutinants de diverses sortes, lorsque ceux-ci sont de quelque ancienneté. Par contre, les vernis modernes ne les réfléchissent pas. Cet effet est dû à un phénomène de polymérisation de la résine ou de l'huile, qui ne se produit dans ces substances qu'au bout d'un certain nombre d'années.

Sous les rayons de la lampe, un certain nombre de couleurs deviennent fluorescentes, le plus souvent en changeant de ton. Ce phénomène ne se produit pas pour les couleurs de la tranche chaude, celles qui vont du rouge au jaune. Ces dernières forment donc des taches mates. Au contraire, les blancs de zinc ou de céruse, le jaune indien, sont les plus brillants. Les bleus, les verts, les violets brillent également. Un œil exercé parvient à reconnaître la présence de certains composants grâce à ces différences de luminosité et à des colorations caractéristiques comme celle du blanc de zinc, par exemple, qui se transforme en jaune canari. Or, ce blanc ne fut employé qu'à partir de 1840. De tels rensei-

FIG. 4. — L'HOMME A LA CAGE DE MATHIAS GRUNEWALD (MUSÉE DE STRASBOURG)
La radiographie de gauche montre que le personnage du tableau actuel (à droite) a été superposé à une silhouette de chat guettant au bas de la cage.

gnements peuvent être interprétés pour dévoiler le travail d'un faussaire, une restauration ou une copie modernes.

Les vernis anciens interposent un voile lumineux mais trouble entre la matière picturale et l'œil de l'observateur. Cette propriété est précieuse, car elle permet de dévernir un tableau sous la lampe en contrôlant l'opération au fur et à mesure de son développement, puisque ce voile trouble disparaît en même temps que le vernis. L'âge de ce dernier peut être approximativement établi par sa fluorescence plus ou moins accentuée. D'une manière générale, les repeints forment sur la surface du tableau une série de taches sombres. Il faut pourtant une grande expérience pour déceler la cause de toutes ces taches qui parsèment le tableau et ne pas confondre leurs origines. Il est curieux de constater combien peu d'œuvres, même parmi les plus authentiques, sont indemnes, d'autant plus que les restaurateurs de jadis n'hésitaient pas à badigeonner une surface relativement importante pour cacher le plus minuscule accident, afin d'amener graduellement leurs retouches à se fondre avec les couleurs voisines.

L'emploi des rayons ultraviolets est d'ailleurs plus récent que celui des rayons X. Certains techniciens déclarent puiser plus de renseignements dans l'usage des premiers que des seconds. Les deux méthodes en réalité se complètent fort bien et l'une ne remplace pas l'autre. Les effets des rayons ultraviolets sont fixés par des photographies exécutées à l'aide d'un appareil à objectif de quartz.

Ce rapide aperçu des méthodes d'analyse scientifique actuellement en usage dans les laboratoires annexés aux grands musées ne saurait prétendre à les exposer en détail. Mais, dorénavant, les photographies faites sous les rayons X ou ultraviolets, viennent, avec les résultats des analyses chimiques, compléter le dossier de chaque tableau. Il est désormais permis de connaître la genèse d'une œuvre, ses modifications éventuelles. Des répertoires sont peu à peu établis, précisant la composition des couleurs employées à chaque époque, et même par chaque artiste. La présence de couleurs en usage au XIXe siècle sur une toile présumée du XVIe siècle peut amener à déceler l'œuvre d'un faussaire. Si habile qu'il soit, celui-ci commettra toujours quelque erreur technique qui engendrera la suspicion. Quantité de faux Van Gogh ont été décelés par l'examen microscopique et radiographique. Ce fut l'occasion d'un procès célèbre.

Il ne faut pas négliger davantage le rôle que l'analyse scientifique est appelée à jouer dans la conservation des œuvres modernes, en révélant aux artistes les couleurs sujettes à variations, les vernis ou les huiles qui provoqueront des craquelures désastreuses, bref toutes les substances susceptibles d'attenter à la vie d'un tableau.

L'historien d'art trouve désormais un auxiliaire précieux à ses travaux dans la présence d'un laboratoire établi à proximité d'un important musée. Mais ces études en sont encore à leur période expérimentale et l'analyse scientifique n'a d'utilité qu'entre les mains d'un spécialiste habile, doublé d'un historien d'art. Cette double formation est indispensable à qui veut interpréter les renseignements fournis par les appareils modernes.

Jacques WILHELM.

✦ Il suffit de donner à une poule un peu de sulfamide (un demi comprimé de « septoplix », par exemple, mélangé à la nourriture de chaque jour) pour lui faire pondre des œufs sans coquilles. La sulfamide inhibe un ferment, l'anhydrase, nécessaire à la formation de la coquille calcaire. Fait remarquable, un médicament très voisin chimiquement, la sulfapyridine (Dagénan), est sans effet.

✦ On tue un lapin par paralysie intestinale en lui donnant une alimentation artificielle, contenant en quantité convenable tous les éléments nutritifs nécessaires, mais totalement absorbables, sans laisser de déchet. Il suffit d'ajouter à ce même régime une substance inerte, telle que du papier filtre, pour que l'intestin fonctionne de façon normale et que l'animal reste en parfaite santé.

Cette très simple expérience montre le rôle indispensable, pour le maintien d'une motricité intestinale normale, des « aliments-lest », c'est-à-dire de corps inertes sans valeur nutritive et qui ne sont pas absorbés, mais donnant au contenu intestinal un volume suffisant. C'est la cellulose qui joue habituellement ce rôle dans notre alimentation, et elle est surtout fournie par les légumes verts.

✦ Nous accomplissons chaque jour, en nous maintenant debout, une performance difficile, qui tuerait en quelques heures beaucoup d'animaux. Un lapin, maintenu vertical, la tête en haut, meurt en quelques heures d'accidents circulatoires, la tête n'étant plus assez irriguée et le sang s'accumulant dans les organes abdominaux. On peut faire survivre le lapin beaucoup plus longtemps en position verticale en lui entourant le ventre d'un bandage serré qui supplée l'insuffisance de sa musculature abdominale.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

Le Curtiss XP-55 "Ascender"

LA Curtiss-Wright Corporation vient de sortir aux Etats-Unis le prototype d'un avion de chasse d'une conception entièrement nouvelle. Non seulement le moteur, mais aussi les ailes sont reportées à l'arrière du fuselage. Le moteur est un Allison de 12 cylindres en V, à refroidissement par eau, développant 1 275 ch. Il entraîne une hélice propulsive montée à l'extrémité arrière du fuselage et largable en vol afin que le pilote ne risque pas de la rencontrer dans le cas où il devrait sauter en parachute.

Le gouvernail de direction est double, porté par les ailes, presque à leur extrémité. Le gouvernail de profondeur se trouve à l'avant, sur le plan du petit stabilisateur, lequel portera éventuellement les armes de bord.

La désignation provisoire de l'appareil, qui a reçu le nom d' «Ascender» («Grimpeur »), est XP-55 (la lettre X désigne les appareils expérimentaux présentés par les constructeurs et non encore adoptés officiellement par l'Armée, la lettre P est l'initiale du mot « Pursuit » qui s'applique aux chasseurs américains). Aucun chiffre de performances n'est connu jusqu'ici. Le constructeur, comme pour tous les avions nouveaux, annonce que sa vitesse est au moins égale à celle de tous les appareils existants dotés d'une puissance égale. Mais il insiste surtout sur sa manœuvrabilité et le dégagement des vues du pilote que ni moteur ni ailes ne viennent gêner vers l'avant et les côtés.

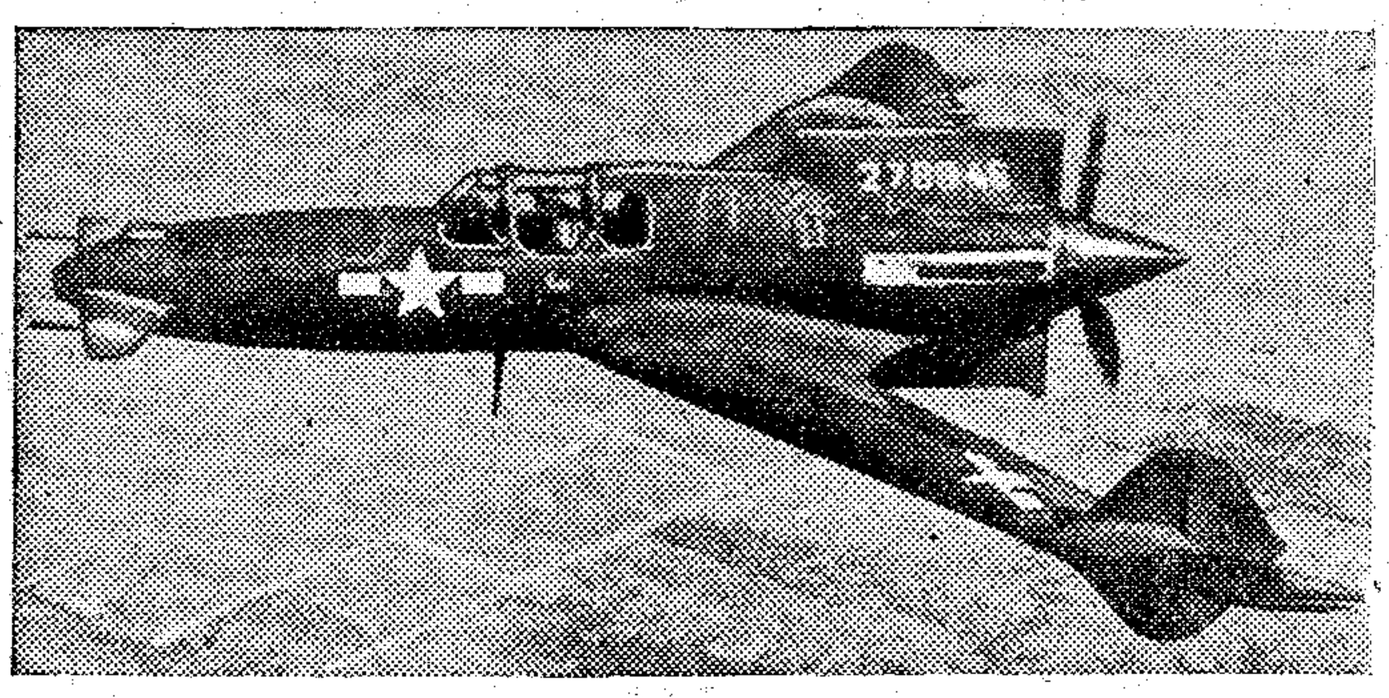


FIG. 1. — LE NOUVEAU PROTOTYPE D'AVION DE CHASSE CURTISS « ASCENDER » EFFECTUANT SES ESSAIS : LA DIRECTION DU VOL EST DE DROITE A GAUCHE

Engrais et Pisciculture

LES fabricants d'engrais des Etats-Unis ont entrepris une série d'expériences dont ils diffusent les résultats en vue de développer la pisciculture en Amérique. Ils soulignent que, par l'emploi de méthodes rationnelles, il est possible d'obtenir des rendements à l'hectare plus élevés dans l'élevage du poisson que dans celui du bétail. L'engrais répandu sur le sol ou enfoui est absorbé par les racines des plantes dont il stimule la croissance et accroît la production; dans un étang, il joue un rôle comparable en favorisant le développement des microorganismes qui constituent le plancton, nourriture des insectes et des plus petites espèces de poissons. Ceux-ci sont à leur tour la proie des espèces plus grandes.

Traité ainsi par des engrais, un étang pourrait produire jusqu'à 340 kg de poisson par hectare, au lieu des chiffres habituels qui vont de 8 à 170 kg au maximum par hectare. L'élevage du bétail, d'après les chiffres invoqués, ne fournirait pas plus de 250 kg par hectare. En Amérique, plusieurs milliers d'étangs artificiels sont en exploitation et on signale en particulier que, dans le seul Etat d'Oklahoma, 2 434 étangs à poissons ont été créés dans la première moitié de l'année 1944.

Il faut rapprocher ces résultats des essais poursuivis en Ecosse, dans le Loch Sween, qui, séparé de la mer par un barrage, forme un petit lac d'eau salé. L'addition d'engrais azoté et phosphaté a eu pour effet d'accélérer la croissance des espèces qui y vivent au point que, en deux ans, les individus y atteignent la taille normale de cinq ou six ans. Ceci permet de rapporter la plus faible productivité de la mer, comparée à celle des étangs exploités rationnellement, à une déficience alimentaire des microorganismes, base de la nourriture des espèces recherchées par l'homme. Peut-être verra-t-on, dans l'avenir, pratiquer sur ces bases l'élevage marin dans certains territoires de pêche, isolés ou non de l'Océan par des digues.

Ultramicroscopes électroniques aux Etats-Unis

DEPUIS 1940, la technique du microscope électronique a fait, aux Etats-Unis, de grands progrès. En juillet 1944, la Radio Corporation of America a livré aux laboratoires biologiques et industriels 58 exemplaires du premier modèle réalisé en 1940, avec lesquels plus de 100 000 micrographies ont été faites. Les photographies ci-contre montrent les deux types les plus récents, mis sur le marché en mai 1944. Leur robustesse et la simplicité de leur fonctionnement, qui n'exige des opérateurs qu'un minimum d'entraînement, témoignent que cette technique ultramoderne a acquis maintenant droit de cité dans les laboratoires de recherche, d'essai et de contrôle des industries les plus diverses.

On sait que le pouvoir séparateur du microscope ordinaire qui caractérise la dimension du plus petit détail séparable avec l'appareil, est limité par la nature même de la lumière. Il augmente avec la fréquence du rayonnement utilisé, c'est-à-dire avec la petitesse de sa longueur d'onde. La longueur des ondes associées aux électrons du microscope électronique est environ cent mille fois plus courte que celle de la lumière visible. Le pouvoir séparateur peut ainsi être 50 ou 100 fois plus grand que celui du microscope ordinaire. On passera d'un grossissement de 2 000 fois à plus de 50 000 ou 100 000 fois. L'imperfection relative de la technique actuelle est d'ailleurs cause que l'on n'utilise pas encore toutes les possibilités théoriques des faibles longueurs d'ondes électroniques.

L'appareil de la figure 2 est du type universel et permet de réaliser soit des micrographies à deux dimensions, soit des micrographies stéréoscopiques, soit des diagrammes de diffraction de substances cristallines. Les micrographies ordinaires peuvent être obtenues directement lorsque l'échantillon étudié ne dépasse pas un micron (un millième de millimètre) d'épaisseur. Au delà, il est opaque aux électrons et on tourne la difficulté en coulant à sa surface une mince pellicule que l'on soumet au rayonnement après l'avoir détachée. Les inégalités d'épaisseur révèlent alors tous les accidents superficiels de l'échantillon avec une remarquable minutie.

Les clichés stéréoscopiques (directs ou indirects suivant la méthode précédente) sont obtenus en inclinant très légèrement les échantillons dans un sens, puis dans l'autre par rapport à la position normale. On les étudie ensuite en vision binoculaire.

On sait enfin que les diagrammes de diffraction permettent l'étude de la disposition géométrique des ato-

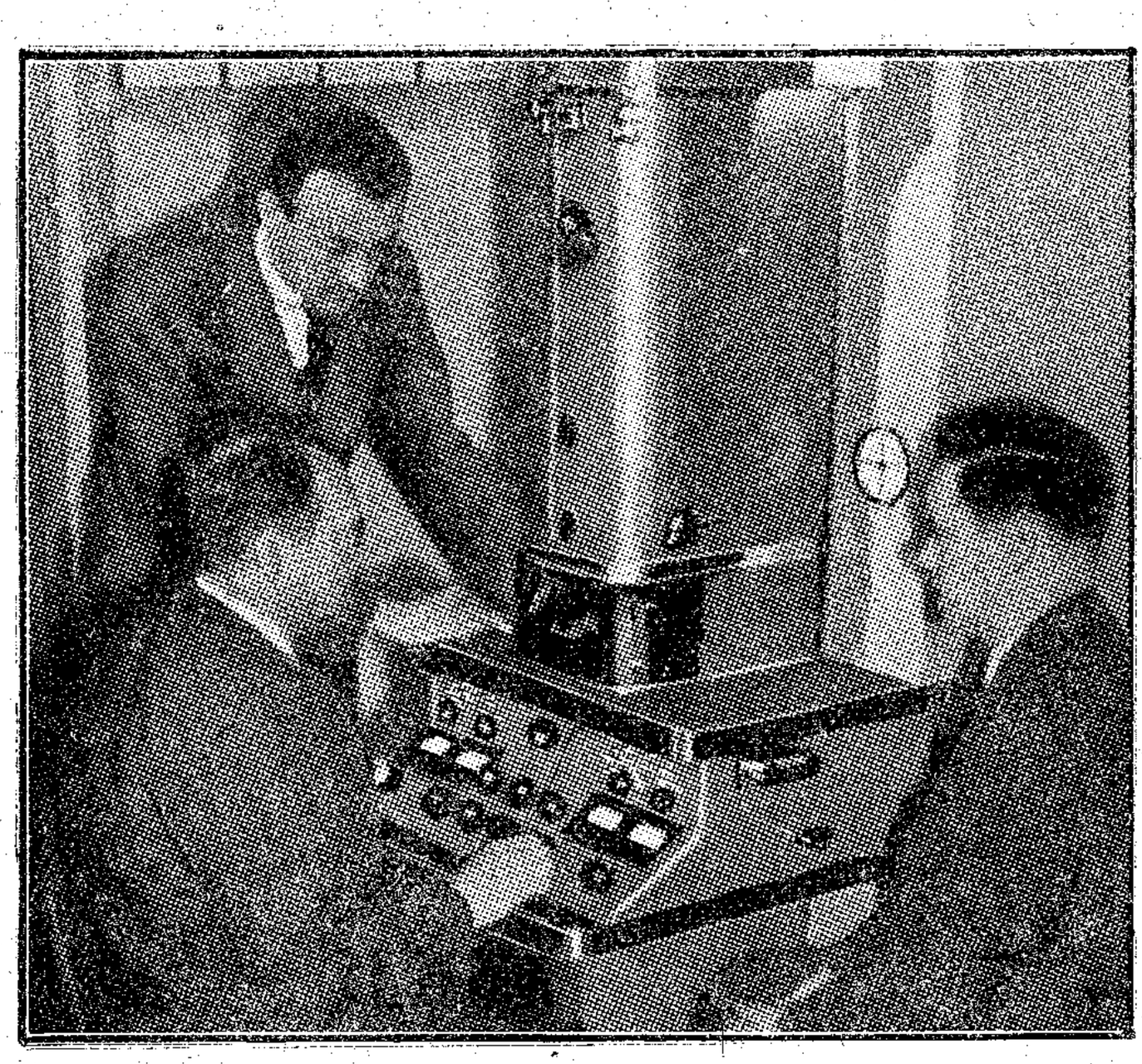


FIG. 2. — LE NOUVEAU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE UNIVERSEL RCA
Cet appareil permet de grossir entre 100 et 22 000 fois avec 40 échelons intermédiaires. Le système électronique qui contrôle la tension accélératrice des électrons dans le tube comporte 25 lampes.

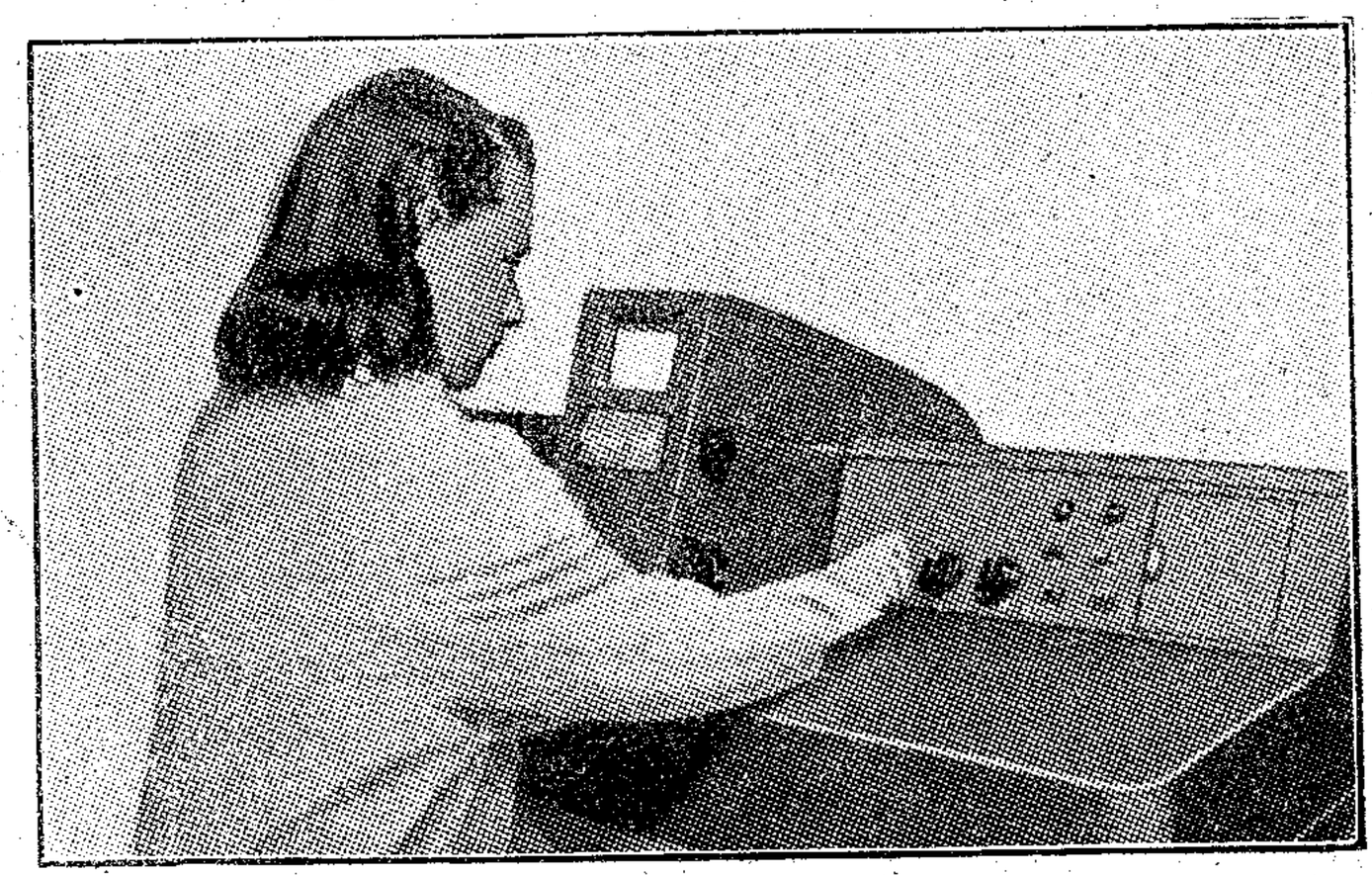


FIG. 3. — UN MODÈLE SIMPLIFIÉ DE MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE
Cet appareil, qui ne comporte que 14 lampes, permet de grossir 500 fois ou 5 000 fois.

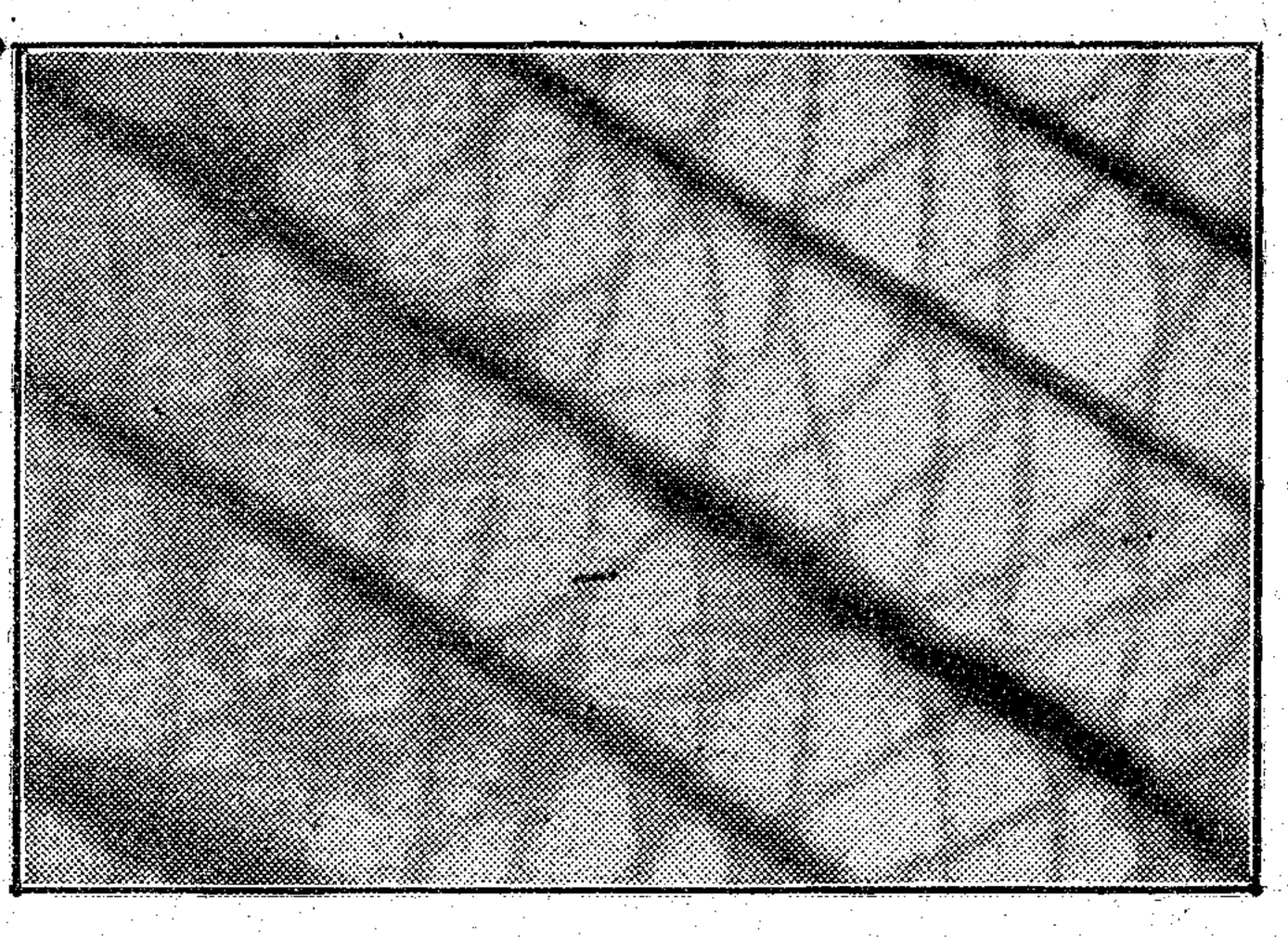


FIG. 4. — LES ÉCAILLES DE L'AILE D'UN MOUSTIQUE PHOTOGRAPHIÉES AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE AVEC UN GROSSISSEMENT DE 16 000 FOIS

mes dans les substances cristallines. On les obtient soit par transmission, dans le cas de poudres cristallines transparentes aux électrons, soit par réflexion du faisceau électronique frappant l'échantillon sous incidence rasante. Tous les clichés doivent être agrandis optiquement pour révéler tous les détails enregistrés.

L'appareil de la figure 3 est un modèle simplifié transportable. Comme dans le précédent, l'enceinte où règne le vide et où circulent les électrons est de volume très réduit. Il en résulte que le temps mort entre deux clichés successifs, dû à la nécessité de rétablir le vide dans l'enceinte, est réduit au minimum. Il ne dépasse pas une minute et demie.

Le mimétisme des oiseaux de mer

UN curieux débat s'est ouvert récemment à la suite de l'article qu'un naturaliste britannique avait consacré dans la revue anglaise « Nature » à la question de savoir si la couleur blanche des oiseaux de mer (mouettes, goélands, etc.) constitue ou non un avantage pour ceux-ci. L'auteur de cet article soutenait que la couleur blanche de ces oiseaux les rendait moins visibles aux poissons qu'ils pêchent pour se nourrir, parce que le contraste entre la luminosité du ciel et celle, toujours inférieure, d'un objet quelconque, est d'autant moins apparent que la couleur de cet objet est plus claire. Il citait comme argument, à l'appui de cette thèse, la peinture blanche dont on revêt le dessous des ailes des avions de l'aéronautique navale afin de les rendre moins visibles aux sous-marins à qui ils donnent la chasse. La blancheur du plumage des oiseaux de mer semblait donc être l'effet d'un mimétisme visant à les camoufler au mieux à la vue de leurs proies.

Mais d'importantes objections ont été aussitôt soulevées à l'encontre de cette thèse. On a notamment relevé que la vue très déficiente des poissons ne semble pas rendre nécessaire un tel camouflage. On s'est surtout demandé pourquoi, si la couleur blanche constitue réellement un avantage pour les oiseaux de mer, il n'en serait pas de même pour les oiseaux se nourrissant de proies terrestres (aigle, faucon, hibou, etc.) dont aucun ne possède de plumage blanc.

Il semble en réalité qu'un facteur capital a été omis jusqu'ici dans ce débat : c'est que le poisson est séparé de l'oiseau par une surface à la fois très brillante (à cause de la différence de réfringence des milieux) et mouvante. Quand un poisson regarde en l'air, il voit une surface agitée et brillante comme du mercure; sa vue ne peut traverser cette surface de séparation qu'au voisinage de la verticale (à cause de la réflexion totale). Dans ces conditions, le fond sur lequel apparaît l'oiseau n'est pas le ciel, comme pour les animaux terrestres, mais une surface lumineuse avec laquelle un objet blanc pourrait se confondre facilement — dans l'hypothèse où l'état d'agitation continuelle de cette surface n'en ferait pas un obstacle tout à fait infranchissable aux regards du poisson.

L'utilisation de l'énergie des marées en angleterre

L'UTILISATION de l'énergie des marées a fait depuis quelques décades l'objet de nombreuses études (1).

L'Angleterre, très pauvre en houille blanche, s'intéresse particulièrement à cette question. Dès 1933, un rapport très approfondi de Lord Bravazon avait proposé l'installation d'une usine dans l'estuaire de la Severn (figure 5). En effet, le canal de Bristol présente des différences de niveau très considérables entre les marées haute et basse et sa configuration géographique se prêterait idéalement à l'utilisation de l'énergie des millions de mètres cubes d'eau qui y affluent et en refluent deux fois par jour.

Le plan prévoyait l'instal-

(1) Voir notamment : « L'usine de l'Aber Vrac'h » (*Science et Vie*, n° 65, octobre 1922); « Les usines marémotrices », (*Science et Vie*, n° 71, mai 1923; no 161, novembre 1930).

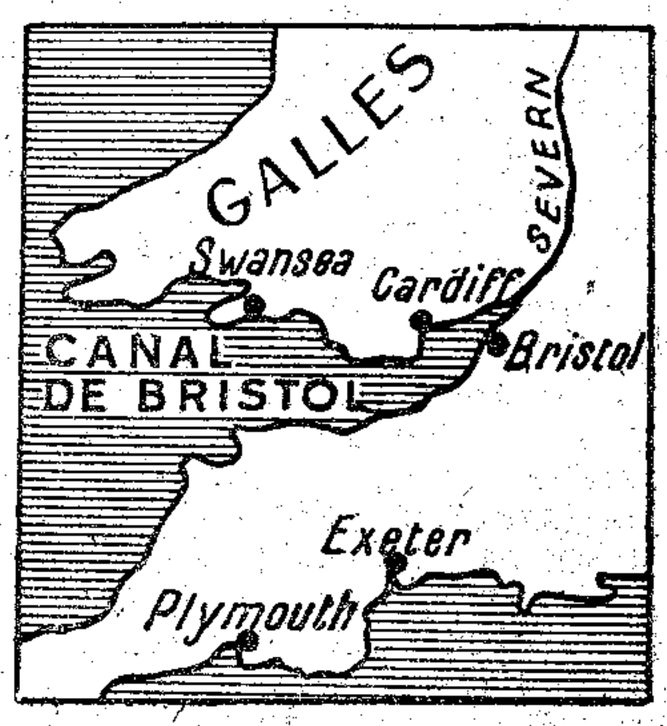


FIG. 5. — L'ESTUAIRE DE LA SEVERN ET LE CANAL DE BRISTOL

lation de seize turbines de 72 000 ch chacune, soit une puissance totale de plus d'un million de chevaux. Il y était par ailleurs prouvé d'avance que l'entreprise serait largement rentable, même au cas où, pour parer aux inconvénients de l'intermittence des marées, on utiliserait pendant le reflux une partie de l'énergie captée pour pomper dans des réservoirs l'eau dont on utiliserait ensuite la chute pendant les heures creuses de production.

Mais, en 1933, près d'un million de mineurs gallois se trouvaient en chômage et l'application du plan de Lord Bravazon n'eût pas manqué d'accroître encore ce nombre. Aussi le projet fut-il très mal accueilli par la presse et l'opinion et dut-on purement et simplement classer le dossier.

Aujourd'hui, les conditions sont bien différentes. La pénurie de charbon se fait cruellement sentir en Angleterre, et la main-d'œuvre dans les mines est insuffisante. Aussi est-on en train de reconsidérer la question et de mettre au point la réalisation éventuelle du projet, qui permettrait une économie annuelle de 1 million de tonnes de charbon utilisées pour la production d'énergie thermique. Il semble d'ailleurs que cette réalisation serait beaucoup moins coûteuse que lors de l'établissement du premier plan en 1933, car la durée des travaux et les frais d'amortissement des capitaux seraient nettement réduits. D'autre part, l'interconnexion avec les divers réseaux déjà existants pourrait à présent dispenser de prévoir une installation de pompage et des réservoirs destinés à remédier à l'intermittence des marées.

La guerre et les baleines

LA chasse à la baleine a pris, depuis le début de ce siècle, une extension généralement insoupçonnée. On estime à 35 000 le nombre de baleines annuellement tuées dans les dernières années qui ont précédé la guerre, et à 509 000 le nombre total des baleines tuées entre 1904 1939. L'avenir de la race se trouvait ainsi très gravement menacé. Le conflit actuel, en interrompant complètement pendant six ans toute chasse à la baleine, a grandement favorisé la multiplication de l'espèce durant ce laps de temps. Le danger d'extinction de la race a donc, au dire des experts, disparu pour le moment, ou tout au moins, il se trouve grandement différé.

Des œufs frais au bout d'un an

ON sait que, tandis que l'œuf frais paraît lourd à la main, il perd rapidement de son poids (environ 1 g par jour), par

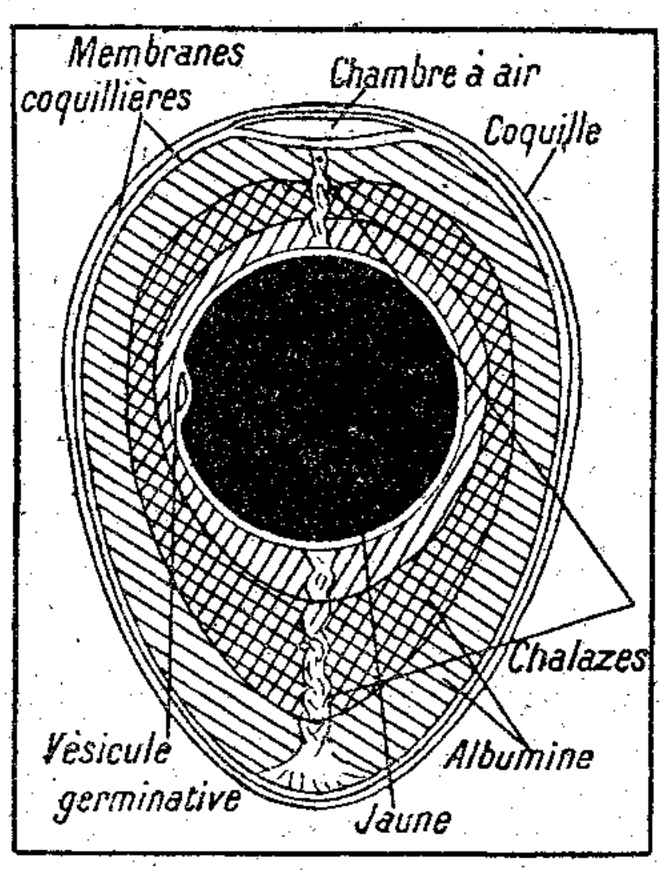


FIG. 6. — COUPE SCHÉMATIQUE D'UN ŒUF.

suite de l'évaporation de son eau de constitution à travers les pores de sa coquille (1). On sait aussi que, pour conserver les œufs, on peut, soit les disposer dans des couches de poussière de charbon, de sciure de bois, de sable stérilisé, etc., soit les plonger dans de l'eau de chaux ou dans un mélange de silicate de potasse et de silicate de soude. Tous ces procédés ont pour but à la fois de s'opposer à l'évaporation de l'eau de constitution et aux rentrées de l'air extérieur par les pores de la coquille. (La chambre à air de l'œuf augmente en effet de volume avec son âge.) Industriellement, on conserve les œufs par le froid (1).

M. Alexis Romanoff, professeur à l'Ecole d'Agriculture de l'Etat de New York, s'est demandé si on ne pourrait atteindre au même résultat sans utiliser de matériaux étrangers à l'œuf. Il vient de découvrir un procédé qui permet de conserver aux œufs leur fraîcheur du premier jour, pour une période allant jusqu'à un an. Il s'agit simplement de plonger les œufs frais dans de l'eau bouillante pendant 5 secondes, puis de les placer dans des réfrigérateurs, à la température habituelle de 5° C. Ce procédé fait en effet coaguler une mince couche extérieure de l'albumine de l'œuf qui protège son contenu contre l'évaporation de l'eau et les rentrées d'air.

(1) Plongé dans une solution de sel marin à 10 %, l'œuf tombe au fond s'il est du jour, se maintient en suspension dans le liquide après deux ou trois jours, et surnage au bout de cinq à six jours.

La saveur de certaines substances

C'EST en 1933 que les savants américains observèrent pour la première fois que la saveur de certaines substances n'est pas la même pour tout le monde, en remarquant que la phénylthiocarbamide a une saveur amère pour 40 % des hommes, tandis que 60 % ne lui trouvent aucun goût. En poussant les recherches plus avant, on trouve que la sensibilité au goût de cette substance est très inégalement répartie entre les diverses races et qu'elle se transmet par hérédité. Toutefois, malgré de nombreux essais, on ne put, pendant douze ans, trouver d'autre corps doué, comme la phénylthiocarbamide, de la propriété de n'exciter le sens gustatoire que d'une fraction de l'humanité.

Or, voici que deux chercheurs de Glasgow viennent de découvrir qu'un autre corps organique sulfuré, le thio-uracile, possède cette même propriété. Ils étudient également la répartition de la sensibilité à la saveur selon les races, les sexes, etc., et les premiers résultats montrent qu'il existe un plus fort pourcentage de person-

(1) Voir : « La conservation des produits agricoles » (*Science et Vie*, n° 280, déc. 1940, p. 209).

nes non sensibles au goût amer du thio-uracile chez les hommes que chez les femmes. Ainsi la science est-elle en train de redécouvrir l'adage populaire selon lequel « des goûts et des couleurs on ne discute pas ».

Boissons et Vitamines

LORSQU'ON établit la valeur nutritive d'un régime alimentaire, on néglige le plus souvent de tenir compte des boissons. Or, le rôle de celles-ci est loin d'être négligeable. Elles contiennent, en effet, non seulement des substances proprement nutritives (sucre et alcool), mais aussi des quantités parfois importantes de « vitamines ». Ceci est notamment le cas de la bière, qui est riche en vitamines B. et P.P. Une curieuse anecdote illustre l'importance de la teneur de la bière en vitamines P.P. (antipellagreuse). Comme une peuplade indigène d'Afrique Occidentale Britannique faisait une grande consommation de bière de millet, les missionnaires s'émurent des ravages que causait l'alcoolisme parmi leurs fidèles, et résolurent de les faire renoncer à l'usage de cette boisson. Ils parvinrent à ce résultat à force de patients efforts, mais lorsque les indigènes ne burent plus de bière, ils furent presque tous atteints par les troubles de la pellagre (avitaminose P.P.). La bière de millet était en effet la principale source de vitamine P. P. de leur régime alimentaire, et force fut aux missionnaires de laisser se répandre à nouveau l'usage de cette boisson parmi les indigènes.

La perméabilité des papiers d'emballage à l'arome des denrées alimentaires

LA pénurie des métaux employés en temps ordinaire pour conserver les produits périssables en tubes ou en boîtes a obligé à rechercher les moyens d'en restreindre ou d'en éviter l'emploi. Un Congrès et une Exposition des Emballages de Remplacement, organisés à Paris en 1941, ont fait connaître des matériaux et des procédés nouveaux, ceux-ci quelquefois fort ingénieux, qui permettent d'obtenir ce résultat dans un grand nombre de cas, en se servant de cartons et de papiers spéciaux. Cependant, une question restait posée : dans quelle mesure ces matériaux empêchent-ils que l'arome du produit emballé ne se dissipe? Des recherches faites à l'Institut pour l'Etude des Aliments de Munich (1) répondent en partie à la question en ce qui concerne les papiers.

La question a une certaine importance. Un grand nombre de produits alimentaires ont un arome spécial (café, chocolat, fromages, poissons et viandes séchés ou fumés); il convient de le leur conserver, car il est lié à leur saveur, il la rehausse et il agit comme un stimulant de l'ingestion et de la digestion; de plus, un emballage imperméable aux odeurs permet de conserver ces produits dans un même magasin à côté d'autres sans arome ou à arome plus subtil, capables d'absorber les odeurs (œufs, sucre, corps gras).

Pour les essais, on a choisi comme sources d'odeurs, c'est-à-dire de vapeurs, car l'odorat ne perçoit que des vapeurs ou des gaz, quatre composés organiques chimiquement définis, dont les odeurs sont différentes, caractéristiques d'un grand nombre de produits, qui sont très volatils, d'un dosage facile et précis. Ces corps sont : l'acétate d'éthyle, qui bout à 77° C, est soluble dans l'eau et se rencontre dans la plupart des fruits frais; la triméthylamine, qui bout à 3°5 C et dont l'odeur repoussante est celle des poissons frais ou pourris; le limonène, qui bout à 175° C, est d'une odeur agréable et se rencontre dans la zeste de tous les agrumes; la naphtaline, qui ne bout qu'à 218° C, mais se sublime facilement à basse température et dont l'odeur est bien connue.

Un poids déterminé de chacun de ces quatre corps est placé dans une capsule de verre qui est recouverte et fermée jointivement, au moyen d'une colle, par le papier essayé formant couvercle, comme un pot à confiture. La différence de poids de la boîte avant et après l'essai représente la quantité du corps qui a traversé le papier. Elle mesure sa perméabilité. On a opéré à la température de 20° C.

La différence de poids, exprimée en milligrammes par décimètre carré de la surface du papier et par jour permet de comparer les différents papiers et les différentes odeurs. Elle varie beaucoup des uns aux autres, notamment avec l'eau, qui a été essayée aussi à titre de comparaison, car tous les papiers sont plus ou moins hygroscopiques. Chaque essai a duré huit jours. On a essayé douze papiers.

Les valeurs trouvées pour la vapeur d'eau sont comprises entre 40 (papier épais ordinaire ciré) et 18 000 (papier de cellulose non verni); pour les autres vapeurs, les écarts sont beaucoup moins grands et les valeurs plus faibles; avec l'acétate d'éthyle, elles varient de 4 (papier épais ciré) à 1 100 (papier épais encollé); avec la triméthylamine, de 0,3 (papier de cellulose verni sur ses deux faces) à 270; pour la naphtaline, de 0 à 58; pour le limonène, de 20 à 30.

De ces essais on a tiré les conclusions suivantes. La fabrication des papiers spéciaux est très irrégulière, car des papiers en apparence identiques et vendus pour servir aux mêmes usages peuvent se comporter très différemment, non seulement à l'égard de corps volatils différents, mais aussi à l'égard du même corps volatil. La perméabilité a quelque chose de spécifique : elle dépend et du papier et de la vapeur qui le traverse. Il est donc prudent de faire l'essai d'un papier proposé pour emballer un produit nouveau et aussi de vérifier qu'à chaque nouvelle livraison par le même fabricant, le papier est identique à celui qui a été fourni antérieurement et a donné satisfaction. Un essai d'une durée de huit jours suffit pour renseigner exactement; il est très précis si l'on opère avec l'acétate d'éthyle. En

(1) Die Chemische Technik 9 octobre 1943.

effet, c'est à ce corps que correspondent les plus grands écarts, et sa vapeur traverse tous les papiers à peu près vingt-cinq fois plus vite que celle des trois autres corps essayés.

Il est curieux de remarquer que ce ne sont pas nécessairement les papiers les plus épais ni ceux qui sont cirés ou vernis qui donnent les meilleurs résultats. C'est ainsi que celui qui donne de beaucoup les meilleurs et les plus réguliers, dans tous les cas, est le papier d'acétyl-cellulose, en feuilles minces, souples et transparentes.

V. RUBOR.

NUMÉROS DISPONIBLES

Demandez la liste et le prix à nos bureaux

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

	France	*Etranger*
Envois simplement affranchis.....	150 francs	300 francs
Envois recommandés.....	200 —	400 —

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

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

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

CARRIÈRES TECHNIQUES de L'ADMINISTRATION

Orientation professionnelle par l'École Spéciale d'Administration, 28, boulevard des Invalides, Paris (7e). Indiquer date de naissance, diplômes obtenus, aptitudes spéciales, préférences.

Le Cordon Elastique de téléphone

ELASTOPHONE

BREVETÉ

300 % Extensible

est tellement pratique !

un câble et c'est tout

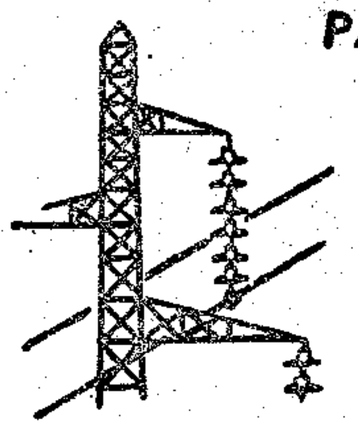
300 % d'élasticité

Toute correspondance
ELASTOPHONE
12 rue J. Simon
SAINT-ETIENNE
TÉL: 39-48
Tous renseignements sur demande

Cables pour tous appareils

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 48A (joindre 6 frs. en timbres).

222, Boulevard Pereire - PARIS-17e

55

Apprenez l'ANGLAIS

Plus que jamais, c'est aujourd'hui le devoir de chaque Français.

ALORS que la bataille implacable se poursuit aux côtés de nos alliés, nos relations reconnues indispensables deviennent chaque jour de plus en plus étroites, et vous font un devoir d'apprendre l'anglais.

Confortablement installé dans votre fauteuil, à votre moment préféré.

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 connaitre 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 écrirez correctement après seulement quelques semaines; vous êtes très vite étonné de pouvoir vous débrouiller avec des Anglais ou des Américains.

DÉMONSTRATION TOUS LES JOURS

Si vous habitez Paris venez à notre institut nous vous ferons une démonstration personnelle qui sera pour vous une véritable première leçon. Si cela est impossible, demandez-nous notre brochure CB 4 qui vous donnera tous renseignements sur notre méthode (joindre 6 fr. en timbres pour tous frais).

INSTITUT LINGUAPHONE

12, rue Lincoln (Champs-Elysées), PARIS (8e)

SCIENCES ET LOISIRS
17, AV. DE LA RÉPUBLIQUE, PARIS

LISTE DE NOS LIVRES SÉLECTIONNÉS CONTRE 5f EN TIMBRES

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL PARIS, 152, av. de Wagram NICE, 3, rue du Lycée | ÉCOLE DE T.S.F.

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

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

INDUSTRIE CONTREMAITRE, DESSINATEUR, TECHNICIEN, SOUS-INGENIEUR, INGENIEUR en Mécanique générale, Constructions aeronautiques, Electricité, 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 radioélectriciens, Chefs de Poste et Mécaniciens d'aéronefs.

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

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 AERIENNE, COLONIES, DEFENSE DU TERRITOIRE, POLICE, DEPANNAGE, CONSTRUCTION INDUSTRIELLE, TELEVISION, CINEMA.

COURS SCIENTIFIQUES, TECHNIQUES, PRATIQUES, PAR CORRESPONDANCE

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

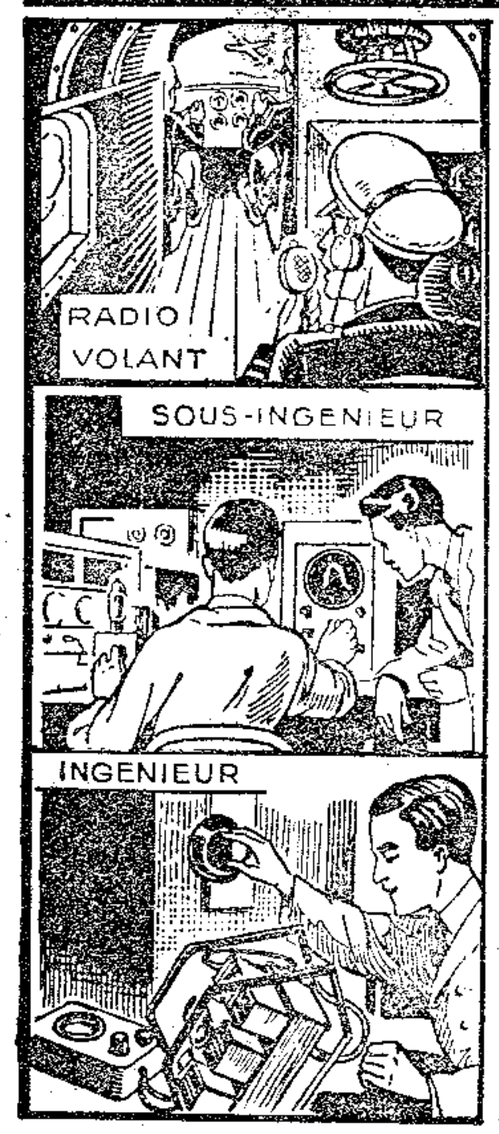
Possibilité d'exercices pratiques chez soi : lecture au son, manipulation, montage et construction de poste.

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'Ecole d'Enseignement maritime, 21, boul. Frank-Pilatte.

Envoi du programme désiré contre 10 francs en timbres. (INSCRIPTIONS A TOUTE EPOQUE.)

Le Gérant : Lucien LESTANG. Imprimerie Régionale - Toulouse.

LA RADIO manque DE SPECIALISTES !



JEUNES GENS !

Pour répondre aux besoins sans cesse grandissants de la Radio française en cadres spécialisés, nous conseillons vivement aux jeunes gens de *s'orienter délibérément* vers les carrières de la T.S.F.

AVIATION CIVILE ET MILITAIRE, INDUSTRIE, MARINE MARCHANDE ET MARINE NATIONALE, COLONIES, MINISTERES ET ADMINISTRATIONS.

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

PREPAREZ CES CARRIERES
en suivant nos cours spécialisés

PAR CORRESPONDANCE

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

INSCRIPTIONS A TOUTE EPOQUE DE L'ANNEE

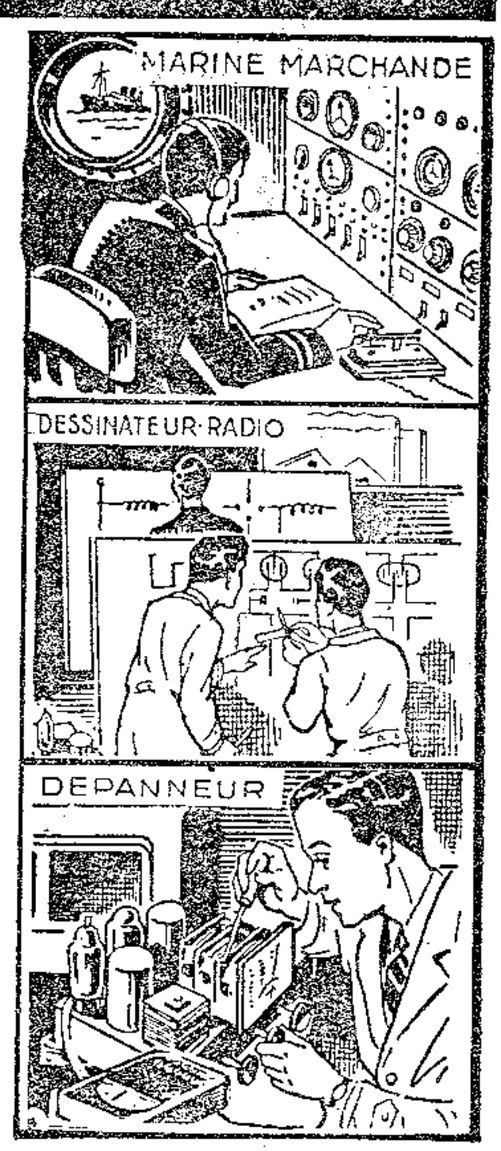
TOUS NOS COURS COMPORTENT LES EXERCICES PRATIQUES A DOMICILE

PLACEMENT

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

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

Notices gratuitement sur demande.



ECOLE GENERALE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE

VICHY, 14, rue de Bretagne — Prochainement réinstallation de nos locaux de PARIS.

Devenez DESSINATEUR et PEINTRE !

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

L'ECOLE INTERNATIONALE
PAR CORRESPONDANCE
DE DESSIN ET DE PEINTURE

SERVICE D Q _____ **PRINCIPAUTÉ DE MONACO**

CH. LEMONNIER 215
Pour Madame
Pour Monsieur
L'ENSEMBLE
Edacoto 87
fait
très distingué
Edacoto
USINES : 104, BOUL^D ARAGO
PARIS ET ORLÉANS
IMPR RÉGIONALE 59 RUE BAYARD TOULOUSE I C.O 31 2658