

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - http://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Notice de la Revue	
Auteur(s) ou collectivité(s)	La science et la vie
Auteur(s)	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Adresse	Paris : La science et la vie, 1913-1945
Collation	339 vol. : ill. ; 24 cm
Cote	SCI.VIE
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Note	À partir de février 1943, le titre devient "Science et Vie". La bibliothèque du Cnam ne possède pas de collection, la numérisation a été faite grâce au prêt de la collection privée de M. Pierre Cubaud.

Notice du Volume	
Auteur(s) volume	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Volume	Tome 66. n. 325. Octobre 1944
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1944
Collation	1 vol. (II-(p. 89-132)-III-IV p.): ill. , couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 325
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.325

OCTOBRE 1944

N° 325

SCIENCE ET VIE



10 FRANCS

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

LA RADIO

*s'apprend
aussi..*

Cours par Correspondance
Ecole Centrale de T.S.F.
(Annexe)
8, rue Porte de France
VICHY (Allier).

...par **CORRESPONDANCE**



ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

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

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

Publicités Réunies

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL NICE

3, rue du Lycée

ÉCOLE DE T. S. F.

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

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

INDUSTRIE CONTREMAÎTRE, DESSINATEUR, TECHNICIEN, SOUS-INGÉNIEUR en Mécanique générale, Constructions aéronautiques, Electricité, Electromécanique, Chimie industrielle, Bâtiment, Travaux publics, Constructions navales, Géomètres.

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

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

ADMINISTRATIONS Tous les cours techniques des diverses administrations France et Colonies.

AVIATION CIVILE Brevets de navigateurs aériens et de Pilotes. Concours d'Agents techniques et d'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.

Ces cours ont également lieu à Paris, 152, avenue de Wagram.

Envoi du programme désiré contre 5 francs en timbres. (INSCRIPTIONS A TOUTE ÉPOQUE)

Pour la Section Radio, adresser les demandes à : M. J. GALOPIN, aux Cordeliers, Issoudun (Indre).

JEUNES GENS !

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

sont dans la RADIO

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

COURS SCIENTIFIQUES, TECHNIQUES, PRATIQUES, PAR CORRESPONDANCE

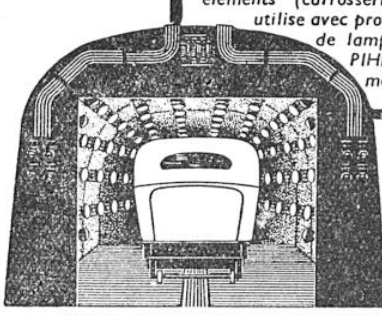
Les élèves reçoivent des devoirs qui leur sont corrigés et des cours spécialisés. Enseignement conçu d'après les méthodes les plus modernes, perfectionné depuis 1908.

Tous nos cours comportent des exercices pratiques chez soi : lecture au son, manipulation, montage et construction de poste.

Préparation à l'entrée aux écoles privées d'Enseignement maritime.

Lampes de séchage

Même pour le séchage de gros éléments (carrosseries d'auto) on utilise avec profit des batteries de lampes de séchage PHILIPS à rayonnement infra-rouge.



PHILIPS

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



SAPHILIPS, ÉCLAIRAGE ET RADIO 50, AVENUE MONTAIGNE, PARIS 8^e

"L'Électricité c'est l'avenir des jeunes"



Étudiez chez vous, sans interrompre vos occupations, la plus jeune et la plus passionnante des sciences.

L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS

En 6 mois, grâce à notre méthode moderne d'enseignement pratique professionnel, vous deviendrez l'expert recherché dans l'Industrie, le Cinéma, la Télévision, l'Amplification, etc.

INSTITUT ELECTRO-RADIO

6, RUE DE TÉHÉRAN - PARIS - 8^e

DE SUITE, écrivez-nous pour recevoir gratuitement notre luxueux programme.

"L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS MODERNES"

PRÉPARATION AUX DIPLOMES D'ÉTAT

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

BROCHURE N° L. 20.688. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, etc.

BROCHURE N° L. 20.689. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Certificat d'études classiques ou modernes, Baccalauréats, etc.

BROCHURE N° L. 20.690. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats, Examens professionnels, etc.

BROCHURE N° L. 20.691. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.

BROCHURE N° L. 20.692. — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS.

BROCHURE N° L. 20.693. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.

BROCHURE N° L. 20.694. — CARRIÈRES DU COMMERCE, de l'INDUSTRIE HÔTELIÈRE, des ASSURANCES, de la BANQUE, de la BOURSE, etc.

BROCHURE N° L. 20.695. — ORTHOGRAPIE, RÉDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, DESSIN, ÉCRITURE, etc.

BROCHURE N° L. 20.696. — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc.

BROCHURE N° L. 20.697. — AIR, MARINE : Pont, Machine, Commissariat, etc.

BROCHURE N° L. 20.698. — SECRÉTARIATS, BIBLIOTHÈQUES, etc.

BROCHURE N° L. 20.699. — ÉTUDES MUSICALES : Instruments, Professorats.

BROCHURE N° L. 20.700. — ARTS DU DESSIN : Professorats, Métiers d'art, etc.

BROCHURE N° L. 20.701. — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc.

BROCHURE N° L. 20.702. — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.

BROCHURE N° L. 20.703. — CARRIÈRES DU CINÉMA.

BROCHURE N° L. 20.704. — CARRIÈRES ADMINISTRATIVES.

ÉCOLE UNIVERSELLE

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

L'ECOLE A.B.C. est LA PLUS IMPORTANTE école de dessin DU MONDE

PARCE QUE l'Ecole A. B. C. fut en France et demeura pendant plus de vingt ans la première et la seule école de DESSIN par correspondance.

PARCE QU'ELLE doit à sa méthode absolument unique de compter aujourd'hui plus de 70.000 élèves dans le monde entier.

Aussi l'Ecole A. B. C. ne saurait donner à son enseignement une meilleure base que cette méthode qui, depuis un quart de siècle a fourni tant de preuves de son efficacité.

COURS D'ADULTES

avec spécialisation.

COURS D'ENFANTS

de 8 à 14 ans.

Enseignement strictement individuel sous la direction d'un maître qualifié.

BROCHURE GRATUITE

Demandez la brochure de renseignements C. B. 26 (joindre 5 frs pour tous frais) Spécifiez bien : cours pour adultes ou cours pour enfants.

MÊME MÉTHODE - MÊME SUCCÈS DEPUIS UN QUART DE SIÈCLE

Voici, prises parmi des milliers, quelques attestations d'élèves :

1920. - "Je suis enthousiasmée par la clarté et la simplicité de votre méthode". (Mlle D. S. T., Paris.).

1924. - "Quant à votre méthode, elle est tout simplement merveilleuse". (L. M. D. D., à Fontenay, près Chablis.).

1928. - "Votre méthode est vraiment géniale". (M. V. G., à Angers.).

1934. - "J'ai fait l'éloge de l'Ecole A. B. C. et j'ai été très satisfaite d'avoir contribué à vous assurer de nouveaux élèves". (Mlle M., à Eu, Sei-e-Inf.).

1941. - "Je vous félicite d'avoir mis votre séduisante méthode entre ses mains". (Mme W. J., à Bourdon, Orne.).

1944. - "Notre fils n'aurait trouvé dans aucun autre établissement une méthode qui pût égaler la vôtre". (M. R., à Pressigny-les-Pins.).

Nous tenons tous les originaux de ces attestations en même temps que beaucoup d'autres à votre disposition.

ECOLE A.B.C. DE DESSIN

12, rue Lincoln, PARIS (8^e) - 6, rue Bernadotte, PAU (Basses-Pyrénées)

LES MEILLEURES ÉTUDES 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.

LA CÉLEBRE MÉTHODE DE CULTURE MENTALE DUNAMIS

... permet à chacun, moyennant vingt à trente minutes par jour d'exercices attrayants de développer au maximum son attention, son intelligence, sa mémoire, son imagination, sa volonté, d'acquiescer la confiance en soi et, selon l'expression d'un éminent pédagogue, de FORCER LE SUCCÈS EN TOUS DOMAINES. Elle s'adresse à tous ceux, hommes et femmes, qui veulent non seulement conserver intact, mais encore accroître chaque jour, le trésor de leurs facultés mentales. Demandez la notice gratuite numéro R 858.

LE COURS DE DESSIN

... où, pour la première fois dans l'histoire de l'enseignement des arts graphiques, a été appliqué le principe : « APPRENDRE À DESSINER, C'EST APPRENDRE À VOIR; QUI SAIT VOIR, SAIT DÉJÀ DESSINER », vous rendra capable de dessiner paysages, natures mortes et portraits; en outre, il vous permettra, le cas échéant, de vous spécialiser dans une des nombreuses carrières ouvertes aux dessinateurs. Demandez la notice gratuite numéro R 859.

LE COURS D'ELOQUENCE

... vous rendra maître de votre langage, vous affranchira de la funeste timidité, vous donnera le moyen de vous exprimer dans les termes les plus choisis et les plus persuasifs; vous permettra, d'une part, d'improviser compliments, speeches ou allocutions dans toutes les circonstances de la vie familiale ou professionnelle, et, d'autre part, de préparer aisément des conférences, des discours selon les meilleures et les plus sûres traditions de l'art oratoire. Demandez la brochure gratuite numéro R 866.

LE COURS DE PUBLICITÉ

... essentiellement pratique, mettra à votre disposition tous les secrets de la technique publicitaire sous toutes ses formes, et vous permettra soit de vous créer une situation dans la publicité, soit de développer dans des proportions inespérées le volume de vos affaires, qu'elle qu'en soit l'importance actuelle. (Notice grat. no R 861.)

Si vous désirez faire des ÉTUDES PRIMAIRES OU SECONDAIRES, n'oubliez pas que l'efficacité de l'enseignement de l'ECOLE DES SCIENCES ET ARTS est consacrée par les nombreux et brillants succès que remportent ses élèves au BREVET ÉLÉMENTAIRE, au B. E. P. S., au CERTIFICAT D'ÉTUDES CLASSIQUES ou MODERNES et au BACCALAURÉAT. Demandez l'envoi gratuit de la brochure numéro R 862 (études primaires) ou numéro R 863 (études secondaires).

ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

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

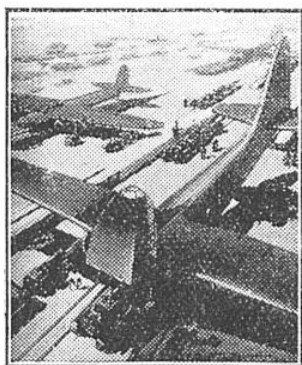
SCIENCE ET VIE

Tome LXVI N° 325

SOMMAIRE

Octobre 1944

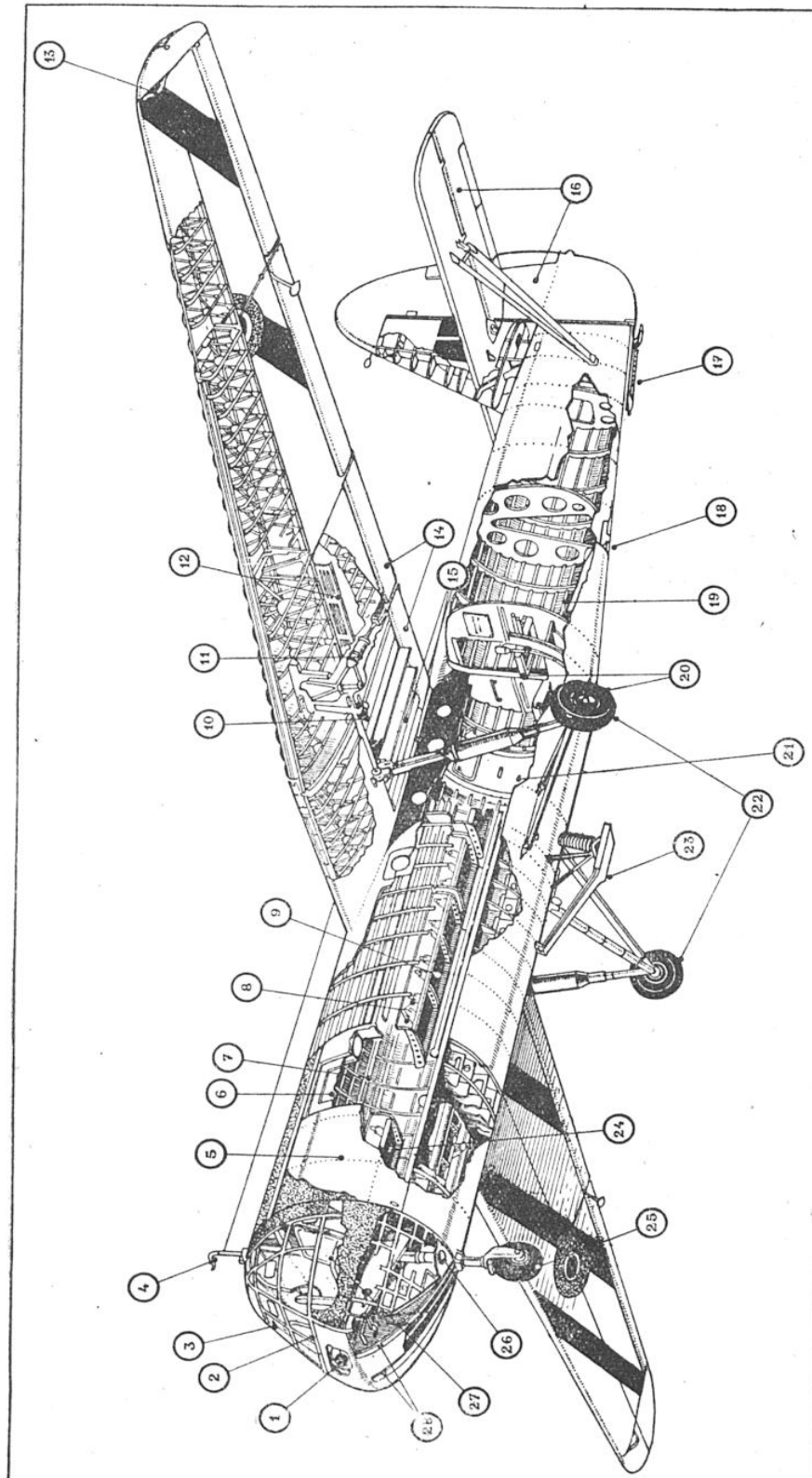
- ★ Les planeurs remorqués et les débarquements aériens,
par Henri François 91
- ★ Les cataclysmes stellaires : Novae et Supernovae, par
Paul Couderc 101
- ★ Le procès du tabac devant la science, par Charles
Brachet 113
- ★ Le moteur Diesel peut-il être alimenté par gazogène?
par Marcel Gautier 122
- ★ L'énigme du thymus est-elle résolue ? par Jean
Héribert 129
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor..... 131



Débarquements navals et aériens se sont multipliés au cours des dernières années. Depuis plusieurs mois, la menace d'invasion du continent européen se précisait, alors que l'on apprenait que les Puissances alliées mettaient au point méthodiquement et construisaient en séries énormes les engins nécessaires pour mener à bien cette opération capitale. L'un de ceux-ci, révélé il y a deux ans lors de l'assaut donné à l'île de Crète et considérablement développé depuis, surtout en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis, était appelé à jouer un rôle capital : c'est le planeur remorqué. Des escadres d'innombrables planeurs perfectionnés ont pu, à l'aube du 6 juin, transporter sur le continent des divisions entières avec leur matériel lourd. On voit sur la couverture du présent numéro comment on pourrait concevoir l'embarquement d'une grande unité de toutes armes sur des planeurs de gros tonnage, catapultés pour l'envol en même temps que les quadrimoteurs chargés de les remorquer. (Voir l'article page 91.)

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

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « Science et Vie », Octobre mil neuf cent quarante-quatre. Registre du Commerce : Toulouse 3235 B. Abonnements : France et Colonies, un an : cent dix francs.



LE PLANEUR BRITANNIQUE AIRSPEED « HORSA », CONÇU SPÉCIALEMENT POUR LE TRANSPORT DE TROUPES AÉROPORTÉES

C'est un appareil en bois, à aile haute, fuselage recouvert de contreplaqué, train tricycle. Il mesure 26,80 m d'envergure et 20,40 m de longueur. Il peut transporter vingt hommes avec tout leur équipement. Il a servi aussi, lors du débarquement de Normandie, au transport de voitures de reconnaissance. Son poids total en charge est voisin de 7 tonnes. 1. Bouteille d'air comprimé pour actionner les freins; — 2. Tableau de bord; — 3. Interrupteur des feux d'atterrissage; — 4. Tube de Pilot; — 5. Panneau principal bâbord formant rampe de chargement; — 6. Porte d'accès solidaire du panneau de chargement; — 7. Passage des commandes des gouvernails; — 8. Ceintures de sûreté pour les passagers; — 9. Banc longitudinal; — 10. Attache bâbord du câble de remorquage sur le longeron principal de l'aile; — 11. Servo-moteur des volets d'atterrissage; — 12. Volets de freinage en forme de grille; — 13. Patin d'extrémité d'aile; — 14. Volets d'atterrissage pouvant être braqués à 90°; — 15. Quatre compartiments de fret; — 16. Gouvernails; — 17. Béquille télescopique pour le chargement et patin auxiliaire pour l'atterrissage; — 18. Hublot de tir; — 19. Siège pliant et panneau arrière; — 20. Deux strapontins; — 21. Petite porte à tribord, pivotant autour de son bord horizontal supérieur; — 22. Roues d'atterrissage largables; — 23. Patin d'atterrissage principal; — 24. Deux strapontins; — 25. Roue de proue; — 26. Tube de lancement des fusées; — 27. Deux sièges de pilotes; — 28. Patins auxiliaires.

LES PLANEURS REMORQUÉS DANS LES DÉBARQUEMENTS AÉRIENS

par Henri FRANÇOIS

Prélude à la libération totale du territoire de la France métropolitaine, la « muraille de l'Atlantique », réputée invincible par les stratèges d'outre-Rhin, a été franchie par les armées anglo-américaines dans les premiers jours de juin. Sous le couvert d'un puissant écran aérien et protégés par les canons de la Flotte prenant à parti les défenses côtières adverses, d'innombrables navires ont déposé sur les plages normandes les unités d'assaut et de débarquement pour constituer, sur un vaste front, les têtes de pont et les points d'appui d'où devait partir, après quelques semaines de durs combats, l'offensive foudroyante qui fit s'écrouler l'organisation militaire allemande en France. Dans cette action coordonnée de tous les éléments terrestres, navals et aériens de l'armée d'invasion, un rôle de premier plan a été rempli par les divisions aéroportées qui sont intervenues dès les premières heures du combat, aux points prescrits par le commandement, à l'arrière des fortifications de la côte. De tout temps, la mobilité des armées a été un facteur capital du succès des opérations militaires. Elle seule permet de concentrer rapidement les troupes et éventuellement le matériel requis pour avoir au point choisi la supériorité numérique, d'exploiter ensuite au maximum les succès initiaux avant le rassemblement des réserves adverses, et par suite de transformer les avantages locaux souvent éphémères en victoire décisive dont l'ennemi ne se relèvera, s'il le peut, qu'au prix des plus grands efforts et après un délai toujours très long. En 1939 (Pologne), en 1940 (Hollande, Belgique et France), en 1941 (Russie), les divisions blindées appuyées par les avions d'assaut se sont révélées capables, par des manœuvres rapides et audacieuses, de mettre hors de jeu des adversaires mal organisés et, d'autre part, les troupes transportées par avion ont obtenu en Hollande, en Norvège et en Crète des succès foudroyants. Depuis lors, la technique du débarquement aérien a fait l'objet d'études très poussées. Ce ne sont plus seulement de petits détachements de quelques dizaines ou de quelques centaines d'hommes qui ont été envoyés par la voie des airs, par avion, par parachute ou par planeur pour neutraliser, comme au fort d'Euben Imael, une position stratégique d'importance capitale, ou pour occuper, comme à Rotterdam, un aéroport insuffisamment défendu, mais des divisions entières, avec leur matériel de combat et leurs munitions, pour établir à l'intérieur du territoire occupé par l'ennemi la « tête de pont » de l'armée d'invasion. Dans ce transport massif de combattants et d'engins de toutes sortes, un rôle capital est revenu aux planeurs, dont des types variés ont été développés depuis quatre ans, capables de déposer au cœur des pays ennemis que les mers ou les fortifications les plus puissantes ne peuvent plus protéger, non seulement des groupes de combat complètement équipés, mais aussi des armes lourdes, pièces d'artillerie, voitures de reconnaissance et chars légers, prêts à l'action immédiate.

C'EST au printemps de 1941, lors de la rapide campagne de Crète, que pour la première fois a été mis en œuvre un engin inédit de transport de troupe et de matériel : le planeur remorqué (1). Ainsi s'ouvrait, non seulement pour les opérations de guerre, mais aussi sans doute pour les transports commerciaux de l'après-guerre un champ nouveau de possibilités très étendues.

(1) Voir : « L'arme nouvelle de la campagne de Crète » (*Science et Vie*, n° 290, octobre 1941).

Accroché par trains de deux, trois éléments, ou même plus, derrière un avion à moteur, le planeur permet de transporter, pour une même puissance disponible, une charge beaucoup plus grande de fret ou d'hommes.

Sans doute, l'appareil remorqueur se trouve freiné par la charge supplémentaire qu'il doit traîner, qui diminue sa vitesse et lui interdit toute évolution rapide et par conséquent, en cas d'attaque, toute manœuvre de déroboement. Mais la sécurité des transports par planeurs reste largement comparable à celle des trans-

ports par avion. Les convois terrestres sont astreints à un parcours fixe, tracé sur la carte sorte de rendez-vous permanent avec l'avion ennemi. Ils s'étirent en colonnes interminables et lentes dont la protection efficace par une grande densité d'aviation de chasse est pratiquement impossible. Au contraire, les trains de planeurs peuvent soit se grouper en convois protégés par la chasse, soit chercher à échapper grâce à leur dispersion. Quant à leur vulnérabilité à la D.C.A., leur vitesse relativement faible et la lenteur de leurs évolutions les place évidemment dans une situation défavorable. Mais il faut considérer qu'en règle générale, le train de planeurs se fragmente bien avant de franchir les lignes ennemies, chaque appareil reprenant sa pleine autonomie pour gagner le point d'atterrissage prescrit, et que la partie la plus exposée du parcours s'effectue en silence, aucun ronflement de moteur ou d'hélice ne venant éveiller l'attention des guetteurs ni guider les servants des appareils de pointage au son, s'il fait nuit.

S'il s'agit de transports à grande distance, la diminution de vitesse qu'entraîne le vol remorqué est compensée amplement par l'augmentation de la charge transportée. Il y a très peu de cas, en effet, où un retard de quelques heures sur 1 000 km, dû au fait que la vitesse de l'avion remorqueur tombe de 350 à 250 km/h, peut avoir une réelle importance. L'intérêt des transports aériens n'est pas de faire gagner ces quelques heures, c'est d'économiser plusieurs jours de trajet sur des voies de chemin de fer encombrées ou détruites, sur des routes impraticables, ou de pouvoir passer là où il n'y a plus de route du tout.

Mais l'avantage le plus considérable du planeur sur l'avion ordinaire réside dans le fait qu'il n'est pas lié, pour son atterrissage, à un terrain aménagé à l'avance, terrain que, dans le cas d'un débarquement de vive force derrière les lignes ennemies, il faudrait conquérir avant de s'en servir. On peut admettre maintenant que les enseignements des campagnes de Hollande, de Crète et de Malaisie ont été mis à profit par tous les belligérants et que les aérodromes comptent parmi les points les mieux défendus du front. Le planeur n'a même pas besoin de terrains de fortune de grandes dimensions et relativement plats. Il se pose à peu près n'importe où, au risque même de se détériorer : c'est un engin « tous terrains ». Il menace donc, non plus seulement certains points évidents, comme les aérodromes, mais toute la zone tenue par l'ennemi.

Les caractéristiques des planeurs remorqués

Les planeurs diffèrent des appareils ordinaires par l'absence du moteur qui est remplacé par un crochet d'attelage. Leur charge alaire très faible leur donne une vitesse de chute très petite, de l'ordre de 1,2 m/s seulement : ils peuvent donc décoller et atterrir à vitesse réduite, surtout si on les munit de dispositifs hypersustentateurs et de freins. Pour l'envol, ils sont munis d'un train de roulement et pour l'atterrissage d'une quille à ressort sur laquelle ils glissent, le train de roulement étant éclipié. Celui-ci est d'ailleurs extrêmement bas : le plancher de l'appareil se trouve à 1 m à peine du sol, ce qui a l'avantage de faciliter le chargement et surtout d'éviter le capotage : quand l'appareil, par suite d'une résistance

trop grande au roulement, a tendance à piquer du nez, c'est la quille qui vient glisser sur le sol et il n'en résulte pas d'accident. Sous cette forme d'un appareil complètement privé d'appareil propulsif, le planeur est incapable de prendre l'air par ses propres moyens et, par conséquent, il doit être considéré comme irrécupérable, au moins pendant la durée de l'action. Aussi sa construction doit-elle être simple et peu coûteuse. En prévision des atterrissages sans douceur, on s'attachera plus à la robustesse de l'appareil qu'à la perfection aérodynamique de ses formes. On ménagera des ouvertures de secours par enlèvement des panneaux de la cellule, en cas d'accident à l'atterrissage.

L'envol, le vol remorqué et l'atterrissage

L'envol est évidemment la phase la plus délicate des transports par trains de planeurs. C'est le moment où une perte de vitesse de l'appareil remorqueur peut conduire à une catastrophe. L'appareil à moteur est celui dont la voilure est la plus chargée au mètre carré. Il devra donc décoller le dernier et, avant de décoller, il traînera ses planeurs comme des cerfs-volants, le dernier du train décollant le premier. L'envol successif des planeurs diminue le freinage exercé par le train sur l'avion à moteur, et, quand celui-ci est seul au sol, il peut atteindre la vitesse nécessaire à son envol.

En vol, le pilotage d'un appareil remorqué se complique du fait des réactions des divers appareils les uns sur les autres. Il nécessite donc un entraînement différent de celui du pilotage d'un appareil à moteur, et une discipline des pilotes qui seront subordonnés pendant toute la durée du vol remorqué à celui de l'avion de tête.

Au moment de l'atterrissage, le pilote du planeur reprend sa liberté de manœuvre. Il lui faut choisir son point d'atterrissage dans la zone qui lui est assignée, et pour cela il dispose d'un certain rayon d'action, qui dépend de l'altitude à laquelle il est lâché. Un appareil dont la vitesse de chute est 1,2 m/s, lâché à l'altitude de 4 300 m, peut tenir l'air pendant une heure et parcourir presque une centaine de kilomètres avant d'atterrir. Cela permettra dans certains cas à l'avion remorqueur de ne pas s'aventurer trop loin dans la zone dangereuse.

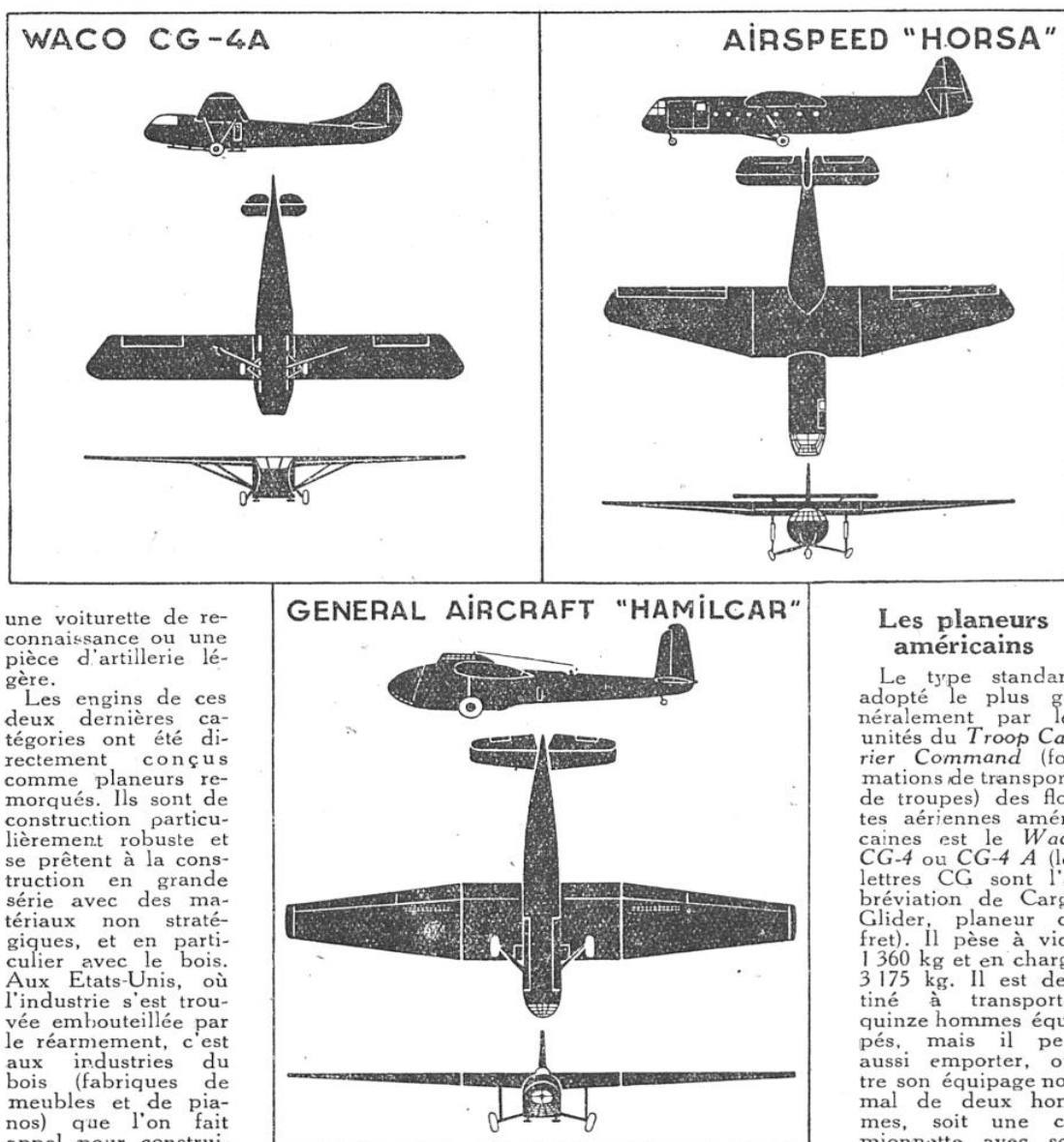
Les types de planeurs

Parmi les planeurs en service dans les différentes aviations belligérantes, les types sur lesquels on possède des renseignements précis appartiennent à trois catégories principales :

- Des planeurs biplaces ou triplaces qui servent à l'instruction des pilotes. Certains d'entre eux sont développés à partir de petits appareils de tourisme monoplaces ou biplaces dont on enlève le moteur et qu'on a munis d'un crochet d'attelage et d'un train surbaissé ;

- Des planeurs pouvant transporter plusieurs hommes de troupe. Ils font la transition au point de vue pilotage entre les appareils légers et les appareils lourds, et ils servent également à l'instruction tactique des troupes débarquées par avion ;

- Enfin seuls doivent être considérés comme appareils de première ligne ceux qui peuvent emporter une quinzaine d'hommes ou un poids équivalent de matériel : par exemple



une voiturette de reconnaissance ou une pièce d'artillerie légère.

Les engins de ces deux dernières catégories ont été directement conçus comme planeurs remorqués. Ils sont de construction particulièrement robuste et se prêtent à la construction en grande série avec des matériaux non stratégiques, et en particulier avec le bois. Aux Etats-Unis, où l'industrie s'est trouvée embouteillée par le réarmement, c'est aux industries du bois (fabriques de meubles et de pianos) que l'on fait appel pour construire les pièces détachées de planeurs. On fait un large usage du contreplaqué et du bois imprégné de résines synthétiques (procédés Duramold et Vidal) (1). Plusieurs centaines d'entreprises ont reçu des commandes de ces pièces. Elles les envoient ensuite aux constructeurs d'avions qui se chargent de l'assemblage.

(1) Voir : « Le bois rival de l'acier » (*Science et Vie*, n° 308, avril 1943, p. 173).

GENERAL AIRCRAFT "HAMILCAR"

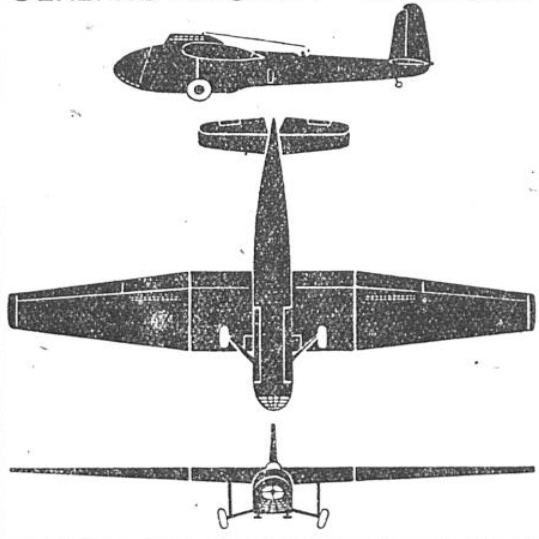


FIG. 1. — LES PLANEURS DE FRET ET DE TRANSPORT DES TROUPES ALLIÉS DU DÉBARQUEMENT AÉRIEN DE NORMANDIE

Le Waco CG-4 A américain pèse à vide 1 360 kg et en charge 3 175 kg. Sa vitesse de remorquage est de 193 km/h et sa vitesse minimum 61 km/h. Son envergure est de 25,5 m. L'Airspeed « Horsa » anglais, de 26,8 m d'envergure et 40,4 m de long, pèse à vide 3 400 kg et en charge 6 900 kg (charge utile 3 500 kg). Le General Aircraft « Hamilcar » a 33,5 m d'envergure et 20,7 m de long.

Les planeurs américains

Le type standard adopté le plus généralement par les unités du *Troop Carrier Command* (formations de transports de troupes) des flottes aériennes américaines est le Waco CG-4 ou CG-4 A (les lettres CG sont l'abréviation de Cargo Glider, planeur de fret). Il pèse à vide 1 360 kg et en charge 3 175 kg. Il est destiné à transporter quinze hommes équipés, mais il peut aussi emporter, outre son équipage normal de deux hommes, soit une camionnette avec son personnel de quatre hommes et deux hommes supplémentaires en réserve, soit un obusier de 75 mm avec ses trois servants et ses munitions, soit une charge équivalente en matériel divers.

La vitesse minimum du Waco CG 4 A est de 61 km/h, et sa vitesse de remorquage est de 193 km/h. Cette dernière est relativement faible, ce qui n'est pas sans présenter de sérieux inconvénients, car les avions remorqueurs, tels que le Douglas C-47 (Douglas DC-3), vont normalement beaucoup plus vite et fonctionnent par conséquent

dans de mauvaises conditions lorsqu'on les applique au remorquage de ces planeurs.

C'est pourquoi, à partir du Waco CG-4 A, on a développé le Waco CG-13, de dimensions un peu supérieures au CG-4 A, et le Waco CG-13 A, qui se distingue du CG-13 par l'adoption d'un train d'atterrissage tricycle. La vitesse de remorquage est portée sur ces modèles à 240 km/h, ce qui autorise une augmentation substantielle de la charge utile. Avec une envergure de 26,05 m et une longueur de 15,50 m, le Waco CG-13 peut emporter une charge utile de 3 600 kg, qui porte son poids total à 7 600 kg. Trente hommes entièrement équipés peuvent y prendre place. On peut aussi y loger deux voitures de reconnaissance (ces voitures sont connues sous le nom de « Jeep » et pèsent chacune, en ordre de marche, 1 040 kg) ou bien une voiture de reconnaissance et une pièce de 75 mm avec ses servants et ses munitions.

Il convient de signaler que le planeur standard Waco CG-4 A peut facilement recevoir des moteurs légers. Il porte alors la dénomination « PG » (Power Glider, planeur motorisé). Le PG-1 est ainsi équipé de deux moteurs Franklin de 155 ch au décollage, six cylindres opposés, à refroidissement par air. Ils sont montés sur les entretoises de l'aile.

Le PG-2 possède deux moteurs Ranger de 175 ch, six cylindres inversés en ligne, à refroidissement par air. Ils sont logés dans des fuseaux moteurs sous l'aile.

Indépendamment des applications militaires possibles de ces planeurs motorisés, il semble que l'emploi des moteurs ait surtout pour but le convoyage aisé des planeurs terminés depuis l'usine jusqu'aux unités chargées de les recevoir. Les moteurs, rapidement démontés, seraient renvoyés aussitôt à l'usine pour les convoyages ultérieurs.

Les planeurs britanniques

Le planeur qui équipe le *Transport Command* de la Royal Air Force est l'*Airspeed « Horsa »*, créé spécialement pour le transport de troupes aéroportées. C'est un appareil en bois, à aile haute. Le fuselage a une forme circulaire à l'avant et est revêtu de contre-plaqué. Son envergure est de 26,80 m et sa longueur de 20,40 m. Son poids à vide est de 3 400 kg, sa charge utile de 3 500 kg et son poids total de 6 900 kg.

Tandis que, pour la plupart des planeurs, le câble de remorquage est fixé au nez du fuselage et exceptionnellement sur le fuselage, les points d'attache, au nombre de deux, sont ici sur l'aile, à la jonction du longeron principal de l'aile médiane et des longerons des deux demi-ailes.

Les roues du train d'atterrissage tricycle sont largables. L'appareil est pourvu de volets d'atterrissage pouvant être braqués à 90° et de volets de freinage en forme de grille sous l'aile. Deux hublots de tir sont prévus, l'un à la face supérieure du fuselage, l'autre à la face inférieure.

L'*Airspeed « Horsa »* peut emporter vingt hommes avec leurs équipements complets, répartis sur deux bancs longitudinaux ainsi que sur trois sièges mobiles à l'arrière et deux à l'avant. Il a servi également, dans le débarquement aérien de Normandie, pour le transport de voitures de reconnaissance.

On a signalé pour la première fois, lors du

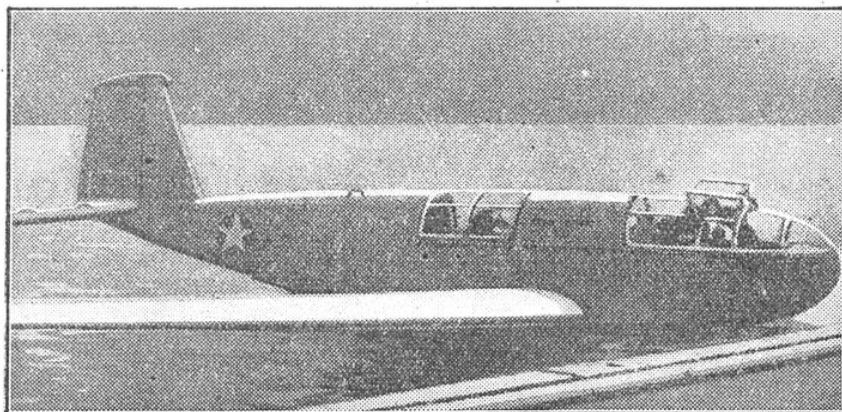


FIG. 2. — LE PLANEUR AMPHIBIE DE TRANSPORT DE LA MARINE AMÉRICAINE BRISTOL XLQ 1

Cet appareil de 22 m d'envergure et de 12,2 m de long est capable de transporter douze hommes avec leur équipement. Il peut décoller de l'eau remorqué par un hydravion.

débarquement aérien de Normandie, la mise en ligne d'un nouveau type de planeur, le *General Aircraft « Hamilcar »*. L'envergure de cet appareil, sur lequel on possède peu de renseignements officiels, atteint 33,5 m. Il a été utilisé surtout, semble-t-il, pour le transport de blindés et de canons légers.

Les appareils alliés de remorquage

Le remorquage des planeurs alliés de première ligne est assuré, pour les troupes aéroportées américaines, par des Douglas C-47 « Skytrain » et pour celles de la Royal Air Force par les deux types de bombardiers gros porteurs Handley Page « Halifax », Short « Stirling », par un appareil de création spéciale, l'Armstrong-Whitworth « Albemarle » et enfin également par des Douglas C-47 « Skytrain ».

Le Douglas C-47 « Skytrain » n'est autre que la version militaire pour le transport du fret de l'avion commercial bimoteur bien connu Douglas DC-3. De ce dernier dérive également la version de transports de troupes appelée Douglas C-53 « Skytrooper ». Ils existent tous deux en quantités fort importantes dans les formations américaines. Il y a un an, les usines de la Douglas Aircraft Co de Santa Monica annonçaient déjà l'achèvement de leur 2 000^e avion de fret et de transport de troupes. Plusieurs versions du Douglas DC-3 existent

également dans l'aviation navale américaine sous les dénominations R4D-1 et 3, 4, 5.

Le Douglas C-47 « Skytrain » diffère du C-53 « Skytrooper » par le fait qu'étant prévu pour le transport du fret, il est muni d'un plancher renforcé et d'une grande ouverture latérale de chargement, tandis que le second possède une ouverture moins grande et un plancher plus léger. Ce dernier peut emporter vingt-huit hommes complètement équipés. Le C-47 « Skytrain » peut en recevoir vingt ou un poids correspondant en voitures de reconnaissance, motocyclettes, canons légers, etc...

Les débarquements aériens

L'emploi des troupes débarquées par planeurs s'est considérablement développé depuis trois ans. Les phases successives de la guerre ont favorisé cet emploi, puisque, sur plusieurs milliers de kilomètres de front de mer, les adversaires s'observaient par dessus des étendues d'eau et des lignes fortifiées difficilement franchissables par les moyens classiques.

Lorsque les journaux anglo-saxons envisageaient la possibilité d'une invasion de l'Angleterre par l'Axe, ils étaient à peu près unan-

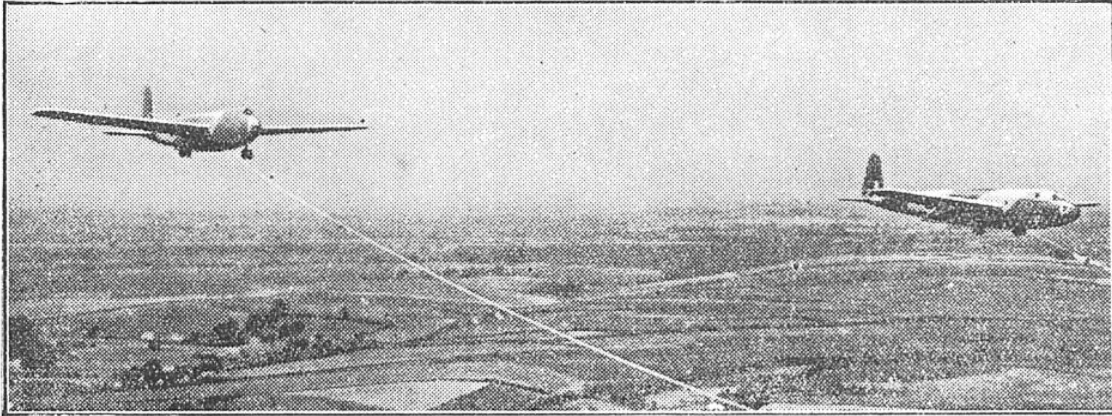


FIG. 3. — DEUX PLANEURS ANGLAIS GENERAL AIRCRAFT « HOTSPUR » EN VOL REMORQUÉ

Son poids total en charge est de 2 200 kg. Sa vitesse de croisière est de 280 km/h environ.

Le Handley-Page « Halifax » est normalement un bombardier lourd puissamment armé. Son poids total en charge dépasse 27 tonnes. Il est équipé de quatre moteurs Rolls-Royce « Merlin XX » de 1 075 ch, 12 cylindres en ligne. Il pourrait emporter plus de 4 000 kg de bombes. Jusqu'à ces derniers mois il possédait trois tourelles de mitrailleuses : dans le nez du fuselage, sur le fuselage et à l'arrière. La plus récente version a été modifiée à l'avant, par réduction ou suppression de l'armement, inutilisé le plus souvent pendant les vols de nuit. Sa vitesse de croisière est de l'ordre de 300 km/h.

Le Short « Stirling » est également un bombardier lourd quadrimoteur pouvant emporter jusqu'à six tonnes de bombes. Sa vitesse de croisière est de 320 km/h, son poids total de 31 tonnes en charge. Il est équipé de quatre moteurs Bristol « Hercules » à tiroirs, développant 1 600 ch ou Wright « Cyclone 14 » de 1 700 ch.

L'Armstrong-Whitworth « Albemarle », dont le prototype devait servir au bombardement de nuit, est aujourd'hui exclusivement affecté au remorquage des planeurs et au transport de matériel. Il a été employé à ce titre lors de l'attaque de la Sicile. C'est un bimoteur équipé de deux moteurs Bristol « Hercules » à tiroirs de 1 650 ch. Son poids total est de 10 000 kg, sa vitesse maximum 400 km/h. Il est muni d'un train d'atterrissage tricycle. Sa construction est mixte, bois, tubes d'acier, avec le minimum d'alliages légers.

nimes à considérer que cette invasion se ferait par la voie des airs, à l'aide de centaines d'avions de transport, amenant des milliers de planeurs. L'Allemagne, où le vol à voile était depuis des années en honneur, semblait disposer d'une réserve considérable de pilotes de planeurs, et ces anticipations ne paraissaient nullement du domaine de l'utopie.

Après les opérations de Norvège, de Hollande et de Belgique, et dès avant la mise en ligne massive de planeurs en Crète, les Anglo-Saxons s'étaient mis à l'œuvre de leur côté.

Un peu partout se sont créées des écoles de pilotage pour planeur. Contrairement à ce qu'on pourrait croire, ce n'est pas sur des appareils de vol à voile que commençait l'instruction, mais sur des appareils à moteur, ce qui tient sans doute à ce qu'on utilisait l'organisation existante. Ensuite les élèves passaient au pilotage remorqué qui offre, comme nous l'avons dit, des difficultés particulières, et à l'atterrissage en vol plané. La difficulté de cet atterrissage tient à ce que le pilote ne peut se présenter qu'une seule fois sur le terrain, puisqu'il n'a pas la possibilité de reprendre de la hauteur. Puis viennent les vols avec troupes embarquées, les atterrissages en terrain inconnu, les vols de nuit et les vols sur de longues distances.

Le pilote étant formé, il s'agit d'instruire les troupes spécialisées dans les débarquements aériens. L'instruction n'est pas exactement celle des parachutistes, car les troupes de planeurs disposent de moyens de feu et de transport au sol différents, qu'il faut débarquer et rassembler. Elles ont, plus que les parachutistes, la possibilité de manœuvrer.

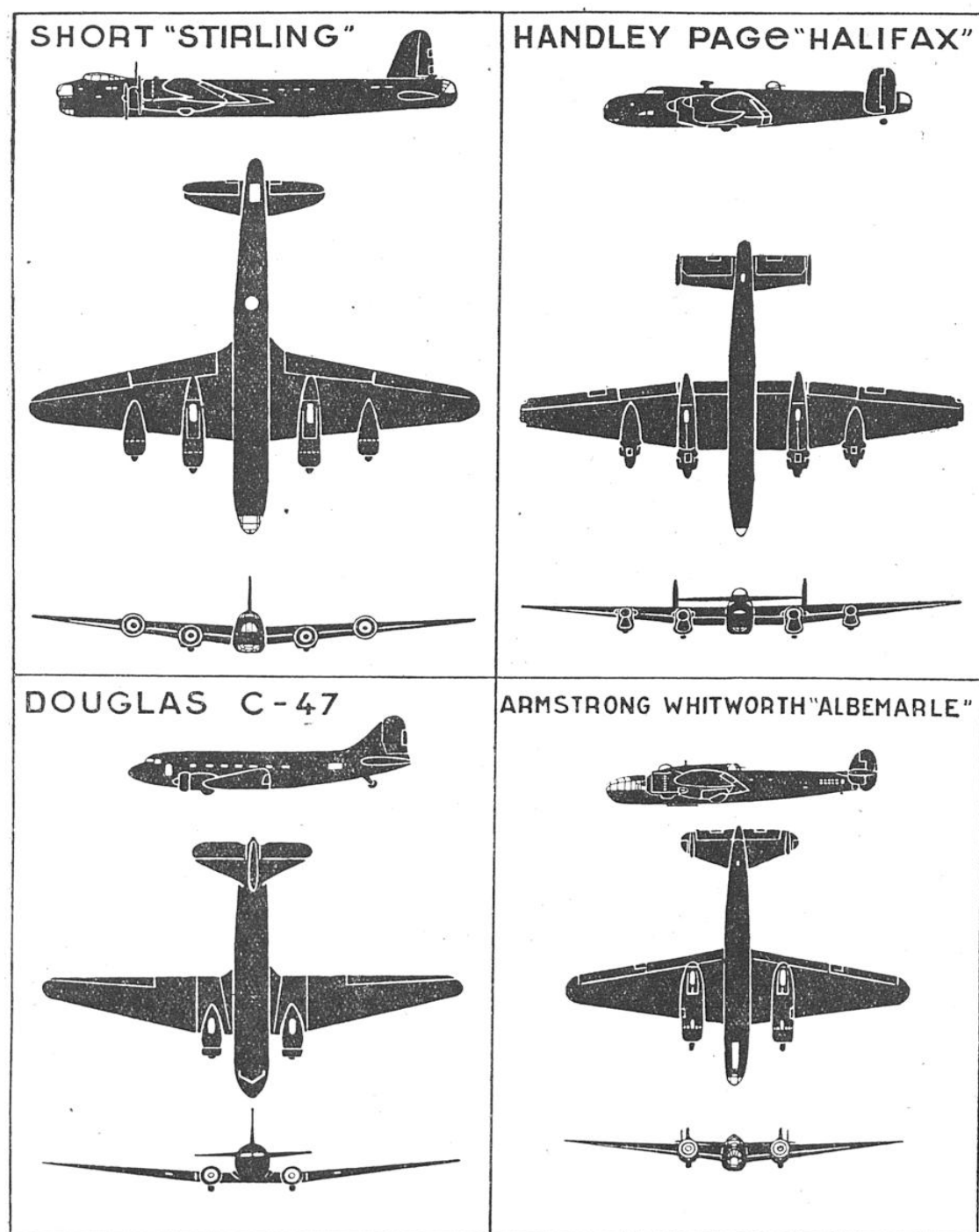


FIG. 4. — LES APPAREILS DE REMORQUAGE DE PLANEURS DE FRET OU DE TRANSPORT DE TROUPES DES FLOTTES AÉRIENNES AMÉRICAINES ET DE LA R. A. F.

« Stirling », « Halifax » et « Albemarle » sont employés exclusivement par les troupes aéroportées britanniques; le type C-47 à la fois par les Américains et les Britanniques. Il est dérivé de l'avion commercial américain Douglas DC-3 dont les deux versions de transports militaires sont appelées C-47 « Skytrain » et C-53 « Skytrooper » dans l'aviation d'armée américaine et respectivement « Dakota I et II » dans les formations britanniques.

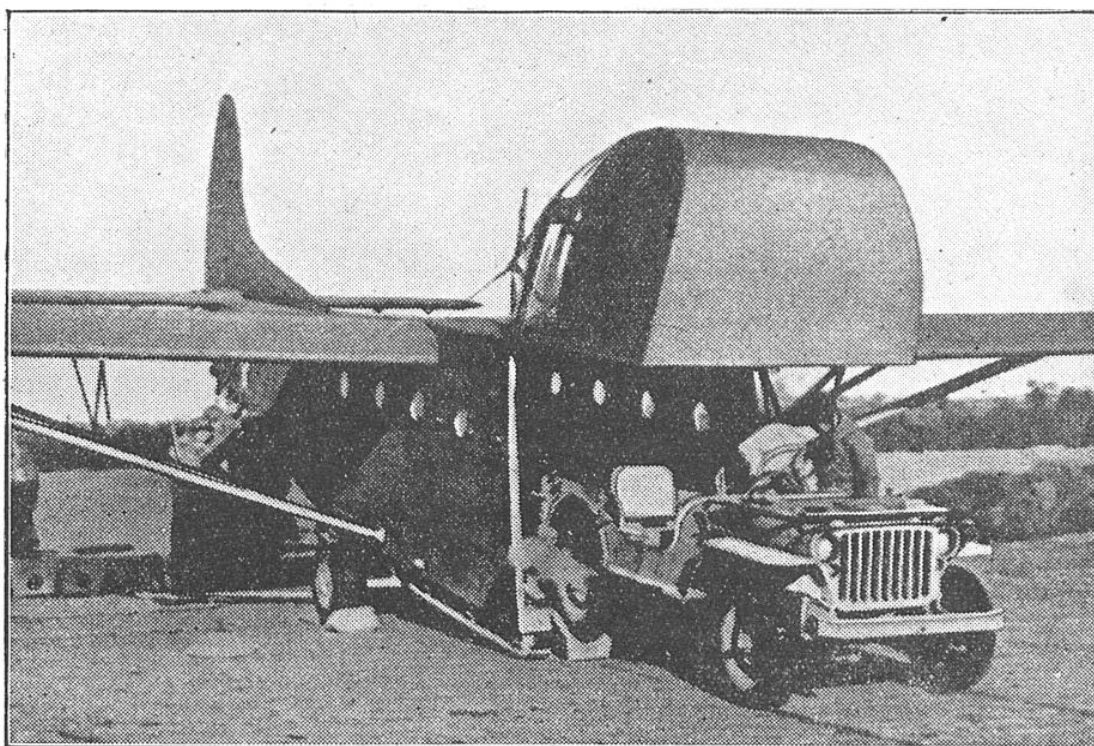


FIG. 5. — LE PLANEUR AMÉRICAIN WACO CG-4 CHARGEANT UNE VOITURETTE DE RECONNAISSANCE
Tout l'avant du planeur est relevable pour donner rapidement passage au véhicule transporté.

Les troupes débarquées constituent des unités spéciales, compagnies et bataillons. La marine américaine a, elle aussi, doté ses « Marines » d'unités de débarquement par planeur, qui sont dotées d'un matériel spécial et en particulier de planeurs amphibies, pouvant se poser indifféremment sur la terre et sur l'eau.

Au milieu de l'année 1942, on a annoncé aux Etats-Unis la création de deux divisions de troupes débarquant par avions, de 8 000 hommes. L'augmentation de leurs effectifs devait conduire à constituer ces troupes en grandes unités.

Peu à peu, l'expérience aidant, la technique du débarquement aérien se précisait.

Nous ne citerons que pour mémoire les opérations de Sicile de l'été 1943. On sait moins, en France, qu'en mars-avril de cette année un débarquement aérien important eut lieu en Birmanie, à l'arrière des positions japonaises.

Dans la nuit du 5 mars, 37 planeurs sur 54 mis en œuvre atteignirent leur objectif et débarquèrent 500 hommes, en majorité des pionniers d'aérodromes, qui établirent rapidement un terrain d'atterrissage où, la nuit suivante, les avions de transport purent se poser. En cinq jours plusieurs milliers d'hommes, plusieurs centaines de tonnes de matériel, 1 200 mulets et 175 poneys furent débarqués. Bien que cette opération d'assez grande envergure ne semble pas avoir donné les résultats escomptés, elle permit de réunir de précieux enseignements. Londres annonçait le 20 mai qu'une division hindoue avait été transportée par air, sans perte, avec son matériel, du front d'Arakan à Imphal, sur la frontière indo-birmane, soit 325 km en trois heures.

Au cours des grandes manœuvres en janvier 1944, dans l'Etat de North-Carolina, aux Etats-Unis, une division entière fut transportée

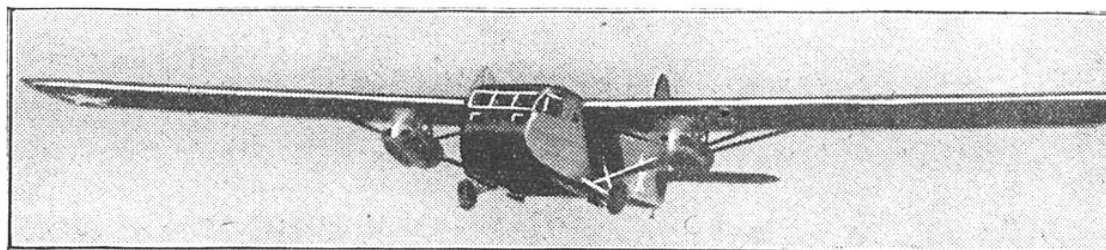


FIG. 6. — LA VERSION MOTORISÉE DU PLANEUR AMÉRICAIN WACO CG-4 A



FIG. 7. — EMBARQUEMENT DE TROUPES AÉROPORTÉES A BORD D'UN PLANEUR BRITANNIQUE AIRSPEED « Horsa »

de nuit par air. Les planeurs se posèrent sur les terrains prescrits dans la proportion de 85 %.

Enfin, on sait qu'en avril-mai dernier, une répétition générale eut lieu en Grande-Bretagne, comportant en particulier le transport par plusieurs centaines de planeurs d'une division américaine avec son matériel lourd.

Le débarquement aérien de Normandie

Il est sans doute trop tôt pour exposer dans leurs détails les opérations qui ont marqué le débarquement allié en Normandie. Il est possible cependant de donner une idée de l'importance du rôle qu'ont joué les formations aéroportées dans les premières heures et même les premiers jours de l'attaque du continent, d'après les récits de certains correspondants de guerre.

On sait que c'est le 6 juin, quelques minutes après minuit, que, sous la couverture de violents bombardements aériens, les premières formations de troupes aéroportées furent déposées

dans la baie de la Seine. Gênées par les mauvaises conditions météorologiques, ces dernières choisies peut-être à dessein pour rendre inefficace l'intervention des chasseurs adverses, elles éprouvèrent sans doute de graves difficultés. Cependant, elles constituèrent avec succès notamment deux zones de débarquement aérien, entre Sainte-Mère-l'Eglise et Valognes, d'une part, d'autre part dans la région de Coutances.

Il est difficile d'évaluer le nombre de divisions aéroportées mises en ligne, en l'absence de précisions officielles. Une telle division compte 5 000 ou 6 000 hommes avec du matériel léger et moyen.

Les Allemands ont prétendu avoir trouvé ou détruit dans leurs positions, pendant la semaine du 6 au 13 juin, 1 300 planeurs alliés. Bien que ce chiffre soit fort sujet à caution, il peut donner une idée de l'importance des moyens mis en action.

Quoi qu'il en soit, il est certain que si les troupes aéroportées comme les parachutistes ont éprouvé des pertes appréciables, elles ont, en détournant sur elles l'action des troupes chargées de la défense de la « Muraille de l'Atlantique » favorisé le débarquement par mer des troupes terrestres et la constitution des têtes de pont. Elles ont joué ainsi un rôle de tout premier plan.

La course au tonnage du planeur remorqué

Une grande unité doit disposer d'une combinaison d'armes variées et puissantes, en particulier de l'artillerie. Si elle veut manœuvrer, elle doit posséder des moyens de transport

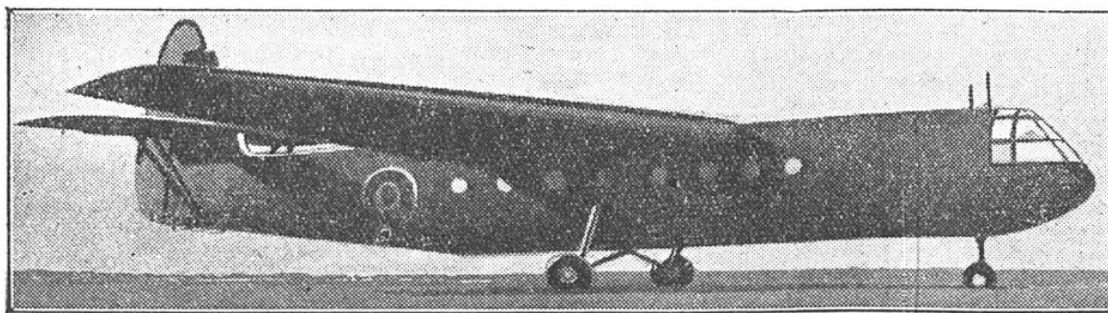


FIG. 8. — LE PLANEUR DE TRANSPORT DE TROUPES ANGLAIS AIRSPEED « Horsa »

On remarquera la disposition caractéristique du train d'atterrissage tricycle. Ce planeur peut emporter vingt hommes équipés dans son fuselage surbaissé.

terrestres et du carburant. Elle doit pouvoir opposer ses chars à ceux de l'adversaire. Le transport des engins lourds exige des appareils de grande capacité, et on commence à assister dans ce domaine, comme dans beaucoup d'autres domaines de la technique militaire, à une course au tonnage. Disposera-t-on alors d'avions remorqueurs assez puissants, et en particulier comment résoudra-t-on le problème du décollage? Il semble que la question ait déjà été étudiée par les belligérants. Tout d'abord les quadrimoteurs en service actuellement sont déjà capables de remorquer des planeurs d'assez gros tonnage.

Si l'on veut éluder les difficultés de l'envol, on pourra même catapultier simultanément l'avion à moteur et le planeur. Si le tonnage des planeurs remorqués devient plus considérable, on peut envisager de lui atteler plusieurs avions à moteur.

Mais des engins lourds comme ceux que l'on construira alors deviendront coûteux. Il faudra les protéger avec un soin particulier. Ils devront posséder leur armement de défense contre avions, et on pourra difficilement se résigner à les considérer comme des « emballages volants » irrécupérables. On sera par conséquent amené à les munir de moteurs auxiliaires

leur permettant de décoller à vide par leurs propres moyens pour revenir au point de départ après s'être débarrassés de leur chargement. On arrivera ainsi à des solutions mixtes de planeurs à appareils propulsifs de puissance réduite : deux, quatre ou six moteurs de 800 à 1 000 ch par exemple.

Le nombre des combinaisons dans cet ordre d'idées est pratiquement illimité, et les possibilités qu'elles offrent sont considérables.

Indiquons seulement une des applications possibles : dans la guerre du Pacifique, le rayon d'action des avions est une de leurs caractéristiques les plus importantes. Pour augmenter dans des proportions importantes ce rayon d'action, on pourrait leur faire remorquer pendant une partie du parcours un planeur emportant une charge supplémentaire de carburant et muni de moteurs lui permettant de tenir l'air quand il est presque vide. Il ne serait pas nécessaire de faire emporter par l'appareil remorqueur une charge d'essence énorme

qui rendrait le décollage dangereux; le plein des réservoirs serait complété en vol et l'avion pourrait même vivre un moment aux dépens du planeur.

L'avenir du planeur dans les transports aériens de l'après-guerre

Dans l'état actuel de la technique des transports aériens, le gros inconvénient de l'avion est qu'il ne réalise pas comme les transports



FIG. 9. — LA PREMIÈRE TRAVERSÉE DE L'ATLANTIQUE PAR UN PLANEUR REMORQUÉ

C'est au début de juillet 1943 que cette intéressante expérience a été faite. Il s'agissait d'un planeur américain Waco CG-4 remorqué par un Douglas DC-3 bi-moteur. Le câble de traction, long de 104 m, était en Nylon tressé, de 20 mm de diamètre environ. Les communications entre les pilotes de l'avion et du planeur s'effectuaient téléphoniquement par ondes courtes. La traversée fut accomplie, avec plusieurs escales naturellement, à une altitude moyenne de 4 000 m, par très mauvais temps.

automobiles la liaison porte à porte. Il prend et dépose son chargement et ses voyageurs sur des terrains qui sont souvent à une heure de parcours du centre des grandes villes. Le trajet entre l'aérodrome et le point où l'on veut aller est souvent une fraction assez importante du voyage. Pour atténuer cet inconvénient, il faudrait pouvoir multiplier les aérodromes dans la ville et sa périphérie. Pour cela les terrains devraient être de dimensions réduites, et le planeur, avec sa faible vitesse d'atterrissage, est l'engin idéal pour atterrir sur de tels terrains. Les transports aériens de l'après-guerre seront peut-être effectués par des trains de planeurs remorqués qui, arrivés au-dessus des villes, « éclateront » dans toutes les directions, chacun des engins allant se poser sur la gare qui lui est assignée. Les transports aériens y gagneraient une souplesse qui était jusqu'ici l'apanage exclusif des transports automobiles.

Henri FRANÇOIS.



LA NÉBULEUSE DU CRABE, PHOTOGRAPHIÉE PAR W. BAADÉ EN 1938 À L'AIDE DU GRAND TÉLESCOPE DE 2,54 M D'OUVERTURE DU MONT WILSON (ÉTATS-UNIS)

La nébuleuse du Crabe, à 5 000 années-lumière du Soleil, est l'unique exemplaire connu dans notre Univers d'un résidu de Supernova, étoile « nouvelle » géante dont les chroniques de Chine et du Japon ont signalé l'apparition en l'an 1054.

LES CATACLYSMES STELLAIRES : NOVÆ ET SUPERNOVÆ

par Paul COUDERC

L'apparition d'étoiles nouvelles (ou « Novæ ») n'est pas un phénomène récent dans l'histoire de l'Astronomie. On dit que Hipparque (1) entreprit son catalogue d'étoiles, vers l'an 130 avant notre ère, — le premier catalogue stellaire dont l'existence nous soit rapportée — à l'occasion d'une de ces apparitions. (Il se peut d'ailleurs que cette prétendue étoile nouvelle n'ait été qu'une comète sans queue.) On dit aussi que la fameuse Nova du 11 novembre 1572, qui suivit de très près la Saint-Barthélemy et parut, en France, associée à ce funeste événement, suscita la vocation astronomique de Tycho-Brahé (2). Le vingtième siècle, depuis son début, a été favorisé par une surprenante abondance de belles Novæ, laquelle a permis de pousser vivement l'étude de ces astres extraordinaires. Leur instabilité interne apparaît périodique; malgré toutes les apparences (une Nova rayonne comme cent mille Soleils), il semble que les explosions que nous observons n'intéressent qu'une faible partie de leur masse et laissent les astres quelques années plus tard dans un état semblable à l'état antérieur. Il n'en est pas de même pour les « Supernovæ », sièges de cataclysmes incomparablement plus intenses, puisqu'elles peuvent rayonner comme plusieurs centaines de millions de Soleils, — et cette fois définitifs. Les recherches à ce sujet sont à leur début, mais le matériel d'observation s'accroît très vite et les énigmes que les Supernovæ posent à la physique sont un stimulant énergique : de nombreux astronomes sont attachés à l'étude de ces étoiles singulières qui sont le siège du phénomène le plus gigantesque dont l'homme ait jamais eu connaissance. La science en attend maints progrès.

LE nom d'étoile nouvelle, que l'on emploie quelquefois lorsqu'apparaît dans le ciel un astre brillant jusque là inconnu, caractérise fort mal le phénomène : il ne s'agit évidemment pas de la création ou de la formation d'une étoile. L'astre n'est pas nouveau; une étoile quelconque, perdue dans la foule des étoiles faibles, est le siège d'une soudaine flambée. Le cataclysme tire l'astre de son anonymat, le met en évidence et parfois le porte au rang des plus brillantes étoiles de notre firmament. Après quelques jours de gloire, l'astre perd vite sa grande luminosité, puis, plus lentement, continue à décroître pendant quelques années et retourne à sa médiocrité antérieure, sans toutefois disparaître.

Il convient donc de proscrire les termes inexactes d'étoile nouvelle ou temporaire. Les astronomes emploient les mots de *Nova*, pour désigner l'apparition, de *Prénova* pour l'astre antérieur, de *Postnova* pour l'astre résiduel.

L'observation de la Nova au spectroscopie (3)

(1) Le plus grand astronome de l'antiquité découvrit entre autres la précession des équinoxes et inventa l'astrolabe.

(2) Grand astronome danois qui eut Kepler pour élève; ce dernier utilisa les minutieuses observations de son maître pour découvrir les trois fameuses lois qui portent son nom, touchant la révolution des planètes. Le premier ouvrage de Tycho-Brahé porte le titre : *De nova stella anni 1572*.

(3) L'analyse de la lumière reçue de l'astre au spectroscopie permet de connaître, par l'observation

révèle des couches de gaz lumineux en expansion, animées de vitesses de l'ordre de 1 000 km par seconde. Cet ordre de grandeur correspond à des vitesses d'explosion : le cataclysme peut se décrire comme une explosion, au moins superficielle.

La masse expulsée

Quelle fraction de sa masse totale l'étoile expulse-t-elle pendant la phase Nova? La perte de substance est-elle considérable? On fut longtemps porté à le croire, mais en réalité il n'en est rien : la perte est négligeable. L'étude soignée des Novæ apparues depuis 50 ans montre que les gaz chassés au loin, dans le vide interstellaire, représentent environ un cent-millième (0,00001) de la masse de l'étoile. Il s'agit donc d'une simple pellicule périphérique que dissipe l'explosion : pour faire image, on pourrait dire que l'étoile expulse son atmosphère, mais on se souviendra que, sur une étoile, l'atmosphère n'est séparée du reste de l'astre par aucune discontinuité.

La courbe de lumière

Ce sont les torrents d'énergie jaillis de la

des raies du spectre, la nature des éléments qui y sont présents. Le déplacement de ces raies par rapport à des repères fixes révèle le mouvement qui anime les couches émettrices par rapport à l'observateur (effet Doppler-Fizeau).

Nova qui soufflent puissamment loin d'elle ses enveloppes de gaz raréfié. En peu de jours, la crise atteint sa phase la plus aiguë : le débit lumineux de la Nova passe par son maximum : l'astre rayonne alors à lui seul autant que 50 000 ou 100 000 Soleils réunis. Pour préciser, tandis que la magnitude absolue (1) du Soleil est voisine de + 5, la magnitude absolue des Novae avoisine — 7. L'écart est d'environ 12 unités.

Dans la plupart des Novae bien observées, le maximum de luminosité fut toujours à peu près le même. Cette constance du maximum est l'un des caractères les plus curieux du phénomène.

On appelle *courbe de lumière* le graphique de l'énergie débitée par la Nova au cours de sa durée (fig. 1). La courbe présente au début une pointe fine : croissance brutale, suivie d'un déclin presque aussi rapide d'abord. Mais l'extinction se ralentit bientôt. Après quelques semaines, la pente de la courbe est faible. Pourtant l'astre continue à s'éteindre pendant des mois, et ce n'est qu'au bout de quelques années que le débit redevient constant : le stade Postnova est atteint, le phénomène est terminé.

Signalons dès maintenant que ce thème général comporte parfois quelques variantes : certaines Novae manifestent des regains d'activité, des fluctuations de lumière, qui traduisent une persistance du trouble initial fort intéressante à envisager.

Le débit d'énergie d'une Nova

Un progrès essentiel dans le problème des Novae a résidé dans une évaluation correcte du débit total de la Nova, en énergie, au cours de ses mois de gloire. Les idées anciennes sur le sujet ont d'un seul coup disparu.

Il y a dix ans, par exemple, on concevait encore le phénomène Nova comme un cataclysme radical, où une étoile jouait son existence même, dilapidait l'essentiel de ses forces, et dont elle ne pouvait sortir qu'à l'état de résidu misérable, d'astre rabougri sans avenir. Nous sommes certains aujourd'hui que le contraire est vrai : le phénomène Nova est essentiellement superficiel, il modifie fort peu l'état général ou les ressources de l'étoile ; c'est un épisode assez anodin dans l'histoire de l'astre, qui peut se reproduire plusieurs fois sur la même étoile, et qui est peut-être *périodique* chez tous les astres qui en ont été une fois le théâtre.

Notre Soleil dégage en un an sous forme de lumière et de chaleur une énergie de 10^{41} ergs — ou, si l'on préfère, trois milliards de milliards de milliards de kilowatts-heure (plus précisément : $2,8 \cdot 10^{27}$ kWh).

Or l'émission d'une Nova se monte, selon les

(1) La *magnitude absolue* d'une étoile caractérise l'éclat apparent qu'elle posséderait si elle était ramenée à une distance (la même pour toutes) égale à 10 parsecs (32,6 années-lumière). Elle *décroit* proportionnellement au logarithme de l'éclat, de sorte que les étoiles les plus brillantes ont les magnitudes les plus petites, les astres extrêmement brillants ayant même des magnitudes négatives. On se souviendra qu'une unité en moins représente un éclat multiplié par 2,5 ; une différence de 5 unités en magnitude signifie donc que l'un des astres est 100 fois plus lumineux que l'autre. La *magnitude apparente* (portée sur la fig. 1) caractérise l'éclat apparent de l'étoile telle qu'on l'observe. Elle dépend de la magnitude absolue et de sa distance à l'observateur.

cas, à 10^{44} ou 10^{45} ergs. Ce sont donc 1 000 ou 10 000 années de rayonnement solaire qu'une Nova jette à l'abîme au cours de sa splendeur, pratiquement en quelques semaines.

A l'échelle humaine, ces nombres sont fantastiques et l'on conçoit qu'ils aient pu engendrer des images trompeuses, évoquer l'idée d'un drame définitif pour l'étoile. Mais, à la réflexion, cette énergie apparaît négligeable à l'échelle stellaire. Ne savons-nous pas que notre Soleil, par exemple, rayonne depuis quelques milliards d'années à débit presque constant et qu'il continuera à rayonner, en augmentant même sa puissance, pendant encore un bon nombre de milliards d'années ? La dépense brutale de 10 000 ans de rayonnement sous forme de Nova, constituerait donc pour lui, ou pour toute autre étoile, une dépense insignifiante.

Rappelons encore que la masse du Soleil ($2 \cdot 10^{33}$ grammes) représente une énergie d'environ $2 \cdot 10^{54}$ ergs. En admettant que cette énergie fût entièrement disponible sous forme de rayonnement, elle pourrait alimenter la dépense solaire, à débit constant, pendant plus de 10^{13} années — dix mille milliards d'années. La Physique moderne n'a d'ailleurs jusqu'ici recueilli aucun indice permettant de croire que la matière puisse s'annihiler totalement ; la théorie ne donne non plus aucune indication en ce sens ; et l'Astronomie, enfin, n'a présentement aucun besoin d'envisager des durées dépassant 10 milliards d'années dans le passé ni dans l'avenir. Nous savons (1) que le rayonnement normal des étoiles est puisé aux sources subatomiques, mais le prélèvement sur les masses est modique : moins de 1 % des quantités de matière mises en jeu.

Le rayonnement des Novae n'est pas puisé aux sources subatomiques, comme le rayonnement ordinaire des étoiles : il provient d'énergies moins cachées, que tout astre renferme, et que l'on peut grouper sous le nom d'énergies thermiques : ce sont ces énergies que la physique, au siècle dernier, avait seules envisagées pour subvenir aux dépenses des astres et qui apparurent bientôt comme dérisoirement insuffisantes. Nous nous contenterons de citer l'énergie *d'agitation* des particules, que l'astre restituerait en se refroidissant ; — l'énergie *potentielle* de sa substance, qu'il restituerait en se contractant (énergie dite encore de gravitation, ou de contraction) ; — l'énergie *d'ionisation*, qu'il restituerait en devenant substance électriquement neutre. On évalue à 10^{49} ergs le montant total de ces énergies thermiques pour une étoile ordinaire comme le Soleil. Ces énergies, tout à fait accessoires dans la vie rayonnante des astres, n'en représentent ainsi pas moins de 10 000 à 100 000 fois le débit total d'une Nova (2).

Il apparaît donc que le phénomène Nova peut consister en un modique emprunt aux énergies thermiques. Plusieurs raisons montrent qu'il en est réellement ainsi ; la principale concerne le théâtre du dégagement d'énergie. L'énergie subatomique est engendrée au cœur de l'étoile,

(1) Suivant la théorie de Bethe, l'énergie stellaire est libérée dans un cycle complexe de réactions qui transforme en hélium tout le contenu en hydrogène des étoiles. Dans cette transmutation, environ 1/141 de la masse initiale disparaît, correspondant à l'énergie libérée. Voir *Science et Vie*, août 1943, « Comment les étoiles produisent leur lumière et leur chaleur ».

(2) En effet, $10^{49} = 10^{45} \times 10^4$ ou $10^{44} \times 10^5$.

pratiquement en son centre (1). Or le phénomène Nova est un phénomène de surface, ou presque : si 10^{44} ergs, d'origine quelconque, étaient libérés soudain au centre d'une étoile, rien ne traduirait au dehors cette libération; la température effective de l'astre croîtrait d'un ou deux degrés, le rayon de l'astre se dilaterait très légèrement (phénomènes parfaitement imperceptibles pour nous), car l'énorme masse de l'étoile jouerait le rôle d'amortisseur et absorberait de proche en proche l'appoint d'énergie considéré; cet appoint représente au maximum, nous venons de le voir, un dix-millième du montant des énergies thermiques de l'astre : il est évident que le résultat définitif serait quasiment nul.

Si, au contraire, ce brusque dégagement d'énergie est *périphérique*, s'il ne rencontre dans sa marche vers l'extérieur que des obstacles médiocres, nous serons les témoins d'une titanessque explosion : le flux de radiations qui s'échappe chassera devant lui, dans l'espace, l'atmosphère de l'étoile et le rideau de gaz superficiels éventuellement interposés entre la région du sinistre et l'extérieur. La masse expulsée est toujours faible par rapport à la masse totale de l'étoile : cependant elle équivaut au moins à celle de la Terre et représente, dans certains cas, cent fois cette valeur.

En résumé, le phénomène qui cause la Nova a son siège à de faibles profondeurs sous la photosphère de l'astre et ne saurait, par conséquent, provenir des transformations nucléaires qui alimentent le rayonnement normal et qui exigent des températures voisines de 20 millions de degrés que l'on ne rencontre qu'au voisinage du centre. Au surplus, le caractère temporaire et accidentel du cataclysme, son bilan énergétique modeste (à l'échelle des énergies stellaires globales) plaident fortement contre l'hypothèse de bouleversements subatomiques : il est peu vraisemblable que des énergies nucléaires déchaînées se laissent juguler net.

Muni du bilan de la Nova, éclairé sur les zones intéressées par le phénomène, l'astronome se sentirait prêt à résoudre le problème s'il avait une connaissance exacte de l'état antérieur et de l'état ultérieur de l'astre perturbé. Malheureusement, le fil de nos connaissances n'est bien attaché qu'à l'une de ces extrémités : les Postnovæ sont bien connues, mais les Prénovæ restent en grande partie mystérieuses.

(1) Le cycle de Bethe exige une température voisine de 20 millions de degrés, atteinte seulement au cœur des étoiles.

Après le cataclysme : la Postnova

Quand les couches de gaz lumineux expulsées par la Nova, raréfiées par l'expansion, commencent à devenir transparentes, on revoit l'étoile blottie au sein de son cocon nébuleux et on peut l'étudier.

La Postnova est une étoile de couleur bleue, très chaude en surface ($40\,000^\circ$ au moins) (1). Son type spectral, désigné par la lettre O en

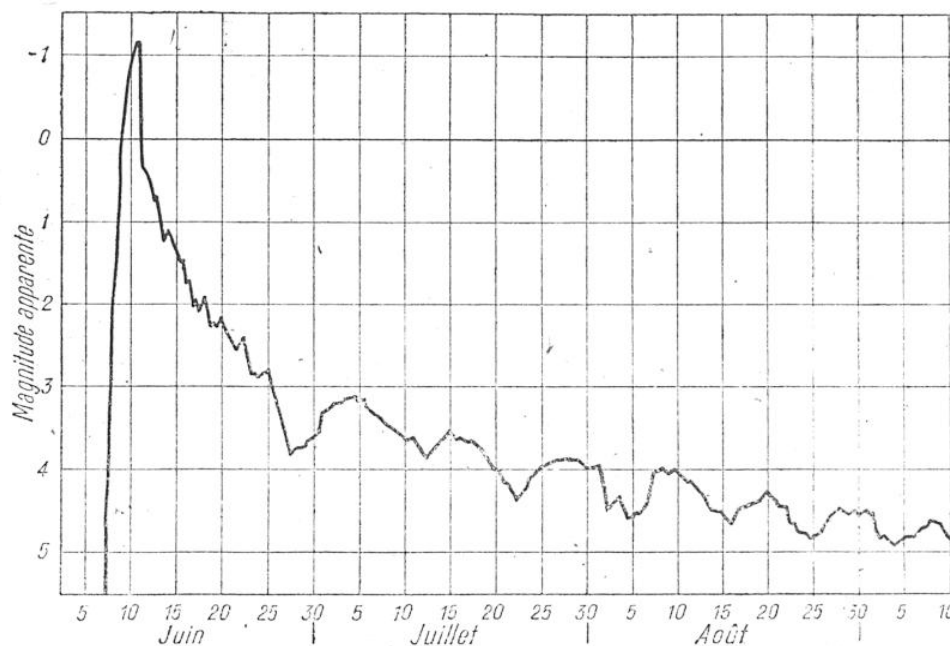


FIG. 1. — COURBE DE LUMIÈRE DE NOVA AQUILÆ 1918, PENDANT LES TROIS MOIS QUI SUIVIRENT SON APPARITION DANS LE CIEL

astronomie, s'applique à une catégorie d'astres particuliers, possédant des températures supérieures à celles des étoiles normales.

Dans tous les cas où l'on a pu évaluer la distance d'une Nova, la luminosité intrinsèque de la Postnova est apparue un peu supérieure à celle du Soleil (de deux à six fois supérieure). Autrement dit, la magnitude absolue d'une Postnova est 3 ou 4, tandis que celle du Soleil avoisine 5. Etant donné la haute température superficielle et l'éclat très élevé par unité de surface chez la Postnova, on peut en conclure que la surface de l'astre est faible et son rayon petit : en moyenne, ce rayon paraît valoir les deux dixièmes du rayon solaire. La masse, assez mal connue, paraît de l'ordre de celle du Soleil, plutôt un peu moindre (comprise entre 0,5 et 1 par rapport à celle du Soleil).

Dans ces conditions, la densité moyenne de la Postnova est grande, de l'ordre de 100 par rapport à l'eau, supérieure à celle des corps terrestres les plus denses. Cependant cet état physique est encore compatible avec les propriétés des gaz parfaits, et l'on tient pour établi que la Postnova se comporte, dans son ensem-

(1) La température superficielle du Soleil est de $6\,200^\circ$.

ble, tout comme une étoile normale (1). La conclusion actuelle présente une grande importance parce qu'elle s'oppose aux conceptions de Milne qui, vers 1930, suggérait que les Postnovae étaient des naines blanches à la substance dégénérée (au sens de la Physique moderne) (2).

La théorie de Milne fut un progrès remar-

autre astre, frottement de la Nova dans un milieu nébulaire), malgré l'inefficacité ou l'improbabilité théorique de ces processus. Milne a eu le mérite d'attirer l'attention sur l'éventualité de mécanismes internes : depuis cette époque, l'unanimité s'est faite sur l'existence d'instabilités intérieures chez les Novae (le déclenchement de l'éruption pouvant être suscité, à la rigueur, par les conditions du milieu).

Toutefois, il est évident aujourd'hui que Milne avait poussé trop loin, d'emblée, l'ampleur du processus. Mettant en jeu des masses et des énergies infimes par rapport au contenu total de l'astre, la transformation ne saurait consister en un passage radical et décisif à l'état de naine blanche hyperdense, où la substance est physiquement morte, inapte à tout travail et à toute évolution ultérieure. Nous verrons au contraire que le bilan des Supernovae permet d'envisager pour elles la transformation que Milne attribuait aux Novae ordinaires.

Le bilan énergétique de la Nova et l'examen de la Postnova s'opposent l'un et l'autre à ce que l'astre résiduel soit une naine blanche; le rayon et la magnitude absolue sont trop élevés, la densité moyenne est insuffisante pour que la dégénérescence ait commencé dans la Postnova. Les caractères physiques que nous avons énoncés (magnitude absolue et température ou type spectral) assignent aux Postnovae une place bien définie dans le diagramme de Hertzsprung-Russell où l'astronomie classe toutes les étoiles (fig. 2).

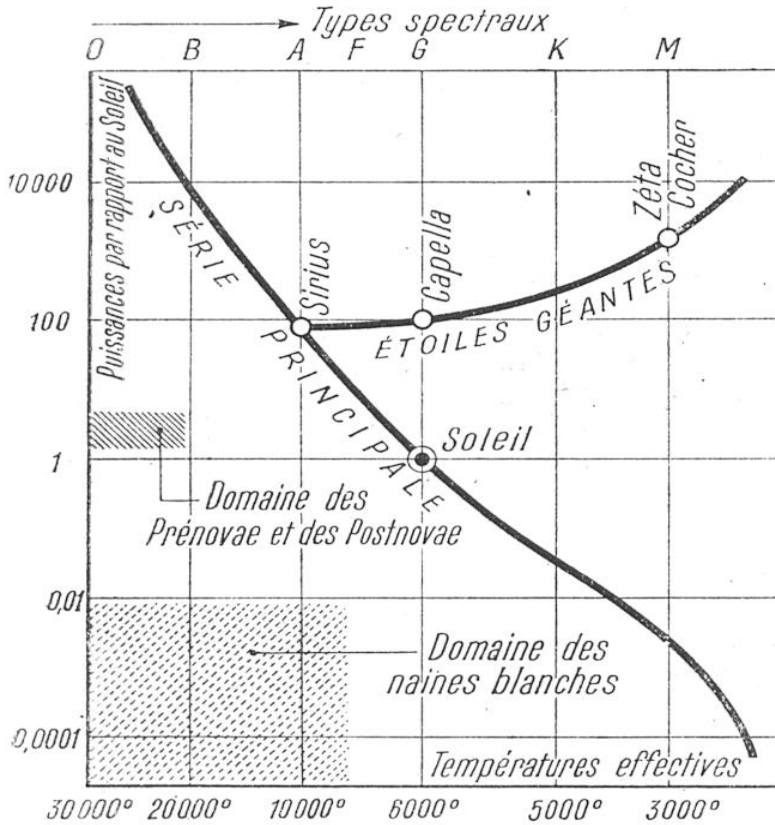


FIG. 2. — LE DIAGRAMME DE HERZSPRUNG-RUSSELL

Lorsqu'on les classe d'après leur puissance lumineuse et leur température superficielle, les étoiles viennent se ranger sur deux lignes. La branche supérieure est celle des étoiles géantes; la branche inférieure celle des naines (ordinaires). Les naines blanches se groupent à part, dans l'angle inférieur gauche, dans une région nettement distincte de celle où se retrouvent les Pré-novae et Postnovae.

quable dans l'évolution des idées au sujet des Novae : auparavant, on s'obstinait à chercher la cause principale du phénomène dans une circonstance extérieure (choc de la Nova et d'un

(1) Les atomes, soumis à des températures très élevées, sont plus ou moins ionisés, c'est-à-dire débarrassés de l'atmosphère d'électrons qui entoure normalement le noyau. Il reste ainsi un « gaz » d'électrons et d'atomes privés de leurs couches extérieures d'électrons, dont les constituants sont extrêmement petits, des milliards de fois plus petits que les atomes non ionisés. Ce gaz peut être comprimé à des densités insoupçonnables sans perdre pour cela les propriétés d'un gaz parfait.

(2) Une naine blanche, le compagnon de Sirius, a une densité moyenne de 140 000 environ. Les atomes qui le composent ont encore le vingtième du nombre normal de leurs électrons. L'étoile de Kuiper a une densité de 36 000 000 et ses noyaux sont entièrement nus.

une Postnova. Le terme de planétaire est fort malencontreux car les planètes n'ont aucun rapport avec ces objets : cette appellation fut suggérée par leur apparence dans des lunettes de grossissement insuffisant, où on les discerne sous forme de petits disques lumineux plus ou moins arrondis (fig. 3). En fait, il s'agit de nébulosités sphériques associées à l'étoile O. Les inégalités de densité dans l'enveloppe, la perspective des surfaces de séparation nébulaires expliquent l'aspect parfois singulier des images.

Une Postnova perd son auréole nébulaire en quelques années et ne prend que d'une manière passagère l'aspect d'une nébuleuse planétaire. Au reste, les nébuleuses planétaires paraissent elles-mêmes, quoique plus durables, des objets transitoires : leur nébulosité se dissipe peu à peu; certains noyaux, il est vrai,

Les nébuleuses planétaires

Quelques Postnovae conservent une auréole de nébulosité : c'est le cas de la célèbre Nova apparue en 1901 dans la constellation de Persée. Cette Postnova serait assurément classée dans la catégorie des nébuleuses planétaires si nous n'avions pas assisté au cataclysme.

Les mots de nébuleuses planétaires désignent 130 objets nébuleux, au centre desquels rayonne une étoile de type O analogue à

paraissent continuer d'alimenter par leur émission la nébulosité environnante. Les noyaux des nébuleuses planétaires seraient ainsi des étoiles à activité de Nova qui auraient trouvé une position d'équilibre assez durable à un stade où la plupart des Novæ ne demeurent pas : on a pu dire que ces objets représentaient des Novæ restées « sur une voie de garage ». Whipple estime qu'une nébuleuse planétaire, doit vivre environ 30 000 ans. Il n'y a peut-être entre les Postnovæ et ces nébuleuses qu'une différence de masse.

Avant le cataclysme : La Prénova

L'observation montre que la Prénova possédait une luminosité identique à celle de la Postnova. Dans 24 cas, on a retrouvé sur des clichés l'étoile qui, ultérieurement, fut le siège de l'effervescence, et il est bien établi que la magnitude est demeurée la même avant et après le cataclysme.

Si nous rapprochons de cette invariance les faits déjà soulignés : perte d'énergie négligeable, perte de masse très faible (relativement à ce qui reste), nous sommes amenés à supposer que l'astre n'a pu modifier beaucoup son rayon ni sa température : donc la Prénova doit être un astre analogue à la Postnova, situé dans la même région du diagramme de Russell.

Cette conclusion, si elle était confirmée, présenterait un intérêt considérable : en effet, le cataclysme frapperait uniquement des étoiles particulières, des étoiles bleues O, occupant dans le diagramme de Russell une place spéciale, bien définie, au-dessous de la série principale : les Novæ proviendraient des sous-naines bleues, et une étoile comme le Soleil serait parfaitement à l'abri d'une telle transformation : conclusion heureuse pour l'avenir de la vie sur notre Globe, qui ne risquerait point d'être flambé et stérilisé par les feux du Soleil soudain embrasé par une activité de Nova.

Jusqu'à ces dernières années, maints astronomes partageaient une opinion contraire et considéraient, à la suite de certains recensements de Novæ, que toutes les variétés d'étoiles pouvaient devenir des Novæ. Nous pensons qu'ils avaient tort, mais, pour confirmer les pronostics précédents, il conviendrait de posséder les spectres des Prénoval : par malheur nous n'en possédons qu'un seul : celui de Nova Aquilæ 1918, recueilli par hasard seize ans avant l'explosion. Les Prénoval sont des astres faibles que l'Astronomie n'a aucune raison d'étudier spécialement, parmi les millions d'astres semblables, avant que la flambée les mette en vedette.

Ce spectre unique est favorable à notre thèse : c'est celui d'une étoile bleue, d'un type « jeune », et c'est un spectre hors série, in-

classable à la manière ordinaire. Certes, d'un cas isolé, nous ne tirerons pas de conclusions générales : mais il convient de remarquer que l'unique exemple vient corroborer le faisceau de présomptions déjà solide que nous avons présenté.

En outre, quelques indications s'ajoutent à celle de Nova Aquilæ 1918. On représente la séquence classique des spectres stellaires par la suite de lettres

O B A F G K M

que l'on trouve en horizontale dans le diagramme de Russell (fig. 2). Ce sont les types O B A que l'on appelle, par convention ou plutôt par tradition, les types jeunes (fig. 4).

Dans de très rares cas (dans 7 cas, pour préciser), on a eu le temps de photographier le spectre de la Nova avant qu'elle n'atteigne son maximum. On possède donc les caractères de l'astre 2 jours avant le maximum et 3 magnitudes au-dessous de ce maximum (75 % de la montée restent encore spectralement inconnus). Or, dans tous les cas, on a surpris un vieillissement du spectre, un glissement du type B au type A, puis au type F. Donc il y a beaucoup à parier que la Prénova était d'un type très jeune, du type O.

Malgré ces recoupements, le spectre des Prénoval reste l'une des informations les plus souhaitables que l'Astronomie puisse recueillir à notre époque.

C'est pourquoi l'un des premiers travaux que se propose l'observatoire du Mont Palomar avec le nouveau télescope de 5 mètres de diamètre, consistera à recueillir systématiquement des informations sur le type spectral de toutes les étoiles, jusqu'à une magnitude lointaine, au moyen de la photographie.

Mais nous indiquerons encore une raison fondamentale de considérer les Prénoval comme des étoiles très chaudes : les Novæ s'apparentent à une série nombreuse d'astres en émission permanente — série dont nous parlerons plus loin. Ces proches parents des Novæ sont tous des astres exceptionnellement chauds, les plus chauds des astres connus.

La fréquence des Novæ

Pour qu'un astre nouveau ait des chances d'être perçu, il convient qu'il devienne, lors de son maximum, au moins visible à l'œil nu, c'est-à-dire que sa magnitude apparente soit inférieure à 6. Or une Nova comporte un gain de 10 magnitudes en moyenne. Une Nova n'a donc quelque chance de devenir frappante que si elle concerne les astres plus brillants que la 16^e grandeur. Or ces astres sont une faible minorité dans la Galaxie, tissu d'étoiles beaucoup plus fines.

Néanmoins, depuis 1900, une surveillance at-

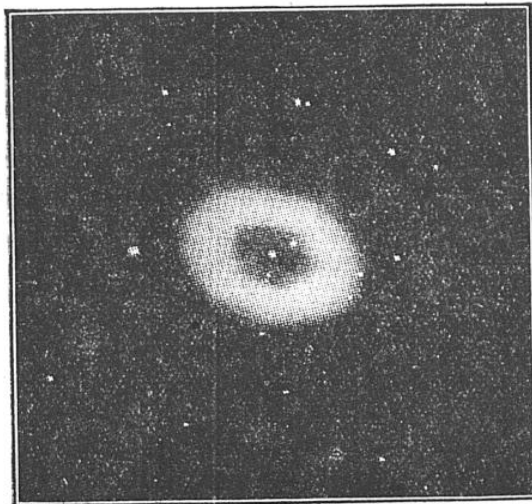


FIG. 3. — LA NÉBULEUSE ANNULAIRE DE LA LYRE PHOTOGRAPHIÉE À L'OBSERVATOIRE DU MONT WILSON

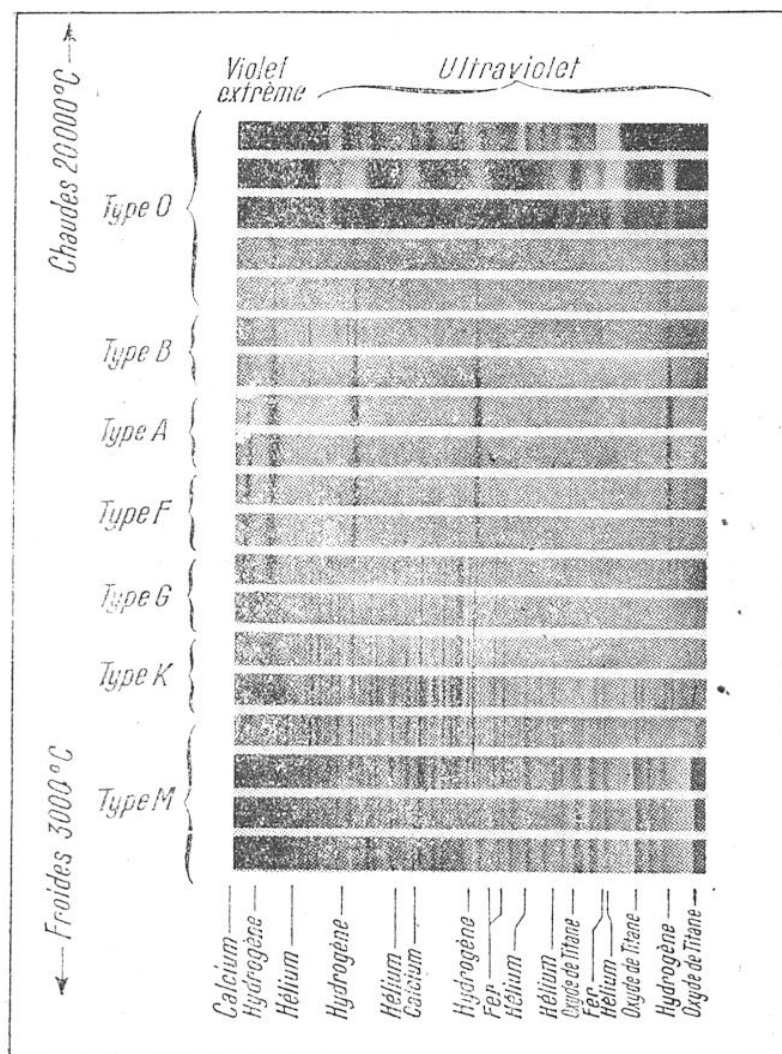


FIG. 4. — LES TYPES DE SPECTRES D'ÉTOILES

L'analyse au spectrographe de la lumière reçue d'une étoile fait connaître les éléments présents dans les couches supérieures de son atmosphère et révèle la température de sa surface. En effet, les raies qui sillonnent les spectres sont caractéristiques non seulement des éléments chimiques présents dans la source de lumière, mais des conditions physiques dans lesquelles ils se trouvent, en particulier de leur température, un atome neutre et un atome ionisé émettant en principe des radiations très différentes. Sur cette figure, les spectres sont rangés de haut en bas par ordre de température décroissante, et on peut constater que, les premiers mis à part, leur aspect se modifie progressivement au fur et à mesure que les raies se multiplient. Notre soleil appartient à la classe G et les Pré-novae et Post-novae à la classe O.

tentive du ciel révèle une ou deux Novae par an visibles à l'œil nu. Ces nombres font prévoir une fréquence assez grande. Mais on ne s'est point contenté de l'œil nu, et Bailey, avec son appareil à grand champ nommé le « Policeman », a accompli une exploration permanente de la voûte céleste visible sous la latitude d'Harvard jusqu'à la magnitude 9. Il estime que, dans la Galaxie, au moins 25 Novae par an dépassent

cette magnitude à leur maximum d'éclat. L'étude des Nébuleuses spirales voisines montre que cette fréquence est générale; en particulier, la spirale Andromède Messier 31 (fig. 5) montre une trentaine de Novae typiques par an.

A cette cadence, il semblerait que toute étoile dût passer par le stade Nova dans le temps, astronomiquement fort court, de 100 millions d'années. Comme notre Univers est âgé au minimum de quelques milliards d'années, nous devrions y trouver une profusion de Postnovae que nous ne constatons point. C'est donc là une raison de plus de penser que le cataclysme ne frappe point toutes les catégories d'astres. S'il concerne uniquement (comme nous le pensons) les astres du type O, relativement rares, l'abondance des Novae nous conduit à la conclusion nécessaire que le même astre a dû passer bien des fois par l'épreuve. La phase Nova doit être récidiviste et fréquente : l'étoile qui présente un « terrain » favorable doit fournir des flambées périodiques, avec une période de quelques milliers d'années peut-être, période fort courte dans la vie des étoiles.

Les archives nous offrent d'ailleurs une confirmation essentielle du caractère périodique des Novae : il existe 4 ou 5 exemples de Novae récurrentes, c'est-à-dire d'astres qui ont, plusieurs fois dans l'histoire, manifesté une activité de Nova et qui pourraient être considérés comme des Novae à courte période. Ce sont les suivants :

T Pyxidis (T de la Boussole), étoile de magnitude 13, est montée soudain à la septième grandeur en 1890, en 1902 puis en 1920 et, chaque fois, est revenue en deux ans environ à son état initial;

P Cygni fut une Nova en l'an 1600. Pendant cent ans, elle s'est distinguée par une série remarquable de variations irrégulières : parvenue en l'an 1600 à la magnitude 3, elle est, vers 1650, retombée à la magnitude 6. En 1659, nouvelle flambée qui la porte à nouveau à la troisième grandeur. En 1680 nous la retrouvons de septième magnitude. Elle remonte vers 1700, à la cinquième grandeur où, après quelques petites fluctuations au cours du dix-huitième siècle, elle se tient encore aujourd'hui;

RS Ophiuci fut Nova en 1901 et en 1933, passant de la douzième à la quatrième grandeur;

Enfin l'étoile *T Coronae Borealis*, parvenue en 1866 à la seconde grandeur, paraissait stabilisée vers la onzième magnitude lorsqu'en 1905 et en 1910 elle a présenté d'intéressants réveils.

L'équilibre intérieur des étoiles

Rappelons brièvement ici que l'on a successivement envisagé deux sortes d'équilibres pour l'état intérieur des étoiles.

Au cours de la seconde moitié du siècle dernier, on inaugura les recherches sur l'intérieur des étoiles par une étude de l'équilibre convectif ou *adiabatique*. Dans ces recherches, on suppose que la matière stellaire est opaque aux radiations et que les échanges d'énergie par conductibilité sont également nuls (le mot *adiabatique* traduit cette seconde hypothèse). Les transferts d'énergie se font uniquement par *convection*, c'est-à-dire par brassage continu de la matière, par courants intérieurs, pour ainsi dire.

Mais les fortes pressions qu'il est facile de prévoir au sein des astres, surtout vers le centre, rendaient fort peu vraisemblables des courants de convection de grande amplitude. Peu à peu s'est dégagée la notion d'équilibre *radiatif*, où les échanges d'énergie par radiation sont permis. Dans cette hypothèse, la matière n'est pas entièrement opaque : elle possède un coefficient d'absorption moyen assez élevé (ce qui permet à l'astre de ne pas se vider instantanément de sa chaleur), mais néanmoins elle laisse passer suffisamment de rayons, qui cheminent lentement vers la surface, pour que l'émission totale des étoiles soit expliquée.

La théorie de Biermann

La meilleure explication des Novæ revient à admettre que le cataclysme consiste en un passage de l'équilibre *radiatif* à l'équilibre *adiabatique* dans une couche peu profonde, convectivement instable. Cette transition libère l'éner-

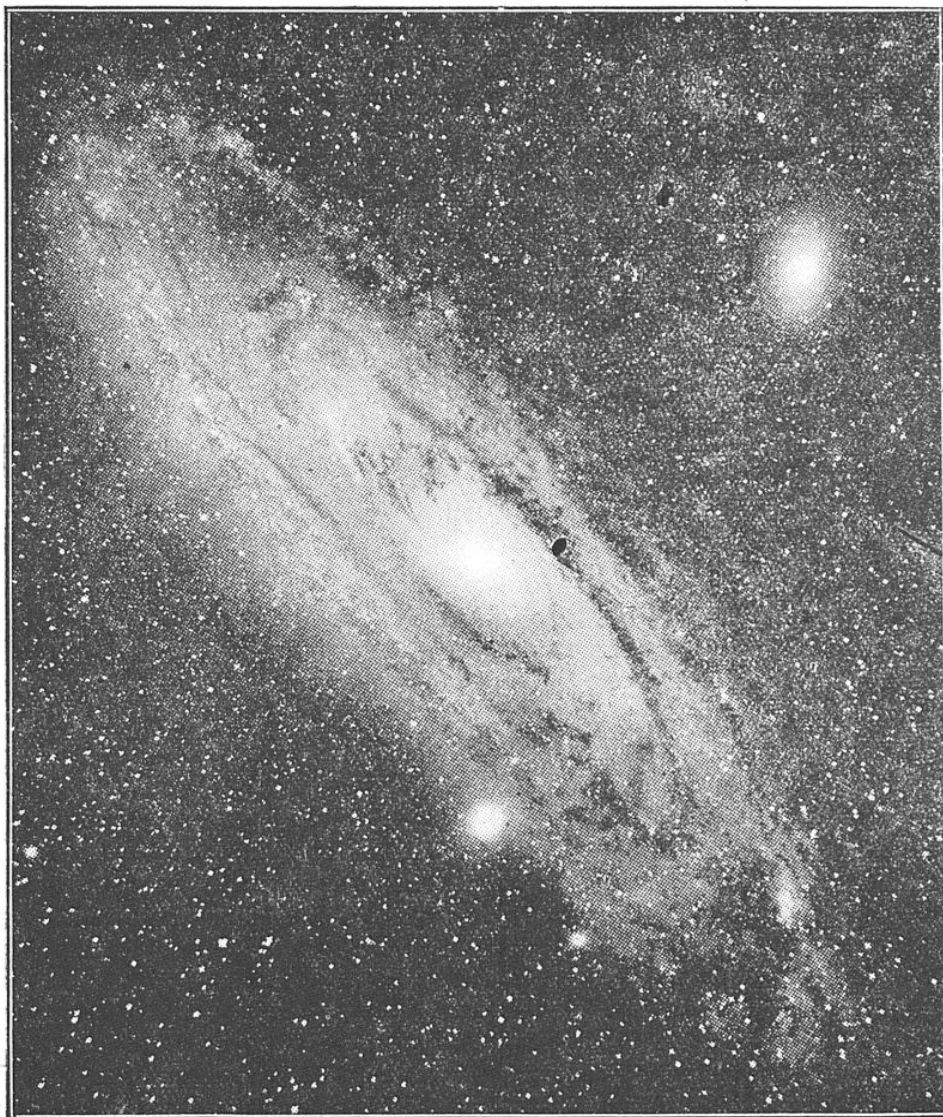


FIG. 5. — LA GRANDE NÉBULEUSE SPIRALE D'ANDROMÈDE (MESSIER 31)

Cette photographie a été obtenue par G. W. Ritchey à l'observatoire de Yerkes (Etats-Unis). On y observe une trentaine de Novæ par an. Si l'on compare l'éclat moyen de ces astres avec celui des Novæ de notre propre Galaxie, on peut en déduire la distance qui nous sépare de la nébuleuse d'Andromède. Les premières sont en effet 2 500 fois plus faibles que les secondes en moyenne; si on admet qu'elles possèdent toutes le même éclat absolu à leur maximum, on en déduit que la nébuleuse d'Andromède se trouve à 800 000 années-lumière de nous. C'est cependant une des nébuleuses spirales les plus proches de nous. La lumière met 45 000 années, à raison de 300 000 km par seconde pour parcourir son diamètre.

gie d'ionisation de la couche instable. Une telle instabilité doit intervenir chez les étoiles qui possèdent fort peu d'Hydrogène ou d'Hélium (elle ne menacerait donc pas le Soleil qui en est abondamment pourvu). Pour les éléments lourds, l'énergie d'ionisation est de l'ordre de 10^{14} ergs par gramme de matière : il suffirait donc de 10^{30} grammes de matière pour libérer le flux temporaire de la Nova, masse qui équi-

vaut à un millième environ de la masse totale des astres intéressés. Toutefois il faut considérer que l'énergie d'ionisation libérée est loin d'être toute rayonnée dans l'espace : il est donc raisonnable d'estimer que 1 % de la masse totale de l'astre participe à la transformation.

Dans la Postnova, la zone revient plus ou moins vite à l'équilibre radiatif; l'instabilité de cet état serait d'ailleurs faible puisque l'explosion est rare; la valeur critique pourrait être atteinte à l'occasion d'une perturbation venue de

couche instable et se trouve soufflée dans l'espace par le flux des radiations libérées. Mais on envisage aussi que des jets de matière puissent traverser la surface de l'astre et se trouver projetés dans l'espace. Ce processus rapprocherait les Novae des astres à *émission continue*. Au surplus, toutes les étoiles paraissent présenter occasionnellement des émissions de matière interne à haute température : les *facules* du Soleil traduisent l'émersion de gaz plus chauds que ceux de la photosphère, et d'autre part les *protubérances éruptives* s'ac-

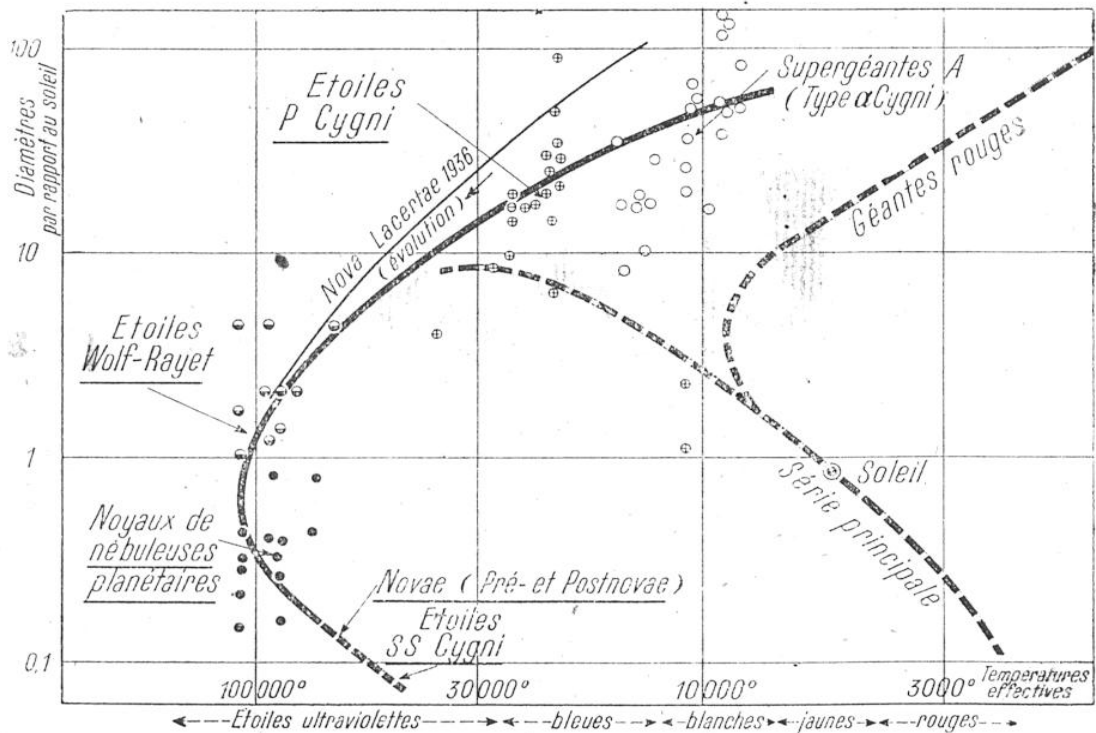


FIG. 6. — L'ÉVOLUTION DES NOVAE, ET LES ASTRES QUI LEUR SONT APPARENTÉS

Ce diagramme est analogue à celui de Hertzsprung-Russell (fig. 2), mais on a porté en ordonnées les diamètres, au lieu des puissances lumineuses. On voit que les étoiles apparentées jalonnent remarquablement le chemin que suit une Nova au cours de sa vie fulgurante, tel qu'il est révélé par l'étude de son spectre.

l'extérieur. Ainsi pourrait accessoirement intervenir le frottement dans des nébuleuses irrégulières, au voisinage desquelles apparaissent volontiers les Novae.

On pourrait objecter à cette théorie l'improbabilité d'un déséquilibre simultané en tous les points d'une couche sphérique. Mais en vérité le cataclysme paraît fort souvent très dissymétrique : le déséquilibre a lieu parfois en certaines régions bien circonscrites, au point que les gaz expulsés dans une direction privilégiée présentent l'apparence d'un ou de plusieurs astres jumeaux (1). Ce fut le cas pour les Novae : Aquilae 1918 et 1936, Herculis 1934, Pictoris 1925, Persei 1901.

Les matériaux chassés proviennent en général de la couche *stabilisante*, qui enveloppe la

compagnent de projections fort lointaines de matière fortement ionisée. Les *raies coronales* (raies spectrales de la couronne solaire) récemment encore si mystérieuses, ont trouvé leur explication dans ces jets de matériaux internes (Edlen, 1941).

Des Novae naines : les étoiles du type SS Cygni

Nous connaissons 54 étoiles bleues qui ont une activité fréquente de Nova, mais dont la variation en magnitude n'est pas aussi grande que celle des Novae (qui est en moyenne de 10 magnitudes).

Nous allons décrire les phénomènes qui concernent le prototype : SS Cygni. Cette petite étoile, ordinairement de magnitude 12, et bien suivie depuis 1896, présente, 6 ou 7 fois par an, des émissions de lumière

(1) C'est une pure apparence, les Novae ne se dédoublant pas réellement.

qui la font croître de 4 magnitudes : elle atteint alors la huitième grandeur. La courbe de lumière, les développements spectraux, sont strictement parallèles à ceux d'une Nova typique, mais avec moins d'ampleur et plus de rapidité. On estime que SS Cygni dégage par an dans ses éruptions $4,5 \cdot 10^{39}$ ergs. Il lui faut environ 350 000 ans pour débiter autant d'énergie qu'une Nova ordinaire moyenne.

Une relation intéressante apparaît entre les 54 étoiles : l'ampleur de la conflagration semble proportionnelle à l'intervalle qui s'écoule entre deux accidents, comme si l'énergie émise s'était accumulée proportionnellement au temps. Ces Novae naines ne diffèrent peut-être des Novae typiques que par leur magnitude absolue : les étoiles SS Cygni sont intrinsèquement de 10 à 15 fois moins lumineuses que le Soleil, tandis que les Novae typiques en période de calme (Pré ou Postnovae), rayonnent de 3 à 6 fois plus que lui.

La comparaison des Novae et des étoiles SS Cygni pourra conduire à une évaluation prochaine de la période des Novae.

L'évolution des Novae et des étoiles apparentées

Le spectre des Novae est fort complexe, ses détails ne sauraient intéresser que des spécialistes. Toutefois, un schéma de son évolution paraît indispensable aux conclusions de cette étude.

Nous avons dit déjà que la Prénova est une étoile très chaude, de type O sans doute. Aux premières heures du cataclysme, on a vu le spectre glisser vers les types B puis A puis F.

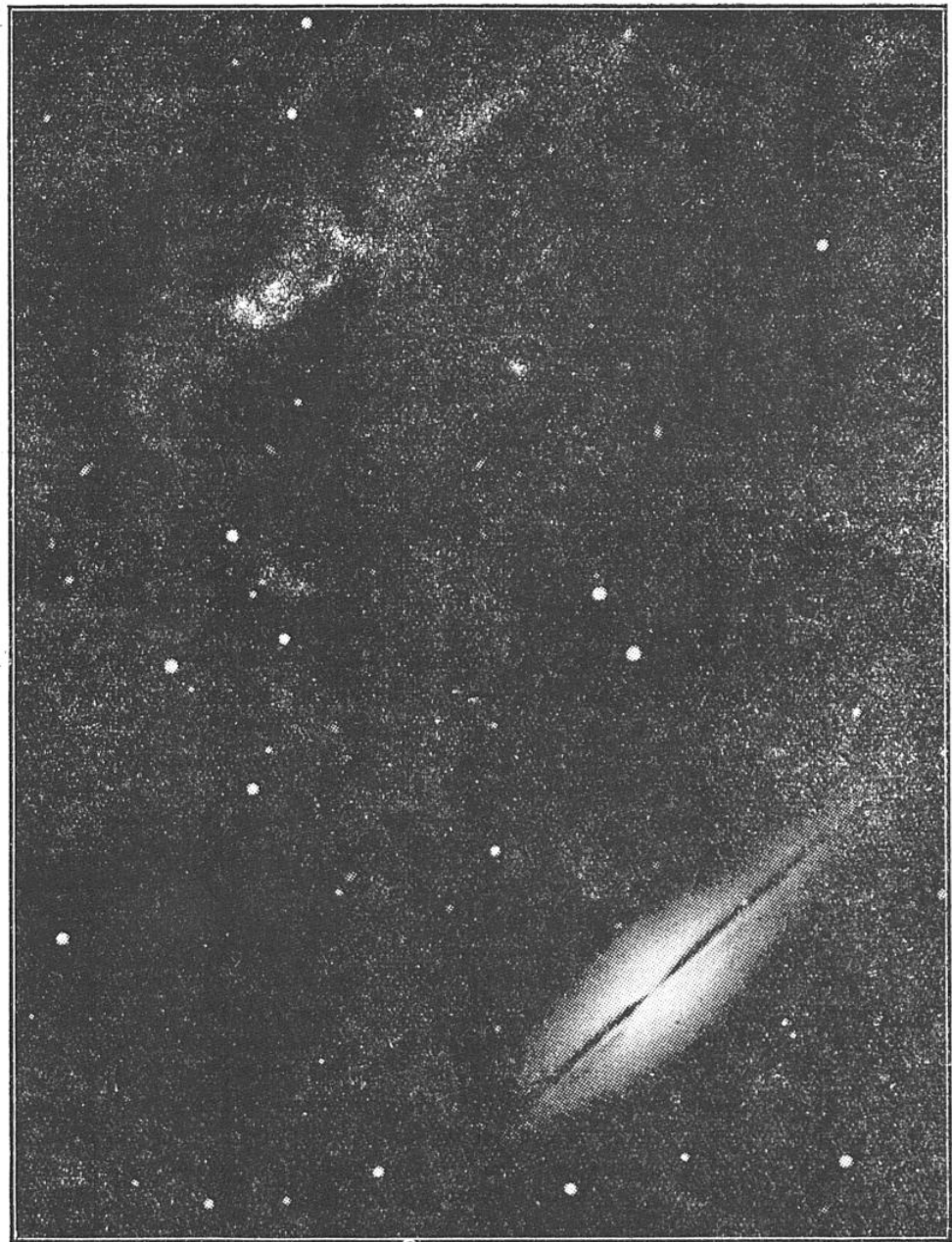


FIG. 7. — UN CHAMP DE PETITES NÉBULEUSES SPIRALES, PRÈS DE LA NÉBULEUSE H. II, 240, DANS LA CONSTELLATION DE PÉGASE

La nébuleuse spirale H. II, 240 se présente exactement de profil. On distingue avec un peu d'attention près de 40 très petites nébuleuses spirales, principalement vers le haut et la gauche du cliché. Leur apparence diffuse les distingue aisément des étoiles. Les plus petites visibles sur la figure sont à des distances de l'ordre du milliard d'années-lumière. Ce cliché a été pris par G. N. Ritchey à l'aide du télescope de 1,52 m d'ouverture du Mont Wilson (Etats-Unis).

Au moment du maximum, le spectre est un spectre d'absorption, strié de raies sombres fines, correspondant à une température effective de 10 000°. A ce stade, le spectre est identique à celui d'une supergéante de type A, telle

que *Deneb* (α du Cygne) dont le rayon vaut 150 fois celui du Soleil et qui paraît du reste en expansion.

Quelques jours après le maximum le spectre se complique : des raies ou des bandes brillantes d'émission y apparaissent, contiguës à des raies sombres d'absorption fortement décalées vers le violet, qui trahissent l'expansion des gaz chassés à des vitesses allant de 1 000 à 3 500 kilomètres par seconde.

Ce spectre est alors du type B e, c'est-à-dire analogue à celui de l'étoile géante P Cygni que nous avons signalée comme une ancienne Nova (1600) et qui continue à présenter les signes d'une émission permanente. Nous connaissons une trentaine d'étoiles du type P Cygni.

Quelques mois après le début de l'apparition, le spectre tombe subitement en fading : il reste un spectre d'émission pure. On y reconnaît les raies brillantes qui caractérisent les gaz raréfiés (raies interdites de l'oxygène et de l'azote fortement ionisés) (1). Et ces raies traduisent la présence du cocon nébulaire désormais très raréfié ; les autres raies ou bandes brillantes (où se distinguent celles de l'Hélium ionisé) appartiennent à l'astre sinistré que l'on revoit ainsi à travers son enveloppe : ce spectre est identique à celui

d'une étoile *Wolf-Rayet*. Nous connaissons 60 étoiles *Wolf-Rayet*, les plus chaudes des étoiles (60 000 à 100 000° en surface) qui manifestent en permanence une activité de Nova, en ce qu'elles projettent continuellement dans l'espace à grandes vitesses (jusqu'à 300 km/s) des atomes puissamment ionisés. Ces étoiles s'entourent donc d'une petite enveloppe nébulaire, nébuleuse planétaire en miniature.

Deux ans après l'apparition de la Nova, en moyenne, les bandes du spectre qui signalaient la nébulosité disparaissent à leur tour ; l'étoile centrale reste seule visible.

Plus tard encore, l'étoile cesse toute émission ; la tourmente s'est apaisée, la magnitude reste désormais constante, le stade Postnova est atteint.

L'astre final est de type O, comparable au noyau d'une nébuleuse planétaire, mais sans nébulosité perceptible à l'entour. Rappelons que certaines Novae récentes (Nova Persei 1901, Nova Aquilae 1918) seraient actuellement classées comme nébuleuses planétaires si nous n'avions été témoins du cataclysme. Les 130 mé-

(1) Les raies interdites sont des raies d'éléments légers que l'on n'observe pas au laboratoire et que seules les conditions qui règnent dans certaines nébuleuses, en particulier l'extrême faiblesse de la pression, permettent de se produire.

buleuses planétaires connues sont sans doute issues de certaines variétés de Novae lentes ; au surplus, ce sont des objets à vie relativement courte malgré leur permanence apparente, à l'échelle humaine du temps.

Les Supernovae : La Supernova d'Andromède

La célèbre nébuleuse spirale Messier 31, de la constellation d'Andromède, se trouve à quelque 800 000 années-lumière de nous. Jusqu'en 1940, il y est apparu 120 Novae reconnues comme typiques et analogues dans tous leurs

caractères à celles de la Galaxie. En particulier, leur éclat intrinsèque lors du maximum est remarquablement constant ; mais, étant donné l'éloignement, ces Novae n'atteignent, à la pointe de leur courbe de lumière, que la quinzième grandeur.

Une seule Nova échappe à la règle : ce fut S Andromedae qui, en 1885, atteignit la magnitude 6,5. Cette Nova de taille inusuelle approchait ainsi à deux magnitudes de l'éclat total de la nébuleuse M. 31 tout entière, qui est pourtant une Galaxie géante. Son émission lumineuse équivalait à 2 000 Novae ordinaires rayonnant ensemble : le phénomène

paraissait appartenir à un cadre nouveau : on le nomma *Supernova*.

A la recherche des Supernovae

Depuis 1934, au Mont-Wilson, Zwicky et Baade se sont consacrés à la recherche systématique et à l'étude des Supernovae. La rareté du phénomène les a amenés à prospecter avec continuité les spirales, galaxies extérieures, et particulièrement les champs de spirales, tel celui de Coma-Virgo ou de la constellation de Pégase (fig. 7) où les nébuleuses sont groupées par centaines. Bientôt les découvertes de Supernovae se sont succédées rapidement : aujourd'hui on en connaît une cinquantaine. En 1936, on savait tout juste que, lors du maximum, la Supernova avoisine la magnitude de la spirale où elle apparaît : autrement dit, elle fournit autant de lumière qu'une Galaxie tout entière !

Nous pouvons préciser aujourd'hui qu'une Supernova moyenne possède la magnitude absolue — 14,5, c'est-à-dire rayonne comme cinquante millions de Soleils réunis. La plus gigantesque Supernova connue atteint — 16,6 et rayonnait alors comme 400 millions de Soleils.

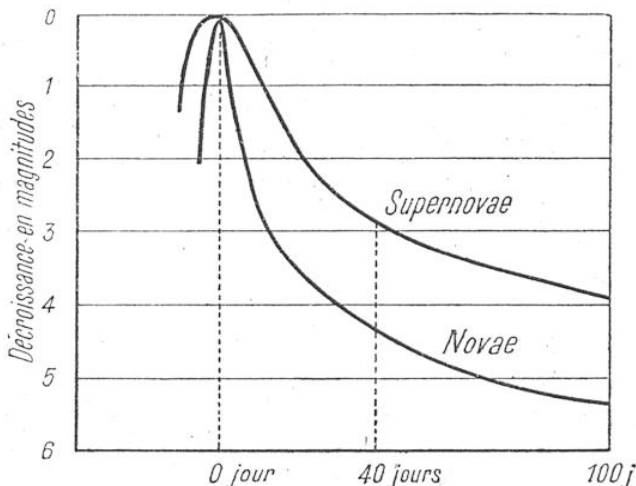


FIG. 8. — COMPARAISON DES COURBES DE LUMIÈRE MOYENNES DES NOVAE ET DES SUPERNOVAE

En supposant, pour les besoins de la comparaison, que le maximum d'éclat soit le même dans les deux cas, on voit que la décroissance d'une Nova est beaucoup plus rapide que celle d'une Supernova.

La courbe de lumière et le spectre d'une Supernova

La courbe de lumière ressemble à celle des Novæ; cependant la Supernova demeure plus longtemps à son éclat maximum (une semaine environ) et son déclin est moins rapide (fig. 8).

Quant au spectre, il est extraordinaire et remarquablement le même pour toutes les Supernovæ. Avec la magnitude absolue, le spectre est la caractéristique la meilleure pour distinguer les Supernovæ de tous autres astres, à première vue.

Pour les physiciens, ce spectre est effarant : en *ultra-violet*, il ne comporte aucune énergie, c'est le néant. La région *bleue* est stable mais composite : de larges bandes l'occupent, alternativement brillantes et sombres. Quant à la partie *rouge* du spectre, elle est le siège de bouleversements violents au cours de l'évolution; tout d'abord égale en intensité à la région *bleue*, elle ne tarde pas à la surpasser; puis elle décroît et l'intensité tend vers zéro : l'extinction est complète au 160^e jour. Puis l'intensité croît à nouveau, se retrouve égale au bleu vers le 180^e jour, quand la Supernova atteint le stade nébulaire, caractérisé par les raies de l'oxygène (les seules qu'on ait cru pouvoir identifier). Enfin le rouge s'affaiblit lentement.

Ces caractères et ces changements ne sont pas encore expliqués.

Le débit d'une Supernova

Le débit total d'une Supernova pendant sa période d'activité est d'environ 10^{49} ergs. Cette fois-ci, il s'agit d'une quantité égale au contenu total de l'étoile en énergie thermique (y compris l'énergie potentielle et l'énergie d'ionisation). Autrement dit, exception faite de l'annihilation de l'astre (transformation de sa matière en rayonnement) il s'agit pour l'étoile d'un phénomène *global*. Chandrasekhar pense qu'il s'agit vraisemblablement du passage de l'astre de l'état normal à celui de *naine blanche* dégénérée (passage que Milne avait envisagé pour les Novæ et que nous avons dû écarter).

Le nombre de Spirales explorées, confronté au nombre de Supernovæ récoltées, montre qu'il apparaît en moyenne *une* Supernova par Spirale tous les 400 ans. On connaît déjà une Spirale où il en est apparu *deux*, depuis qu'on se livre à ces recherches (NGC 4321).

L'hypothèse de Chandrasekhar

Dans sa théorie de l'état intérieur des étoiles, le jeune savant Hindou a mis en évidence deux valeurs de la masse stellaire, qui déterminent ainsi trois catégories (fig. 9). Les étoiles de masse inférieure (catégorie I) sont susceptibles de devenir complètement dégénérées, c'est-à-dire de devenir des *naines blanches*, ou pire, des *naines noires*. Les étoiles de masse supérieure (catégorie III) ne peuvent jamais faire place à la dégénérescence : en principe, leur contraction peut être indéfinie; en pratique, elles se-

ront le siège d'émission de matière (phénomène Wolt-Rayet, peut-être?) ou se morcelleront sous l'effet d'une rotation accélérée par la contraction; de toute façon, la masse décroîtra et les résidus passeront dans une catégorie inférieure (I ou II).

Reste à envisager le destin de la catégorie II. Là, une dégénérescence partielle est possible. Par contraction, un noyau de matière dégénérée peut se former au cœur de l'astre. Si la densité y est suffisante, les protons et les électrons peuvent y fusionner pour former des neutrons. Il se produirait soudain une diminution de pression considérable dans les régions centrales de l'astre et l'étoile s'affaiblirait subitement sur son noyau de neutrons. Tel pourrait être le processus générateur d'une Supernova. Ainsi, avec toute la réserve que commande un pronostic sur des sujets qui viennent de faire leur entrée dans la science, il est permis de supposer que l'événement Supernova

consiste en un passage explosif d'une étoile à l'état de naine blanche, chez un astre dont la masse est comprise entre les deux limites de Chandrasekhar. Chez les étoiles de la catégorie I le passage à l'état de naine blanche serait progressif et non cataclysmique.

Les masses limites de Chandrasekhar sont d'ailleurs assez voisines l'une de l'autre, mais dépendent du contenu substantiel de l'astre.

Pour un astre *dénué* d'Hydrogène on a 1,44 fois et 1,66 fois la masse solaire;

Pour un astre constitué *uniquement* d'Hydrogène, on aurait 5,75 fois et 6,65 fois la masse solaire.

Chaque étoile normale comporte un mélange d'Hydrogène et d'éléments plus lourds. On peut souvent préciser les proportions de ce mélange : le contenu, en masse, d'Hydrogène est en général compris entre 30 % et 50 %. Les valeurs particulières des masses de Chandrasekhar s'en déduisent.

Pour le Soleil, point n'est besoin de faire le calcul : il se trouve en tout état de cause dans la catégorie I et ne deviendra jamais Supernova, si l'hypothèse de Chandrasekhar est correcte.

Les Supernovæ dans la Galaxie

La Nova de Tycho Brahé (B Cassiopée) qui, en 1572, devint visible en plein jour dans la constellation de Cassiopée, terrifia les populations et détermina la vocation du célèbre astronome, fut à n'en pas douter une Supernova : à la fin de novembre 1572 elle égalait Vénus en éclat; en février et mars 1573, elle atteignait encore la première grandeur; ce n'est qu'en mars 1574 qu'elle disparut aux regards (les lunettes n'existaient pas encore).

Par malheur, cette Supernova n'a laissé aucune trace dans Cassiopée : à son emplacement approximatif, aucune petite étoile ne paraît en être la scorie. Si certaine petite étoile proposée par Lundmark représente bien le résidu de B Cassiopée, le bond en luminosité atteignit 19 magnitudes et caractériserait parfaitement une Supernova.

Masses: 0	M	m	∞
	Catégorie	Catégorie	Catégorie
	I	II	III

FIG. 9. — LES CATÉGORIES D'ÉTOILES DU SAVANT HINDOU CHANDRASEKHAR

La Nébuleuse du Crabe

Lord Rosse découvrit dans la constellation du Taureau, au moyen de son puissant télescope, une nébulosité isolée en ces parages dont la complexité et l'étrangeté lui parurent mériter le qualificatif de *Crab Nebula*. L'intérêt qui s'y attache aujourd'hui vient de ce qu'on peut avec

mesures portant sur l'extension des nébulosités et la probable altération des vitesses depuis l'origine.

Enfin, la distance étant connue, la Nova des Orientaux dépassa à son maximum la Magnitude absolue — 13 : c'est une Supernova incontestable.

En conclusion, la Nébuleuse du Crabe est, à

l'heure actuelle, l'unique exemplaire d'un résidu de Supernova dans la Galaxie. Son étude est donc fort intéressante.

Depuis longtemps, cette nébulosité apparaissait comme exceptionnelle parmi les nébuleuses à émission : sa luminosité est plusieurs centaines de fois supérieure à celle des enveloppes habituelles des Novae (telles que Nova Persei 1901 ou Nova Aquilae 1918).

Vers le centre de la Nébuleuse, deux petites étoiles de magnitude 16,6 pourraient représenter l'astre résiduel proprement dit. La composante du nord est moins bleue et son mouvement propre est nul. La composante du sud, étudiée à Lick et au Mont-Wilson, possède un mouvement propre identique à celui de la nébuleuse du Crabe (mouvement propre qui se superpose à l'expansion déjà citée); donc cette étoile sud est physiquement liée à la nébulosité : c'est bien la scorie cherchée.

Son spectre est incertain, fort bleu en tout cas : on n'a pas pu identifier ses

raies; on en estime la température à plus de 100 000°, le rayon à deux centièmes du rayon solaire : c'est donc bien une naine blanche.

On trouvera ici (page 100 et fig. 10) deux clichés de la nébulosité, dus à l'obligeance du spécialiste des Supernovae, M. Baade, du Mont-Wilson. Sur la figure 10 apparaissent avec une extraordinaire netteté les filaments et la structure quasi-spongieuse de l'objet. Vers le milieu, une masse interne paraît plus amorphe.

Ainsi, en résumé, les Supernovae, entrées dans la science en 1934, forment une catégorie d'astres très indépendante. Leur ordre de grandeur, leur mécanisme, les astres que le phénomène intéresse, les caractères de l'astre résiduel (naine blanche?) en font des phénomènes entièrement différents des Novae : ici le cataclysme apparaît définitif, au lieu d'être périodique.

Paul COUDERC.



FIG. 10. — LA NÉBULEUSE DU CRABE PHOTOGRAPHIÉE EN LUMIÈRE MONOCHROMATIQUE (LUMIÈRE ROUGE DE L'HYDROGÈNE)

Ce cliché a été obtenu par W. Baade en 1938, à l'aide du grand télescope de 2,54 m d'ouverture du Mont Wilson (Etats-Unis). La pose était de 3 heures, et on a sélectionné les longueurs d'onde comprises entre 6 300 et 6 750 Angstroms, de sorte que la photographie est essentiellement due à la raie rouge de l'hydrogène.

certitude l'identifier comme la descendante d'une Supernova.

Les chroniques de Chine et du Japon s'accordent à signaler l'apparition, en l'an 1054, d'une étoile nouvelle « à un degré de l'étoile dzéta Tauri », visible à l'œil nu; cette Nova, disent les observateurs, devint aussi brillante que Jupiter (dont la magnitude apparente avoisine — 2, en moyenne). Ces récits conviennent à l'emplacement de la Crab Nebula.

D'autre part, la nébuleuse est en expansion : la vitesse radiale est de 1 300 km/s et la nébulosité accroît son rayon de 0'',18 par an. De ces mesures on déduit deux résultats; d'abord l'éloignement : la Nébuleuse se trouve à 5 000 années-lumière; d'autre part, le début de l'expansion se situe aux environs de l'an 1100, il y a huit ou neuf siècles. L'accord est excellent avec la date 1054, étant donné l'imprécision des

LE PROCÈS DU TABAC DEVANT LA SCIENCE

par Charles BRACHET

Le procès de l'alcool est tranché sans appel devant la Faculté. Celui du tabac demeure en suspens, étant plus délicat à instruire. La fumée du tabac est-elle toxique? Si les troubles qu'on lui impute sont bien établis, quel est l'agent toxique qui les détermine : nicotine ou oxyde de carbone? Voilà deux questions qui ne sont pas sans gravité pour le peuple de fumeurs que nous sommes. Mais aujourd'hui est venue s'en ajouter une autre : les goudrons provenant de la combustion du tabac sont-ils cancérogènes? Et c'est le vieux problème du « cancer des fumeurs » qui ressuscite ainsi, dans la même forme que celui du « cancer des ramoneurs ». Le cas des ramoneurs a dû être tranché par l'affirmative. En brûlant, la houille et le bois distillent bel et bien des hydrocarbures cancérogènes dont le contact épidermique répété et prolongé suffirait pour engendrer le cancer. Pourquoi le tabac n'en distillerait-il pas? La cheminée d'évacuation ou, plus précisément, le serpentin de condensation étant finalement représenté par la gorge du fumeur, le danger encouru serait singulièrement plus direct que dans le cas des ramoneurs. Et l'on sait que le dépistage des agents chimiques cancérogènes a constitué une étape décisive dans l'étude de l'origine de certains cancers.

Une expérience de base : le tabac et l'épinoche

C'EST un témoin inattendu que, dans la querelle du tabac, nous citerons à comparaître : l'épinoche.

Les démêlés de ce modeste poisson avec le tabac remontent à des travaux effectués à la station biologique de Roscoff, par M^{lle} Marie Goldsmith et son maître, le biologiste Yves Delage.

Ils portaient sur l'analyse des associations cérébrales des poissons par la méthode des réflexes conditionnés mise en honneur par le célèbre biologiste russe Pavlov. On peut décrire comme type de réflexe conditionné l'expérience classique de Pavlov sur le chien : on présente à plusieurs reprises à un chien une nourriture succulente en même temps qu'on fait retentir une sonnerie. Chaque fois, l'animal, mis en appétit, salive abondamment. Au bout d'un certain temps, il suffit de faire retentir la sonnerie, sans présenter la nourriture, pour provoquer la salivation, ce qu'on vérifie à l'aide d'une fistule du canal excréteur salivaire ménagée préalablement. On a ainsi créé un « réflexe conditionné », particulièrement simple.

Tout comme le chien, l'épinoche ressent de l'appétit pour la seule apparence visuelle de son mets préféré, ici le ver rouge. Il suffit de lui présenter un fil rouge pour la faire accourir à toutes nageoires. Par contre, si on lui présente un fil ou une pince jaune, l'épinoche ne bouge pas. Si la pince jaune se prolonge d'un ver rouge comestible, naturellement l'épinoche s'accoutume à ce déjeuner quotidien. Tant et si bien qu'à la fin, il suffit de plonger la pince jaune, sans ver, dans l'aquarium pour obtenir une réaction du poisson. Celui-ci a fini par associer l'aliment réel et la fourchette de présentation : c'est ce dressage qui constitue le « réflexe conditionné ».

Si on nourrit une épinoche ainsi dressée,

durant quelques jours, aux vers rouges jetés en vrac dans l'aquarium, et si, après un jeûne de 24 heures, on lui présente à nouveau une pince jaune dépourvue de ver, le poisson est encore attiré. On a donc créé, dans sa mémoire consciente, un mécanisme de rappel qui semble relever, de notre point de vue humain, l'humaine psychologie de cet animal. A quelques jours de distance il se souvient qu'une pince jaune n'est pas sans relations avec les vers rouges!

Maintenant, « intoxiquons » le poisson en diluant de la nicotine dans son aquarium. Au bout de 24 heures, il a perdu son « réflexe conditionné ». Il garde toujours, et c'est naturel, l'appétit des vers rouges, mais il a perdu la « mémoire » de leur relation avec la pince au bout de laquelle le savant les lui offrait. Replacé dans l'eau pure, ce poisson retrouve un peu plus tard son réflexe. Telle est la variante expérimentale apportée par le professeur L. Binet et le docteur Zamfir, son élève, aux expériences de M^{lle} Goldsmith et d'Yves Delage.

D'où le professeur Binet conclut que le système nerveux de l'épinoche s'est trouvé malencontreusement affecté par le poison nicotine, puisque celui-ci étouffe le fameux réflexe.

Mais à cela, un avocat du tabac pourrait répondre : « Vous reprochez au tabac d'avoir délivré le poisson de cette brimade inqualifiable consistant à le leurrer par tout un attirail de laboratoire. Si elle pouvait donner un avis, l'épinoche ne manquerait pas de proclamer que le tabac lui a rendu, tout au contraire, sa liberté d'esprit — c'est-à-dire le libre jeu de son instinct le plus naturel, un instant faussé par votre science inhumaine. »

De là à justifier l'euphorie, voire la puissance créatrice, que certains artistes ou écrivains attribuent à l'usage du tabac — de nombreux exemples étant fournis à l'appui — il n'y a qu'un pas, très vite franchi.

L'étude des effets toxiques de la fumée du tabac soulève des problèmes complexes qui ne

se peuvent résoudre qu'au laboratoire où sont pratiquées à loisir les mesures objectives dont la valeur scientifique prime toutes les opinions subjectives des amateurs et des adversaires du tabac

Le tabagisme aigu expérimental

L'étude des effets physiologiques engendrés par la fumée du tabac a été entreprise par de nombreux chercheurs, suivant des techniques diverses : ou bien on faisait séjourner l'animal

à l'extrémité de sa trachée sectionnée, on adapte par une canule un fume-cigarette percé d'un orifice latéral. De son index, l'opérateur peut tantôt obturer ce trou lors de l'inspiration, et l'air chargé de fumée pénètre dans les poumons, tantôt le découvrir pendant l'expiration, et la fumée s'échappe au dehors. Par cette technique, l'inhalation du toxique se fait massivement; elle exagère une pratique habituelle aux fumeurs invétérés qui « avalent la fumée ». L'opérateur peut, cependant, modérer l'agression en laissant un certain nombre d'inspirations libres entre les inhalations.

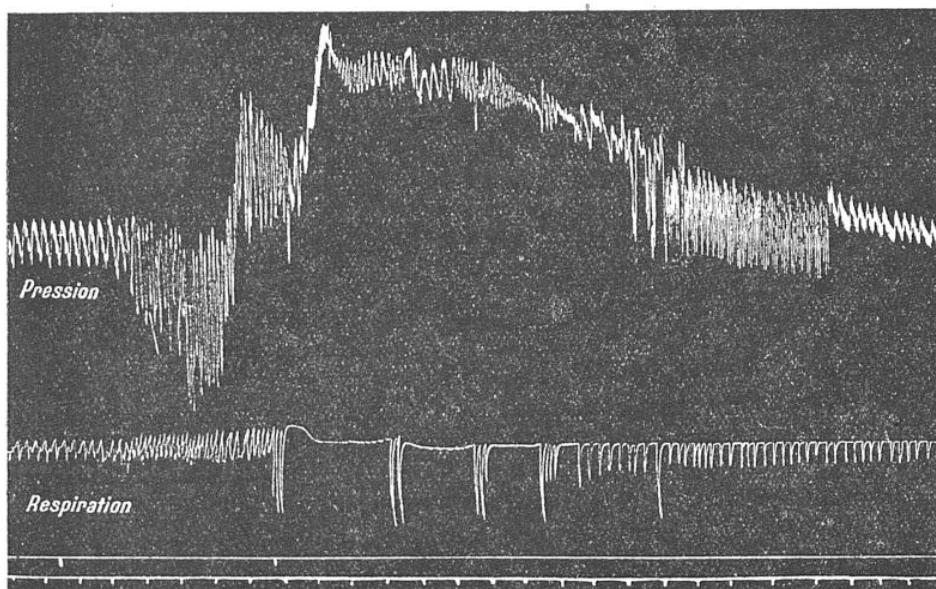


FIG. 1. — LES EFFETS CARACTÉRISTIQUES PRINCIPAUX DE L'INHALATION, PAR UN CHIEN ANESTHÉSIÉ, DE LA FUMÉE D'UNE CIGARETTE ORDINAIRE ALGÉRIENNE

Le chien a « fumé » le tiers d'une cigarette, et on a enregistré d'une part la pression artérielle, d'autre part les mouvements de la cage thoracique. On voit qu'à une brève phase d'hypotension succède une phase d'hypertension suivie d'une lente descente à la normale. La respiration, d'abord précipitée, cesse par suite de la paralysie des centres respiratoires. Elle reprend peu à peu naturellement par réveils partiels successifs sur un rythme d'abord périodique. Dans certains cas, il est indispensable de recourir à la respiration artificielle. (D'après Bernot.)

d'expérience dans une atmosphère de fumée plus ou moins dense, ce qui ne permettait ni d'effectuer des enregistrements, ni de mesurer les quantités de toxiques absorbées; ou bien on pratiquait des insufflations sous-cutanées, ce qui s'éloignait sensiblement des conditions d'absorption ordinaires; ou bien on injectait des solutions aqueuses dans le tissu conjonctif sous-cutané ou dans la circulation sanguine (le résultat était alors faussé par l'élimination des produits non solubles dans l'eau); ou bien enfin on faisait inhaler les produits de la combustion du tabac par les voies respiratoires. C'est à cette dernière technique qu'ont fait appel récemment le professeur Tournade et le docteur Bernot. Nous indiquerons les résultats auxquels ils sont parvenus d'après la thèse remarquable qu'a publiée le docteur Bernot sur le tabagisme aigu expérimental, à laquelle nous nous reporterons fréquemment dans la suite de cet exposé.

L'animal d'expérience choisi par le docteur Bernot est le chien. L'animal est anesthésié et,

après avoir adapté la canule à l'extrémité de sa trachée sectionnée, on adapte par une canule un fume-cigarette percé d'un orifice latéral. De son index, l'opérateur peut tantôt obturer ce trou lors de l'inspiration, et l'air chargé de fumée pénètre dans les poumons, tantôt le découvrir pendant l'expiration, et la fumée s'échappe au dehors. Par cette technique, l'inhalation du toxique se fait massivement; elle exagère une pratique habituelle aux fumeurs invétérés qui « avalent la fumée ». L'opérateur peut, cependant, modérer l'agression en laissant un certain nombre d'inspirations libres entre les inhalations. Il constate alors que la vitesse d'introduction de la dose toxique joue un rôle important dans les manifestations morbides. Celles-ci s'atténuent quand l'animal fume sa cigarette en une, quatre, puis huit minutes. Cela est dû en partie à ce que, dans les intervalles qui séparent les inspirations, le tabac continue à brûler, et c'est autant dont la fumée n'intoxiquera pas le sujet.

Quels sont les troubles physiologiques mis ainsi en évidence? Le premier et le plus évident est une augmentation de la pression sanguine. On en suivra facilement les variations sur les graphiques ci-joints. Après une période de durée variable mais courte, où les battements du cœur se ralentissent sensiblement, en même temps que la pression sanguine s'abaisse, on voit cette pression monter rapidement, bien au-dessus de sa valeur normale, le cœur étant alors souvent fort accéléré. La résistance au passage du sang dans les vaisseaux s'est accrue notablement par stimulation des nerfs vasomoteurs qui commandent le calibre des artérioles périphériques. Cette vasoconstriction se traduit également par la réduction de volume plus ou moins marquée qui frappe de nombreux organes tels que le rein et la rate. Elle est favorisée par l'action de l'adrénaline qui est déversée en surabondance dans le sang par les capsules surrénales lors de l'inhalation tabagique.

En bref, le chien qui inhale directement de la fumée de tabac dans la trachée présente surtout les signes d'une excitation généralisée du sympathique, suivie d'une paralysie temporaire de ce même système. En effet, si deux épreuves d'inhalation sont instituées chez le même sujet à bref intervalle, la seconde ne détermine plus que des effets amoindris. Ce résultat procède, non d'une accoutumance rapide, mais d'une paralysie temporaire incomplètement dis-

sipée; les divers organes régis par le sympathique, incomplètement remis de leur première atteinte, ne se trouvent pas encore en état de jouer pleinement quand survient l'agression suivante. Le docteur Bernot estime qu'il est nécessaire d'observer un délai d'une demi-heure au moins entre deux expériences consécutives pour que le sujet retrouve son entière réactivité. Il ne lui a d'ailleurs pas été possible d'obtenir une immunisation, même atténuée, contre les effets toxiques de la fumée de tabac en injectant quotidiennement à un chien 1 mg de nicotine, pendant deux ou trois mois de suite.

Parmi les symptômes de l'intoxication taba-

créatiques, une disparition temporaire des réflexes tendineux.

Les contre-indications du tabac

Le sombre tableau des symptômes de l'intoxication tabagique, tel que nous l'avons brossé à larges traits, pourra paraître singulièrement outré à l'immense peuple des fumeurs invétérés. Il importe de ne pas perdre de vue qu'il s'agit uniquement du *tabagisme aigu expérimental*, dont l'étude est cependant suffisamment édifiante pour que, toutes proportions gardées, ses résultats puissent être transposés du chien à

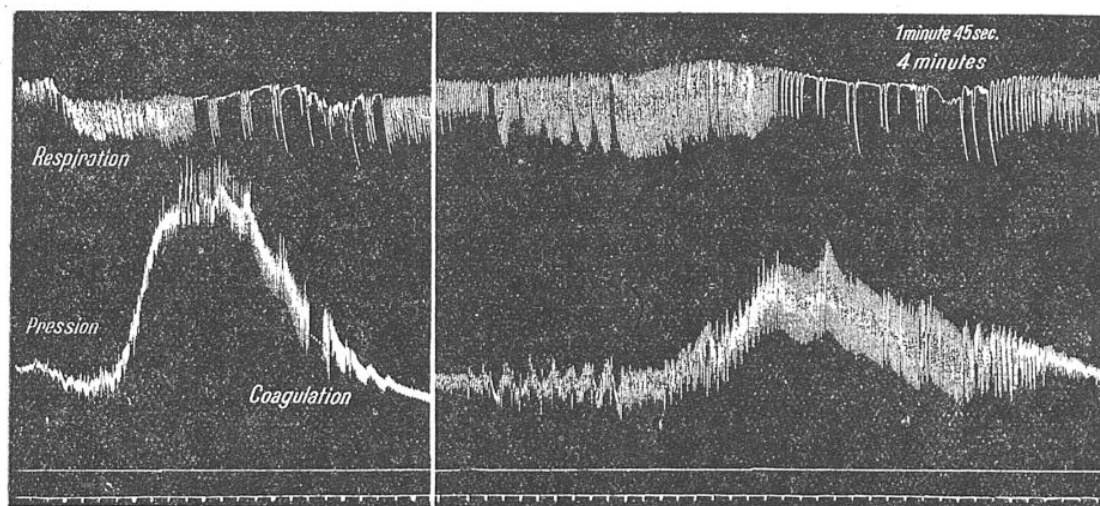


FIG. 2. — EFFETS COMPARÉS DE DEUX INHALATIONS, L'UNE RAPIDE, L'AUTRE LENTE, DE LA FUMÉE DE MÊMES QUANTITÉS DE TABAC SUR LE MÊME CHIEN

La première inhalation est faite en 1 mn 45 s, la deuxième en 4 minutes. On voit que les effets de la seconde inhalation sont atténués. Ils disparaîtraient si la durée était portée à une dizaine de minutes. Sur le premier enregistrement, la mesure de la pression artérielle a été interrompue pour permettre une prise de sang en vue d'une épreuve de coagulation. Il semble que le sang prélevé dans la phase d'hypertension se prenne un peu plus vite en caillot qu'en temps normal. (D'après Bernot.)

gique aiguë, il faut noter une augmentation (de 500 000 à 900 000 par mm^3) du nombre de globules rouges dans le sang, phénomène attribué à une chasse globulaire par contraction de la rate. D'autre part, le taux du sucre dans le sang s'accroît nettement, de 25 à 100 % de sa valeur normale, d'après le professeur Tournade. Le maximum serait atteint en une dizaine de minutes, et le retour au niveau initial demanderait trois quarts d'heure ou une heure.

L'inhalation de fumée de tabac a aussi une action irritante sur la muqueuse respiratoire. A une phase initiale d'accélération succède un arrêt complet des mouvements thoraciques qui peut être passager, mais qui peut aussi exiger la mise en œuvre de la respiration artificielle. Le docteur Bernot a constaté que chez le chien qui, fumant une cigarette, en absorbe la fumée par les poumons, la mort survient une fois sur cinq environ, soit par l'arrêt de la respiration, soit, plus rarement, par une brusque défaillance cardiaque.

Ajoutons enfin que l'on observe au cours de l'inhalation de fumée de tabac une grande mobilité de l'intestin grêle, une abondante sécrétion salivaire de la glande sous-maxillaire, un ralentissement des sécrétions biliaires et pan-

l'homme. La « mort par le tabac » survenant chez les hypertendus n'est malheureusement pas rare, encore qu'il soit juste de ne jamais oublier dans son déterminisme l'alcool ou l'excès de victuailles, lorsqu'elle survient après un festin dont le cigare n'est qu'une conclusion anodine, une légère fioriture à la fin d'un menu trop copieux.

D'un certain point de vue, que les défenseurs du tabac ne manquent pas de mettre en évidence, on pourrait précisément conclure des symptômes principaux de l'intoxication : hypertension, hyperglycémie et hyperglobulie, à une action bienfaisante du tabac. Si l'hypertension artérielle, maintenue excessive, est un mal, l'hypotension en est un autre, de même que l'insuffisance de la fonction glycogénique et que celle de l'activité des globules rouges. C'est d'ailleurs à l'hypertension passagère, à l'hyperglycémie et à l'hyperglobulie qu'est due l'action euphorique du tabac, la sensation de bien-être qui suivait autrefois la prise de tabac et accompagne maintenant la cigarette. On sait aussi qu'il y a longtemps déjà que l'on considère le tabac comme un adjuvant des fonctions intestinales (hypermotilité intestinale). Ces faits ont permis au professeur Castaigne d'affirmer que le tabac n'a aucun inconvénient, et même

peut présenter des avantages, s'il est employé à doses modérées, pour toute une série de personnes ne présentant aucune tare constituant une contre-indication.

Au contraire, on le déconseillera utilement aux sujets atteints d'affections cardiaque ou aortique, d'hypertension, d'angine de poitrine, de spasmes artériels, de troubles digestifs, de diabète, de déséquilibre du système nerveux négatif (Bernot).

Nous y ajouterons l'amnésie larvée, car on sait l'influence nocive de l'intoxication tabagique sur les fonctions cérébrales et psychiques d'attention et de mémoire. Rappelons la sus-

opérateurs télégraphiques, que, si les fumeurs avaient au début de la journée un assez bon rendement, leur capacité intellectuelle et musculaire fléchissait rapidement. Leur rendement devenait médiocre, tandis que les non-fumeurs fournissaient un travail plus égal.

Quel est le poison présent dans la fumée de tabac?

L'expérience du professeur Binet et du docteur Zamfir sur l'épinoche porte sur l'action de la nicotine. Sommes-nous autorisés, sans autre examen, à mettre en cause exclusivement la nico-

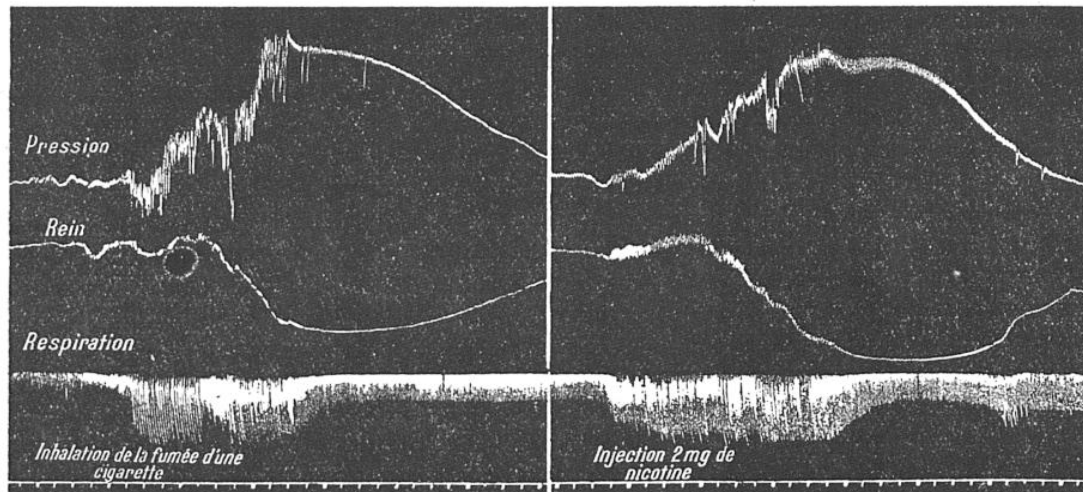


FIG. 3. — EFFETS COMPARÉS SUR UN CHIEN DE L'INHALATION DE LA FUMÉE D'UNE CIGARETTE ET D'UNE INJECTION DE NICOTINE

L'inhalation d'une cigarette et l'injection intraveineuse de 2 mg de nicotine ont des effets en tous points identiques. On a enregistré ici non seulement la pression artérielle et les mouvements respiratoires, mais aussi les contractions du rein. (D'après Bernot.)

pension de réflexes conditionnés chez l'épinoche, citée plus haut. Le docteur Bernot rapporte aussi que P. Mathieu et L. Merklen, ayant dressé des souris blanches à franchir en un minimum de temps un de ces labyrinthes dont use volontiers la psychologie expérimentale, les ont maintenues ensuite dans une atmosphère chargée des produits de combustion de cigarettes et les ont obligées, quelques heures plus tard, à effectuer le trajet dont elles connaissaient fort bien tous les détours. Or, ces souris hésitaient, commettaient des erreurs aux carrefours, s'engageaient dans des culs-de-sac, revenaient sur leurs pas, et n'atteignaient la sortie qu'après un temps beaucoup plus long que de coutume. Ces souris avaient perdu la mémoire.

Dans un autre ordre d'idées, R. Jonnard et L. Maire ont mesuré les temps de réaction de divers sujets humains avant et après l'inhalation de fumée de tabac. Ils ont noté que ce temps se réduit légèrement au début de l'inhalation, puis s'exagère quand un quart d'heure s'est écoulé; il passe par exemple de 17,5 avant l'inhalation à 17 au bout de 2 minutes, à 18 au bout de 14 minutes et 18,5 après 25 minutes. Des écarts très variables se produisent d'une épreuve à l'autre.

De même H. de Varigny a constaté, dans une enquête sur l'activité professionnelle des

tine présente dans le tabac? On sait qu'il s'agit d'un alcaloïde que l'on trouve combiné avec certains acides organiques dans les feuilles de tabac, dans une proportion extrêmement variable avec leur provenance, entre 0,6 et 8 % (2 % en moyenne pour le tabac français). On sait aujourd'hui détecter la nicotine dans l'urine des fumeurs. D'après le professeur Léon Binet, les quantités de nicotine excrétées en vingt-quatre heures varient chez les fumeurs entre 1,4 mg et 9,8 mg, et augmentent avec le nombre de cigarettes fumées. La quantité de nicotine éliminée par cigarette fumée est en moyenne de 0,254 mg. Elle est loin d'être négligeable, et la nocivité de la nicotine est incontestable. Mais faut-il la mettre seule en cause?

Le docteur Edmond Bernot reproduit le tableau ci-dessous emprunté à Walter E. Dixon, donnant les quantités des différents corps fournis par la combustion de 100 g de tabac :

Nicotine : 1,165 g;
Bases pyridiques : 0,146 g;
Acide cyanhydrique : 0,08 g;
Ammoniac : 0,36 g;
Oxyde de carbone : 410 cm³.

En réalité, ces chiffres n'ont rien d'absolu, les analyses des chimistes laissent l'embarras du choix, car les quantités varient avec beaucoup de facteurs : provenance du tabac, degré

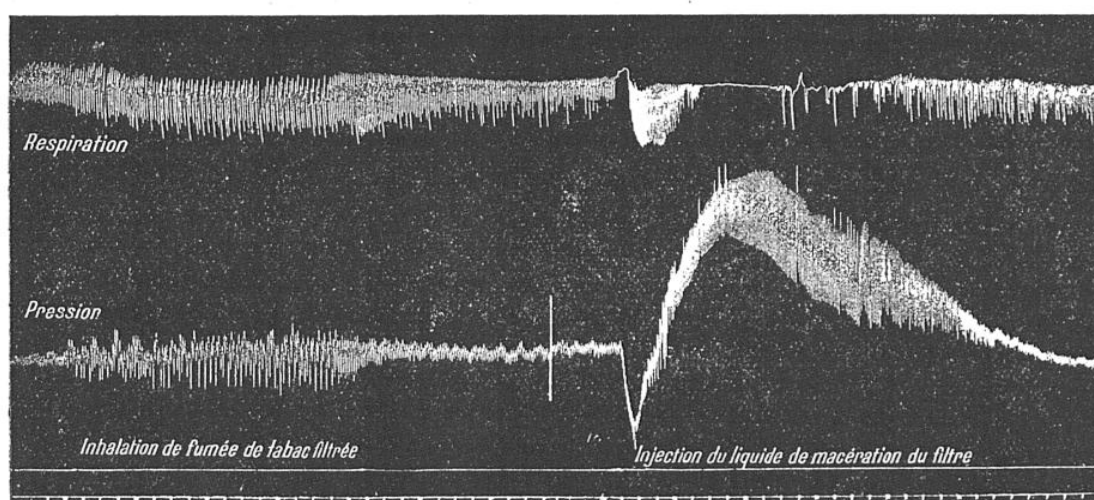


FIG. 4. — L'EFFICACITÉ D'UN TAMPON DE COTON HYDROPHILE POUR L'ÉLIMINATION DE LA NICOTINE. On voit sur cet enregistrement, dans sa première partie, que les effets de l'inhalation de la fumée d'une cigarette sont pratiquement nuls lorsque celle-ci a traversé un tampon de coton hydrophile moyennement serré dans la cavité d'un fume-cigarette approprié. Le tampon de coton ayant servi est mis à macérer 10 minutes dans du sérum. On voit sur la deuxième partie de l'enregistrement que l'injection de ce sérum détermine les mêmes troubles que l'inhalation de la fumée d'une cigarette ordinaire ou qu'une injection de nicotine (fig. 1 et 3). (D'après Bernot.)

d'humidité, vitesse de combustion, etc. On peut cependant en retenir que les deux principaux constituants de la fumée de tabac sont la nicotine (ou ses composés ou dérivés) et l'oxyde de carbone.

De nombreuses expériences démontrent que les désordres fonctionnels provoqués par la fumée de tabac, tels que nous les avons décrits, sont à rapporter à l'action de la nicotine; effets comparés sur la pression artérielle de l'inhalation de fumée de paille ordinaire et de paille nicotinée; effets comparés d'une cigarette d'eucalyptus et d'une cigarette semblable plongée

dans une solution de nicotine, puis séchée. D'une manière plus précise, ce sont les mêmes symptômes que réalisent l'inhalation de la fumée de tabac et l'injection intraveineuse de nicotine, au point que le docteur Bernot a pu mettre au point une méthode de dosage physiologique de la toxicité d'une fumée de cigarette fondée sur cette constatation. Dans les conditions de ses expériences sur le chien, l'inhalation de la fumée d'une cigarette équivalait à l'injection de 2 mg de nicotine par voie intraveineuse, et il admet que c'est cette quantité qu'introduit par voie pulmonaire l'inhalation de

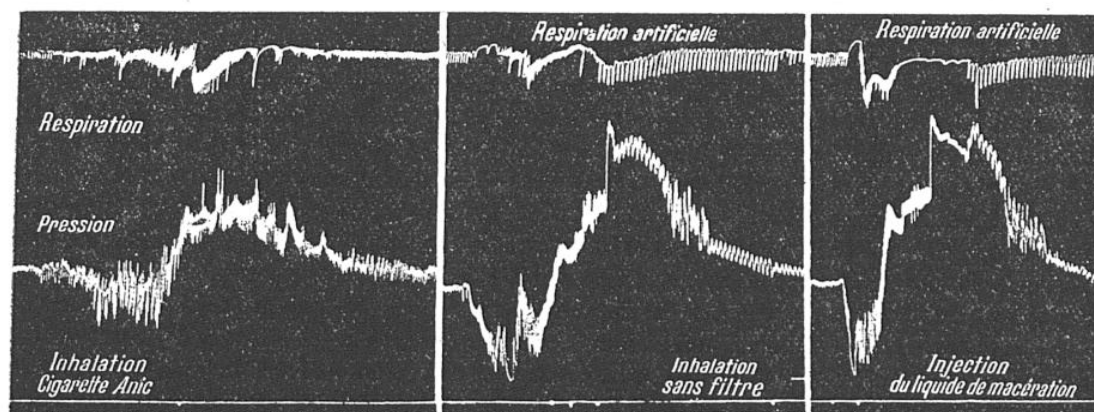


FIG. 5. — ESSAI D'UNE CIGARETTE ULTRA-DOUCE « ANIC »

Cet enregistrement met en évidence l'efficacité du système purificateur adopté. A gauche, le chien d'expérience fume une cigarette avec filtre. Ses réactions sont très atténuées par rapport à l'enregistrement central correspondant à l'inhalation d'une même cigarette débarrassée de son filtre. Enfin, à droite, on lui injecte le liquide de macération du filtre ayant servi pour la première expérience, et on voit l'importance des principes nocifs qui avaient été arrêtés. Dans les deux cas, la mort du chien n'a pu être évitée qu'en recourant à la respiration artificielle. (D'après Bernot.)

la fumée fournie par une cigarette ordinaire.

Tout au contraire, l'oxyde de carbone semble bien ne jouer aucun rôle appréciable dans les phénomènes dont nous avons parlé. S'il en possède une, son action est plutôt dans le sens d'un abaissement de la pression artérielle, alors que l'inhalation de la fumée du tabac a, comme nous l'avons vu, une action hypertensive très prononcée. En réalité, la proportion d'oxyde de carbone est nettement insuffisante pour déterminer aucun de ces accidents.

Et pourtant, diront certains, n'est-il pas évi-

struction de la nicotine et collidine de la destruction des fibres du tabac; ammoniac; acide cyanhydrique) n'ont qu'une faible importance au point de vue qui nous occupe actuellement. Dans la fumée de certains tabacs étrangers, on rencontre aussi de l'acroléine, provenant de la déshydratation du glycérol (glycérine) dont quelques fabricants imprègnent le tabac pour éviter la dessiccation. Ce corps renforce l'action de la nicotine et l'emploi de la glycérine est donc franchement indésirable. Les cigarettes françaises n'en contiennent pas.

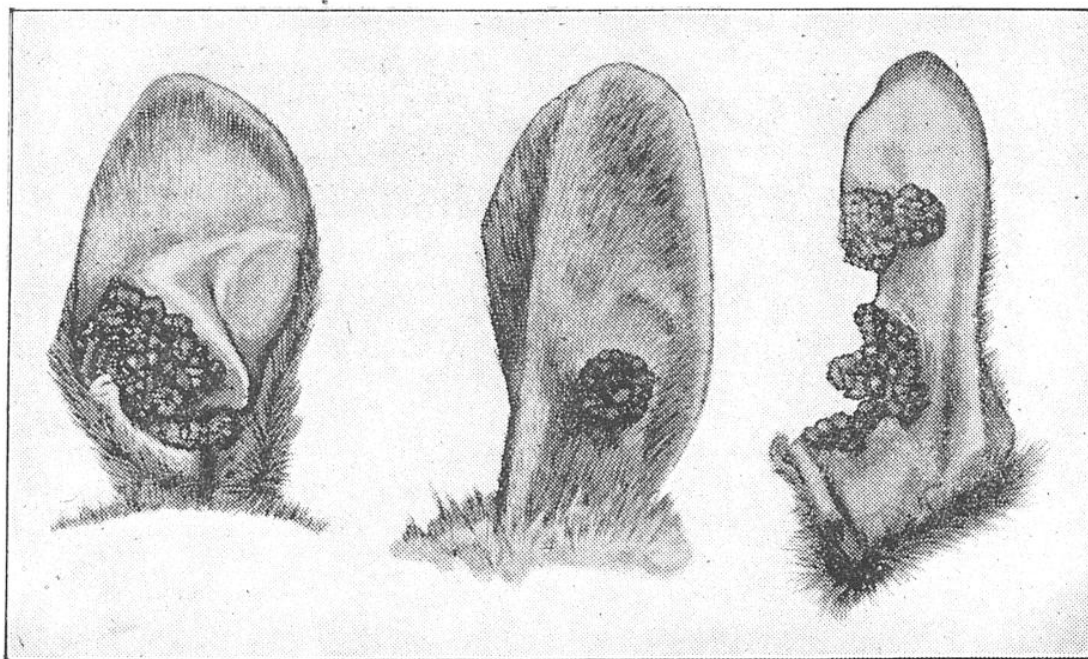


FIG. 6. — L'ÉVOLUTION D'UNE TUMEUR SUR L'OREILLE D'UN LAPIN BADIGEONNÉE AVEC DU GOUDRON DE TABAC « KENTUCKY »

A gauche, cette énorme tumeur a été obtenue après neuf mois de traitement. Elle s'est infiltrée à travers le cartilage et apparaît (au centre) sur la face postérieure de l'oreille. La figure de droite montre l'état de l'oreille partiellement détruite au bout de quinze mois et l'apparition de nouvelles tumeurs. (D'après Roffo.)

dent que la nicotine, si elle est présente dans le tabac, se détruit pendant la combustion et ne constate-t-on pas d'autre part, que les accidents déterminés par le tabac fumé ne le sont pas par le tabac chiqué? C'est donc pendant la combustion que naît le poison : c'est l'oxyde de carbone.

Les expériences précédemment évoquées font justice de la première allégation. Pour le reste, le docteur Bernot fait remarquer que la différence d'action du tabac fumé ou chiqué tient à l'inégalité des doses consommées et à la disparité des structures anatomiques et fonctionnelles des voies d'absorption. Le jus de tabac du chiqueur n'est dégluti qu'en faible portion. Passant dans le tube digestif, il doit, avant de parvenir au sang, traverser la barrière intestinale puis celle du foie où la vésicule biliaire est prête à éliminer la nicotine. Par voie pulmonaire, seule une pellicule ultra-mince et facilement franchissable sépare la fumée du sang.

Les constituants secondaires de la fumée (bases pyridiques : pyridine résultant de la des-

Ajoutons enfin que la fumée du papier à cigarette n'est nocive à aucun degré.

N'est-il pas possible d'éliminer la nicotine, puisque c'est le principal poison du tabac? C'est ce qui est obtenu au moins partiellement dans les marques de cigarettes dénicotinisées (1). Leur teneur en nicotine est réduite de 2 à 0,75 %. En fait, les expériences du docteur Bernot montrent que, du point de vue physiologique, les effets observés sont pratiquement les mêmes. S'il semble ainsi que les procédés de destruction chimique de la nicotine soient pratiquement inopérants, il paraît indiqué au contraire de faire appel aux procédés physiques. La nicotine est retenue en effet par le papier antiarsines.

(1) Le tabac dénicotinisé est obtenu par traitement par des vapeurs ammoniacales qui libèrent la nicotine de ses sels. On régénère l'ammoniaque par mélange avec du pétrole qui retient la nicotine, et on régénère ensuite le pétrole par l'acide sulfurique. Le sulfate de nicotine est livré à l'agriculture comme produit insecticide.

des cartouches des masques à gaz. Cela indique qu'elle est présente dans la fumée à l'état de fines particules en suspension, comme dans ce que les physiiciens appellent un « aérosol ». Aussi peut-on préconiser un simple filtre, à renouveler fréquemment, constitué par du coton hydrophile bien tassé. Les cigarettes françaises « Anic » appliquent un procédé voisin dont l'efficacité peut être démontrée (fig. 5).

La pipe, fabrique d'oxyde de carbone

Il n'est pas sans intérêt de reconsidérer d'un autre point de vue la production d'oxyde de carbone lors de la combustion du tabac. La nicotine est un poison à action rapide. L'oxyde de carbone ne serait-il pas un poison « lent » ?

Si un gramme de tabac à cigarette donne entre 20 et 80 cm³ d'oxyde de carbone, un fumeur de « 20 grammes par jour » inhale, par conséquent, entre 400 et 1 600 cm³ du gaz le plus toxique qui soit. Si l'on réduit au dixième seulement de cette quantité globale la portion retenue par les tissus pulmonaires, l'effet d'intoxication n'en est pas moins sérieux. L'inhalation par la pipe, combustion beaucoup plus lente, est plus pernicieuse encore puisque la même quantité consommée (20 g de tabac) produirait, dans ce cas, jusqu'à 2 200 cm³ d'oxyde de carbone.

La détermination des quantités d'oxyde de carbone finalement absorbées par le sang d'un fumeur s'effectue par la méthode, extrêmement précise, dite « spectrophotographique ». Une solution diluée du sang examiné révèle, au spectrophotographe, une absorption de la lumière suivant une « bande » du spectre correspondant à l'hémoglobine présente dans le liquide. L'oxyhémoglobine (ou hémoglobine oxydée normalement par l'effet respiratoire) présente une bande d'absorption analogue, presque la même, mais décalée vers le jaune. Enfin la carboxyhémoglobine (ou hémoglobine combinée à l'oxyde de carbone) se manifeste dans le spectre par une nouvelle bande d'absorption analogue à celle de l'oxyhémoglobine, mais un peu plus décalée, dans le même sens. Ces différentes bandes caractéristiques sont repérées avec précision relativement aux longueurs d'onde du spectre normal. Elles présentent, en outre, des maxima d'absorption caractéristiques.

Une plaque photographique obtenue avec un spectre correspondant à une solution préalablement bien dosée, va servir d'étalon. Les absorptions caractéristiques de la solution étudiée, comparées avec celles de la solution étalon (comparaison qui s'effectue d'après les lois photométriques classiques) révéleront leur teneur en carboxyhémoglobine, par une simple règle de trois.

Cette méthode optique est infiniment plus sensible que la balance la plus précise. L'épaisseur de la solution étudiée qu'il faut présenter au spectrophotographe pour obtenir le spectre-étalon mesure exactement le poids de la substance dissoute avec la même simplicité que le fléau d'une bascule.

Voilà donc une base très précise pour le jugement que les médecins auront à porter sur l'intoxication chronique par l'oxyde de carbone assaisonnant la fumée du tabac, encore mal élucidée.

Le tabac ne semble pas responsable de certains cancers

Nous entamerons l'examen du grief « cancérogène » par quelques observations à la décharge du tabac, dues au professeur Castaigne : elles ont l'avantage de débayer la question.

Il y a quelque cinquante ans, les cancers de la langue et des lèvres étaient attribués exclusivement au tabac. Depuis, les travaux de Fournier et des spécialistes de l'Hôpital Saint-

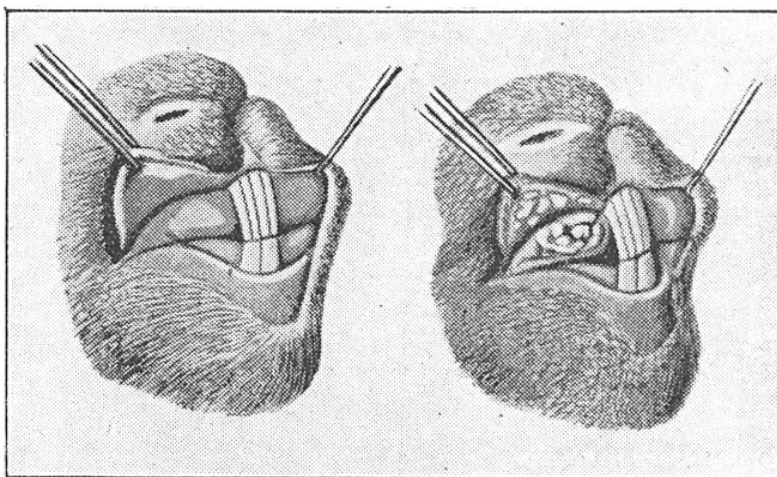


FIG. 7. — LEUCOPLASIE PROVOQUÉE PAR LE BADIGEONNAGE QUOTIDIEN DE LA GENCIVE D'UN LAPIN A L'AIDE DE GOUDRONS ISOLÉS DE LA FUMÉE DE TABAC

A gauche, après trente-cinq jours de traitement; à droite, après cent vingt jours de traitement. (D'après Roffo.)

Louis montrèrent que ces cancers surviennent surtout chez d'anciens syphilitiques et se développent souvent à la suite de leucoplasie buccale, lésion tardive consécutive à l'infection... Cela ne veut pas dire que le tabac n'intervienne pas comme cause surajoutée, parfois même à lui seul, mais il est sage de donner des conseils d'abstention complète du tabac aux syphilitiques en évolution.

« De même, ajoute le professeur Castaigne, il ne paraît pas logique d'affirmer que le cancer de l'homme est dû à l'influence de la fumée du tabac, sous le seul prétexte qu'on a pu déterminer chez les animaux des tumeurs malignes (qui ne sont peut être pas identiques aux cancers de l'homme) en injectant dans les tissus des doses fortes de préparations à base de nicotine. »

Mais il convient d'entrer ici dans le détail de ces dernières expériences, auxquelles fait allusion le savant défenseur du tabac. Nulle part, elles n'ont été faites avec autant de méthode et de persévérance que chez le docteur Roffo, directeur de l'Institut du cancer à Buenos Ayres. C'est à sa documentation que nous allons maintenant puiser.

Les expériences du docteur Roffo

A propos du cancer expérimental, nous avons noté, ici même, voilà plusieurs années, l'extrême patience et la longueur de temps qui sont nécessaires dans ce genre d'expérience (1). C'est ainsi que les chercheurs français avaient échoué dans leur tentative de faire apparaître le cancer chez des souris, soigneusement badigeonnées au goudron de houille tous les matins pendant six mois. Mais leurs confrères japonais persistèrent dans ce traitement et c'est seulement le onzième mois qu'ils purent observer le premier « cancer expérimental ». Il démontrait une relation de cause à effet entre certains hydrocarbures contenus dans le goudron de houille — entre autres des dérivés du « phénanthrène » — et l'apparition du cancer. Une fois isolé, le phénanthrène se révéla tellement virulent comme agent cancérogène qu'il agit, estime-t-on (il ne saurait être question de dose précise), à partir du millionième et peut-être du cent millionième de gramme.

Averti par la lenteur du succès japonais, c'est après plusieurs mois d'essais quotidiens que le docteur Roffo obtint, sur des lapins, les premiers résultats. Il commença par injecter directement sur l'épiderme de l'animal les produits distillés à partir de macérations de tabac. Puis, afin de se rapprocher des conditions mêmes où se place le fumeur humain, il infligea l'inhalation tabagique aux lapins, par le moyen d'une trompe à eau leur envoyant, au creux de l'oreille, la fumée d'un narguilé monté à leur intention. Or, dans la première phase des expériences (application directe des goudrons) il n'obtint aucun résultat, cependant que l'inhalation de fumée — à raison de 2 à 3 minutes chaque jour — finit par provoquer une tumeur caractérisée chez un seul de dix animaux traités. Et cela après trois ans d'intervention quotidienne. L'examen histologique de la tumeur montra qu'il s'agissait bien d'une prolifération « végétative », avec des cellules « atypiques », prolifération qui avait envahi et traversé le cartilage de l'oreille. L'insuccès de l'application des extraits de tabac et le succès obtenu par l'inhalation de fumée engageaient à supposer que le produit cancérogène est bien contenu

dans les produits de combustion et, par suite, dans les goudrons qui s'y forment.

Opérant suivant la même technique, le docteur Roffo obtint des lésions leucoplasiques sur les muqueuses labiales internes des lapins, puis des tumeurs nettement cancéreuses (néoplasiques) en insufflant la fumée dans la vessie de 200 rats (durée de l'expérience : 8 à 12 mois).

En 1936, la question des hydrocarbures cancérogènes ayant progressé, le docteur Roffo se préoccupa de diversifier les produits hydrocarbonés de la distillation du tabac, afin de dé-

pister, si possible, l'agent pathogène. Il fractionna cette distillation en deux étages de 0° à 400° C et obtint de la sorte trois produits goudronneux : deux de passage et un résiduel.

Le premier goudron, obtenu à 120° C, livre des composés dont la plupart n'ont aucun intérêt pour le cancer expérimental : les produits gazeux, alcooliques, acétiques. On retient le distillat liquide que l'on porte à 350° C. Le second produit ainsi obtenu (un goudron marron à réaction très alcaline et d'odeur désagréable) atteint 40 g par kilogramme traité de tabac noir Kentucky. Le troisième produit, résiduel, contient le

charbon et les produits semi-carbonisés. La nicotine, décomposée à 245° C, a disparu totalement, dès le second produit.

Sur ces bases, Roffo essaya les trois produits séparément sur une série expérimentale de vingt lapins.

La série affectée au produit n° 1 ne donna aucun accident pathologique, malgré une application quotidienne qui dura dix mois.

La deuxième série, par contre, donna lieu à des lésions abondantes. Sur les vingt animaux, quatre moururent au cours du premier mois de traitement. Des seize restants, quinze offrirent des tumeurs à partir du septième mois de badigeonnage quotidien (oreille).

L'histologie des lésions expérimentales

Il ne reste plus qu'à prouver que les tumeurs, lésions, papillomes, carcinomes, etc., ainsi obtenus par le docteur Roffo sur ses lapins, sont véritablement des cancers, quitte à montrer, ensuite, que ce ne sont pas des cancers « spécifiques » comme il en existe tant — réservés seulement à la race animale étudiée.

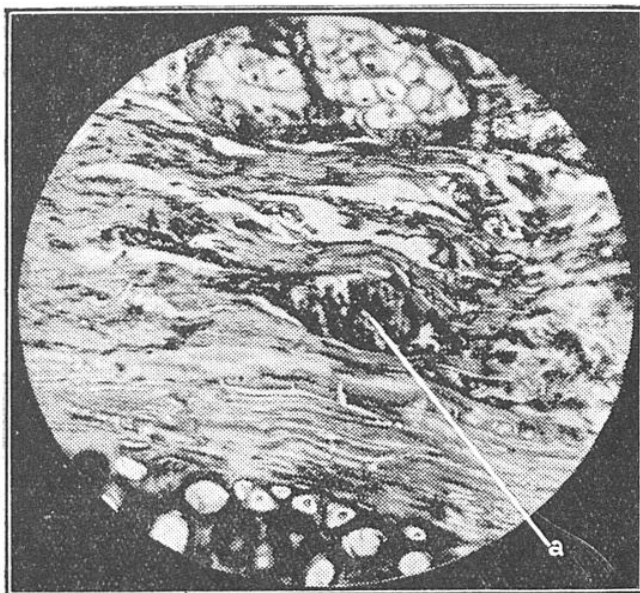


FIG. 8. — LE DÉBUT D'UN CANCER DE L'OREILLE PROVOQUÉ CHEZ UN LAPIN PAR BADIGEONNAGE A L'AIDE DE GOUDRONS DE TABAC

Entre l'épithélium et le cartilage apparaît un capillaire lymphatique avec un nodule de cellules néoplastiques. (D'après Roffo.)

(1) Voir : « Le cancer, ses causes, son traitement » (Science et Vie, n° 293, janvier 1942, p. 21.)

Nous n'entrerons pas ici dans le détail de cette étude histologique.

Du point de vue des spécialistes et suivant les paroles mêmes du docteur Roffo, l'histologie des lésions obtenues les situe sur une échelle qui va de la simple « hyperplasie » épithéliale, développement anormal de l'épithélium avec une production cornée qui n'est pas forcément cancéreuse, jusqu'à la formation « papillomateuse ». Ces « papillomes » ou tumeurs isolées, évoluèrent comme de véritables « carcinomes » que caractérisent l'accroissement par infiltrations du tissu épithélial, accroissement, d'ailleurs, discontinu.

Les biopsies (examens histologiques) effectuées sur le même animal durant l'évolution du phénomène ont permis au docteur Roffo d'observer une gradation continue de la lésion vers l'état cancéreux; de trois mois en trois mois, l'évolution ne lui laisse, affirme-t-il, aucun doute.

Nous donnons ci-contre quelques-unes des microphotographies présentées par le docteur Roffo à l'appui de ses expériences. Et nous laissons aux cliniciens du cancer la responsabilité de déclarer si ces accidents provoqués *in anima vili* sont de même nature que les lésions ou tumeurs observées sur les humains en des régions organiques plus profondes que l'oreille du lapin.

Admettant (par simple raison d'assentiment comme par une crainte, tous comptes faits, salutaire) la thèse du docteur Roffo, nous devons suivre l'auteur, et terminer par le palmarès de malfaisance qu'il a cru devoir établir pour dénoncer la toxicité de chaque qualité de tabac.

Dans cette voie, il est évident que, même s'il exagère le danger en doctrinaire involontaire, le docteur Roffo, effectue du bon travail pratique dont les résultats devront être médités par les ingénieurs des tabacs.

Ils auront intérêt à se rappeler que les quantités de goudron fournies au kilogramme sont de 41 grammes pour le « Kentucky », de 68,6 pour l'égyptien et de 72 pour le turc — avec cette précision que la « toxicité relative », par kilogramme d'animal, se mesure par 5,35 cm³ d'extrait de Kentucky contre 2,22 cm³ d'égyptien et 3 cm³ de tabac turc.

En tenant compte du temps nécessaire pour l'apparition de la lésion avec les produits extraits de neuf types de tabac, le docteur Roffo conclut que le pouvoir de cancérisation le plus élevé revient aux tabacs de Kentucky, égyptien et turc.

L'évolution des lésions est semblable pour tous les goudrons. Il suffit de 100 à 150 cm³

de goudron pour cancériser, à coup sûr, par badigeonnage quotidien, la face interne de l'oreille d'un lapin. Or, un fumeur moyen consommant 1 kilogramme de tabac par mois, applique lui-même à ses propres muqueuses, sans parler des bronches et du tissu pulmonaire profond, 70 cm³ de goudron, dans le même temps. En un an, ce sont 840 cm³ et en 10 ans huit à dix litres de goudron qui sont allés se déposer sur les muqueuses bucco-pharyngo-laryngo-pulmonaires. Il n'est pas téméraire de penser que la résistance biologique de ces muqueuses est

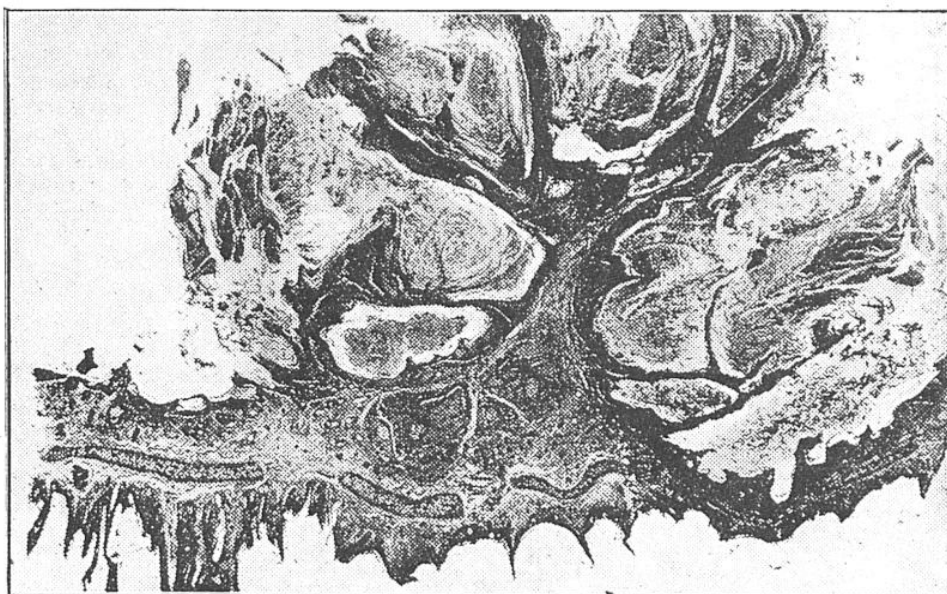


FIG. 9. — MICROPHOTOGRAPHIE D'UN CARCINOME OBTENU PAR BADIGEONNAGES DE L'OREILLE D'UN LAPIN A L'AIDE DE GOUDRON DE TABAC « KENTUCKY »

La tumeur a été obtenue dans l'état ci-dessus après dix mois de badigeonnage. Cette microphotographie montre l'infiltration dans l'épaisseur de l'oreille et la destruction du cartilage. (D'après Roffo.)

très inférieure à celle de la peau de lapin.

N'allons pas cependant trop loin. Comme nous l'avons dit plus haut, il serait injuste de transposer sans réserves au cas de l'homme les résultats obtenus par le professeur Roffo sur le lapin. Ne perdons pas de vue en particulier que l'observation clinique journalière ne confirme pas la réalité d'un pareil danger. Pratiquement, malgré le nombre énorme de fumeurs invétérés, qui « avalent » la fumée, le cancer dû à cette pratique est extrêmement rare, les quelques cas signalés demandant d'ailleurs confirmation quant à l'origine précise de la tumeur.

Quoi qu'il en soit, devant le réquisitoire du professeur Roffo, on ne peut que conclure au sérieux de la « querelle du tabac ».

Il faut l'élucider du point de vue médical, étiologique et clinique. Mais encore, puisque tous les tabacs ne sont pas également dangereux, cultiver d'ores et déjà les moins chargés en hydrocarbures cancérogènes. Et comme l'origine végétale doit certainement partager la responsabilité pathogène avec les modes de préparation, il doit être possible d'organiser, dans les manufactures de la régie, une chasse en règle à ces cancérogènes.

LE MOTEUR DIESEL PEUT-IL ÊTRE ALIMENTÉ PAR GAZOGÈNE ?

par Marcel GAUTIER

La conception même du moteur Diesel — allumage spontané par compression d'un combustible liquide injecté dans le cylindre — paraissait rendre son fonctionnement incompatible avec les seules ressources en combustibles auxquelles sont réduits actuellement la plupart des pays industriels : gaz naturels, charbons minéraux et bois. Les immenses services rendus par ce genre de moteur, robuste, à haut rendement pouvant atteindre 40 %, aux démarrages faciles, à la conduite aisée, devaient cependant orienter les recherches des constructeurs vers son adaptation à l'emploi des combustibles gazeux, soit naturels soit extraits du charbon dans les usines à gaz et dans des gazogènes. Si l'injection directe d'un gaz substitué au combustible liquide normal s'est révélée pratiquement impossible, par contre de très intéressants résultats ont été obtenus grâce à une modification du cycle moteur ne nécessitant pas d'ailleurs de profondes transformations des organes, de sorte qu'un retour aux conditions normales de fonctionnement demeure possible et même facile. Les solutions envisagées, d'ores et déjà mises en œuvre sur le plan industriel, présentent un intérêt économique de grande valeur pour tous les pays tributaires de l'étranger quant à leur approvisionnement en combustibles liquides.

Si le moteur à explosion, normalement alimenté par un mélange gazeux carburé (vapeurs d'essence et air) a pu s'accommoder aisément des carburants de remplacement nationaux, tels que les gaz de gazogène et le gaz de ville, par exemple, le moteur Diesel utilisant des combustibles liquides injectés paraissait devoir connaître d'assez grandes difficultés pour s'adapter à l'emploi de ces combustibles gazeux. Cependant, en raison de ses qualités bien connues (1), le moteur Diesel, déjà extrêmement répandu, pouvait-il être délaissé, au moins pour quelque temps, et sans autre forme de procès, par suite de la pénurie actuelle du gas-oil et du fuel-oil qui constituaient pour lui des combustibles de choix ? On ne pouvait évidemment y songer en raison de l'importance de la puissance installée en moteurs Diesel, représentant des capitaux

(1) Possibilité d'utiliser toute une gamme de combustibles allant du charbon pulvérisé aux huiles végétales, en passant par les huiles de pétrole et les huiles de goudron de houille; démarrage instantané par la simple manœuvre d'un volant ou d'un levier actionnant un servomoteur, généralement à huile, commandant l'arrivée d'air de démarrage sous pression aux cylindres; allumage immédiat dès la première injection de combustible; surveillance en marche réduite au contrôle d'un tableau de manomètres et de thermomètres; montée en charge rapide, le moteur pouvant donner sa toute-puissance en moins de 2 minutes; changements d'allure souples et quasi-instantanés; rendement global élevé, de l'ordre de 40 %, diminuant d'ailleurs peu relativement lorsque la puissance que l'on demande au moteur se réduit dans des proportions pouvant atteindre 60 %; se suffit généralement à lui-même, puisque, à l'exception des grosses unités, dont la soufflante est conduite par un moteur électrique indépendant, le moteur actionne lui-même tous ses auxiliaires; personnel de conduite réduit à trois unités au plus par groupe de deux moteurs, ce personnel étant toutefois spécialisé.

considérables, une partie de cette puissance étant sur des navires de charge et dans des centrales qu'on ne pouvait songer à stopper, et les installations devant être maintenues en bon état de fonctionnement pour l'immédiate période d'après-guerre. On a donc été conduit à rechercher des combustibles susceptibles de remplacer correctement le gas-oil et le fuel-oil et pouvant être extraits des ressources les plus abondantes des divers pays, en particulier du charbon.

Le problème délicat de l'alimentation du moteur Diesel par un combustible gazeux

Le problème qui se posait était le suivant : recherche d'un combustible approprié tiré de la houille, et adaptation, soit du cycle du moteur, soit des organes du moteur, en vue d'un fonctionnement correct et sûr avec le combustible en cause.

Le choix s'est tout d'abord porté sur les combustibles gazeux dont certains existent naturellement (gaz de pétrole de Saint-Gaudens, par exemple, gaz de digestion des boues, gaz provenant de la distillation des charbons).

Il faut noter, tout d'abord, que la diversité de tous ces combustibles gazeux leur confère des caractéristiques essentiellement différentes, d'où une première difficulté du problème à résoudre.

Leur pouvoir calorifique est, par exemple :
Pour un gaz naturel contenant 60 % de méthane..... 5 000 cal/m³
Pour un gaz naturel contenant 70 % de méthane..... 6 000 cal/m³
Pour du méthane pur..... 10 500 cal/m³
Pour du gaz de ville..... de 4 000 cal/m³ à 5 000 cal/m³

Pour du gaz de gazogène à charbon minéral :
tiré des grésillons de coke

de gaz 1 100 cal/m³
tiré de l'anhracite 1 400 cal/m³

De même, la température d'inflammation de ces divers gaz diffère de l'un à l'autre, car elle est fonction, en particulier, de leur teneur en hydrogène.

le taux de compression; il semble, par suite, qu'il y ait intérêt à maintenir tout au moins, sinon à accroître, pour tenir compte du pouvoir calorifique relativement modéré du combustible gazeux, le taux de compression normal du moteur pour le fonctionnement au gas-oil ou fuel-oil.

Toutefois, l'élévation du taux de compression conduit, en général, à un accroissement de la pression maximum dans le cylindre, d'autant plus grand, d'ailleurs, que le combustible brûle plus vivement. Il convient donc de ne pas exagérer le taux de compression admis, et de consentir un compromis, c'est-à-dire d'admettre plutôt, s'il le faut, une réduction du taux de compression et par suite du rendement global, si l'on craint une pression exagérée dans le cylindre en fin d'injection: Il en résultera, en effet, un accroissement de la sécurité de fonctionnement du moteur, et, corrélativement, une diminution des frais d'entretien et de réparations des pièces éventuellement accidentées.

Ces considérations diverses suffisent à montrer les difficultés des problèmes à résoudre pour obtenir un fonctionnement correct d'un moteur Diesel quand on passe de l'alimentation de ce moteur au gas-oil ou au fuel-oil à son alimentation avec un combustible gazeux.

Le moteur Diesel à injection de gaz au lieu et place de l'injection de combustible est-il réalisable?

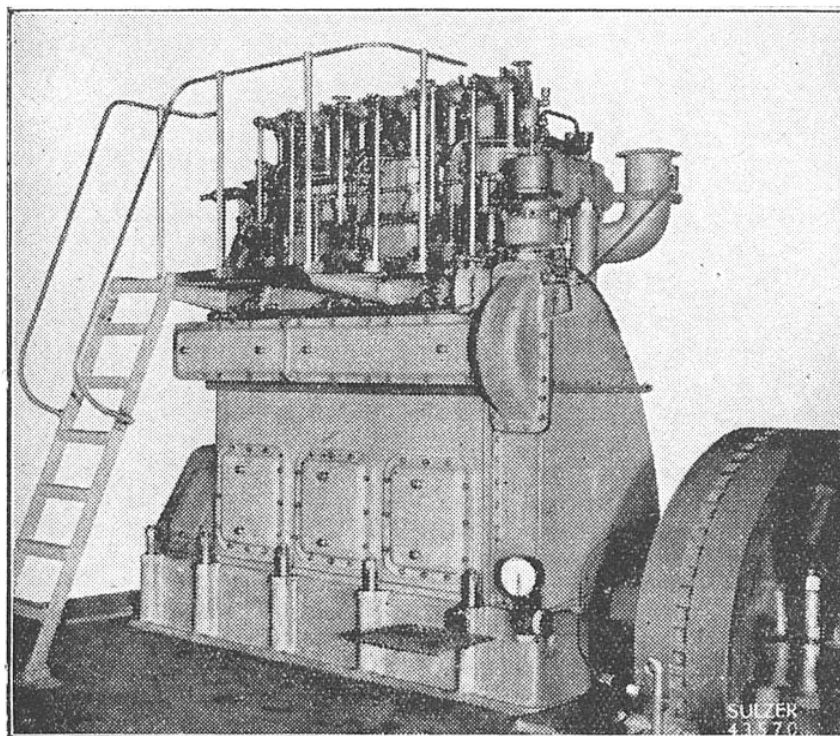


FIG. 1. — MOTEUR DIESEL À GAZ DE LA COMPAGNIE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, PROCÉDÉS SULZER

Ce moteur est le résultat de la transformation d'un moteur à injection mécanique de gas-oil, 3 cylindres, développant une puissance de 250 ch à 375 tours/mn. Son alimentation prévue était un mélange gazeux provenant d'un gazogène à anthracite contenant 26,3 % d'oxyde de carbone, 15,8 % d'hydrogène, 1,8 % de méthane, 4,5 % de gaz carbonique, 51,2 % d'azote. La transformation a consisté à installer, dans les culasses, des soupapes à double siège formant soupapes mélangeuses, avec réglage séparé pour le gaz et pour l'air. De même, on a modifié les chambres de combustion pour éviter toute accumulation de gaz brûlés dans les cylindres et on a adapté le système d'injection en vue du nouveau service à assurer. Les températures d'échappement et les pressions obtenues ont été ainsi comparables à celles réalisées dans le fonctionnement normal. Aux essais, le moteur a donné la même puissance qu'au gas-oil, avec une pression effective moyenne de 5,42 kg/cm² et une quantité de combustible consommée par ch-h égale à 11 g, soit 6,63 % de celle correspondant au fonctionnement normal au gasoil.

Quant à leur température de combustion, elle croît avec la pression dans le cylindre et diminue avec le degré de dilution du gaz (1) dans l'air en même temps, d'ailleurs, que la quantité de chaleur dégagée.

Enfin, il convient de remarquer que, comme pour tous les types de moteurs, le rendement global (2) augmente pour le moteur Diesel avec

(1) On entend par degré de dilution le rapport entre la quantité d'air effectivement mélangé avec le gaz et la quantité d'air qui serait strictement nécessaire pour assurer la parfaite combustion suivant l'équation chimique de combustion.

(2) On entend par rendement global le rapport

Etant admis, pour un instant, que le taux de compression ait été correctement réglé, compte tenu de la nature et des propriétés du gaz dont l'utilisation est envisagée, on est tenté, par mesure de simplification, de substituer simplement le combustible gazeux au combustible liquide et d'essayer de l'injecter directement dans la cylindrée d'air comprimé en fin de com-

entre la quantité de chaleur correspondant au travail effectivement disponible sur l'arbre à manivelle (déduction faite, le cas échéant, de celui correspondant aux auxiliaires non conduits par le moteur lui-même) et la quantité de chaleur apportée par le gaz combustible au cylindre.

pression. Or, il ne saurait en être ainsi.

Le combustible gazeux a une faible densité et est éminemment compressible. Il serait, pour ces raisons, très difficile, sinon impossible, de construire une pompe d'injection susceptible d'assurer un débit de gaz fixé au moment précis où doit avoir lieu l'injection, c'est-à-dire un peu avant la fin de la compression.

Mais d'autres considérations interviennent pour s'opposer à une telle conception de l'introduction du combustible gazeux dans la cylindrée d'air.

Les moteurs Diesel pratiquement utilisés aujourd'hui sont tous du type à injection mécanique, c'est-à-dire par l'intermédiaire d'une pompe qui refoule à haute pression à travers un injecteur ou pulvérisateur. Ce dernier divise finement le combustible liquide et le disperse au sein de la masse d'air échauffée par compression. Cette injection peut d'ailleurs se faire, soit indirectement, soit directement.

Les moteurs à injection indirecte (petits moteurs à grande vitesse) comportent une antichambre non refroidie communiquant avec le cylindre par un orifice calibré. Le combustible, injecté dans cette antichambre, s'y enflamme en partie et les gaz enflammés, ainsi que la partie non enflammée, se trouvent projetés et dispersés dans le cylindre par suite de l'élévation de la pression dans l'antichambre, et y achèvent de brûler. L'antichambre étant maintenue à température très élevée et jouant rôle de relais d'in-

flammation pour le combustible non encore enflammé à la sortie, point n'est besoin, dans ce type de moteur, de réaliser, en fin de compression, une pression élevée. On se contente d'une pression d'une quinzaine de kg/cm^2 .

Dans les moteurs à injection directe, le combustible est directement injecté dans le cylindre. Il en résulte que l'air remplissant ce cylindre en fin de compression doit se trouver à une température suffisamment élevée, et par conséquent à une pression assez élevée également, pour que la température d'inflammation du combustible soit nettement dépassée; la pression en fin de compression atteint fréquemment 35 kg/cm^2 .

Ce type de moteur étant le plus répandu, car il convient à une gamme de puissances très étendue, examinons ce qui se passe au moment de l'injection d'un combustible dans un cylindre de ce moteur et effectuons un rapprochement avec ce qui pourrait se produire dans le cas d'un combustible gazeux.

Le combustible liquide, refoulé à une pression très élevée (300 ou 400 kg/cm^2), passe

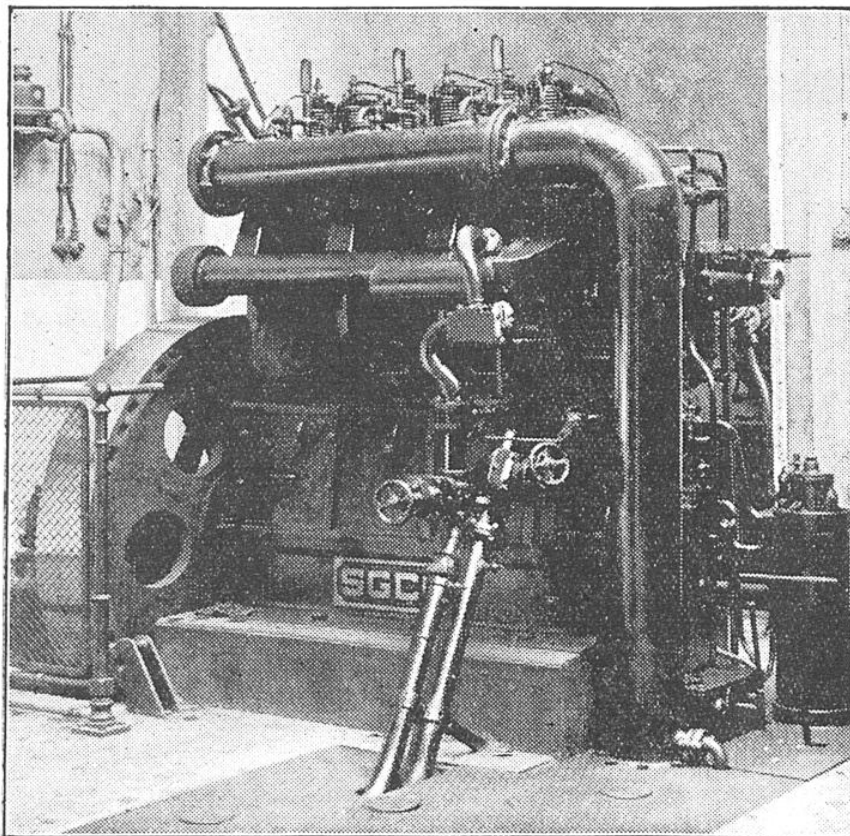


FIG. 2. — MOTEUR DIESEL A GAZ DE L'USINE MAZAS (SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES)

Sur ce moteur, dérivé d'un moteur Diesel vertical, à 3 cylindres, 4 temps, simple effet, à soupapes verticales, à pistons à fond plat ou légèrement concave, l'allumage s'effectue par bougie électrique montée au centre de la culasse. Le démarrage se fait à l'air comprimé. L'air et le gaz arrivent à un mélangeur et le réglage s'effectue au moyen d'un papillon placé sur la sortie du mélangeur. Le mélange parvient à une soupape unique située sur la culasse.

dans un injecteur qui l'expulse à travers des orifices calibrés de pulvérisation. Au contact de l'air comprimé à haute température, les premières vésicules liquides s'enflamment parce qu'elles se trouvent directement en contact avec l'air; les suivantes doivent traverser la couche de gaz, en combustion ou brûlés, pour atteindre à leur tour l'air comburant et assurer ainsi leur combustion totale, avant le début de la période d'évacuation des gaz brûlés hors du cylindre. Dans le cas du combustible liquide, point de difficultés, car les vésicules liquides ont une grande densité et sont chassées à grande vitesse; elles possèdent donc une grande force vive à la sortie de l'injecteur et peuvent de ce

fait traverser aisément la masse d'air comprimé du cylindre. On prend d'ailleurs la précaution de donner à l'air, à l'entrée du cylindre, pendant la période de balayage, un mouvement tourbillonnaire pour mieux assurer le brassage des gaz en combustion, ce qui a pour effet de faciliter le contact intime des vésicules liquides avec l'air non encore utilisé.

Si nous passons au combustible gazeux, on conçoit que les choses ne peuvent se passer aussi aisément; en effet, les molécules gazeuses ont une faible densité et, bien qu'on puisse les chasser à une grande vitesse (très inférieure d'ailleurs à celle relative au combustible liquide, parce que leur grande compressibilité ne permet pas l'emploi d'une pression aussi élevée d'injection), elles se détendent dès leur entrée dans le cylindre. D'où deux graves inconvénients : d'une part, leur force vive est insuffisante pour leur permettre de traverser l'air sous pression, d'autant plus qu'en se détendant, elles augmentent de volume et voient leur densité diminuer; d'autre part, leur détente amène leur refroidissement et joue, en quelque sorte à leur égard, le rôle d'éteignoir.

Il en résulte que la substitution pure et simple du combustible gazeux au combustible liquide, même en modifiant la pompe d'injection et l'injecteur, ne saurait résoudre le problème.

Les solutions possibles du problème

Devant l'impossibilité pratique d'injecter correctement le combustible gazeux seul dans le moteur, on a imaginé de préparer le mélange gaz-air pendant la période d'aspiration, soit en dehors, soit à l'entrée même du cylindre.

On reconnaît, dans la première solution, celle qui a prévalu pour les moteurs à explosions, c'est-à-dire l'emploi d'un carburateur (1); celui-ci sera évidemment d'un type spécial à gaz et muni d'un organe particulier (2), contrôlé par le régulateur de vitesse du moteur, en vue de doser la dilution du gaz dans le mélange gaz-air et de régler le débit de ce mélange. Dans ces conditions, le mélange aspiré correspondra, en qualité et en quantité, à la puissance demandée au moteur, tout en restant encore suffisamment riche pour s'enflammer aisément aux régimes les plus faibles.

Quant au tuyau d'aspiration du moteur normal, il peut être conservé; on peut cependant utilement prévoir une légère réduction de sa section pour étouffer les retours de flamme éventuels avant qu'ils parviennent au carburateur.

Le choix de la deuxième solution conduit naturellement à l'emploi de deux tuyaux d'admission (un pour l'air, un pour le gaz), aboutissant à une soupape double mélangeuse remplaçant la soupape normale d'aspiration. Des organes de réglage des débits d'air et de gaz, prévus sur chaque tuyau, seront conjugués avec le régulateur de vitesse du moteur.

Enfin, si l'on veut conserver au moteur Diesel une de ses caractéristiques les plus prisées, à

savoir de s'accommoder d'une gamme de combustibles de pouvoirs calorifiques très différents, il faut recourir à un double carburateur, soit pour l'ensemble du moteur, soit pour chaque cylindre, au détriment encore de la simplicité et du prix de revient de l'installation.

Quelle que soit la solution adoptée, une modification doit être apportée à la régulation des soupapes d'aspiration en vue d'éviter qu'à la fin de la course de détente, l'aspiration soit directement reliée à l'échappement, comme cela se produit dans le moteur à combustible liquide. Car, le mélange air-gaz frais étant alors en contact avec les gaz brûlés à température élevée — au moins à 350° C en général — risquerait de s'enflammer prématurément, d'où des retours de flamme dans la canalisation d'aspiration. La soupape d'aspiration doit donc être fermée avant l'ouverture de celle d'échappement (1). La légère diminution de puissance qui résulte de cette obligation peut d'ailleurs être compensée sans inconvénient par un léger accroissement de l'alésage du cylindre (environ 5 % en plus) (2).

Comment on peut assurer la sécurité de fonctionnement du Diesel au gaz : cycle à explosions et cycle à combustion

Le mélange gaz-air étant convenablement formé et aspiré dans le cylindre, deux écueils sont encore à éviter.

Tout d'abord une inflammation prématurée pendant le temps de compression, par exemple au contact d'un point chaud de la chambre de combustion (3), l'inflammation correcte ne devant se produire que vers la fin de la compression; ensuite, une vitesse exagérée de combustion qui, en accroissant trop rapidement la pression, provoquerait des chocs violents fort nuisibles aux organes du moteur.

La température de combustion variant, nous l'avons vu, en raison directe de la pression et en raison inverse de la dilution du gaz dans le mélange gaz-air, on peut, pour limiter la vitesse de combustion, soit diminuer le premier de ces facteurs, soit augmenter le second.

Ces modifications ne vont pas cependant sans entraîner quelques changements dans le cycle du moteur.

Diminuer le taux de compression nous écarte en effet du cycle Diesel, dont la principale caractéristique est d'assurer l'inflammation du combustible uniquement grâce à la température prise par l'air en fin de compression. Il faut donc faire appel à un allumage indépendant par l'étincelle d'une bougie (4). En définitive,

(1) On accroît encore la sécurité en munissant les tuyaux d'admission du gaz ou du mélange gaz-air de clapets de sûreté permettant d'évacuer rapidement à l'extérieur toute surpression.

(2) En effet, les gaz utilisés ont toujours un pouvoir calorifique inférieur à celui des gas-oils et fuel-oils et peuvent donc alimenter un cylindre de diamètre un peu plus grand sans qu'il en résulte un accroissement sensible des pressions et des températures du cycle de fonctionnement et par suite de la fatigue des organes mobiles.

(3) Ou de l'antichambre si le moteur en est muni.

(4) Alimentée soit par magnéto haute tension, soit par bobine et accumulateurs, avec distributeur tournant, genre « Delco », par exemple. La magnéto ou le « Delco » peuvent d'ailleurs prendre la place des pompes à combustible du moteur si celles-ci ne sont pas conservées, après désamorçage toutefois, pour pouvoir remettre ultérieurement le moteur au

le Diesel devient un moteur à gaz à explosions avec un taux de compression plus élevé, fonction de la nature du gaz et en particulier de sa teneur en hydrogène. On adpote en général un taux de compression variant entre 5 et 10 kg/cm².

Accroître la dilution, sans modifier le taux de compression, interdit également non seulement l'allumage spontané, mais encore toute

piration (cas d'emploi d'un carburateur spécial à gaz).

Les transformations indispensables pour la marche au gaz.

Lorsqu'il s'agit, cas le plus général aujourd'hui, non de construire un moteur neuf, mais d'assurer le fonctionnement au gaz combus-

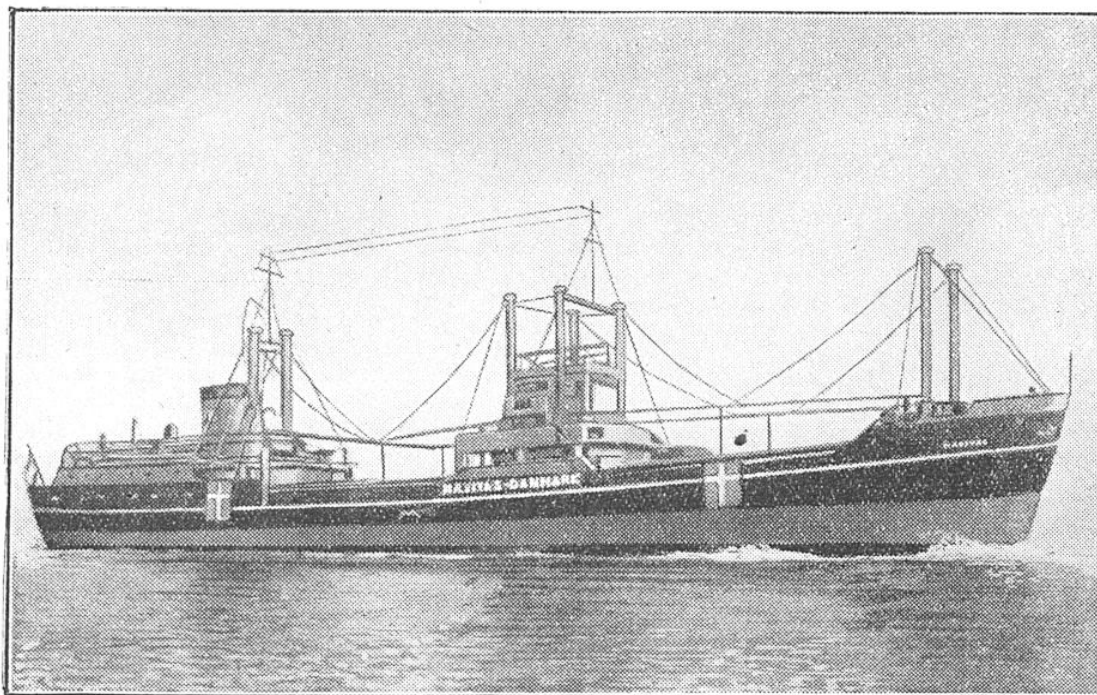


FIG. 3. — LE CARGO DANOIS « NAVITAS », PROPULSÉ PAR UN MOTEUR DIESEL FONCTIONNANT AU GAZ PAUVRE. Ce cargo, d'un port en lourd de 3 030 t, à deux cales, est propulsé par un moteur Diesel, Burmeister et Wain, transformé pour la marche au gaz de gazogène avec allumage électrique. Ce moteur à 6 cylindres développe, en service normal, une puissance de 950 ch à 140 tours/mn, la pression moyenne effective étant de 4,2 kg/cm². Son équipement comporte en outre deux moteurs auxiliaires Diesel, transformés comme le précédent, de 100 ch chacun, et un moteur Diesel transformé en un véritable Diesel à gaz, de 50 ch. Ce dernier peut fonctionner, le cas échéant, soit au gas-oil, soit aux huiles de goudron de houille, sous-produits du fonctionnement des gazogènes.

possibilité d'allumage par bougie électrique, si une quantité convenable d'huile combustible (fonction de la nature du gaz, des taux de compression et de dilution admis) n'est injectée à la fin du temps de compression. Dans les moteurs fonctionnant à leur taux normal de compression et avec une dilution comprise entre 1,4 et 1,8 (cas général), la dépense en gas-oil d'allumage oscille entre 10 et 20 % (maximum 25 %) de la quantité de combustible nécessaire au fonctionnement normal.

Dans ces conditions, il est aisé de passer du fonctionnement au gaz à la marche au gas-oil grâce à une simple modification du réglage des pompes à combustible, la canalisation de gaz demeurant alors obturée et le moteur aspirant directement à l'atmosphère, au besoin en ouvrant une « tape » sur la tuyauterie d'as-

gas-oil ou au fuel-oil; dans ce dernier cas, la magnéto ou le « Delco » peuvent être montés à la suite des pompes à combustible.

tible d'un Diesel normal, on se contente, les conditions actuelles ne permettant pas une transformation complète, d'adapter les organes du moteur à leur nouveau service. Ceci présente en outre l'avantage de rendre possible un retour simple et économique à l'alimentation au gas-oil.

Aussi, pour diminuer le taux de compression, se borne-t-on à réduire la cale de réglage de la longueur de la bielle (sans refaire celle-ci) ou, plus simplement encore, sans démonter le piston, d'augmenter l'épaisseur du joint entre la culasse et la chemise.

De même, pour retarder l'ouverture de la soupape d'aspiration, on se contente de réusinier son siège pour en accroître l'encastrement (de 1 à 2 mm).

Ainsi, la remise en place de l'ancienne cale de réglage de la longueur de la bielle ou la mise en place d'un nouveau joint entre culasse et chemise et un réusinage de la tête de la soupape permettent de revenir à la marche normale au gas-oil sans qu'il en résulte une mo-

dification sensible au cycle normal et une réduction appréciable de la puissance.

Si l'on envisage l'utilisation d'une bougie et si l'injecteur se trouve placé vers le centre de la culasse, on remplace celui-ci par une bougie présentant le même tracé extérieur d'emboîtement dans la culasse.

Enfin, si l'on installe un carburateur à gaz, on peut conserver la même tuyauterie d'aspiration (avec une légère diminution de section si possible) et la soupape correspondante (après réusinage de son siège comme on l'a vu plus haut).

Caractéristiques essentielles des gazogènes à utiliser

Différant dans leurs détails suivant le gaz utilisé, les gazogènes doivent cependant répondre aux conditions générales suivantes :

- Minimum d'encombrement compatible avec une fourniture suffisante de gaz pour éviter tout incident de fonctionnement du ou des moteurs alimentés;

- Automaticité et souplesse d'allure;

- Facilité d'entretien et de réparation (et de surveillance en marche).

En particulier, il est bon que la cuve inférieure du gazogène, où règne la température la plus élevée (celle du foyer) soit protégée contre la formation du mâchefer par un briquetage, ou mieux encore par une circulation d'eau de refroidissement dans une enveloppe.

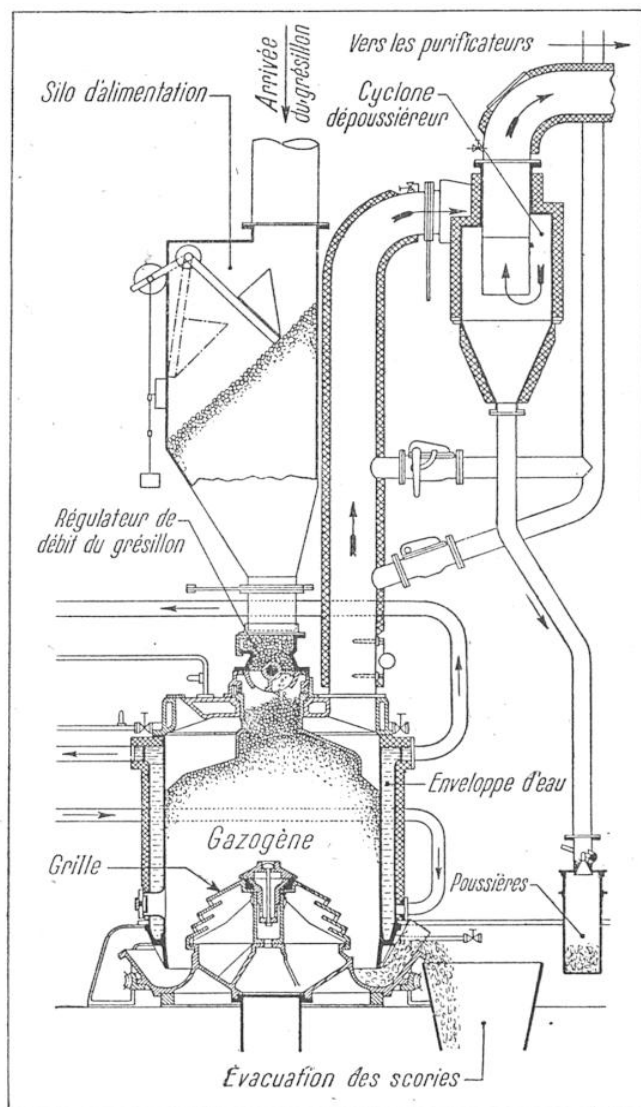


FIG. 4. — GAZOGÈNE A SILO BURMEISTER ET WAIN DU CARGO « NAVITAS »

Le cargo comporte deux gazogènes, chacun pouvant suffire à assurer le fonctionnement de l'installation de propulsion. On peut d'ailleurs les utiliser ensemble, pour la propulsion à grande puissance, en les couplant en parallèle. Deux petits gazogènes, pouvant alimenter seulement les moteurs auxiliaires, sont prévus en vue des escales. Les gazogènes principaux sont munis d'un silo à écluse d'alimentation à la partie supérieure et d'une grille rotative avec racloir de mâchefer à la partie inférieure. Ainsi le gaz fourni est-il toujours homogène, le chargement continu, de même que le nettoyage. Tout charbon, concassé en morceaux de dimensions appropriées, convient à ces gazogènes. Le foyer est entouré d'une enveloppe d'eau douce (fournie par un bouilleur placé sur l'échappement du moteur principal) empêchant les scories de s'incruster. La vapeur produite dans cette enveloppe est injectée dans le foyer pour améliorer la qualité du gaz produit et faciliter la granulation et par suite l'évacuation des scories.

et 6,5 kg/cm²; elle est donc très voisine de celle réalisée avec le moteur normal. La pression maximum est également sensiblement la même que dans le Diesel normal; il en est de

La vapeur formée à la partie supérieure de cette enveloppe d'eau peut être injectée dans l'air pénétrant dans le foyer en vue d'améliorer la quantité de gaz produit et, en même temps, de favoriser la granulation des scories et par suite leur évacuation. D'ailleurs, une partie de cette vapeur, passant dans un réchauffeur chauffé par les gaz d'échappement du moteur, peut servir, dans le cas de Diesel de propulsion de navires, au chauffage des locaux du bord.

Enfin, on peut prévoir l'alimentation du gazogène en air sous pression au moyen d'un ventilateur refoulant dans le foyer. Dans ce cas, la légère surpression produite dans la tuyauterie d'aspiration s'oppose dans une certaine mesure à un retour de flamme éventuel. Par contre, elle favorise les fuites de gaz dans la chambre des moteurs.

Résultats généraux obtenus

Dans les conditions que nous venons d'exposer, le fonctionnement du moteur est très régulier et très souple. La pression moyenne du cycle, plus faible dans le cas du moteur marchant suivant le cycle à explosions, un peu plus élevée lorsque l'on utilise du gasoil pour l'allumage, oscille entre 5,5

même de la température des gaz d'échappement, qui se trouve plutôt un peu plus élevée, le gaz brûlant en général moins rapidement que le gasoil.

La quantité totale de chaleur consommée par cheval-heure, y compris celle relative au gas-oil d'allumage, voisine de celle correspondant au moteur normal, est un peu supérieure, surtout avec un gaz pauvre. Elle paraît varier entre 2 200 et 2 400 cal/ch. Le rendement global (rapport entre la quantité de chaleur recueillie sous forme de travail et celle fournie par le ou les combustibles) est peu différent de celui du Diesel normal.

L'alimentation du moteur Diesel, maintenant et après la guerre

Le moteur Diesel, susceptible, d'une part, d'utiliser toute une gamme de combustibles extrêmement variés, tels que la houille finement pulvérisée, les produits du pétrole, les huiles de goudron de houille et les huiles végétales, et possédant, d'autre part, des qualités précieuses, telles que : rendement global élevé, très supérieur à celui de tous les autres appareils moteurs, une grande simplicité, une grande robustesse, une grande souplesse de fonctionnement, une surveillance en marche très aisée, nécessitant un personnel très réduit, était en 1939, en voie de conquérir la première place parmi les générateurs de force motrice. Mais la nouvelle guerre mondiale a provoqué une raréfaction croissante des produits du pétrole, des huiles de goudron de houille et des huiles végétales.

Aussi les constructeurs ont-ils cherché à alimenter les Diesel avec des combustibles provenant du sol de leur pays ou de ses colonies. Ces nouveaux combustibles sont ceux que l'on peut extraire :

Soit d'exploitations naturelles pétrolifères comme celles de la région de Saint-Gaudens; soit de la cokéfaction des charbons naturels (gaz de ville et gaz de fours à coke); soit du traitement des diverses catégories de charbons naturels dans les gazogènes et contenant principalement de l'oxyde de carbone, du méthane, de l'hydrogène (gaz combustibles), du gaz carbonique et de l'azote (gaz inertes).

Mais afin de ne pas risquer de tarir une de ces sources de combustibles gazeux, il fallait

procéder à une adaptation du Diesel lui permettant de consommer indifféremment l'une ou l'autre de ces catégories de gaz.

Le problème a été entièrement résolu d'une façon satisfaisante pour le moteur à quatre temps (1) qui, convenablement transformé et correctement équipé selon les principes exposés plus haut, muni au besoin d'un ou deux carburateurs, soit pour l'ensemble des cylindres, soit par cylindre ou par groupe de cylindres (selon l'alésage), s'accommode de toute une gamme de gaz combustibles depuis les gaz naturels (pouvoir calorifique voisin de celui des gas-oils ou des fuel-oils 10 500 cal/m³), jusqu'aux gaz de gazogènes les plus pauvres (1 100 cal/m³) en passant par les gaz de digestion des boues plus ou moins riches en méthane (5 500 cal/m³) et le gaz de ville (4 200 cal/m³).

Pour les moteurs de cylindrée modérée (moins de 30 litres), il semble que les préférences des constructeurs vont à la transformation de ces moteurs en vrais moteurs à gaz à explosions, le taux de compression ayant été réduit au préalable.

Mais c'est surtout après leur transformation en moteurs Diesel-gaz à combustion que les moteurs de grosse cylindrée sont utilisés, grâce à une injection de gas-oil d'allumage en quantité inférieure à celle nécessitée par la marche à vide du moteur normal. Nous avons vu d'ailleurs que cette transformation peut être effectuée tout en ménageant la possibilité de revenir, dans un temps relativement très court, à la marche normale.

Cette transformation des moteurs Diesel sera-t-elle maintenue après la guerre? A notre avis, il sera prudent de la maintenir, tant que l'approvisionnement du pays en produits dérivés du pétrole ou en huiles végétales ne pourra être assuré largement et régulièrement, car il sera indispensable de reconstituer les stocks, particulièrement pour les transports maritimes, fluviaux, ferroviaires et routiers. Une politique économique et agricole soutenue, à la fois métropolitaine et coloniale, en matière de plantes oléagineuses, sera nécessaire pour libérer le pays d'importations extrêmement onéreuses et lui assurer son entière liberté.

(1) Il est encore à l'étude pour les moteurs à deux temps.

Marcel GAUTIER.

Les mutations des espèces vivantes sont dues à des modifications de la structure physique ou chimique de la substance des chromosomes, supports matériels de l'hérédité (1). C'est ce qui nous permet aujourd'hui de provoquer certaines mutations artificiellement en agissant sur les gènes qui composent les chromosomes. Parmi les phénomènes utilisables à cet effet, en voici un nouveau. MM. Chevais et Manigault soumettent l'œuf de mouche « *Drosophila melanogaster* » pendant vingt-quatre heures à l'action d'un champ magnétique non uniforme (donc susceptible de provoquer des déplacements de particules para ou diamagnétiques), dont le gradient atteint plusieurs millions d'unités C.G.S. On observe des mutations visibles portant sur les ailes, ainsi que des mutations léthales (2); elles sont bien dues à l'action du champ magnétique, car aucune n'apparaît sur les cultures témoins.

(1) Voir : « L'avenir de la biologie humaine » (*Science et Vie*, no 313, septembre 1943).

(2) C'est-à-dire entraînant la mort du sujet.

L'ÉNIGME DU THYMUS EST-ELLE RÉSOLUE ?

par Jean HÉRIBERT

Le corps humain comprend un certain nombre d'organes auxquels correspondent des fonctions plus ou moins complexes. La connaissance approfondie de celles-ci est nécessaire à la médecine pour combattre en tout état de cause les affections qui peuvent troubler le bon fonctionnement des organes. Aujourd'hui nos progrès dans ce domaine sont si étendus qu'il peut paraître surprenant que l'on n'ait à peu près rien su de précis jusqu'à ces dernières années sur le rôle physiologique d'une glande aussi volumineuse que le thymus. Des travaux tout récents ont mis en évidence une hormone thymique et montré la subordination de cette sécrétion à l'hypophyse, dont on sait le rôle directeur pour toute l'activité des glandes à sécrétion interne parmi lesquelles on peut maintenant classer définitivement le thymus.

LE thymus est un organe transitoire dont la durée est excessivement variable et qui présente des différences considérables d'un individu à l'autre (1).

Chez un enfant en bas âge, il se présente comme un organe mou, de coloration gris-rosé, situé dans la partie antéro-supérieure de la cavité thoracique, en avant de la trachée et du péricarde (fig. 1). Il se compose de deux lobes allongés, dont le gauche est un peu plus volumineux que le droit. Son extrémité supérieure touche au corps thyroïde et correspond donc à la base du cou. Son extrémité inférieure descend à la hauteur de la quatrième ou de la cinquième côte.

D'une manière générale, son poids et son volume augmentent jusqu'à trois ou quatre ans, puis diminuent lentement jusqu'aux environs de la vingt-cinquième année. A ce moment, il ne subsiste plus qu'un corps adipeux de forme et de dimensions trop variables pour être précisées.

Les chiffres indiqués par les différents auteurs pour le poids du thymus d'un nouveau-né diffèrent considérablement : 2-3 gram-

mes selon certains, 5 grammes, 10 grammes, 13 grammes selon d'autres. Ces différences — qui donnent une idée de l'étendue de nos connaissances sur cette glande — semblent dues à la déshydratation et au ratatinement que subit souvent le thymus en cas de maladie : on a rarement l'occasion d'autopsier des sujets sains.

Le tissu du thymus est lympho-épithélial. On y distingue une partie corticale foncée et une

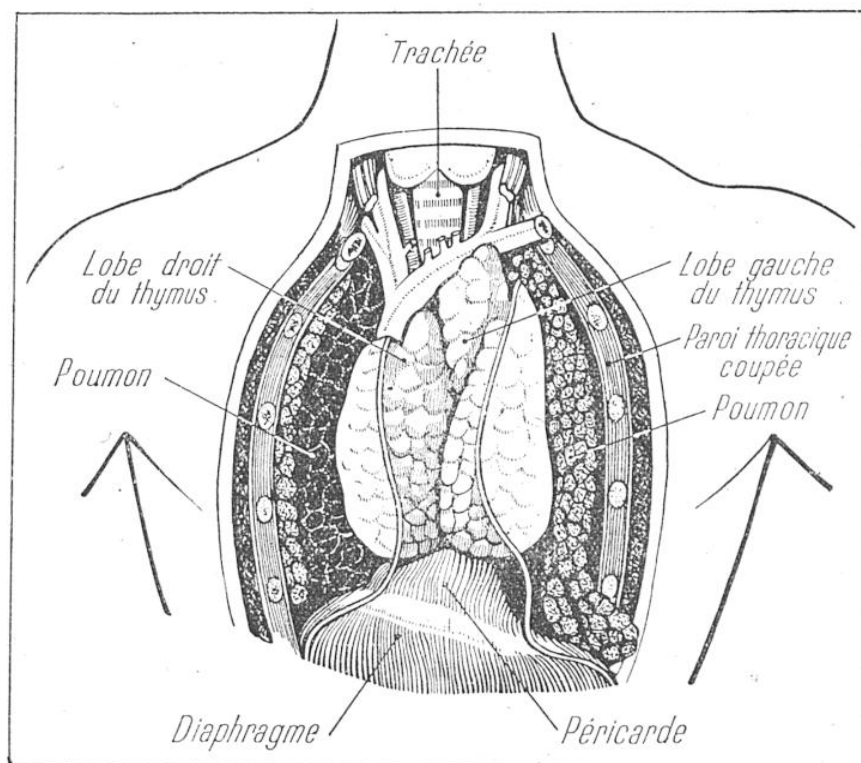


FIG. 1. — LE THYMUS EN PLACE ENTRE LES POUMONS (ÉCARTÉS) ET SOUS LE STERNUM (ENLEVÉ) (D'APRÈS TESTUT)

(1) Cette même glande porte chez le veau le nom de ris.

partie médullaire plus claire. La majeure partie de la glande est constituée par des lymphocytes (variété de globules blancs qui se trouve dans la lymphe). Dans la substance médullaire, les « corpuscules de Hassal » sont des amas de cellules aplatis disposées concentriquement.

La fonction du thymus était pratiquement inconnue jusqu'à ces derniers temps. On n'était d'accord que sur un point : l'importance de son rôle dans la croissance, mise en lumière par l'étude clinique de l'hypertrophie du thymus. Celle-ci peut rester latente ou se manifester par certains signes respiratoires (dys-

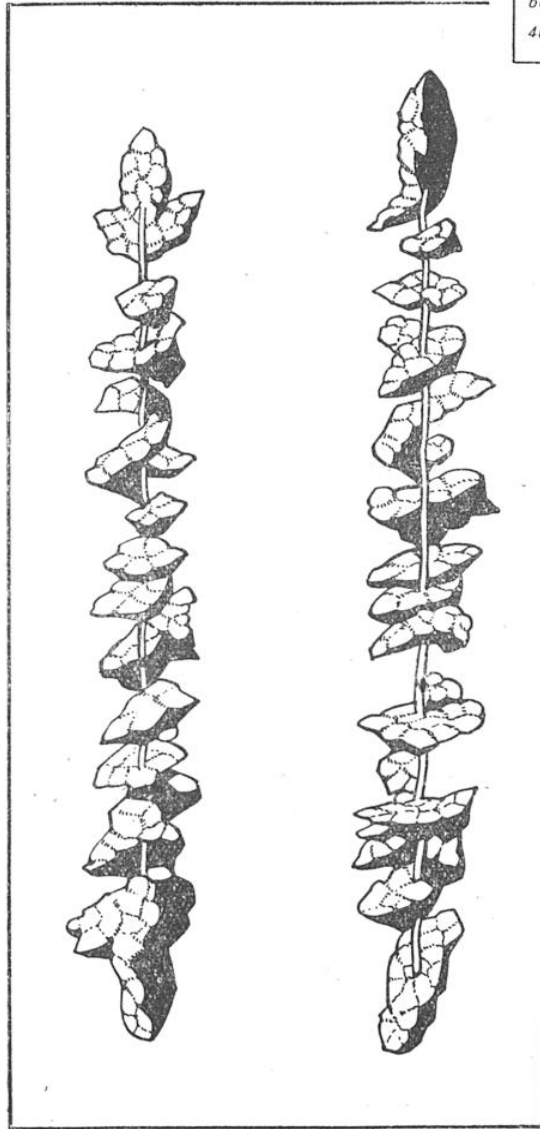


FIG. 2. — THYMUS DE NOUVEAU-NÉ

Le thymus comprend deux lobes formés de petits lobules attachés en file le long d'un cordon longitudinal et normalement agglomérés les uns aux autres. Ils sont vus ici déroulés. (D'après Testut.)

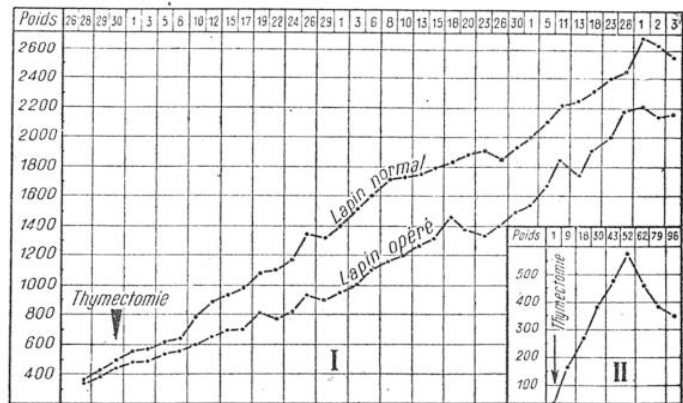


FIG. 3. — LE RÔLE DU THYMUS DANS LA CROISSANCE

On voit ici (graphique I) les courbes d'augmentation de poids de deux lapins, l'un normal, l'autre ayant subi l'ablation du thymus. On notera pour ce dernier un retard dans le développement, retard qui s'accroît jusqu'à vers le cinquantième jour, pour s'atténuer par la suite, ainsi que le montre (graphique II) la courbe des différences de poids constatées entre les deux animaux. (D'après Parisot et Richard.)

pnée, c'est-à-dire respiration difficile) et circulatoires (cyanose, c'est-à-dire coloration bleuâtre des téguments). Elle a fréquemment une issue fatale, qui peut être consécutive à une crise de *dyspnée paroxysmique*, mais survient le plus souvent de façon subite chez des sujets où la maladie était restée latente. Cette *mort thymique* a été observée depuis longtemps : chez certains enfants ou adultes de santé florissante qui succombent brusquement à un arrêt du cœur sans motif apparent, on n'avait relevé aucune autre anomalie qu'un développement exagéré du thymus. L'étude approfondie de ces cas avait montré que les sujets appartenaient en général à un type déterminé (constitution « thymico-lymphatique » de Paltauf) caractérisé par un teint pâle, un développement excessif des tissus adénoïdes (ganglions, amygdales), un retard du développement génital, une faiblesse cardio-vasculaire, une croissance excessive en longueur. Ce dernier signe, rapproché de l'évolution de la glande au cours de l'enfance et de l'adolescence, avait confirmé l'hypothèse d'une relation entre le thymus et la croissance. Mais la façon dont le thymus hypertrophié pouvait provoquer la mort subite restait douteuse, car la compression de la trachée rigide par un organe mou ne fournissait pas une explication entièrement satisfaisante.

Tel était *grosso modo* l'état de nos connaissances sur le thymus à la veille de la guerre. Bomskov explique aujourd'hui les anomalies du « tempérament thymique », notamment la mort subite, par la sécrétion d'une *hormone thymique* (1). Le thymus était depuis longtemps considéré comme glande endocrine, mais sa sécrétion n'avait jamais été mise en évidence. Selon Bomskov, l'action de la nouvelle hormone repose sur une mobilisation du sucre de l'organisme. La mobilisation excessive de ce sucre, causée par l'hypertrophie du thymus, deviendrait dangereuse lorsqu'elle atteint un degré où la réserve organique de glycogène est épuisée :

(1) *Chemiker Zeitung*, 1941, p. 75.

le glycogène musculaire serait alors attaqué et l'on s'expliquerait ainsi l'instabilité d'un état où le muscle cardiaque risque à tout moment de manquer de la substance qui lui communique son énergie. La moindre cause occasionnelle (narcoïse, contact électrique, indigestion) pourrait alors déclencher la *mort thymique* (la mort subite des sujets à thymus hypertrophié s'observe en effet souvent pendant une anesthésie).

Bomskov a de plus établi que l'activité du

thymus est dirigée par l'hypophyse, et a mis en évidence des antagonismes et synergies avec d'autres hormones (insuline, hormones cortico-surrénales, thyroïdienne, génitales). Cette observation lui a déjà permis d'obtenir des succès cliniques importants. Pour le moment, l'hormone n'a pas encore été identifiée chimiquement. Aussitôt que ce sera chose faite, il sera possible d'élucider son mode d'action de façon définitive et plus détaillée.

J. HÉRIBERT.

LES A CÔTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

Un grand requin comestible, le pèlerin

LES grands requins ont la réputation d'être tous des mangeurs d'hommes, ce qui, par une aversion bien naturelle, les fait écarter de notre table; or, des trente et quelques espèces de requins, de types d'ailleurs très divers et plutôt laids (poisson-scie, mar-teau, etc.) qui fréquentent presque toutes les mers du globe, il n'y en a guère que trois qui soient redoutables; ce sont : le grand requin blanc, surnommé le mangeur d'hommes (« *Carcharodon carcharias* »), qui atteint 10 mètres de longueur; le requin-tigre (« *Galeocerdo aduncus* ») et le grand requin bleu (« *Carcharias glaucus* ») qui dépassent rarement 7 à 8 mètres. Le surnom donné aux deux premiers est significatif, mais, si on connaît des exemples authentiques d'hommes vraiment attaqués par ces trois requins, aux Antilles, en Polynésie et dans les mers australiennes, le cas est plutôt rare.

Si tous les requins sont voraces, les deux plus grandes espèces, sont parfaitement inoffensives, car leur denture et des sortes de cibles analogues aux fanons des baleines leur interdisent d'avaler autre chose que de tout petits animaux : crustacés, mollusques et jeunes poissons. Ces deux colosses

sont le requin-baleine (« *Rhincodon typus* ») qui dépasse souvent 15 mètres de longueur, et le pèlerin (« *Cetorhinus maximus* » ou « *Selachius maximus* ») qui peut atteindre plus de 12 mètres et peser jusqu'à 8 tonnes (1). Tous deux sont assez indolents.

Le pèlerin est assez commun dans l'Atlantique septentrional. On en a toujours mangé, et assez souvent, dans nos ports de pêche. C'est lui qu'on a fait manger aux Parisiens, et très

(1) Le nom de pèlerin lui vient de ce que ses cinq ouvertures branchiales latérales, communes à tous les requins, et qui ne sont pas recouvertes d'un opercule comme chez les poissons supérieurs, sont très longues et séparées par des membranes qui forment des replis flottants se recouvrant comme les pèlerines du manteau de pluie que les bergers portaient autrefois. Dans son nom scientifique apparaît la racine latine *cet* qui évoque bien sa grande taille, car c'est le mot *kétos* qui figure dans la version grecque de la Bible à propos de l'aventure de Jonas. Cette racine grecque ou latine se retrouve dans de nombreux termes techniques usuels se rapportant, comme le mot *cétacé* lui-même, aux composés aliphatiques qu'on a extraits tout d'abord des *cétacés* ou qui en dérivent; tels sont : *cétane*, *cétène*, *spermacéti*, ou blanc de baleine, des sinus frontaux du cachalot, duquel Chevreul a extrait la *cétine*, ou *cétylate* de *cétyle*, aujourd'hui appelé *palmitate* de *cétyle*. Il en est de même du mot *cétogène* qui qualifie ceux des acides aminés des *protides* ingérés qui, par métabolisme, fournissent des matières grasses à l'organisme des animaux supérieurs.

probablement pour la première fois, en février dernier. Le pèlerin n'est d'ailleurs pas le seul requin comestible; outre ceux dont les ailerons, c'est-à-dire les nageoires, sont un mets recherché des Chinois — et leur cuisine est au moins aussi raffinée que la nôtre — on en pêche régulièrement sept ou huit espèces, sur nos côtes, au tramail, au chalut ou à la ligne de fond. Leur taille, assez petite, s'échelonne depuis celle de la petite roussette qui ne mesure que 40 à 60 centimètres et est assez appréciée dans les villes, jusqu'à celle de l'émissolle, qui peut atteindre 2 mètres, en passant par l'aiguillat, ou chien de mer, de 60 centimètres à un mètre. D'autres, plus grands, ne font pas l'objet d'une pêche régulière, mais sont pris fréquemment sur nos côtes; ce sont : le peau-bleu ou requin bleu, la taupe de mer, le requin bouclé et le renard de mer, celui-ci d'une longueur pouvant atteindre 5 mètres.

Ces requins, du groupe des *squales* ou « *pleurotrèmes* » (à orifices branchiaux latéraux), appartiennent à la famille des *Sélaciens*, comme les raies, ou « *hypotrèmes* » (aussi à cinq orifices branchiaux, mais placés sur la face ventrale). Comme les raies, ce sont des poissons inférieurs, d'une organisation assez primitive et dont les premières formes, très rudimentaires, apparaissent déjà dans le Silurien; mais

leur squelette intérieur étant très cartilagineux et non osseux, il ne s'est pas conservé et ils n'ont laissé comme fossiles que des dents, des piquants et des empreintes de peau chagrinée. Ils sont plus perfectionnés et plus nombreux dans le Carbonifère; dans le Tertiaire, on en trouve de bien plus grande taille que les plus grands requins actuels, mais leur forme et leur organisation sont à peu près les mêmes que celles des requins d'aujourd'hui. Leur corps est fusiforme; la bouche est transversale et ventrale comme chez les raies, et, comme elles, ils n'ont pas de vessie natatoire; les écailles de la peau sont du type placoides, c'est-à-dire des granulations, de petits tubercules, des boucles, dures, calcifiées, renfermant de l'émail ou de l'ivoire: ce sont les restes de l'exosquelette, véritable cuirasse, dont les tout premiers poissons étaient pourvus. Sauf les roussettes, les requins sont vivipares.

Le foie des squales représente une fraction énorme de leur poids, jusqu'à 30 %. Il renferme 75 à 90 % d'une huile qu'on extrait facilement en le traitant par la vapeur, l'eau salée bouillante et, si possible, ensuite, par la centrifugation; c'est le procédé Hignette, procédé très simple, applicable dans presque tous les ports de pêche; excellent aussi, car il fournit jusqu'à 95 % de l'huile contenue dans le foie. Cette huile, limpide, claire et peu acide est très spéciale; elle est bien connue depuis qu'elle a été étudiée par le Japonais Mitsumaro Tsujimoto.

L'huile de requin est l'huile de poisson par excellence en ce sens que presque tous les corps qui la composent renferment de nombreuses doubles liaisons dans leur chaîne moléculaire. ce qui

explique l'état liquide de l'huile, sa siccativité, sa facile altération par oxydation et son odeur particulière, celle de l'acide clupanodonique, isolé par Tsujimoto, composé à cinq doubles liaisons éthyléniques, abondant dans les Clupéidés (sardine, sprat, anchois, hareng) et dans l'huile de foie de morue.

Cette huile se prête donc bien à la saturation par hydrogénation catalytique si on veut la transformer en corps gras concrets et inodores. C'est même aux huiles dites de poisson, que fournissent en abondance presque tous les animaux marins, que la catalyse fut appliquée industriellement pour la première fois. On se proposait d'en faire des aliments pour l'homme, et rien ne s'y oppose, car les corps gras ainsi obtenus ne renferment que des traces infinitésimales et inoffensives du nickel employé comme catalyseur. On y a renoncé cependant et, jusqu'à présent, ils ont été surtout employés en savonnerie.

Le pèlerin adulte fournit jusqu'à 8 hectolitres d'huile de poisson; il représente donc, indirectement par son foie si on réussit à rendre son huile comestible, directement par sa chair, une source non négligeable de ce qui, actuellement, manque le plus à notre ration, savoir, les matières grasses et les protides. Au pis aller, son huile, après hydrogénation, peut servir à fabriquer du savon, qui nous manque aussi.

Roses et vitamines

LA plus riche source de vitamine C connue était jusqu'à présent le fruit de l'églantier qui en renfermait entre 0,5 et 2 mg. Il vient d'être détrôné par

le fruit d'une espèce particulière de rose blanche qui en contient entre 4 et 5 mg. Les opérations d'extraction portent sur la chair du fruit que l'on débarrasse de sa partie fibreuse et de ses graines avant de la soumettre à la dessiccation; 100 g de cette chair séchée fournissent en moyenne 5 g de vitamine C. M. Dimo Mileff, directeur de la Section de la chimie à l'Institut de recherches agronomiques bulgare, a signalé récemment qu'une variété locale de rose blanche, portant le nom de « Pulesta », donnant des inflorescences petites et d'apparence insignifiante, fournissait le rendement le plus élevé en fruits et par suite le plus intéressant en vitamine C. Elle est maintenant cultivée sur une grande échelle en Bulgarie. Un hectare planté en roses blanches fournit entre 700 et 800 kg de fruits dont la pulpe, extraite, séchée et moulue finement, donne entre 230 et 260 kg d'une farine brunâtre. Pour la consommation, cette farine est comprimée pour en faire des pastilles de 16 mm de diamètre et 6 mm de haut. Chaque pastille représente 20 mg de vitamine C.

L'industrie de la vitamine C a pris ainsi depuis plusieurs années une assez grande extension en Bulgarie, où la culture des roses est très développée et fournit une matière première abondante et, comme on vient de le voir, particulièrement riche. D'autres pays préfèrent faire appel aux procédés de la synthèse chimique. Tel est le cas des Etats-Unis où l'on estime que l'on fabrique par an entre 25 et 30 tonnes de vitamine B₁ et entre 80 et 100 tonnes de vitamine C.

V. RUBOR.

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

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

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.

Devenez DESSINATEUR et PEINTRE!



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

L'ÉCOLE INTERNATIONALE
PAR CORRESPONDANCE
DE DESSIN ET DE PEINTURE
SERVICE DM _____ PRINCIPAUTÉ DE MONACO



NUMÉROS DISPONIBLES

NOUS POUVONS FOURNIR A NOS LECTEURS
LES NUMEROS SUIVANTS :

20, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40,
41, 42, 43, 45, 53, 55, 57, 59, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71,
72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89,
90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 106, 108, 109, 110, 111,
112, 113, 116, 117, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 131, 133, 135, 136, 137, 149,
151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 164, 165, 166, 168, 169, 170, 171,
172, 174, 176, 177, 178, 179, 185, 193, 196, 197, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206,
207, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 218, 219, 220, 221, 222, 225, 226, 227, 234,
235, 237, 238, 239, 242, 249, 259, 262, 263, 264, 265, 268, 270, 271, 272, 273, 275, 276,
277, 278, 279, 280, 281, 283, 284, 285, 286, 289, 290, 291, 303, 306, 307, 308, 309, 310,
319, 320, 321, 322, 323, 324.

Sont également disponibles les numéros :

34, 44, 217, 223, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 244, 266.

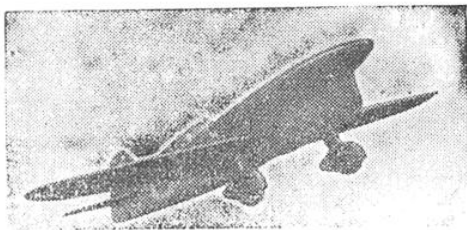
Envoyer exclusivement par chèque postal au C.C. Postal Toulouse 184.05 :

— 10 francs par exemplaire commandé pour les numéros ordinaires;

— 20 francs pour les numéros spéciaux : 280, 284.

Nous nous réservons le droit de rembourser les lecteurs dont les commandes ne pourront être assurées, par suite de l'épuisement du stock.

JEUNES GENS!



SAVEZ-VOUS que chaque avion moderne est une véritable centrale électrique ?
SAVEZ-VOUS que sa construction et son entretien exigent des milliers d'Electro-Techniciens qualifiés ?

FAITES VOTRE CARRIÈRE DANS L'AVIATION

Devenez rapidement CHEF ELECTRO-TECHNICIEN d'Aviation, en suivant par correspondance les cours de l'

ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE (Section Aviation)

51, Boulevard Magenta, PARIS (10^e)

Demandez la documentation gratuite.

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

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

Le "Verré" Galant

CAMUS
LA GRANDE MARQUE
COGNAC

Le Gérant : L. LESTANG.



ÉCOLE TECHNIQUE

DES

SCIENCES APPLIQUÉES

2, RUE DU SALÉ, 2
TOULOUSE

L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE PAR CORRESPONDANCE

PRÉPARATION AUX DIPLOMES D'ÉTAT

COMPTABILITÉ

AIDE-COMPTABLE
TENEUR DE LIVRES
COMPTABLE-AGRÉÉ
EXPERT-COMPTABLE

DESSIN

DESSINATEUR - CALQUEUR
DESSINATEUR INDUSTRIEL
DESSINATEUR D'ÉTUDES

ÉLECTRICITÉ-RADIO

MONTEUR-DÉPANNEUR
RADIO-TECHNICIEN
OPÉRATEUR DES P. T. T.
RADIOTÉLEGRAPHISTE
DES STATIONS MOBILES

ENSEIGNEMENT GÉNÉRAL

FRANÇAIS
MATHÉMATIQUES
CHIMIE - PHYSIQUE

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

BON 313

à joindre à toute demande de
renseignements gratuits.

SPÉCIFIER LA CARRIÈRE CHOISIE

Impr. 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, MINISTÈRES 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

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

ADRESSES DE REPLI

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

MÉTÉORE

Qualité d'abord

S'impose au monde entier

LA PLUME "VÆDIUM"
Même technique. Même usage.
Même garantie que la plume "OR"

DARGAUD S.A.

NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



NITROLAC

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

IMPR. RÉGIONALE 59 RUE BAYARD, TOULOUSE. N. O. 31 2658