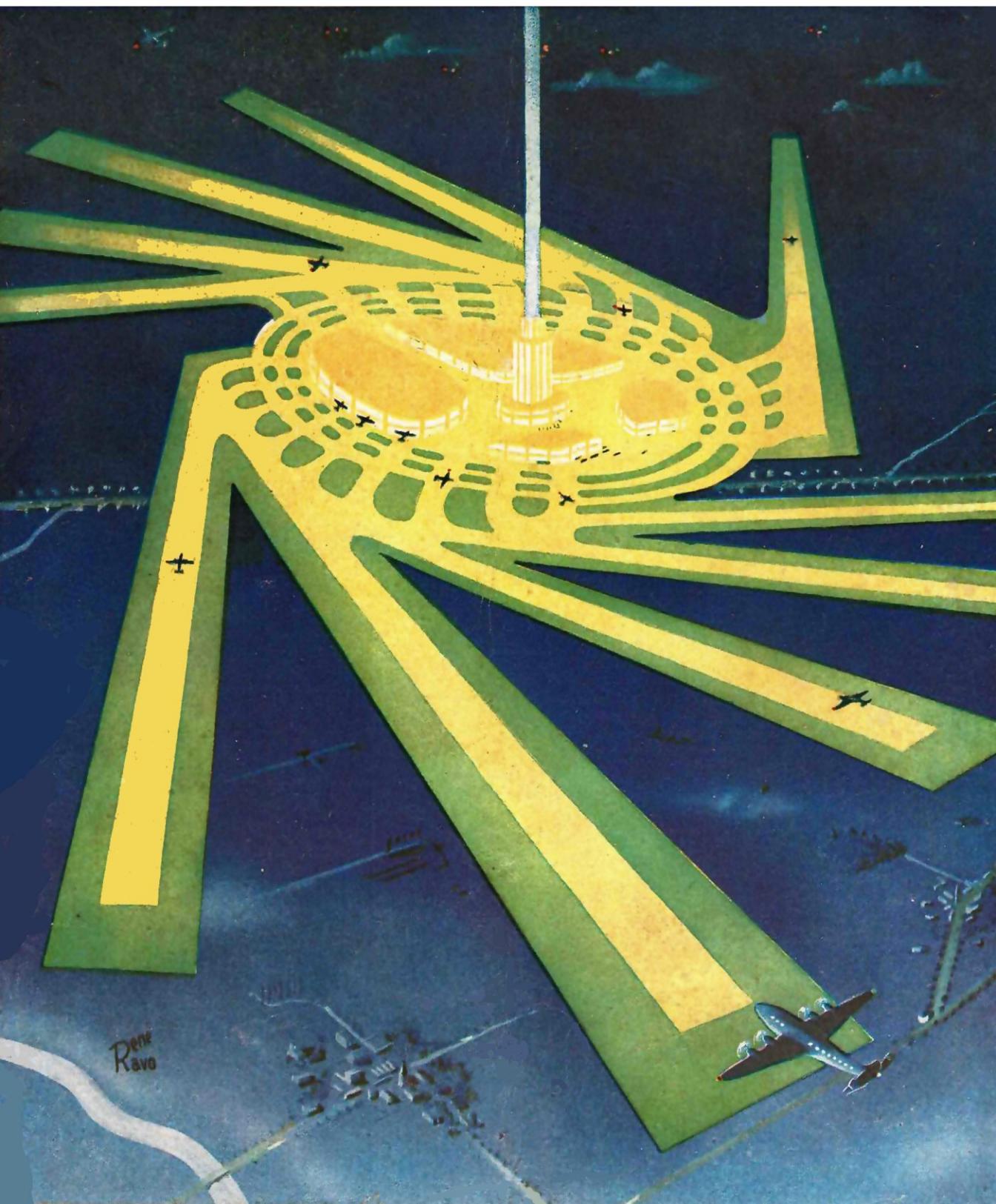


# SCIENCE ET VIE

MARS 1946

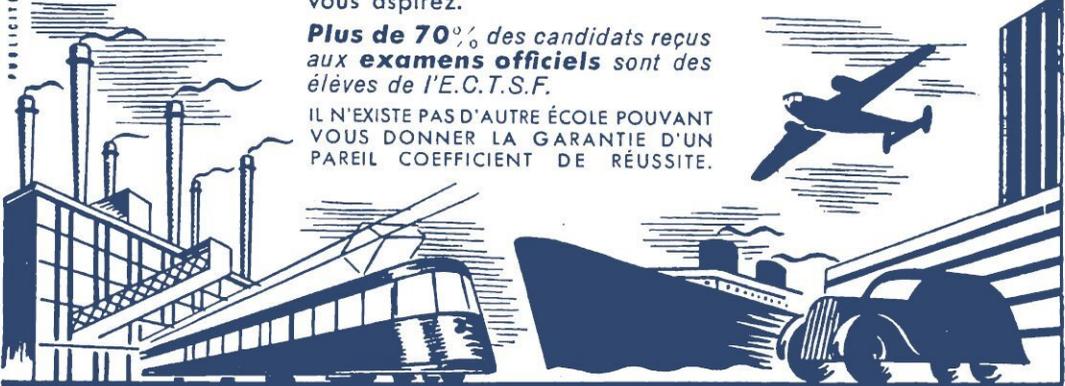
N° 342

20 FRANCS



# Des possibilités illimitées

PUBLICITÉS REUNIES



S'OFFRENT A VOUS, quelles que soient les situations civiles et militaires auxquelles vous aspirez.

**Plus de 70%** des candidats reçus aux **examens officiels** sont des élèves de l'E.C.T.S.F.

IL N'EXISTE PAS D'AUTRE ÉCOLE POUVANT VOUS DONNER LA GARANTIE D'UN PAREIL COEFFICIENT DE RÉUSSITE.



## ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

12, RUE DE LA LUNE - PARIS  
COURS DU JOUR, DU SOIR OU PAR CORRESPONDANCE

*Demandez le Guide des Carrières gratuit*

### 'LE DESSIN FACILE'

enseigne PAR CORRESPONDANCE  
tous les genres de dessin

*pour les adultes*

■ "LE DESSIN FACILE" — Croquis, paysage, portrait, nu académique, perspective, anatomie, caricature, etc. magnifiques planches photographiques inédites accompagnant les leçons.

■ "LA PEINTURE FACILE" — Mélanges et harmonies de couleurs. Technique de l'aquarelle, la gouache et la peinture à l'huile avec planches hors-texte

*pour les enfants*

"JE DESSINE" Ce petit cours amusant et instructif pour les enfants de 6 à 12 ans donne au petit élève le goût du dessin

■ Charmante carrière pour les femmes et jeunes filles le mode offre des débouchés lucratifs dans la figurine, le catalogue, la création de modèles, etc...

*dessin d'illustration*

■ Cours spécial préparant au métier très attrayant d'illustrateur de livre, revues, journaux, etc.

■ Affiche, catalogue, imprimé, annonces de journaux, tels sont les multiples débouchés offerts au dessinateur publicitaire.

*dessin animé*

■ Ce cours, le premier du genre en Europe, enseigne à fond le dessin animé de cinéma.

★ Tous ces cours sont conçus suivant les principes qui ont valu tant de succès à Marc SAUREL, le véritable créateur de l'enseignement du dessin par correspondance qu'il pratique depuis 24 ans. Les témoignages enthousiastes de ses élèves prouvent chaque jour leur efficacité.

Demandez la brochure de renseignements illustrée en indiquant le genre qui vous intéresse ; envoyez ou recopiez le bon ci-contre. Joindre 6 francs en timbres.

BON

SV-74

"LE DESSIN FACILE"  
11, RUE KEPPLER - PARIS - 16°

537

### LE DESSIN INDUSTRIEL MÉTIER D'AVENIR

Chez vous, à temps perdu, apprenez par correspondance le DESSIN INDUSTRIEL par les célèbres méthodes de l'École du " Dessin Facile ". Outre les principes du dessin industriel l'enseignement comporte les applications à la mécanique, architecture, topographie, chemin de fer, électricité, aviation, etc. Aucune connaissance scientifique n'est exigée, aucun talent n'est nécessaire pour tirer un profit complet du Cours de Dessin Industriel. Il ouvre l'accès aux bureaux d'étude de toutes les industries et permet d'obtenir des situations très intéressantes et bien payées.

Demandez la Notice-programme SV 75 (Section dessin industriel) 11 rue Képler, Paris-16° (Joindre 6 frs en timbres)

## 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 L. 93.760.** — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, etc.

**BROCHURE L. 93.761.** — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.

**BROCHURE L. 93.762.** — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.

**BROCHURE L. 93.763.** — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.

**BROCHURE L. 93.764.** — POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE : Administrations financières, P. T. T., Police, Ponts et Chaussées, Génie rural, etc...

**BROCHURE L. 93.765.** — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS, Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

**BROCHURE L. 93.766.** — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.

**BROCHURE L. 93.767.** — COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc... Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

**BROCHURE L. 93.768.** — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.

**BROCHURE L. 93.769.** — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc...

**BROCHURE L. 93.770.** — CARRIÈRES DE L'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.

**BROCHURE L. 93.771.** — CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.

**BROCHURE L. 93.772.** — CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE (Pont, Machines, Commissariat).

**BROCHURE L. 93.773.** — CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariats, bibliothèque, etc...).

**BROCHURE L. 93.774.** — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.

**BROCHURE L. 93.775.** — ARTS DU DES- SIN : Professorats, Métiers d'art, etc...

**BROCHURE L. 93.776.** — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc...

**BROCHURE L. 93.777.** — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.

**BROCHURE L. 93.778.** — CARRIÈRES DU CINÉMA.

**ÉCOLE UNIVERSELLE**

59, boulevard Exelmans, PARIS



CONTIENT

4 FOIS PLUS D'ENCRE

● Agrafe anti-ovol

● visibilité totale

● remplissage en 6 pressions

● aucun mécanisme intérieur

● écoulement régulier

capacité quadruplée

**E** prouvez  
la réelle supériorité  
technique du 303  
Breveté par les Établissements

**STYLOMINE**

Usines et Bureaux: 2, rue de Nice, Paris

## PARLER ANGLAIS RAPIDEMENT, FACILEMENT



H. G. WELLS  
AUTEUR DE LA « GUERRE DES  
MONDES », A ÉCRIT :

« Vous avez rendu possible, avec une dépense d'énergie assez réduite et sans professeur, à un élève attentif, de comprendre une langue étrangère lorsqu'on la parle et de la parler compréhensiblement. »

« Rien de semblable n'a jamais été possible auparavant. »

toujours prêt à répéter infatigablement, il vous sera facile de vous débrouiller en anglais en quelques semaines et de parler couramment en quelques mois.

Documentez-vous aujourd'hui même sur la méthode Linguaphone; une brochure a été créée spécialement pour tous ceux qui veulent comprendre et parler rapidement l'anglais, l'allemand, l'espagnol, le russe; demandez-la en retournant le bon ci-dessous (joindre 6 fr. en timbres pour frais d'envoi).

### ESSAI GRATUIT DE 8 JOURS

C'est aujourd'hui votre intérêt et votre devoir de parler anglais. Du reste, avant de vous inscrire, vous pouvez faire un essai gratuit chez vous.

Si vous habitez Paris, venez demander une démonstration, véritable première leçon gratuite. Vous pourrez emporter votre cours d'anglais, soit à l'essai pour huit jours sans aucun frais, soit à titre définitif.

Si vous n'habitez pas Paris ou s'il vous est difficile de vous déplacer, téléphonez à ELY. 30-74 ou retournez-nous le bon ci-contre.

## LINGUAPHONE INSTITUT DE LANGUES

12, rue Lincoln (Ch.-Élys), PARIS-8<sup>e</sup> C. B. 15

Monsieur le Directeur,

Veuillez m'envoyer gratuitement et sans engagement votre brochure de renseignements et les conditions d'essai.

NOM.....

ADRESSE.....

Écrivez-nous avec détails : langue qui vous intéresse, but poursuivi, nous répondrons à vos questions.

## LES INVENTIONS mathématiques LAFAY rendent tout calcul facile

Breveté S. G. D. G.  
Les plus hautes récompenses aux concours d'Inventions

En voie de développement, elles s'étendent déjà à de vastes domaines des mathématiques appliquées. Elles s'adressent à tous : Écoliers, Commerçants, Ingénieurs, etc... Aux examens comportant des calculs numériques, leur emploi augmente de beaucoup les chances de réussite. Contre 20 francs, intéressantes notices avec tables facilitant déjà bien des calculs.

Parmi ces inventions, les HÉLICES A CALCUL donnent des résultats instantanés, avec une précision bien supérieure à celle des meilleures règles à calcul. Nombreux modèles dont 3 pour calculs courants : N° 1. Modèle de poche, prix : 170 francs. N° 2. Très précis. Échelles log. de 2<sup>m</sup>,50 sur cylindre, 4 centimètres de diamètre, 20 centimètres de haut, prix : 310 francs. N° 2 bis. Mêmes dimensions et prix que le n° 2. Très lisible, convient aux débutants, sa prise de connaissance étant beaucoup plus facile que celle de la règle à calcul. Sa précision correspond à celle d'une règle de 1<sup>m</sup>,25.

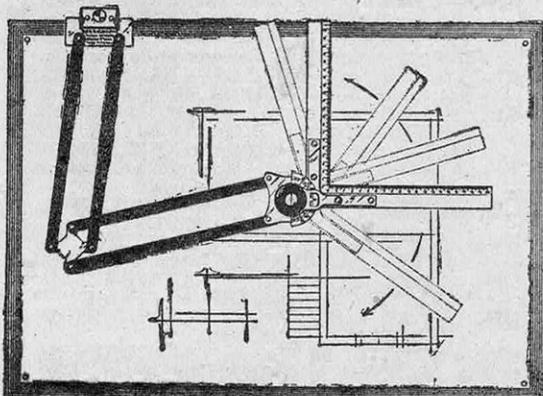
Les commandes, accompagnées de leur montant, plus 15 francs pour frais d'envoi, sont à adresser à :

**A. LAFAY**, mathématicien à Neuville-sur-Saône (Rhône) - C. C. Postal Lyon 73.10

Se recommander de « Science et Vie ».

NOM et ADRESSE très lisibles (en majuscules d'imprimerie).

## LE DESSIGRAPHE



### APPAREIL D'ÉTUDE POUR LE DESSIN

Simple - Pratique - Bon marché

Supprime l'emploi du té, règles, équerres, aux : dessinateurs, architectes, ingénieurs, étudiants, élèves des écoles et toutes personnes qui dessinent

En vente dans toutes les maisons spécialisées : Instruments pour le dessin, librairies, papeteries, etc.

Fabrication et vente exclusivement aux revendeurs  
**Éts TECHNOS, 33, faub. Montmartre, Paris-9<sup>e</sup>**

PUB

HUET  
PARIS

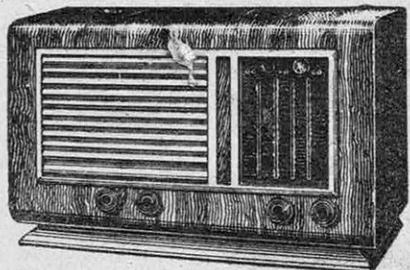
PUB



Voir plus loin...  
 Voir plus net...  
 Jumelles HUET!

**SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'OPTIQUE**  
 76, BOULEVARD DE LA VILLETTE, PARIS

**SOUS 48 HEURES**  
 VOUS RECEVREZ VOTRE COMMANDE



**TRÈS BEAU RÉCEPTEUR 6 LAMPES**  
 muni des tout derniers perfectionnements : 3 gammes  
 d'ondes OC-PO-GO, prises PU et HP supplémentaire,  
 antifading poussé, musicalité incomparable, très beau  
 cadran en noms de stations, HP de 21 cm, volume-  
 contrôle de tonalité, ébénisterie luxueuse. Deux modèles  
 au même prix : courants alternatifs  
 ou tous courants.

PRIX (bien spécifier modèle choisi)...

**8.250**

Port et emballage : 280 francs

**CET APPAREIL EST GARANTI SUR FACTURE**

**CONTRE 9 FRs EN TIMBRES**

vous recevrez la liste complète de notre matériel  
 disponible : PIÈCES DÉTACHÉES (HP, C.V,  
 cadrans, etc.) APPAREILS DE MESURE des meil-  
 leurs marques : lampemètres, hétérodynes, oscillo-  
 graphes, contrôleurs, multimètres, etc.

**ETS CIRQUE-RADIO**  
 24, boulevard des Filles-du-Calvaire

PARIS (XI<sup>e</sup>)  
 C. C. P. PARIS 44566.

## La Main qui Peut Écrire Peut Aussi Dessiner



La méthode A.B.C.  
 forme d'habiles  
 croquistes...

Il suffit de savoir écrire, car  
 l'écriture, c'est déjà du dessin  
 et, par la curieuse méthode  
 créée par l'École A. B. C., on  
 se sert justement de l'habileté  
 graphique que vous avez  
 acquise en apprenant à écrire  
 pour vous enseigner le dessin.

Dès la première leçon, cette  
 méthode permet aux élèves  
 de réaliser des croquis rapides,  
 d'après nature, vivants et  
 expressifs, et, peu à peu,  
 guidés par leurs professeurs  
 individuels, de prendre conscience de leurs  
 capacités, d'aborder des études plus poussées  
 et d'acquérir les techniques de véritables pro-  
 fessionnels.

En dehors de l'enseignement général du dessin,  
 l'École A. B. C. permet à chaque élève, selon son  
 goût et selon le but qu'il poursuit, de se spécialiser  
 dans l'illustration, le dessin humoristique, la décora-  
 tion, la mode, le paysage, le dessin de publicité,  
 etc., et ceci sans aucun supplément de prix.

*Note importante.* — Sachez qu'il existe, en dehors de  
 l'enseignement pour les grandes personnes, un cours  
 spécialement créé pour les enfants de huit à treize ans.  
 En demandant la brochure de ren-  
 seignements, veuillez préciser si c'est  
 le Cours d'Adultes ou le Cours  
 pour Enfants qui vous inté-  
 resse.

Les brochures de renseignements  
 contiennent de nombreux croquis et  
 dessins faits par les élèves, montrent  
 les résultats qu'ils obtiennent, donnent  
 le programme des Cours et les condi-  
 tions d'inscription.

Demandez l'album qui vous inté-  
 resse, il vous est offert gracieusement  
 (joindre 6 francs pour frais d'en-  
 voi).



...et fait aussi de ses  
 élèves de véritables  
 professionnels.

**ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN**

12, r. Lincoln (Ch.-Élys.), PARIS-8<sup>e</sup>, Service C.B. 41

Veuillez m'envoyer, sans engagement, votre album illustré  
 donnant tous renseignements.

Cours pour Adultes.

Cours spécial pour Enfants.

(Rayez les mentions inutiles.)

NOM .....

ADRESSE .....

Joignez lettre avec détails, nous répondrons à vos questions.

# Jeunes gens!

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



## RADIOELECTRICITE

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



## DESSIN INDUSTRIEL

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



## AVIATION

Le développement formidable que prendra l'Aviation demain offrira de nombreuses et excellentes situations à un personnel spécialisé.

L'Aviation vous attire ? Alors devenez à votre choix Electro-Mécaniciens ou pilotes.

## TRAVAUX PRATIQUES

Avec le matériel que l'École mettra GRATUITEMENT entre vos mains et quelle que soit votre résidence, vous deviendrez un **TECHNICIEN VRAIMENT COMPLET**

Notre documentation illustrée vous sera adressée GRATUITEMENT sur simple demande. (Bien spécifier la branche choisie.)

**ECOLE PROFESSIONNELLE SUPERIEURE**  
51, BOULEVARD MAGENTA - PARIS (X<sup>e</sup>)

PUBL. BONNANGE

CH. LEMONNIER,

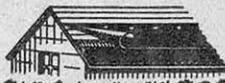
95

○

# Contre la pluie et l'humidité...

## ASFEUTROÏD

PROTÈGE EFFICACEMENT  
et POUR LONGTEMPS  
C'est la couverture  
ou le revêtement  
le plus ÉCONOMIQUE  
En vente chez votre marchand de  
matériaux et chez votre Quincaillier.



# L'ASFEUTROÏD

le feutre asphalté solide

USINE A  
MONTSOULT

216, RUE LECOURBE. PARIS 15<sup>e</sup>

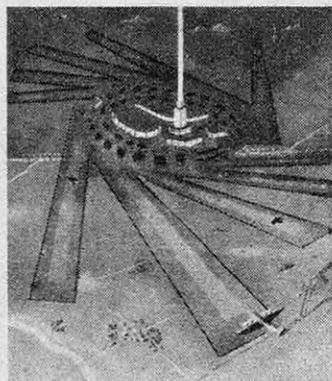
# SCIENCE ET VIE

Tome LXIX - N° 342

Mars 1946

## SOMMAIRE

- ★ Aéroports intercontinentaux : Idlewild, Heathrow, Orly, par Charles Brachet..... 99
- ★ Les applications nouvelles de la turbine à gaz, par Camille Rougeron ..... 108
- ★ Le typhus exanthématique, par L.-C. Brumpt..... 118
- ★ Peut-on maintenir la fertilité des terres sans engrais chimiques ? par H. Maïs ..... 125
- ★ Les verres de contact, par R.-A. Dudragne..... 131
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor ..... 140

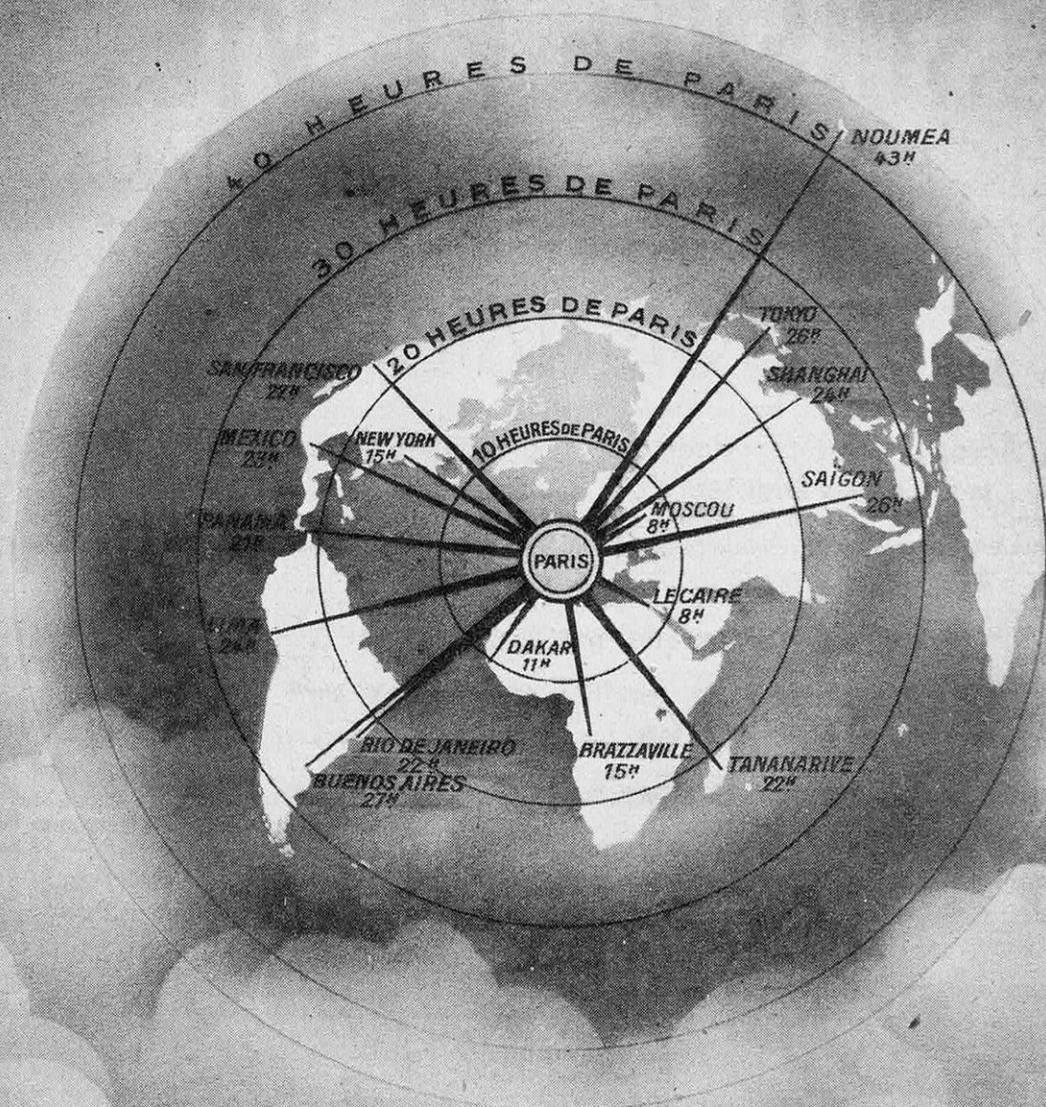


Une énorme extension du trafic aérien est à envisager au cours des toutes prochaines années, et il apparaît de première urgence de rénover l'infrastructure française par la création, en particulier, d'aérodromes vraiment modernes, capables d'accueillir les avions les plus lourds — ne parle-t-on pas d'un hexamoteur de 160 t ? — et d'assurer leurs arrivées et leurs départs à une cadence accélérée. L'aérodrome d'Orly va devenir sans doute le principal aéroport international de France et un des plus grands du monde, avec ses dix pistes dont certaines atteindront 3 500 m, groupées tangentiellement à une piste ovale de circulation, suivant la disposition la plus rationnelle pour son exploitation. Avec sa vaste aérogare, au centre même du terrain, reliée par autoroute à la capitale, sa tour-phare de 250 m de haut, ses multiples installations de radiobalises et d'atterrissage sans visibilité, Orly, que représente la couverture de ce numéro, sera un des aéroports les mieux équipés du monde. (Voir l'article sur les Aéroports, p. 99 de ce numéro.)

« Science et Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la Vie moderne. Administration, Rédaction : 5, rue de La Baume, Paris (VIII<sup>e</sup>). Téléphone : Élysées 26-89 ; Publicité : 24, rue Chauchat Paris (IX<sup>e</sup>). Téléphone : Provence 70-54. Chèque postal : 91-07 Paris. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « Science et Vie », Mars mil neuf cent quarante-six. Registre du Commerce : Toulouse 3235 B.

**ABONNEMENTS.** — Affranchissement simple : France et Colonies, 200 francs ; Étranger, 350 francs. Seuls, les règlements par chèques postaux (mandats roses ou virements) sont acceptés. Compte de chèques postaux : PARIS 91-07.

Tout changement d'adresse doit être accompagné de 5 francs en timbres et de la dernière bande d'envoi. La table générale des matières des vingt premières années (n° 1 à 186) est envoyée franco contre 25 francs.



### PARIS, CENTRE NATUREL DES TERRES ÉMERGÉES

Mieux que New York et autant que Londres, Paris est prédestiné, par la nature, à représenter le carrefour aérien du monde : il est au voisinage du « centre de gravité » des terres émergées que les géographes situent dans l'île de Noirmoutier. On a figuré ici les itinéraires principaux que l'on a supposés sans escales suivant les plus courts chemins (orthodromies), à raison de 400 km/h, vitesse moyenne probable dans les années à venir.

# AÉROPORTS INTERCONTINENTAUX: IDLEWILD, HEATHROW, ORLY

par Charles BRACHET

*Dans la création d'un service aérien régulier, surtout à grande distance, le matériel volant joue évidemment un rôle capital. Celui de l'infrastructure n'est cependant pas moindre. Peut-on concevoir un service commercial régulier sans météorologie, sans balisage des parcours, sans radioguidage, sans dispositifs d'atterrissage sans visibilité? Peut-on le concevoir sans une organisation à la fois minutieuse et grandiose des aéroports, où doivent être réunies les installations techniques pour le décollage et l'envol à une cadence accélérée, par tous les temps et par tous les vents, l'entretien et la réparation des appareils, l'embarquement et le débarquement commodes des passagers et du fret, les multiples bâtiments des services commerciaux, et qui doivent enfin permettre des liaisons directes et rapides avec les centres urbains proches? On ne saurait voir trop grand dans ce domaine. Ne sommes-nous pas au début de l'ère des transports aériens dont nous pouvons seulement pressentir l'essor de demain? Le nouvel aéroport d'Idlewild, proche de New York, actuellement en construction et qui sera réservé aux liaisons lointaines, américaines ou internationales (les parcours inférieurs à 1 600 km s'effectueront au départ de l'aérodrome municipal La Guardia, où l'on prévoit 400 départs par jour), est prévu pour recevoir quotidiennement 30 000 passagers, pour toutes les directions, dès 1950. En France, si remarquablement située, de par sa position géographique, pour les liaisons lointaines, les projets actuellement en discussion prévoient la construction proche de Paris d'un aéroport géant dont les installations techniques ne le doivent céder en rien aux plus perfectionnées en cours de réalisation à l'étranger.*

**L**E plus grand aéroport civil du monde est en construction à Idlewild, dans la banlieue de New York avoisinant l'Atlantique par la baie de la Jamaïque, au sud-est de la Cité. Un crédit de 71 millions de dollars est affecté aux travaux qui ont nécessité l'expropriation de 1 100 bâtiments et de 1 100 ha de terrains marécageux, sur lesquels des suceuses hydrauliques ont déversé 40 millions de mètres cubes de sable, directement pris dans la baie. Ainsi remblayé, le terrain se trouve prêt à recevoir des pistes en béton armé de 45 cm d'épaisseur, larges de 60 m avec, de part et d'autre, une bordure payée de 15 m. Capables de recevoir par conséquent les plus lourds appareils actuels (150 t), ces chaussées rectilignes se développent sur des longueurs variant de 1 800 m à 3 km.

Le terrassement, le nivellement, le drainage, le gazonnement, les dispositifs d'éclairage, les pistes en question, les routes d'accès, enfin, tant extérieures qu'intérieures, ont presque déjà absorbé la moitié des crédits, l'autre moitié étant réservée aux bâtiments de l'aérogare proprement dite.

Le plan est grandiose. Son promoteur, M. F. H. La Guardia, précise bien qu'il n'est pas conçu pour satisfaire aux besoins actuels de l'aviation civile new-yorkaise, mais à ses besoins

futurs, ne redoutant qu'une chose, que ceux-ci ne grandissent plus vite que l'aéroport lui-même dont l'achèvement demandera plusieurs années. F. H. La Guardia considèrerait l'an dernier que, sitôt la guerre terminée, les « mouvements » — envols et atterrissages — de l'aéroport new-yorkais s'élèveraient quotidiennement à neuf cents, cette capacité devant progresser dans les années 1948, 1950, 1952 et 1955 comme les nombres : 84, 149, 208, 251 et 313. Ces nombres sont ceux que prévoient les statisticiens pour les mouvements afférents, dans chacune de ces années, au débit horaire maximum (heure de pointe), la pointe étant, d'ailleurs, plus accentuée pour les départs que pour les arrivées. C'est ainsi que, si, en 1946, les arrivées peuvent atteindre la fréquence horaire maximum de 41, les départs doivent être prévus à la fréquence correspondante de 43. En 1948, le décalage s'élèverait, d'après les statistiques, de 71, chiffre actuel, à 78 ; en 1950, de 98 à 110 ; en 1952, de 115 à 136 et, en 1955, de 136 à 177. Telles sont les cadences prévues au pays des statistiques les mieux faites, pour le rythme de cet organe vital d'une capitale moderne : son aéroport. Aucune grande ville n'y saurait être désormais moins attentive que, par exemple, Marseille ou Liverpool ne peuvent se désintéresser de leurs mouvements portuaires maritimes.

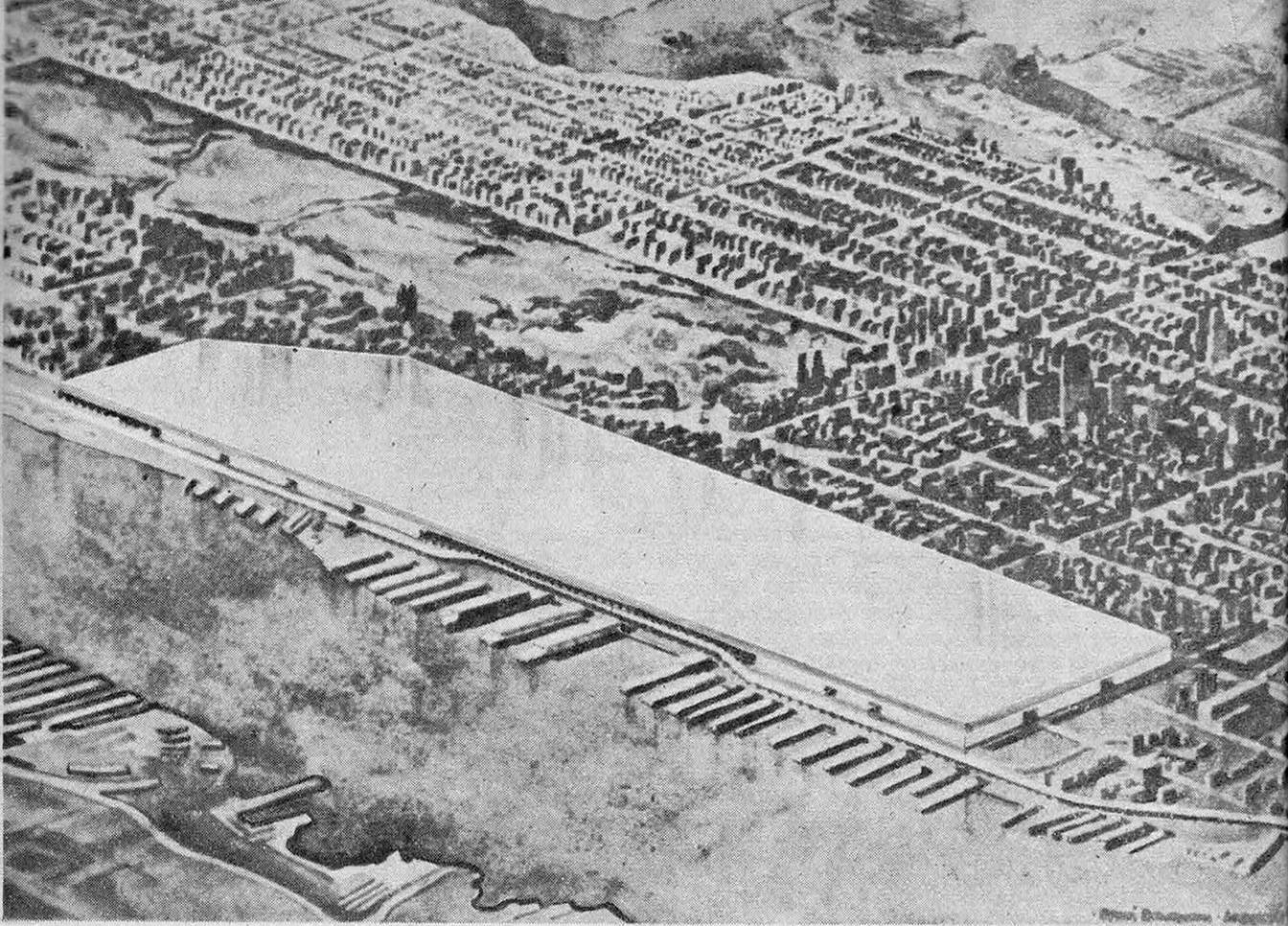


FIG. 1 — UN PROJET GRANDIOSE, ET SANS DOUTE UTOPIQUE, D'AÉROPORT CENTRAL A NEW YORK

Cet aérodrome de 3 600 m de longueur sur 480 m de large recouvrirait des immeubles de dix étages sur la bordure ouest de l'île de Manhattan. Ces immeubles ne serviraient évidemment pas de locaux d'habitation, mais seraient affectés à diverses industries. La réalisation de ce projet exigerait quelque 3 milliards de dollars.

Ici, l'analogie n'est plus de mise, en effet, avec les mouvements ferroviaires, les seuls que les grandes villes continentales aient eu à considérer jusqu'ici. Le chemin de fer trouve toujours à insérer des lignes supplémentaires, en cas d'accroissement du trafic. Mieux : un métro souterrain fait bourgeonner à ses terminus des agglomérations parasites bienfaisantes qui décongestionnent le centre embouteillé.

Le trafic maritime, toujours préfiguré par une rade ou un estuaire naturels, exige déjà que la communauté veille à sa sauvegarde : le temps fut vite passé où, à Amsterdam, Nantes, Bordeaux, comme jadis à Venise, les hôtels des armateurs et les boutiques marchandes ouvraient sur les quais. Ceux-ci sont depuis longtemps réservés aux docks et aux appareils de levage. Mais, tridimensionnel, le mouvement aérien, le plus « naturellement libre » qui soit, est tenu de prévoir encore plus loin le développement d'un trafic qui ne peut éprouver d'entraves matérielles qu'à ses contacts avec le sol. Le champ de ces contacts doit être largement évalué.

Le risque d'être pris au dépourvu en tant que port aérien était donc assez grand pour New York, la ville aux gratte-ciel, ces poteaux déjà encombrés pour l'avion pris dans la brume, fût-il muni de radar. On le vit bien tout récemment lorsque un quadrimoteur vint s'écraser contre le 73<sup>e</sup> étage de l'Empire State Building. A tel point que, l'imagination architecturale

aidant — au moins sur le papier qui, lui, ne résiste jamais aux projets les plus grandioses — certains devis d'aérogares avaient pris comme thème une immense plate-forme cimentée dressée au niveau des toitures. Les édiles de New York ont naturellement choisi d'autres solutions, plus réalistes, à commencer par les plus classiques : l'agrandissement de l'aéroport existant sous le nom de l'infatigable parrain La Guardia et déjà l'un des plus grands du monde.

### L'aéroport « parallèle » de La Guardia L'aéroport tangentiel d'Idlewild

L'agrandissement projeté pour l'aéroport de La Guardia développera son architecture déjà établie en empiétant sur les eaux de l'East River, en amont du chenal qui relie l'Atlantique et le détroit de Long Island. Situé l'un au nord-ouest, l'autre au sud-est de la même presqu'île, l'aéroport La Guardia et celui d'Idlewild seront d'ailleurs reliés par la même autoroute (*express way*) complétant le réseau d'avenues déjà aménagé dans la presqu'île.

Comportant trois pistes montantes et trois descendantes, cette autoroute, connectée aux voies existantes, assure le débouché des deux aéroports vers Manhattan et le centre de la ville par les deux grands ponts de Triborough et de Bronx Whitestone. En vingt-cinq minutes, le voyageur aérien partant pourra rejoindre Idle-

wild ou plus rapidement encore La Guardia, à partir du cœur de la Cité (gare centrale) soit en voiture, soit en autobus, soit par automotrices spéciales, en empruntant le Queen's Boulevard et la Van Wyck Express Way. Les voies d'approche sont considérées avec raison comme tellement essentielles au trafic aérien que les crédits affectés à leur construction totalisent 13 millions de dollars. L'Amérique a compris, dans ce cas précis, la leçon venue de France où l'on mettait plus de temps, en 1939, pour se rendre de l'Opéra au Bourget que pour effectuer le voyage aérien consécutif du Bourget à Bruxelles.

L'agrandissement de l'ancien aéroport et la construction du nouveau ont conduit les ingénieurs américains à confronter, d'une manière probablement définitive, les deux principes qui, jusqu'ici, s'opposaient dans la construction des aéroports. Faut-il établir les pistes d'envol et d'atterrissage suivant des directions parallèles, face au vent dominant, ou les établir tangentiellement à un terrain central circulaire ou elliptique, comprenant les bâtiments de l'aérogare proprement dite ?

Débordant au nord le rivage marin en un polygone nécessairement irrégulier, l'aéroport La Guardia figure une solution empirique : deux pistes principales y forment un angle qui utilise heureusement le dessin naturel de la côte en forme de cap (voir fig. 5). Il n'y avait guère d'autre solution. Quatre pistes secondaires coupent les précédentes. Et cela fournit une

assez grande variété des atterrissages qui doivent être combinés en fonction de la direction du vent et de l'encombrement du terrain. Les hangars et les bâtiments de service sont disposés sur une ligne qui épouse strictement la forme du rivage, dont ils sont néanmoins séparés par une large « piste-canal » formant le plan d'eau destiné à la réception ou à l'envol des hydravions-clippers. Bien que l'usage intercontinental de ces appareils semble à certains techniciens périmé, il persistera certainement, en Amérique et ailleurs, au titre de ce qu'on pourrait appeler « le cabotage aérien » partout où il y a de petites îles à desservir ou des pays tropicaux de population clairsemée avec des plans d'eau naturels formant autant d'aérodromes de fortune : c'est particulièrement le cas de l'Amérique centrale et méridionale.

Pour ce qui est des pistes terrestres, leur entrecroisement polygonal comporte les mêmes inconvénients de circulation que celui des rues et boulevards urbains dont l'embouteillage a mis en évidence la nécessité d'une circulation giratoire aujourd'hui réglementée par le « sens unique » dans tous les pays.

La conception de l'aérodrome « tangentiel » n'est que l'extrapolation de cette méthode aux arrivées et aux départs aériens sur un terrain limité.

Les trajectoires de départ ou d'arrivée d'un avion sont déjà, par nécessité définitive, tangentes au sol. Leurs parcours sur ce plan, qui

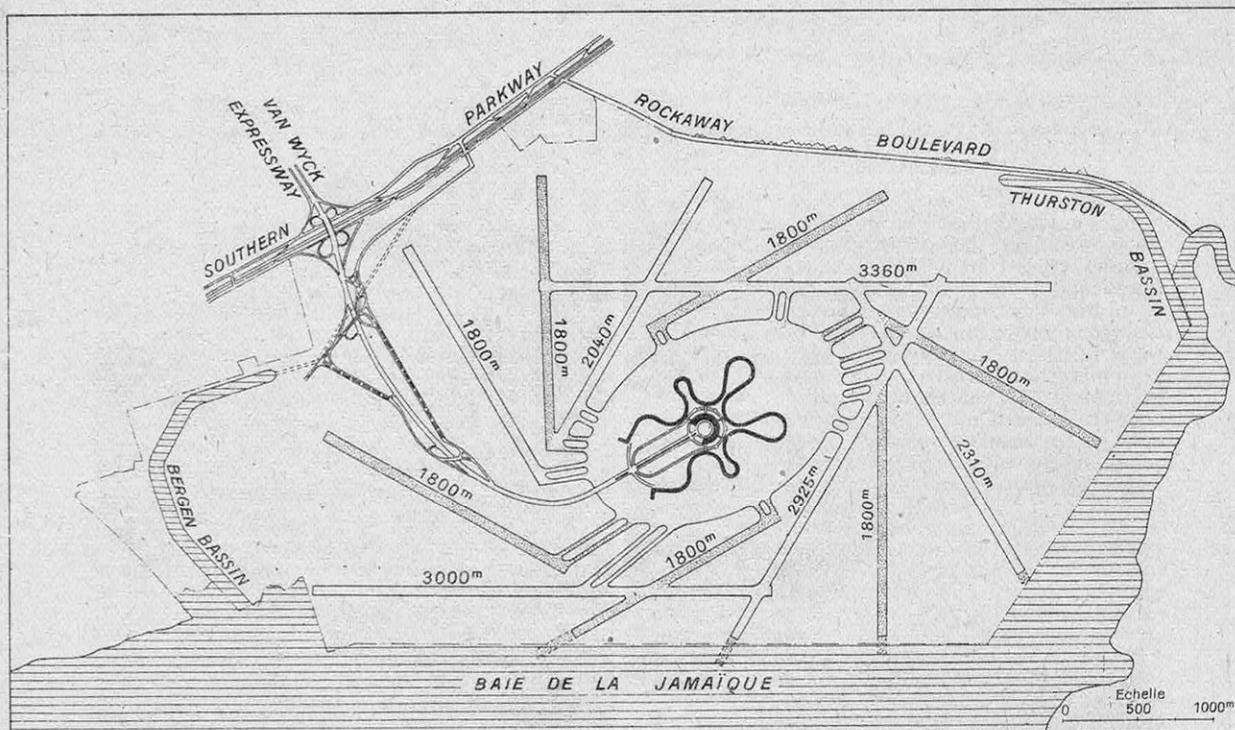


FIG. 2. — PLAN DE L'AÉROPORT MUNICIPAL DE NEW YORK, A IDLEWILD

Le nouvel aéroport, qui doit être terminé en 1948, aura douze pistes. La première tranche des travaux n'envisage que six pistes (figurées ici en blanc, les six autres étant grisées). La disposition en éventail permet, en toutes circonstances, d'affecter la moitié de ces pistes à l'atterrissage et l'autre moitié, diamétralement opposée, à l'envol. Les bâtiments de l'aérogare centrale sont reliés à l'autoroute spéciale de l'aérodrome.

doivent être le plus réduits possible, condition d'un dégagement rapide, s'effectuant d'autre part suivant des accélérations (positives ou négatives) que la technique commande d'obtenir sans cesse plus grandes. L'intersection de ces parcours est donc *a priori* dangereuse, génératrice de collisions. Il faut en conclure que les parcours au sol doivent à leur tour s'orienter tangentiellement au centre des départs et des arrivées, c'est-à-dire à l'aérogare proprement dite.

Une consultation prise chez les oiseaux (Mouillard et Ader les consultaient bien à l'âge héroïque des premiers envois) viendrait au besoin confirmer ces déductions logiques par leurs faits et gestes qui dérivent de l'instinct. Une compagnie de perdrix, toujours peu nombreuse, atterrit ou s'envole par trajectoires parallèles, amorcées ensemble comme telles dans la course préalable de ces gallinacés sur le sol. Les cormorans entassés sur les flots à guano du Pacifique, où l'homme enjambe leurs nids juxtaposés sans provoquer aucun envol isolé, procèdent différemment. Soit pour s'envoler, soit pour atterrir, un cormoran-pilote intervient qui guide la foule innombrable. Celle-ci prend le départ en file, derrière lui. Et l'envol s'effectue à la manière d'un câble se déroulant vers le ciel.

Hors de ces deux méthodes, entre lesquelles il faut choisir sous peine d'embouteillage, il ne resterait que celle de l'époque héroïque des aérodromes gazonnés où chacun prenait et perdait contact avec le sol au petit bonheur, comme pigeons de basse-cour. Personne n'y songe plus, même pour les petits aéroports locaux à débit restreint.

L'atterrissage et l'envol « parallèles » (con-

venablement ordonnés par un dispatcher central, il va sans dire) doivent faire monter la capacité de l'aéroport La Guardia jusqu'à quatre cents mouvements quotidiens après son agrandissement. Mais c'est plus du double de ces mouvements qu'attend la ville de New York. C'est pourquoi le nouvel aéroport d'Idlewild est conçu suivant le type tangentiel.

Les pistes sont deux à deux parallèles. Dans chaque couple, l'une est réservée aux atterrissages, l'autre aux décollages, qui peuvent ainsi se suivre à cadence accélérée. D'autre part, les parcours au sol, pour déchargement, chargement et ravitaillement des appareils sont réduits au minimum, les extrémités des pistes se trouvant à petite distance des bâtiments centraux.

Les trois pistes actuellement en service à Idlewild, de 2 800 m, 2 450 m et 2 250 m, larges de 60 m, seront suivies, d'ici juillet 1949, par la construction de trois autres pistes de 3 000 m, 2 050 m et 1 800 m, tandis que, parmi les précédentes, celle de 2 800 m sera portée à 3 350 m.

Dès que le trafic atteindra 75 % de la capacité de ces installations, soit 40 500 mouvements en quatre-vingt-dix jours consécutifs, la dernière tranche des travaux sera entreprise. Son exécution durera trois ans, jusqu'à 1953 ou 1954. Cette dernière phase de la construction comprendra l'adjonction de six pistes nouvelles d'au moins 1 800 m, tandis que la piste de 2 450 m sera portée à 2 900 m. A ce moment, plus de 40 000 personnes se trouveront attachées à Idlewild pour desservir un trafic quotidien de 30 000 voyageurs avec 10 t de courrier et 50 t de fret.

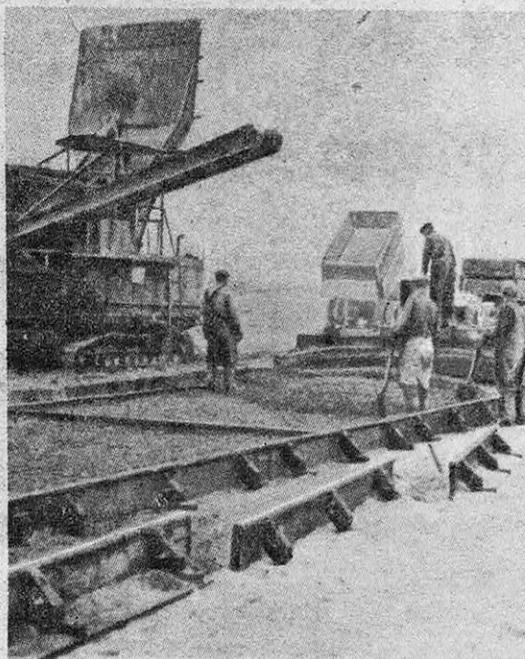


FIG. 3 ET 4. — LE COMPLEMENT DU TERRAIN MARÉCAGEUX ET LA CONSTRUCTION D'UNE PISTE D'ATTERRISSEMENT BÉTONNÉE A L'AÉROPORT D'IDLEWILD.

Quarante millions de mètres cubes de sable furent puisés par des dragues suceuses dans la Jamaica Bay et déversés sur le marécage. Une fois terminé, l'aéroport comportera douze pistes de 60 m de large et de 1 800 à 3 400 m de long.

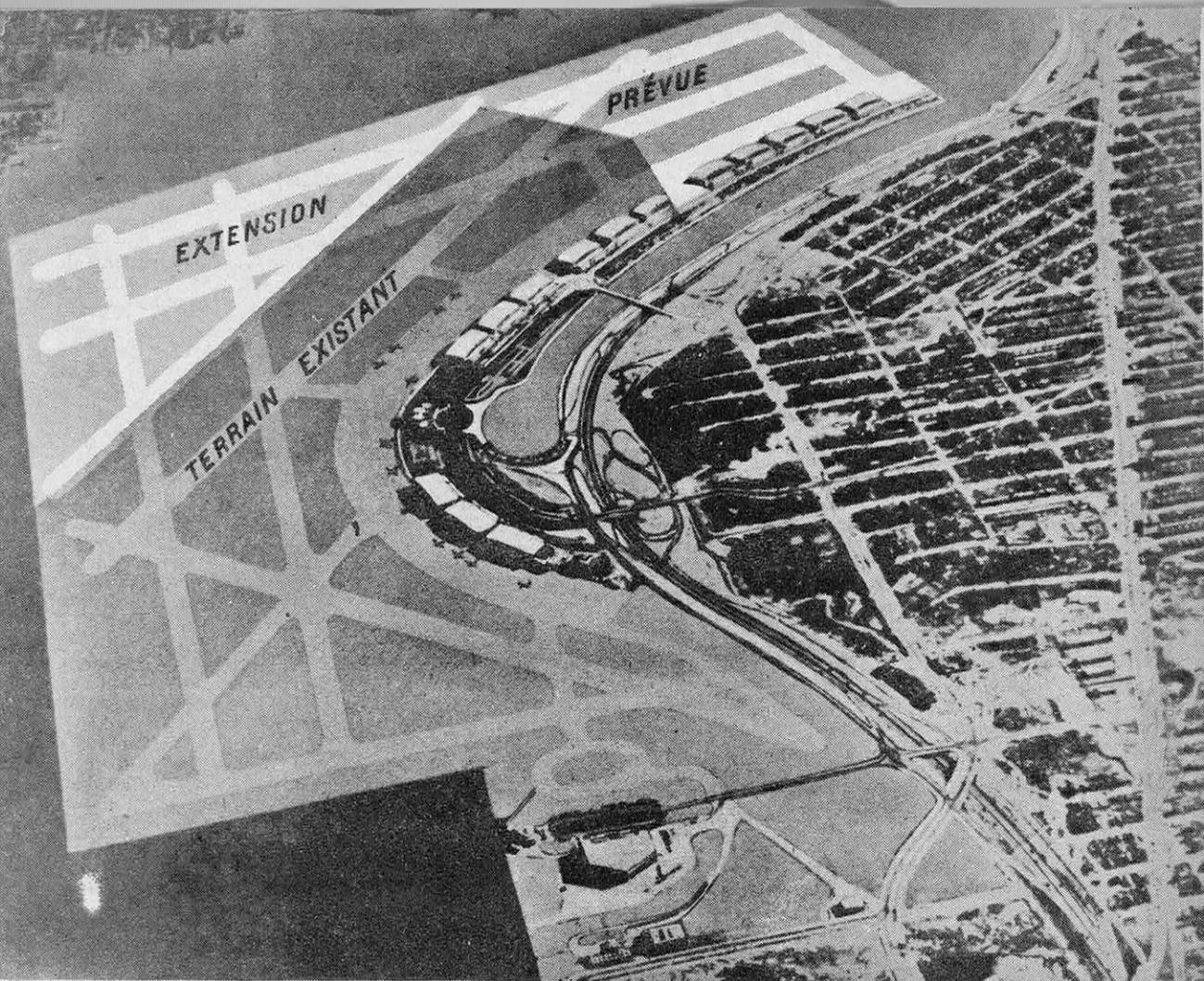


FIG. 5. — L'AÉROPORT POLYGONAL DE LA GUARDIA

*Ce premier aéroport municipal de New York avait été partiellement occupé par l'Armée de l'Air américaine. Rendu à l'aviation commerciale, il va être agrandi par un nouvel empiètement sur l'Hudson qui le borde. Mais un simple coup d'œil montre qu'il ne saurait être question, ici, de dispositif « tangentiel ». Anciennes et nouvelles, les pistes sont nécessairement destinées à s'entre-croiser: d'où également la disposition latérale des bâtiments.*

### Les aéroports britanniques

L'Angleterre, que cette guerre a saturée d'aérodromes militaires, ne pouvait prendre, au moins du premier coup, des décisions aussi rationnelles qu'au pays de Taylor. Ce n'est donc pas sans des discussions, dont toutes ne sont pas encore dénouées, que la centralisation du trafic intercontinental britannique s'est fixée, d'une manière à peu près définitive, semble-t-il, sur le nouvel aéroport londonien de Heathrow près de Staines, dans le Middlesex, dans un territoire dont la densité de population est la plus élevée du monde.

L'aéroport de Heathrow a été inauguré officiellement le 1<sup>er</sup> janvier dernier. Mais c'est le 29 novembre 1945 que le premier quadrimoteur de transport Avro « Lancastrian », piloté par l'Air Vice-Marshall Bennett, des British South American Airways, atterrit sur la première piste cimentée qui venait d'être achevée à Heathrow.

Les premiers projets d'un aéroport civil londonien, du moment que Croydon s'avérait insuffisant dès 1939, visaient à l'établissement dans le comté de Kent (embouchure de la Tamise)

d'un terrain dont l'aménagement eût coûté 20 millions de livres sterling, comportant des pistes de 4 km sur 180 m, qui eussent par conséquent doublé les longueurs moyennes et triplé les largeurs adoptées en Amérique. L'embouchure de la Tamise était choisie, d'ailleurs, en prévision d'un trafic important par hydravion. Mais la discussion technique mit en évidence le caractère désormais secondaire de l'hydravation et fit observer que les plus grands appareils commerciaux ne dépasseraient guère 70 m d'envergure (Consolidated XC 99 américain à 6 moteurs), que le freinage par renversement de la rotation de l'hélice était à prévoir comme un progrès imminent et que, par suite, de telles pistes étaient de dimensions excessives, comme était inutile le plan d'eau fluvial.

Établi d'après le plus pur et le plus sûr empirisme britannique, l'aéroport inauguré à Heathrow figure donc aujourd'hui un triangle ayant pour base la grande piste longue de 2 740 m sur 90 m de large, orientée dans le sens du vent et dont la construction, commencée dès le temps de guerre, par la R. A. F., se trouva prête en novembre dernier pour recevoir l'Air Vice-Marshall Bennett venant d'Amérique. Les deux autres

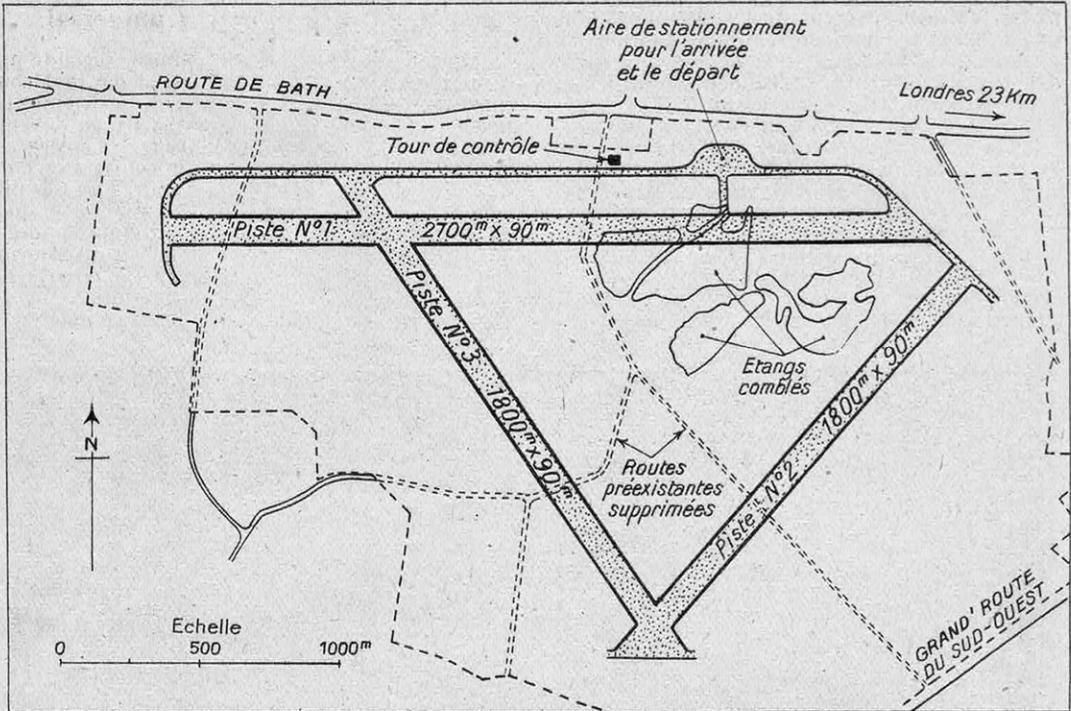


FIG. 6. — PLAN DE L'AÉROPORT TRIANGULAIRE DE HEATHROW, EN GRANDE-BRETAGNE

Une piste principale installée par la R. A. F. pour les besoins militaires est devenue la base d'un triangle qui doit constituer l'aéroport commercial intercontinental le plus fréquenté de l'Angleterre.



FIG. 7. — L'AÉRODROME DE HEATHROW PRÈS DE LONDRES

On aperçoit au fond, sur l'aire de stationnement, un Avro « Lancasterian », quadrimoteur, le Star Light, utilisé pour la liaison avec l'Amérique du Sud. Les bâtiments visibles ici, hangars, et bureaux sont provisoires. On aperçoit à l'arrière plan, à droite, la piste d'envol principale, qui est longue de 2 700 m.

pistes, de même largeur que la première, n'ont que 1 800 m de longueur. L'ensemble forme donc un triangle équilatéral (que la piste principale déborde légèrement). C'est, peut-on dire, une synthèse géométrique de la formule « polygone » et de la formule « tangentielle ».

L'aérogare est en bordure du terrain, le long de la piste principale que dessert, parallèlement, une route de dégagement. Les terrains environnants ont été soigneusement réservés par l'administration pour allonger éventuellement la piste n° 1 jusqu'à 4 500 m, et les autres à 2 800 m. L'accroissement du débit sera donc éventuellement traité ici dans le même esprit que sur les aérodromes à pistes parallèles.

### La France, centre aérien universel

Mais, si l'estuaire de la Tamise, secondé par ceux de la Severn et de la Clyde et par la découpe unique au monde des côtes de la Grande Ile, a pu, grâce à cette politique maritime, devenir comme le centre commercial des terres émergées, nous ne pouvons oublier que le centre exact de gravité de ces terres n'est ni Londres, ni Cardiff, mais bien l'île de Noirmoutier. En sorte que, toute rivalité maritime passée étant apurée, passée par profits et pertes, le statut international de l'air, tel que l'a défini la Conférence de Chicago, invite la France à prendre dans le trafic aérien mondial une position commerciale

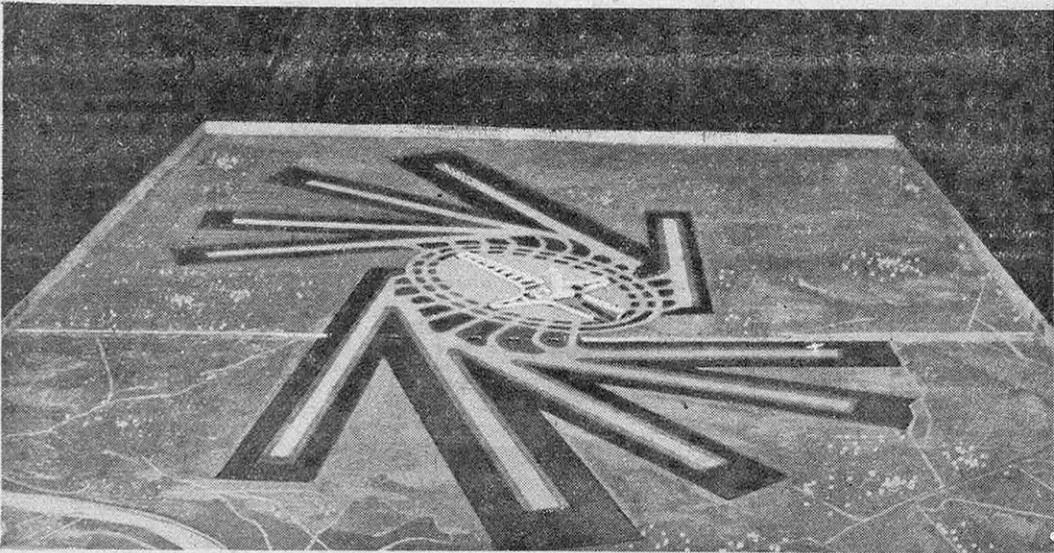


FIG. 8. — MAQUETTE DU FUTUR AÉRODROME MONDIAL D'ORLY PRÈS PARIS (HUMMEL, ARCHITECTE)

Des routes locales encadrant ou traversant le terrain (sous les pistes) déversent leur circulation sur les grandes routes de Bath et du Sud-Ouest.

Ajoutons que le dispositif adopté a facilité les travaux de nivellement puisque, sur le même terrain, on rencontrait des dépressions marécageuses et des mamelons providentiellement complémentaires. Ceux-ci ont servi à combler celles-là.

La situation de l'Angleterre vis-à-vis du trafic aérien est d'ailleurs très particulière. Il n'est pas une grande ville britannique qui n'ait déjà manifesté le désir d'avoir son aéroport international. L'aéroport intercontinental de Heathrow lui-même ne dispensera pas Londres d'aménager la dizaine d'aéroports dont « l'association des propriétaires britanniques d'aéroports » proposait déjà l'établissement au ministère de l'Air, l'an dernier. Les métropoles industrielles de Cardiff, de Manchester, prétendent posséder un aéroport à trafic européen direct. D'autre part, l'aéroport écossais de Prestwick qui fut jusqu'ici la principale tête de ligne transatlantique, n'abandonnera pas de sitôt ce service. Et, en Irlande, Belfast réclame même le privilège. Ce seront là comme Heathrow, des ports francs »

rigoureusement analogue à la britannique — l'Océan aérien n'ayant d'autres « aéroports » que les infrastructures établies de main d'homme.

« La France, plaque tournante de l'aviation mondiale », a-t-on déjà écrit. Rien n'est plus vrai, mais seulement à l'état virtuel. Si nous voulons que Paris soit, en effet, comme tout l'y invite, le premier aéroport de l'Europe, il faut établir ces infrastructures sans aucun retard et sans aucune erreur.

C'est l'ancien terrain militaire d'Orly qu'on a choisi. Fort bien. Mais que les « hangars cathédrales » naguère édifiés à l'intention des « futurs » Zeppelin, mort-nés, comme tous les monstres, soient une leçon pour les techniciens responsables des aménagements qui se préparent. Quelles que soient nos difficultés financières, ces techniciens les ont, à bon escient, négligées. « Économiser en bouchant l'avenir, c'est tout perdre ; trop dépenser dans le présent en réservant l'avenir, c'est au moins gagner quelque chose, l'avenir ». C'est un proverbe britannique.

Aussi bien les premiers projets étudiés en pistes parallèles ou polygones ont-ils été abandonnés pour en venir au seul aéroport logique, du type franchement américain. L'aéroport d'Orly sera la réplique européenne d'Idlewild.

Deux autres aéroports internationaux le seconderont, à Marseille et à Toulouse. Les trois doivent être des « ports francs ».

Treize aéroports réservés au trafic spécialement national (dont Lille, Strasbourg, Rennes, Lyon, Bordeaux), trente aérodromes régionaux (dont Aix-les-Bains, Clermont-Ferrand, Nancy, Nantes, Poitiers, etc.) et cent terrains départementaux ou locaux, compléteront l'infrastructure aérienne de la métropole. Vingt et un aéroports prévus à Alger, Tunis, Casablanca, Dakar, Tananarive, avec tous les terrains secondaires qu'exigent nos établissements coloniaux : tel est le programme initialement élaboré en 1946. Il faut s'y tenir.

Avant cette guerre, la France tenait la seconde place pour la longueur d'un réseau (64 000 km) digne d'un meilleur équipement en appareils. Néanmoins elle se plaçait au quatrième rang pour le nombre des passagers, 100 000, soit le dixième à peine des transports américains.

L'organisation de notre aviation civile par la méthode de nationalisation devrait offrir au moins l'avantage d'être « rationnelle » au plus haut degré possible. L'indicateur général d'Air-France pour l'hiver 1945-1946 fut encourageant, qui nous invite théoriquement à circuler aériennement partout en France et dans le monde, sous réserve d'autorisations de missions spéciales et de moyens de paiement. Le nombre de kilomètres parcourus en mars 1945, mois du recommencement, avec 32 appareils moyens et 40 bimoteurs légers, s'est élevé à 590 216 pour 3 786 passagers. En octobre, le nombre de kilomètres avait doublé et celui des passagers

quintuplé. Le secteur oriental (Indochine) n'était pas inclus dans ce bilan.

### L'aéroport projeté à Orly

Venons-en maintenant au projet d'Orly dont les devis ne sont pas, ne peuvent être arrêtés définitivement à l'heure où nous écrivons.

Le principe d'un aéroport « tangentiel » étant acquis, le plan fig. 10 en présente l'application à ce terrain particulier, dont les principaux inconvénients se résument dans la présence d'agglomérations importantes (Orly, Villeneuve-le-Roi, Athis-Mons, Morangis, Wissous) encombrant ses abords et qui ne peuvent être expropriées que sur des marges très restreintes. La route nationale n° 7 représente, elle aussi, un obstacle pour la construction des pistes dont les quatre d'atterrissage se trouveront séparées par cette route de l'aérogare centrale. Six passages inférieurs à deux de ces pistes et aux dégagements des deux autres doivent être ménagés à cette route dont les services, en tant que voie d'approche, rachèteront, du reste, largement le coût de ces travaux, bien qu'une autoroute spéciale à grande capacité soit prévue au nord de l'aérodrome, au delà de Rungis, pour relier l'aérogare à Paris, où, nous dit-on, l'ancienne gare des Invalides serait spécialement affectée aux formalités préliminaires du voyage, douane, passeports, vérification des billets, prise en charge des bagages, etc. En sorte que le voyageur aérien partirait de là avec l'unique souci d'aller prendre place à bord de l'appareil. L'administration des « papiers » n'a que faire, en effet, dans l'aérogare proprement dite.

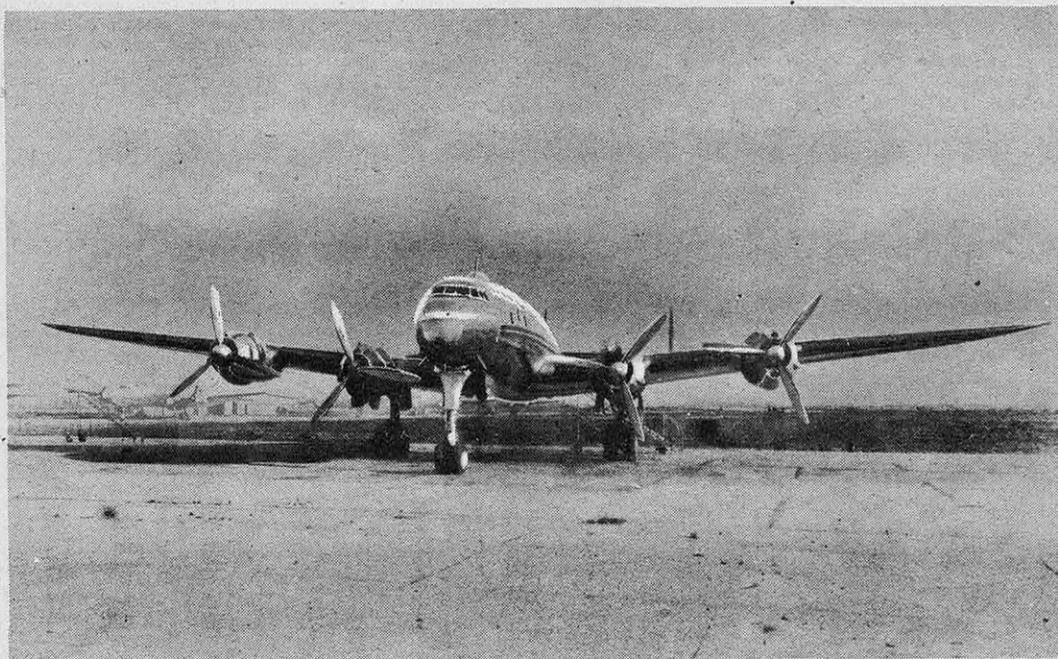


FIG. 9. — SUR L'AÉROPORT MONDIAL D'ORLY, UN LOCKHEED « CONSTELLATION », DU TYPE DES APPAREILS QUI ASSURENT LA LIAISON RÉGULIÈRE FRANCE-AMÉRIQUE DU NORD

Poids total : 41 t ; puissance totale : 8 000 ch ; vitesse de croisière : 450 km/h ; vitesse maximum : 550 km/h ; nombre de passagers : 40, avec 1 t de fret. (Photo Boisgontier.)

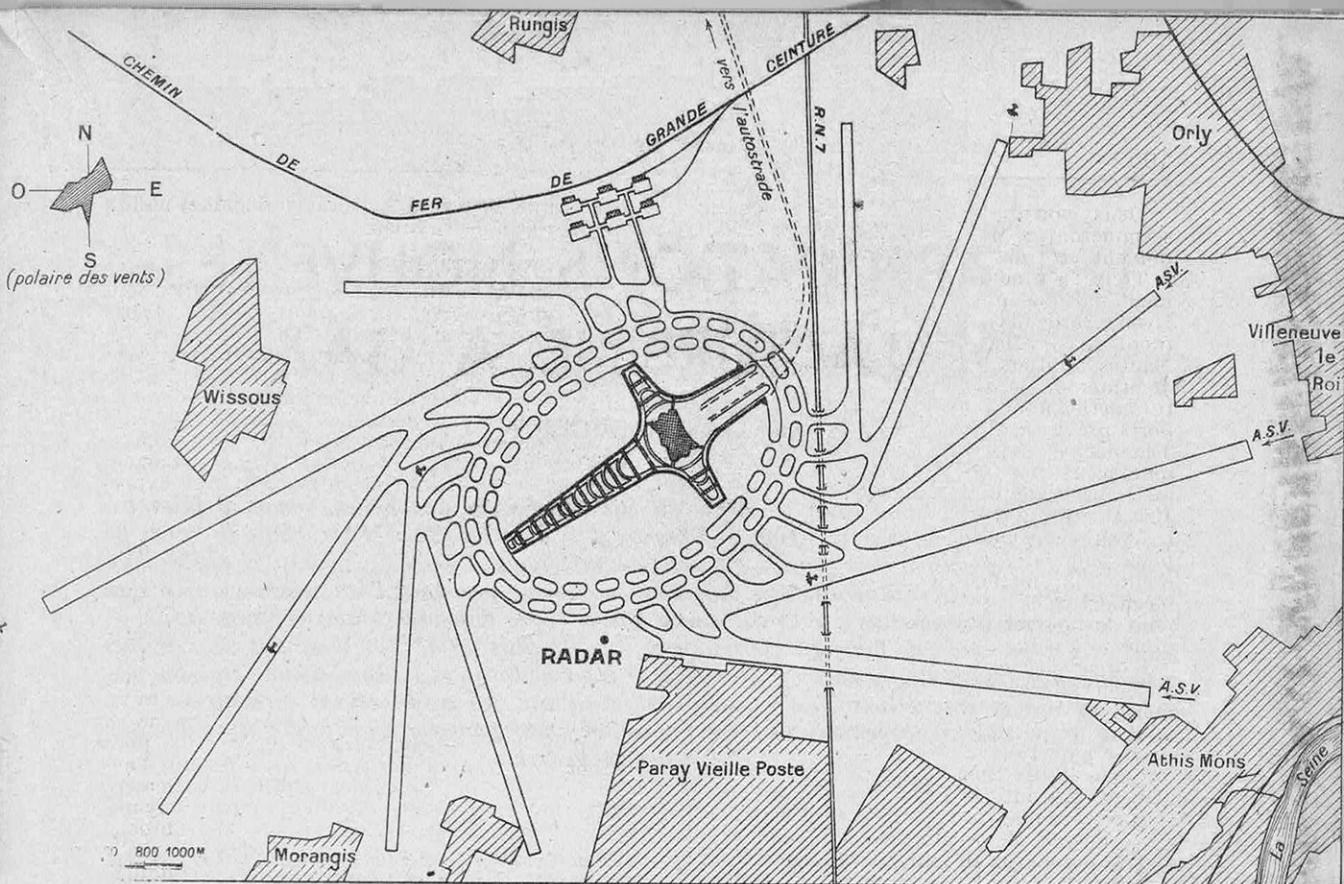


FIG. 10. — AVANT-PROJET DU FUTUR AÉROPORT MONDIAL D'ORLY

En haut, à gauche, a été dessinée la « polaire des vents », obtenue en portant à partir de son centre, à l'intersection des axes nord-sud et est-ouest, des longueurs proportionnelles au nombre de jours par an pendant lesquels le vent souffle de la direction considérée. Les trois pistes de droite doivent être équipées pour l'atterrissage sans visibilité (A. S. V.). Au centre, autour de la tour de 250 m de haut seront groupés les bâtiments de service de l'aérogare. Les pistes de circulation elliptiques doivent permettre aux appareils d'accéder aux aires de stationnement, de débarquement, ces deux dernières en bordure de la croix centrale, dont on modifiera sans doute le dessin pour lui donner la forme capable de recevoir « à quai » le plus d'avions simultanément. Le même problème s'est posé pour l'aéroport américain d'Idlewild dont les bâtiments centraux ont été modifiés sur le plan originel.

Celle-ci serait rejointe en autocars ou en voitures privées, par les quais de la Seine, la place et la porte d'Italie. Le chemin de fer de ceinture desservirait également l'aéroport pour ses besoins techniques matériels.

A l'état fini, l'aéroport comporterait cinq pistes d'envol déployées en éventail vers l'ouest et cinq d'atterrissage convergeant de l'est symétriquement aux précédentes. Trois d'entre elles pourront être utilisées « sans visibilité ». Le poste de radar doit être placé à leur intersection virtuelle.

Le plan des bâtiments de l'aérogare proprement dite n'ont pas encore fait l'objet d'une décision définitive. Néanmoins, le projet ci-joint en donne certainement l'esprit. Les pistes se ramifient en voies de roulement convergeant sur l'ellipse centrale, elle-même ceinturée d'un terre-plein cimenté où les refuges alternent avec les passages de manière à réaliser le maximum de liberté des mouvements suivant l'ordonnance giratoire la plus stricte.

Les avions viendront se ranger de biais — un avion, qui n'est pas un wagon, ne saurait s'adapter aux quais classiques d'embarquement, maritimes ou, moins encore, ferroviaires, — le long des bâtiments réservés aux différentes « lignes » aériennes. Ces bâtiments sont marqués d'un trait noir renforcé, avec les halls et passages intérieurs qui mettront voyageurs et employés

à l'abri des intempéries en attendant de prendre place.

Au centre de l'aérogare : le bâtiment central contenant les services directeurs sera surmonté de la « tour de contrôle ». Dans cette tour, le directeur du trafic prend en charge par T. S. F. tout avion qui se présente à l'arrivée, lui assigne sa piste et son ordre d'atterrissage. Il joue le même rôle que le chef aiguilleur d'une grande gare de chemins de fer ouvrant la voie aux trains qui arrivent, ou suspendant leur entrée jusqu'à ce qu'elle soit libre.

Les pistes auront des longueurs nécessairement subordonnées, jusqu'à nouvel ordre, aux dégagements actuels du terrain que masquent à l'est, comme nous l'avons dit, beaucoup de maisons.

Néanmoins, deux pistes d'atterrissage et une d'envol auront une longueur supérieure à 2 000 m avec une largeur de 100 m. Les autres, larges de 50 m auront des longueurs variables très suffisantes pour assurer le départ ou l'arrivée des appareils de tonnage moyen, surtout par temps clair.

En somme, l'aéroport d'Orly devra avoir et aura, dans sa pleine activité, une capacité du même ordre que celle d'Idlewild et son aspect n'en différera peut-être pas beaucoup.

# LES APPLICATIONS NOUVELLES DE LA TURBINE A GAZ

par Camille ROUGERON

**L**a turbine à gaz d'avion, sous la forme où elle commande une hélice, vient de faire un très grand progrès avec le Bristol « Theseus I », à réchauffeur d'air, dont la consommation de 210 g/ch-h à très grande altitude est inférieure à celle du moteur à explosions. Le réchauffeur d'air récupérant une partie de la chaleur perdue à l'échappement n'est que l'un des perfectionnements que la turbine à gaz a reçus dans ses toutes récentes applications à la production de l'énergie électrique et à la propulsion des navires. Les deux autres sont la compression étagée avec refroidissement intermédiaire et la combustion fractionnée. Avec les rendements élevés qu'elle atteint aujourd'hui, les applications militaires de la turbine à gaz doivent largement déborder l'aviation, pour pénétrer dans le domaine du char et du navire de guerre.

## Les progrès de la turbine à gaz

**S**ous la forme commune des réalisations britanniques, américaines et allemandes de 1943, la turbine à gaz présentait une simplicité inaccoutumée pour un appareil propulsif. L'air était comprimé par un compresseur centrifuge ou axial, réchauffé dans une chambre de combustion, puis détendu au travers d'une turbine qui entraînait le compresseur. La puissance développée par la turbine était exactement celle qu'absorbait le compresseur. Le supplément de puissance disponible dans les gaz comprimés et chauds se retrouvait, au sortir de la turbine, sous forme d'énergie cinétique directement utilisée par réaction. On avait ainsi un appareil propulsif sans hélice, aussi léger que peu encombrant, et de rendement fort acceptable sur les avions à grande vitesse. C'est grâce à lui que le record de vitesse put être élevé de plus de 200 km/h par le Gloster « Meteor » (1).

Le seul inconvénient de ce mode de propulsion était sa consommation. Aux vitesses atteintes par les chasseurs à réaction, elle était près de deux fois plus forte que celle du moteur à explosions entraînant une hélice. Aux vitesses des avions de transport, elle eût été beaucoup plus élevée encore et interdisait l'emploi de la turbine à gaz sous cette forme en aviation civile. La difficulté ne tenait pas au principe même du nouveau moteur, dont les premières réalisations ne consommaient pas tellement plus qu'un moteur à explosions, mais au remplacement de l'hélice par la réaction. L'hélice a un excellent rendement, de l'ordre de 80 p. 100, du moins aux vitesses d'avions qui n'obligent pas à approcher de la vitesse du son aux extrémités de ses pales. La propulsion par réaction, même entre 800 et 1 000 km/h, a un rendement assez inférieur, qui est lié au rapport entre la vitesse de l'avion et la vitesse d'éjection des gaz. Plus la vitesse de

l'avion est petite et plus ce rendement est faible. La solution était simple : conserver l'hélice en gardant le bénéfice de simplicité et de légèreté de la turbine à gaz relativement au moteur

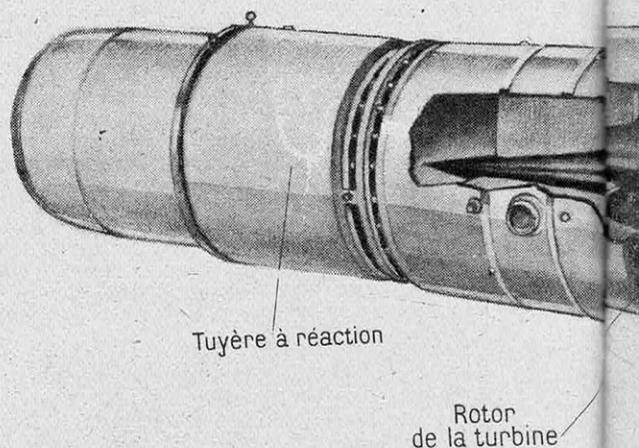


FIG. 1. — LE TURBORÉACTEUR ROLLS-ROYCE « DERWENT »

Ce turboréacteur, qui équipait le Gloster « Meteor » du record de vitesse, comporte seulement un compresseur axial, dix chambres de combustion et une turbine à gaz à un étage. La turbine entraîne le compresseur.

(1) Voir : « Le record de vitesse du Gloster Meteor » (Science et Vie, n° 341, février 1943).

à explosions. Le « turboréacteur » devenait un « turbopropulseur », où la turbine empruntait aux gaz de la combustion non seulement la puissance réclamée par le compresseur, mais encore la puissance utile dépensée sur l'hélice. L'échappement continuait à apporter un appoint de propulsion, mais, les gaz sortant de la turbine à vitesse moindre, leur énergie cinétique était utilisée avec un rendement meilleur.

Dès les premières réalisations d'avions à réaction, le turbopropulseur connut la faveur de plusieurs fabricants de moteurs. Ce fut la solution préconisée, en Amérique, par Wright, qui considère qu'elle doit remplacer le moteur à explosions dans toutes les applications aux avions rapides à grande puissance. Elle était étudiée simultanément en Angleterre, chez Bristol, comme d'ailleurs en Allemagne, par Junkers et B. M. W. Elle n'est plus discutée aujourd'hui.

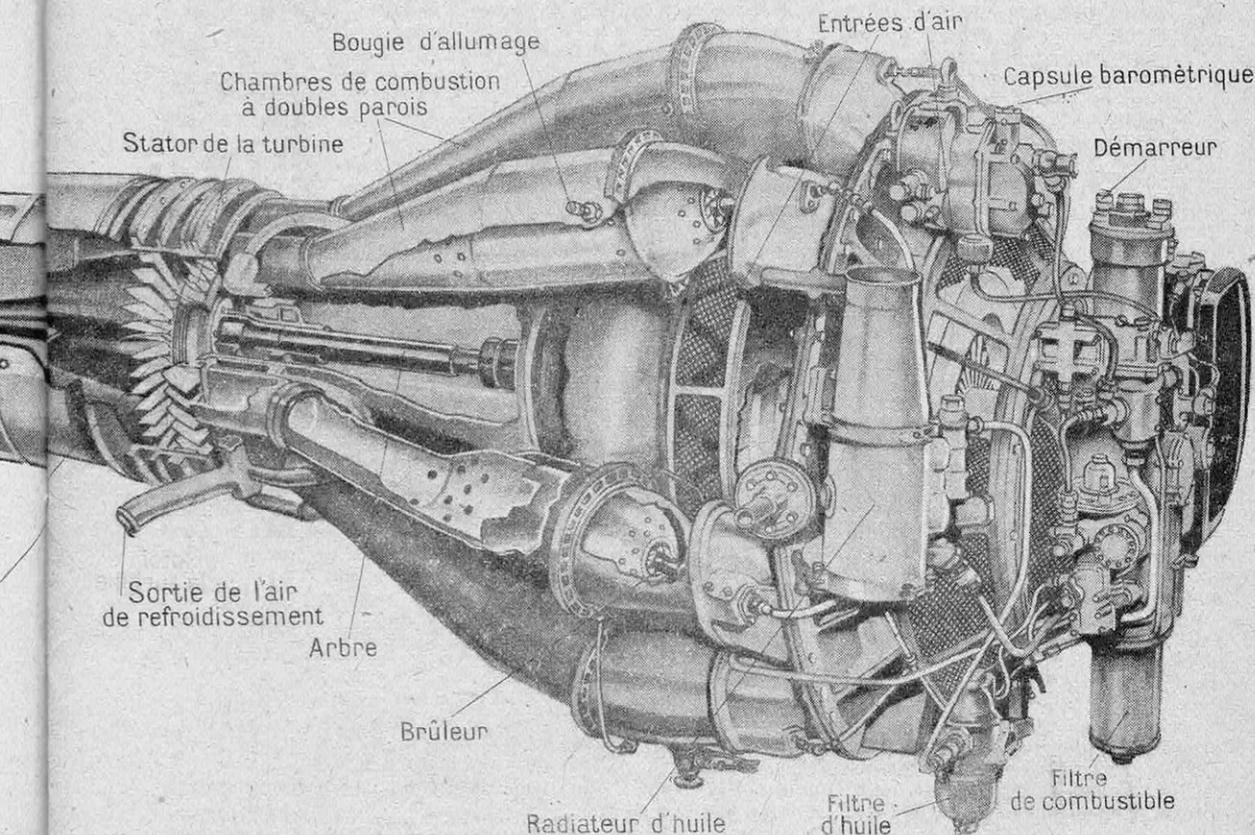
Cependant, même après le retour à l'hélice, le cheval-heure sur l'arbre exigeait plus de combustible lorsqu'il était fourni par une turbine à gaz que par un moteur à explosions. Dans ce dernier type de moteur, et mieux encore dans le Diesel, la détente des gaz se fait à la fois sous une grande différence de pression et avec une grande chute de température, au bénéfice du rendement. Dans la turbine à gaz, au contraire, la pression dans la chambre de combustion est relativement faible et la température des gaz doit être limitée à celle que peuvent supporter les aubages, ce qui s'obtient avec un gros excès d'air. Si bien que la température à l'échappement de la tur-

bine à gaz est du même ordre que celle du Diesel et du moteur à explosions, alors que la température des gaz dans la chambre de combustion de la turbine à gaz est très inférieure à celle qui est atteinte au cours de la combustion dans les cylindres de ces moteurs. Ainsi, la turbine à gaz n'accepte que des gaz à température relativement modérée, et les envoi dans l'atmosphère relativement chauds. Son rendement thermique, qui correspond à la chaleur qu'elle leur enlève, rapportée à la chaleur qu'ils possèdent à l'entrée, est donc médiocre.

Il y a très longtemps que le remède à cette faiblesse de la turbine à gaz est connu. C'est la récupération partielle de la chaleur perdue à l'échappement ; le premier constructeur d'une turbine à gaz qui ait effectivement tourné en produisant de la puissance, Holzwarth, utilisait les gaz d'échappement à produire de la vapeur dans une chaudière. On préfère, depuis, les envoyer dans un réchauffeur parcouru par l'air sortant du compresseur avant son envoi à la chambre de combustion ; son échauffement diminue d'autant la quantité de combustible à brûler dans cette chambre.

La solution du réchauffeur d'air avait déjà été admise sur les turbines à gaz pour applications terrestres, notamment sur la locomotive construite par Brown-Boveri pour les Chemins de fer fédéraux suisses (1). C'est sa transposition

(1) Voir : « La première locomotive à turbine à gaz » (*Science et Vie*, n° 298, juin 1942).



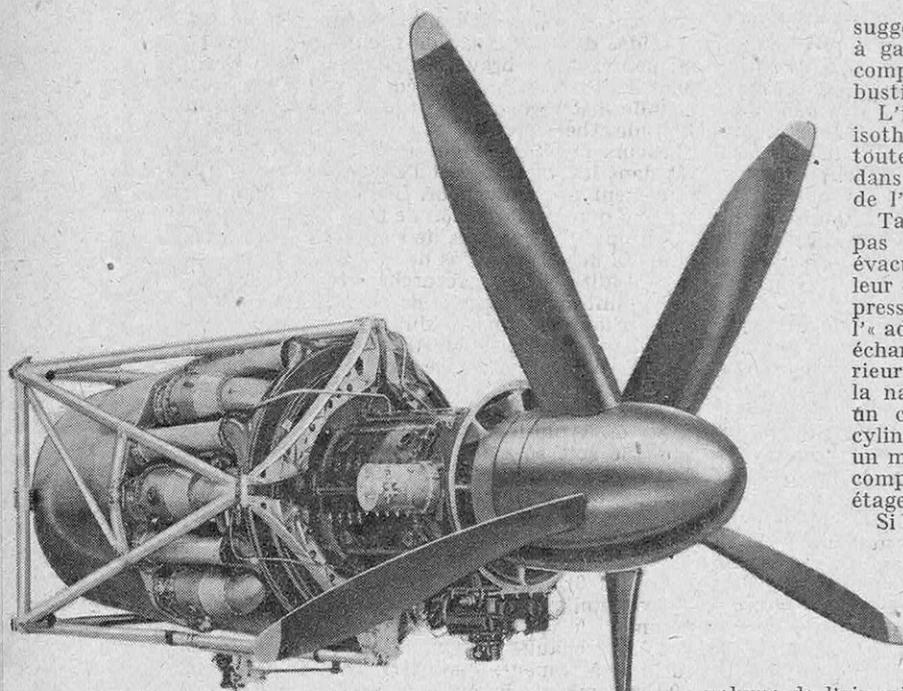


FIG. 2. — LE TURBOPROPULSEUR BRISTOL  
« THESEUS I »

Le « Theseus I », qui était sur la liste secrète jusqu'à fin 1945, est la première application de la turbine à gaz à réchauffeur à la propulsion des avions. Le schéma du circuit d'air est représenté sur la figure 9. On distingue nettement sur la photographie, à partir de l'hélice, le réducteur à engrenages, la prise d'air, le compresseur axial, le compresseur centrifuge d'où l'air est envoyé, par les tuyautages légèrement coniques qui alternent avec les chambres de combustion de plus grosse section, vers le réchauffeur d'air qui est à l'extrémité arrière. La turbine et l'échappement propulsif n'apparaissent pas; ils sont masqués par les chambres de combustion et le réchauffeur. Le circuit de l'air comporte deux demi-tours.

à la turbine à gaz d'avion qui a permis à Bristol d'obtenir, pour son turbopropulseur « Theseus I » la consommation remarquable de 210 g par cheval-heure à 12 000 m, inférieure à celle d'un moteur à explosions à même altitude. Mais, en se compliquant par l'addition simultanée de l'hélice et du réchauffeur d'air, la turbine à gaz s'alourdit. Le « Theseus I », pour une puissance de 2 350 ch au sol, pèse 1 045 kg, soit presque autant qu'un moteur ordinaire. Il est même nettement plus lourd si l'on rapporte son poids à sa puissance en altitude, 810 ch à 12 000 m.

Gardons-nous d'en conclure que cet alourdissement condamne les applications de la turbine à gaz à l'aviation. Il est même probable que l'addition du réchauffeur d'air n'est pas la dernière des complications qui vont être apportées à la turbine à gaz d'avion.

### La compression isotherme

L'addition d'un réchauffeur d'air n'est que l'un des trois perfectionnements fréquemment

suggérés ou apportés à la turbine à gaz; les deux autres sont la compression isotherme et la combustion fractionnée.

L'intérêt de la compression isotherme est apparu bien avant toute réalisation de turbine à gaz, dans les nombreuses applications de l'air comprimé.

Tant que le compresseur n'est pas organisé spécialement pour évacuer tout ou partie de la chaleur dégagée au cours de la compression, celle-ci est voisine de l'« adiabatique », c'est-à-dire sans échange de chaleur avec l'extérieur. Telle est, très sensiblement, la nature de la compression dans un compresseur alternatif monocylindrique, dans un Diesel ou un moteur à explosions, dans un compresseur centrifuge à un seul étage.

Si l'on vise simplement à obtenir un poids donné d'air à une certaine pression avec le minimum de travail, ce mode de compression est inutilement coûteux. En effet, l'élévation de température concomitante augmente le

volume de l'air soit à la fin, soit à un instant quelconque de la compression. Comme le travail réclamé est fonction du volume d'air débité, et non de son poids, il se trouve augmenté. On réduit donc ce travail soit en divisant l'opération en plusieurs étages entre lesquels on refroidit l'air, soit par un refroidissement continu (injection ou circulation d'eau); la limite est la compression « isotherme », où l'air se trouve maintenu à chaque instant à sa température initiale (fig. 4).

Ce refroidissement, continu ou entre étages, s'impose dans tous les cas où l'air comprimé est destiné à servir après avoir perdu sa chaleur naturellement dans une longue canalisation, dans des réservoirs... et d'autant plus que le taux de compression est plus élevé. Il n'est pas évident *a priori* qu'il soit nécessaire lorsque l'air est utilisé immédiatement, et à plus forte raison lorsqu'il est aussitôt réchauffé dans le moteur thermique qu'il alimente. Il semble même paradoxal d'enlever de la chaleur à l'air qu'on envoie dans un cylindre de moteur à explosions ou une chambre de combustion de turbine pour la lui restituer un centième de seconde plus tard par un supplément de combustible. Cependant, même sur le moteur d'avion où le refroidissement, faute d'eau, est beaucoup plus coûteux qu'à terre ou à la mer, il s'impose aux forts taux de compression. Le radiateur entre étages est apparu dès 1939 sur les moteurs d'avions anglais et américains; la compression en trois étages avec deux radiateurs intermédiaires entrainé en service en 1945 sur les derniers chasseurs allemands.

L'intérêt du refroidissement au cours de la compression est fonction du taux de compression, de l'altitude, des rendements de compression et de détente... Il n'est guère discuté sur les turbines à gaz à taux de compression moyen ou élevé pour installations terrestres ou marines. Bien qu'il n'ait pas encore été employé sur les turbines à gaz d'aviation, il doit en améliorer le rendement et s'imposer sur les types d'appa-

reils où la place n'est pas extrêmement mesurée, avions commerciaux, bombardiers lourds, gros appareils même très rapides. Mais cette conclusion ne s'applique qu'aux turbines à gaz à taux de compression modéré ou fort, où le gain dû au refroidissement justifie l'installation d'un radiateur d'air. On indique plus loin que les turbines à réchauffeur d'air largement dimensionné ont un taux de compression optimum beaucoup plus faible ; l'intérêt de la compression étagée et du refroidissement intermédiaire est alors moindre, et il est bien possible qu'il disparaîsse complètement au profit du réchauffeur d'air.

Il y a donc, surtout en aviation et même d'une manière générale, antagonisme entre le radiateur d'air et le réchauffeur d'air. On se gardera de l'expliquer par l'inutilité d'un refroidissement suivi aussitôt d'un réchauffage. Le refroidissement a pour effet de diminuer le travail en cours de compression ; le réchauffage après compression vise à remplacer une partie de la chaleur demandée au combustible par celle que l'on prélève sur les gaz d'échappement. L'opposition entre radiateur et réchauffeur tient à une raison plus subtile, qui est l'abaissement du taux de compression de meilleur rendement par le réchauffeur, et le moindre intérêt du radiateur aux faibles taux de compression.

### La combustion fractionnée

Après compression, et éventuellement passage dans un réchauffeur qui prélève une part de la chaleur perdue à l'échappement, l'air arrive dans la chambre de combustion. Faut-il injecter en une fois tout le combustible ? Ou faut-il, au contraire, le brûler par fractions, dans des chambres de combustion successives, avec chaque fois détente et refroidissement intermédiaires dans une roue de la turbine ? C'est la solution de la combustion fractionnée qui per-

met une amélioration notable du rendement.

L'idée de la combustion fractionnée remonte, au moins, à un brevet Bischof de 1914. C'est, pour la turbine à gaz, l'équivalent de la surchauffe intermédiaire pour la turbine à vapeur. L'étude théorique qui en a été faite depuis plusieurs dizaines d'années en a montré l'intérêt dans les deux cas, et l'expérience l'a vérifié largement pour la vapeur. La figure 8 donne le schéma d'une installation de bord d'un tel appareil propulsif. Au cours de sa détente successive dans les différents corps de la turbine, la vapeur se refroidit ; elle est « resurchauffée » à sa température initiale à la sortie de chacun des corps, à l'exception évidemment du dernier, par des surchauffeurs alimentés eux-mêmes en vapeur vive à la température d'entrée dans le premier corps. La combustion fractionnée est basée sur le même principe. La détente des gaz se fait successivement dans plusieurs roues de turbine montées en série soit sur un même arbre, soit sur des arbres différents ; entre deux roues quelconques, les gaz, qui contiennent toujours un gros excès d'air, traversent une chambre de combustion où une nouvelle injection de combustible les porte à leur température d'entrée à la première roue (fig. 6).

La combustion fractionnée complique évidemment la turbine à gaz, beaucoup plus même que la surchauffe intermédiaire ne complique la turbine à vapeur. Aux très hautes pressions, 100 kg/cm<sup>2</sup> et davantage, des installations à vapeur modernes, il est nécessaire de décomposer la turbine en plusieurs corps à plusieurs roues chacun. Aux pressions beaucoup plus modérées qui conviennent à la turbine à gaz, surtout si elle est munie d'un réchauffeur d'air, une seule roue suffirait. Les surchauffeurs de vapeur intermédiaires trouvent naturellement leur place entre les différents corps. Les chambres de combustion successives, surtout les dernières où l'air circule à pression voisine de l'échappement, exigent de volumineuses conduites d'air parcourues à grande vitesse ; la difficulté serait encore accrue sur l'avion navigant à grande altitude.

On doit noter le parallélisme des évolutions du gaz au cours d'une compression étagée avec radiateurs d'air entre étages, et au cours d'une détente fractionnée avec chambres de combustion intermédiaires. Dans le premier cas, la chaleur enlevée à l'air par les radiateurs a pour effet de réduire au minimum le travail de compression ; dans le deuxième, la chaleur apportée dans les chambres de combustion successives tend à élever au maximum le travail de détente.

Pour les mêmes raisons qui ont été exposées dans le paragraphe précédent, l'intérêt de la combustion fractionnée n'est donc guère discutable sur les turbines à gaz à taux de compression moyen ou élevé pour installations terrestres ou marines. Sur avion, la question est à examiner suivant la place disponible ; elle se présente certainement de façon différente sur des chasseurs où cette place est très mesurée, et sur des appareils commerciaux, ou sur des appareils militaires de gros tonnage à vitesse modérée. De même, la conclusion n'est pas valable lorsqu'on adopte le taux de compression faible, le plus favorable au rendement de la turbine à gaz à réchauffeur d'air largement dimensionné. Il y a donc, surtout en aviation, un certain antagonisme entre la combustion fractionnée et le réchauffeur d'air.

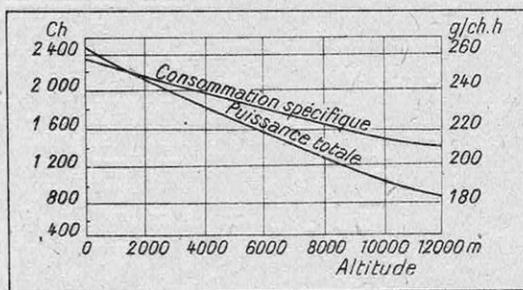


FIG. 3. — PUISSANCE ET CONSOMMATION DU « THESEUS I »  
 Les courbes donnent, en fonction de l'altitude, la puissance et la consommation du « Theseus I » à pleine admission. La puissance baisse à peu près comme la densité de l'air, un peu moins vite cependant en raison de l'amélioration du rendement. La consommation spécifique tombe de 257 g/ch.h au sol à 210 g/ch.h à 12 000 m, à la fois par baisse de la température à l'entrée de la turbine, et par la chaleur plus grande que l'air prend au réchauffeur. Une part importante de la puissance propulsive utile est obtenue par l'échappement de la turbine de gaz, dont l'effet dépend de la vitesse comme dans toute propulsion par réaction. Les courbes de puissance et de consommation ont été calculées dans l'hypothèse d'une vitesse d'avion de 480 km/h. Elles se rapportent à des chevaux sur l'arbre, l'équivalence entre puissance à l'échappement et puissance sur l'arbre supposant un rendement d'hélice de 80 %.

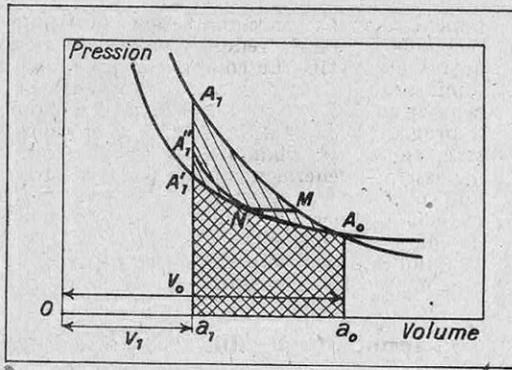


FIG. 4. — COMPRESSION ADIABATIQUE ET COMPRESSION ISOTHERME

Si l'on représente l'état d'une certaine masse de gaz par un point tel que  $A_0$ , dont l'abscisse est son volume  $V_0$  et l'ordonnée sa pression  $p_0$ , la compression adiabatique, c'est-à-dire sans échange de chaleur avec l'extérieur, jusqu'au volume  $V_1$ , est représentée par la courbe  $A_0A_1$ ; la compression isotherme, par la courbe  $A_0A'_1$ , située au-dessous, puisqu'on passe de la première à la deuxième en enlevant au gaz la chaleur acquise pendant la compression, donc en diminuant sa température et, par suite, sa pression à volume donné. Le travail de compression qui est, à chaque instant, le produit de la pression par la diminution de volume, est représenté pour la compression adiabatique par l'aire du trapèze curviligne simplement hachuré  $a_0A_0A_1a_1$ , et, pour la compression isotherme, par celle du trapèze curviligne doublement hachuré  $a_0A_0A'_1a_1$ . La compression isotherme n'est qu'une limite théoriquement désirable; on se contente de refroidissements discontinus d'autant plus nombreux que le taux de compression est plus élevé. Avec un seul, l'évolution du gaz serait représenté par la courbe  $A_0MNA'_1$ .

### Le réchauffeur d'air

L'idée d'utiliser la chaleur de l'échappement est contemporaine, a-t-on dit, des premières réalisations de Holzwarth. C'est certainement le plus intéressant des perfectionnements qu'on puisse apporter à la turbine à gaz, et c'est pourquoi il est apparu le premier dans les applications à l'avion, où l'on n'a pas coutume de consacrer du poids et du volume à des améliorations d'intérêt discutable.

A la différence du refroidissement en cours de compression et de la combustion fractionnée en cours de détente, le réchauffage de l'air par les gaz d'échappement ayant son introduction dans la première chambre de combustion est d'un intérêt évident. Tout est bénéfique, abstraction faite du poids, du volume et du coût du réchauff-

feur d'air et des pertes de charge dans le circuit. Mais les nombreuses expériences d'échangeurs similaires, tels que les économiseurs de chaudières, ont montré que le gain réalisable l'emportait de beaucoup sur ces quelques inconvénients.

Le dimensionnement du réchauffeur d'air pose d'intéressants problèmes, assez différents sur la turbine à gaz et sur les autres applications qu'on peut en faire.

Toutes choses égales d'ailleurs, puissance de la machine, rendement du compresseur, rendement de la turbine, température admissible pour les aubages... le rendement thermique global d'une turbine à gaz est fonction du taux de compression choisi. Il est évidemment nul ou très faible si ce taux est lui-même nul ou très faible; on conçoit aisément qu'il redevienne très faible ou nul aux compressions adiabatiques suffisantes pour élever à elles seules la température de l'air au voisinage de la température admissible pour les aubages, et même aux compressions isothermes de même taux où l'on évacue en pure perte la chaleur de compression. Donc le rendement de la turbine à gaz passe par un maximum pour un certain taux de compression, assez faible, et variant en général entre 4 et 6. La courbe 1 de la figure 10, qui se rapporte aux meilleurs rendements à espérer d'une turbine de 1 000 kW, avec gaz à 600° C à l'entrée de la turbine, sans refroidissement d'air en cours de compression, ni combustion étagée, indique un rendement maximum d'environ 19 p. 100 pour un taux de compression voisin de 5.

Si l'on ajoute un réchauffeur d'air à une telle turbine, le rendement maximum va augmenter. Il croît très rapidement d'abord en même temps que la surface du réchauffeur, plus lentement ensuite, car les surfaces ajoutées deviennent de moins en moins utiles. Comme dans tous les problèmes de dimensionnement d'échangeurs, la recherche de l'économie maximum, tenu compte

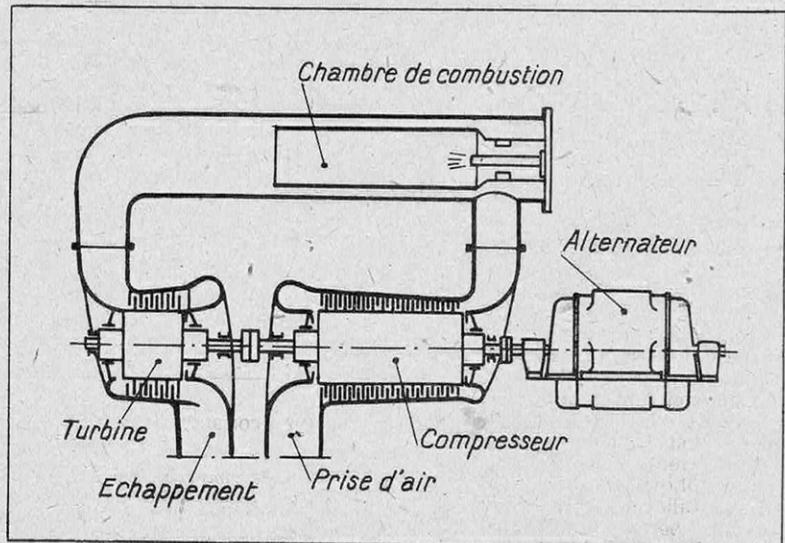


FIG. 5. — UNE TURBINE A COMBUSTION SIMPLE

L'air pénètre dans le compresseur, est réchauffé dans la chambre de combustion, puis détendu dans la turbine, d'où il s'échappe dans l'atmosphère. La puissance utile est supposée appliquée à la conduite d'un alternateur. Le groupe demande un moteur de lancement non représenté.

du prix du combustible, de l'intérêt et de l'amortissement de l'installation, des répercussions sur le poids et le volume de l'appareil moteur s'il est destiné à un engin de transport... fixe la surface optimum d'échange et le rendement pratiquement accessible. L'économie est considérable; le rendement maximum pratique dépasse légèrement 30 p. 100 pour les installations fixes; il reste au voisinage de ce chiffre pour les installations mobiles terrestres ou marines; il dépasse encore largement 25 p. 100 sur la plupart des avions, où l'on est limité par le poids et la place disponibles.

Il faut noter un point intéressant, particulier à la turbine à gaz, qui ressort des courbes de rendement de la figure 10, et qui est l'abaissement du taux de compression optimum à mesure que la surface du réchauffeur augmente. Ce résultat s'explique aisément. Aux taux de compression voisins de 5 qui conviennent à la turbine sans réchauffeur, l'élévation de température de l'air due à sa compression adiabatique réduit le rôle du réchauffeur; il y a intérêt à admettre un taux de compression plus faible qui permet à l'air d'arriver à la chambre de combustion avec plus de chaleur empruntée à l'échappement et moins à l'énergie mécanique fournie par le compresseur. Le taux de compression optimum baisse très notablement; il ne dépasse guère 2,5 sur les installations fixes ou mobiles autres que l'avion, mais au détriment évident de la puissance masquée de la machine.

L'intérêt du réchauffeur d'air est indiscutable sur les installations terrestres fixes, sur les locomotives, sur les navires; ses premières applications aéronautiques en sont la meilleure preuve. Il s'imposera de même, en aviation, sur tous les turbopropulseurs destinés aux appareils civils et aux appareils militaires à grand rayon d'action, où une économie de plus d'un quart sur la consommation paye largement le supplément de poids et d'encombrement du moteur. Sur les turbopropulseurs pour appareils militaires à court rayon d'action, comme sur les turboréacteurs, son adoption se discute. La difficulté n'est pas tant le poids et l'encombrement du réchauffeur, qui justifieraient simplement la réduction de ses dimensions et non sa suppression; c'est plutôt l'inversion du circuit d'air à grande vitesse, qui complique beaucoup l'installation et provoque une perte de charge notable, si réduit que soit le réchauffeur.

Comme on l'a fait observer à propos de la compression isotherme et de la combustion fractionnée, l'abais-

sement du taux de compression, favorable au réchauffeur d'air, réduit l'intérêt des deux autres dispositifs. Le compromis qui s'imposera diminuera vraisemblablement l'importance de ceux-ci au bénéfice du réchauffeur d'air, qui est le progrès fondamental. Les étages de compression, comme les chambres de combustion, ne dépasseront généralement pas deux. L'ensemble doit pouvoir s'adapter à l'avion, pour peu que la technique aéronautique fasse la preuve de son ingéniosité habituelle, et laisse les autres techniques placer côte à côte les organes de la machine en les réunissant par de longs tuyaux-tages.

### Les applications militaires de la turbine à gaz

Avant d'apparaître comme moteur de propulsion, la turbine à gaz a débuté dans un certain nombre d'applications où sa supériorité était indiscutable. Telles sont les chaudières à vapeur à combustion sous pression, où l'air passe successivement dans un compresseur, dans la chaudière et dans la turbine qui entraîne le compresseur; les soufflantes pour hauts fourneaux; la régénération des catalyseurs dans le procédé de cracking Houdry, où l'on brûle sous pression les dépôts de goudron et de coke qui encrassent le catalyseur en récupérant les produits de la combustion dans une turbine à gaz. Dans ces applications, la turbine à gaz s'impose en dehors de toute question de rendement, ou bien elle surclasse même en rendement les moteurs thermiques concurrents; elle permet par exemple

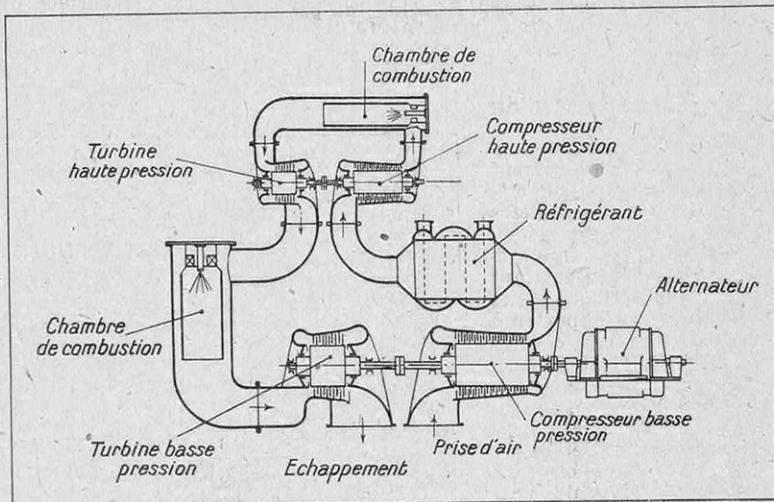


FIG. 6. — TURBINE A COMBUSTION AVEC COMPRESSION ET COMBUSTION FRACTIONNÉES EN DEUX ÉTAGES.

L'air pénètre dans le compresseur à basse pression; il passe dans un réfrigérant avant d'être envoyé dans le compresseur haute pression; il est ensuite réchauffé dans une première chambre de combustion, détendu dans une turbine haute pression, réchauffé à nouveau dans une deuxième chambre de combustion, détendu enfin dans une turbine basse pression d'où il s'échappe dans l'atmosphère. La puissance utile est supposée appliquée à un alternateur. Le groupe demande au moins un moteur de lancement, non représenté, sur l'un des arbres haute pression ou basse pression, l'autre pouvant à la rigueur être lancé directement par la turbine. Le réfrigérant d'air est alimenté par un circuit d'air frais ou, mieux, d'eau. Un seul alternateur suffit, monté sur l'un des groupes basse pression ou haute pression, les taux de compression et de détente étant réglés pour que l'autre groupe ait une puissance utile nulle.

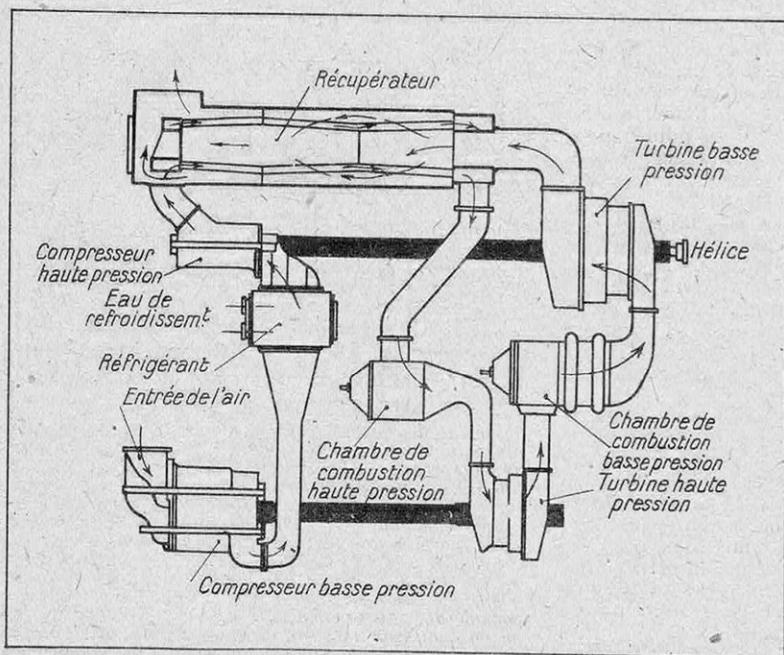


FIG. 7. — SCHEMA D'UN APPAREIL MOTEUR MARIN POUR TURBINE A GAZ

Ce dispositif a été étudié et réalisé aux États-Unis par la Société Elliott. Sa puissance nominale est de 2 500 ch. On voit que l'air est comprimé en deux étages, avec refroidissement intermédiaire. A la sortie du deuxième compresseur, il est réchauffé par les gaz d'échappement. La combustion est fractionnée dans deux chambres alimentant deux turbines. La turbine haute pression entraîne le compresseur basse pression ; la turbine basse pression entraîne le compresseur haute pression et l'hélice du navire. Le rendement de l'ensemble atteignait, aux essais de 1942, 29 %. Il a été amélioré depuis.

Diesel reprenant son avantage sur les très longs parcours. Plusieurs commandes ont été placées aux spécialistes de la turbine à gaz, notamment une centrale électrique de 10 000 kW chez Brown-Boveri, divers appareils propulsifs de navires pour les États-Unis chez Sulzer, Escher Wyss, The Elliott Cy. Ces constructeurs annoncent des rendements thermiques de 30 à 32 p. 100, tout à fait remarquables si l'on tient compte de la nature du combustible, moins coûteux que le gas-oil pour Diesel, de l'absence presque complète de graissage, de la simplicité et de l'endurance probables.

Les applications militaires de la turbine à gaz présentent un caractère commun qui aurait déjà dû les faire classer dans les applications privilégiées du genre de celles où elle donne satisfaction depuis une douzaine d'années.

La puissance demandée la plupart du temps à un appareil de propul-

une économie de 20 p. 100 par rapport à la machine à gaz à piston ou à l'installation à vapeur dans le cas des hauts fourneaux. Son endurance a déjà la sanction d'une longue expérience ; la première chaudière à combustion sous pression a été installée en France voici plus de douze ans, et a fonctionné annuellement pendant sept mille heures.

La turbine à gaz va certainement étendre très vite son champ d'application. Citons, parmi les progrès prochains, la centrale électrique de moyenne puissance, la vapeur à très haute pression et très forte surchauffe continuant à se réserver les unités à grande puissance ; la propulsion des navires de commerce où elle s'imposera vraisemblablement pour les traversées courtes et moyennes, le

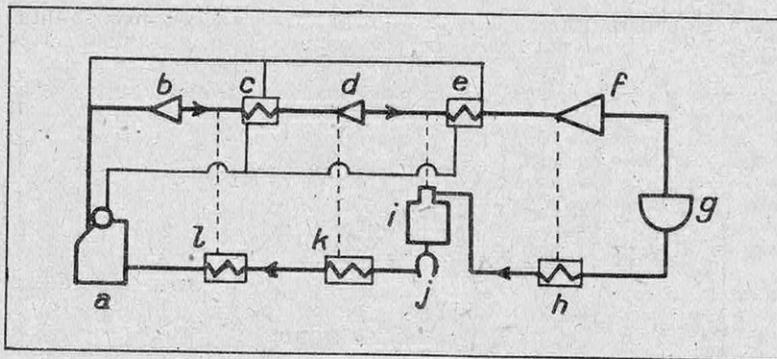


FIG. 8. — UN EXEMPLE DE SURCHAUFFE INTERMÉDIAIRE ET DE RÉCHAUFFAGE FRACTIONNÉ : LE CIRCUIT DE VAPEUR DU CARGO ULTRAMODERNE « VENORE »

La vapeur est produite à 105 kg/cm<sup>2</sup> et 400° C par la chaudière a ; elle passe successivement dans un corps de turbine à haute pression b, à moyenne pression d, à basse pression f, après avoir été resurchauffée dans deux surchauffeurs intermédiaires c et e, alimentés eux-mêmes en vapeur vive. Après condensation dans le condenseur g, elle est renvoyée à la chaudière au travers de quatre réchauffeurs alimentaires h, i, k, l, alimentés par quatre soutirages de vapeur. Le réchauffeur i fait office de désaérateur et reçoit l'échappement de la pompe alimentaire j. Cette installation est exceptionnellement compliquée pour un cargo, mais elle permet d'abaisser la consommation à 228 g de mazout par ch-h, tous auxiliaires compris. Elle s'explique par les caractéristiques du « Venore » qui est un porteur de minerais de la Ore Steamship Corporation, spécialisé dans le transport du minerai du Chili aux États-Unis. Son port en lourd est de 24 250 t ; son déplacement en charge de 32 450 t ; sa vitesse de 17 nœuds pour une puissance normale de 11 000 ch sur un seul arbre. Le navire a fait ses essais en juillet 1945.

sion à usage civil est une fraction assez élevée de sa puissance maximum. Le choix d'un moteur inutilement puissant serait un erreur, aussi bien quant au prix d'achat au poids et à l'encombrement qu'à la consommation. La locomotive pour trains rapides n'a pas à être établie pour donner sa vitesse maximum en côte; on accepte très bien que la vitesse tombe dès que la rampe est un peu forte. La puissance de croisière du moteur d'avion est de 60 à 70 p. 100 de sa puissance maximum; ce serait une erreur de programme, quelquefois commise d'ailleurs, que de réclamer une vitesse de croisière de 350 km/h pour un avion qu'on exploite ensuite à 300 km/h. L'écart entre la puissance maximum et la puissance de croisière est moindre encore pour le navire de commerce, qui ne pose aucun problème de vitesse en côte ou de longueur de décollage.

Au contraire, sur tous les véhicules à usage militaire, qu'il s'agisse du char, du navire ou de l'avion, la différence entre la puissance maximum et la puissance de croisière est très élevée. Le moteur du char n'est pas calculé pour la vitesse maximum sur route, encore moins pour la vitesse moyenne en convoi, mais bien pour les démarrages à grande accélération, la montée des côtes à très forte pente, pour toutes les circonstances du combat où le sort de l'engin blindé et celui de son équipage dépendent de quelques secondes en plus ou en moins à être soumis au feu de l'adversaire. Le croiseur qui réclame 150 000 ch pour faire 35 nœuds se contente d'une puissance vingt fois plus faible pour naviguer à l'allure économique. L'avion de chasse d'hier à 650 km/h, celui d'aujourd'hui à 900 km/h s'accommoderaient fort bien d'une vitesse deux à trois fois moindre, donc d'une puissance huit à vingt-sept fois plus petite pour leur vitesse de rayon d'action le plus élevé, si la consommation à une fraction aussi faible de la puissance maximum ne supprimait la plus grande part du bénéfice escompté.

D'une manière générale, c'est par cette augmentation de consommation que se traduit,

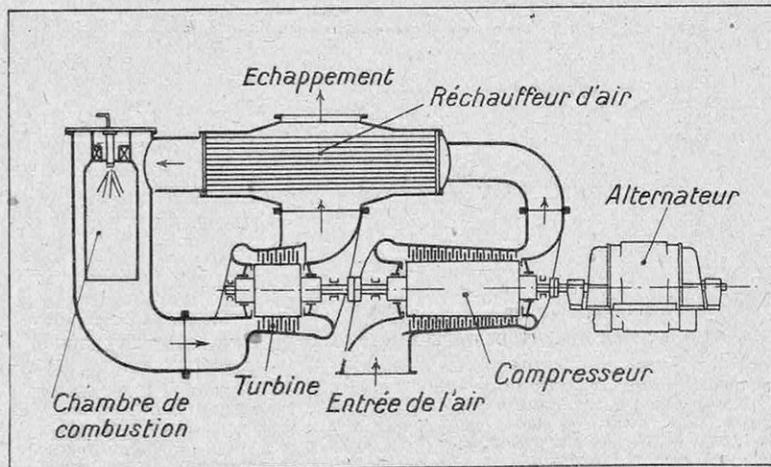


FIG. 9. — TURBINE A COMBUSTION AVEC RÉCHAUFFEUR D'AIR

L'air pénètre dans le compresseur, passe dans le réchauffeur d'air, puis dans la chambre de combustion; il est détendu dans la turbine et alimente le réchauffeur d'air où il cède une partie de sa chaleur à l'air frais avant de s'échapper dans l'atmosphère. La puissance utile est supposée appliquée à la conduite d'un alternateur. Le groupe demande un moteur de lancement non représenté.

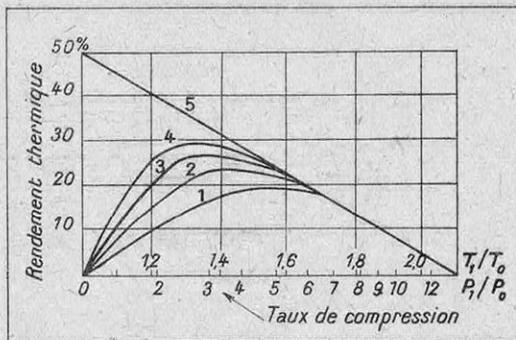


FIG. 10. — RENDEMENT THERMIQUE DE LA TURBINE A GAZ AVEC ET SANS RÉCHAUFFEUR D'AIR

Le réseau de courbes représente le rendement thermique d'une turbine à gaz de 1 000 kW en fonction du taux de compression (graduation inférieure de l'axe des abscisses) ou du rapport correspondant des températures absolues (graduation supérieure), pour une température de 600° C à l'entrée de la turbine. La courbe 1 se rapporte à une turbine sans réchauffeur d'air; les courbes 2, 3 et 4, à des turbines avec réchauffeur d'air de 0,5, 1 et 2 m<sup>2</sup> de surface par kW; la droite 5, à une surface d'échange infinie. On notera l'augmentation considérable du rendement maximum, de 19 à 29 % en passant de 1 à 4; son décalage vers les faibles taux de compression à mesure que la surface du réchauffeur augmente; la possibilité de rendements dépassant largement ceux du Diesel avec de très grandes surfaces d'échange, possibilité qui reste d'ailleurs toute théorique en raison du coût du réchauffeur et de la turbine (diminution de puissance massique). Néanmoins, les rendements thermiques de l'ordre de 30 % d'une turbine sont plus avantageux que ceux de 38 à 40 % d'un Diesel, si l'on tient compte de la différence de prix entre le gas-oil qu'exige celui-ci et le fuel-oil qu'accepte celle-là, comme de la suppression presque totale des frais de graissage qui varient entre 10 et 20 % du coût du combustible sur un Diesel.

sur les engins militaires, la sujétion d'une puissance maximum très supérieure à la puissance de croisière. Ils participent, en l'exagérant encore, du défaut de l'automobile où le moteur des voitures puissantes, choisi pour la vitesse maximum, les reprises, la montée des côtes sans changement de vitesse, présente une consommation élevée en palier à vitesse modérée. C'est la raison des machines spéciales de croisière admises sur la plupart des navires de guerre en vue d'améliorer le rayon d'action; elles n'ont pas encore pénétré sur le char et sur l'avion.

La turbine à gaz à réchauffeur d'air échappe en partie à cette difficulté. On peut en juger d'après la consommation spécifique du Bristol « Theseus I », qui est de 257 g/ch-h au sol, pour 2 350 ch, et de

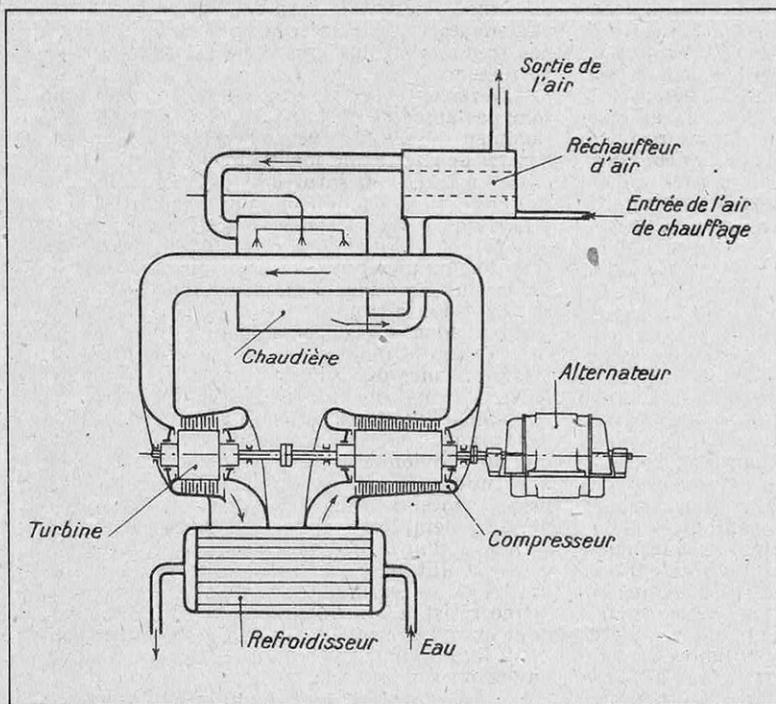


FIG. 11. — TURBINE A GAZ A CIRCUIT FERMÉ ESCHER WYSS

Dans la turbine à circuit fermé, le gaz, qui peut être soit de l'air, soit de l'hydrogène, de caractéristiques préférables, est comprimé par le compresseur, réchauffé dans une chaudière, détendu dans la turbine et refroidi dans le refroidisseur avant son retour au compresseur. L'air de chauffage passe dans un réchauffeur d'air, puis dans la chaudière, et sort après avoir servi au réchauffage de l'air frais. L'eau de refroidissement joue exactement le même rôle que celui de la circulation dans le condenseur d'une machine à vapeur. L'avantage du circuit fermé est de pouvoir utiliser un gaz sous pression, donc une turbine et un compresseur beaucoup moins encombrants à puissance égale, ainsi qu'un combustible quelconque. Par contre, la chaudière est beaucoup plus encombrante et moins endurante qu'une chambre de combustion. La turbine à gaz en circuit fermé est une transposition, avec turbo-machine, de la « machine à air chaud » connue depuis un siècle et détrônée par les différents moteurs à gaz, à explosions et à combustion, tous à circuit ouvert. Si elle n'a pas encore les références de la turbine à circuit ouvert et si son principe interdit certaines applications, à l'aviation en particulier, son rendement promet d'être intéressant. Il n'est pas exclu qu'elle soit une concurrente sérieuse pour la première. Une variante de cette disposition est étudiée, aux États-Unis, par Westinghouse.

210 g/ch-h à 12 000 m, pour 800 ch. Il ne faut d'ailleurs pas comparer ces chiffres sans oublier que la baisse de puissance est liée à la réduction de pression ambiante et non à celle du taux de compression, ni la baisse de température en altitude qui explique, pour une même température à l'entrée de la turbine, un gain de rendement de 20 à 25 p. 100.

Cependant, la turbine à gaz a l'avantage de son réchauffeur d'air, dont l'action sur le rendement est représentée par les courbes de la figure 10. Sur les réalisations à usage militaire, les exigences de poids et de l'encombrement imposeront des réchauffeurs beaucoup moins largement dimensionnés qu'à terre, où la seule limite est le coût des immobilisations. Admettons par exemple qu'on accepte le réchauffeur de la courbe 2 (fig. 10) à 0,5 m<sup>2</sup> de surface par kilowatt, qui ne permet pas de dépasser le rendement de 24 p. 100, au lieu du réchauffeur de la courbe 4, à 2 m<sup>2</sup> par kilowatt, qui permet d'atteindre le rendement de 29 p.

100. Lorsque la puissance demandée à la turbine tombe au quart, tout se passe comme si la surface d'échange du réchauffeur était multipliée par quatre. On ne tirera pleinement parti de cet avantage que si le réchauffeur est composé de plusieurs éléments traversés en parallèle à forte charge et en série à faible charge. Cependant, même avec un seul élément, le réchauffage de l'air est notablement accru à faible charge. Sur la turbine Elliott pour cargo de la figure 7, l'air passe de 160° C à 386° C dans le réchauffeur à pleine charge, et de 62° C à 468° C au cinquième de la puissance, pour une température à l'entrée de la turbine, haute pression d'environ 675° C.

Sans entrer dans le détail de la dimensionnement, on conclura que la turbine à gaz étudiée en vue de la meilleure consommation à puissance réduite comportera un réchauffeur d'air de faible volume ; qu'elle fonctionnera à grande puissance sous une pression légèrement supérieure à celle du maximum de rendement, entre 4 et 5 kg/cm<sup>2</sup> par exemple ; qu'elle fonctionnera à puissance réduite sous une pression inférieure à celle du maximum de rendement alors décalé vers les basses pressions, au voisinage de 2 kg/cm<sup>2</sup> par

exemple ; que le régime sera réduit, au bénéfice de l'adaptation du compresseur et de la turbine, en tenant compte des caractéristiques du récepteur, en faisant appel, au besoin, à l'hélice à pas variable et au changement de vitesse.

Sur le char comme sur l'avion, la disposition générale de la turbine à gaz, et l'encombrement relatif du réchauffeur, ne doivent guère différer de la réalisation Bristol. Il n'y a pas de raisons sérieuses pour qu'il en soit autrement sur le navire de guerre. Cependant, une longue expérience montre que les marines, disposant à bord de leurs bâtiments d'une place inconnue sur les autres véhicules, n'aiment guère les échangeurs à très grandes vitesses de fluide. Elles donnent leur préférence à ceux qui ont la sanction d'un long service sur navires de commerce, qui ont eux-mêmes beaucoup de ressemblance avec ceux qu'on emploie à terre. Quelquefois, le poids et l'encombrement des échangeurs type terrestre sont par trop élevés pour qu'ils soient introduits sur un navire. On préfère alors s'en passer plutôt

que d'accepter un appareil jugé insuffisamment endurant, et le radiateur d'air type aviation n'est pas près d'avoir accès dans les chaufferies de bord comme économiseur. Aussi ne doit-on pas compter que la turbine à gaz genre « Theseus I », avec ses 1 000 ch au mètre cube, soit admise telle quelle en marine, tant que l'on croira pouvoir affecter sans inconvénient quelques compartiments de plusieurs milliers de mètres cubes chacun au logement d'un appareil propulsif. Elle prendra plutôt l'aspect des installations pour centrales ou pour cargos, jusqu'à ce qu'elle s'introduise par le détour de la vedette grossie à la taille d'un grand bâtiment.

### Rendement et complication

Depuis la machine à vapeur de Watt, le moteur à explosions d'Otto, la turbine de Laval, le progrès des moteurs thermiques a toujours eu la complication pour rançon. Le condenseur, la double, triple et quadruple expansion, les surchauffeurs intermédiaires, les soutirages de vapeur pour réchauffage de l'eau d'alimentation, les turbines d'échappement combinées aux machines à vapeur, les turbines à plusieurs étages, puis plusieurs corps, les réducteurs à engrenages sont venus s'ajouter à la machine et à la turbine simples du début ; les économiseurs, surchauffeurs et réchauffeurs d'air ont complété la chaudière ; d'innombrables auxiliaires desservent ces ensembles, au point qu'il faut aujourd'hui une certaine expérience, lorsqu'on pénètre

dans une chambre de bord équipée en turbines à engrenages, pour trouver la « machine » qui n'est pas toujours le plus gros appareil de cet enchevêtrement.

Assurément, tous ces perfectionnements ne sont pas acceptés partout avec la même facilité. Combien de navires de commerce et même de navires de guerre qualifiés de modernes marchent encore à la vapeur saturée à faible pression, en brûlant leurs cheminées par leurs fumées, plutôt que d'accepter des surchauffeurs, économiseurs et réchauffeurs d'air, jugés beaucoup trop compliqués pour un appareil propulsif de bord dont les qualités principales doivent être, affirme-t-on, la simplicité et l'endurance !

La turbine à gaz n'échappera ni à la loi qui subordonne le rendement à la complication, ni à la résistance des amateurs de simplicité. Elle fera la preuve que la simplicité, qui sacrifie le rendement, n'est pas la condition nécessaire de l'endurance ; elle l'a même déjà faite. Mais le moteur d'avion à explosions avait aussi révélé une endurance très supérieure à celle de nombreux moteurs « marins » pour vedettes, ou moteurs demi-lourds pour chars, sans réussir à s'imposer d'une manière générale dans les applications militaires, terrestres ou navales. Il faudra donc vraisemblablement s'attendre à la même résistance à l'égard de la turbine à gaz, dont on exigera qu'elle ait fait ses preuves pendant dix ou vingt ans avant de l'accepter sur un navire ou sur un char.

Camille ROUGERON.

La colchicine (poison violent extrait du colchique) possède la propriété d'arrêter la division cellulaire (mitose) au stade où les chromosomes se sont divisés, mais non le cytoplasme, avec ce résultat qu'il s'est formé une cellule possédant un jeu de chromosomes double de la normale (cellule tétraploïde). On sait (1) que les chromosomes sont les porteurs des gènes qui déterminent les caractères des êtres vivants hérités de leurs ascendants ; ces gènes se trouvant ainsi doublés, il faut s'attendre à ce que, chez les organismes traités, ces caractères se trouvent fortement accusés. Récemment W.-W. Gordon et J.-A. McKechnie ont eu l'idée d'expérimenter l'action de la colchicine sur le *Penicillium notatum*, ce champignon producteur de la précieuse pénicilline. A cet effet, ils en conservent des spores pendant quatorze jours à basse température dans une solution contenant 0,2 % de colchicine. Ils observent alors la formation de cultures géantes, mélanges de tétraploïdes, octoploïdes (quatre jeux de chromosomes) et même doubles octoploïdes (huit jeux de chromosomes). Ces cultures accusent une plus grande vigueur de croissance, une résistance accrue aux variations de température et du degré d'acidité du milieu de culture, une maturation plus rapide et, ce qui présente un intérêt capital, un rendement en pénicilline de beaucoup supérieur (six ou huit fois) à celui des cultures diploïdes normales. Les avantages pratiques de la polyploïdie du *Penicillium* apparaissent très grands. Tout d'abord, la vitesse de culture permettra une plus grande production pour un même nombre de récipients et la possibilité d'opérer à un degré d'acidité initial plus grand retarde la destruction spontanée de la pénicilline lorsque, la culture progressant, la solution tend à devenir alcaline. Il serait possible ainsi d'attendre que s'établissent des teneurs élevées, d'où une simplification appréciable de l'appareillage de concentration.

(1) Voir : « La Science de l'hérédité » (*Science et Vie* n° 279, novembre 1940).

# LE TYPHUS EXANTHÉMATIQUE

par L.-C. BRUMPT

Chef de Clinique médicale

*Les guerres ont toujours apporté une recrudescence des maladies et ont été généralement suivies d'épidémies plus ou moins dévastatrices. A notre époque, il était un danger qui, heureusement, a pu être conjuré. C'est le typhus exanthématique qui sévissait en Allemagne. Il était à craindre qu'il ne se propageât, utilisant pour cela les vastes déplacements de population, tels le rapatriement des déportés ou l'émigration de nombreux Polonais et Allemands. Grâce à l'application d'une prophylaxie sévère, la France n'a pas eu à redouter cette épidémie. Elle s'est limitée, pour Paris, à 150 cas importés. Il est bon cependant de connaître le processus de cette maladie, et les mesures prophylactiques exigées. Celles-ci peuvent paraître assez strictes ; mais que sont ces inconvénients devant la menace d'une maladie dont la mortalité, dans une population non prémunie, pourrait atteindre 30 à 40 % ?*

**D**ANS un pays comme la France qui se pique d'aimer la liberté, il est très difficile d'appliquer brutalement les mesures prophylactiques draconiennes nécessitées par une épidémie de typhus exanthématique.

La compréhension et l'exécution de ces mesures sont facilitées si le médecin se préoccupe de l'instruction préalable du grand public ; celui-ci, au lieu de subir des brimades dont il ne saisit pas l'intérêt, doit être appelé au contraire à collaborer à une œuvre épidémiologique, dont il apprécie la portée.

## Le typhus dans l'histoire

Le typhus exanthématique est encore appelé typhus historique parce qu'on trouve sa trace dans tous les événements importants de l'histoire. La première épidémie, dont la description n'est pas douteuse, fut signalée en 1489 au siège de Grenade, où 17 000 hommes périrent dans les armées de Ferdinand et d'Isabelle la Catholique. Ensuite on retrouve le typhus dans les campagnes d'Italie en 1505 et 1550, en Hongrie en 1553 et, en général, dans toutes les guerres et tous les sièges, chez les assiégeants comme chez les assiégés. La campagne de Napoléon en Russie connut des épidémies effroyables. A Vilna, sur 30 000 prisonniers, 25 000 moururent. Pendant la retraite, le typhus fit de nouveaux ravages et les soldats de la Grande Armée le rapportèrent en France.

Pendant la guerre de 1914-1918, les épidémies de Serbie, de Pologne, d'Autriche, de Russie et de Roumanie, ont souvent fait plus de victimes que les armes à feu.

Au cours de la dernière guerre, le typhus s'est manifesté en Allemagne, dans les camps de prisonniers russes et dans les régions de Pologne et de Russie occupées par les troupes allemandes. Pendant l'hiver de 1944-1945, les déplacements des travailleurs de l'organisation Todt, nécessités par la construction hâtive d'ouvrages défensifs, répandirent la maladie. La population civile allemande fut contaminée dans les abris

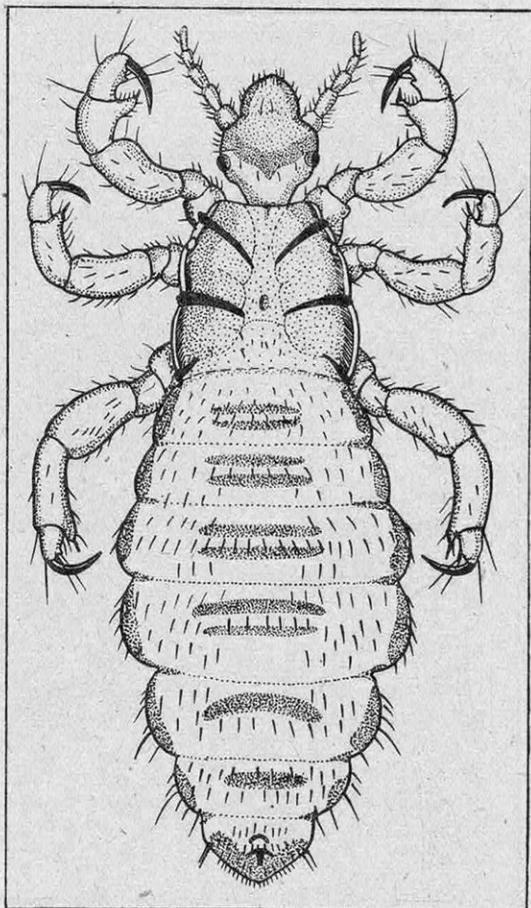


FIG. 1. — LE POU DU CORPS, AGENT DE DIFFUSION DU TYPHUS

contre les bombardements aériens. Les camps de prisonniers de guerre furent généralement épargnés ; par contre, le typhus fit de terribles ravages dans les camps de déportés politiques. Le rapatriement des Français posa en 1945 des questions sanitaires très délicates. Le retour des porteurs de germes risquait d'implanter le typhus dans la population française qui constituait un « terrain neuf » extrêmement réceptif. Le problème fut résolu, malgré la pénurie de moyens matériels, grâce à l'instruction et à la vigilance du corps médical français.

### Causes déterminantes et favorisantes

Le typhus exanthématique est une maladie

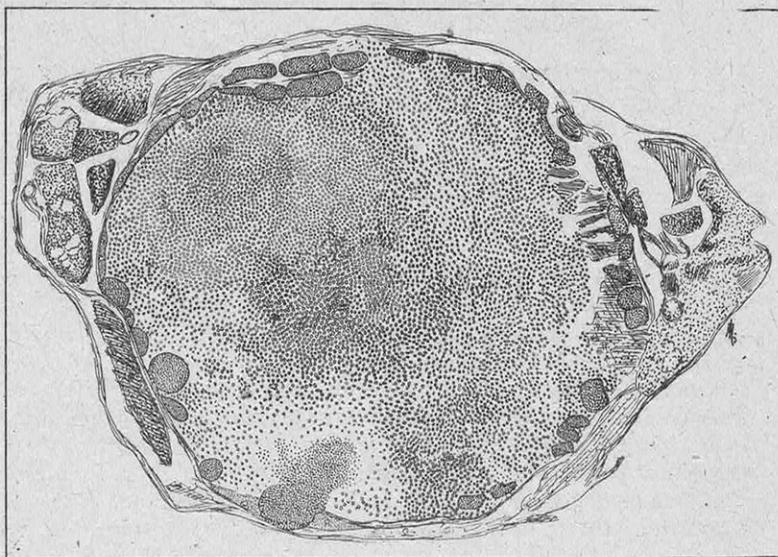


FIG. 2. — COUPE TRANSVERSALE D'UN POU

On aperçoit dans la cavité centrale les globules sanguins ingérés par l'insecte. A la périphérie, les cellules parasitées par les Rickettsies sont gonflées et l'une d'elles s'ouvre, libérant les germes néfastes dans le tube digestif.

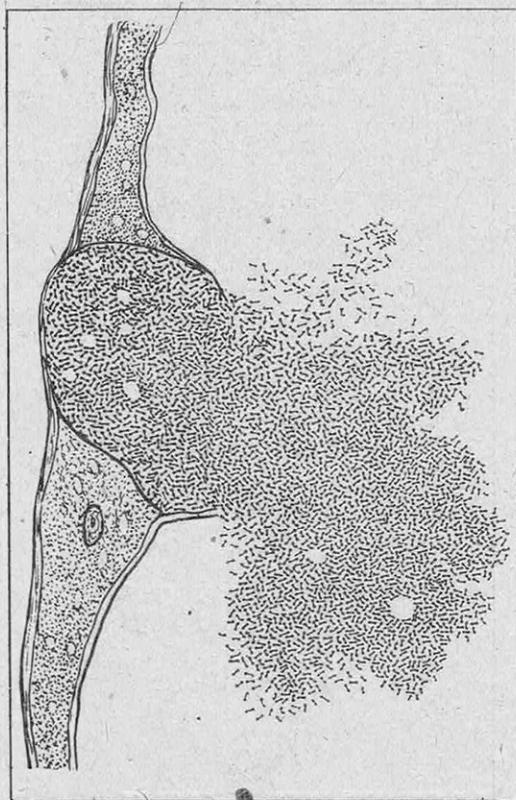


FIG. 3. — DÉTAIL D'UNE CELLULE DU REVÊTEMENT STOMACAL DU POU PARASITÉE PAR LES RICKETTSIES

infectieuse cosmopolite, déterminée par un micro-organisme appelé *Rickettsia Prowaseki* du nom de Ricketts, savant américain, et de von Prowasek, savant allemand, qui en sont morts au cours de leurs recherches. Ce germe est assez voisin des bactéries ; mais il ne se cultive pas comme ces dernières ; il vit au contraire comme un parasite dans le protoplasme des cellules, aussi bien dans les cellules endothéliales de l'homme malade que dans les cellules épithéliales de l'intestin du pou.

Le pou est, en effet, le vecteur du typhus historique ; son rôle a été démontré en 1909, à Tunis, par le grand savant français Charles Nicolle. Le pou de corps est plus dangereux que le pou de tête ; il vit dans les vêtements où se trouve réalisé son optimum de température de 32° C ; la température trop élevée du fébricitant le fait fuir sur les sujets sains ; il dépose ses œufs, ou lentes, au niveau des plis et des coutures des vêtements et ne se rend sur le corps que pour se nourrir, c'est-à-dire environ toutes les quatre heures. C'est en aspirant le sang d'un malade en période fébrile que le pou s'infecte. Les rickettsies pénètrent dans les cellules intestinales de l'insecte et se multiplient si bien que les cellules parasitées éclatent. Les germes tombent alors dans l'intestin et sont éliminés avec les déjections du pou. Ce n'est pas la piqûre de l'insecte qui est dangereuse, car les glandes salivaires ne contiennent pas de rickettsies, mais plus exactement la souillure de la plaie par les déjections virulentes. Il est formellement recommandé d'éviter le grattage parce qu'il crée des lésions cutanées ; il risque d'écraser le pou et ensuite les doigts souillés peuvent porter l'infection au niveau des muqueuses oculaire, nasale ou buccale.

En plus des causes déterminantes du typhus

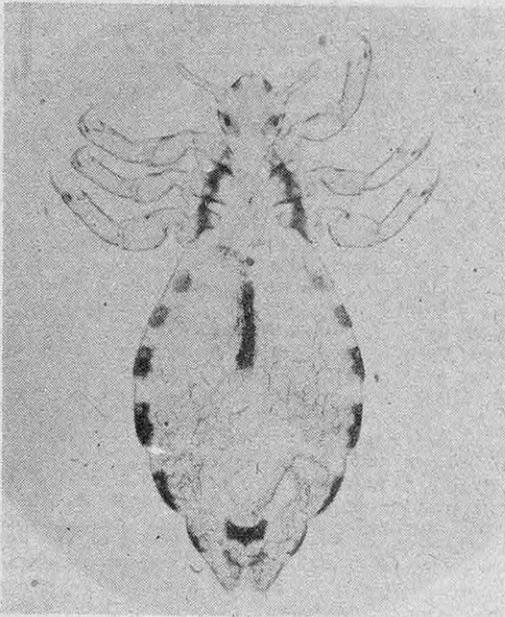


FIG. 4. — UN POU DE VÊTEMENTS, GROSSI VINGT FOIS AU MICROSCOPE  
Photo Jeantet, Institut Pasteur.

que sont le germe et son vecteur, on doit compter avec les causes favorisantes. Celles-ci interviennent soit en favorisant la pullulation des poux, soit en augmentant la réceptivité humaine. En premier lieu, il faut insister sur le rôle du froid ; le typhus est une maladie d'hiver et de printemps qui sévit à l'état endémo-épidémique dans les pays où l'hiver est rigoureux : Europe et Asie centrales, hauts plateaux du Thibet et des Andes, chaîne de l'Atlas, etc. Le manque de savon et de vêtements de rechange, la misère, la saleté, la promiscuité et l'encombrement favorisent le typhus exanthématique, que l'on appelle aussi typhus des camps et typhus des prisons. Parmi les causes favorisant la réceptivité de l'homme, le froid joue encore un rôle capital avec la famine, la carence en vitamines, les infections associées et la dépression morale.

Les guerres réalisent la somme de toutes ces causes secondes et le médecin français Jaquot a dit : « Le typhus est vieux comme les

grandes querelles des nations ; il s'attache aux pas du vainqueur comme aux pas du vaincu. Triomphantes ou en fuite, les armées le portent avec elles et le sèment au milieu des populations fixées sur leurs parcours. »

### Les symptômes du typhus

Après une incubation silencieuse de douze jours, la maladie débute brusquement comme une grippe, par de la fièvre, des maux de tête et des courbatures généralisées. La température persiste en plateau à 40° C tandis qu'apparaissent les deux symptômes majeurs, l'éruption le cinquième jour, et ensuite le *tuphos*.

L'éruption ressemble à celle de la rougeole ; mais, au contraire de celle-ci, respecte la face et le cou.

Le *tuphos*, d'un mot grec qui veut dire prostration, donne au malade un aspect très caractéristique ; inerte, indifférent à ce qui l'entoure, somnolent, il semble vivre un rêve profond ; la surdité l'isole encore plus du monde extérieur ; on arrive difficilement à obtenir une réponse, à lui faire tirer la langue hors de la bouche. Souvent, il ébauche des mouvements incertains et, vers le soir, commence à délirer ; c'est un délire parfois calme, d'autres fois violent, accompagné d'hallucinations. Le typhique cherche à se lever, pourrait même se suicider, ce qui oblige à le veiller constamment.

Dans 30 % des cas environ, l'évolution se fait vers la mort, qui est généralement due à la défaillance cardiaque. Dans les cas qui guérissent, la température commence à tomber progressivement à partir du quatorzième jour ; le malade se réveille de sa torpeur et revient lentement à la vie.

Dans cette maladie redoutable, on peut dire que le malade doit la guérison plus à l'infirmière qu'au médecin. Les soins constants et attentifs



FIG. 5. — L'ÉPOUILLAGE OBLIGATOIRE PAR LE D. D. T. AU POSTE DE COBLENCE INSTALLÉ PAR L'ARMÉE AMÉRICAINE À L'USAGE DES CIVILS ALLEMANDS VOULANT FRANCHIR LE RHIN

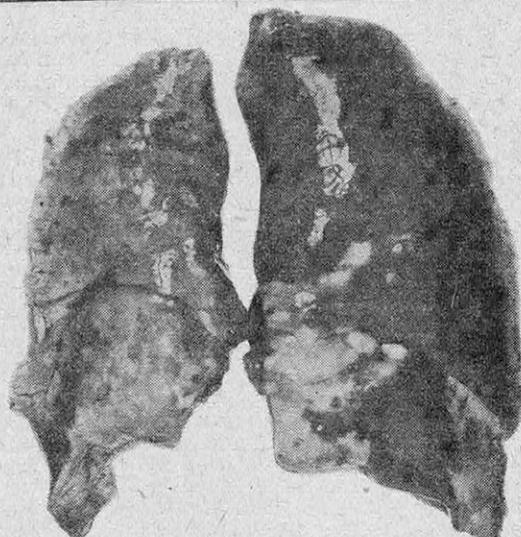


FIG. 6. — POUMON DE LAPIN INFECTÉ DE RICKETT-SIES DU TYPHUS ÉPIDÉMIQUE

Photo Jeantet, Institut Pasteur.

font plus que le traitement médicamenteux. La pénicilline elle-même est peu active et les sulfamides sont plutôt nuisibles.

Avouant son impuissance actuelle à guérir, le médecin doit chercher surtout à prévenir le typhus exanthématique. D'ores et déjà, l'on peut dire que d'immenses progrès ont été réalisés au cours de ces dernières années et que la prophylaxie du typhus semble résolue grâce aux vaccinations et aux poudres insecticides.

La prophylaxie du typhus consiste d'abord à protéger le sujet sain (prophylaxie individuelle) et ensuite à lutter contre le virus, qu'il se trouve chez le malade, l'insecte vecteur ou dans le milieu extérieur (prophylaxie générale).

#### La prophylaxie individuelle

Lorsqu'on se rend dans un pays d'endémie typhique, il faut dans la mesure du possible éviter le contact des pouilleux. En Afrique du Nord, pendant les épidémies, il est dangereux d'user des transports en commun, de se rendre au marché, au café maure, au hammam ou au cinéma. Il est prudent, en tout cas, de poudrer le corps et les vêtements avec les produits insecticides sur lesquels nous reviendrons.

Si l'on a été piqué par un pou ou que l'on ait vécu dans l'entourage d'un malade, l'injection de quelques centimètres cubes de sérum de convalescent de typhus peut procurer une protection de dix ou quinze jours.

Pour bénéficier d'une immunité de longue durée, il faut recourir à la vaccination. Depuis la Grande Guerre, les savants ont rivalisé d'ingéniosité pour préparer un vaccin à la fois actif, inoffensif, pratique, et peu coûteux. Les uns, comme le D<sup>r</sup> Blanc, de l'Institut Pasteur du Maroc, et le D<sup>r</sup> Laigret, de l'Institut Pasteur de Tunis, préconisent le *vaccin vivant* dont le principe est le suivant : on inocule au sujet que l'on veut préserver une variété spéciale de typhus, appelé *typhus murin* parce que le rat est le réservoir de virus. Or, ce typhus très bénin, comportant une mortalité pratiquement nulle,

protège contre le redoutable typhus historique grâce à un phénomène d'immunité croisée. Cette vaccination nécessite une seule injection, ce qui la rend commodément applicable à de grandes collectivités, aux populations d'Afrique du Nord par exemple.

Du point de vue de l'efficacité, il semble cependant que les *vaccins tués* doivent l'emporter sur les *vaccins vivants*. La grande difficulté dans leur préparation est l'impossibilité d'obtenir des rickettsies en culture abondante comme les bactéries ordinaires. Le savant polonais Weigl a préparé le premier un vaccin efficace en inoculant dans le rectum du pou une suspension de rickettsies qui cultivent *in vivo* dans les cellules intestinales de l'insecte. Celui-ci est sacrifié au bout de quelques jours, l'intestin est prélevé, broyé et phéniqué. Une seule dose de vaccin nécessite plusieurs centaines de poux. Ceux-ci ne peuvent être élevés que sur des hommes déjà immunisés contre le typhus ; toutes ces manipulations sont délicates et nécessitent un personnel entraîné. Beaucoup moins coûteux est le vaccin de Durand-Giroud qui peut être préparé en quantités industrielles. Le D<sup>r</sup> P. Durand, de l'Institut Pasteur de Tunis, et le D<sup>r</sup> P. Giroud, de l'Institut Pasteur de Paris, injectent des rickettsies dans les voies aériennes de souris ou de lapins ; une broncho-pneumonie massive se développe, l'animal est alors sacrifié et les poumons sont broyés, lavés et centrifugés. Le liquide opalescent qui surnage est riche en germes. Additionné de formol, il constitue un vaccin très bien supporté, économique et dont l'efficacité a été prouvée de façon éclatante dans les récentes épidémies. Une troisième sorte de vaccin tué est le vaccin de Cox, obtenu par culture de rickettsies dans des œufs maintenus à l'incubateur. L'armée américaine, dans laquelle cette vaccination

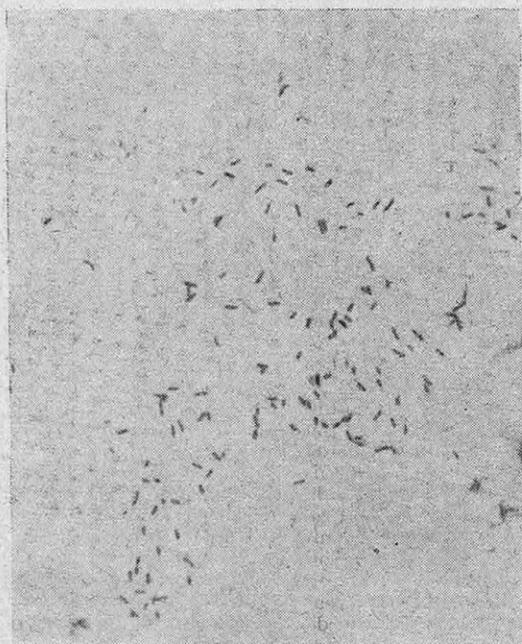


FIG. 7. — FROTTIS D'INTESTIN DE POU CONTENANT DES RICKETT-SIES DE TYPHUS

Photo Jeantet, Institut Pasteur.



FIG. 8. — AU MAROC : UNE SÉANCE DE VACCINATION CONTRE LE TYPHUS EXANTHÉMATIQUE PAR LA MÉTHODE DU D' BLANC

était obligatoire, a été remarquablement protégée contre le typhus.

### Prophylaxie générale

En temps d'épidémie il est indispensable de combattre le virus, qu'il se trouve chez le malade ou le pou infecté. La lutte se résume au dépistage des malades, à la déclaration des cas, à leur isolement, à l'épouillage général et à la désinfection des locaux.

Le dépistage n'est pas toujours facile si l'on sait que les malades et leur entourage ne déclarent pas le typhus par crainte de mesures prophylactiques trop sévères. Il est indispensable que le médecin épidémiologiste organise un véritable *bureau de renseignements* pour être tenu au courant des cas de maladie ou de décès suspects. Il ne doit pas hésiter à prendre des sanctions en cas d'infraction à la règle absolue de la *déclaration obligatoire*. Le dépistage du typhus et son contrôle seront facilités si l'on possède un moyen de diagnostic pratique. Weil et Félix, en 1916, ont mis au point un sérodiagnostic du typhus fondé sur l'apparition dans le sang des malades d'agglutinines non pas pour les rickettsies (leur recherche ne peut être faite que dans de rares laboratoires spécialisés), mais pour un bacille, le *Proteus X 19*, qui est un germe de sortie (1). Cette agglutination, que tout laboratoire peut exécuter, apparaît le septième jour de la maladie

(1) On appelle germe de sortie un microbe que l'on peut isoler de l'organisme au cours d'une maladie infectieuse sans qu'il en soit lui-même l'agent causal.

et disparaît deux mois après, au cours de la convalescence. Elle ne manque que dans 4 % des cas environ. En adaptant le procédé mexicain de Castañeda, nous avons mis au point une méthode de diagnostic ultra-rapide que nous essayons depuis six ans de vulgariser. Il s'agit de l'hémodiagnostic qui permet au clinicien de faire le diagnostic au lit du malade en une minute au moyen d'une seule goutte de sang prise au bout du doigt. La sensibilité et la sécurité de l'hémodiagnostic ne le cèdent en rien aux méthodes classiques d'agglutination lente. Nous devons à la vérité de dire que les médecins de colonisation et ceux des camps de déportés qui ont vécu des épidémies de typhus avant et après que nous ayons mis ce procédé entre leurs mains sont beaucoup plus enthousiastes que les milieux médicaux officiels. Au moyen de l'hémodiagnostic, on peut examiner cent sujets en une heure, dépister les malades, les formes frustes, comme celles des enfants et des sujets vaccinés, déceler les convalescents dont les poux sont plus dangereux que ceux du malade, car ils ont eu le temps d'incuber et leurs porteurs les disséminent. La méthode permet aussi le diagnostic médico-légal du typhus par ponction du cœur sur le cadavre. Il permet de préciser en un temps record la topographie des cas de typhus d'un camp, d'une ville ou d'un pays, bref, de voir clair dans une épidémie et d'appliquer avec économie et, au besoin, diplomatie les mesures prophylactiques nécessaires.

Le malade épouillé n'est plus dangereux, car le typhus ne se transmet jamais directement

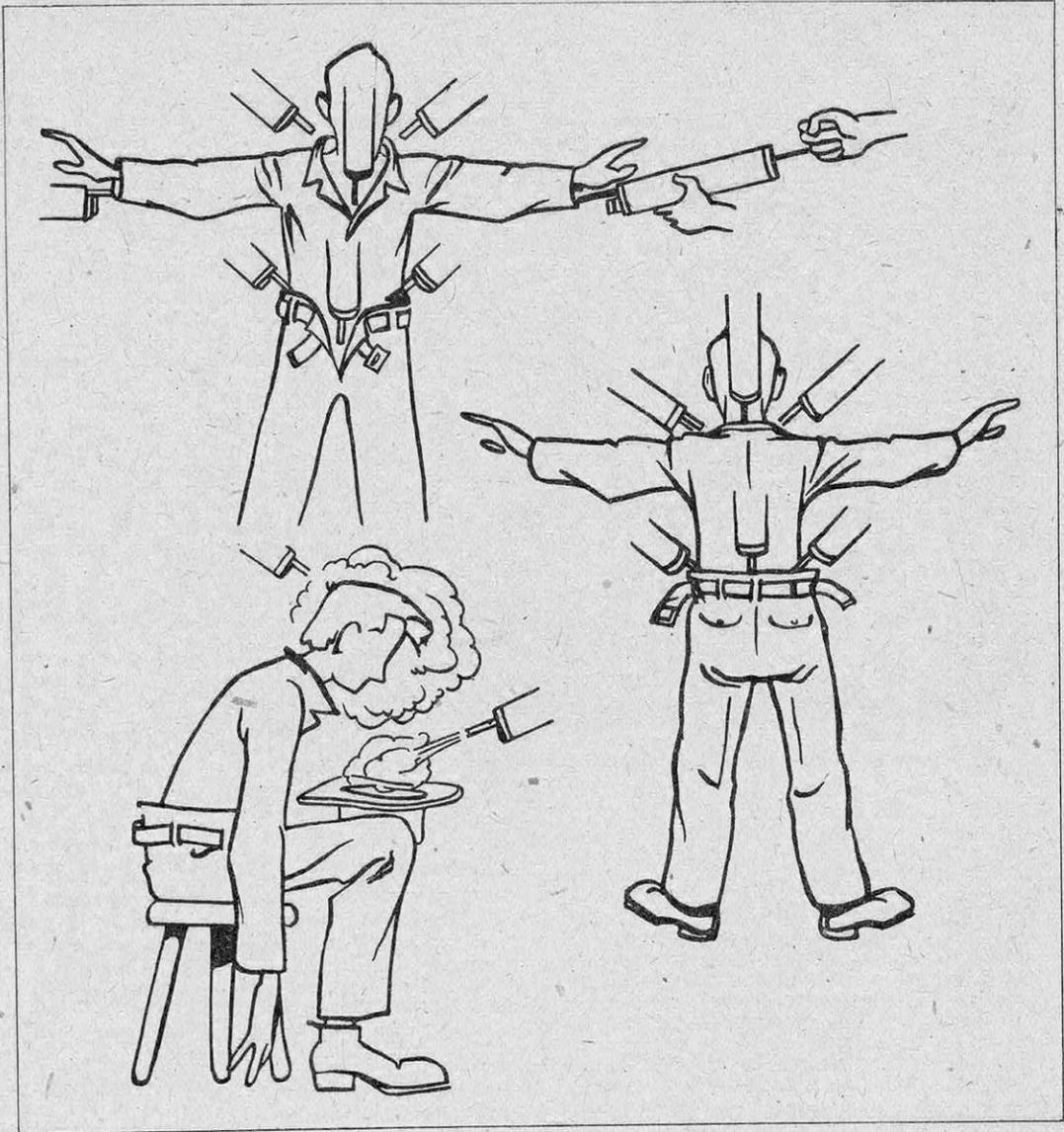


FIG. 9. — LA TECHNIQUE DE LA DÉINSECTION, OPÉRATION DE BASE DE LA LUTTE CONTRE LE TYPHUS

Ces dessins, reproduits d'après les instructions de la Commission du typhus des États-Unis, montrent les seize temps de l'opération : la poudre insecticide est injectée dans les deux manches, puis dans trois directions en avant et en arrière, tant dans le col de la chemise que dans la ceinture du pantalon ; les deux derniers temps sont consacrés à la chevelure et au chapeau. Il faut entre 30 et 50 g de poudre par personne.

d'homme à homme. Il faut pourtant l'isoler à l'hôpital. A domicile, l'isolement n'est pas soumis à la même discipline et les visites clandestines risquent d'apporter au malade des poux ou d'en remporter qui sont infectés. L'entourage du malade doit aussi être isolé en quarantaine pendant une douzaine de jours, ce qui correspond à la durée d'incubation du typhus. Dans certains cas, il s'agit de quelques individus ayant été en contact avec le malade ; dans d'autres, on doit isoler un village ou parfois un pays entier. Ces mesures de quarantaine étaient très difficiles à appliquer avec humanité dans les camps de déportés en Allemagne au moment de

leur libération. Dans ces collectivités où étaient groupés tant d'hommes de races, de nationalités et de langues différentes, se développait un climat psychologique spécial. Si la date ultime de la quarantaine n'était pas exactement fixée, les évasions se multipliaient, ce qui augmentait le risque de dissémination de l'épidémie. Ces mesures d'isolement et de quarantaine ne valent la peine d'être appliquées que si l'on y associe un épouillage soigneux. Sinon, la concentration dans un espace limité de malades et de sujets réceptifs provoque une recrudescence du typhus.

L'épouillage est le temps capital de la prophylaxie et devrait suffire à lui seul à rompre le

cours de l'épidémie. Les petits moyens de désinsection seront employés si l'on n'en possède pas d'autres : ainsi la capture manuelle, l'emploi de vêtements de nuit tandis que, dans les vêtements de jour, les poux sont exposés au froid et au jeûne, le repassage des vêtements en insistant sur les coutures où sont fixées les lentes. Plus efficaces sont évidemment les étuves à chaleur humide ou sèche qui permettent de désinsecter et de désinfecter à la fois de nombreuses collections de vêtements. Les chambres à fumigation qui utilisent les propriétés insecticides des gaz toxiques tels que l'anhydride sulfureux, la chloropicrine, le bromure de méthyle et l'acide cyanhydrique, sont parfois préférées aux étuves, car la chaleur abîme les objets de cuir et certains vêtements, surtout s'ils sont en fibrane. Le plus grand reproche que l'on puisse adresser aux méthodes précédentes est qu'elles sont uniquement curatives et aucunement préventives. Un sujet dûment épouillé peut immédiatement après la désinsection être parasité de nouveau.

C'est dire l'intérêt des nouvelles poudres insecticides constituées par un mélange de talc et d'hexachlorocyclohexane ou de dichlorodiphényl-trichloréthane (D. D. T.). Ce dernier corps (1) est un insecticide de contact : il suffit qu'un insecte touche une parcelle du produit chimique pour que celui-ci se dissolve dans les lipides de la cuticule et gagne de proche en proche les centres nerveux qu'il paralyse. Si le D. D. T. ne tue pas aussi rapidement que les produits à base de pyrèthre, il le fait aussi sûrement en quelques heures. Son immense avantage réside en sa ténacité. Pendant six

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

semaines environ, le linge poudré est à l'épreuve des insectes. L'insecticide résiste même au lavage et enfin est pratiquement inodore. Ce produit remarquable a été mis au point en Suisse, dès 1940, pour la lutte contre le doryphore. Les Américains ont étendu ses applications à l'épouillage et ils ont prouvé, depuis l'épidémie de Naples en 1943, sa haute valeur dans la lutte contre le typhus exanthématique.

La poudre insecticide est appliquée, sans faire déshabiller le sujet, soit avec un insufflateur à main, soit avec un appareil à air comprimé qui permet de poudrer des centaines d'individus en une heure. Le poudrage a été appliqué largement en 1945 à toutes les étapes du rapatriement, au départ des camps, aux ponts du Rhin et aux centres d'accueil frontaliers. Pour obtenir le maximum d'efficacité, il est indispensable d'appliquer rigoureusement la technique standardisée par la Commission américaine du Typhus. La poudre est insufflée entre la peau et le sous-vêtement et entre chaque couche de vêtements par le col de la chemise, les manches, la ceinture, dans les cheveux et la coiffure suivant seize temps bien définis dont le schéma (fig. 9) donne une exacte représentation.

Il y a quelques années, le bactériologiste américain Zinsser, dans son livre *Rats, lice and history*, a montré que la face du monde eût été changée sans les grandes maladies pestilentielles comme le typhus et la peste. Actuellement, il est impossible qu'une épidémie de typhus exanthématique puisse influencer le cours de l'histoire. Les progrès réalisés par la vaccination et l'emploi de la poudre insecticide nous permettent, en conclusion, d'appuyer avec force cette affirmation.

L.-C. BRUMPT.

L'industrie textile américaine a mis au point, ces dernières années, plusieurs procédés ayant pour effet d'empêcher les tissus de se déformer à l'usage. Ils reposent sur un même principe qui consiste à diminuer l'aptitude des fibres à glisser les unes sur les autres en les imbibant d'une substance qui augmente leur coefficient de frottement. Un des produits les plus employés à cet effet est le *syton* qui consiste en une suspension aqueuse de particules extrêmement ténues de *silice*. Après séchage, le traitement laisse à la surface des fibres une couche imperceptible de particules submicroscopiques ayant de 40 à 60 millimicrons (millionièmes de millimètre) de diamètre. Le tissu se trouve ainsi « stabilisé » sans que son « toucher » soit sensiblement modifié.

Des procédés similaires utilisent comme produits « antiglissants » des *résines synthétiques*. C'est ainsi que le traitement dit *Lanaset* consiste à appliquer au tissu (de préférence déjà teint) une solution hydroalcoolique de résine à l'alkylomélanine formaldéhyde. Les lainages ainsi traités (sous tension) ne rétrécissent pas après les premiers lavages. Leur résistance à l'usage n'est pas altérée, et la solidité de leurs couleurs se trouve augmentée. La résistance de la rayonne au chlore et au frottement humide est aussi grandement améliorée par ce procédé. Plus de 35 millions de mètres de tissu ont été traités à la résine en 1942, et ce métrage sera vraisemblablement doublé cette année.

Une autre méthode pour empêcher la laine de rétrécir consiste à la traiter au *chlore* avant de la teindre. Elle a été appliquée aux bas et chaussettes pour l'armée américaine.

La mise au point de ces divers procédés est le résultat de recherches effectuées en vue d'améliorer les caractéristiques des textiles destinés à l'armée, recherches qu'a contribué à accentuer l'orientation scientifique que prend de plus en plus l'industrie textile.

# PEUT-ON MAINTENIR LA FERTILITÉ DES TERRES SANS ENGRAIS CHIMIQUES ?

par H. MAÏS

Ingénieur Agronome

*Pour qu'une culture prospère et libre le rendement élevé qu'on peut en attendre aujourd'hui, il est indispensable que les végétaux trouvent dans le sol les éléments qui leur sont nécessaires en qualité et en quantité. Or, une terre, même réputée peu fertile, contient des stocks considérables des trois éléments primordiaux : azote, acide phosphorique et potasse, mais, en général, sous une forme non directement assimilable. Il appartient à l'agriculteur, dans ce temps de pénurie d'engrais chimiques, de « mobiliser » ces réserves. Il y parviendra par un travail intense du sol en profondeur et assurant son émiettement poussé, par l'apport d'amendements calcaires judicieux, et surtout de fumier artificiel ou naturel, qui assure l'enrichissement de la terre en humus et lui restitue les nombreux « oligoéléments » qu'exportent les récoltes, c'est-à-dire ces éléments multiples, soufre, fer, manganèse, cuivre, bore, etc., qui, bien qu'agissant à doses souvent très faibles, n'en sont pas moins indispensables. Les terres cultivées ne peuvent se passer de cet apport régulier de matières organiques et d'« oligoéléments » qui doit venir compléter normalement l'emploi systématique des engrais chimiques classiques, sans lesquels aucune culture intensive à haut rendement ne peut être maintenue à la longue.*

**A**VANT de montrer comment on peut maintenir la fertilité des sols, il importe sans doute de définir ce que l'on entend par fertilité. Nous ne discuterons pas toutes les définitions possibles. Nous nous contenterons d'affirmer qu'un sol est fertile quand le végétal y trouve les éléments dont il a besoin sous forme assimilable ou sous une forme susceptible de devenir soluble au cours de la végétation : tous les agriculteurs seront facilement d'accord sur ce point. Quels sont donc les éléments dont la plante se nourrit ?

Peut-on, dans une terre moyenne ou même pauvre, mettre ces éléments à la disposition du végétal, sans employer d'engrais chimiques ?

Telles sont les questions auxquelles nous allons essayer de répondre.

Des analyses très précises ont révélé que le végétal se forme avec plusieurs dizaines de corps simples : il en faut près de quarante. Citons à ce sujet les résultats obtenus par MM. G. Bertrand et Virgil Ghitescu, indiquant la composition élémentaire de quatre plantes de grande culture, appartenant à des familles différentes : le colza, la luzerne, le sarrasin, l'avoine (tableau 1).

On pourrait certes objecter que la plante a pris ses éléments par osmose parce qu'elle les a trouvés dans le sol, mais qu'ils ne lui sont pas nécessaires.

A cela on peut répondre maintenant que de très nombreuses expériences, quelques-unes assez récentes, ont prouvé que tous ces éléments sont indispensables ; l'insuffisance d'un seul peut

arrêter la croissance du végétal. Il y a déjà bien longtemps, Raulin s'aperçut que la suppression de doses très faibles de zinc et de fer réduisait dans des proportions énormes la récolte d'un végétal en miniature : la moisissure du pain ou *Aspergillus Niger*. Duclaux, de l'Institut Pasteur, se demanda alors si ce qui se passe pour l'*Aspergillus* n'était pas vrai aussi pour les plantes de grande culture : il orienta les chercheurs sur une voie nouvelle. Les vues de Duclaux ont été confirmées par les faits, et il arrive souvent que de très petites quantités d'un élément apporté (oligoélément) donnent des excédents de rendement considérables ou des modifications profondes dans l'allure de la végétation. En voici quelques exemples :

1° En 1910, M. Chancrin obtint à Beaune, sur pommes de terre et betteraves, des excédents de rendement grâce à l'emploi de la fleur de soufre comme engrais ;

2° En 1913, M. Brioux employa le soufre à la dose de 100 à 200 kg par hectare dans une terre légère silico-calcaire ; il obtint des excédents de rendements de 15 % sur pommes de terre, 12 % sur moutarde, 43 % sur rutabaga ;

3° En 1935, MM. Joret et Malterre ont répandu sur une terre du borate de soude à la dose de 4 kg par hectare. Pour un pareil épandage, le borate de soude était mélangé à d'autres engrais ; par rapport à la parcelle témoin, ils obtinrent sur pommes de terre un excédent de rendement de 28 %. D'autre part, on sait que l'emploi du bore permet de lutter contre la

	COLZA	LUZERNE	SARRASIN	AVOINE
Carbone.....	39,98	45,37	38,90	45,45
Hydrogène.....	5,02	5,54	4,65	5,48
Oxygène.....	40,35	41,32	43,87	40,15
Azote.....	5,06	3,30	3,94	3,01
Soufre.....	1,225	0,435	0,298	0,560
Phosphore.....	0,557	0,282	1,024	0,476
Calcium.....	4,074	2,310	3,150	0,732
Magnésium.....	0,425	0,329	1,221	0,333
Potassium.....	2,871	0,906	2,907	2,041
Sodium.....	0,408	0,157	0,011	0,566
Silicium.....	0,0171	0,037	0,021	1,269
Fer.....	0,0081	0,100	0,010	0,005
Manganèse.....	0,0072	0,0014	0,0014	0,0005
Zinc.....	0,0050	0,0014	0,0015	0,0025

FIG. 1. — COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DE QUATRE PLANTES DE GRANDE CULTURE

Les résultats des analyses sont rapportés à 100 parties de matières sèches. Les expérimentateurs ont trouvé en outre dans ces recherches des traces de bore, d'aluminium, de nickel, de titane, de vanadium, de lithium, de cobalt, de zirconium, de cuivre, de plomb, de fluor, etc.

maladie du cœur de la betterave, contre la maladie des rutabagas, etc., etc. ;

4° MM. Maquenne et Bertrand ont constaté que, dans la feuille, il existe une proportionnalité entre la teneur en chlorophylle et la teneur en zinc, titane, aluminium. M. Bertrand dit textuellement à ce sujet : « Cette particularité est favorable à l'hypothèse d'une intervention de l'aluminium dans les phénomènes nutritifs de la plante et peut-être explique-t-elle, du moins en partie, les résultats positifs obtenus avec l'emploi du sulfate d'alumine comme engrais catalytique » ;

5° MM. Mazé en France, Suzuki au Japon, ont montré qu'à faible dose le fluor favorise la végétation ;

6° M. W. H. Chandler, professeur à l'Université de Californie, s'est aperçu que « la maladie de la petite feuille » des arbres fruitiers est provoquée par un manque de zinc ; on la guérit en enfouissant du sulfate de zinc dans le sol ;

7° Spinks a démontré que les sels de lithium augmentent considérablement la résistance des céréales aux maladies cryptogamiques ;

8° Enfin, on sait actuellement que le cuivre joue un rôle dans la végétation. Il est indispensable à la fructification de l'héliantus, de la tomate, du palmier-dattier. On soigne l'exanthéma, maladie des citrus, par l'apport de sulfate de cuivre dans le sol, etc., etc... On pourrait donner encore plusieurs dizaines d'exemples montrant que la quarantaine d'éléments simples qui existent dans le végétal lui sont indispensables.

On comprend donc à quel point on était dans l'erreur autrefois quand on pensait maintenir la fertilité des terres par des apports d'azote, de phosphore, de potassium et de calcium seulement.

« A tout homme qui réfléchit, disait A.-Ch. Gérard, il apparaît que nous sommes actuellement enlisés et que nous piétons sur place ; la fertilisation du sol ne se limite certainement pas à nos notions simplistes sur l'azote, l'acide phosphorique, la potasse et la chaux. » Il serait donc souhaitable que l'on créât des engrais complets, des engrais contenant, en plus des

autres, les éléments que la plante prend en petite quantité ou oligo-éléments (1).

Pour le moment, ces engrais n'existent pas et même les engrais chimiques classiques sont rares. Il faut donc s'en passer et, malgré cela, retirer du sol le maximum : or, l'humus et les engrais organiques provenant d'animaux ou de plantes contiennent par le fait beaucoup d'oligo-éléments. Une première solution pour maintenir la fertilité des terres consistera à maintenir cette terre riche en humus. Cette solution est évidemment incomplète, car les récoltes exportent en général beaucoup plus d'azote, de phosphore, de potasse que l'humus n'en apporte. Mais, après avoir rappelé que l'azote peut être pris à l'air par les microbes, nous montrerons que toute terre même pauvre contient sous formes insolubles beaucoup plus de phosphore, beaucoup plus de potasse que les plantes n'en consomment.

C'est à l'agriculture, par un travail intense et bien compris, à solubiliser ces éléments au profit de la plante.

### L'humus

On sait qu'on appelle *humus* toute matière organique bien décomposée. Le fumier est donc la principale source d'humus. Dans une exploitation agricole, la fumure fondamentale sera le fumier ; il faut donc en avoir le plus possible. Pour atteindre ce but, nous pensons qu'on pourra réduire légèrement les espaces cultivés au profit des prairies. Si la réduction est légère, les rendements en céréales, plantes sarclées, etc., ne seront pas diminués, mais augmentés : en effet, avec plus de prairies on aura plus de bétail, plus de lait, plus de viande et surtout plus de fumier ; les terres seront donc mieux engraisées, d'où un excédent de rendement qui compensera très largement la réduction légère de l'étendue des terres labourables.

D'autre part, les prairies devront être exploitées rationnellement par pacage tournant (2). Le pacage tournant consiste, dans les grandes lignes, à diviser l'étendue des prairies en huit à douze parcelles : on fait pacager successivement ces parcelles. Par cette méthode, quand les animaux en sont à la dernière parcelle, l'herbe a repoussé à la première ; ainsi le bétail consommera toujours l'herbe au moment où sa valeur nutritive est la plus élevée ; les rendements en viande et en lait sont presque doublés.

Pour ce qui est de la fertilisation des terres, avec plus de prairies et un pacage tournant, on pourra avoir plus de bétail, donc on aura encore davantage de fumier. Ce fumier se transformant en humus aura dans le sol une action physique considérable sur le complexe absorbant ; il rendra plus fortes les terres trop légères, et plus légères les terres trop fortes, toutes seront plus chaudes.

(1) Voir : « Les oligoéléments », (*Science et Vie* n° 280, décembre 1940).

(2) Voir : « L'exploitation intensive des prairies » (*Science et Vie*, n° 280, décembre 1940).

On pourra aussi tenter d'augmenter la quantité de fumier en fabriquant du fumier artificiel (1). Ajoutons que tous les engrais organiques que l'on peut se procurer enrichissent aussi la terre en humus (sang, corne, tourteaux, gadoue, poudrettes, etc.).

Nous supposons donc que l'agriculteur a pu augmenter la dose de l'humus ; il a ainsi résolu une importante partie du problème en rendant au sol certainement beaucoup d'oligoéléments que les plantes exportent. On sait, de plus, que l'humus retient d'énormes quantités d'eau, aliment de premier ordre.

Il nous reste à voir comment cet agriculteur va pouvoir fournir à la plante de l'azote, du phosphore et de la potasse.

### L'azote

Rappelons l'expérience de Berthelot. Du 29 mai 1884 au 24 octobre 1885, ce savant laissa exposés à l'air des sables jaunes de Meudon ; cette terre pauvre s'enrichit en azote ; le taux passa de 0,0705 g à 0,1105 pour 1 000 g de terre. On sait aujourd'hui que cet enrichissement est dû à des microbes tels que les *Azotobacter*, les *Clostridium pastorianum*, les *Rhizobium leguminosarum*, etc...

Par kilogramme, le gain d'azote fut donc de 0,04 g.

Supposons la terre arable d'un champ remuée, donc exposée à l'air, sur 20 cm de profondeur. Par hectare, on a un volume de 2 000 m<sup>3</sup>. En admettant un poids moyen de 1 200 kg par mètre cube, cela fait 2 400 000 kg de terre.

Le gain d'azote du fait des microbes sera  $2\,400\,000 \times 0,04 = 96\,000$  g soit 96 kg. Admettons que le gain soit, par an, seulement de 60 kg. Cela fait quand même l'équivalent de 4 balles de nitrate de soude à 15 %.

Dans quelles conditions les microbes travaillent-ils au maximum ? Il leur faut de l'air, de l'eau et de la chaleur. La température optimum varie entre 30 et 40°. Il faut aussi que le sol soit au voisinage de la neutralité. Par des amendements calcaires modérés, on maintiendra la réaction du sol autour de pH = 7 (2).

L'eau sera emmagasinée dans le sol, par des labours profonds, en hiver, accompagnés, si possible, de fouillages pour laisser sur place le sous-sol inerte. Il est très important, en effet, de ne pas mélanger à la terre arable les couches inférieures plus pauvres et contenant peu de microbes. L'eau sera maintenue en été par des façons superficielles chaque fois que cela sera possible. Ces façons brisent les capillaires du sol et arrêtent l'ascension des réserves profondes d'eau. Les façons superficielles détruisent en outre les mauvaises herbes qui évaporent beaucoup. Enfin, ces façons aèrent le sol. Ainsi les microbes ont à la fois eau, air, chaleur. Certains transformeront l'azote organique en azote soluble ; d'autres, dont nous venons de parler, capteront au maximum l'azote de l'air. Cet azote est mis sous forme de nitrates. On n'attache en général pas assez d'importance à ces *pseudo-labours estivaux*. Il faut les multiplier : c'est par ces pseudo-

labours d'été que Jean de Bru put faire pendant quinze ans blé sur blé sans diminution de rendement.

Signalons ici l'importance des cultures dérobées dès la fin de l'été. En effet, si le sol s'est enrichi en nitrates pendant les chaleurs et s'il n'est remis en culture qu'au printemps suivant, les eaux de pluie d'hiver entraînent les nitrates formés pendant l'été et l'automne. On enterrera ces cultures dérobées. Elles seront constituées de préférence par des légumineuses, parce que ces légumineuses, par les microbes qui vivent en symbiose avec leurs racines, enrichissent aussi le sol en azote.

Ainsi, amendements calcaires modérés, labours profonds à l'époque des pluies, pseudo-labours en été, culture de légumineuses, permettront de maintenir et même d'augmenter la teneur en azote du sol.

### Le phosphore

Les résultats des analyses confrontés avec des expériences culturales permettent d'affirmer qu'une terre est pauvre en phosphore si elle contient seulement 0,5 g d'acide phosphorique pour 1 000 g (1). Or, des plantes exigeantes comme la betterave ne consomment guère plus de 100 kg d'acide phosphorique par récolte et par hectare ; si la terre est pauvre, c'est évidemment qu'elle ne fournit pas ces 100 kg à la plante. Considérons une terre travaillée sur 30 cm, cela fait par hectare un volume de 3 000 m<sup>3</sup> ou un poids de terre de 3 600 000 kg (à 1 200 kg pour 1 m<sup>3</sup>) qui contient 1 800 kg d'acide phosphorique (à 0,5 g pour 1 kg de terre). Cet acide phosphorique est insoluble. Par son travail, l'agriculteur peut-il arriver à le solubiliser ? Il y a lieu ici de rappeler l'expérience de Kossowitsch trop oubliée (fig. 3), qui démontre que ce sont les racines des plantes elles-mêmes qui, par les acides qu'elles excretent, solubilisent l'acide phosphorique.

L'agriculteur doit donc mettre les racines au contact d'une grande masse de terre pour que cette terre cède son acide phosphorique. Un émiettement intense du sol sur une grande profondeur permettra d'atteindre ce but, car un sol en poudre fine a une multitude de surfaces de contact avec les

(1) La richesse en phosphore s'exprime en anhydride phosphorique, composé de phosphore et d'oxygène dont la formule est P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. En pratique, au lieu de dire « anhydride phosphorique », on dit « acide phosphorique », expression erronée, mais consacrée par l'usage.

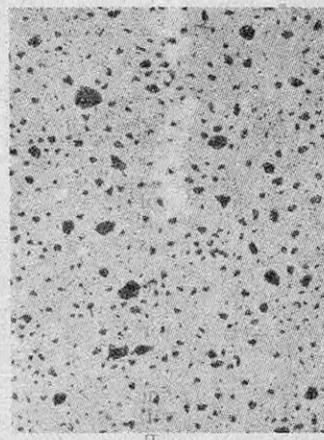


FIG. 2. — VUE AU MICROSCOPE D'HUMOPHOSPHATE, COMBINAISON DE L'HUMUS ET DU PHOSPHORE DU SOL DONT LA PLANTE TIRE PARTI

(1) Voir : « Le fumier artificiel », (*Science et Vie*, n° 280, décembre 1940).

(2) Le pH (abrégié de « pression hydrogène ») caractérise le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une solution. Cette notation s'étend de 0 à 7 pour les acides et de 7 à 14 pour les bases. La neutralité correspond à 7.

racines, tandis que ces contacts sont considérablement réduits lorsque le sol est mal pulvérisé. D'autre part, ce procédé sera d'autant plus efficace que le sol contiendra plus d'humus; en effet, les microbes qui pullulent dans l'humus contribuent à la dissolution des phosphates tricalciques et magnésiens du sol. Stoklasa a prouvé expérimentalement cette solubilisation. L'*Azotobacter chroococum* fut placé, par ce chercheur, dans un sol glucosé et avec du phosphate tricalcique de Floride finement pulvérisé; les microbes purent dissoudre en trois semaines et à la température de 20° environ le quart de l'acide phosphorique. Dans d'autres terres, tout le phosphate fut solubilisé. Il y a lieu de penser ici que certains catalyseurs augmentent l'activité des bactéries. Quoi qu'il en soit, l'acide phosphorique est transformé par le microbe en composé phosphoorganique; or la plante peut utiliser cette forme (Fr. Darwin).

Ainsi, par un émiettement du sol aussi intense que possible, par des apports d'humus, le cultivateur doit arriver à solubiliser assez de phosphore pour le végétal, même dans une terre pauvre en cet élément.

### La potasse

Nous pouvons faire pour la potasse le même calcul que pour l'acide phosphorique. Une terre est réputée pauvre en potasse si elle contient au total seulement 0,5 g pour 1 000 (1). On

(1) La richesse en potasse s'exprime en réalité en oxyde anhydre de potassium, de formule  $K_2O$ .

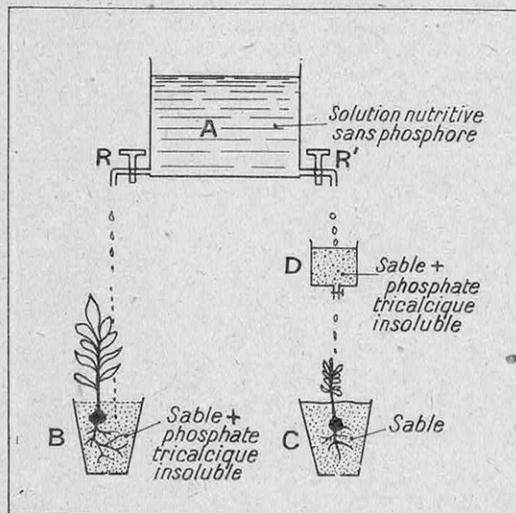


FIG. 3. — L'EXPÉRIENCE DE KOSSOWITSCH DÉMONSTRANT LA SOLUBILISATION DU PHOSPHORE PAR LES RACINES

Le récipient A contient une solution nutritive sans acide phosphorique. Cette solution tombe par le robinet R dans le récipient B qui est rempli avec un mélange de sable et de phosphate tricalcique insoluble (phosphorites du Quercy en poudre fine). On sème une graine en B. D'autre part, dans le pot C, une graine semblable est semée dans du sable pur; la solution nutritive y parvient après avoir traversé le vase D contenant les mêmes phosphorites en poudre fine. La plante B pousse vigoureusement tandis que la plante C s'étiolle. C'est que les racines de B sont en contact direct avec le phosphate insoluble, qu'elles solubilisent par les acides qu'elles excrètent.

NATURE DE LA TERRE	POTASSE TOTALE	POTASSE SOLUBLE	
		en g	P. 1000
Siliceuse.....	6,5	0,024	3,7
Silico-argileuse.	3,6	0,050	13
Argileuse.....	1,5	0,050	33
Alluvionnaire...	5,5	0,400	72

FIG. 4. — POTASSE TOTALE ET POTASSE SOLUBLE DANS L'EAU PURE POUR DIFFÉRENTES TERRES (d'après P. SABATIER)

voit, comme pour l'acide phosphorique, que cette teneur correspond environ à 1 800 kg par hectare. Or les plantes exigeantes n'en consomment guère plus de 200 kg par récolte et par hectare. La potasse du sol est donc généralement insoluble. Elle entre dans des combinaisons complexes, polybasiques; elle est généralement sous forme de silicate double d'alumine et de potasse.

Voici figure 4 quelques chiffres indiquant, dans différentes terres et par kilogramme, la potasse totale soluble dans l'eau pure.

### (1°) Solubilisation par les acides du sol

On voit que les pourcentages de potasse soluble sont très variables. Cependant, et de même que pour l'acide phosphorique, la teneur de l'eau du sol en potasse dissoute est relativement constante pour une même terre. Par suite, si les végétaux consomment cet élément, il s'en dissout une nouvelle quantité, et ainsi de suite (recherches de Schlessing et André). Cette solubilisation est surtout causée par le gaz carbonique et les acides humiques.

En effet, Mitscherlich a fait, à ce sujet, des expériences concluantes. Il montre qu'une terre humide, riche en humus et, par conséquent, en gaz carbonique, peut n'avoir qu'une dose de potasse totale faible et cependant nourrir largement les récoltes.

Inversement, une terre sèche et pauvre en matières humiques peut être riche en potasse totale et n'en céder aux végétaux qu'une quantité tout à fait insuffisante.

Déjà une conclusion pratique s'impose à nous.

Le cultivateur, par des labours profonds d'hiver, accompagnés au besoin de sous-solages, par des apports fréquents de fumier, doit maintenir ses champs riches en eau et en humus afin de tirer partie de la potasse de la terre.

Au point de vue des « confrontations culturales » avec les analyses, les recherches de Schlessing et Garola ont montré qu'on peut considérer comme potasse assimilable celle qui est soluble dans l'acide azotique faible, de concentration  $\frac{13}{100\ 000}$ , ce qui correspond sensiblement à la solubilité dans l'eau chargée de gaz carbonique.

En général, une terre qui contient au moins 0,3 % de potasse ainsi soluble n'a pas besoin d'engrais potassiques si elle est bien travaillée, c'est-à-dire en éléments fins.

### (2°) Mobilisation de la potasse par les composés calciques

La chaux et les sels de chaux contribuent à solubiliser la potasse du sol au profit de la racine.

Les amendements calcaires employés avec modération sont donc une source de potasse pour les plantes.

En considérant, par exemple, la potasse contenue dans l'argile, on peut admettre la réaction : silicate d'alumine et de potasse + chaux = silicate d'alumine et de chaux + potasse.

Dumont a étudié longuement cette question :

« A quel degré, dit-il, dans quelle mesure les composés calcaires opèrent-ils le déplacement et la solubilisation de la potasse ? Pour le savoir, j'ai entrepris une série d'expériences sur un sol granitique de la Creuse, littéralement dépourvu de calcaire. Les essais ont été effectués sur 100 g de terre fine et sèche.

» J'ai employé comparativement la chaux, le calcaire, le plâtre, le phosphate monocalcique, le chlorure et le nitrate de calcium.

» Tous ces corps chimiquement purs et préalablement analysés furent appliqués à des doses équivalentes à 1 % de chaux anhydre. Après les

	POTASSE MOBILISÉE pour 100 g de terre.	
	Globale	Excédents
Témoin (eau).....	0,270	0
Plâtre pur.....	0,310	0,040
Chaux vive.....	0,340	0,070
Carbonate de chaux....	0,420	0,150
Nitrate de chaux.....	0,430	0,260
Phosphate monocalcique..	0,700	0,430
Chlorure de calcium....	0,720	0,450

FIG. 5. — MOBILISATION DE LA POTASSE PAR LES COMPOSÉS CALCAIQUES (d'après DUMONT)

avoir mélangés à la terre, on ajoute partout une égale quantité d'eau (0,2 l.).

La figure 5 indique les nombres trouvés après un mois d'expériences.

Envisageons seulement l'action du calcaire qui a provoqué une augmentation de potasse soluble de 0,15 g pour 1 000 et supposons que le cultivateur travaille par hectare environ 3 000 t de terre (profondeur de travail 25 cm). On voit qu'un apport suffisant de carbonate de chaux peut libérer 450 kg de potasse, mobilisation suffisante pour des plantes même exigeantes en potasse. Dumont a obtenu des résultats analogues sur des éléments sableux et argileux. De plus, il a observé que, toutes choses égales par ailleurs, la solubilisation de la potasse est plus forte dans une terre fortement désagrégée que dans un sol mal travaillé.

Résumons-nous :

1° Même dans les sols pauvres, il y a souvent plus de potasse que la plante n'en consomme, mais une partie de cette potasse n'est pas soluble.

2° Le cultivateur peut aider à la solubilisation de cet élément :

a. En maintenant le sol frais grâce à des labours profonds, des sous-solages et grâce à des quasi-labours d'été ;

b. En apportant de l'humus ;

c. En fournissant à la terre du carbonate de chaux si elle en manque.

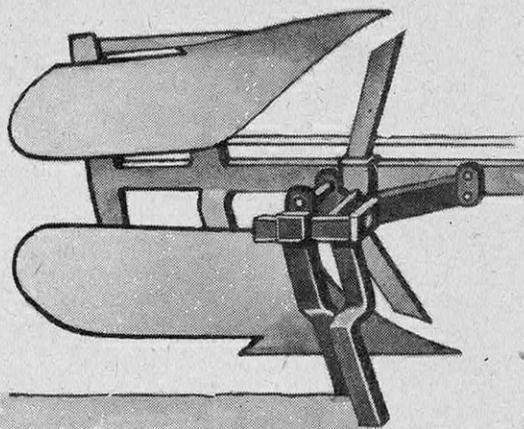


FIG. 6. — GRIFFES FOUILLEUSES ADAPTÉES A UN BRANT POUR AMEUBLIR PROFONDEMENT EN LAISSANT LE SOUS-SOL SUR PLACE

### Amendements calcaires

Nous avons à plusieurs reprises parlé de la nécessité des amendements calcaires. Il importe de donner ici quelques précisions. En effet, ces amendements employés avec excès épuisent la terre, ils empêchent d'autre part la solubilisation de l'acide phosphorique par l'acide humique et par les acides des racines, puisque ces acides sont neutralisés par le calcaire. La quantité du calcaire apportée devra donc être modérée ; elle tiendra compte à la fois de la nature de la terre et du degré d'acidité (pH). La figure ci-dessous (fig. 7), établie d'après

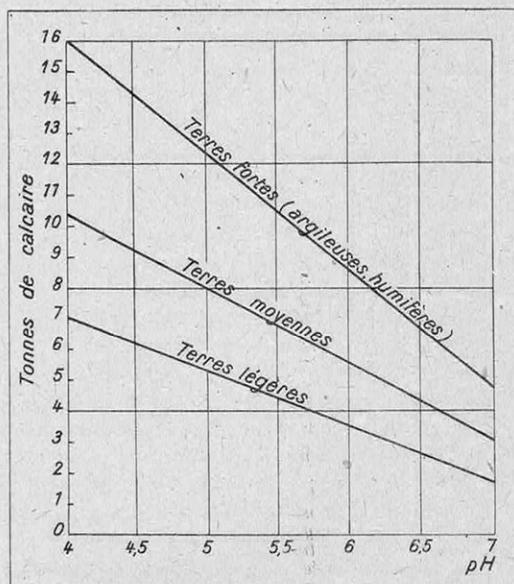


FIG. 7. — LES AMENDEMENTS CALCAIRES A APPORTER AUX TERRES SUIVANT LEUR NATURE ET LEUR DEGRÉ D'ACIDITÉ

de multiples expériences culturales, indique les quantités de calcaire que l'on peut apporter sans danger suivant la nature du sol et le degré d'acidité. On voit que, dans une terre forte ( $pH = 5$ ), 12 t de calcaire broyé seront nécessaires ; 8 environ suffiront dans une terre moyenne ; dans une terre légère il y en aura assez avec 5. En chaux, on pourra prendre environ le tiers du poids de calcaire indiqué ; les réactions de la chaux étant brutales dans les terres en bon état de culture, il vaut mieux employer du calcaire broyé et très fin.

En résumé : apports du maximum possible d'humus, engrais verts, travail intense du sol par des labours profonds, des sous-solages, des fouillages, puis par un émiettement aussi poussé que possible, amendements calcaires judicieux doivent suffire largement pour maintenir la fertilité de la terre en l'absence d'engrais chimiques. Il est bien entendu que nous ne sommes pas ennemis de l'emploi des engrais chimiques ; à condition que ces engrais soient peu à peu complétés par des engrais à oligoéléments, à condition qu'ils soient accompagnés de fortes fumures

organiques, ils restent le moyen le plus puissant d'accroître les rendements.

On va dire : la main-d'œuvre manque.

C'est ici qu'on entrevoit le rôle prépondérant qu'aura dans l'avenir le tracteur à la ferme.

La culture mécanique est expéditive et permet d'effectuer *au moment voulu et en nombre voulu* les façons culturales. Même lorsque les engrais chimiques seront revenus, le travail physique des sols *restera en effet à la base de la fertilité des terres* : les engrais chimiques ou organiques sont des aliments : le sol est « un garde-manger ». Qu'importe que les aliments soient excellents et abondants, si le garde-manger ne les retient pas ou les gâte au lieu de les améliorer !

Par contre, si, faute d'engrais, le garde-manger est peu garni sous un petit volume, on augmente considérablement ce volume par des labours profonds, fouillages, sous-solages, et la quantité de nourriture pour la plante devient tout de même fort suffisante à tout point de vue. « Il vaut peut-être mieux, disait Lecouteux, doubler la profondeur de son sol que d'en doubler la surface ». C'est une pensée à méditer.

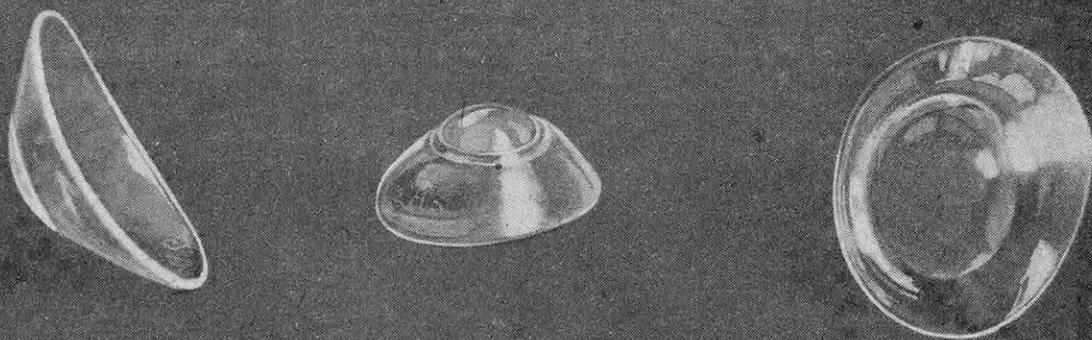
H. MAÏS.

Dans le domaine économique, la comparaison des rendements est rendue extrêmement difficile par les conditions mêmes du développement industriel de pays aussi différents que la France et les États-Unis. Si l'on a pu dire, par exemple, que les briqueteries françaises consommaient, pour la fabrication de leurs produits, plus du double de charbon que les usines américaines, cette affirmation exige des précisions. Si, sur les quelque 1 250 fabriques françaises, il en est de mal outillées et peu comparables aux briqueteries américaines les plus modernes, il n'en est pas de même pour l'ensemble de l'industrie française de la brique. Les conditions économiques favorables aux États-Unis — abondance considérable de charbon, de combustibles liquides et d'électricité — font que, d'une part, les Américains utilisent largement ces deux dernières sources d'énergie pour actionner leurs broyeurs et leurs presses (ce qui diminue en apparence leur consommation de houille), et que, d'autre part, ils ne cherchent nullement à économiser le charbon pour le chauffage de leurs fours. En France, au contraire, où le combustible, solide ou liquide, est rare, tout gaspillage doit être évité.

Ainsi, alors que les Américains n'hésitent pas à assurer le tirage dans leurs cheminées très basses — donc moins chères à édifier — par un brûleur à gaz naturel, les Français cherchent à obtenir la combustion complète du charbon et à éviter toute déperdition en fumée au faite de leurs hautes cheminées.

La cherté de la main-d'œuvre aux États-Unis y a mis le four-tunnel en faveur, bien que plus gros consommateur de charbon. Il n'est donc pas étonnant que les résultats obtenus pour la cuisson seule des briques, stade de la fabrication pour lequel la comparaison est la plus facile, fassent ressortir les chiffres suivants :

Pour cuire une tonne de briques, les Américains emploient, avec le four-tunnel, de 113 à 180 kg de charbon et, avec le four Hoffmann, de 90 à 135 kg. En France, avec un charbon de 7 000 calories au kg, la consommation dans les fours genre Hoffmann répandus chez nous n'atteint que 75 kg. Si même on veut tenir compte des autres stades de la fabrication, les usines françaises possédant une machine à vapeur, des séchoirs artificiels et un four continu, ne consomment que 160 kg de charbon pour une tonne de briques pleines. Certes, la mauvaise qualité actuelle du charbon qui leur est encore attribué et le fait que nos usines ne travaillent guère qu'à 30 % de leur capacité maximum augmentent la consommation de charbon, mais celle-ci ne dépasse pas cependant celle des usines américaines. Ajoutons encore que la dispersion et la nature des gisements de terre à briques en France ne se prêtent guère à l'installation de briqueteries de grande puissance dont le rendement pourrait être théoriquement plus élevé.



## LES VERRES DE CONTACT

par R.-A. DUDRAGNE

*Les défauts que peut présenter le système optique de l'œil humain sont nombreux, et, depuis l'invention des lentilles, les savants se sont préoccupés de corriger ceux qui, dus à la forme défectueuse des surfaces réfringentes ou à une mauvaise distribution des indices, peuvent être compensés, au moins partiellement, à l'aide de verres. Aux surfaces sphériques simples des lentilles négatives ou positives utilisées dès l'origine, qui corrigent seulement les défauts les plus communs, mais pas toujours les plus graves (myopie, hypermétropie), sont venus s'ajouter les surfaces cylindriques et toriques qui permettent de tenir compte dans une certaine mesure des irrégularités dans la courbure des surfaces réfringentes de la cornée et du cristallin (astigmatisme). Depuis peu sont venus à l'ordre du jour les « verres de contact » dont l'idée première peut être attribuée à Herschel (1820), sinon à Descartes (1637). Portés directement sur le globe oculaire, sous les paupières, ils offrent plusieurs avantages appréciables. Par leur seule présence, ils suppriment l'astigmatisme de la cornée et peuvent être taillés pour corriger les autres défauts permanents des yeux (mais pas les déficiences d'accommodation, de « mise au point » en fonction de la distance des objets regardés) ; ils évitent les différences de grandissement des images dues aux verres ordinaires et les décalages en hauteur provenant de l'effet prismatique produit par la périphérie de ces verres. Dans certains cas même, on peut dire que seuls ils peuvent pratiquement rendre à certains malades (à cornée déformée ou opérés de la cataracte), une vue qui semblait à jamais disparue ou au moins fortement réduite.*

**U**n verre de contact est une mince cupule de matière plastique qui se place sous la paupière, au contact direct de l'œil, et s'enlève d'ailleurs très facilement. Le contact avec la cornée s'opère par l'intermédiaire d'une lame capillaire formée par le liquide qui baigne normalement le globe oculaire et qui est fourni par les glandes lacrymales. Les larmes ayant un indice de réfraction très voisin de celui de la cornée, la réfraction à la surface de contact est

négligeable. La cornée humaine se trouve donc remplacée par une cornée artificielle en matière transparente dont on calculera les rayons de courbure des surfaces de manière à corriger les défauts du système optique de l'œil.

En 1637, Descartes, le premier, a posé dans sa *Dioptrique*, le principe des verres de contact :  
« Il ne reste plus qu'un autre moyen pour augmenter la grandeur des images, qui est de faire que les rayons qui viennent de divers points de

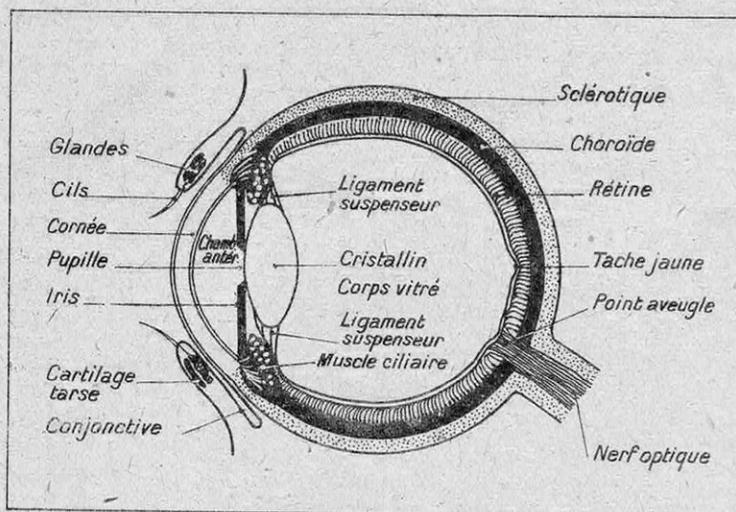


FIG. 1. — COUPE DE L'ŒIL MONTRANT LE DÉTAIL DE SON SYSTÈME OPTIQUE (D'APRÈS PIZON)

l'objet, se croisent le plus loin qu'il se pourra du fond de l'œil ; mais il est bien, sans comparaison, le plus important et le plus considérable de tous. Car c'est l'unique qui puisse servir pour les objets inaccessibles aussi bien que pour les accessibles, et dont l'effet n'a point de bornes : en sorte qu'on peut, en s'en servant, augmenter les images de plus en plus jusqu'à une grandeur indéfinie. Comme, par exemple, d'autant que la première des trois liqueurs dont l'œil est rempli, cause à peu près même réfraction que l'eau commune, si on applique tout contre un tuyau plein d'eau, comme EF, au bout duquel il y aurait un verre GHI (fig. 2), dont la figure soit semblable à celle de la peau BCD qui couvre cette liqueur, et ait même rapport à la distance du fond de l'œil, il ne se fera plus aucune réfraction à l'entrée de cet œil ; mais celle qui s'y faisait auparavant (et qui était cause que tous les rayons qui venaient d'un même point de l'objet commençaient à se courber dès cet endroit-là, pour s'aller assembler en un même point sur les extrémités du nerf optique, et qu'ensuite tous ceux qui venaient de divers points s'y croisaient, pour s'aller rendre sur divers points de ce nerf), se fera dès l'entrée du tuyau GI, si bien que ces rayons, se croisant de là, formeront l'image RST beaucoup plus grande que s'ils ne se croisaient que sur la superficie BCD ; et ils la formeront de plus en plus en grande selon que ce tuyau sera plus long. »

Nous avons reproduit le texte cartésien pour montrer l'originalité des idées de Descartes qui fut un véritable créateur de voies nouvelles en optique. Il indique le moyen d'améliorer les propriétés optiques de l'œil en plaçant au contact de la cornée de l'eau maintenue par un tube dont l'extrémité était obturée par une lentille. C'est de ce principe scientifique que devait naître trois siècles plus tard le verre de contact.

Ce que Descartes avait pensé, un astronome anglais, William Herschel, devait le préciser. Herschel voyait la possibilité de corriger les défauts de surface de la cornée simplement en plaçant au contact de celle-ci une gelée animale dont

la transparence et l'indice de réfraction auraient été les mêmes que pour le tissu cornéen. Cette gelée étant maintenue par une lentille à faces parallèles et sphériques, ceci aurait permis de remplacer la cornée, lorsque sa surface n'est pas régulière, par une surface sphérique. Dans certains cas, cette cornée peut être en forme de cône (on dit qu'il y a *kératocône*, du grec *kéras*, corne, et de *cône*), la gelée à son contact lui redonnera des propriétés optiques correctes. Mais Herschel ne réalisa pas son idée. Descartes avait posé le problème au point de vue physiologique, Herschel remplaçait l'eau par une gelée, et c'est à Thomas Young, un peu avant Herschel, que l'on doit la première expérience de contact optique entre la cornée et l'eau.

Young avait réalisé cette expérience dans le but de rechercher si l'astigmatisme de son œil était dû à la cornée ou à son cristallin. On sait que l'astigmatisme, défaut presque toujours présent à un degré variable dans un œil humain, est dû à ce que les surfaces qui limitent les milieux d'indices de réfraction différents du système optique de l'œil, s'écartent plus ou moins d'une surface de révolution autour de l'axe du système. Il peut être rapporté par conséquent à des déformations des surfaces de la cornée ou du cristallin.

Pour étudier son astigmatisme, Young se servait d'un petit tube plein d'eau, appliqué contre son œil de façon à baigner la cornée et fermé à son extrémité antérieure par une lentille. Les défauts de la surface antérieure de la cornée se trouvant ici éliminés, Young aurait dû retrouver la vision normale si son astigmatisme avait été dû à cette surface. L'expérience montra qu'il subsistait et devait, par conséquent, être rapporté à son cristallin.

La petite cuve de Thomas Young qui avait permis de découvrir l'existence de l'astigmatisme cristallinien fut utilisée à la fin du siècle par Lohenstein et Siegrist qui ajoutèrent une ceillière caoutchoutée épousant la forme de l'arcade sourcilière et de la pommette pour éviter les fuites d'eau, le tout étant maintenu par une sangle autour de la tête (fig. 3). Cet appareil fut appelé par les auteurs « hydrodiascope » et rendit certains services dans le cas de la correction du *kératocône* et de l'astigmatisme irrégulier. C'est ainsi que se terminent les premiers essais qui amenèrent au verre de contact moderne.

### Recherches modernes

Peu avant l'apparition de l'hydrodiascope de Lohenstein (fig. 3), trois médecins, les D<sup>rs</sup> Fick, de Zurich, Kalt, de Paris, et Auguste Muller, de Hambourg, proposèrent en même temps un moyen plus simple pour corriger les défauts de surface de la cornée. Le verre préconisé en 1887 par ces trois médecins possédait une particularité nouvelle : on pouvait le placer au contact di-

rect de la conjonctive sous les paupières, et on introduisait entre le verre et la cornée un liquide physiologique (eau salée) permettant de réaliser le « contact optique » entre le système optique oculaire et le verre. Malheureusement, ces verres étaient très difficilement tolérés malgré leurs avantages pour la vision; les malades qui les essayèrent ne purent les conserver qu'une demi-heure ou une heure. Cet inconvénient, la non-tolérance du verre par le malade, devait donc être le but des recherches qui suivirent.

Pour se faire une idée de l'évolution de cette question, il faut se rappeler qu'à l'époque de Fick on ignorait tout de la forme de l'œil vivant. Ce dernier eut l'idée de faire des moulages d'yeux de lapins et de cadavres humains et de reproduire ces moulages pour en faire des coques dont la forme s'approchât de la forme de l'œil vivant; et, malgré les précautions prises, les essais échouèrent. Le Dr Kalt, par l'intermédiaire du professeur Panas, présenta à l'Académie de médecine, le 20 mars 1888, un essai sur des coques probablement soufflées. Puis, en 1889, Auguste Muller publia une thèse sur les verres de contact et confectionna pour lui-même des verres corrigéant sa myopie. Plusieurs constructeurs allemands et suisses essayèrent de réaliser des verres, mais leurs essais furent infructueux. C'est à un oculariste de Wiesbaden, Muller, que l'on doit les premiers essais de verres de contact entièrement soufflés en porcelaine; la partie reposant sur le globe de l'œil ressemblait à celle d'un œil artificiel, peint pour imiter le blanc de l'œil et les vaisseaux sanguins. La partie placée devant la pupille était transparente et jouait un rôle optique.

Puis, en 1909, la même firme améliora ses verres en augmentant les dimensions de la partie sclérale (surface appliquée sur le globe de l'œil, sous les paupières), espérant par là obtenir une meilleure répartition de la pression des paupières et un accroissement de la tolérance des verres par les malades. Ces verres sont fragiles mais finement polis, la partie optique était à cette époque assez médiocre.

Puis ce furent les essais de Zeiss admettant que le globe de l'œil est sphérique, et la partie reposant sur l'œil l'étant elle-même. Les verres sont petits, légers et de belle présentation, mais ils sont généralement mal tolérés, malgré le choix des dimensions de la partie sclérale, les rayons de courbures de celles-ci varient entre 11 et 13 mm. Le verre reposant sur l'œil est mal équilibré et fait pression sur les petits vaisseaux ou fonctionne à la manière d'une ventouse.

Une amélioration importante a été réalisée par la maison Danz à New York qui a amélioré considérablement l'optique précédemment proposée par Muller-Welt. Ces verres, choisis dans une collection préétablie, peuvent donner de bons résultats, mais ils n'atteignent pas la proportion de résultats que l'on obtient habituellement à partir du moulage ou de jeux de verres d'essai établis à l'aide de ce même procédé. Ils sont néanmoins une belle réalisation que le technicien aurait tort d'ignorer.

Il faut citer une autre production extrêmement intéressante, celle de Muller, de Stuttgart, verres de forme tout à fait particulière, que l'on pourrait approximativement comparer à un trièdre très ouvert au sommet duquel on aurait une calotte sphérique et dont les angles seraient arrondis. Ces verres, un peu plus grands que les verres sphériques, sont en général beaucoup

mieux tolérés (fig. 6). Ils ont, depuis, été reproduits par une firme américaine et considérablement améliorés sans, pour cela atteindre les qualités d'autres verres américains et de la production française actuelle.

### Tolérance des verres de contact

Un verre à partie sclérale sphérique, à moins que le globe de l'œil du malade le soit, tient sur l'œil en faisant pression. Dans ce cas, les larmes ne peuvent pas circuler librement entre la cornée et la partie optique. C'est là une des causes de la non-tolérance et de l'irritation conjonctivale. En effet, le non-renouvellement des larmes, quel que soit d'ailleurs le genre de verre, diminue la nutrition de la cornée et détruit l'équilibre de pression entre l'intérieur de l'œil et l'atmosphère. Si le verre est trop lâche, il tourne sur l'œil et fonctionne comme un corps étranger dont les contacts sont nuisibles; de là, une exfoliation de l'épithélium cornéen et une tendance à l'opacification de la cornée. Les verres Muller, par leur forme sclérale, facilitent le port en répartissant de meilleure

façon la pression des paupières et la circulation des larmes. Mais le champ du regard est moins grand qu'avec un verre Zeiss dont la partie cornéenne est plus grande. Nous avons montré dans l'exposé de nos travaux à la Sorbonne et à la Faculté de médecine où nous avons présenté des malades, en collaboration avec des ophtalmologistes, qu'il était possible aujourd'hui, dans 90 % des cas, de faire tolérer des verres de contact douze à quinze heures par jour. C'est surtout dans l'amélioration de la zone scléro-limbique que réside les progrès ainsi que dans la matière utilisée pour leur fabrication. C'est ainsi qu'aujourd'hui le verre

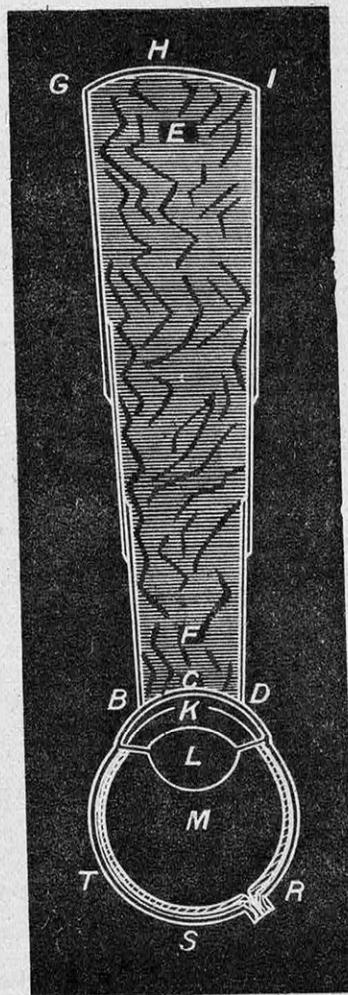


FIG. 2. — L'IDÉE ORIGINALE DE DESCARTES

de contact en verre est à peu près universellement abandonné; grâce au progrès des résines synthétiques (polystyrène, méthacrylate de méthyle, etc.), on obtient des verres incassables, parfaitement transparents, sans aucune réaction au contact des larmes ou de la conjonctive, donc donnant une meilleure tolérance. La matière qui les constitue étant homogène et isotrope, dans certaines conditions de préparation, on peut réaliser des optiques de bonne qualité. Le travail de l'optique demande des précautions particulières plus difficiles à réaliser que sur le verre. Mais on peut, à partir du moulage des yeux, obtenir plus facilement des matrices d'un prix de revient moins élevé que celles qui supporteraient le contact du verre en fusion. Ceci n'est pas un avantage négligeable lorsqu'on pense que seuls les aciers au chrome-nickel, voire même des métaux rares comme le platine, sont employés pour la réalisation des verres de contact en verre.

Les verres à parties sclérales déduites du moulage de l'œil sont réalisés un peu dans tous les pays avec des moyens et des méthodes qui sont propres à chaque fabricant. A Londres, le Dr Dallos, d'origine hongroise, fabrique des verres en verre déduits du moulage, donnant satisfaction dans de nombreux cas. Il en est de même à Utrecht où une clinique fonctionne avec des résultats encourageants. En Amérique, plusieurs fabricants, Obrig, Feimbloom, etc., procèdent de la même manière. Pour réaliser ces moulages, il faut un matériel spécial dont le perfectionnement est dû en partie aux efforts de l'industrie française; il faut, en plus, faire subir aux verres des retouches locales qui faciliteront la circulation des larmes. C'est là le point délicat.

### L'optique du verre de contact

Le but principal du verre de contact est de

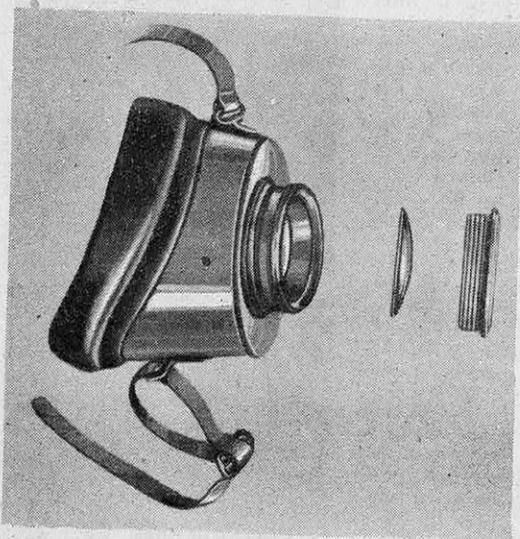


FIG. 3. — L'HYDRODIASCOPE DE LOHENSTEIN

L'appareil est maintenu par une sangle passant autour de la tête et est rempli d'eau qui baigne l'œil et que la bordure de caoutchouc empêche de fuir.

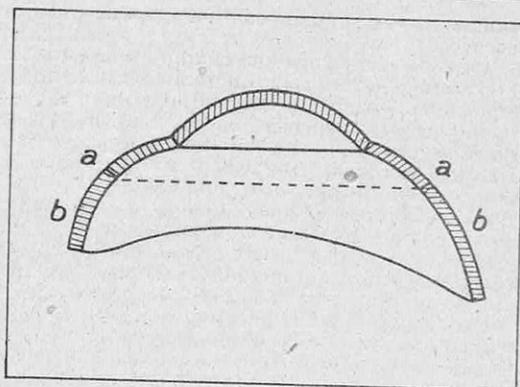


FIG. 4. — COUPE D'UN VERRE DE CONTACT

Dans un verre de contact, on distingue, du point de vue technique, trois régions principales: 1° une petite calotte sphérique se trouvant devant la cornée, travaillée optiquement; 2° une zone a-a, appelée « zone limbique », qui conditionne la tolérance du verre; 3° une zone b-b, ou « zone sclérale », qui est le support du verre; cette zone se place sous les paupières.

corriger un défaut visuel. Les amétropies (1) se corrigent depuis plus de quatre siècles par des lentilles placées en avant de l'œil, celles-ci étant divergentes lorsqu'il s'agit de myopie et convergentes dans le cas de l'hypermétropie ou de l'aphakie. On appelle œil aphake, un œil auquel on a enlevé le cristallin (exemple: opéré de la cataracte). En dehors de ces amétropies simples, il existe des défauts plus complexes comme l'astigmatisme régulier qui, nous l'avons dit plus haut, est bien souvent dû à une différence de courbure dans les méridiens principaux de la cornée (2), l'astigmatisme irrégulier, dont l'origine est toujours due à la cornée qui est complètement déformée, ou encore le *kératocône*, qui résulte du fait suivant: la cornée, au lieu d'être sphérique, se déforme en s'approchant approximativement d'un cône dont le sommet serait légèrement arrondi.

Dans ces deux derniers cas, le principe de la correction vient de lui-même. Le verre de contact, maintenant devant la cornée une lentille liquide, supprime ses défauts optiques et compense les irrégularités d'images dues à la forme du cône. En remplaçant la cornée déformée par une cornée sphérique, celle du verre de contact, on redonne à l'œil une vision normale. C'est le seul moyen de correction de ce genre d'amétropie.

Les avantages des verres de contact tiennent principalement au fait qu'ils se déplacent avec les yeux dans tous leurs mouvements de rota-

(1) Mot groupant les imperfections optiques de l'œil, tiré du grec (*a*, privatif; *métron*, mesure; *ôps*, œil).

(2) L'astigmatisme cristallinien, qui s'ajoute dans des cas très rares, peut être corrigé avec des verres de contact en remplaçant la surface optique sphérique par une surface torique de très petites dimensions, de l'ordre de 12 mm. Dans le cas des verres de contact, la réalisation est délicate: il faut orienter les axes du verre exactement dans les plans qui contiennent les axes de l'astigmatisme total de l'œil. En général, le résidu de correction est très petit et dépasse rarement 0,5 dioptrie, lorsqu'il existe. Pour l'œil aphake, il n'y aura évidemment jamais d'astigmatisme cristallinien à corriger puisque le cristallin est enlevé.

tion et qu'ils sont en contact optique avec la cornée.

Ils restituent ainsi un champ du regard de l'œil corrigé égal à celui qu'aurait un œil emmétrope (doué d'une vue normale), alors que, chez le myope ou l'hypermétrope corrigé, le champ de ce regard est limité par le port des lunettes. Le verre de contact, corrigeant au sommet de la cornée, donc le plus près possible du centre de rotation de l'œil, permet l'utilisation maximum de ce champ, exactement comme lorsqu'on regarde à travers une petite ouverture ; la surface embrassée est d'autant plus grande que l'œil est placé plus près de cette ouverture.

On supprime en même temps les différences de rotation entre les yeux dues à ce que l'œil est mobile derrière le verre immobile, et aux effets prismatiques produits par la périphérie. En effet, un rayon lumineux venant d'un point situé sur l'extrême droite, par exemple, ne prolonge pas exactement le rayon qui pénètre dans l'œil. L'angle dont il a tourné n'est pas rigoureusement le même pour les deux yeux par suite de leurs positions relatives différentes par rapport aux verres et au point regardé. Les deux yeux devront donc effectuer des rotations différentes pour superposer les images d'un même point.

Au repos, l'œil est « désaccommodé » et fixe un point que l'on appelle le *punctum remotum*, point le plus éloigné de l'œil qui puisse être vu sans effort ; le cristallin est alors au minimum de sa puissance. Lorsqu'on veut fixer un objet rapproché, il est nécessaire que le système optique oculaire change sa puissance ; dans ce cas, on dit que l'œil « accommode », ou, plus précisément, que le cristallin « accommode ».

Le cristallin modifie ses rayons de courbure, et tout se passe comme s'il ajoutait à lui-même une lentille dont la puissance serait fonction de la position du point regardé. Par analogie, nous pourrions comparer le fonctionnement de l'œil en état d'accommodation à celui d'un appareil photographique auquel on ajouterait une bionnette convergente pour réaliser une mise au point rapprochée. Lorsque l'œil est combiné avec un verre correcteur convergent ou divergent, il ne voit plus l'objet regardé, mais l'image donnée par le verre correcteur, et c'est cette image,

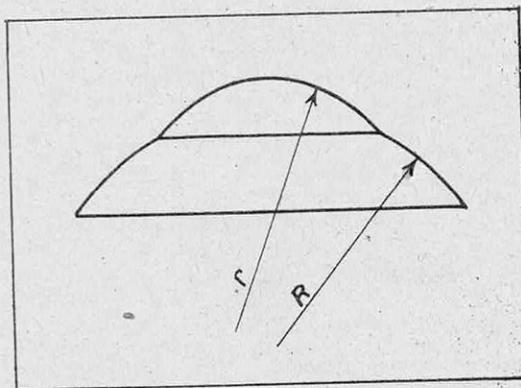


FIG. 5. — SCHÉMA EN COUPE D'UN VERRE DE CONTACT TYPE ZEISS

La cornée est sphérique et de rayon de courbure  $r$  fonction de l'amétropie à corriger. La surface sclérale est elle-même sphérique et de rayon de courbure  $R$  variant entre 11 et 13 mm.

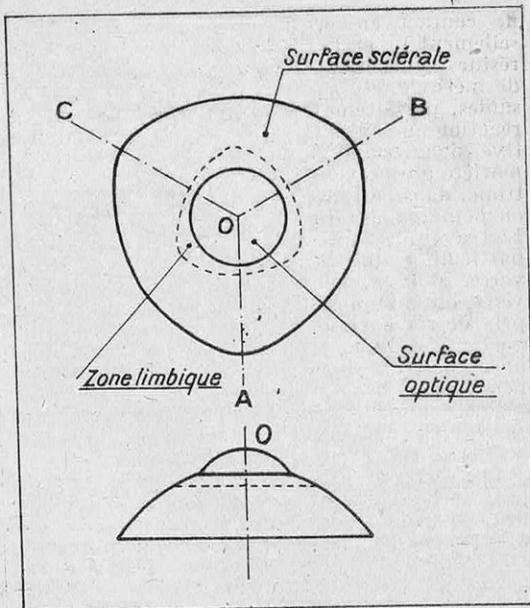


FIG. 6. — SCHÉMA D'UN VERRE MULLER-WELT

Le trièdre a pour sommet le point O et pour arêtes OA, OB et OC. Les régions sclérales comprises dans les angles AOB, BOC, COA sont légèrement aplaties. Le verre repose sans faire pression sur le globe de l'œil (lorsqu'il est bien choisi). Ses déplacements par rapport au globe de l'œil sont gênants et ont pour effet de diminuer le champ de vision, la pupille de l'œil pouvant être fortement décentrée par rapport à la partie optique du verre.

dont la position est fonction de la puissance du verre, qui sert d'objet pour l'œil. L'amplitude d'accommodation étant fonction de la position de cette image, elle ne sera donc pas la même que dans le cas de l'œil emmétrope, œil qui n'a pas de défauts visuels. Par exemple, un œil emmétrope qui regarde un objet placé à 0,25 m du plan principal objet de l'œil, accommode de 4 dioptries.

S'il s'agit d'un myope corrigé par un verre correcteur de - 6 dioptries, les calculs montrent que l'amplitude d'accommodation n'est plus que de 3,25 dioptries. L'œil myope a donc besoin d'un pouvoir accommodatif moins grand que l'œil emmétrope fixant le même objet.

Dans le cas d'une hypermétropie corrigée par verre de + 6 dioptries, le même calcul montrera que l'amplitude d'accommodation nécessaire pour regarder le même objet est de 4,5 dioptries (nombre arrondi). Cela montre que le verre a une influence considérable sur l'amplitude d'accommodation : plus l'amétropie est grande, plus l'amplitude d'accommodation différera de celle d'un œil normal.

Dans le cas où il y a astigmatisme, la puissance du verre correcteur n'est pas la même dans les deux méridiens principaux du verre. Il y a donc une différence d'amplitude d'accommodation nécessaire dans ces deux méridiens, ce qui oblige l'œil à une forte accommodation dissymétrique et à un effort des muscles de l'œil produisant une fatigue qui n'est pas négligeable. Avec le verre de contact qui supprime l'astigmatisme cornéen, cet effort dissymétrique est

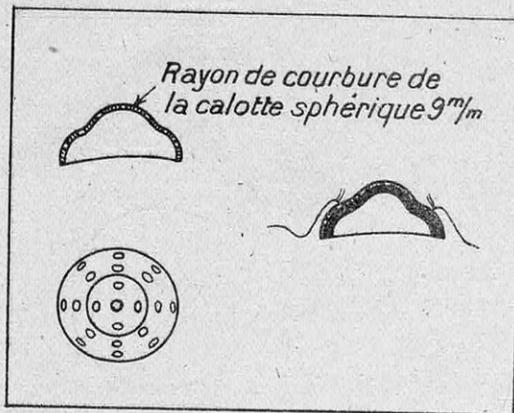


FIG. 7. — MOULAGE DE L'ŒIL

Le moulage de l'œil demande un petit tour de main que l'oculiste acquiert en peu de temps. Le procédé est le suivant : on prépare une bouillie de résine spéciale non irritante, que l'on place dans une coque percée de petits trous ; on pose cette coque ainsi préparée sur l'œil, par le même procédé que celui employé pour placer un verre de contact ordinaire. Lorsque la bouillie est solidifiée, ce qui demande deux à trois minutes, on retire le verre de contact avec la bouillie qui tient à celui-ci, en partie grâce aux petits trous qui ont été ménagés dans le verre. On obtient alors le négatif de l'œil dans lequel on coule une autre résine, pouvant se détacher facilement de la première. Après solidification, on obtient le positif. Ce positif est confié au fabricant qui en déduit un verre qui sera retouché après essais pour l'adapter convenablement à l'œil.

presque totalement supprimé, et l'accommodation en est facilitée.

D'autre part, le verre de contact n'a pas d'astigmatisme dû à l'inclinaison des faisceaux lumineux. Le verre se déplaçant avec l'œil, la vision se fait toujours par le centre du verre, alors qu'il n'en est pas de même avec les lunettes. Cet astigmatisme dû à l'inclinaison des faisceaux lumineux est particulièrement sensible chez les opérés de la cataracte avec les verres que l'on trouve couramment dans le commerce. Il est facile à un aphake de constater les diminutions de son champ de vision net, tandis qu'avec un verre de contact son champ de vision est celui de l'œil normal.

En résumé :

1° Lorsqu'il s'agit d'amétropies sphériques (myopie, hypermétropie), le problème sera facile à résoudre : on calculera les rayons de courbure de la partie cornéenne du verre de contact de manière à obtenir la même conjugaison optique qu'avec une lentille. Autrement dit, pour corriger un œil, on calculera l'optique de manière que celle-ci donne des images nettes sur la rétine lorsque le regard est dirigé vers l'infini ;

2° S'il s'agit d'amétropies comportant la combinaison d'une myopie et d'un astigmatisme régulier, dû, dans la plupart des cas, aux différences de courbure de la cornée dans ses méridiens principaux, la correction à établir devient la même que dans le cas d'amétropies sphériques, par suite de l'élimination optique de la cornée. Dans le cas où l'astigmatisme total de l'œil diffère de l'astigmatisme cornéen, on fera la partie optique du verre torique au lieu de sphérique

## Grandeur des images rétinienne

Dans les yeux normaux, les images rétinienne ont des dimensions fonction de la position de l'objet ; celles-ci sont semblables lorsque les yeux ont même puissance. Il n'en est pas de même lorsqu'on se trouve en présence d'un œil corrigé par des lentilles placées en avant de l'œil, car alors les dimensions des images dépendent de la puissance optique de la combinaison formée par le verre plus l'œil.

Il serait fastidieux de reporter ici les calculs qui permettent de se faire une idée des variations des grandeurs d'images. Dans le cas de l'œil normal et pour les différentes amétropies, les calculs montrent que, pour que les dimensions des images dans l'œil corrigé soient les mêmes que dans l'œil normal, il faut que le verre correcteur soit placé au premier foyer de l'œil (foyer situé dans l'air). Dans ce cas, la puissance du système optique formé par le verre plus l'œil ne varie pas.

Or, des considérations de confort et d'esthétique ne permettent pas de placer les verres correcteurs au premier foyer de l'œil ; ils sont toujours entre ce foyer et le sommet de la cornée. Si nous faisons les calculs en supposant que cette distance soit de 12 millimètres, voici (fig. 12, 13 et 14) ce que nous trouvons pour le grandissement du système optique formé par le verre de bésicle combiné avec l'œil.

Il est facile, en examinant ces tableaux, de se rendre compte de l'avantage représenté par les verres de contact sur les verres de lunettes au point de vue de la grandeur des images dans le cas de l'œil myope et du léger inconvénient que cela présente pour l'hypermétrope, puisqu'il est très rare d'atteindre des hypermétropies supérieures à 5 dioptries (l'hypermétropie de + 20 figurant dans le tableau fig. 13 n'a été considérée qu'au point de vue de la comparaison avec une myopie de même puissance, mais n'existe pas pratiquement).

Or, l'acuité visuelle d'un œil myope dépend de la dimension des images rétinienne que le système interpréteur cérébral analyse. Plus les dimensions de ces images croissent, plus les détails en sont perceptibles. Dans le cas de très faibles acuités visuelles, qui vont en général de

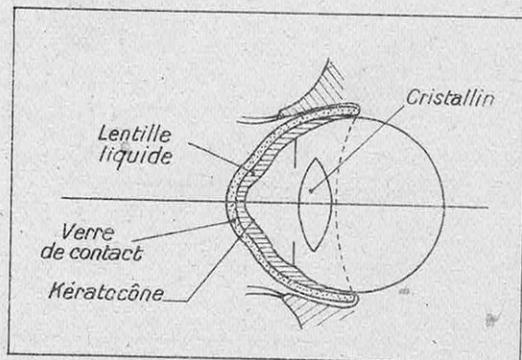


FIG. 8. — COUPE D'UN ŒIL AFFECTÉ DE « KÉRATOCÔNE » CORRIGÉ PAR UN VERRE DE CONTACT

La lentille liquide maintenue entre la cornée et le verre de contact élimine l'action du kératocône, la cornée déformée se trouvant remplacée par la cornée sphérique du verre de contact.

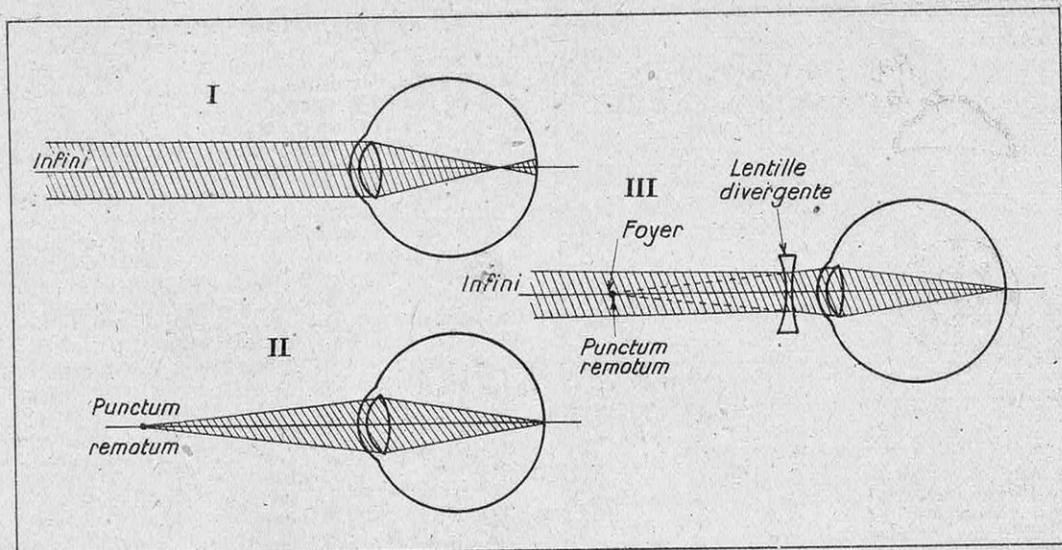


FIG. 9. — PRINCIPE DE LA CORRECTION DE LA MYOPIE

L'œil myope souffre d'un excès de convergence. — I. Un point à l'infini donne une image qui se forme en avant de la rétine et ne peut donc être vue distinctement. — II. Le point le plus éloigné qui puisse être vu distinctement, le punctum remotum, est l'image du point central (fovea centralis) de la rétine à travers le système optique de l'œil. En accommodant, c'est-à-dire en déformant son cristallin, l'œil myope peut voir distinctement des points plus rapprochés, mais non plus éloignés. — III. La correction de la myopie s'effectue au moyen d'une lentille divergente dont le foyer coïncide avec le punctum remotum. L'image d'un point à l'infini se forme alors sur la rétine.

pair avec les fortes myopies, on a toutes chances, avec le verre de contact, d'améliorer considérablement cette acuité et d'accroître le bien-être du malade.

Dans le cas où il y a anisométrie, c'est-à-

dire différence d'amétropies entre les deux yeux (par exemple, l'œil droit pourrait être corrigé par un verre de  $-10$ , et l'œil gauche par un verre de  $-1$ ), il y a évidemment de grosses différences entre les dimensions des images. Le

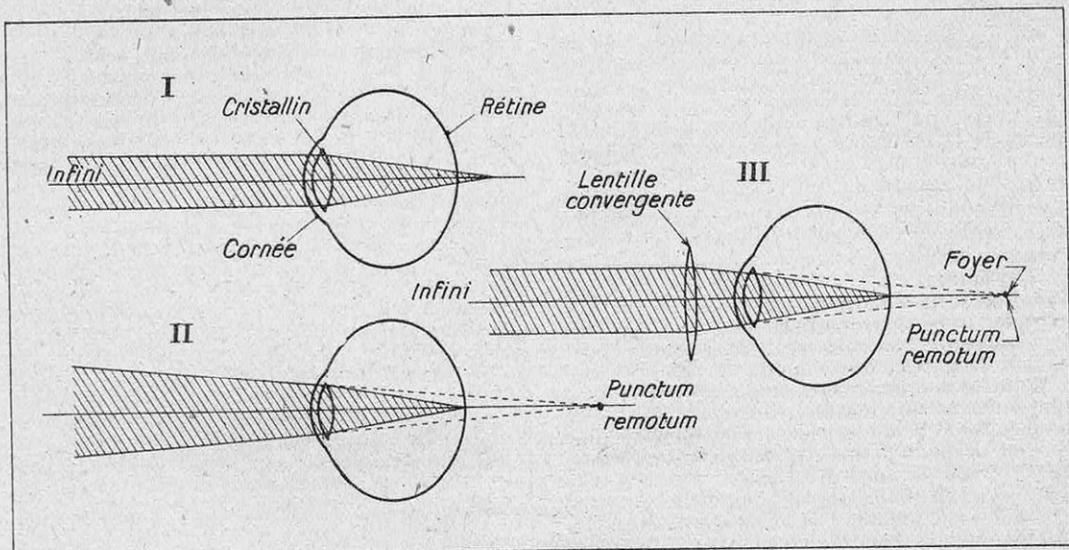


FIG. 10. — PRINCIPE DE LA CORRECTION DE L'HYPERMÉTROPIE

L'œil hypermétrope souffre d'un défaut de convergence. — I. Un point à l'infini donne une image qui se forme en arrière de la rétine et ne peut être distincte si l'œil n'accommode pas (l'œil hypermétrope fait un effort d'accommodation pour regarder à l'infini et y parvient d'ailleurs très bien). — II. L'image qui se forme sur la rétine sans accommodation est celle d'un point situé en arrière de l'œil jouant le rôle d'objet virtuel et appelé punctum remotum, par analogie avec la fig. 9. — III. Pour corriger l'hypermétropie, on place devant l'œil une lentille convergente, dont le foyer coïncide avec le punctum remotum. L'image d'un point à l'infini se forme alors sur la rétine.

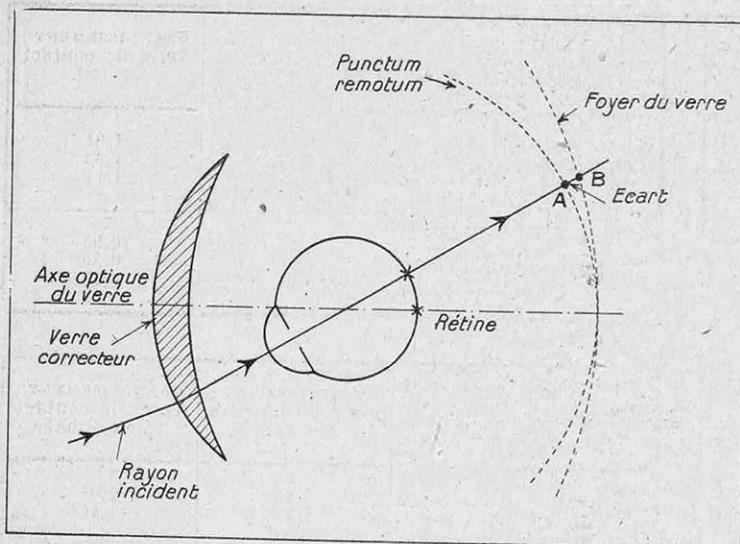


FIG. 11. — UNE DES CAUSES DE LA LIMITATION DU CHAMP DE VISION AVEC LES VERRES CORRECTEURS CLASSIQUES

On a pris ici pour exemple un verre perfectionné, dit « ponctuel » (ces verres réduisent considérablement l'astigmatisme des bords qui ne permet pas d'obtenir d'image nette), destiné à un hypermétrope. Lorsque l'œil regarde suivant l'axe principal du verre, le foyer de ce dernier et le punctum remotum de l'œil coïncident (voir fig. 10). Quand l'œil tourne dans son orbite, le punctum remotum décrit une sphère qui va en s'écartant de la surface décrite par le foyer du verre. L'œil doit exercer un effort supplémentaire, dont il n'est pas toujours capable. Son champ de vision nette sera limité. Ceci ne peut se produire avec les verres de contact qui suivent tous les déplacements du regard.

système interpréteur cérébral aura donc de grandes difficultés à fusionner en une seule image deux images dont les dimensions différeront considérablement.

L'œil aphake se corrige comme l'œil myope ou hypermétrope, mais, si l'on calcule les dimensions des images en les comparant à celles de l'œil normal, dans les deux cas de correction, on voit que les variations de grandeur des images sont beaucoup plus sensibles avec l'œil aphake (fig. 12).

Il est particulièrement intéressant d'envisager le cas de l'opéré de la cataracte monoculaire. Supposons une personne portant à droite un verre de contact corrigeant une myopie légère et de l'autre ayant subi l'opération de la cataracte ; la différence de puissance entre les deux yeux sera telle qu'il n'y aura pas possibilité pour le cerveau de fusionner en une seule image les images de chaque œil.

Pour un œil, les images auront une dimension supposée égale à 1 et, pour l'autre, cette dimension pourra atteindre 1,5 ; cela reviendrait à essayer de mettre en coïncidence deux surfaces dont le rapport serait 100 à 225, ce qui est évidemment impossible. Il suffit, pour résoudre ce problème, de calculer un verre de contact spécial, tout aussi invisible que les autres, et qui tiendra compte de la grandeur des images de l'œil faiblement myope. C'est une application qui n'est pas négligeable et de nombreux aphakes ont pu, à l'aide de ce procédé, retrouver une vision binoculaire.

Mais, comme les calculs le montrent, ces différences sont beaucoup plus grandes avec les verres de bécicles qu'avec les verres de contact.

Dans les limites courantes de correction de cette amétropie : de + 10 à - 10 dioptries d'amétropie avant l'opération, la variation de grandissement est inférieure à celle donnée par un verre de lunettes convenablement placé, et l'on pourra corriger un œil aphake avec un verre de contact et redonner au malade la vision binoculaire, même si l'autre œil n'a pas été opéré.

### Amblyopie

Un œil amblyope est un œil qui, même parfaitement corrigé par un verre, ne possède qu'une acuité visuelle très faible, ne lui permettant pas de voir suffisamment de loin ou de près. Le verre de contact, procurant des images plus grandes que le verre de bécicle, dans le cas de la myopie, est particulièrement intéressant pour obtenir l'amélioration de la vision des amblyopes de la rétine.

La rétine est formée de cellules visuelles sur la forme desquelles nous ne nous étendrons pas. On dit que l'acuité visuelle est normale quand l'écart entre deux cellules visuelles est égal à 2,5 microns. Cette acuité est mesurée angulairement en minutes.

Supposons que la rétine, au lieu d'avoir sa topographie normale, ait le même nombre de cellules visuelles réparties sur une surface plus grande ; l'angle sous-tendu par deux cellules visuelles sera plus grand, puisque celles-ci seront plus espacées, et le cerveau ne pourra pas séparer des objets peu espacés. Il sera alors nécessaire de grandir les angles dans l'espace-image pour qu'à un angle de une minute dans l'espace-objet corresponde un angle de une minute trente ou deux minutes dans l'espace-image, ce qui reviendra à dire qu'il faudra multiplier les angles dans l'espace-image par 1,5 ou 2. Or, ce que nous venons de dire des verres de contact au point de vue de leur grandissement montre l'avantage considérable que l'on peut en tirer.

De plus, par suite de leur encombrement minimum et des progrès techniques de leur fabrication, on peut combiner plusieurs lentilles minuscules dont l'ensemble formera une lunette du type Galilée donnant un grandissement donné et obtenir, en même temps, la correction de l'amétropie due simplement à un défaut des surfaces optiques.

### Applications à la pathologie

Dans le domaine pathologique, le verre de contact a des applications multiples. Tout d'abord, dans l'opération du *symblépharon*. Le *symblépharon* est une maladie qui peut avoir une cause accidentelle (par exemple : brûlure des yeux) et pour effet de souder la conjonc-

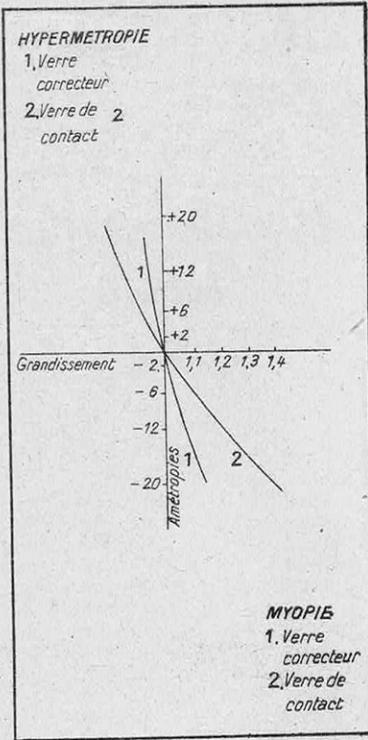


FIG. 12. — LES DIFFÉRENCES DE GRANDISSEMENT DES IMAGES RÉTINIENNES DONNÉES PAR LES VERRES CORRECTEURS ORDINAIRES ET LES VERRES DE CONTACT

AMÉTROPIES CONSIDÉRÉES (dioptries).	GRANDISSEMENT : verre de lunettes + œil.	GRANDISSEMENT : verre de contact + œil.
Œil myope.....	- 30	1,21
	- 15	1,07
	- 5	1,02
Œil hypermétrope.	+ 5	0,98
	+ 10	0,96
	+ 20	0,94

CAS CONSIDÉRÉS	GRANDISSEMENT : verre de lunettes + œil aphake.	GRANDISSEMENT : verre de contact + œil aphake.
Œil myope avant l'opération.....	- 30	2,08
	- 15	1,44
Œil emmétrope (normal) avant l'opération.....	1,22	1,09
Œil hypermétrope avant l'opération.	+ 5	1,03
	+ 10	0,96

FIG. 13 ET 14. — LE GRANDISSEMENT DES IMAGES DANS LE CAS D'UN ŒIL MYOPE OU HYPERMÉTROPE (EN HAUT), D'UN ŒIL APHAKÉ (EN BAS)  
 On prend pour unités les dimensions des images dans l'œil normal sans verre.

tive bulbaire à la conjonctive palpébrale (1).  
 Le chirurgien oculiste, lorsqu'il se trouve en présence d'une opération de ce genre, peut employer le verre de contact pour isoler le globe des paupières. Des essais ont été faits qui ont donné de bons résultats.

Il est bien évident que ceci est fonction de la technique employée et que l'avenir dira la meilleure manière d'effectuer cette opération.

On peut encore employer le verre de contact dans lequel on a incrusté un petit cercle ou quatre points de plomb pour la recherche des corps étrangers à l'aide de la radiographie. Le radiologiste pose un verre de contact sur l'œil, comportant un corps étranger intraoculaire, dans le corps vitré par exemple ; puis il prend des radiographies de l'œil dans différents azi-

muts et, en mesurant sur un graphique spécial les dimensions perspectives du cercle ou des quatre points de plomb par rapport à la position du corps étranger, il peut en repérer la place exacte et opérer à coup sûr avec ses instruments. Il faut, évidemment, que ce corps ne soit pas transparent aux rayons X.

En dehors des applications techniques, le verre de contact a un champ d'application très étendu. D'abord, au point de vue esthétique, il est bien évident qu'il est supérieur à toutes les lunettes, même parfaites. Son invisibilité lui permet d'être utilisé par les artistes ou par les sportifs. Les nageurs peuvent en tirer un profit considérable, grâce à un verre de contact spécial qui leur permet de voir dans l'air et dans l'eau sans être incommodés. C'est en même temps un organe de protection contre les conjonctivites résultant du contact de yeux avec des eaux plus ou moins polluées.

R.-A. DUDRAGNE.

(1) On appelle conjonctive bulbaire celle qui se trouve sur la sclérotique et conjonctive palpébrale celle qui tapisse intérieurement les paupières.

La découverte est l'idée neuve qui surgit à propos d'un fait trouvé par hasard ou autrement. Par conséquent, il ne saurait y avoir de méthode pour faire des découvertes, parce que les théories philosophiques ne peuvent pas plus donner le sentiment inventif et la justesse de l'esprit à ceux qui ne les possèdent pas que la connaissance des théories acoustiques ou optiques ne peut donner une oreille juste ou une bonne vue à ceux qui en sont naturellement privés. Cl. BERNARD

# LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

## L'origine de l'oxygène atmosphérique

LE taux de l'oxygène dans l'atmosphère est, on le sait, maintenu constant aux alentours de 21 % par l'action régulatrice de la photosynthèse des végétaux. Mais, au cours des époques géologiques qui ont précédé l'ère actuelle, cette teneur a pu se trouver très différente de sa valeur actuelle, et il est en particulier permis d'envisager qu'elle ait pu se trouver nulle avant l'apparition de la vie sous la forme que nous connaissons. Aussi a-t-on été amené à se demander si des plantes vertes pourraient vivre dans une atmosphère qui serait, à l'origine, complètement dépourvue d'oxygène et si elles seraient capables d'enrichir progressivement cette atmosphère en oxygène.

M. P. Becquerel a réussi à montrer que des algues vertes et des algues bleues peuvent vivre et prospérer dans des tubes contenant des solutions nutritives, mais d'où l'on a

chassé tout l'air par le vide et où il ne reste par conséquent que la tension de vapeur de l'eau. Non seulement les algues se sont parfaitement développées et reproduites, mais elles ont créé une atmosphère respirable contenant en particulier de l'oxygène.

Comme ces organismes primitifs sont les plus anciens habitants des mers du globe, il est tout à fait vraisemblable que ce soient eux qui, vivant dans les mers de l'Archéen sous une atmosphère déjà chargée de gaz carbonique, nous aient apporté l'oxygène libre qui a permis par la suite aux autres plantes, puis aux animaux, de faire leur apparition sur la terre.

De telles considérations nous font comprendre que, du fait que telle ou telle autre planète est actuellement impropre à la vie telle que nous la connaissons, il ne s'ensuit pas nécessairement qu'il doive toujours en être de même à l'avenir. En particulier il n'est pas exclu, lorsque les voyages interplanétaires seront devenus possibles, que l'homme contribue un jour à «ensemencer» ces planètes avec des microorganismes susceptibles de créer, à la longue, une atmosphère respirable.

## L' " Aile volante " Burnelli

L'IDÉE générale de tous les projets d'« ailes volantes » présentés par divers constructeurs est de ne pas limiter la fonction sustentatrice à l'aile d'un avion, mais à y faire participer le fuselage et les nacelles des moteurs en leur donnant des profils appropriés ; en même temps que l'on étend ainsi la fonction sustentatrice à l'ensemble de l'appareil, on améliore la répartition des charges en répartissant dans toute l'aile, ou au moins une grande partie de cette aile, aussi bien les moteurs que l'équipage, les passagers, le fret, etc.

A vrai dire les réalisations de cet ordre ne furent pas nombreuses, mais l'idée n'en a pas été abandonnée, ainsi que le prouve l'apparition du Burnelli CBY, au Canada. Il s'agit d'un bimoteur pour le transport des passagers et du fret, de construction métallique, avec fuselage sustentateur formant la partie centrale de l'aile, où peuvent être logés entre 22 et 38 passagers suivant la puissance des moteurs installés.

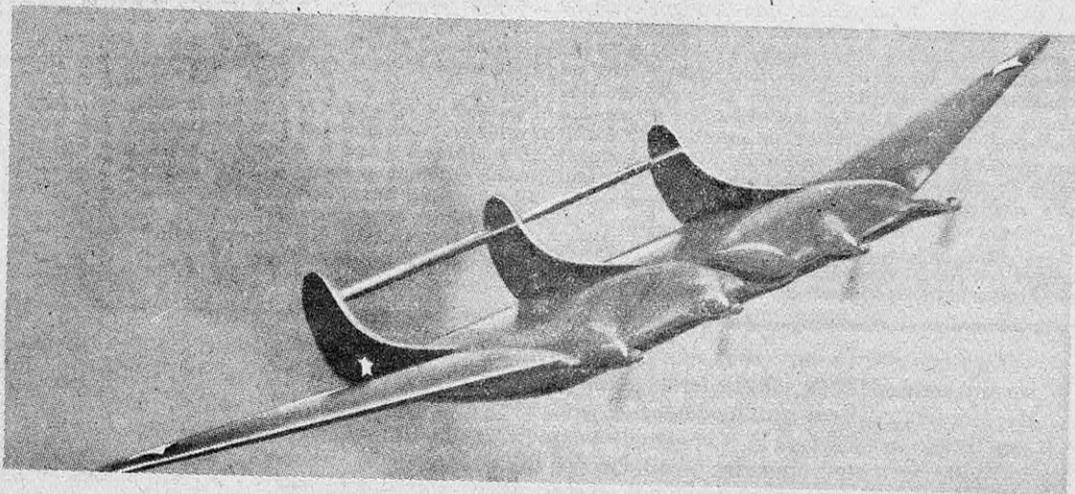


FIG. 1. — L'AILE VOLANTE BURNELLI MB-4, A 8 MOTEURS ACTIONNANT 4 PAIRES D'HÉLICES COAXIALES.

Le poste de pilotage, qui fait saillie au centre, peut recevoir trois hommes d'équipage. Le moteur et le train d'atterrissage sont accessibles en vol. Ce dernier est du type classique, comportant deux ensembles de roues principales jumelées sous les fuseaux moteurs et deux roues jumelées de queue, toutes escamotables en vol. L'empennage est porté par deux poutres. Le volume du fuselage, long de 9,2 m et large de 6 m, est de 73 m<sup>3</sup>. Il peut emporter de 3 à 4 tonnes de charge utile.

Les caractéristiques du Bunnell CBY sont : envergure 26,20 m ; longueur totale 16,60 m. Il est équipé de deux moteurs Pratt et Whitney « Twin Wasp », 14 cylindres en double étoile, refroidis par l'air, développant 1 250 ch et entraînant des hélices tripales de 3,96 m de diamètre.

La vitesse maximum est de 350 km/h à 3 000 m, la vitesse de croisière de 280 km/h, la vitesse d'atterrissage de 95 km/h au poids total de 10 430 kg. Le rayon d'action serait voisin de 2 000 km.

Il existe, sur les mêmes lignes générales, un projet de quadrimoteur de transport qui serait construit aux États-Unis. Il présentera la particularité d'être équipé de quatre moteurs Allison V-1710, 12 cylindres en ligne, refroidis par liquide et développant 1 630 ch chacun, logés dans deux fuseaux moteurs seulement. Les deux moteurs de chaque fuseau seront placés l'un derrière

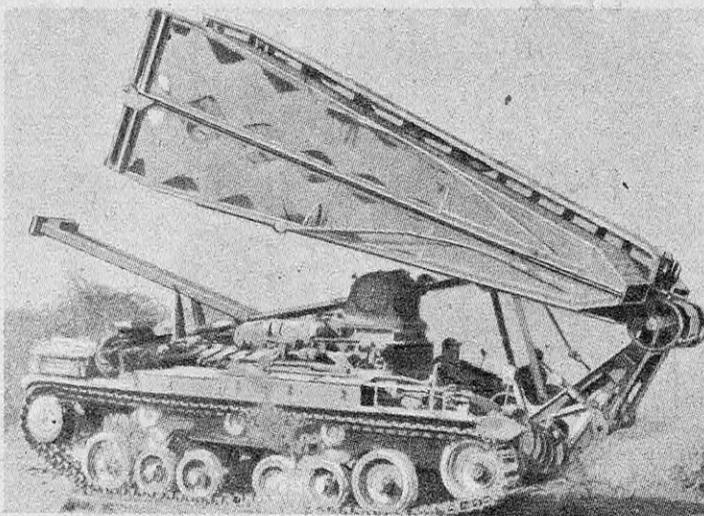


FIG. 3. — LE PONT-CISEAUX CHARGÉ SUR SON CHAR « VALENTINE »

l'autre et actionneront deux hélices coaxiales tournant en sens inverse, de 4,27 m de diamètre.

Les caractéristiques principales de ce quadrimoteur seront : envergure 35 m, longueur 22 m, poids à vide 14 000 kg, charge utile 12 000 kg. Le volume de fuselage, large de 8 m, atteindra 122 m<sup>3</sup>. On pourra y loger, soit 72 passagers, soit 54 passagers et 900 kg de fret, soit 40 passagers et 2 000 kg de fret, soit 8 tonnes de fret.

La vitesse maximum prévue est de 600 km/h à 3 000 m, la vitesse de croisière de 482 km/h,

la vitesse d'atterrissage de 105 km/h au poids total de 22 500 kg et le rayon d'action à charge réduite de 4 800 km.

Enfin, on a annoncé la mise en chantier au Canada du modèle MB-4, qui doit comporter 8 moteurs groupés par paires pour actionner quatre couples d'hélices coaxiales tournant en sens inverse. Cet appareil (fig. 1) doit peser au total 65 t, son envergure doit atteindre 60,96 m et sa longueur 19,80 m. Il pourra emporter 80 passagers à la vitesse de croisière de 450 km/h.

## Les ponts-chars de l'armée britannique

L'ARMÉE britannique a utilisé, tant en Europe qu'en Birmanie, de curieux engins qui rendirent, semble-t-il, les plus grands services lors du débarquement de Normandie, de l'assaut donné aux positions fortifiées allemandes, ainsi que de l'avance de ses divisions à la poursuite d'un ennemi en retraite qui accumulait des obstacles de toutes sortes pour les retarder. Il s'agit de chars pourvus d'un équipement spécial pour jeter des ponts sur les fossés anti-chars, les ruisseaux, les coupures de routes, etc., afin de permettre aux véhicules blindés

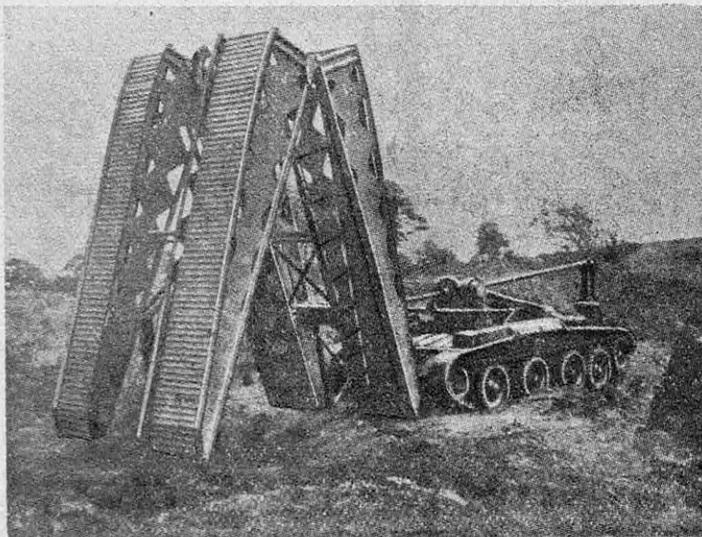


FIG. 2. — UN PONT-CISEAUX EN COURS DE DÉPLOIEMENT

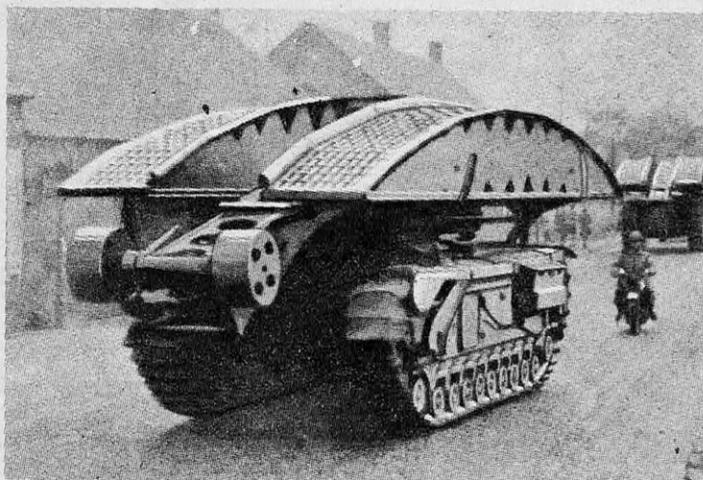


FIG. 4. — PONT LOURD PORTÉ PAR UN CHAR « CHURCHILL »

dés de poursuivre leur progression sans arrêt.

Le lancement de tels ponts pouvait s'effectuer ainsi sous le feu de l'ennemi, sans qu'un seul homme ait à quitter l'abri des blindages, et leur résistance était suffisante pour que les chars moyens ou lourds franchissent jusqu'à 9 m de largeur ou escaladent des obstacles de 3 m de haut. Ils étaient mis à la disposition des unités de première ligne qui n'étaient plus dans la nécessité de faire appel à des formations spécialisées dotées de matériel lourd pour surmonter les obstacles maintenant classiques du champ de bataille.

Quatre types principaux de ponts-chars ont été mis en ligne, les uns équipant les divisions blindées, les autres les formations de pionniers d'assaut des Royal Engineers. Le premier type, dit pont-ciseaux, est articulé en son milieu et consiste en un système de poutres renforcées formant deux chemins de roulement parallèles, à l'écartement convenable pour les véhicules qui doivent y passer. Les deux moitiés se replient l'une sur l'autre à la manière des branches d'une paire de ciseaux et l'ensemble du pont, dans cet état, est porté sur le toit d'un char qui peut être, suivant le poids du pont, soit un « Valentine » léger, soit un « Covenanter ». Le lancement du pont s'effectue hydrauliquement et est commandé entièrement à partir du poste de commande du char. Le pont bascule, se déploie et est mis en place sans aucune

aide extérieure. La manœuvre inverse s'effectue avec la même facilité et l'une comme l'autre prennent au total trois minutes. Ce pont-ciseaux peut porter des chars moyens (fig. 2 et 3).

Un second type de pont, plus puissant, comportant aussi

deux chemins de roulement renforcés, mais non articulés, est porté d'une seule pièce sur un char « Churchill » lourd. Il est mis en place par une poutre puissante qui le soulève et le dépose à l'avant du char sur l'espace à couvrir. L'opération prend seulement deux minutes. Ce pont peut supporter le passage des chars les plus lourds (fig. 4 et 5).

Deux autres types de ponts-chars sont utilisés par les pionniers d'assaut des Royal Engineers. Le premier porte une rampe à deux chemins de roulement pivotant autour de son extrémité avant et abaissée sur le fossé à franchir au moyen d'un câble d'acier.

Avec le second, il s'agit d'un char « Churchill » transformé, auquel on a retiré sa tourelle pour placer sur son toit deux chemins de roulement fixes. Il porte en outre deux rampes pivotant autour des extrémités de son toit, à l'avant et à l'arrière et pouvant être abaissées, par des câbles d'acier, jusqu'à toucher le sol. En position de marche, elles sont rabattues sur le toit du char. Lorsqu'il

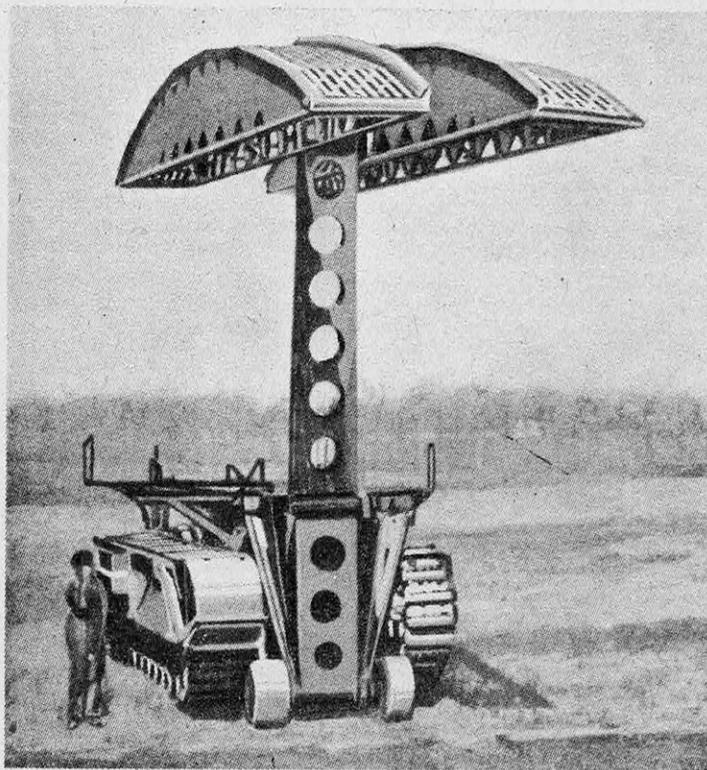


FIG. 5. — PONT MIS EN POSITION PAR UN MÉCANISME PORTÉ PAR LE CHAR LUI-MÊME

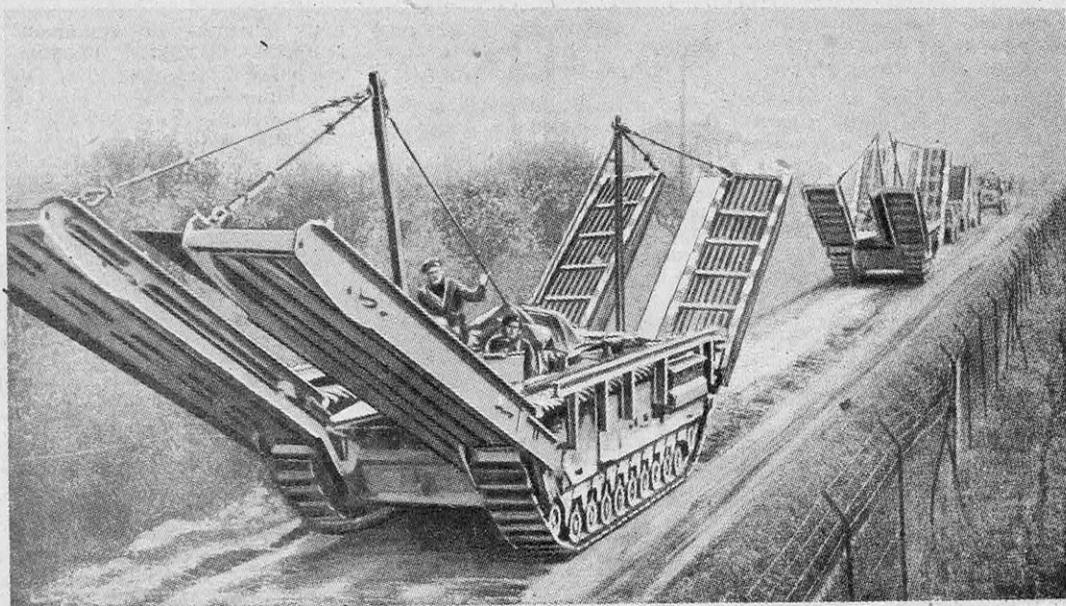


FIG. 6. — PONTS-CHARS DITS « TWABY ARK. » SUIVANT UNE CHAUSSÉE EN ITALIE

s'agit, par exemple, d'assurer le franchissement d'un fossé antichars, le char va s'installer au beau milieu du fossé, en travers, fait basculer les deux rampes et les fait reposer sur les berges. Les véhicules qui suivent passent alors simplement par-dessus lui (fig. 6).

### En liaison avec la Lune par le radar

LES anciens de la radio se souviennent certainement des fameux signaux de Mars que des amateurs plus riches d'imagination que de science avaient cru entendre dans leurs appareils construits à l'époque héroïque. Le fait que les Martiens utilisaient notre code Morse aurait dû les garder d'une conclusion trop hâtive. Cependant, la question se posait devant le monde savant : les ondes radioélectriques peuvent-elles se propager dans les espaces interplanétaires ?

Rien en théorie ne s'y oppose, mais la découverte de la présence dans la haute atmosphère d'une région appelée *ionosphère*, parce que les gaz raréfiés qui la composent y sont fortement ionisés par les rayons ultraviolets émis par le Soleil, devait montrer que seules les ondes

très courtes étaient capables de traverser cet obstacle et de s'éloigner librement de la Terre.

L'évolution du radar vers les ondes de plus en plus courtes devait inévitablement faire songer à la possibilité de détecter notre satellite.

L'expérience du radar a montré qu'un avion, dont la surface apparente peut être estimée à 50 m<sup>2</sup>, était repéré à des distances de l'ordre de 200 km. Dans le cas de la Lune, la distance de l'obstacle est de 385 000 km environ, mais sa surface apparente est de l'ordre de 10<sup>13</sup> m<sup>2</sup>. L'énergie captée par le récepteur d'un radar est proportionnelle à la surface apparente de l'obstacle et inversement proportionnelle à la quatrième puissance de la distance. On trouve ainsi que celle-ci est seulement cinquante fois plus faible pour la Lune que pour un avion à 200 km. Il n'est pas surprenant que les équipements les plus récents aient permis une telle performance.

Il a cependant fallu adapter le matériel à ce repérage d'ordre astronomique. En effet, l'impulsion émise par le radar et réfléchie sur un obstacle distant de 200 kilomètres revient à son point de départ au bout de 1,33 milliseconde. La cadence des impulsions doit donc être inférieure à 1 000 : 1,33 ou 750 par seconde, pour que l'écho d'une impulsion ne soit

pas superposé à l'impulsion suivante. On a intérêt, pour assurer la précision de la lecture des distances, à se tenir aussi près que possible de cette limite, et les appareils destinés à des repérages plus rapprochés utilisent des fréquences plus élevées.

Au contraire, dans le cas de la Lune, l'écho ne peut revenir qu'au bout de deux secondes et demi. Il faut donc que les impulsions ne se succèdent qu'à une cadence au plus égale à quatre en dix secondes. L'oscillographe cathodique, sur l'écran duquel se font les lectures des distances, a donc dû être modifié en conséquence.

La possibilité de transmettre des signaux jusqu'à la Lune qui nous les renvoie ouvre des horizons immenses quant à l'application de la radio à la navigation interplanétaire. On sait que celle-ci est envisagée depuis la réalisation de la propulsion par réaction, et la découverte de l'énergie atomique vient de nous rapprocher de l'heure du départ de la première torpille interplanétaire. La radio permettra de la suivre et même de la diriger automatiquement, ou encore de se tenir en liaison avec les courageux explorateurs qui tenteront les premiers l'extraordinaire réalisation du rêve de Wells : « Un Voyage dans la Lune. »

V. RUBOR

# SCIENCE ET VIE PRATIQUE

## A PROPOS DES VERRES DE CONTACT FRANÇAIS R.-A. DUDRAGNE

Remarquable progrès en optique médicale, les verres de contact joignent tous les avantages optiques aux nécessités de l'esthétique.

M. R.-A. Dudragne, ingénieur opticien, diplômé de l'École supérieure d'Optique, reçoit chaque matin sauf le samedi et sur rendez-vous, les mardi, jeudi, vendredi.

Brochure et prix sur demande. — R.-A. DUDRAGNE, 49, boulevard de Courcelles, PARIS (17<sup>e</sup>). Métro Courcelles. Tel. : Wagram 48-27.

## VOUS AVEZ BESOIN DE SAVOIR RÉDIGER

À côté du don littéraire qui demeure le privilège de quelques-uns il y a la faculté de s'exprimer correctement par écrit, que tout le monde peut acquérir et développer au prix de quelques exercices méthodiques et bien rédigés.

Qui pourrait douter de l'utilité, dans la vie quotidienne, de savoir mettre une certaine précision, une certaine chaleur, une certaine vigueur expressive dans une lettre, dans un mémoire, un rapport, un article de journal?

À cette nécessité répond depuis 1930 le cours de rédaction de l'École A. B. C. Ses professeurs ont formé des milliers d'excellents secrétaires, d'habiles rédacteurs de toutes catégories.

En apprenant à bien rédiger, vous améliorerez vos possibilités, vous multipliez vos chances de succès.

Écrivez à A. B. C. (Rédaction C. B. 3), 12, rue Lincoln (Champs-Élysées) Paris, qui vous renseignera de façon complète sur l'attrait et la nouveauté de cette méthode.

## IL N'Y A PAS D'ARME SECRÈTE CONTRE LES MOUSTIQUES

L'Électrocuteur H. F. est reconnu comme le procédé de destruction le plus moderne, le seul infailliable.

Des milliers d'appareils ont été vendus en quelques

mois et accomplissent, tant en France qu'aux colonies et dans toutes les régions chaudes, leur œuvre d'assainissement. L'ELECTROCUTEUR H. F. est une invention brevetée de S. E. V. U.

12 bis, avenue des Gobelins, à qui vous pouvez écrire en demandant la notice S. 1.



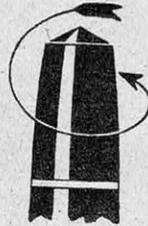
## UN NOUVEAU SYSTÈME BREVETÉ DE REMPLISSAGE D'UN STYLOGRAPH

La majorité des stylos actuels se remplissent à l'aide d'un bouton placé à la partie postérieure.

Le grave inconvénient du système c'est qu'involontairement, surtout quand le flacon d'encre est presque vide, on écrase, en pressant sur le bouton, la pointe de la plume sur le fond de l'encrier.



Système normal.



Système STEPHENS'.

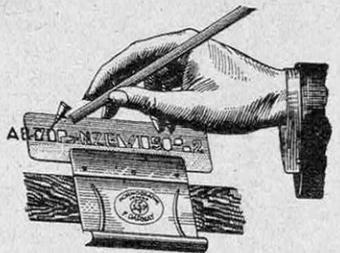
Le système breveté du STEPHENS' ROYAL, en supprimant toute pression verticale, évite tout danger d'abîmer la plume.

Un simple effort dans le plan horizontal : dévisser la tête du stylo, plonger la plume dans l'encre, reviser la tête et le stylo est rempli.

Autre avantage appréciable du système STEPHENS' ROYAL, il augmente de 20 p. 100 la capacité du stylo. *Démonstration et vente chez votre papetier.* — Gros : STEPHENS', 37, rue Deguingand, Levallois-Perret.

## " LE NORMOGRAPHE " TRACE LETTRES ET CHIFFRES

C'est le procédé le plus pratique et le plus perfectionné pour faire des inscriptions comparables à des caractères d'imprimerie sur dessins, plans, tableaux, affiches, étiquettes, etc.



Le Normographe se compose de trace-lettres et de plumes spéciales à tracer.

Les trace-lettres et chiffres sont en matière plastique transparente, portant des découpures pour tracer lettres et chiffres, majuscules ou minuscules.

La plume spéciale est en laiton, elle s'adapte sur tous les porte-plume.

Grosse économie de temps et d'argent. Renseignements et prix sur demande.

F. DARNAY, Spécialiste d'articles de dessin. 9 bis, rue Coyvel, PARIS

## CARRIÈRES DE L'ÉTAT

Ceux qui désirent s'orienter vers une carrière de l'État peuvent, sans s'engager en aucune façon, écrire à l'École Spéciale d'Administration, 28, bd des Invalides, Paris (7<sup>e</sup>), pour obtenir un conseil. Qu'ils n'oublient pas d'indiquer leur date de naissance, les diplômes qu'ils ont obtenus et leurs goûts.

## LE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE DIRECT-NORDIA

Le chauffage électrique direct est vraiment le chauffage d'appoint, celui des demi-saisons, où l'on a besoin de dégourdir rapidement une atmosphère. Mais, alors que la plupart des radiateurs de ce genre ne sont que des « braseros », le radiateur électrique NORDIA est un véritable « poêle », d'un rendement calorifique très élevé.

DESCRIPTION. — Les radiateurs NORDIA sont constitués par des éléments

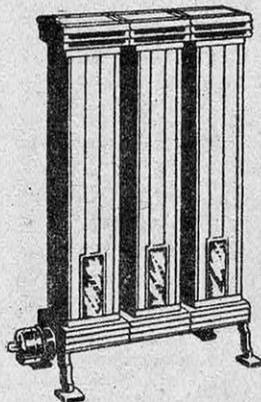
en fonte, juxtaposables. À l'intérieur de chacun se trouve un foyer électrique transmettant toute sa chaleur sur les faces de l'élément, lequel, par radiation, fonctionne avec plus d'efficacité qu'un radiateur de chauffage central, sa température étant plus élevée.

L'originalité consiste en des tubes verticaux, traversant le foyer, assurant un brassage de l'air ambiant et un rendement inégalé.

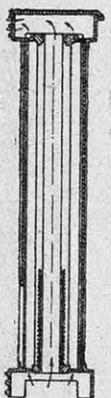
Autres avantages : la résistance se charge telle une lampe électrique, et tous les appareils sont vendus avec une garantie de cinq années. Des milliers d'éléments en service.

Renseignements et prix sur demande.

Établissements NORDIA, 4, cité Griset, PARIS.



Radiateur 3 éléments.



Radiateur 1 élément.

# SCIENCE ET VIE PRATIQUE

## LA MACHINE A GRAVER "GRAVIT"



Les Établissements VITOUX, 42, rue de la Paix, à Troyes (Aube), Fabricants des Machines à Remailler « Vitos », utilisées dans le monde entier, viennent de présenter une Machine à Graver « GRAVIT ».

Cette machine, d'une rare perfection technique, apporte aux industriels et aux graveurs un outil remarquable par la rapidité, le fini de son travail et la simplicité de son emploi.

Sa cadence de frappe de 8.000 coups à la minute donne un trait continu extrêmement fin.

La machine peut travailler sur cuivre, zinc, aluminium, bois, matières plastiques, etc...

Elle permet d'établir rapidement des plaques d'identité, plaques de bicyclette, bagues, etc...

Son emploi se prête à des développements industriels presque illimités. Sa manœuvre, très simple, ne nécessite aucun apprentissage.

Avec « GRAVIT » vous gravez aussi rapidement et aussi facilement que vous écrivez.

## ÉPURATION DES HUILES USAGÉES

Pour compléter la série des appareils filtrants se montant sur véhicules (*Science et Vie* de février), nous avons été amené à construire des appareils dits : ATELIER ou GARAGE d'un débit de 25, 50 ou 150 litres et même plus en vingt-quatre heures.

Le principe en est le même : faire passer l'huile chaude, sous pression à travers des colonnes filtrantes, composées de disques en matière fibreuse, imperméables à l'huile, empilées autour d'une tige creuse et pressées par un ressort à la partie haute. La finesse de filtration atteint le 1/20 de micron.

Ces épurateurs sont entièrement automatiques et peuvent marcher vingt-quatre heures sur vingt-quatre.

Ils comprennent : un bac de remplissage, A ; une cuve à huile sale, B ; une cuve contenant les éléments filtrants et la résistance chauffante, C ; un réservoir d'air comprimé, D.

### Utilisations :

1° Dans les usines et garages pour l'épuration des huiles de moteurs, de

machines-outils et de transmission ;

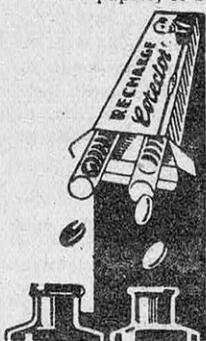
2° Dans les industries alimentaires, les épurateurs SOFRANCE remplacent avantageusement les filtres-presses et suppriment de nombreuses opérations préalables. (Demandez notice spéciale.)

3° Dans l'industrie, la marine et les chemins de fer, pour l'épuration de l'huile des gros moteurs industriels et marins en circuit sur la canalisation d'huile. (Notice spéciale.)

SOFRANCE-PARIS, 206, bd Peireire, PARIS (17<sup>e</sup>). Tél. : ÉTO. 35-19.

## ON EFFACE COMME ON ÉCRIT

Sur le papier, le bois, les mains, les étoffes blanches, CORECTOR enlève les taches d'encre, de fruits, de teinture d'iode.



Par suite de la pénurie de flacons, refaites vous-même un Corector frais et efficace en utilisant les étuis de recharge CORECTOR.

Garanti sans chlore, ne jaunit pas et ne brûle pas. En vente partout.

JEUNES GENS!  
DEVENEZ  
RADIO-TECHNICIENS

COURS par CORRESPONDANCE

**ÉCOLE PRATIQUE**  
D'APPLICATIONS SCIENTIFIQUES

39, rue de Babylone PARIS (VII<sup>e</sup>)  
Renseignements gratuits sur demande.

*Jeunes gens!*

ASSUREZ VOTRE AVENIR  
EN DEVENANT  
**DESSINATEUR D'ÉTUDES**  
*Sans quitter votre emploi*

EN SUIVANT LES COURS  
PAR CORRESPONDANCE DE

L'École Technique  
de Radio-Électricité  
et de Sciences appliquées  
2, rue du Sablé  
Coulboise

PIPP. DOLLET

## REMPORTEZ UNE VICTOIRE PERMANENTE

Ne comptez pas sur la chance pour connaître des succès durables. De solides qualités sont nécessaires à qui désire progresser dans la vie. Seule votre valeur personnelle vous permettra de tirer le meilleur parti des circonstances et de lutter contre l'adversité. Devant les obstacles chaque jour renouvelés, vous ne remporterez de victoires continues qu'en vous imposant. Assurance, ténacité, maîtrise de soi, jugement, mémoire, initiative, sens du réel, autorité sont des qualités indispensables au succès que la **MÉTHODE PELMAN** développe en quelques mois par sa gymnastique mentale régulière. Hommes, femmes, jeunes gens, demandez à l'**INSTITUT PELMAN** sa documentation VI, 9 sur son entraînement par correspondance et ses profitables applications dans la vie, les études, la profession. Cinquante-cinq ans d'expérience mondiale exclusivement consacrés au développement des qualités de l'intelligence et du caractère.

### INSTITUT PELMAN

176, boulevard Haussmann, PARIS (8<sup>e</sup>)

LONDRES DUBLIN AMSTERDAM STOCKHOLM  
NEW-YORK MELBOURNE DELHI CALCUTTA, etc.

Devenez **REPORTER** ou  
**CORRESPONDANT** de Presse

SPORTIF - THÉATRAL - CINÉMA  
INFORMATION - CRIMINEL - VOYAGES

En suivant notre cours de  
**JOURNALISME**

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

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

**SITUATIONS D'AVENIR  
INDÉPENDANTES ASSURÉES**

Pour tous renseignements gratuits écrire à l'

**ÉCOLE TECHNIQUE  
DE REPORTAGE**

8, boulevard Michelet, 8  
**TOULOUSE**

## INSTITUT ELECTRO-RADIO

6. RUE DE TÉHÉRAN, PARIS 8<sup>e</sup>

prépare  
**PAR CORRESPONDANCE**  
à toutes les carrières de  
**L'ÉLECTRICITÉ :**

**RADIO  
CINÉMA - TÉLÉVISION**

**VOTRE AVENIR  
EST DANS CE  
LIVRE**



**GRATUITEMENT**

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

*Chez vous*  
sans quitter vos occupations actuelles vous apprendrez  
**la RADIO**



C'est en forgeant qu'on devient forgeron...  
**C'EST EN CONSTRUISANT VOUS-MÊME DES POSTES** que vous deviendrez un radiotechnicien de valeur. Suivez nos cours techniques et pratiques par correspondance.

Cours de tous degrés :  
du Monteur-Dépanneur à l'ingénieur.

**DOCUMENTATION GRATUITE**

**INSTITUT PROFESSIONNEL POLYTECHNIQUE**  
11, RUE CHALGRIN A PARIS (XVI<sup>e</sup>)

*Jeunes gens et  
Jeunes Filles !*

FAITES VOTRE SITUATION COMME  
**RADIOTECHNICIENS**  
dans

**L'INDUSTRIE** MONTEUR DÉPANNEUR  
METTEUR AU POINT

**L'ADMINISTRATION** OPÉRATEUR des PTT  
(DIPLÔMES D'ÉTAT)

**L'AVIATION** TRANSMISSIONS MILITAIRES  
OPÉRATEUR - MÉCANICIEN

EN SUIVANT LES COURS PAR CORRESPONDANCE  
de l'ÉCOLE SPÉCIALE DES TECHNIQUES MODERNES

**14 Rue Volta TOULOUSE**

COURS A LA PORTÉE DE TOUS conduits  
suivant des PROCÉDÉS MODERNES INÉDITS  
PROGRAMME D'ENSEIGNEMENT PRÉ-MILITAIRE DE  
LA RADIO APPROUVÉ PAR LE MINISTÈRE DE L'AIR

RENSEIGNEMENTS GRATUITS SUR DEMANDE  
(SPÉCIFIER LA BRANCHE CHOISIE)

PUBL. BONNANGE

**LIBRAIRIE**  
**SCIENCES et LOISIRS**

AUTOMOBILE - AVIATION - CINÉMA - MA  
ELECTRICITÉ - ÉLEVAGE - ENSEIGNEMENT  
RADIO - TÉLÉVISION  
MÉCANIQUE - PHOTO  
DESSIN - DICTIONNAIRE

LE PLUS  
GRAND CHOIX D'OUVRAGES  
TECHNIQUES DE VULGARISATION SCIENTIFIQUE  
ET D'UTILITÉ PRATIQUE.

ENCYCLOPÉDIES -  
MENT GÉNÉRAL  
JEUX DE SOCIÉTÉ  
TISME - ASTRON  
ET YACHTING -  
MENUISERIE -  
TÉLÉ - PHILOS  
RADIESTHÉSIE  
D'AMATEURS - SCIENCES  
LANGUES ÉTRANGÈRES - JARDINAGE

CATALOGUE N° 12 CONTE-  
NANT SOMMAIRES DE 750  
OUVRAGES, FRANCO CONTRE  
10 FRANCS EN TIMBRES.

EXPÉDITIONS IMMÉDIATES  
FRANCE ET COLONIES.

17, AV. de la RÉPUBLIQUE  
PARIS (XI<sup>e</sup>) Métro : République

*La Librairie de Paris*  
*au Service de toute la France !*

## LES MEILLEURES ÉTUDES PAR CORRESPONDANCE

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

ÉTUDES PRIMAIRES OU SECONDAIRES. — Des centaines de brillants succès au B. E., au B. E. P. S., au Baccalauréat, établissent la haute efficacité des méthodes de l'École des Sciences et Arts. — Brochure gratuite n° R 27100.

NOS COURS D'ORTHOGRAPHE ET DE RÉDACTION vous assureront une connaissance solide de votre langue maternelle, un style correct, clair, élégant. — Notice gratuite n° R 27101.

LES COURS DE FORMATION SCIENTIFIQUE vous permettront de compléter vos connaissances en Mathématiques, Physique, Chimie, etc. — Notice gratuite n° R 27102.

DESSIN INDUSTRIEL. — Préparez-vous à un Certificat d'aptitude professionnelle, ou directement à l'exercice de la profession de Dessinateur dans l'Industrie et le Bâtiment. — Notice gratuite n° R 27103.

CARRIÈRES COMMERCIALES. — Nos Cours de Commerce et de Comptabilité constituent la meilleure des préparations à ces carrières comme aux Certificats d'aptitude professionnelle. — Notice gratuite n° R 27104.

INDUSTRIE. — Certificats d'aptitude professionnelle. — Notice gratuite n° R 27105.

RADIO. — Certificats de Radio de bord (1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> classes). — Notice gratuite n° R 27106.

LA CÉLÈBRE MÉTHODE DE CULTURE MENTALE « DUNAMIS » permet à chacun de développer toutes ses facultés, d'acquiescer la confiance en soi et

de « forcer le succès ». — Notice gratuite n° R 27107.

LE COURS DE DESSIN ARTISTIQUE, en vous apprenant d'abord à voir, puis à interpréter votre vision personnelle, vous donnera la formation complète de l'artiste et l'accès aux plus brillantes carrières. — Notice gratuite n° R 27108.

PHONOPOLYGLOTTE vous apprendra, par le phonographe, à parler, à comprendre, lire, écrire l'Anglais, l'Espagnol, l'Allemand, l'Italien. — Notice gratuite n° R 27109.

LE COURS D'ÉLOQUENCE vous mettra en mesure d'improviser une allocution émouvante, de composer un discours persuasif. — Notice gratuite n° R 27110.

LE COURS DE PUBLICITÉ vous permettra soit de vous assurer dans cette branche un brillant avenir, soit de donner à vos affaires le maximum de développement. — Notice gratuite n° R 27111.

LE COURS DE FORMATION MUSICALE fera de vous un musicien complet, capable de déchiffrer n'importe quelle œuvre, non seulement maître de la technique musicale, mais averti de toutes les questions d'histoire et d'esthétique. — Notice gratuite n° R 27112.

LE COURS D'INITIATION AUX GRANDS PROBLÈMES PHILOSOPHIQUES est le guide sûr de tous ceux qui veulent savoir comment se posent et comment peuvent être résolus les grands problèmes de la liberté humaine, de l'immortalité de l'âme, etc. — Notice gratuite n° R 27113.

FONCTIONS PUBLIQUES. — Nous vous recommandons les situations de l'Administration des P. T. T. : Commis masculin ou Commis féminin, Contrôleur stagiaire. — Notice gratuite n° R 27114.

**ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS**

16, rue du Général-Mallette, PARIS (16<sup>e</sup>).

Dans L'AVIATION 

Dans la MARINE 

**IL FAUT des RADIOS  
des DESSINATEURS**

ASSUREZ VOTRE AVENIR  
EN PRÉPARANT, SANS  
QUITTER VOTRE EMPLOI,  
PAR NOS ETUDES  
TECHNIQUES VOTRE  
SITUATION DANS  
L'INDUSTRIE, L'AVIATION,  
L'ARMÉE, LA MARINE, ETC.

TRAVAUX PRATIQUES CHEZ SOI

**ÉCOLE DES SCIENCES  
INDUSTRIELLES**  
2, Rue des Tanneries, PARIS

LEÇONS CONFORMES AUX  
PROGRAMMES OFFICIELS

RENSEIGNEMENTS GRATUITS

APPRENEZ  
**L'ÉLECTRICITÉ**  
PAR CORRESPONDANCE



sans connaître  
les mathématiques

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

Chacune des manifestations de l'électricité est expliquée à l'aide de comparaison avec des phénomènes connus par tous et toutes. Les formules de

calcul sont indiquées avec la manière de les utiliser. En dix mois vous serez à même de résoudre tous les problèmes.

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

• Demandez la documentation (en envoyant le bon ci-contre. - Joindre 6 frs en timbres.)

COURS  
**PRATIQUE  
D'ÉLECTRICITÉ**  
222, Boul. Péreire, PARIS-17°

**BON**  
pour la  
documentation  
10 C



**L'ÉCOLE INTERNATIONALE**  
PAR CORRESPONDANCE  
**DE DESSIN ET DE PEINTURE**  
SERVICE R.S.2 PRINCIPAUTÉ DE MONACO

★ Album de renseignements  
sur simple demande à l'adresse  
ci-dessus. Joindre  
6 frs pour tous frais.

**UNE GRANDE ÉCOLE D'ART MODERNE**  
UNE MÉTHODE INCOMPARABLE  
**UNE ATMOSPHÈRE D'AMITIÉ ET DE CONFIANCE**

CROQUIS  
D'ÉLÈVE



**AVEC VOUS**  
*jusqu'au succès final!*

**RADIO-CINÉMA-AVIATION**

**JEUNES GENS... JEUNES FILLES...**  
 Ces carrières modernes répondent bien à vos aspirations... **PRÉPAREZ-LES PAR CORRESPONDANCE**

Notre organisation spécialisée sera tout entière avec vous jusqu'au succès final. Elle groupe sous la direction d'une élite de professeurs les **ÉCOLES** suivantes :

**ÉCOLE GÉNÉRALE RADIOTECHNIQUE**  
 (Monteurs-dépanneurs, dessinateurs, opérateurs, sous-ingénieurs et ingénieurs.)

**ÉCOLE GÉNÉRALE CINÉMATOGRAPHIQUE**  
 (Opérateurs photographes, de projection, de prise de vue, du son, script-girls, assistantes, ou de production.)

**ÉCOLE GÉNÉRALE AÉRONAUTIQUE**  
 (Pilotes, navigateurs, radios, mécaniciens, techniciens.)

**EXERCICES PRATIQUES A DOMICILE**  
 Documentation S.V. contre 10 fr.



**CENTRE D'ÉTUDES TECHNIQUES & ARTISTIQUES DE PARIS**  
 69, RUE VALLIER - LEVALLOIS (SEINE)

**ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE**

**ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL**  
 152, avenue de Wagram-Paris (17<sup>e</sup>)

**MATHÉMATIQUES** Les Mathématiques sont accessibles à toutes les intelligences, à condition d'être prises au point voulu, d'être progressives et d'obliger les élèves à faire de nombreux exercices. Elles sont à la base de tous les métiers et de tous les concours.

Candidats, apprenez les Mathématiques par la méthode de l'École du Génie Civil.

Cours à tous les degrés, de même que pour la Physique, la Chimie, l'Astronomie.

**MÉCANIQUE ET ÉLECTRICITÉ** De nombreuses situations sont en perspective dans la Mécanique générale, les Constructions aéronautiques et l'Électricité. Les cours de l'École s'adressent aux élèves des lycées, ces écoles professionnelles, ainsi qu'aux apprentis et techniciens de l'Industrie.

Les cours se font à tous les degrés : Apprenti, Monteur, Technicien, Dessinateur, Sous-ingénieur et Ingénieur.

**AVIATION CIVILE** Brevets de navigateurs aériens de Mécaniciens d'aéronefs et de Pilotes. Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs adjoints, Météorologistes.

Envoi de programme contre 10 francs en timbres.

**ÉCOLE DE T. S. F.**  
 3, rue du Lycée - Nice

**JEUNES GENS !**

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

sont dans la **RADIO**

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

**COURS SCIENTIFIQUES, TECHNIQUES, PRATIQUES, PAR CORRESPONDANCE**

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

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

Envoi de programme contre 10 francs en timbres.

Rene  
Ravo



le duo moderne

# Edacoto 87

*Le stylo de France*