

SCIENCE ET VIE

JUIN 1946

N° 345

20 FRANCS



Bénéficiaires...

toute votre vie du renom d'une Grande Ecole Technique

Devenez...

un de ces spécialistes si recherchés, un technicien compétent,

En suivant...

les cours de l'



ECOLE CENTRALE DE TSF

12, RUE DE LA LUNE PARIS

COURS DU JOUR, DU SOIR
OU PAR CORRESPONDANCE

Demander le Guide des Carrières gratuit

"LE DESSIN FACILE"

enseigne PAR CORRESPONDANCE

Tous les genres de dessin



"LE DESSIN FACILE"

Croquis, paysage, portraits, nu académique, perspective, anatomie, caricature, etc., magnifiques planches photographiques inédites accompagnant les leçons.

"LA PEINTURE FACILE"



Mélanges et harmonie de couleurs. Technique de l'aquarelle, la gouache et la peinture à l'huile avec planches hors-texte en couleurs.

DESSIN DE MODE



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

" JE DESSINE "

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



DESSIN D'ILLUSTRATION

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



DESSIN DE PUBLICITÉ

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 créateur de l'enseignement du dessin par correspondance qu'il pratique depuis 35 ans. Les témoignages en thousiastes de ses élèves prouvent chaque jour leur efficacité.

BON
80

Demandez aujourd'hui la brochure de renseignements illustrée en indiquant le genre qui vous intéresse.

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

LE DESSIN INDUSTRIEL

MÉTIER D'AVENIR

Chez vous, à temps perdu, apprenez par correspondance le DESSIN INDUSTRIEL par les célèbres méthodes de l'Ecole 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 81 (Section dessin industriel) 11 rue Keppler, Paris-16^e (Joindre 10 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. 95.160. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, etc.

BROCHURE L. 95.161. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.

BROCHURE L. 95.162. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.

BROCHURE L. 95.163. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.

BROCHURE L. 95.164. — POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE : Administrations financières, P. T. T., Police, Ponts et Chaussées, Génie rural, etc...

BROCHURE L. 95.165. — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS, Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

BROCHURE L. 95.166. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.

BROCHURE L. 95.167. — COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc... Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

BROCHURE L. 95.168. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.

BROCHURE L. 95.169. — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc...

BROCHURE L. 95.170. — CARRIÈRES de l'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.

BROCHURE L. 95.171. — CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.

BROCHURE L. 95.172. — CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE (Pont, Machines, Commissariat).

BROCHURE L. 95.173. — CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariats, bibliothèque, etc...).

BROCHURE L. 95.174. — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.

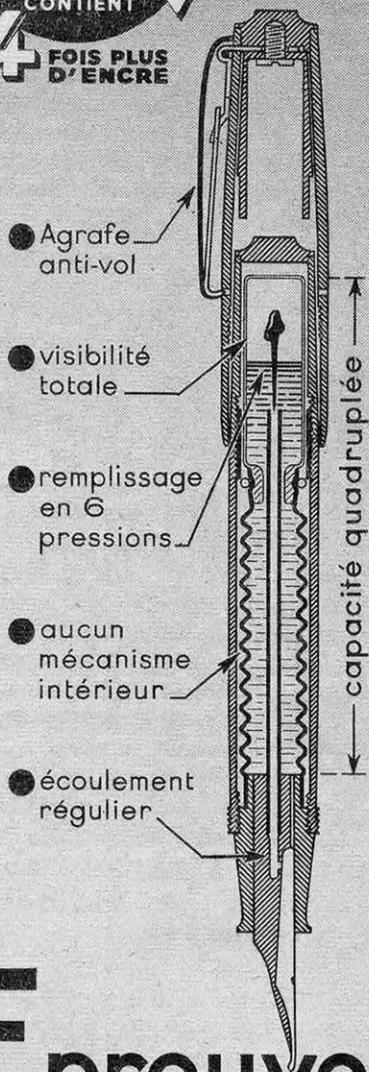
BROCHURE L. 95.175. — ARTS DU DESSEIN : Professorats, Métiers d'art, etc...

BROCHURE L. 95.176. — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc...

BROCHURE L. 95.177. — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.

BROCHURE L. 95.178. — CARRIÈRES DU CINÉMA.

ÉCOLE UNIVERSELLE
59, boulevard Exelmans, PARIS



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

STYLOMINE

Usines et Bureaux: 2, rue de Nice Paris

APPRENEZ

UNE LANGUE ÉTRANGÈRE

Apprendre une langue n'est plus une corvée, mais un jeu passionnant...

Pourquoi des milliers d'hommes et de femmes choisissent-ils la méthode Linguaphone ? Quel est donc le secret de cette méthode qui permet d'apprendre une langue en moitié moins de temps et sans ennui ?



Un bon fauteuil, votre phono, quelques disques et avec la méthode Linguaphone vous apprendrez l'anglais, l'espagnol, l'allemand, le russe, sans entendre un mot de français, comme si vous passiez une heure chaque jour au pays même dont vous voulez parler la langue. Vous absorbez la grammaire inconsciemment au fur et à mesure que vous progressez. Pas besoin d'aller en classe, pas d'horaire fixe, tout se passe chez vous, à l'heure qui vous convient.

Cours actuellement disponibles :
L'ANGLAIS, L'ALLEMAND
L'ESPAGNOL et bientôt
le RUSSE

Voulez-vous recevoir par retour du courrier la brochure donnant tous renseignements sur la méthode, ainsi que les conditions pour faire un essai gratuit chez vous sans engagement ? Il vous suffit d'écrire en disant quelle langue vous intéresse :

LINGUAPHONE

INSTITUT DE LANGUES

12, rue Lincoln (Dépt A. I.) PARIS (8^e)

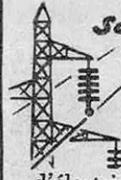
Cette brochure vous donnera une explication de la méthode linguaphone, éprouvée par un million d'élèves dans le monde (joindre 6 francs pour frais d'envoi).

APPRENEZ

L'ÉLECTRICITÉ

PAR CORRESPONDANCE

sans connaître les mathématiques!



TOUS les phénomènes électriques ainsi que leurs applications industrielles et ménagères 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. En dix mois vous serez à même de résoudre tous les problèmes pratiques de l'électricité industrielle. Ce cours s'adresse aux praticiens de l'électricité, radio-électriciens, mécaniciens, 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 ou en recopiant le bon ci-dessous. — Joindre 6 frs en timbres.

BON 74C

COURS PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ

222, Bd. Péreire - Paris 17^e

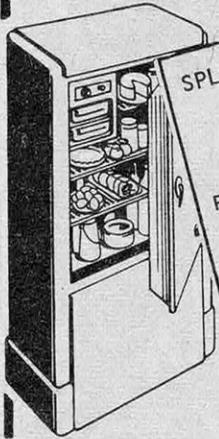
Jeunes gens!

ASSUREZ VOTRE AVENIR
 EN DEVENANT
RADIO-TECHNICIEN
sans quitter votre emploi

CONSTRUISEZ VOUS-MÊME UN POSTE QUI RESTERA VOTRE PROPRIÉTÉ
 AVEC MATÉRIEL FOURNI GRATUITEMENT PAR L'ÉCOLE



QUALITÉ D'AVANT GUERRE



SPLENDIDES APPAREILS
FRIGORIFIQUES
ÉLECTRIQUES
AUTOMATIQUES

Pour besoins domestiques :
160 et 180 LITRES

Pour pensions de famille,
restaurants, cantines :
450 et 500 LITRES

Pour tous commerces
1 M³ 200 et 2 M³

GLACIÈRES A GLACE

le froid National

BUREAUX ET MAGASINS D'EXPOSITION :
I, RUE DE STOCKHOLM, I
PARIS (Métro Gare St-Lazare) LAB. 31-08

REMPLECEZ SANS TARDER

vos fermetures défectueuses

par les

PERSIENNES
JALOUSIES

VOILETS ROULANTS
PORTES DE GARAGE

PÉRIER

Pratiques, économiques,
rationnels et isolants.

Pose facile - Renseig. f^{co}.

BONNEUIL-SUR-MARNE (Seine)

LES FERMETURES
PERIER

E^o PÉRIER - USINE ET SIEGE SOCIAL : BONNEUIL-SUR-MARNE (Seine)

Si vous pouvez écrire Vous pouvez **DESSINER**

Vous ne pouvez plus ignorer l'existence de la méthode A. B. C. simple, pratique, vraiment moderne et qui met le dessin à la portée de tous. Cette méthode qui a révolutionné l'enseignement du dessin utilise l'habileté graphique que vous avez acquise en apprenant à écrire et vous permet d'exécuter dès la première leçon des croquis vivants et expressifs d'après nature, même si vous n'avez jamais tenu un crayon.



Voir juste, noter l'essentiel en quelques traits, c'est la marque des croquistes formés par A. B. C.

Peu important votre âge, votre lieu de résidence, vos occupations ; vous pouvez, dès aujourd'hui, apprendre à dessiner en recevant par courrier les leçons particulières d'un professeur de l'École A. B. C. qui suivra et guidera vos progrès. Bientôt le dessin sera pour vous une source de joies et pourra aussi peut-être devenir une source de profits.

En plus de l'enseignement général du dessin, l'École A. B. C. permet à chaque élève de se spécialiser à son choix dans l'illustration, le dessin humoristique, la décoration, le paysage, la publicité.

Un luxueux album, *Le Dessin et la Vie moderne*, abondamment illustré de dessins et de croquis d'élèves a été édité spécialement pour vous renseigner d'une manière très complète sur la méthode et le programme de l'École A. B. C. Il vous suffit de le demander pour le recevoir par retour, gratuitement et sans engagement. (Joindre 6 fr. pour frais d'envoi.) Et surtout écrivez-nous : dites-nous quel but vous poursuivez, nous répondrons à vos questions. Il existe aussi un cours spécial pour les enfants, spécifiez bien si vous êtes intéressé par le cours « adultes » ou « enfants ».



Remarquable croquis au pinceau d'un de nos élèves à la sixième leçon.

ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN
12, rue Lincoln (Studio A. 6), Champs - Élysées, PARIS

En tête
DE LA PRODUCTION AUTOMOBILE

la Régie Renault augmente chaque jour la cadence de ses fabrications. Ses livraisons de camions sont déjà supérieures à celles d'avant-guerre cependant que sa production de voitures est provisoirement réservée à l'exportation.

100 VÉHICULES PAR JOUR

1946

JUVAQUATRE
 300^{KG} - 1000^{KG}
 2^T - 3,5^T - 7^T

1945

RENAULT

REGIE NATIONALE

1944

Ec'

Un poste de radio gratuit

Comme avant la guerre...

Comme avant la guerre...

L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE
 fournit gratuitement, à tous ses élèves, le matériel
 nécessaire à la construction d'un récepteur moderne.

Ainsi les **COURS TECHNIQUES** par correspondance
 sont complétés par des **TRAVAUX PRATIQUES**
 Vous-même, dirigé par votre Professeur Géo MOUSSERON,
 construirez un poste de T. S. F.

CE POSTE, TERMINÉ, RESTERA VOTRE PROPRIÉTÉ

Renseignements & Documentation gratuits :

ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE
 51, BOULEVARD MAGENTA · PARIS 10^e

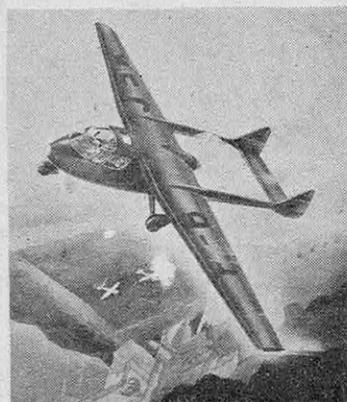
SCIENCE ET VIE

Tome LXIX - N° 345

Juin 1946

SOMMAIRE

- * L'avion-taxi, par Camille Rougeron..... 243
- * Le câble hertzien Paris-Montmorency, par A.-G. Clavier et G. Phelizon..... 253
- * Que savons-nous des très hautes couches de l'atmosphère terrestre ? par J. Gauzit 263
- * La Clitocybine vaincra-t-elle la tuberculose ? par Jean Héribert 275
- * A côté de la Science, par V. Rubor..... 286



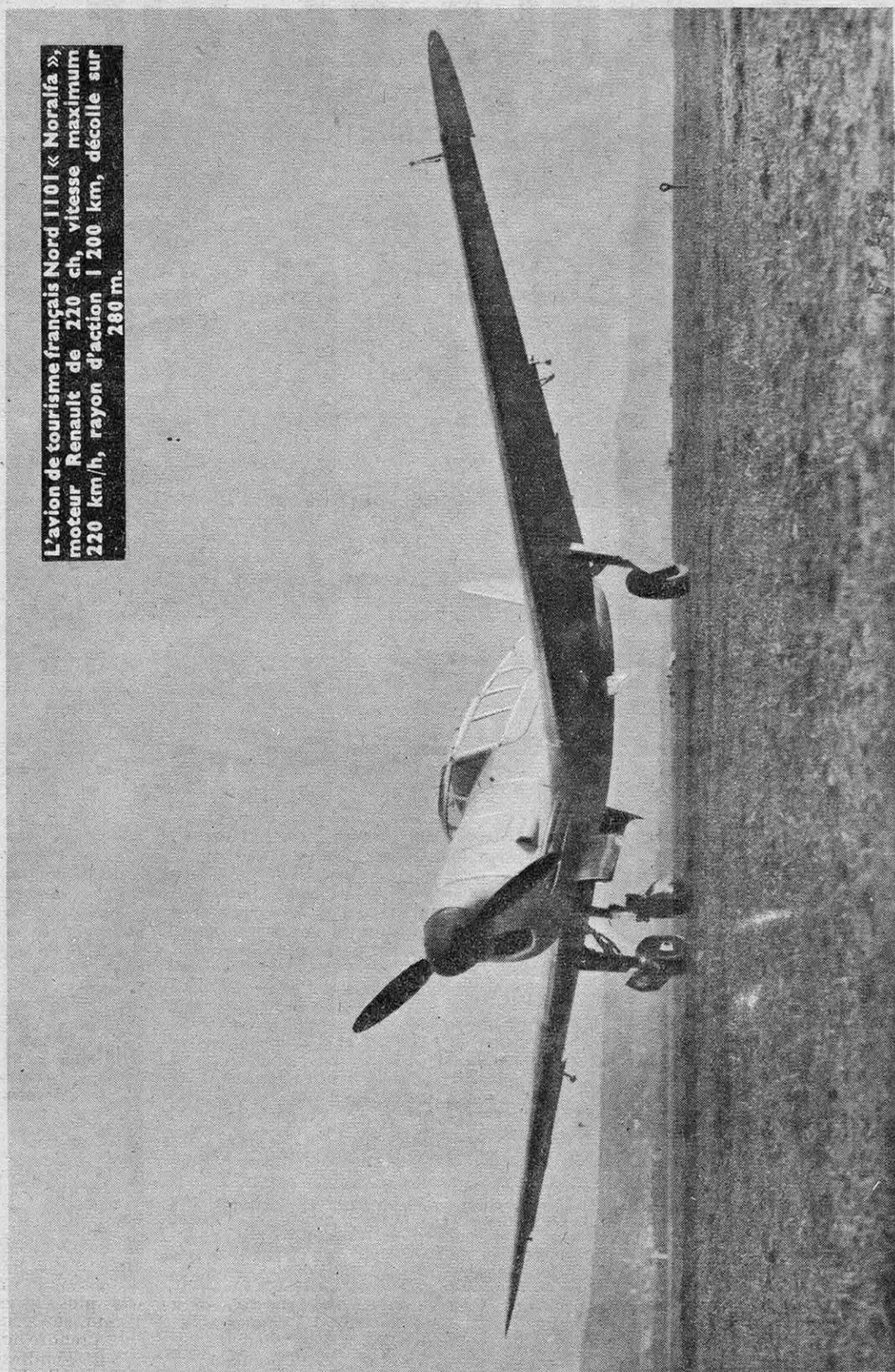
L'avion-taxi sera demain à l'avion de grande ligne ce que le taxi-auto est aujourd'hui à l'autobus, et la voiture de louage à l'autocar et au train. Affranchi des servitudes qu'imposent aux lignes régulières les horaires et itinéraires officiels et pouvant se contenter de terrains d'envol et d'atterrissage plus exigus, il offrira à ses clients le choix du parcours et de l'heure, réalisant presque ce fameux « service porte à porte » qui constitue l'idéal des usagers des transports. Pour ce genre d'exploitation, le monomoteur de quatre à cinq places, comme celui que représente la couverture de ce numéro, semble être le type d'appareil le plus sûr et le plus économique, avec une vitesse de croisière de l'ordre de 250 km/h, un rayon d'action de 1 000 km et une vitesse d'atterrissage n'excédant pas 100 km/h. Déjà, les États-Unis ont entrepris la fabrication en série de plusieurs modèles de quadriplaces. L'Europe, en particulier la France, va suivre cet exemple. (Voir l'article p. 243 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^e). Téléphone : Élysées 26-69 ; Publicité :
24, rue Chauchat Paris (IX^e). 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 », Juin mil neuf cent quarante-six.

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.

L'avion de tourisme français Nord 1101 « Noralfa »,
moteur Renault de 220 ch, vitesse maximum
220 km/h, rayon d'action 1 200 km, décolle sur
280 m.



L'AVION-TAXI

par Camille ROUGERON

En dehors des lignes régulières, dont l'État s'est réservé en France l'exploitation, l'avion se prête, comme l'automobile, aux « transports à la demande », dont le parcours et l'horaire sont réglés suivant les besoins de la clientèle. Vingt-six entreprises privées viennent d'être autorisées à exploiter de tels transports. L'avion à faible capacité, du type du quadriplace actuellement construit en plusieurs pays pour les besoins privés, peut-il concurrencer les gros appareils des lignes régulières ? Aussi bien comme consommation, comme intérêt, amortissement et entretien, comme salaire du personnel navigant, les dépenses ne seront-elles pas trop élevées pour que l'exploitation soit payante ? Prendra-t-elle la forme de la compagnie d'avions-taxis, ou de l'avion-taxi individuel piloté par son propriétaire ? Quelles seront les régions les plus favorables à la naissance de cette nouvelle forme de transport ? Au moment où, dans tous les pays du monde, on s'équipe fébrilement en prévision de l'immense essor des lignes régulières et de l'aviation privée, ces questions méritent un examen approfondi qui révèle pour l'avion-taxi un avenir plein de promesses.

Les services aériens réguliers et le transport à la demande

QUEL est l'avenir de l'avion-taxi, c'est-à-dire de l'appareil à faible capacité et vitesse modérée, mais qui rachète cette infériorité par son adaptation aisée aux exigences de la clientèle en matière de parcours et d'horaire ? Se fera-t-il, dans les transports aériens, la même place que le taxi vis-à-vis de l'autobus, ou la voiture de location vis-à-vis de l'autocar ?

Le transport en commun sur des lignes à horaire et trajet fixes présente de graves inconvénients, aussi bien pour la clientèle que pour l'exploitant.

Celui-ci les connaît bien, qui est tenu de faire les parcours, si faible que soit le nombre de passagers. Mais la gêne pour la clientèle, lorsque les services ne sont pas assez fréquents pour qu'elle puisse se dispenser de tenir compte de l'horaire, n'est pas toujours appréciée à sa valeur.

Offrir un train ou un avion à une heure déterminée à l'avance, c'est contraindre le passager, surtout dans une grande ville, à se trouver un quart d'heure ou une demi-heure trop tôt au point de départ, pour ne pas risquer de s'y trouver une minute trop tard, parce qu'il aura attendu un taxi, ou été pris dans un encombrement ; c'est l'obliger à renoncer à des travaux dont il n'est pas maître de régler exactement la durée. Le moyen de transport idéal pour le client, tant que le supplément de prix demandé n'est pas excessif, c'est le taxi qui se trouve à sa porte deux minutes après le coup de téléphone à la station. Pour le transport aérien, ce sera la combinaison du taxi automobile et du taxi aérien qui le prolongera, et qui transportera de Paris à Deauville ou à Chamonix avec la même aisance que le premier emmenait à Saint-Cloud ou à Versailles.

Pour la clientèle, l'inconvénient du trajet fixe ne se discute pas plus que celui de l'horaire fixe. Malgré un réseau très serré de voies ferrées, il complice beaucoup, en France, toutes les liaisons à grande distance, qui n'ont point Paris

pour départ ou pour aboutissant. On l'explique souvent par le tracé radial du réseau, à partir de Paris comme centre. En réalité, il n'y a pas de solution. Lorsqu'on aura fait des lignes et des horaires spéciaux pour le voyageur qui désire aller d'Albi à Chamonix, ce sera au tour de celui qui veut aller de Mende à Biarritz de se trouver lésé.

Les lignes aériennes souffriront pendant longtemps de cette difficulté. Elles n'atteindront pas de sitôt la densité des voies ferrées. Leurs arrêts seront encore plus rares que ceux des express et des rapides. N'importe quel trajet, comme Albi-Chamonix ou Mende-Biarritz, empruntera trois ou quatre liaisons différentes avec de longues attentes aux correspondances. Le transport en commun par avion n'offre alors aucun avantage de temps sur l'auto. Il est simplement dix fois plus cher, parce que la longueur du trajet par les grandes lignes est double, et que le tarif kilométrique est cinq fois plus élevé.

Cette situation réduit même le gain de temps, en même temps qu'elle augmente la dépense pour les trajets à parcours mixte, terrestre, maritime et aérien au point d'enlever fréquemment tout intérêt à l'emploi de l'avion. Les plages à climat tempéré, les stations de montagne et les stations thermales les plus proches de l'Algérie sont celles des Hautes et Basses-Pyrénées. Il faudrait de trois heures quarante-cinq à quatre heures trente pour franchir en taxi à 185 km/h les 700 à 850 km qui les séparent d'Alger. Le trajet mixte par avion de ligne jusqu'à Marseille et par voie ferrée au-delà demande au moins deux heures trente à 300 km/h, d'un terrain à l'autre, soit trois heures trente d'Alger à Marseille, et près de vingt-quatre heures de parcours en chemin de fer, avec de nombreux changements pour atteindre Bagnères ou Biarritz. Le remplacement du taxi aérien par un avion de ligne à vitesse de croisière près de deux fois plus élevée multiplie la durée du voyage par cinq, son prix par deux. Il est bien préférable de prendre un cargo mixte à 17 nœuds d'Alger à Port-Vendres, et l'auto, privée ou de louage, de Port-Vendres

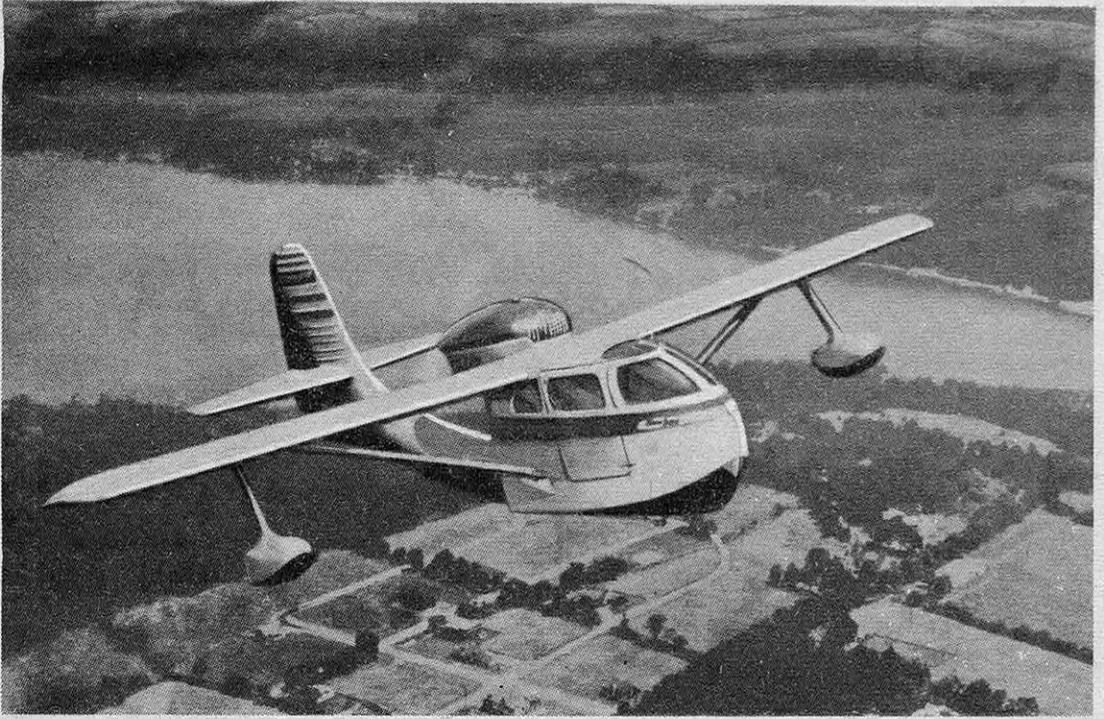


FIG. 1. — LE REPUBLIC « SEABEE »

Le Republic Seabee est un quadriplace amphibie à hélice arrière, avec moteur de 215 ch. La vitesse de croisière est relativement faible, 165 km/h, et s'explique par la résistance aérodynamique élevée de la formule amphibie à hélice propulsive. Le prix du Seabee, 3 995 dollars, est particulièrement bas pour un appareil de cette puissance et de cette complication.

à destination. Vingt heures de bateau et quatre à six heures d'auto suffisent ; on y gagne même en temps. La différence entre le taxi aérien et la ligne régulière sera atténuée lorsque Air-France à Paris passe par Port-Vendres. Mais il y faudra quelques années, et la difficulté essentielle, qui est le manque d'une voie ferrée directe reliant la côte basque à Port-Vendres, évidemment irréalisable à 50 km de la ligne de crête des Pyrénées, subsiste.

Les charges que la ligne régulière impose à l'exploitant, et que n'a pas à subir le transporteur sans contrat qui adapte son service au temps et à la clientèle, ont été fréquemment exposées à propos de la concurrence entre le chemin de fer et l'automobile.

Celui-là doit offrir une place à tout voyageur qui se présente, faire circuler ses trains à vide si la clientèle boude, pour des raisons de temps ou autres. Celle-ci se borne à écremer le trafic du premier ; le conducteur de taxi peut rester chez lui en même temps que ses clients, si la neige ou la boue leur déplaisent.

L'exploitant du taxi aérien y trouve même d'autres avantages. Pourquoi faire les frais d'un navigateur pour les quelques périodes de brume où son concours serait vraiment utile ? Le pilote choisira ces jours-là pour son repos et renverra alors ses clients à la ligne régulière, qui paye navigateurs et radios à longueur d'année en vue de ces quelques jours d'utilité réelle.

L'avion-taxi passera d'une région à l'autre suivant les saisons. Il fera successivement les stations de sports d'hiver et de bains de mer, et se rabattra au printemps et à l'automne sur les lignes à grand trafic où il trouvera toujours une part de la clientèle qui délaissera le service régulier. A vrai dire, l'exploitant de ces lignes peut aussi adapter son service aux conditions saisonnières, et même l'exploitant des voies ferrées, mais il leur faut maintenir une grande partie des services établis à longueur d'année, qui sont alors déficitaires. Le conducteur de taxi aérien choisira ce qui rapporte le plus.

Sur de nombreux parcours, les avantages précédemment énumérés du transport à la demande assurent une place à l'avion-taxi, malgré son infériorité prétendue sur quelques autres points qu'il nous reste à examiner.

Les comptes d'exploitation, par lesquels on cherche à démontrer la supériorité de telle ou telle formule, avion rapide, avion-cargo, avion de gros tonnage, ne manquent pas. Ils reposent souvent sur des bases bien fragiles, surtout dans les pays à monnaie atteinte d'instabilité chronique, où les prix respectifs des fabrications, de l'entretien, du combustible, des immobilisations, des salaires ne correspondent ni à la valeur officielle de la devise, ni à l'une des nombreuses valeurs réelles qu'on peut être tenté de lui substituer. Aussi ne présenterons-nous pas un décompte destiné à justifier la supériorité de l'avion-taxi, mais nous bornerons-nous à rechercher, sur les articles principaux de

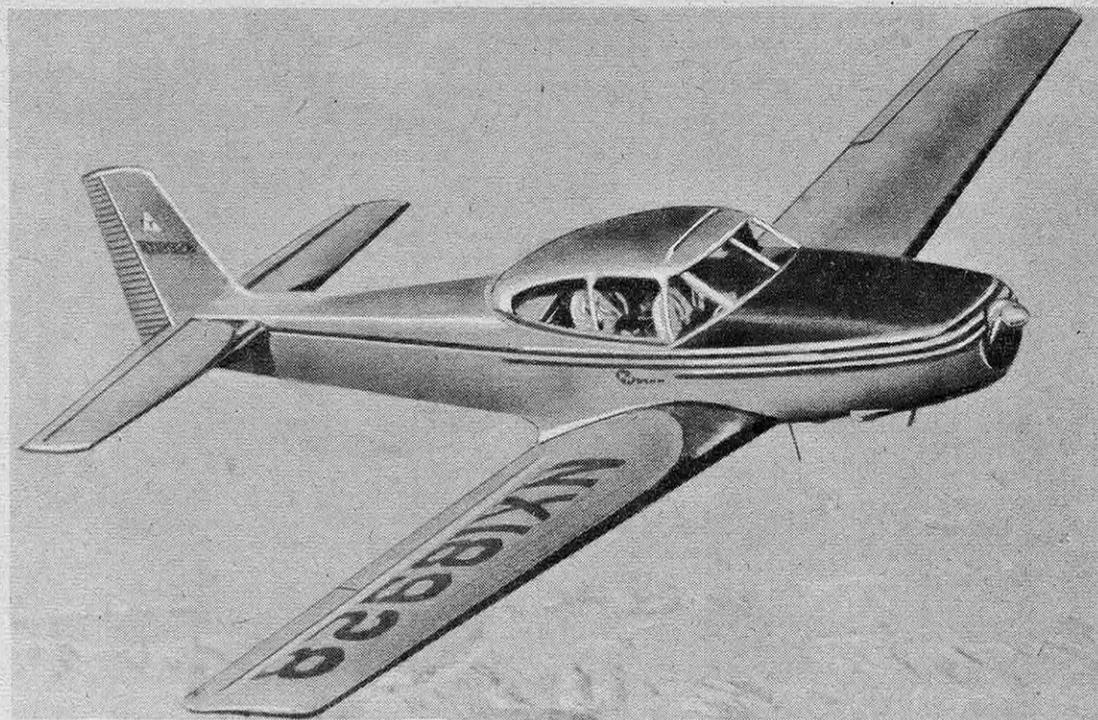


FIG. 2. — LE NORTH AMERICAN « NAVION »

Le Navion, limousine quadriplace à aile basse, est la première et toute récente production civile de North American, qui ne construisait jusqu'alors que des avions militaires, dont le Mustang est le plus connu. C'est un appareil relativement rapide; vitesse maximum, 257 km/h; vitesse de croisière, 240 km/h à 70 % de la puissance maximum; vitesse de croisière la plus économique, 185 km/h à 50 % de la puissance maximum. En utilisant les volets, le décollage se fait en 212 m, l'atterrissage en 185 m, le rayon d'action est de 1 130 km. Les caractéristiques sont les suivantes: envergure, 10,17 m; longueur, 8,38 m; hauteur, 2,67 m; poids à vide équipé, 703 kg; poids total, 1 166 kg.

dépenses, si son infériorité est aussi évidente et aussi prononcée qu'il le semble à l'examen des matériels très différents auxquels se rallient les exploitants de lignes régulières. Cette méthode « différentielle » vaut largement les calculs en apparence plus précis.

Le problème du tonnage optimum

C'est sur la question du tonnage le plus économique que l'infériorité de l'avion-taxi paraît la plus évidente. Pour le même poids total, le gros avion a une charge utile plus grande que celle du petit; pour la même charge au cheval, il a également une vitesse supérieure. Si l'on comparait, avec leurs moteurs d'il y a quelques

années, le Douglas DC-3, à deux moteurs de 1 050 ch pour 21 passagers, et le Douglas DC-4, à quatre moteurs de 1 100 ch pour 44 passagers, on trouverait qu'avec exactement 100 ch par passager, le second faisait 60 km/h de plus que le premier. On constaterait une différence du même ordre entre les charges utiles sur un même parcours.

On peut donner plusieurs explications à cette différence: économie sur le poids de charpente, navigation à plus grande altitude, réduction de la résistance relative des profils d'aile quand leurs dimensions absolues augmentent... Mais il est un facteur essentiel qu'il ne faut pas oublier, c'est la différence de charge alaire qui est de

	Puissance (ch)	Vitesse de croisière (km/h)	Vitesse d'atterris- sage (km/h)	Rayon d'action (km)	Charge utile (kg)	Prix (dollars)
Bellanca Cruisair Senior...	150	234	80	965	430	5 375
North American Navion...	185	245	85	933	465	5 000
Skycraft Model 446	190	228	80	990	586	5 800
Stinson Voyager 150	150	200	80	805	430	5 000

FIG. 3. — CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES QUADRIPLACES AMÉRICAINS, MODÈLES 1946

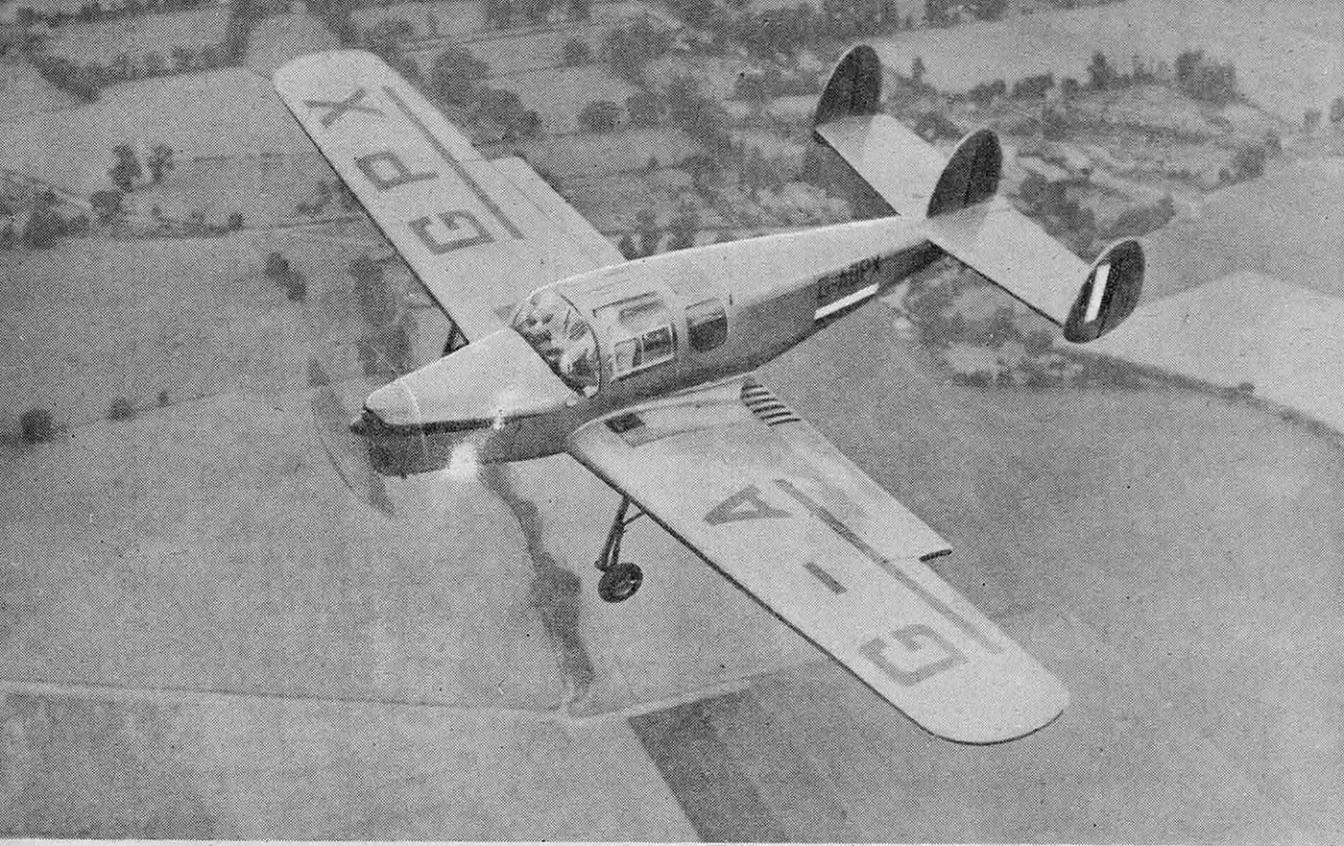


FIG. 4. — LE MILES « MESSENGER » BRITANNIQUE

Le Miles M-38 Messenger, qui doit être construit prochainement en France sous licence, est un appareil spécialement établi pour les liaisons entre terrains exigus, et même sans terrains spécialement établis. Il décolle en effet sur 55 m contre vent de 8 km/h, et sa vitesse minimum de 48 km/h permet des atterrissages très courts. Ces performances s'expliquent d'une part par sa très faible charge alaire, d'autre part par ses dispositifs hypersustentateurs, avec interconnexion entre les volets et les ailerons, de telle sorte que le braquage à fond des volets entraîne un braquage de 12° des ailerons. Ces qualités se payent par une vitesse de croisière assez faible, qui ne dépasse pas 170 km/h. Les caractéristiques sont les suivantes: envergure, 11 m; longueur, 7,30 m; hauteur, 2,40 m; surface de voilure, 17,75 m²; poids à vide, 615 kg; poids total maximum, 1 090 kg; moteur « Gipsy Major » de 140 ch.

123 kg/m² sur le DC-3 et de 173 kg/m² sur le DC-4, différence qui se répercute sur les vitesses de décollage et d'atterrissage.

En réalité, les progrès corrélatifs en tonnage et en vitesse n'ont pas pour explication principale le fait que le tonnage optimum n'était pas atteint sur les avions en service jusqu'ici. Ils tiennent, pour la plus grande partie, soit à des progrès techniques, comme la navigation à haute altitude en cabine étanche, soit à l'acceptation de vitesses au sol permises par les dimensions accrues des terrains. Si l'on dessinait aujourd'hui une nouvelle version du DC-3, avec 21 passagers, cabine étanche et 173 kg au mètre carré de voilure, serait-il si inférieur en rendement et en vitesse au DC-4 ? L'exemple du *Saturn*, le nouvel avion Lockheed pour lignes d'apport (1), avec ses 14 places et ses 320 km/h obtenus avec deux moteurs de 525 ch ne laisse aucun doute à cet égard.

Si, de cet examen comparé des gros avions de transport suivant leur tonnage, on passe à celui de l'ensemble des avions de transport et de l'ensemble des avions de tourisme où l'on pourra puiser un matériel de taxi aérien, il n'est pas douteux qu'il y a entre eux une grosse diffé-

rence de vitesse, et qu'il serait vain de prétendre exploiter économiquement des appareils de 1 000 à 1 500 kg à une vitesse de service de 350 km/h.

Cependant, une fois cette conclusion admise, quelques observations s'imposent.

D'abord, il est loin d'être évident que la politique de construction d'avions de plus en plus rapides, celle qui fait passer des 300 km/h d'un Douglas DC-3 aux 400 km/h d'un Douglas DC-4 et aux 450 km/h du Lockheed *Constellation*, soit justifiée. Nous croyons même que le programme qui réunirait la vitesse du Douglas DC-3 aux perfectionnements, charge alaire accrue, vol stratosphérique en cabine étanche... des appareils modernes très rapides pourrait concurrencer aisément ceux-ci en donnant satisfaction à une clientèle moins fortunée et un peu moins pressée. L'exemple des appareils militaires allemands de transport, comme le Messerschmitt Me-323 qui ne demandait que 35 ch par passager, était assez probant à cet égard. Le Lockheed *Saturn* avec ses 75 ch par passager au lieu des 100 ch du Douglas, est un premier pas dans cette même voie que suivent plusieurs « avions-cargos » récents aménagés pour passagers. Car, en admettant même que les vitesses des appareils qui ont la faveur des transporteurs se justifient pour les longs parcours, il est bien évident qu'elles n'ont aucun intérêt pour les liaisons à courte distance que vise le taxi aérien ; le gain de temps que celui-ci

(1) On désigne sous le nom de *lignes d'apport* des lignes secondaires de quelques centaines de kilomètres amenant passagers et fret aux lieux principaux du trafic desservis par les lignes principales à grande distance.

obtient par le choix judicieux de la ligne directe et l'usage de terrains interdits aux avions rapides lui permet le même résultat avec une vitesse très inférieure.

Il n'est donc pas si paradoxal qu'il semble de soutenir que, dans les limites où son tonnage impose au taxi aérien une vitesse plus faible que celle des avions de transport les plus récents, cette exigence a son bon côté et oriente ce type d'appareil vers une formule dont on pourrait utilement s'inspirer pour d'autres.

S'il ne fait ni les 500 km/h des avions commerciaux de demain, ni les 400 km/h de ceux d'aujourd'hui, ni les 300 km/h des avions lents, le taxi aérien n'a besoin ni des 150 ch par passager d'appareils à faible rendement que l'on construit encore en 1946, ni des 100 ch qui devraient largement suffire aux amateurs de vitesse, ni même des 75 ch d'un *Saturn*. Sur la moyenne des appareils quadriplaces américains de la figure 3, la puissance par passager, calculée pour trois passagers, ressort à 56 ch ; la vitesse de croisière moyenne, à 227 km/h. Si l'on accepte la réduction de vitesse, soit parce qu'elle est sans importance réelle sur courts trajets, soit parce qu'elle permet l'usage de terrains où la clientèle ne peut pas espérer que se poseront les avions de grandes lignes, on voit que le nombre de chevaux-heure par passager, pour un parcours donné, est sensiblement le même sur l'avion-taxi et le gros appareil de transport. Les nombreux postes de dépense liés à ce facteur, consommation de combustible, part du moteur (et même de la cellule si la charge au cheval est

la même) dans l'intérêt, l'amortissement et l'entretien, ne sont donc pas sensiblement différents sur les deux types d'appareils.

Mais le quadriplace n'est certainement pas la formule préférable de l'avion-taxi. De même que pour l'auto, le 4-5 places, où le pilote pourrait normalement emmener quatre passagers, et ne réduirait leur nombre à trois que sur les longs parcours sans escale, serait plus économique. Il doit pouvoir être construit avec moteur de moins de 200 ch.

La dépense de combustible

Au premier abord, on est tenté de voir dans l'énergie dépensée à la traction un élément essentiel du prix du transport. C'est d'ailleurs bien, en général, suivant l'ordre des résistances croissantes à la traction que les moyens de transport se classent dans l'ordre d'économie décroissante qui est le navire de haute mer, le wagon, l'auto, l'avion.

Si l'on ne veut qu'un ordre de grandeur, il n'est pas difficile de préciser cette comparaison en donnant, pour chacun de ces moyens de transport, une résistance de traction en kilogrammes par tonne.

Le navire de haute mer qui transporte 10 000 t de marchandises à 12 nœuds, avec 2 000 ch et un « rendement propulsif global » de 0,65, demande une traction d'environ 1,6 kg par tonne transportée. En palier et en dehors des courbes, on peut admettre une résistance de 3,65 kg par tonne transportée pour un train de marchandises. Pour un camion automobile à

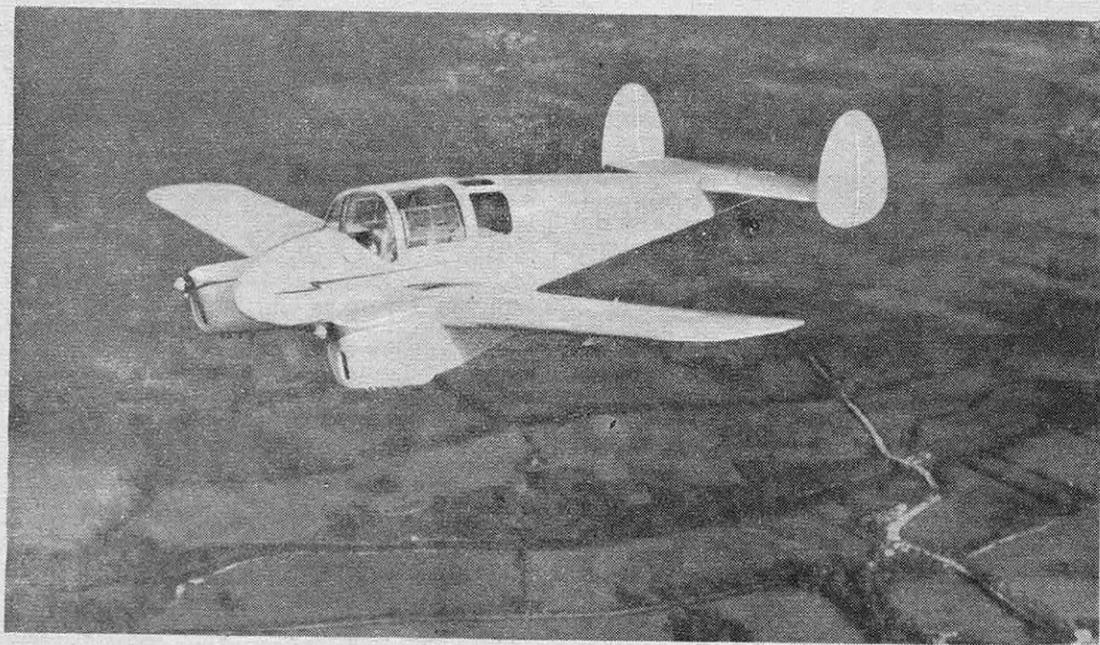


FIG. 5. — LE MILES « GEMINI » BRITANNIQUE

Le Miles Gemini, qui doit être prochainement construit en France sous licence, comme le Messenger, est un appareil d'une formule voisine de celui-ci, mais en bimoteur. Il a été étudié spécialement comme avion-taxi, avion-ambulance, avion léger pour transport de fret. La vitesse maximum (240 km/h) et la vitesse de croisière (208 km/h), plus élevées que celles du Messenger, restent relativement faibles pour un bimoteur. Le décollage et l'atterrissage contre vent de 8 km/h se font en 110 m environ. Les caractéristiques sont les suivantes : envergure, 11,05 m ; longueur, 6,80 m ; hauteur, 2,30 m ; surface de voilure, 17,4 m² ; 2 moteurs « Cirrus Minor II » de 100 ch ; poids à vide équipé, 865 kg ; poids en charge, 1 360 kg. La charge utile relativement élevée permet un rayon d'action maximum de 1 320 km.



FIG. 6. — LE MONOMOTEUR FRANÇAIS « COURLIS »

Le Courlis, avion 4-5 places de la S. E. C. A. N., division aviation des usines Chausson, est un appareil bipoutre, à moteur propulsif et train tricycle fixe. Ses caractéristiques et performances sont les suivantes : envergure, 11,5 m ; longueur, 8,81 m ; hauteur, 2,68 m ; surface de voilure, 19,10 m² ; poids à vide équipé, 895 kg ; charge utile, 505 kg ; moteur « Mathis » de 200 ch à 8 cylindres en V et réducteur ; vitesse maximum, 260 km/h ; vitesse de croisière, 230 km/h ; rayon d'action de 100 à 1 400 km suivant charge. La formule du bipoutre à moteur propulsif a des avantages de visibilité et de confort pour les passagers, mais elle est un peu plus lourde et plus coûteuse. Elle n'est pas encore d'emploi courant. On doit signaler cependant que quelques appareils américains ont été étudiés suivant cette formule et que M. Kaiser a choisi l'un d'eux pour être construit en grande série.

40 km/h qui consommeraient en palier 5 l par tonne de poids total et par 100 km, qui produirait le cheval-heure avec 0,4 kg d'essence, et qui transporterait 55% de charge utile, la résistance ressortirait à environ 110 kg par tonne transportée. Pour un avion de finesse 16, c'est-à-dire dont la résistance est le 1/16 du poids, et dont la charge utile serait le quart du poids total, la résistance est de 250 kg par tonne transportée.

Si l'on joint à ce tableau de résistances variant dans le rapport de 1 à 150 le fait que navires et locomotives emploient des combustibles peu coûteux tandis que l'automobile et surtout l'avion utilisent des combustibles de luxe, on s'explique le classement des prix de revient, parallèle à celui des résistances.

Cependant, avant de conclure à une relation de cause à effet, il est indispensable de déterminer la part réelle du combustible dans le prix demandé. Faisons par exemple le calcul pour le chemin de fer à l'époque exempte de troubles économiques et financiers qui précédait 1914. La taxe perçue sur la moins rémunératrice des quatre catégories de marchandises du tarif français était de 4 centimes par tonne kilométrique, d'ailleurs à peine inférieure au rapport moyen de l'ensemble des marchandises. Si l'on admet le chiffre précédemment indiqué pour la traction d'une tonne de marchandises, du charbon à 20 f-or la tonne, une consommation de

0,8 kg au cheval-heure, on trouve que les 4 centimes-or de la taxe à la tonne kilométrique payaient sensiblement les 2 kg de charbon nécessaires à la traction de cette tonne sur 100 km.

Ainsi, l'élément déterminant du prix du transport par voie ferrée, même si l'on tient compte du supplément pour la traction en courbe ou en côte, pouvait être le salaire du garde-barrière ou de l'aiguilleur, la peinture des gares ou la circulation des trains à vide sur les petites lignes peu fréquentées ; ce n'était certainement pas la dépense de charbon d'un train de marchandises. Si le prix du combustible est une fraction aussi faible du prix de transport, le parallélisme entre ces deux quantités tient à d'autres causes. On s'explique d'abord que ce parallélisme n'est qu'approché, que, par exemple, la voie ferrée élimine presque complètement aux États-Unis la navigation intérieure ; que celle qu'elle laisse subsister, sur les Grands Lacs, soit une navigation à vitesse, donc à résistance, nettement plus élevée que celle des canaux. On s'explique également que le transport par route qui consomme un poids beaucoup plus élevé d'un combustible beaucoup plus cher puisse être, dans de nombreux cas, plus économique que le transport par chemin de fer ; c'est que le conducteur d'une auto n'a pas de garde-barrière pour le regarder passer, ou du moins qu'il ne le paie pas.

Si l'avion est, de tous les moyens de transport,

celui qui consomme le plus de combustible et de l'espèce la plus coûteuse, il ne faut donc pas douter de ses progrès pour cette seule raison. Même sur l'avion, la dépense de combustible n'est pas le facteur déterminant du prix de revient. Dans le tableau-type établi par Douglas pour l'exploitation des DC-3, il ne représente encore que 27 p. 100. Sur l'avion-taxi, où la puissance par passager est deux fois plus faible pour une vitesse inférieure d'un tiers seulement, la consommation d'essence sera moindre encore, à la fois en valeur absolue et en valeur relative, dans le compte d'exploitation. Ce n'est donc pas l'excès de consommation qui gênera le transport à la demande avec des appareils de faible capacité. Le principal danger de consommer de gros tonnages d'essence à 100 d'octane, c'est de faire croire qu'on peut être large pour les autres dépenses.

L'intérêt, l'amortissement et l'entretien

Ces trois postes doivent être examinés d'abord en les rapportant au tonnage utile, ou au nombre de voyageurs transportés, puis en tenant compte de la vitesse de rotation.

De très grosses différences apparaissent dans la comparaison à la tonne de charge utile. Par exemple, une péniche coûte, à la tonne de port en lourd, six fois moins qu'un wagon, l'une et l'autre sans tenir compte de l'engin tracteur. La différence devient énorme si l'on passe à l'auto et à l'avion, qui sont l'un et l'autre beaucoup plus chers à la tonne transportée que tous les autres véhicules. Elle reste encore très élevée si l'on compare entre eux l'avion et l'auto. A

la tonne de charge utile, un camion se paye actuellement, aux États-Unis, moins de 1 000 dollars, quand un DC-4 de 4 tonnes de charge utile vaut près de 500 000 dollars, soit plus de 60 000 dollars à la tonne transportée.

L'examen de la vitesse de rotation corrige heureusement ces différences en faveur de l'engin le plus rapide et le plus coûteux. Le chaland pétrolier a beau être nettement meilleur marché que le pétrolier de haute mer, l'effet de cette différence est compensé si, de Roumanie à la région rhénane, le chaland ne peut faire que trois ou quatre rotations par an et le pétrolier plus d'une douzaine. De même, malgré la grosse différence de prix d'achat, le chaland revient presque aussi cher que le wagon, si l'on tient compte de la vitesse de rotation. C'est un point sur lequel l'avion retrouve l'avantage quand on le compare au paquebot, d'abord parce que le prix de revient du paquebot, par passager, est tout à fait comparable à celui des avions les plus coûteux, ensuite parce que l'avion peut faire cinq fois plus de voyages que le paquebot pendant le même temps.

Pour certains modes de transport, l'intérêt et l'amortissement sont les facteurs essentiels du prix de revient. Tel est, pour la raison que nous venons de donner, le cas du paquebot luxueux et rapide. C'est encore le cas de l'avion. Dans le tableau établi par Douglas, déjà pris en exemple à propos de la dépense de combustible, l'intérêt et l'amortissement du DC-3 figurent pour 17 p. 100 dans le total des dépenses, les réparations pour 20 p. 100.

C'est là qu'apparaît la supériorité la plus

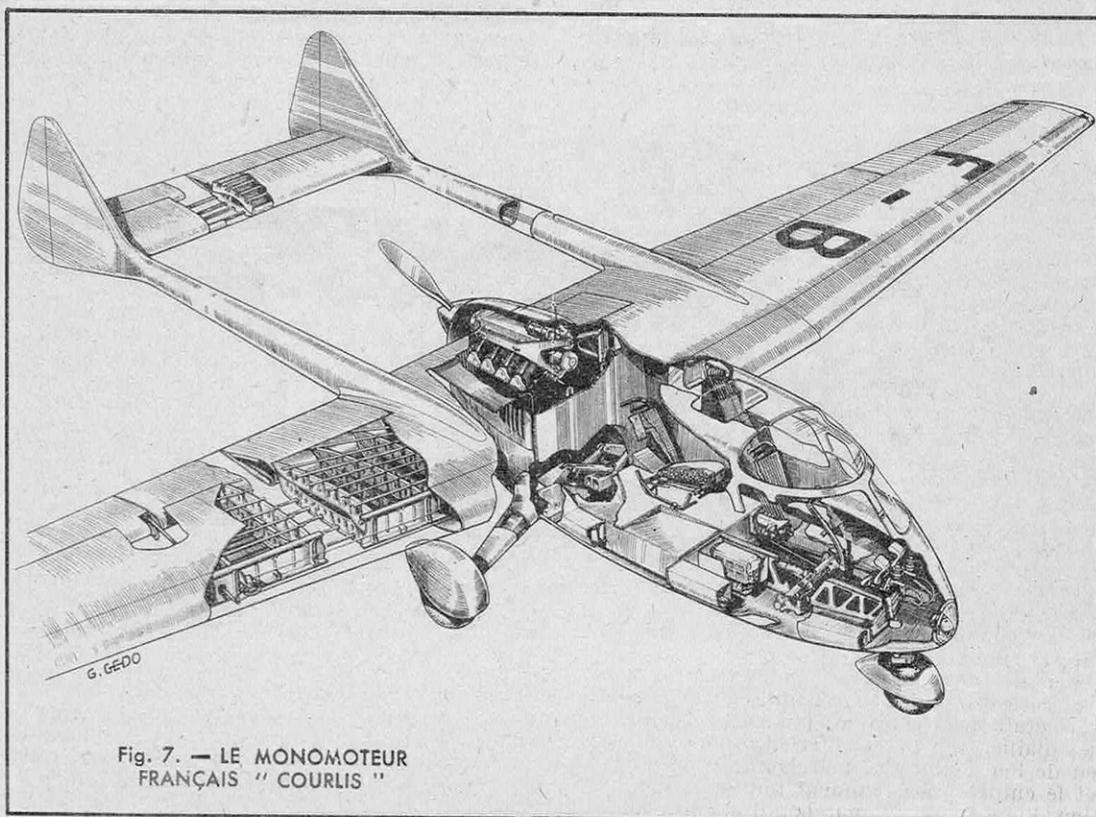


Fig. 7. — LE MONOMOTEUR FRANÇAIS "COURLIS"

nette de l'avion-taxi sur le gros avion de ligne. Un Douglas DC-4 à 500 000 dollars pour 60 passagers sur les trajets les plus courts revient à plus de 8 000 dollars par place offerte. La moyenne des quadriplaces américains de la figure 3 ne coûte guère plus de 5 000 dollars, soit 1 700 dollars pour chacune des trois places offertes, et le chiffre tomberait vers 1 500 dollars pour l'appareil voisin à 4-5 places, utilisé le plus fréquemment pour quatre passagers. Même tenu compte de la vitesse double du DC-4, l'intérêt, l'amortissement et l'entretien, qui sont exactement ou à peu de chose près proportionnels au prix d'achat, seraient réduits de plus de moitié en passant de l'appareil de ligne à l'avion-taxi.

Le salaire du personnel navigant

La part des salaires dans le compte d'exploitation peut encore s'évaluer en rapportant le personnel employé au tonnage utile, ou au nombre de voyageurs transportés, puis en tenant compte de la vitesse de rotation. Mais il faut ajouter un élément nouveau qui est la rémunération très différente suivant le mode de transport.

Le classement à la tonne de charge utile est le même pour le prix d'achat du véhicule et pour la proportion de main-d'œuvre qu'il réclame : cargo ou chaland, wagon, auto, avion. La vitesse de rotation corrige de la même manière ces différences en faveur de l'engin qui consomme le plus de personnel. C'est un autre point sur lequel l'avion prend l'avantage, si on le compare au paquebot, d'abord parce que le paquebot demande encore plus de personnel que l'avion par voyageur à bord, ensuite parce que l'avion peut faire cinq fois plus de voyages que le paquebot pendant le même temps.

Le salaire du personnel varie suivant le même classement. Le soutier ou le marinier ne béné-

ficient pas de beaucoup plus de considération que le charretier ; elle est réservée au pilote de ligne ou à la « stewardess ». Le salaire n'est certainement pas fonction de la difficulté réelle de l'emploi. S'il en était ainsi, on ne classerait pas le conducteur d'auto avant le charretier, car la conduite judicieuse d'un attelage demande beaucoup plus de qualités que celle d'une auto.

Le classement est fait, en réalité, d'après la nouveauté du type de véhicule, en vertu de la raison informulée que tout ce qui est nouveau est difficile. Il s'y ajoutera, pour l'aviateur, la compensation du risque couru, même lorsque ce risque sera devenu négligeable ; le salaire du personnel navigant français fera état longtemps encore des équipages perdus au-dessus de l'Atlantique sud.

Quoi qu'il en soit, il est hors de doute que la rémunération du personnel navigant est un facteur important du prix des transports aériens. Dans le tableau de Douglas relatif au DC-3 déjà pris en exemple, elle figure pour 24 p. 100 dans le total des dépenses. Sur le taxi qui demandera, relativement, deux fois plus de personnel navigant qu'un DC-3, elle apparaît donc comme un handicap sérieux. Deux corrections importantes doivent cependant atténuer cette dépense dans le cas du conducteur de taxi aérien.

Les chiffres de salaires sur lesquels est basé le tableau de Douglas sont ceux des États-Unis. Il n'est pas douteux que, dans la moyenne des autres pays, la part du salaire sera relativement inférieure.

D'autre part, si le pourboire n'est pas un mode de rémunération habituel du pilote, du navigateur ou du radio de ligne, il le deviendra certainement pour le conducteur de taxi aérien. Ce sera là un complément de ressources très important de ce personnel, qui ne peut être



FIG. 8. — LE STINSON « VOYAGER » 150 AMÉRICAIN

Le Voyager 150 est la production d'après guerre de la « Stinson Aircraft Division », division des avions légers de Consolidated Vultee. C'est un quadriplace à aile haute entretoisée, avec moteur « Franklin » à 6 cylindres opposés de 150 ch. Les caractéristiques et performances sont les suivantes : envergure, 10,36 m ; longueur, 7,16 m ; poids à vide, 547 kg ; charge utile, 428 kg ; poids total, 975 kg ; vitesse maximum, 214 km/h ; vitesse de croisière, 201 km/h ; rayon d'action, 800 km ; décollage en 170 m ; atterrissage en 70 m. On notera le rapport élevé de la charge utile au poids en charge qui tient certainement à la formule de l'appareil, aile haute entretoisée. Le programme de production prévu pour 1946 est de 3 500 appareils, vendus 5 000 dollars.



FIG. 9. — LE TRIPLANE DE TOURISME FRANÇAIS NORD 1201

Le Nord 1201, Norécrin, production de la S. N. C. A. du Nord, est un triplane du type classique à aile basse, avec train d'atterrissage tricycle, habitacle à toit largable. Avec un moteur « Renault 4 P ei » de 140 ch, sa vitesse maximum est de 265 km/h et sa vitesse de croisière de 230 km/h. Il décolle en 160 m et son autonomie est de 900 km. Son envergure est de 10,2 m, son poids à vide de 533 kg et en charge de 875 kg, ce qui donne, avec un poids de combustible de 93 kg, un poids disponible de 244 kg. C'est sur cet appareil que s'est porté, en février dernier, le choix officiel français pour la production en grande série.

négligé si le service est organisé par une compagnie rémunérant ses conducteurs.

D'abord, le prix élevé des voyages aériens, plusieurs milliers de francs pour le transport de quatre passagers pendant deux à trois heures, justifiera des pourboires qui atteindront fréquemment le millier de francs par jour.

Ensuite, le pourboire échappe pratiquement à l'impôt. Dans un pays comme la France et d'ailleurs comme les nombreux pays d'Europe où le jeu des dévaluations successives et de l'impôt progressif non corrigé en fonction de ces dévaluations prélève une part élevée sur les salaires de l'ordre de 500 000 fr, cet avantage est très important. Un conducteur de taxi aérien qui se fera 100 000 fr de salaire direct, plus 300 000 fr de pourboire, et qui pourra déduire de sa déclaration une part importante au titre de « charges aériennes », touchera en réalité beaucoup plus qu'un Premier Président de la Cour de Cassation à 450 000 fr par an.

Le jeu du pourboire et des impôts renverse donc la situation du conducteur de taxi aérien par rapport à celle du pilote de ligne. Il aidera à trouver un personnel satisfait de son gain sans de trop grosses dépenses de salaires.

L'exploitant individuel et la compagnie de taxis

A sa position indépendante vis-à-vis du trafic auquel il s'adapte avec plus de souplesse que le transporteur lié par ses contrats, l'exploitant individuel d'un avion-taxi ajoute l'économie qu'il réalise par la réduction des dépenses indirectes.

En dehors de ces dépenses que nous avons étudiées précédemment et qui ne représentent, pour le taxi aérien, qu'une faible fraction du prix de passage communément demandé sur les grandes lignes, il est toute une catégorie d'autres qui n'ont aucun intérêt pour l'exploitant d'un unique appareil. Nul besoin d'un immeuble pour ses bureaux : son domicile particulier lui suffit et lui évite les deux heures de temps perdues chaque jour en va-et-vient de l'un à

à l'autre. Pourquoi aurait-il un service de comptabilité, quand un tiroir fermant à clef où il videra chaque soir la recette de sa journée lui en tient lieu ? Il y trouve l'avantage supplémentaire de ne pas avoir à déclarer au contrôleur, en fin d'année, que son bénéfice exact s'est élevé à 743 000 fr et quelques centimes, quand on tiendra tout aussi bien quitte le petit « artisan » qu'il est avec une déclaration de 80 000 fr. Il n'a point de « service social ». Il n'a pas droit, pour ses enfants, aux colonies de vacances, mais il aura en deux ans la campagne et l'auto, qui, accessoirement, lui servira à emmener sa clientèle prendre l'avion au terrain voisin.

Il est d'autres catégories de dépenses dont l'exploitant de taxi aérien ne peut entièrement se décharger. Il lui faut un embryon de service commercial, un équivalent des services d'entretien ou de réparation. Mais, pour lui, le service commercial sera un portier de grand hôtel, qu'il lui faudra évidemment rémunérer d'une commission, mais qui lui fera gagner plus que cette commission par une appréciation judicieuse des réactions de la clientèle à l'annonce du contretemps qui l'oblige à avoir recours à lui. Son service d'entretien, s'il ne veut pas manier lui-même l'éponge et la peau de chamois, ce sera un pourboire au conducteur de l'avion privé dont le patron loge son appareil dans le même hangar, ou peut-être même au laveur de la grande compagnie concurrente. Il n'aura pas droit au concours des services techniques de celle-ci, aux programmes d'avions sur mesure, fruits des réflexions de leurs ingénieurs, aux petits perfectionnements que l'expérience de l'exploitation leur aura fait découvrir, aux économies de réparation que leur vaut la possession et la gestion d'ateliers particuliers bien outillés... Il lui faudra acheter simplement le dernier avion à la mode, l'exploiter tel qu'on le lui livre, profiter de sa quinzaine de vacances pour faire réviser son moteur chez le constructeur. Nous ne sommes pas sûrs que l'exploitation individuelle se traduise, sur tous ces points, par une infériorité.

Si l'ensemble des exploitants individuels de taxis aériens étaient les spécialistes expérimentés, prudents, sérieux, honnêtes... que l'on a supposés pour la facilité de la démonstration, ils feraient très rapidement fortune en rendant impossible toute exploitation concurrente de lignes régulières. Mais ce succès des premiers défricheurs ne manquera pas d'attirer des collègues indésirables, qui n'auront aucune des connaissances indispensables au cumul des fonctions de pilote, navigateur, radio, mécanicien, météorologiste, que la promesse d'un bon pourboire pourra inciter à charger, par mauvais temps, quelques clients trop lourds, ou qui ne verront dans l'exercice de leur profession officielle que le moyen de faciliter le passage d'une frontière à une cargaison de l'un des nombreux produits interdits par les lois.

Le pilote, unique membre de l'équipage d'un petit avion, doit avoir un ensemble de connaissances que ne garantit certainement pas la possession du brevet officiel. Ce n'est pas qu'elles soient impossibles à réunir dans un seul homme, mais il faut encore le vérifier. L'exploitant d'une compagnie qui ne recrutera systématiquement que des pilotes de plus de vingt-cinq ans, pour bénéficier de l'élimination automatique des moins expérimentés par les premières années de vol, qui pourra les choisir sur titres ou sur références sans se les laisser imposer par recommandation, qui exclura automatiquement tous ceux à qui un accident arrivera, sans pitié pour les malchanceux, peut se former un personnel de qualité très supérieure à la fois à une entreprise de l'importance des grandes compagnies de transport aérien, et des exploitations individuelles où se rejettent les candidats éliminés par ce tri.

La prudence de l'exploitation dans le service d'une compagnie de taxis aériens s'impose d'autant plus qu'aucun avantage sérieux n'est à attendre d'une régularité extrême. Aux clients qui se plaindront de voir le taxi rester au garage quand l'avion de ligne part, il est facile de répondre qu'il emmène à bord un navigateur et un radio et qu'il n'atterrit que sur des terrains spécialement aménagés. A ceux qui objecteront le départ des taxis à gestion individuelle, on opposera la sécurité du passager, les ordres formels de la direction... Une compagnie soucieuse de sa renommée et de ses intérêts évitera les occasions de perdre un appareil, un pilote, des passagers, et de relever ainsi indirectement le tarif de son assurance.

De toutes les causes d'accidents, la surcharge sera l'une des plus difficiles à éviter par l'exploitant individuel incontrôlé, qui ne voudra pas perdre une affaire et cédera progressivement aux exigences de la clientèle. En rentrant de Luchon à Alger par temps douteux, l'avion à 4 500 m de plafond, où l'on aura accepté deux dames et une valise un peu lourdes, passera neuf fois les cols, puis, à la dixième, par une journée chaude, un coup de vent le plaquera sur les flancs de la vallée. La surveillance constante du personnel, les menaces de renvoi, les « ordres formels » de la direction... viendront utilement à l'aide du pilote qui n'ose pas refuser ou n'est pas conscient de son imprudence. Une compagnie sérieuse saura jeter le discrédit sur l'exploitant individuel incontrôlé, auprès d'une clientèle soucieuse de son temps, de sa bourse, et même de sa vie.

En définitive, l'avantage nous semble être du

côté de la compagnie d'importance moyenne, gérant vingt à trente appareils, qui saura éviter les frais généraux inutiles.

Les premières lignes d'avions-taxis

L'avion-taxi étant défini comme moyen de transport non astreint à des lignes régulières, la notion de ligne d'avions-taxis peut sembler contradictoire. Il est cependant des parcours beaucoup plus favorables que d'autres, où la liaison aérienne directe présente le maximum d'avantages. Comme la crise des transports sévira vraisemblablement quelques années encore, c'est sur ceux-là que la recherche des tarifs rémunérateurs dirigera naturellement les premiers exploitants.

Le département de Constantine donne asile à une importante colonie corse dont les membres tiennent à retourner chaque été dans leur pays natal et n'y parviennent qu'en passant par Marseille. Sans justifier une ligne régulière à longueur d'année, la demande est assez importante pour qu'on ait tenté, quelques années avant la guerre, une liaison saisonnière par paquebots de Bône à Ajaccio. La Chambre de commerce de Marseille n'eut pas de peine à démontrer que cette ligne portait atteinte à une judicieuse « coordination » et à la faire supprimer. Dans l'état actuel des transports maritimes et aériens, le Bônois qui dispose d'un mois de vacances en perd entre le tiers et la moitié, suivant le nombre de correspondances manquées, dans le voyage par Marseille. Tenu compte des dépenses moyennes dans cet arrêt imposé et variable, et du détour qui fait plus que doubler le parcours, c'est à une quinzaine de mille francs au minimum, versés aux transporteurs et hôteliers de la route, que lui revient le déplacement. L'avion-taxi, qui le mettrait en trois heures, non seulement de Bône à Ajaccio, mais, s'il le désire, de Philippeville ou de Guelma, à Sartène ou Bonifacio, trouvera autant de clients qu'on voudra en demandant 7 500 fr pour chaque passager. Sur un trajet moyen d'environ 580 km, on peut faire trois voyages par jour, de trois heures chacun, avec quatre passagers. La recette journalière atteint 90 000 fr ; la saison rapporte 7 à 8 millions de recettes brutes à l'heureux propriétaire exploitant d'un appareil de 5 000 dollars, soit 650 000 fr. La dépense de combustible est de moins de 500 000 fr. Il n'est donc pas besoin de calculs compliqués d'intérêts, d'amortissement, d'entretien, et de frais généraux pour montrer que la ligne est rentable. L'exploitant peut réduire son tarif de moitié s'il est philanthrope, envoyer en fin de saison l'appareil à la ferraille au lieu de la révision s'il est insouciant, s'offrir un amphibie ou un bimoteur s'il a le goût de la complication ; il sera encore en bénéfice.

Toutes les lignes ne sont pas aussi intéressantes et celle-ci bénéficie évidemment des obstacles que la mer impose aux transports automobiles. Mais il n'est pas nécessaire que l'on puisse appliquer des tarifs plusieurs fois supérieurs à ceux de la voie ferrée ou des lignes aériennes régulières pour que l'exploitation de l'avion-taxi soit payante. Nous avons essayé de montrer que, dans l'ensemble, elle ne doit pas coûter plus cher que celle de l'avion de ligne, qui est à la veille d'éliminer le paquebot de la plupart des lignes maritimes, et menace déjà la première classe des chemins de fer.

Gamille ROUGERON

LE CÂBLE HERTZIEN PARIS - MONTMORENCY

par A.-G. CLAVIER et G. PHELIZON

Ingénieurs au Laboratoire Central de Télécommunications

La presse quotidienne française du 19 avril 1946 a donné un compte rendu de l'inauguration par M. Letourneau, ministre des P. T. T., d'une liaison sur ondes centimétriques entre Paris et Montmorency, qui constitue la première application de « câble hertzien » en association avec le réseau normal de trafic interurbain de la région parisienne. Il s'agit de l'insertion d'un tronçon radio qui tient la place d'une section de câble et assure des transmissions de même qualité. Les résultats sont obtenus par l'emploi de vibrations électromagnétiques dont la longueur d'onde est de l'ordre de 10 cm. La haute qualité de la transmission a été obtenue par l'application simultanée de la technique de ces ondes ultracourtes et de la modulation de fréquence. L'équipement installé comporte la possibilité de douze communications simultanées dans chaque sens. On peut le considérer comme le prélude d'un développement technique de grande envergure : le câble hertzien se présente comme un concurrent moderne des meilleurs câbles téléphoniques ; héritier à la fois des recherches sur les ondes ultracourtes et des recherches sur le « radar », il offre, pour l'avenir, de remarquables possibilités.

L'INSTALLATION de câble hertzien inaugurée récemment entre Paris et Montmorency est la première au monde qui ait été incorporée dans un réseau de trafic public interurbain. Elle est l'aboutissement d'une longue série de travaux sur les ondes ultracourtes dont l'origine remonte au début même de la radio. En effet, dès que Maxwell eut publié son admirable anticipation théorique qui unissait sous une même nature physique les vibrations électriques et les vibrations lumineuses, les techniciens s'ingénierent à produire et à étudier les vibrations électromagnétiques d'aussi courte longueur d'onde que possible, c'est-à-dire celles dont les fréquences étaient le plus voisines des fréquences des vibrations de la lumière. Hertz, dès 1887, utilisa des ondes de 60 cm de longueur dans des expériences mémorables qui sont venues donner un définitif appui expérimental à l'hypothèse de Maxwell. C'est pourquoi il n'est que juste, quelque soixante ans après, d'associer le nom de Hertz à l'application des ondes centimétriques aux communications téléphoniques qui vont peut-être amener un bouleversement considérable dans la technique moderne des échanges de conversations à distance.

Des ondes longues aux ondes centimétriques

L'emploi des ondes électromagnétiques de très courte longueur paraissait ainsi, dès le début de la radio, devoir occuper la première place dans ses applications, et certains des dispositifs de Hertz représentent de géniales anticipations par rapport aux équipements les plus modernes ; on y voit, en particulier, l'emploi de miroirs cylindro-paraboliques (fig. 1).

Il a fallu cependant attendre presque trente-cinq ans avant que l'exploitation des propriétés des ondes ultracourtes soit reprise par les chercheurs. C'est que les ondes plus longues, de production plus facile, offraient un champ merveilleux à l'activité des techniciens : télégraphie sans fil, radiodiffusion. C'est aussi qu'il fallut attendre jusqu'en 1920 la découverte d'un oscillateur d'ondes ultracourtes entretenues : c'est en effet à cette date que parut dans la technique le tube à grille positive qui faisait usage, comme processus d'oscillation, d'un phénomène qui, jusqu'alors, avait été considéré comme nuisible dans la technique des tubes à vide, à savoir le temps extrêmement court, mais non négligeable devant la période des ultrahauts, que mettent les électrons à parcourir les intervalles entre les différentes électrodes de ces tubes.

Malgré ces possibilités nouvelles, les études relatives aux ondes centimétriques ne furent entreprises et maintenues que par un très petit nombre de chercheurs. La France tient un rang très honorable dans l'histoire de ces travaux de pionniers ; qu'il nous soit permis, en particulier, de rappeler qu'en 1930 l'un d'entre nous réalisa entre Calais et Douvres une liaison radiotéléphonique sur 17 cm de longueur d'onde (1) qui est reconnue comme le point de départ du merveilleux développement moderne de la technique des ondes centimétriques. Intéressés par les résultats de cette démonstration, les ministères de l'Air français et britannique firent installer par les mêmes techniciens, en 1934, la

(1) Voir : « Les ondes très courtes dirigées modifieront-elles l'avenir de la radiotéléphonie ? » (*Science et Vie*, n° 169, juillet 1934) et « Les dernières expériences sur la Manche de téléphonie par ondes ultracourtes » (*Science et Vie*, n° 201, mars 1934).

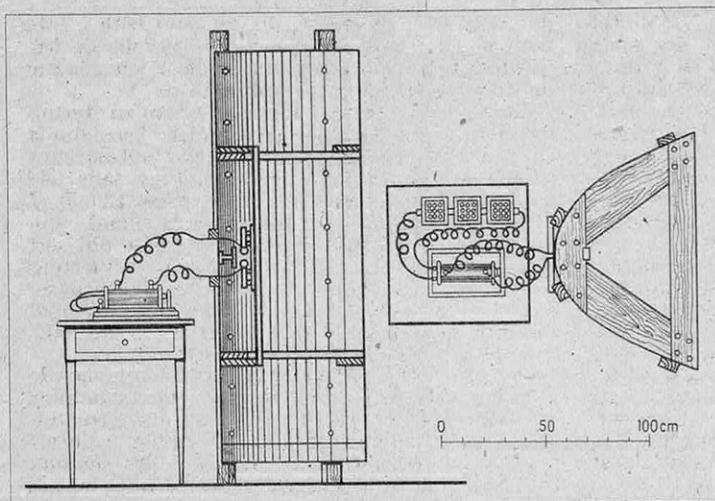


FIG. 1. — DESSIN DE L'APPAREILLAGE UTILISÉ PAR HERTZ EN 1887 POUR LES CONFIRMATIONS EXPÉRIMENTALES DES TRAVAUX THÉORIQUES DE MAXWELL. A gauche : coupe verticale ; à droite : vue en plan d'un miroir cylindro-parabolique de 2 m de haut.

première liaison commerciale sur ondes centimétriques entre les aérodromes côtiers de Lympne en Angleterre et de Saint-Inglevert en France. La photographie (fig. 2) des pylônes de Saint-Inglevert avec le réflecteur parabolique de révolution, leurs lignes de transmission et l'allure générale de leur équipement, a été reproduite dans toute la presse mondiale. C'est vraiment là la naissance des télécommunications par ondes centimétriques.

Quel que fût l'intérêt provoqué par cette extension du spectre électromagnétique utilisable, il fallut attendre la seconde guerre mondiale pour assister au véritable épanouissement de la technique des hyperfréquences. C'est que celles-ci se révélaient comme des outils extrêmement importants de la guerre moderne, et le conflit mondial de 1939 à 1945 fit assister à une véritable guerre des ondes courtes, où les Alliés conservèrent d'ailleurs constamment l'avantage : l'importance primordiale des ondes centimétriques pour les équipements de « radar » fut vite comprise par les Anglais et les Américains, qui consacrèrent à leur étude des moyens d'une ampleur extraordinaire ; des milliers de techniciens et d'énormes sommes d'argent furent employés aux recherches dans ce domaine. Les résultats ont eu une influence certaine dans le sort des batailles : bataille de l'aviation au-dessus de Londres, chasse des sous-marins, action offensive des chasseurs de nuit, etc.

Les expériences de Toulon

La France, qui avait cependant prévu l'importance de ces recherches — citons ici l'installation à Port-Cros du seul poste radar à grande puissance qui ait été effectuée dans notre pays et les études sur le radar des laboratoires de Lyon du Matériel téléphonique, — se trouva, du fait des circonstances que l'on sait, dans l'impossibilité de tenir la place qui lui serait certainement revenue dans ce domaine, étant donné les travaux de ses pionniers. Mais, si

elle n'a pu participer aux applications de guerre, elle a pu, grâce à l'appui courageux des services techniques officiels, continuer des recherches dans le domaine des applications aux télécommunications. Ce sont ces recherches — effectuées en dépit des difficultés dues à l'occupant — qui viennent d'aboutir à l'inauguration du premier câble hertzien Paris-Montmorency.

Une première série d'expériences préliminaires fut conduite en 1941 dans la région de Toulon : un émetteur fut dissimulé à 700 m d'altitude dans le fort du Coudon et un récepteur installé dans des cabines spécialement construites à bord de bateaux mis à notre disposition par la Marine française et l'Administration des P. T. T. On put ainsi étudier l'efficacité des projecteurs en forme de cornet (fig. 3). On put aussi étudier les lois essentielles régissant la propagation des ondes électromagnétiques de cette fréquence à la fois jusqu'à l'horizon et au delà de l'horizon ; dans ce dernier cas, des circonstances anormales peuvent se produire telles que celles de la figure 4, qui montre qu'au lieu d'une décroissance régulière au delà de l'horizon, le signal peut présenter, dans certaines circonstances atmosphériques, une série irrégulière de maxima et de minima. Enfin, les expériences de Toulon montrèrent combien il était avantageux d'employer sur les ondes centimétriques une modulation de fréquence au lieu d'une modulation d'amplitude (1) ; avec l'équipement expérimenté à Toulon, la qualité de la transmission téléphonique était extrêmement bonne et, malgré que l'émetteur n'eût qu'une puissance utile de 3 watts, la sensibilité du récepteur était telle qu'en vue directe on aurait pu la conserver jusqu'à plusieurs milliers de kilomètres.

gnétiques de cette fréquence à la fois jusqu'à l'horizon et au delà de l'horizon ; dans ce dernier cas, des circonstances anormales peuvent se produire telles que celles de la figure 4, qui montre qu'au lieu d'une décroissance régulière au delà de l'horizon, le signal peut présenter, dans certaines circonstances atmosphériques, une série irrégulière de maxima et de minima. Enfin, les expériences de Toulon montrèrent combien il était avantageux d'employer sur les ondes centimétriques une modulation de fréquence au lieu d'une modulation d'amplitude (1) ; avec l'équipement expérimenté à Toulon, la qualité de la transmission téléphonique était extrêmement bonne et, malgré que l'émetteur n'eût qu'une puissance utile de 3 watts, la sensibilité du récepteur était telle qu'en vue directe on aurait pu la conserver jusqu'à plusieurs milliers de kilomètres.

Le « câble hertzien »

L'historique du développement de l'application des ondes centimétriques aux radiocommunications étant ainsi décrit à grands traits, essayons de préciser quelles propriétés particulières rendent ces ondes spécialement attrayantes pour la réalisation des câbles hertziens. L'une de leurs caractéristiques les plus importantes est qu'elles permettent d'obtenir une directivité très marquée pour les faisceaux hertziens avec des dispositifs de faible encombrement. C'est une loi des systèmes électromagnétiques rayonnants que leurs propriétés directives se conservent quand on réduit leurs dimensions linéaires dans le rapport des longueurs d'ondes utilisées. Un dispositif ayant été étudié pour une longueur d'onde donnée, on aura donc inté-

(1) Dans le système habituel de modulation en amplitude, le courant modulateur de fréquence audible provoque des variations d'amplitude de l'onde porteuse ; dans le système de modulation de fréquence, ce courant modulateur provoque des variations de la fréquence autour de sa valeur normale. (Voir *Science et Vie*, N° 270, Décembre 1939).

rét à employer à cet égard des longueurs d'ondes de plus en plus petites, pour autant toutefois que d'autres raisons ne viennent pas agir dans un sens différent, par exemple la moindre puissance disponible, ou des circonstances nouvelles dans les lois de propagation. Nous avons mentionné qu'en ce qui concerne ce dernier point, et pour des liaisons à vue directe, les ondes électromagnétiques présentaient des propriétés favorables jusqu'à quelques centimètres de longueur d'onde.

Les systèmes rayonnants les plus pratiques sur les ondes centimétriques sont les miroirs paraboliques et les cornets électromagnétiques. La liaison Lypne-Saint-Inglevert a donné, dès 1930, un exemple de l'emploi des miroirs paraboliques de révolution qui s'est généralisé pendant la guerre pour les équipements de radar. Les expériences de Toulon et le câble hertzien Paris-Montmorency font usage de cornets ou pavillons électromagnétiques dont les dimensions ont été étudiées pour obtenir un haut pouvoir concentrateur que l'on pourra observer sur la figure 5.

La seconde propriété dominante des ondes centimétriques en ce qui concerne les radio-communications tient à la valeur très élevée de la fréquence porteuse ; une onde de 10 cm à une fréquence de 3 000 millions de périodes par seconde. Comme les dispositifs de rayonnement présentent autour de la fréquence porteuse des propriétés sélectives qui limitent l'écart relatif de fréquence admissible par rapport à cette porteuse, il y a un grand intérêt à l'emploi de fréquences aussi élevées que possible si l'on veut passer des signaux qui nécessitent une large bande de fréquence modulante : c'est bien le cas du câble hertzien que l'on prévoit dans l'avenir pour un grand nombre de communications téléphoniques, chacune occupant, par exemple, 4 000 périodes par seconde, et les diverses voies étant transposées en fréquence les unes à côté des autres. Cet avantage des ondes centimétriques sera encore plus sensible quand il s'agira de passer des signaux de télévision qui, avec les hautes définitions que réclame la technique moderne, demanderont des bandes de fréquence atteignant jusqu'à dix millions de périodes par seconde, et même davantage.

L'exposé qui précède explique clairement, croyons-nous, ce que c'est qu'un câble hertzien : c'est un faisceau d'ondes électromagnétiques projeté d'un point émetteur à un point récepteur en vue directe, très fortement concentré, et susceptible de servir de support à un grand nombre de communications téléphoniques simultanées comme le ferait le câble téléphonique le plus moderne. Mais, à la différence de ce dernier, il n'y a plus aucun conducteur matériel entre les deux stations ; il en résulte une économie considérable dans la dépense de première installation et une impossibilité absolue d'interruption des communications par rupture du circuit.

La liaison Paris-Montmorency

Le problème à résoudre était donc la réalisation d'un tronçon radio pouvant s'insérer dans un réseau de télécommunications à courants porteurs sur câbles ; on sait que, dans un tel système à courants porteurs, les voies téléphoniques à transmettre simultanément aboutissent à un équipement terminal qui fait le grou-

page de ces voies en les juxtaposant côte à côte dans le spectre de fréquence, l'intervalle de fréquences réservé à chaque voie étant en général de 4 000 périodes par seconde (1).

Le système particulier d'équipement terminal dont il s'agissait de transmettre les signaux sur le câble hertzien Paris-Montmorency groupe les douze voies téléphoniques dans une bande de fréquences s'étendant entre 12 000 et 60 000 périodes par seconde. C'est ce signal composite qui est transmis par le câble et qui sert directement à la modulation de l'émetteur radio, sans qu'il soit nécessaire d'interposer aucun organe démodulateur auxiliaire. On peut dire que l'équipement radio joue le rôle de répéteur pour le tronçon de câble hertzien.

Le problème ne va pas sans soulever de grandes difficultés techniques : la principale est la nécessité d'obtenir un taux d'intermodulation entre voies suffisamment faible. L'intermodulation est l'influence parasite des signaux transmis par les onze voies adjacentes sur la voie que l'abonné utilise. Or, les distorsions qui se produisent dans les différents circuits, tant à

(1) Le principe de la téléphonie par courants porteurs est le même que celui de la radiotéléphonie : les courants de fréquence audible modulent une onde de haute fréquence. Le câble transmet simultanément plusieurs de ces ondes de haute fréquence et, par suite, assure plusieurs communications simultanées. (Voir *Science et Vie*, n° 160, octobre 1930.)

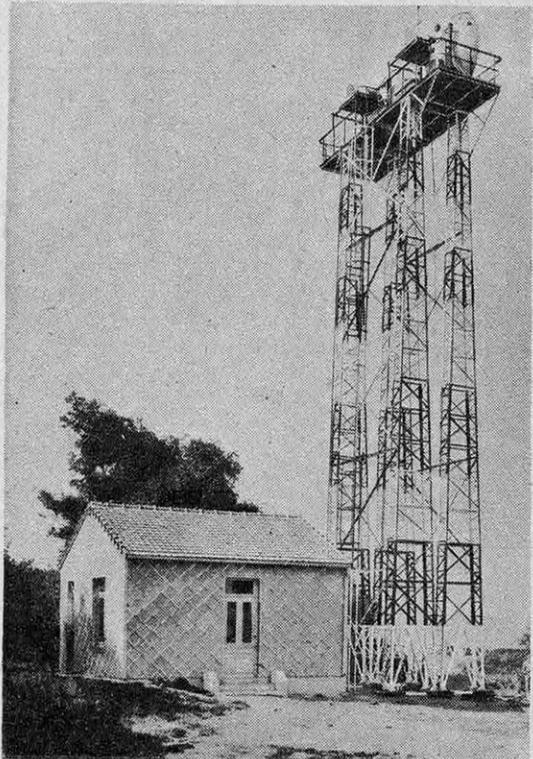


FIG. 2. — ASPECT DE L'INSTALLATION DE LA PREMIÈRE LIAISON COMMERCIALE SUR ONDES CENTIMÉTRIQUES LYPNE-SAINT-INGLEVERT EN 1934 (17 CM DE LONGUEUR D'ONDE)

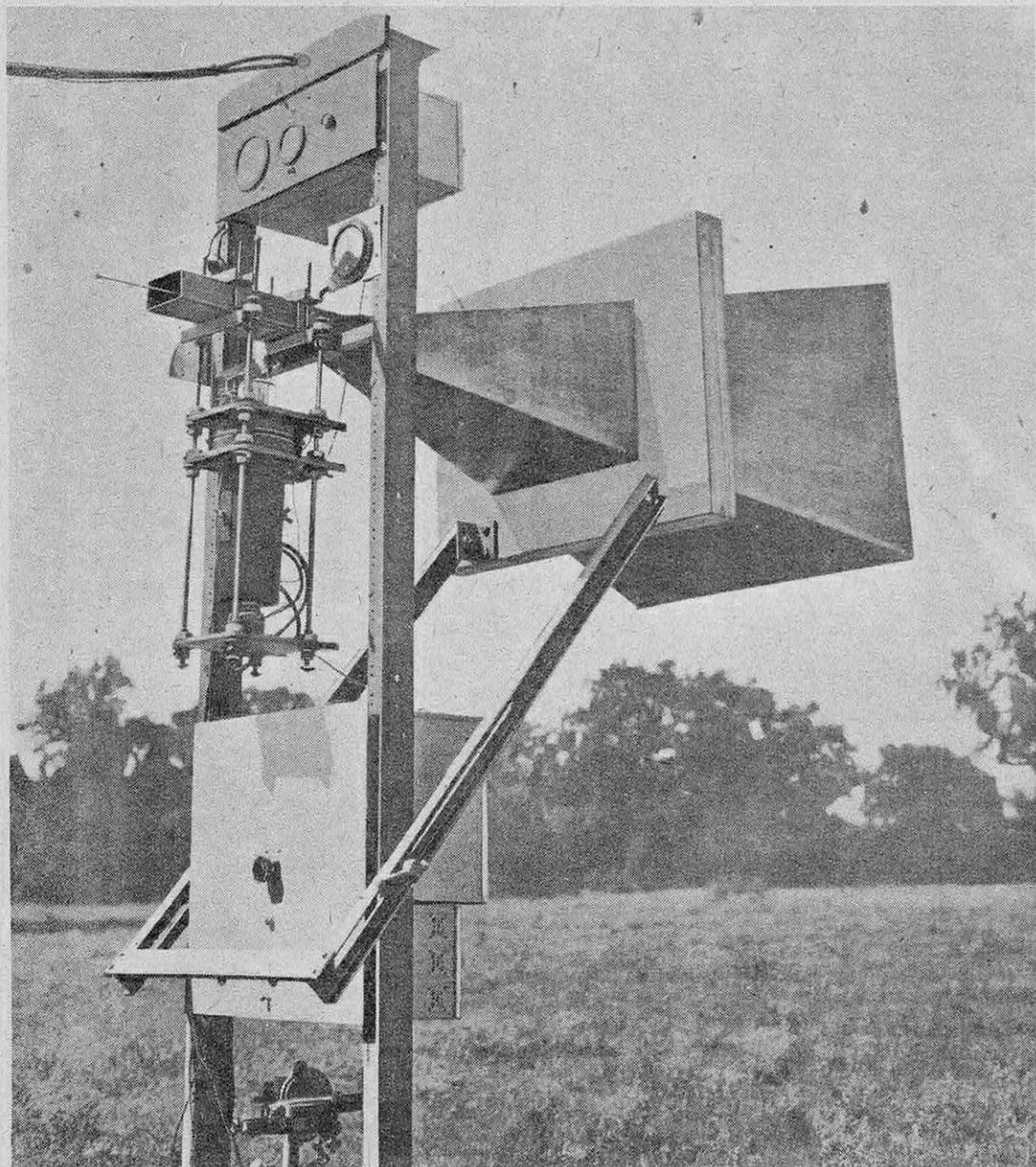


FIG. 3. — L'ÉMETTEUR EXPÉRIMENTAL AYANT PERMIS L'ÉTUDE DE LA PROPAGATION DES ONDES CENTIMÉTRIQUES (EXPÉRIENCES DE TOULON, 1941)

l'émission qu'à la réception, donnent naissance à une telle intermodulation qui se traduit par l'apparition d'un bruit parasite qui peut même, dans certaines conditions, devenir intelligible ; ce dernier cas, que l'on appelle plus spécialement *diaphonie*, est particulièrement gênant et nuit à la discrétion que l'abonné est en droit d'exiger pour sa conversation. On conçoit que, pour une transmission de haute qualité, cette perturbation doit rester à un niveau très inférieur au niveau du signal transmis et, pour citer un chiffre, on estime que, dans les circuits internationaux, le rapport signal/diaphonie doit être

supérieur à 55 « décibels » (soit un rapport de 250 000 en puissance) (1).

On atteint une telle qualité dans la technique des courants porteurs sur câble par la réalisation de répéteurs dont l'intermodulation propre est de de l'ordre de — 70 décibels (1/10 000 000 en puissance) grâce à l'emploi des procédés de

(1) Le *bel* (le *décibel* est le dixième du *bel*) est une unité de variation de puissance sonore ; le nombre de *bels* est le logarithme (de base 10) du rapport des puissances sonores considérées.

contre-réaction (1), ce qui permet la mise en série d'un certain nombre de ces répéteurs. Les exemples, d'ailleurs peu nombreux, de liaisons radio sur ondes métriques transmettant quelques voies et expérimentées avant 1939 avaient montré que le taux d'intermodulation de — 50 décibels (1/100 000 en puissance) est pratiquement déjà difficile à atteindre.

La modulation en fréquence

Examinons donc les procédés qui permettent de réaliser un câble hertzien de qualité comparable à celle des circuits à courants porteurs par câble. C'est, en premier lieu, le choix d'un type de modulation approprié. Le câble hertzien Paris-Montmorency fait usage de la *modulation en fréquence* (2) de l'onde émise. Un premier avantage en découle en ce qui concerne la protection contre les bruits parasites inévitables qui proviennent de l'agitation thermique des électrons dans les circuits et les lampes. Cet avantage

(1) Voir : « Les progrès de l'amplification en radio » (*Science et Vie*, n° 240, juin 1937).
 (2) Voir : « La radiodiffusion sans parasites grâce à la modulation en fréquence » (*Science et Vie*, n° 270, décembre 1939).

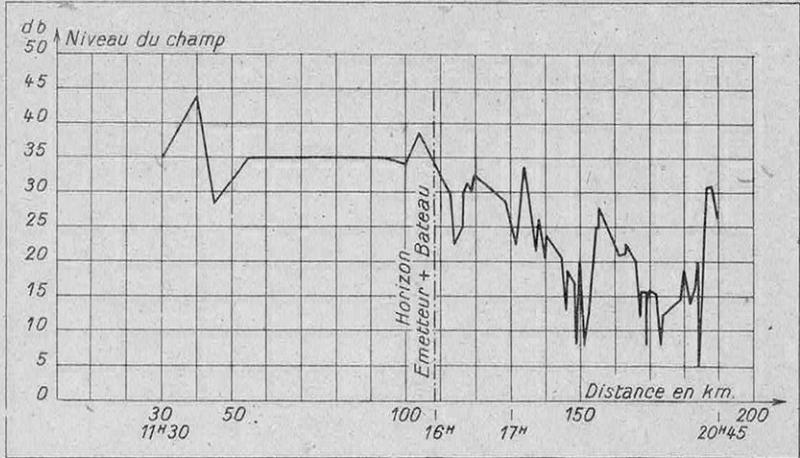


FIG. 4. — COURBE DE VARIATION DU CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE EN FONCTION DE LA DISTANCE DE L'ÉMETTEUR D'ONDES CENTIMÉTRIQUES. On notera les conditions anormales de propagation observées au delà de l'horizon.

n'apparaît toutefois que si la quantité dont varie la fréquence par la modulation, ou, comme on dit, l'« excursion de fréquence », est suffisamment grande par rapport à la fréquence modulante la plus élevée. C'est un important avantage des ondes centimétriques de permettre la réalisation d'excursions de fréquences suffisamment grandes.

De plus, les récepteurs à modulation de fréquence sont, dans une très large mesure, insensibles aux variations d'amplitude de l'onde reçue et, de ce fait, la transmission ne subit

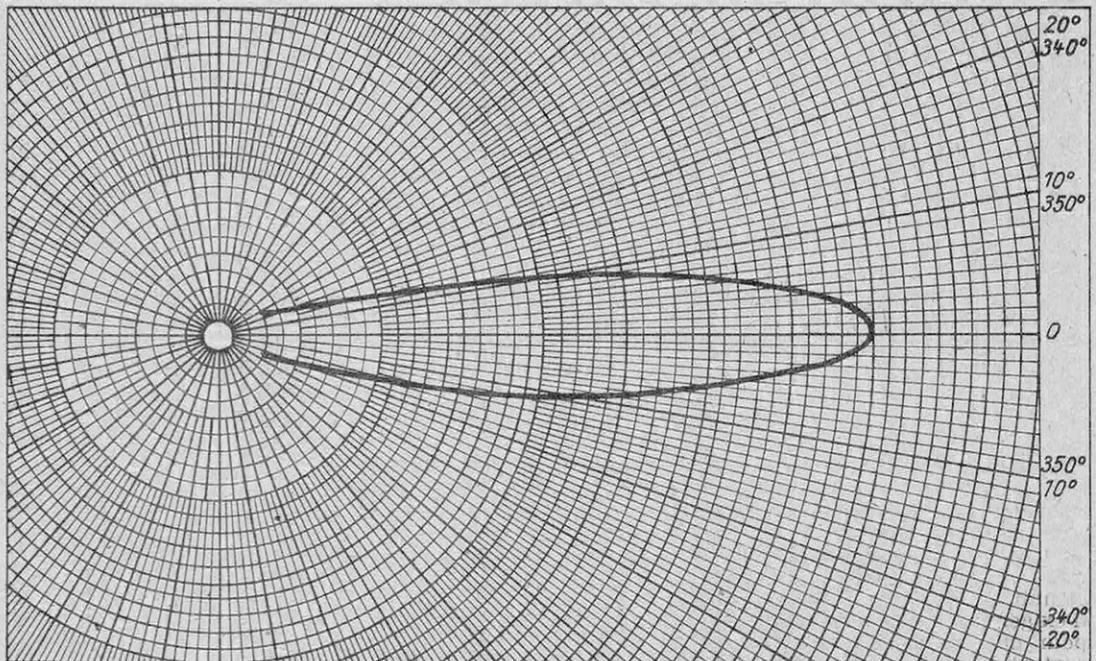


FIG. 5. — DIAGRAMME DE RAYONNEMENT D'UN CORNET ÉLECTROMAGNÉTIQUE MONTRANT LE POUVOIR CONCENTRÉTEUR DE CE TYPE D'AÉRIEN DIRECTIF.

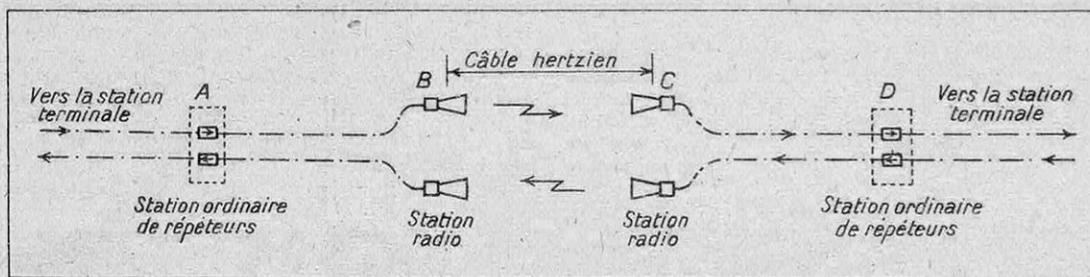


FIG. 6. — EXEMPLE D'INSERTION D'UN CÂBLE HERTZIEN DANS UN RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE A COURANTS PORTEURS
Entre A et B, C et D, le signal composite est transmis par un câble réel. Entre B et C, il est transmis par le câble hertzien.

pas de variations de niveau ou, comme disent les téléphonistes, l'« équivalent de transmission » reste constant.

Reste à obtenir un taux d'intermodulation suffisamment faible. Il a fallu, pour ce faire, recourir à un procédé dérivé du principe de la contre-réaction et transposé au cas particulier de la modulation de fréquence (1). Seule l'appli-

(1) Le procédé de contre-réaction, appliqué par exemple à l'amplification d'une tension alternative, consiste à faire agir sur les bornes d'entrée de l'appareil, outre cette tension, une partie de la tension alternative recueillie sur les bornes de sortie, mais en inversant les phases. L'amplification de la tension primitive est ainsi abaissée, mais les distorsions dues

à ces procédés de « compression de fréquence » tant à l'émission qu'à la réception a permis d'atteindre un taux de diaphonie suffisamment petit pour répondre aux exigences des normes internationales.

à l'amplificateur lui-même sont, sinon entièrement éliminées, du moins considérablement réduites, la contre-réaction introduisant dans l'appareil ces mêmes distorsions, mais de signe contraire.

Ce procédé, appliqué à un modulateur de fréquence, élimine également les distorsions dues au modulateur, tout en réduisant l'« excursion de fréquence », ou quantité dont varie la fréquence par la modulation, d'où le nom de « compression de fréquence ».

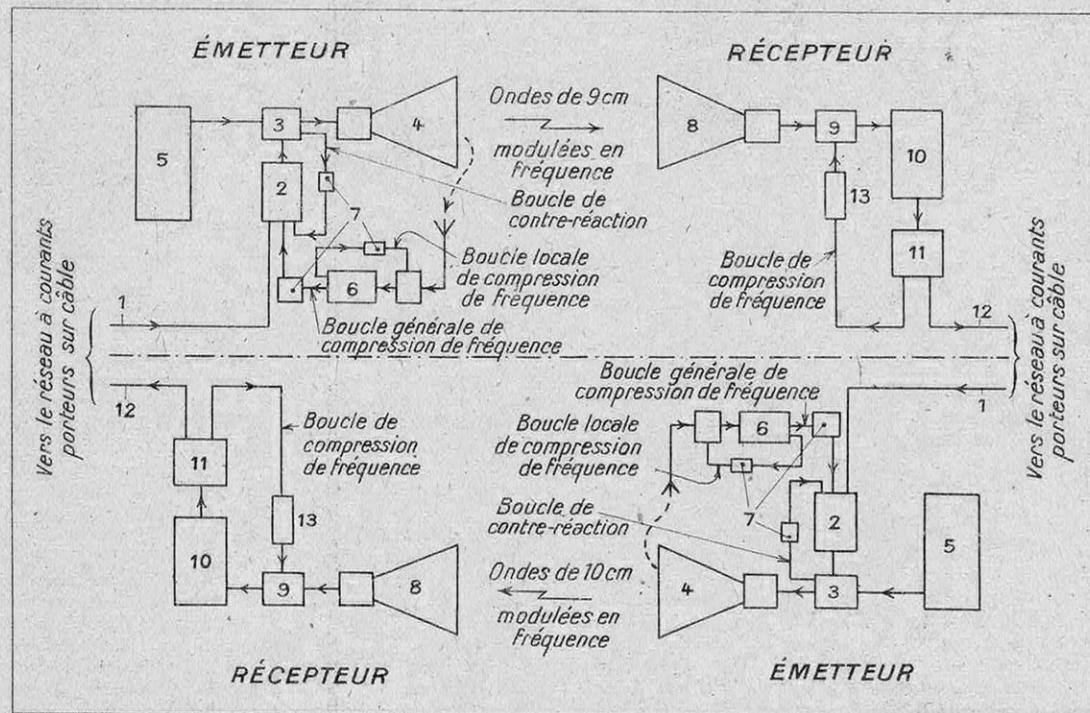


FIG. 7. — SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'ÉQUIPEMENT DE LA LIAISON PAR CÂBLE HERTZIEN PARIS-MONTMORENCY

Émetteur : 1, câble d'arrivée du signal; 2, préamplificateur de modulation; 3, étage de puissance de l'amplificateur de modulation; 4, pavillon électromagnétique d'émission; 5, source d'alimentation haute tension stabilisée; 6, récepteur auxiliaire pour la compression de fréquence; 7, correcteurs de phase assurant la stabilité des circuits de compression de fréquence. — Récepteur : 8, pavillon électromagnétique de réception; 9, changeur de fréquence; 10, amplificateur moyenne fréquence à large bande; 11, circuits démodulateurs; 12, câble de départ du signal; 13, correcteur de phase assurant la stabilité du circuit de compression de fréquence.

L'équipement émetteur

L'ensemble de l'équipement est schématisé sur la figure 7, dans laquelle on voit que la liaison comprend un appareillage distinct pour chaque sens de transmission : le premier chemin utilise une longueur d'onde de 10 cm, le chemin inverse une longueur d'onde de 9 cm, ce qui permet d'éviter toute interaction entre les deux

débouche une courte ligne de transmission reliée au tube oscillateur, tout l'ensemble étant placé dans un carter de protection.

Le générateur d'ondes centimétriques est un tube à modulation de vitesse (fig. 10) délivrant une puissance haute fréquence de l'ordre de 30 watts ; la modulation en fréquence de l'oscillation produite s'obtient en agissant sur la tension anodique du tube émetteur qui possède

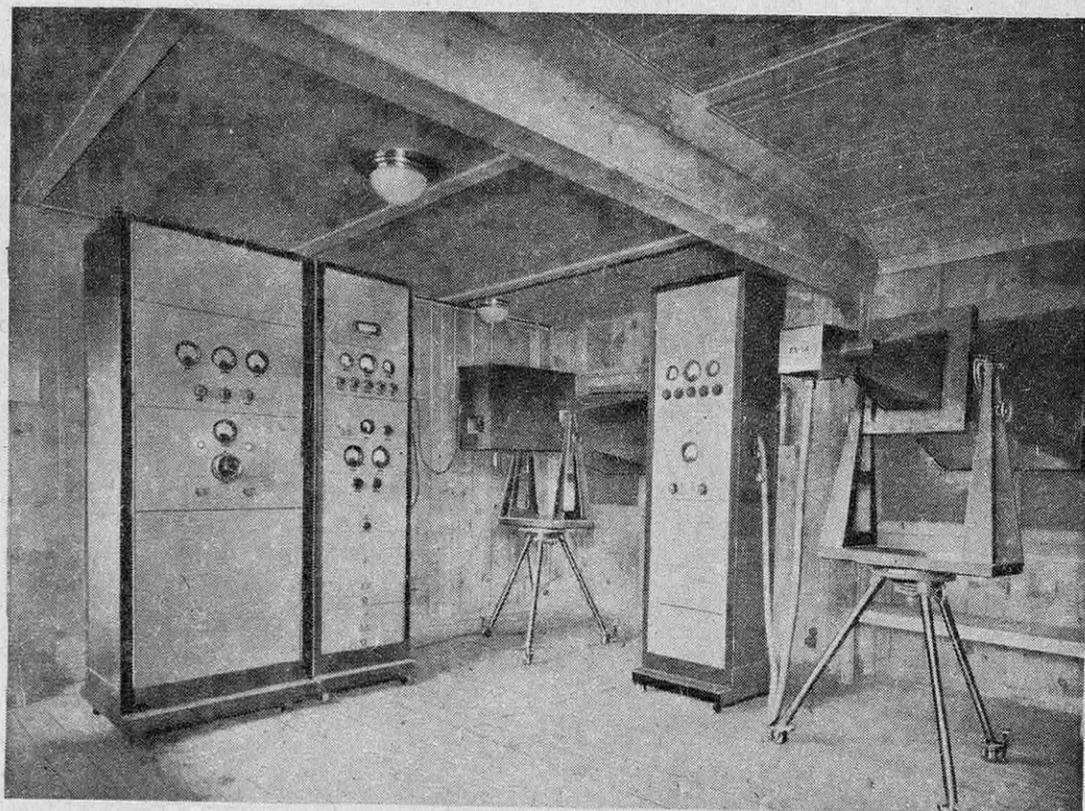


FIG. 8. — VUE D'ENSEMBLE DE LA STATION DE MONTMORENCY DU CABLE HERTZIEN

parties de l'équipement. Pour ajouter une sécurité supplémentaire à cette indépendance des deux sens de transmission, les polarisations des deux rayonnements sont différentes, la première étant dans le plan vertical, la seconde dans le plan horizontal.

En dehors de ces différences de longueurs d'onde, les schémas des deux sens de transmission sont très sensiblement identiques. La figure 9 montre l'équipement d'émission à 10 cm de longueur d'onde. On remarquera tout d'abord le cornet ou pavillon électromagnétique servant à la concentration du faisceau hertzien ; il est monté sur trépied orientable, muni de secteurs gradués, pour permettre le pointage précis en site et en azimut.

Du côté de son sommet, ce pavillon pyramidal est terminé par un tronçon de guide d'ondes (1) à section rectangulaire, dans lequel

(1) Tube métallique où les ondes d'une fréquence supérieure à une certaine fréquence (dite « de coupure ») sont canalisées et transmises avec de moindres pertes que par les lignes conductrices ordinaires.

une caractéristique « fréquence-tension » très sensiblement linéaire (1) sur une plage d'oscillation de l'ordre du million de cycles. La fréquence de l'onde émise étant ainsi fonction des tensions appliquées au tube, il est nécessaire, pour obtenir une stabilité suffisante de la transmission, que les sources d'alimentation soient elles-mêmes très stables. C'est ce qui explique que la source haute tension occupée à elle seule une des baies-armoires de l'équipement. La haute tension de 5 000 volts, nécessaire au fonctionnement de l'émetteur, est stabilisée par un procédé de contre-réaction dans lequel l'élément de référence est une pile étalon ne débitant aucun courant. Ce procédé permet d'obtenir pour l'émetteur une stabilité de la fréquence porteuse de l'ordre de 1/100 000.

La deuxième baie-armoire de l'équipement d'émission contient l'amplificateur de modulation et les organes nécessaires à la « compres-

(1) C'est-à-dire qu'il y a proportionnalité entre les variations de tension et les variations de fréquence.

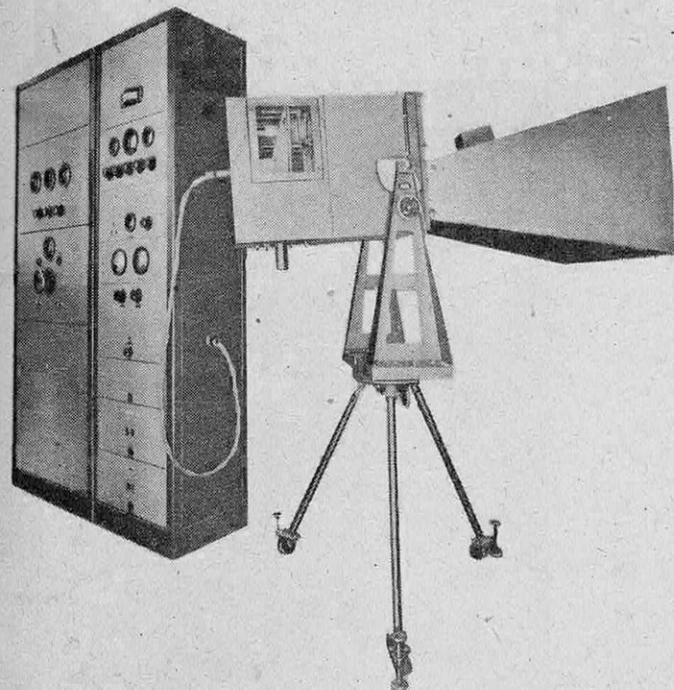


FIG. 9. — L'ÉQUIPEMENT D'ÉMISSION SUR 10 CM DE LONGUEUR D'ONDE DU CÂBLE HERTZIEN PARIS-MONTMORENCY

sion de fréquence » d'émission, schématisés sur la figure 7.

L'amplificateur de modulation, comprenant un étage de puissance et un préamplificateur, est muni d'une boucle de contre-réaction locale, qui assure un taux de distorsion très faible. Il est alimenté directement par le signal venant du câble à courants porteurs, au même titre que le serait le répéteur d'une station ordinaire.

La distorsion qui peut prendre naissance pendant l'opération de modulation en fréquence du tube émetteur est, à son tour, corrigée par une boucle générale de « compression de fréquence ». Pour réaliser une telle opération, il faut capter à la sortie de l'émetteur une faible fraction de l'énergie rayonnée et l'envoyer dans un récepteur local à changement de fréquence ; après démodulation, le signal obtenu est réinjecté à l'entrée de l'amplificateur de modulation en lui donnant une phase telle qu'il soit en opposition avec le signal de modulation proprement dit. De cette façon, pour une tension donnée du signal d'entrée, la déviation de fréquence de l'émetteur est réduite d'un facteur qui constitue le taux de « compression de fréquence ». On démontre qu'il en résulte une diminution correspondante de la distorsion subie dans l'émetteur, pourvu que l'équipement auxiliaire interposé n'introduise pas lui-même de déformation appréciable. Il faut donc que la qualité de cette « chaîne de retour » soit supérieure à la qualité que l'on désire obtenir pour l'ensemble. On obtient à nouveau ce résultat par l'emploi d'une compression de fréquence locale qui englobe tous les circuits du récepteur auxiliaire. En dernier ressort, la qualité de cette chaîne

de retour repose sur la linéarité de la caractéristique de modulation fréquence-tension du tube jouant le rôle d'oscillateur local dans le récepteur auxiliaire. C'est pourquoi on a utilisé à cet effet un tube à grille positive qui présente le grand avantage d'avoir une caractéristique de fréquence linéaire sur une étendue de plusieurs dizaines de mégacycles, et qu'on ne fait travailler que sur une faible étendue de cette caractéristique.

Enfin, pour faire jouer au maximum au tube à grille positive son rôle de « référence de linéarité », on l'a incorporé dans un système de changeur de fréquence équilibré qui évite le rayonnement de l'oscillateur local dans l'aérien et supprime de ce fait l'effet des échos venus des réflexions extérieures et susceptibles d'intro-

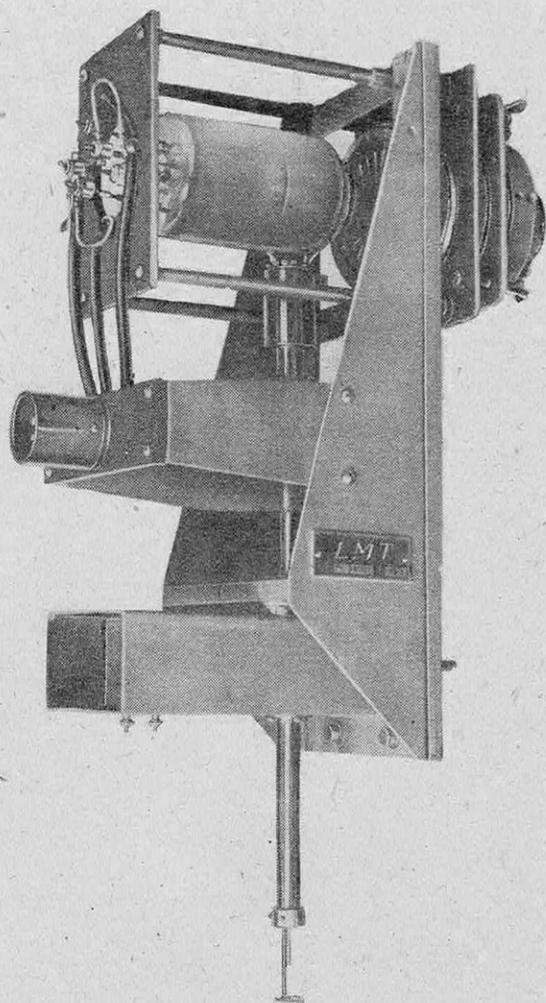


FIG. 10. — LE TUBE A MODULATION DE VITESSE DES ÉLECTRONS, SERVANT DE GÉNÉRATEUR D'ONDES CENTIMÉTRIQUES DANS L'ÉMETTEUR DU CÂBLE HERTZIEN
On remarquera, à la partie inférieure, le tronçon de guide d'ondes qui canalise les vibrations électromagnétiques vers le cornet rayonnant.

duire une distorsion non linéaire supplémentaire pouvant, dans certaines conditions d'installation, devenir inacceptable.

Il est curieux de remarquer que c'est à l'emploi du tube à grille positive, celui même qui permit les expériences fondamentales de Calais-Douvres, que le câble Paris-Montmorency doit de présenter une qualité qui lui permet de soutenir avantageusement la comparaison avec les meilleurs circuits téléphoniques du type ordinaire.

Une difficulté particulière, qui a été résolue lors de la mise au point de l'équipement, est l'obtention de boucles de contre-réaction, ou de compression de fréquence présentant une stabilité suffisante, difficulté accrue en raison du nombre important d'étages successifs mis en jeu dans ces boucles. On a pu obtenir une protection suffisante contre l'amorçage d'oscillations par la réalisation de correcteurs de gain et de phase permettant de modeler suivant une caractéristique optimum la courbe du gain autour de la boucle jusqu'à une fréquence bien supérieure à la fréquence maximum du signal transmis.

L'équipement récepteur.

L'équipement de réception met également en œuvre, avec des conséquences tout aussi favorables, le principe de la compression de fréquence. La figure 11 montre la réalisation de l'équipement de réception à 9 cm de longueur d'onde.

On y retrouve un pavillon électromagnétique semblable à celui qui est utilisé à l'émission. Les ondes captées sont concentrées au sommet du pavillon et envoyées par un câble au récepteur proprement dit situé dans la baie-armoire. Le changeur de fréquence utilise comme oscillateur local un tube à grille positive tandis que le mélangeur est constitué par un tube diode de construction spéciale, à distance filament-plaque de l'ordre de 1/10 de millimètre pour éviter l'effet nuisible des temps de transit des électrons entre les électrodes. A la sortie du changeur de fréquence, le signal moyenne fréquence obtenu est envoyé à un amplificateur à large bande, puis démodulé dans l'organe « discriminateur » propre à la modulation de fréquence. Pour corriger la distorsion que pourrait introduire cette démodulation, on fait de nouveau appel à la compression de fréquence, en renvoyant le signal de sortie à l'anode du tube à grille positive dont l'oscillation se trouve ainsi modulée en fréquence, mais avec une phase telle que la variation de la moyenne fréquence se trouve réduite dans la proportion du taux de « compression de fréquence ». Ce dispositif permet en outre à l'oscillateur local du récepteur de « s'accrocher » sur l'onde à recevoir, et d'en suivre les variations éventuelles de fréquence moyenne. Après démodulation, le signal est restitué à un niveau normal au câble à courants porteurs qui l'achemine vers la station terminale.

La figure 8 montre une vue d'ensemble de l'extrémité Montmorency.

On reconnaît aisément sur la photographie l'équipement d'émission sur 10 cm de longueur d'onde, au fond et à gauche, et l'équipement de réception sur 9 cm de longueur d'onde, à droite, dont les figures 9 et 11 donnent le détail.

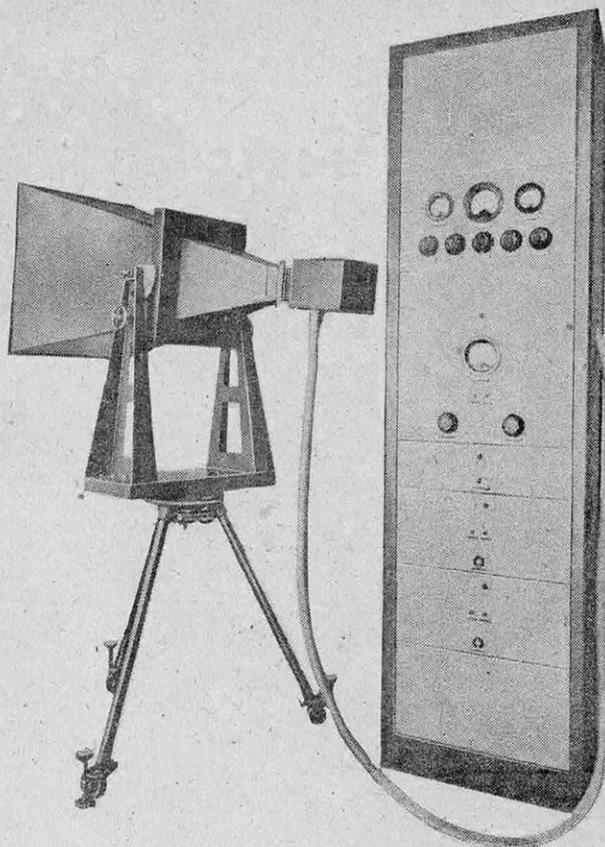


FIG. 11. — L'ÉQUIPEMENT DE RÉCEPTION SUR 9 CM DE LONGUEUR D'ONDE, DU CÂBLE HERTZIEN PARIS-MONTMORENCY

L'avenir des câbles hertziens

Il est bien certain que l'installation inaugurée à Montmorency ne constitue qu'un premier prototype des équipements de câbles hertziens que l'on installera dans un proche avenir. D'autres solutions sont possibles : on peut, par exemple, faire appel à un type de modulation différent ; on sait que, dans cet ordre d'idées, la modulation par impulsions, qui fait appel à une technique encore plus proche du radar, présente des caractéristiques attrayantes. Dans un tel système, on utilise une série d'impulsions brèves qui se répètent périodiquement, et chaque impulsion de la série est déplacée dans le temps proportionnellement à la valeur du signal présent dans l'une des voies téléphoniques à transmettre. Il n'en reste pas moins que l'installation Paris-Montmorency est la première qui ait résolu le problème de l'insertion d'un tronçon hertzien dans un câble téléphonique interurbain sans que les équipements terminaux téléphoniques eux-mêmes aient à être changés, et sans que de tels équipements aient à être insérés supplémentaires au point de jonction entre le câble matériel et le départ ou l'arrivée du faisceau hertzien.

Quelle que soit l'évolution de la technique ultérieure, l'installation Paris-Montmorency constitue un point de départ et inaugure une technique dont l'avenir est à coup sûr des plus prometteurs. De nombreux problèmes restent bien entendu à résoudre : il faudra constituer des relais qui permettent, sans altérer la qualité totale du circuit, d'employer plusieurs tronçons hertziens successifs. Il faudra aussi augmenter notablement le nombre des communica-

tions simultanées possibles. Tous ces problèmes sont dès maintenant étudiés dans les laboratoires, et il ne fait aucun doute que des solutions sont en vue ; on peut même dire qu'elles s'accompagneront d'une simplification notable de l'équipement actuel.

On peut donc, dès maintenant, prévoir que les câbles hertziens trouveront une utilisation importante dans les réseaux téléphoniques, en particulier dans tous les cas où des sections de câbles doivent être installées au-dessus de bras de mer, de fleuve large, de région montagneuse ou d'accès difficile. On verra donc sans doute bientôt s'ériger un grand nombre de pylônes pour supporter les pavillons émetteurs et récepteurs des stations-relais. On pourrait concevoir soit des tours de grande hauteur où seraient concentrés, en dehors des équipements téléphoniques proprement dits, des services faisant également appel aux ondes centimétriques et servant, par exemple, d'aide à la navigation aérienne, soit des câbles hertziens faisant usage des ondes les plus courtes permises par les lois de la propagation, ce qui aboutirait à des pylônes de faible hauteur et à des infrastructures qui rappelleraient celle des lignes de transmission d'énergie à haute tension. C'est vraisemblablement, de toute manière, à l'aide des câbles hertziens que se fera la transmission, entre les grands centres, des signaux de télévision qui permettront bientôt de suivre à domicile sur les écrans des récepteurs le déroulement de tous les événements importants au moment même où ils se produisent.

L'équipement du câble Paris-Montmorency

est le résultat d'une longue suite de recherches et d'une efficace coopération entre les services techniques de l'Administration et les départements de recherches de l'industrie privée. Ces travaux sont d'autant plus remarquables qu'ils ont été effectués dans une période difficile, alors que la France était occupée par l'ennemi. Commencés dès 1941, ils reçurent l'appui le plus actif du Comité de Coordination des Télécommunications impériales, présidé par l'amiral Bourragué, et l'enthousiaste coopération du colonel Labat, dont la brillante carrière devait malheureusement se terminer dans un camp de déportation.

L'Administration des P. T. T. continua sans hésiter l'œuvre entreprise, dont M. Lange, directeur de l'exploitation téléphonique, assumait la responsabilité, et dont M. Marzin, inspecteur général adjoint des P. T. T., assura, à la Direction des Recherches et du Contrôle techniques, puis au Centre national d'Études des Télécommunications, la haute direction.

Tout un groupe d'ingénieurs et de techniciens participa, au Laboratoire central de Télécommunications, à la conception et à l'élaboration des équipements du câble hertzien Paris-Montmorency. Les auteurs de cet article tiennent, à cet égard, à remercier tous leurs collègues et à mentionner en particulier l'importante contribution de M. Altofsky. Ils espèrent que cette réalisation de la technique française contribuera à maintenir le rang de notre pays dans un domaine technique où la France a constamment fait figure de précurseur.

A.-G. CLAVIER et G. PHELIZON.

Réveillés par le bruit de l'explosion d'Hiroshima et émus par l'ampleur des répercussions que peut avoir une recherche de laboratoire, les différents pays se sont enfin rendu compte de l'importance que peut prendre dans leur vie politique et économique la recherche scientifique, dont le physicien Bernal disait qu'elle devrait, dans le monde atomique de demain, occuper directement ou indirectement 10 à 20 % de la population, alors que, dans le monde d'hier, moins de trois personnes sur mille s'occupaient de recherche. En Angleterre, la question est à l'ordre du jour et de grands quotidiens consacrent depuis six mois, dans chacun de leurs numéros, un article au problème de l'organisation de la recherche et de l'éducation appropriée qu'il faut donner à la jeunesse pour éveiller les vocations. Dans une récente enquête faite à Newcastle-on-Tyne, M. Rollison, reprenant la question par le début, a cherché à préciser si les questions scientifiques intéressaient réellement les enfants. Son enquête, qui n'a porté que sur des enfants dont l'âge est compris entre onze et treize ans, a révélé, indépendamment du fait que, dans cette période, les curiosités de la jeunesse restaient sensiblement constantes, deux faits essentiels. Les garçons s'intéressent beaucoup plus que les filles aux questions scientifiques : 78 p. 100 des questions posées par les garçons ressortissent aux connaissances scientifiques, contre 41 p. 100 seulement pour les filles. Ce sont les enfants des grandes villes qui s'intéressent aux sciences ; les enfants des petites villes ou des campagnes manifestent pour celles-ci une curiosité beaucoup moins vive. Il semble évident que le fait d'avoir sous les yeux des applications sur une grande échelle des découvertes scientifiques, depuis le cinéma jusqu'aux stations centrales, oriente la curiosité naturelle de l'enfant pour le monde dans lequel il vit, vers l'univers construit de la main des hommes. Il ne reste donc qu'à entretenir cette curiosité pour la transformer en vocation à l'adolescence et préparer ainsi la société qui doit édifier le monde de demain.



FIG. 1. — NUAGES LUMINEUX NOCTURNES (PHOTOGRAPHIE OBTENUE PAR LE PROFESSEUR C. STÖRMER, PENDANT LA NUIT DU 27 AU 28 JUILLET 1909 A DROEBAK, A 30 KILOMÈTRES AU SUD D'OSLO)

QUE SAVONS-NOUS DES TRÈS HAUTES COUCHES DE L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE ?

par J. GAUZIT

Astronome de l'Observatoire de Lyon

Les progrès récents de la propulsion par fusée permettront sans doute bientôt l'exploration des régions supérieures de notre atmosphère, qui s'étend jusqu'à 1 000 km de la surface de la Terre, bien au delà des altitudes atteintes par les ballons-sondes. Déjà les ondes hertziennes fournissent une méthode indirecte — que nous ne soupçonnions pas il y a quelques années — pour l'étude de la haute atmosphère, dont les propriétés apparaissent extraordinaires. L'oxygène et l'azote, qui s'y trouvent sous une pression qui est celle du vide de nos laboratoires, sont constitués là non pas de molécules comme les gaz dans les conditions habituelles, mais d'atomes. Le rayonnement solaire non filtré, lumineux et corpusculaire, électrise certaines de ces couches (ionosphère) sur lesquelles les ondes radioélectriques de longueur appropriée viennent se réfléchir pour nos liaisons à grande distance. L'ionosphère s'illumine sous le bombardement des électrons venus du Soleil (aurores boréales) ; elle a ses marées, ses nuages, ses ouragans, et la connaissance des phénomènes qui s'y produisent aidera sans doute à comprendre les relations qui unissent la météorologie de notre planète et l'activité du Soleil.

De la stratosphère à l'ionosphère

CONSTATATION remarquable, nos progrès dans la connaissance de la haute atmosphère ont été extrêmement lents. Jusqu'au début de ce siècle, on n'avait de résultats précis que sur les dix premiers kilomètres, dans lesquels se déroulent la plupart des phénomènes

météorologiques que nous observons, ceux de la pluie ou du beau temps. Par l'envoi de ballons-sondes (fig. 1), le météorologiste français Teisserenc de Bort, fondateur de l'observatoire aérologique de Trappes, a montré, vers 1900, que, contrairement à l'opinion ancienne unanime, la température ne décroît pas régulièrement quand on monte : après une diminution

de 6° environ par kilomètre à partir du sol, la température se stabilise entre — 50° C ou — 60° C vers une altitude de 12 km. On a donné à la région de l'atmosphère où la température varie peu le nom de stratosphère, par lequel on a voulu exprimer l'idée que les mouvements verticaux de masses d'air y sont impossibles et que, par suite, cette région de l'atmosphère a une structure de couches.

Mais comment savoir jusqu'où s'étend la région isotherme ? Les ballons-sondes n'ont jamais dépassé l'altitude de 36 km et l'on a annoncé seulement en avril dernier qu'une fusée pour l'exploration de la haute atmosphère avait atteint 67 km (1). Au delà, tout ce que nous savons, nous sommes obligés de le déduire

(1) L'engin pesait 453 kg, mesurait 4,80 m de long et 0,75 m de large.



FIG. 2. — LE DÉPART D'UN BALLON-SONDE

Un ballon-sonde est un ballon de caoutchouc, dont la nacelle suspendue par un long fil contient des appareils enregistreurs (baromètres, thermomètres, etc.). Pendant l'ascension, le volume du ballon augmente, puisque la pression extérieure décroît. Il arrive un moment où le ballon éclate. Mais la chute de la nacelle est ralentie par un parachute que l'on voit ici au-dessous du ballon. (Archives photographiques de l'O. N. M.)

par des méthodes indirectes. Par exemple, tout le monde est aujourd'hui d'accord pour admettre que la température *croît* avec l'altitude à partir de 40 kilomètres environ et passe par un maximum — qui atteint peut-être, 200° C — vers 60 km. En effet, c'est à cette conclusion que conduisent un ensemble d'observations très différentes les unes des autres, comme l'étude des apparitions et des disparitions des météores, les sondages acoustiques de l'atmosphère, la photométrie du ciel crépusculaire. Nous n'avons que fort peu de renseignements sur ce qui se passe vers 60 et 80 km. (Nous aurons l'occasion d'en parler plus loin.) Par contre vers 90 ou 100 km, nous arrivons dans une zone où se produisent des phénomènes remarquables, les uns splendides à contempler, comme les aurores boréales, les autres importants dans notre vie quotidienne, comme la réflexion des ondes hertziennes. C'est précisément l'étude de la propagation de ces ondes qui a récemment conduit les physiciens à admettre une nouvelle division de la haute atmosphère : l'ionosphère (fig. 3). Ce mot a été choisi pour exprimer le fait que l'on trouve dans les hautes couches atmosphériques un grand nombre de particules électrisées, ions ou électrons ; mais, en fait, il n'a pas gardé le sens précis que lui ont donné primitivement les radioélectriciens ; et l'on a pris l'habitude, dans le langage courant, d'appeler ionosphère toute la région de l'atmosphère située au-dessus de 100 km.

Nous allons expliquer quelles sont les méthodes, électriques ou autres, qui permettent d'étudier l'ionosphère. Nous verrons que, pour comprendre quelles sont les conditions physiques qui y règnent, il faut combiner, comparer les renseignements fournis par diverses sources. On ne peut arriver au but que par une observation minutieuse et une analyse profonde de tous les phénomènes touchant l'ionosphère.

Masse et volume de l'ionosphère

Tout d'abord, posons-nous une question : quelle est l'importance relative de l'ionosphère dans l'ensemble de notre atmosphère ? Si l'on représente cette importance par un rapport, on arrive à un résultat imprévu : en masse, le rapport est un nombre très petit, presque négligeable ; en volume, le rapport est supérieur à l'unité. En effet, la pression à l'altitude de 100 km est d'environ un millième de millimètre de mercure ; cela signifie qu'en masse l'ionosphère forme à peine la *millionième* de l'atmosphère. Si nous éprouvons une surprise, c'est bien celle de constater qu'une aussi faible fraction puisse remplir un rôle important. Ce rôle exceptionnel, l'ionosphère le joue pour une raison très simple : c'est elle qui reçoit le rayonnement solaire non encore filtré, notamment les radiations de l'ultraviolet lointain, très facilement absorbables, et aussi les corpuscules matériels projetés par le Soleil. C'est parce qu'elle est bombardée par ces corpuscules, parce qu'elle absorbe ces radiations que la très haute atmosphère a des propriétés singulières.

Le volume de l'ionosphère, lui, est énorme, puisque l'on peut considérer qu'elle s'étend au moins jusqu'à 1 000 km. La diminution relative de la pression y est bien moins rapide que dans la basse atmosphère ; en effet, d'après la loi de Laplace, cette diminution relative pour une hauteur croissante devrait être sensiblement constante dans toute l'atmosphère, si les

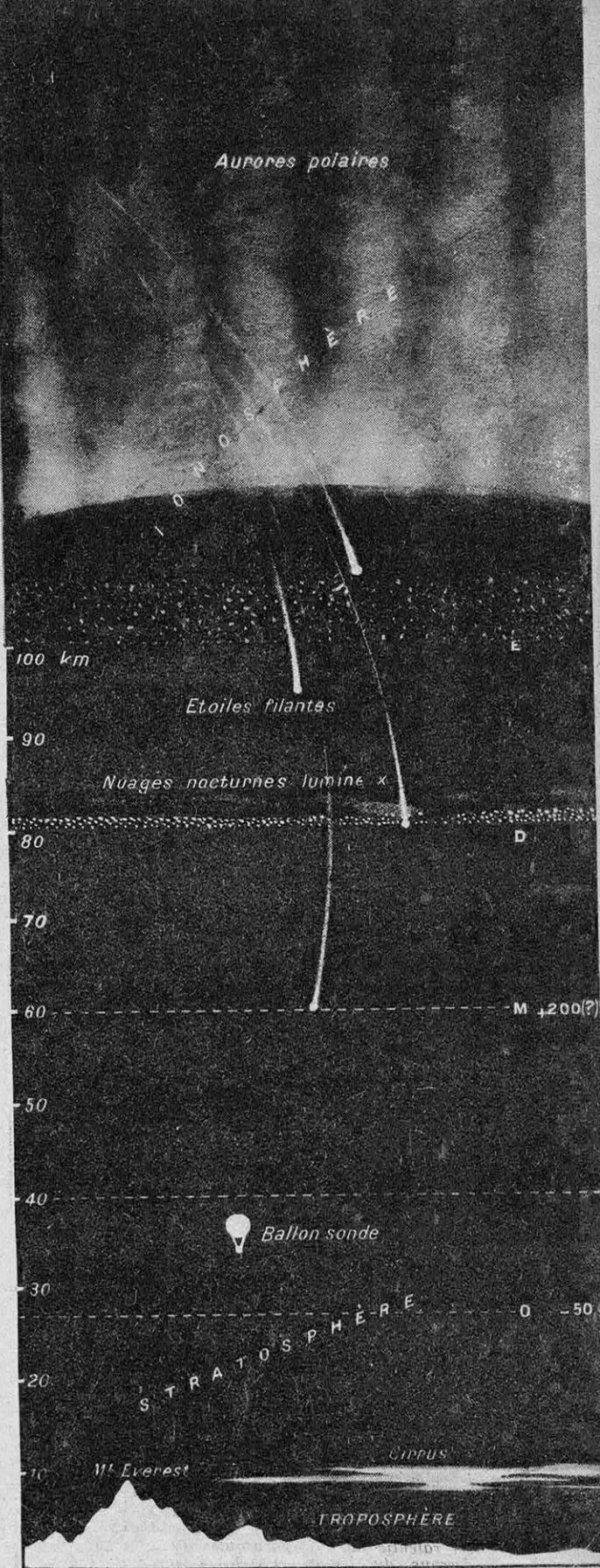
conditions à haute altitude ne différeraient pas beaucoup de celles que l'on trouve au voisinage du sol. Mais alors on devrait rencontrer à peine un millier de particules par centimètre cube à l'altitude de 300 km ; ce qui est faux, car les mesures radioélectriques nous montrent que le nombre d'électrons par centimètre cube est bien plus grand. Exprimons le même fait d'une autre manière, parce qu'elle est saisissante : tandis que la pression décroît dans le rapport de 1 million à 1 entre le sol et 100 km, elle ne diminue que dans la proportion de 200 à 1 environ entre 100 et 250 km. Ainsi notre atmosphère a une extension extraordinaire vers les grandes hauteurs. Reste à savoir sous quelle influence.

Les mesures ionosphériques

Il faut admettre la présence de couches conductrices réfléchissantes dans la haute atmosphère pour expliquer la propagation aux grandes distances des ondes radioélectriques. En effet, ces ondes sont de même nature que la lumière et, dans un milieu homogène, elles se propagent en ligne droite ; leur portée, même en tenant compte des phénomènes de diffraction, serait faible si elles ne subissaient pas dans l'ionosphère des réflexions qui leur font épouser la courbure de la Terre (fig. 4). Ces réflexions se produisent d'une manière analogue à celle qui intervient pour la lumière dans les mirages : l'indice de réfraction pour un rayon hertzien dépend du nombre de particules électrisées présentes par unité de volume ; il diminue quand cette densité croît ; si un rayon ascendant rencontre une région où la densité électronique croît rapidement, une « couche électronique », comme on dit, il s'écarte progressivement de la normale et peut être renvoyé vers le sol. En fait, l'indice de réfraction pour les ondes électromagnétiques dépend non seulement du nombre de particules électrisées présentes par unité de volume, mais aussi de leur charge et de leur masse, et enfin de la fréquence des ondes. En particulier, lorsque la fréquence des ondes est suffisamment grande, la réflexion se produit même pour un rayon normal aux couches électrisées. Certaines observations ont montré que les particules qui interviennent sont des électrons. En réalisant des mesures avec des ondes de fréquence connue, on a donc un moyen pour évaluer la densité de ces électrons. C'est ce que l'on fait depuis bientôt une vingtaine d'années. Diverses méthodes sont employées : celle qui est la plus courante, la méthode du sondage vertical, consiste à émettre des signaux très brefs, que l'on reçoit à un poste récepteur voisin de l'émetteur et muni d'un enregistreur sans inertie, un oscillographe cathodique ; à chaque signal émis correspond une double réception (fig. 5), l'une directe, l'autre par réflexion dans l'ionosphère. L'intervalle entre les deux signaux

FIG. 3. — COUPE SCHEMATIQUE DE L'ATMOSPHERE TERRESTRE

On a représenté sur l'échelle de gauche les altitudes en kilomètres et sur l'échelle de droite les températures. Dans l'ordre des altitudes croissantes, on rencontre : en O, la zone où la concentration en ozone est maximum ; en M, une région où la température atteint un maximum ; en D et E, les régions des couches ionosphériques D, E. La couche ionisée F se situe vers 250 kilomètres, c'est-à-dire au delà des altitudes représentées par la figure.



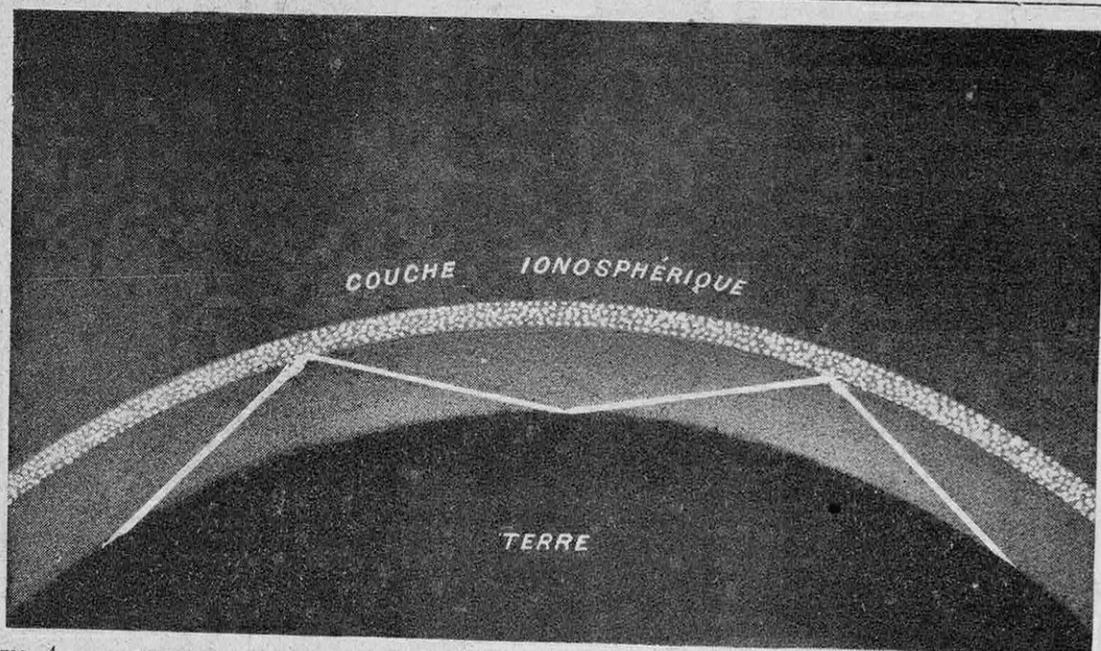


FIG. 4. — LA PROPAGATION DES ONDES RADIOÉLECTRIQUES A GRANDE DISTANCE PAR RÉFLEXION SUR UNE COUCHE IONOSPHERIQUE

Les ondes radioélectriques se propagent, comme la lumière, en ligne droite. Elles peuvent cependant contourner par diffraction des obstacles pas trop importants, comme des montagnes. Comme cette diffraction est plus facile si la longueur d'onde est grande, les premiers postes émetteurs à grande puissance qui ont été réalisés ont été des postes à ondes longues. En réalité, la propagation à grande distance est possible parce que les ondes peuvent se réfléchir sur des couches électrisées situées dans la haute atmosphère. Par exemple, les transmissions entre la France et les États-Unis d'Amérique (par ondes courtes) font intervenir deux réflexions sur l'ionosphère et une sur le sol, comme le représente la figure. On emploie maintenant les ondes courtes, qui se réfléchissent le mieux sur l'ionosphère. Pour les ondes longues et moyennes, la réflexion ne se produit que lorsque l'angle d'incidence sur les couches électrostatiques est supérieur à une valeur limite (de même qu'en optique la réflexion totale n'a lieu que pour des angles supérieurs à l'« angle limite »); ceci explique l'existence des zones de silence autour des postes émetteurs.

reçus donne l'altitude de la couche réfléchissante; d'après la fréquence de l'émetteur à partir de laquelle se produit la réflexion, on calcule la densité des électrons à cette altitude. On constate que, lorsqu'on fait varier la fréquence, l'altitude de réflexion change; on peut ainsi déterminer, de proche en proche, comment la densité varie avec l'altitude.

On mesure aussi l'affaiblissement subi par les ondes réfléchies. Or, l'énergie communiquée par les ondes aux électrons est dissipée par les chocs des électrons contre les autres particules présentes; l'affaiblissement est donc proportionnel à la fréquence de ces chocs, qu'on évalue ainsi. Cette fréquence est une quantité qu'il est intéressant de connaître, car elle nous renseigne indirectement sur la pression ou la température.

Quels sont les résultats essentiels de ces études?

Les couches E, F et D

Prenons d'abord le cas de la nuit ou d'une journée d'hiver dans nos régions. L'ionosphère comprend alors deux couches: la couche E à 100 km, la couche F vers 250 km (fig. 6). La couche E réfléchit les ondes relativement longues; la couche F, les ondes courtes. L'expression « couche » est commode; en réalité, elle s'applique bien à la région E, qui est mince, et mal à la région F, qui est très large.

Si, maintenant, nous considérons des régions fortement éclairées par le Soleil, l'ionosphère y est, en général, plus compliquée (fig. 7): la

couche F se dédouble en une couche F₁ vers 220 km et une couche F₂ vers 300 km; la séparation entre ces deux couches est maximum pour la région du globe qui a le Soleil au zénith; elle disparaît vers les points où la distance zénithale du Soleil dépasse 45°.

Quant aux intensités de l'ionisation des couches E et F, elles subissent des variations, qui sont les unes régulières, les autres accidentelles, à peu près comme cela arrive pour la plupart des éléments météorologiques. Il semble même exister des relations très surprenantes entre l'ionosphère et les événements de la basse atmosphère. Ainsi Martyn et Pulley ont constaté, en Australie, un parallélisme étroit dans les variations de l'intensité d'ionisation pour la couche E et de la pression atmosphérique au sol (fig. 8).

Tandis que les couches ionisées E et F favorisent la propagation des ondes, on trouve plus bas une couche, dite couche D, qui contrarie cette propagation. Celle-ci existe seulement pendant le jour et possède une ionisation généralement faible; comme les chocs y sont fréquents, elle est très absorbante et elle arrête pratiquement pendant le jour les ondes moyennes.

Évanouissements brusques, nuages lumineux nocturnes

Parfois, la couche D arrête aussi les ondes courtes; et, comme cet arrêt est soudain, les radioélectriciens l'appellent un « évanouisse-

ment brusque » des ondes courtes. Quand le phénomène est bien net, il y a panne subite de tous les récepteurs pour toutes les ondes courtes et moyennes, dans la majeure partie de l'hémisphère éclairée par le Soleil (1). Les « évanouissements brusques » durent un quart d'heure environ et, lorsqu'ils prennent fin, on peut constater que les couches E et F n'ont guère subi de modification, ce qui prouve que la région au-dessous de 100 km a été tout à coup ionisée si fortement qu'elle absorbait les ondes sans les réfléchir. Or les études faites au Laboratoire National de Radioélectricité, en collaboration avec l'observatoire de Meudon, ont montré que les évanouissements brusques coïncident, dans la majorité des cas, avec des éruptions de la chromosphère solaire ; comme les débuts concordent à quelques minutes près, l'augmentation de l'ionisation n'est pas due à l'arrivée dans notre atmosphère d'électrons partis du Soleil, qui mettraient plus longtemps pour

(1) Plusieurs évanouissements brusques ont été observés récemment, entre le 30 janvier et le 14 février 1946.

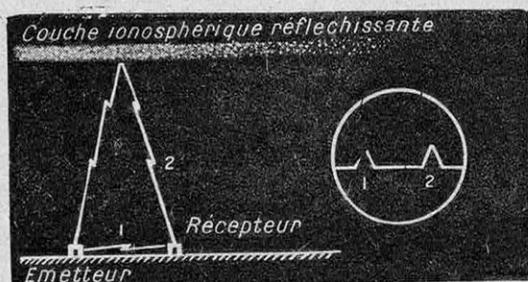


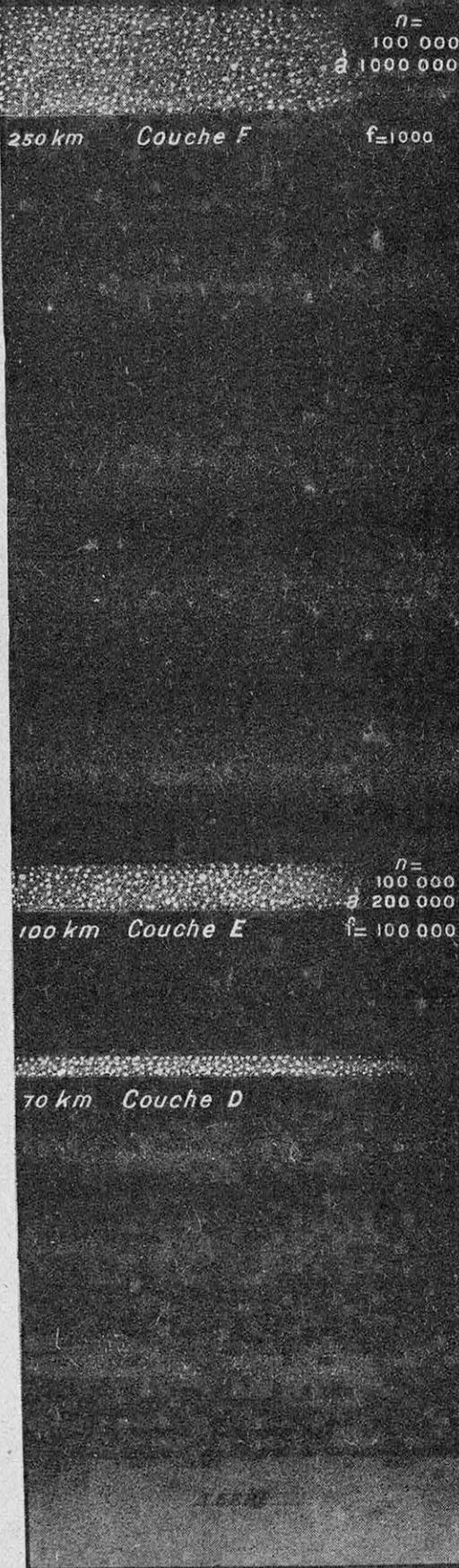
FIG. 5. — COMMENT ON DÉTERMINE L'ALTITUDE DES COUCHES IONOSPHERIQUES RÉFLÉCHISSANTES

Un poste émetteur envoie un signal très bref ; un poste récepteur voisin reçoit deux signaux : celui directement transmis le long du sol et celui qui est allé se réfléchir sur l'ionosphère. L'intervalle de temps qui sépare ces deux signaux est celui qui a été nécessaire pour que les ondes parcourent une distance égale à deux fois l'altitude cherchée. Puisqu'on sait que les ondes radioélectriques se propagent (comme la lumière) avec une vitesse de 300 000 km/s, on a ainsi une méthode pour mesurer l'altitude des couches réfléchissantes. Le principe de cette méthode de mesure est celui du radar (1).

(1) Voir « Le Radar » (Science et Vie, n° 338, novembre 1945).

FIG. 6. — LES PRINCIPALES COUCHES ÉLECTRONIQUES DANS LA HAUTE ATMOSPÈRE ET LEURS CARACTÉRISTIQUES

On trouve trois couches principales, que l'on désigne par les lettres D, E, F. La couche D n'existe que pendant le jour, elle est incapable de réfléchir les ondes et joue seulement le rôle d'un écran absorbant ; c'est la raison pour laquelle les radiocommunications sont plus faciles pendant la nuit. Pour les couches E et F, nous donnons, à droite, les valeurs moyennes, que nous désignons par n et f , du nombre d'électrons par centimètre cube et de la fréquence des chocs subis pendant chaque seconde par un électron. Remarquons, à propos de ces nombres, que la proportion des électrons par rapport aux corpuscules neutres atteint à peine 1 p. 10 000 dans la couche F, et moins dans la couche E. Il ne faudrait donc pas s'imaginer que, dans l'ionosphère, il y a surtout des électrons ou des ions ; à ce point de vue, on peut dire, au contraire, que l'ionosphère mérite mal son nom.



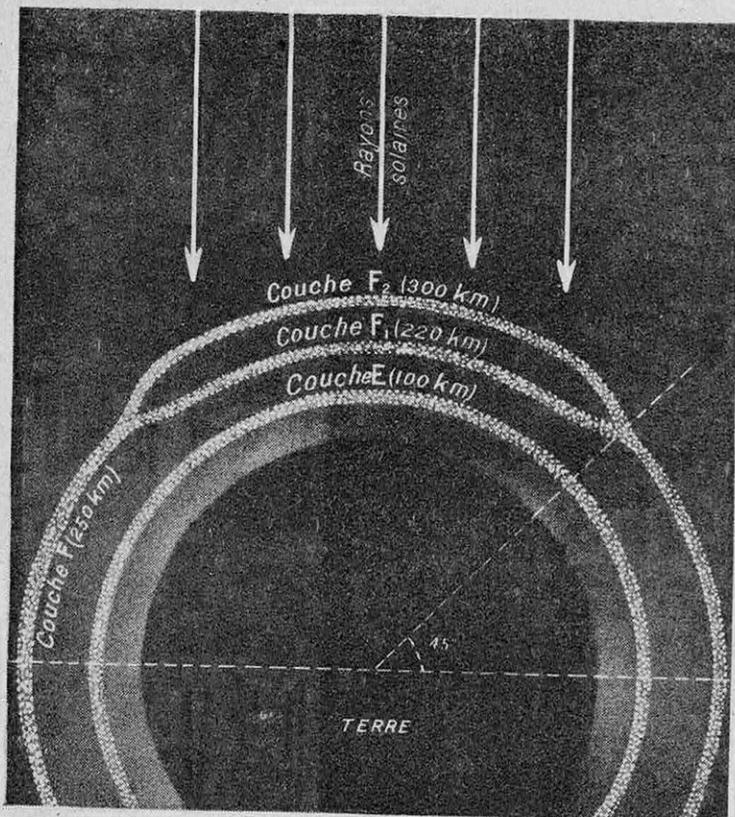


FIG. 7. — LE DÉDOUBLEMENT DE LA COUCHE F SOUS L'ACTION DE LA LUMIÈRE SOLAIRE

Dans toute la zone où les radiations solaires font un angle inférieur à 45° avec la verticale, et qui est par conséquent la plus fortement éclairée, la couche F se dédouble en deux couches F_1 et F_2 . Quant à la couche E, elle ne subit pratiquement pas de changement.

parvenir à la Terre et, d'ailleurs, l'aborderaient dans les régions polaires; il faut admettre que l'ionisation est produite par un jet exceptionnel de lumière (1) qui accompagne l'éruption chromosphérique; il s'agit de lumière ultraviolette certainement. Mais quelles sont les radiations actives et qu'est-ce qui est ionisé? Nous ne le savons pas encore de manière précise.

On a pensé à rattacher l'ionisation de la couche D à un phénomène remarquable qui concerne la même région de l'atmosphère: l'apparition — d'ailleurs exceptionnelle — d'objets auxquels on a donné « très arbitrairement », comme l'a fait remarquer M. Fabry, le nom de « nuages » lumineux nocturnes (à ne pas confondre avec les nuages nacrés, aux belles couleurs, que l'on voit parfois dans les régions polaires et qui se trouvent beaucoup plus bas dans l'atmosphère, vers 25 km). Ces nuages lumineux nocturnes apparaissent vers la fin du crépuscule, à l'ouest ou même au zénith (fig. 1); ils sont encore éclairés par le Soleil alors que celui-ci est déjà bas sous l'horizon; ils ressemblent à des cirrus ou à des cirrostratus; leur altitude moyenne est 82 km; ils se dépla-

(1) La lumière peut, en effet, ioniser des atomes ou des molécules, c'est-à-dire leur arracher un électron; c'est ce qui se produit, par exemple, dans les cellules photoélectriques.

cent généralement d'est en ouest avec une grande vitesse, qui dépasse parfois 500 km à l'heure. Quelle est la nature de ces « nuages »? On sait seulement qu'ils sont constitués par des particules très fines, ayant un diamètre de l'ordre du millième de millimètre. Sont-ils formés de cristaux de glace comme on l'a cru? Il est beaucoup plus vraisemblable qu'il s'agit de poussières, en général d'origine cosmique; en effet, l'apparition des nuages lumineux nocturnes est plus fréquente aux périodes où la Terre traverse des essaims d'étoiles filantes.

On a donc proposé l'hypothèse que l'ionisation de ces poussières serait responsable de l'origine de la couche D. Mais les données dont nous disposons ne nous permettent pas encore d'être affirmatifs sur ce point.

L'origine des couches E et F

Nous ne savons pas non plus exactement comment se forment les couches E et F. L'influence de la lumière solaire sur les couches E et F_1 est évidente (le problème est plus complexe pour F_2); leur ionisation varie au cours d'une journée, ou d'une saison à l'autre, à peu près proportionnellement à l'intensité de la lumière incidente; pendant une éclipse de Soleil, on constate une diminution rapide. Mais, là aussi, des doutes subsistent.

Tandis que, par exemple, les uns attribuent la formation de la couche E à l'ionisation directe par les radiations solaires de longueur d'onde inférieure à 990 angströms (1), qui sont capables d'enlever un électron aux molécules d'oxygène, les autres objectent que le Soleil n'émet ces radiations qu'avec une intensité beaucoup trop faible. Il est vrai que certains auteurs n'hésitent pas à admettre que le rayonnement solaire serait, dans l'ultraviolet lointain, un million de fois plus intense que celui d'un corps noir à $7\,000^\circ$. Les théoriciens ont donc encore du pain sur la planche. Une autre énigme qu'ils ont à résoudre est celle du maintien d'une ionisation relativement élevée pendant la nuit (un dixième environ de la valeur diurne pour la couche E.)

Les aurores et la lumière du ciel nocturne; les « radiations interdites »

Revenons à l'étude descriptive de l'ionosphère. Nous allons maintenant nous occuper des aurores boréales et de la lumière du ciel nocturne, ou, plus exactement, comme ce sont des sujets très vastes, nous examinerons seule-

(1) L'angström est une unité de longueur qui vaut un dix-millionième de millimètre et qui est utilisée pour la mesure des longueurs d'ondes.

ment les questions capables de nous donner des précisions sur les conditions physiques régnant dans la haute atmosphère.

Les aurores (fig. 9) sont une luminescence des couches atmosphériques supérieures, provoquée par un bombardement par des particules électrisées lancées par le Soleil. L'altitude la plus fréquente des aurores est 110 km; mais les aurores atteignent, dans certains cas, lorsqu'elles s'étendent jusqu'à nos latitudes, 1 000 km. Quant à la lumière du ciel nocturne (c'est-à-dire celle qui éclaire le fond du ciel, abstraction faite des étoiles), une partie est due aux étoiles invisibles à l'œil nu et à la diffusion de la lumière du Soleil et des étoiles dans l'espace interplanétaire et interstellaire, mais une fraction importante, la plus intéressante pour nous, provient d'une luminosité de la haute atmosphère, que l'on appelle parfois l'« aurore permanente », par opposition aux aurores polaires; il s'agit d'une sorte de phosphorescence, les couches situées à 100 km et au-dessus absorbant pendant le jour de l'énergie qui est libérée sous forme lumineuse pendant la nuit. La luminescence des aurores polaires présente, bien entendu, de grandes analogies avec celle du ciel nocturne, mais elle en diffère par le degré d'excitation, qui est plus élevé pour les aurores polaires; ainsi les bandes de la molécule d'azote, qui correspondent à une énergie importante, sont intenses dans les aurores et presque invisibles dans le ciel nocturne, qui montre nettement les bandes à faible excitation.

Une particularité remarquable du spectre des aurores (fig. 10) et du ciel nocturne, c'est qu'ils contiennent tous deux des radiations que l'on appelle « interdites », notamment les raies interdites de l'atome d'oxygène. Nous nous arrêtons ici un instant pour rappeler la nature des radiations interdites, bien que cette question soit maintenant familière, depuis que les mystérieuses raies des nébuleuses gazeuses, attribuées autrefois à un élément hypothétique, le nébulium, ont été identifiées comme des raies interdites d'atomes connus, oxygène, azote, etc., une ou plusieurs fois ionisés. On sait qu'en spectroscopie on emploie un langage imagé et l'on dit communément qu'un atome se trouve dans un certain état, ou niveau, qu'on désigne par des lettres: dans les conditions habituelles, l'atome n'est pas excité, il est à l'état normal, par exemple l'état 3P , si nous considérons l'atome d'oxygène non ionisé; quand il est excité, l'atome est porté à un niveau supérieur, comme les niveaux 1D ou 1S (fig. 11). Il y a émission de lumière lorsqu'un atome descend spontanément d'un niveau excité à un niveau inférieur. Dans l'immense majorité des cas, ce retour spontané à un niveau inférieur se produit après un délai extrêmement court (un cent millionième de seconde environ), à partir de l'instant où l'atome s'est trouvé porté au niveau excité. Mais, pour certains niveaux, que l'on appelle des *niveaux métastables*, l'atome semble hésiter à les abandonner et prolonge son séjour pendant un temps beaucoup plus long; par exemple, ce temps atteint, en moyenne, 100 secondes et 0,5 seconde pour les niveaux 1D et 1S de l'atome d'oxygène, qui sont métastables. L'expression « radiation interdite », par laquelle on désigne les radiations émises dans un tel cas, est employée pour préciser que cette émission est impossible dans les conditions ordinaires; en effet, tandis que l'atome flâne dans le niveau métastable, il

est brusquement heurté par une particule du gaz environnant et son énergie d'excitation est alors facilement cédée à la particule, qui provoque ainsi la chute de l'atome vers le niveau normal, mais, cette fois, sans émission de lumière. Les méthodes de la mécanique quantique permettent d'évaluer la « durée de vie moyenne » d'un niveau métastable, ou la « probabilité de transition » entre deux niveaux.

On comprend que l'émission des radiations « interdites » soit possible dans les nébuleuses, car la densité de matière y est très faible et, par suite, les chocs peu fréquents, encore qu'ils soient déjà suffisants pour réduire notablement l'intensité de certaines radiations pour lesquelles la probabilité de transition est extrêmement petite. Mais revenons à la haute atmosphère. La pression a beau être faible relativement, elle est encore, dans la région des couches E et F, au moins 10 millions de fois plus grande que dans les nébuleuses. Un atome subit 10 000 collisions par seconde à l'altitude de 100 km, où l'on observe, dans la lumière crépusculaire, l'émission des raies rouges interdites de l'oxygène (longueurs d'onde 6 300 et 6 364 angströms), dont nous reparlerons plus loin. Une émission dans de telles conditions paraît impossible, d'après ce que nous venons de dire.

Il faut donc examiner le problème de plus près. En fait, la chance pour qu'un atome excité perde son énergie par chocs dépend essentiellement de la nature de la particule qu'il heurte. Si c'est un atome, l'énergie d'excitation est cédée facilement lorsque cet atome possède un niveau atomique dont l'énergie est très voisine de celle qui est disponible, car il se réalise une sorte de résonance entre les deux atomes. Mais, si l'on s'écarte de cette résonance et si la différence d'énergie des deux atomes est grande, le transfert devient impossible; on dit alors que les chocs sont élastiques. Comme les cas de résonance sont rares, dans la plupart des cas les

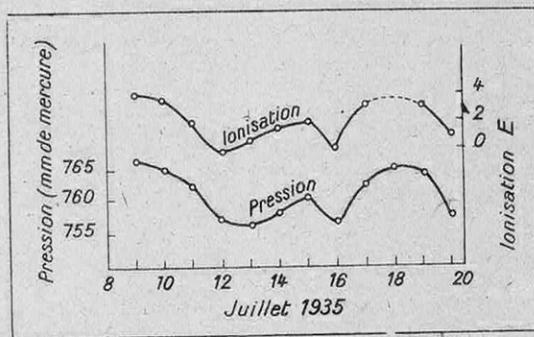


FIG. 8. — VARIATIONS SIMULTANÉES DE L'INTENSITÉ D'IONISATION DANS LA COUCHE E ET DE LA PRESSION ATMOSPHERIQUE AU SOL

Les courbes montrent les résultats des mesures effectuées en Australie par Martyn et Pulley. La pression atmosphérique est évaluée en millimètres de mercure; quant à l'ionisation de la couche E, elle est mesurée en unités arbitraires. Le parallélisme des variations est vraiment surprenant et semble mettre en évidence quelque propriété non encore éclaircie. Il est vrai que des mesures analogues répétées en d'autres points du globe n'ont pas donné des résultats aussi nets, mais cela provient sans doute du fait que les situations météorologiques étaient plus complexes que dans le cas des observations de Martyn et Pulley.



FIG. 9. — UNE AURORE BORÉALE

L'aurore représentée a été observée en Norvège, le 28 février 1910; elle montre un fort bel arc lumineux, passant par le zénith. La forme des aurores est d'ailleurs très variable: arcs, draperies, rayons, couronnes, lueurs diffuses, etc. Quant aux couleurs prédominantes, ce sont le vert et le rouge violacé. On détermine l'altitude des aurores (comme, aussi, celle des nuages lumineux nocturnes) en photographiant un détail caractéristique à partir de deux lieux d'observation assez éloignés, dont la distance est connue. En mesurant sur les plaques les positions de l'aurore par rapport aux étoiles photographiées, on peut déduire la hauteur et la situation de l'aurore.

chocs contre des atomes sont élastiques. C'est l'inverse qui est vrai pour les chocs contre des molécules, car celles-ci ont une structure complexe et possèdent un grand nombre de niveaux

énergétiques; il y aura presque toujours coïncidence, à très peu près, d'un de ces niveaux avec celui de l'atome excité, et le transfert d'énergie se réalisera facilement.

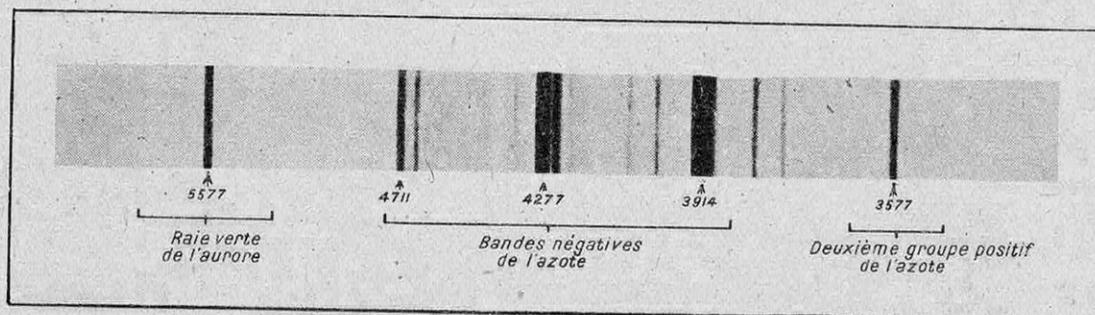


FIG. 10. — SPECTRE D'UNE AURORE POLAIRE (D'APRÈS L. VÉGARD)

Ce spectre montre essentiellement une raie atomique, la raie verte de longueur d'onde 5 577 angströms, due à l'atome d'oxygène, et ensuite les bandes bien connues de la molécule d'azote, dites bandes négatives et bandes du deuxième groupe positif. Les longueurs d'onde indiquées correspondent aux « têtes » de ces bandes.

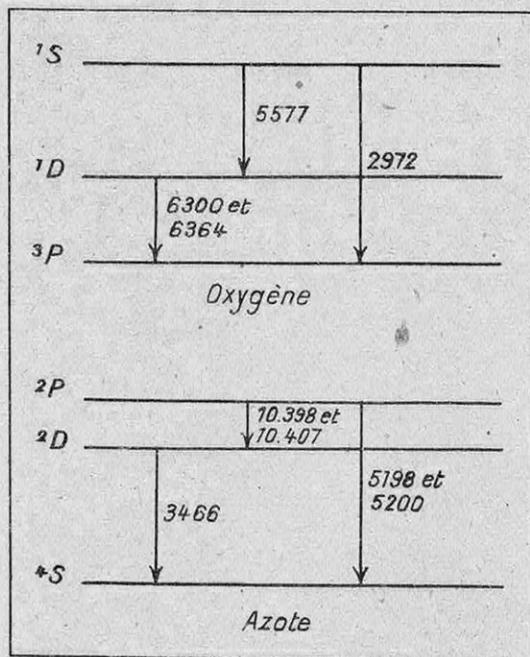


FIG. 11. — DIAGRAMME SCHÉMATIQUE DES PREMIERS NIVEAUX ÉNERGÉTIQUES POUR LES ATOMES NEUTRES D'OXYGÈNE ET D'AZOTE

Les droites horizontales correspondent aux différents niveaux possibles, leurs distances à la droite la plus basse, qui représente le niveau normal, étant proportionnelles aux différences d'énergie des niveaux et du niveau normal. Les flèches indiquent les longueurs d'onde des radiations émises lorsque l'atome passe d'un niveau à l'autre. En réalité, certains niveaux sont multiples (le chiffre écrit en exposant avant la lettre qui désigne chaque niveau donne la « multiplicité » de ce niveau); par exemple le niveau 3P est triple. Nous avons représenté les niveaux multiples par un simple trait, pour ne pas surcharger la figure.

État atomique de l'ionosphère

Une conclusion s'impose : il faut que l'atmosphère supérieure soit essentiellement formée d'atomes, dont le choc ne désactive pas les atomes excités métastables.

Depuis déjà plusieurs années on admettait que l'oxygène est en grande partie dissocié à l'état atomique dans l'atmosphère supérieure, par absorption du rayonnement solaire ultraviolet. On sait, en effet, que l'oxygène moléculaire absorbe énergiquement les radiations ultraviolettes dont la longueur d'onde est comprise entre 1 750 et 1 200 angströms et que cette absorption est accompagnée d'une dissociation en deux atomes; un de ces deux atomes est à l'état normal, l'autre à l'état métastable 1D (fig. 11) et pourra donc, en revenant à l'état normal, émettre les deux raies rouges interdites de longueurs d'onde 6 300 et 6 364 angströms. Comme nous venons de le voir, il faut admettre non seulement la dissociation partielle de l'oxygène, mais la dissociation totale de l'oxygène et de l'azote.

La séparation entre la basse atmosphère moléculaire et l'atmosphère supérieure atomique se réalise vers l'altitude de 100 km, c'est-à-dire au niveau de la couche ionosphérique E. Nous

avons, de cela, deux preuves au moins : d'une part, l'émission par la haute atmosphère des deux raies rouges interdites 6 300 et 6 364, par le mécanisme dont nous venons de parler, est un fait d'observation bien connu; l'émission n'est pas perceptible pendant le jour, parce qu'elle est alors noyée dans la lumière solaire directe, mais les raies sont faciles à observer pendant le crépuscule; or l'émission présente un maximum très prononcé vers 100 km et une chute presque verticale de l'intensité pour une altitude moindre (fig. 12). Cette diminution s'explique par un rapide accroissement de la proportion des molécules, qui désactivent par chocs les atomes métastables et qui, de plus, absorbent sur un court trajet les radiations dissociantes. D'autre part, le passage de la région moléculaire à la région atomique se produit vraisemblablement d'une manière assez brusque, puisque la photométrie du ciel crépusculaire en lumière rouge montre qu'il y a une véritable discontinuité de la densité de l'air vers 100 km (fig. 13). Ainsi les deux gaz, oxygène et azote, se dissocient en atomes à la même altitude, semble-t-il, quoique les mécanismes provoquant ces dissociations soient certainement différents.

Nous pouvons donc dire qu'au-dessus de 100 km l'atmosphère est à l'état atomique, ou, puisque on donne le nom d'ionosphère à toute

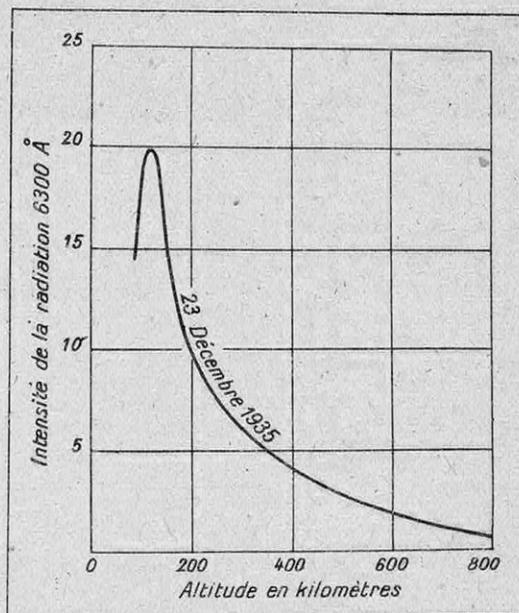


FIG. 12. — INTENSITÉ DE L'ÉMISSION DE LA RAIE INTERDITE 6300 EN FONCTION DE L'ALTITUDE (D'APRÈS CABANNES ET GARRIGUES)

On observe l'émission de cette raie pendant le crépuscule en l'absence de la lumière solaire directe. Au fur et à mesure que le Soleil s'enfonce sous l'horizon, l'obscurité gagne des couches de plus en plus élevées de l'atmosphère terrestre, qui cessent d'émettre la raie 6300. L'étude de la variation d'intensité de cette raie permet d'établir quelle part revient dans son existence globale, à chaque couche d'air. On en déduit la courbe tracée ici, qui représente l'intensité de la luminescence des couches successives de la haute atmosphère en fonction de l'altitude.

la partie de l'atmosphère située au-dessus de 100 km, nous dirons : l'ionosphère est atomique. Cela ne signifie pas, bien sûr, qu'il n'y ait aucune molécule au-dessus de 100 km ; mais il n'y en a qu'à l'état de traces ; celles-ci sont suffisantes pour donner les bandes d'origine moléculaire observées dans les aurores et le ciel nocturne. Il est d'ailleurs certain que la proportion de ces traces de molécules décroît rapidement avec l'altitude dans l'ionosphère.

Ici une question vient naturellement à l'esprit : nous avons dit que l'on trouve les raies interdites de l'atome d'oxygène dans les aurores et le ciel nocturne ; cela prouve l'existence de l'oxygène atomique dans l'atmosphère supérieure ; en est-il de même pour l'azote ?

Les raies à faible excitation de l'atome neutre d'azote sont, comme celles de l'oxygène, des raies interdites (fig. 11) ; il y a trois raies, ou plutôt trois doublets, c'est-à-dire trois couples de deux raies : un dans l'infrarouge (10 398 et 10 407 angströms), un dans le vert (5 198 et 5 200 angströms) et enfin un doublet très serré dans l'ultraviolet (3 466,4 angströms). On ne sait rien du doublet infrarouge, parce que les spectres des aurores et du ciel nocturne n'ont pas encore été étudiés assez loin dans l'infrarouge. Le doublet ultraviolet est difficile à séparer des bandes voisines intenses dans les au-

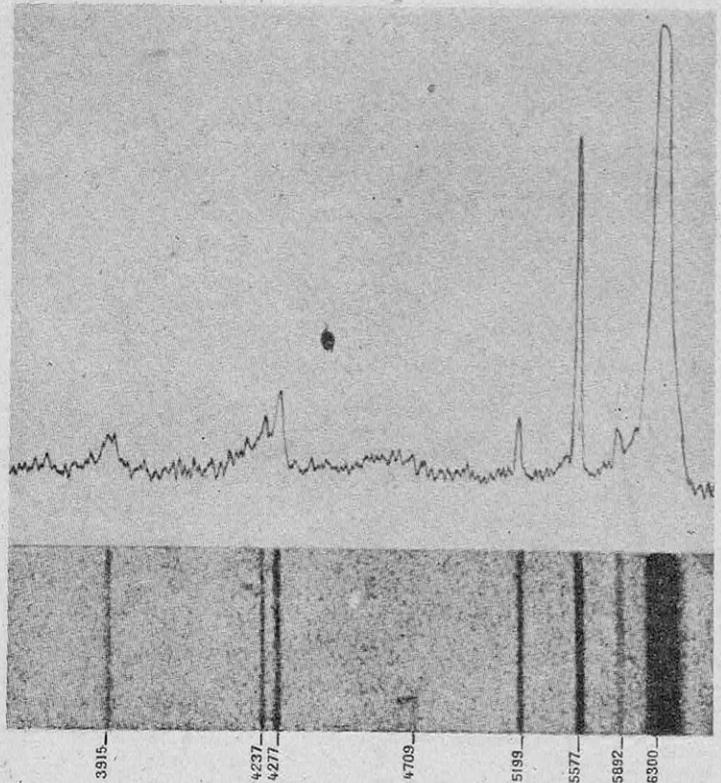


FIG. 14. — SPECTRE DE L'AURORE DU 18 SEPTEMBRE 1941, OBSERVÉE A L'OBSERVATOIRE DE HAUTE-PROVENCE, PAR DUFAY ET TSCHEG

Les aurores polaires s'étendent parfois jusque dans nos régions. Il s'agit alors d'aurores intéressantes les très hautes couches atmosphériques (jusqu'à 1 000 km). Le spectre de ces aurores diffère nettement de celui des aurores ordinaires (comparable à la figure 10). La figure montre, ici, superposés, le spectre et son enregistrement au microphotomètre enregistreur. On remarquera l'extraordinaire intensité des raies 6300-6364 ; quant aux bandes négatives de l'azote, elles sont relativement faibles. Mais ce spectre est surtout remarquable parce qu'il a permis pour la première fois d'identifier avec certitude la raie interdite 5199 de l'atome neutre d'azote.

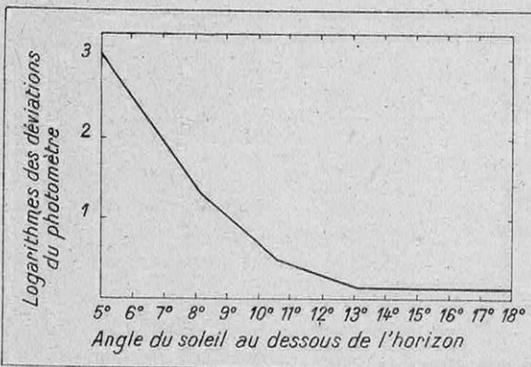


FIG. 13. — PHOTOMÉTRIE DU CIEL CRÉPUSCULAIRE EN LUMIÈRE ROUGE

Cette courbe a été établie d'après les mesures réalisées à l'observatoire de Lyon, par Grandmontagne, à l'aide d'une cellule photoélectrique. Les coudes observés sont dus aux discontinuités dans la variation de la densité de l'air avec l'altitude, le premier correspond au maximum de température qui existe vers 60 km, le deuxième correspond à 100 km, le troisième correspond à 160 km. L'explication de ce dernier coude reste inconnue.

rores et le ciel nocturne, mais, par des mesures spectroscopiques soignées, M. Bernard a réussi à le mettre nettement en évidence dans les aurores et à montrer que son intensité croît de la base vers le sommet des aurores. Enfin, le doublet dans le vert a été récemment identifié avec certitude par MM. Dufay et Tcheng, qui ont eu la chance d'observer une aurore le 18 septembre 1941 à l'observatoire de Haute-Provence (1) (fig. 14).

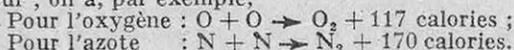
Ce doublet ne peut être vu que dans les aurores intéressantes les couches atmosphériques très élevées, qui sont précisément les seules aurores visibles dans nos régions ; en effet il se confond, dans les aurores communes, avec les bandes intenses de l'azote ; de plus il est, parmi les radiations interdites que l'on connaît, une des plus sensibles aux chocs, car la vie moyenne du niveau supérieur D (fig. 11) atteint huit heures. On avait déclaré son émission dans la haute atmosphère absolument impossible. En réalité, elle est possible à condition que cette atmosphère soit à l'état atomique.

(1) A Saint-Michel-l'Observatoire (Basses-Alpes).

Comment expliquer la dissociation atomique permanente de l'atmosphère supérieure?

Nous allons d'abord, pour répondre à cette question, prendre, en somme, le problème à l'envers, en nous demandant : n'est-ce pas une chose tout à fait naturelle que les gaz se trouvent à l'état atomique dans la haute atmosphère ?

On sait que, dans les conditions habituelles, les gaz simples, comme l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, le chlore, etc., sont à l'état moléculaire, et que chaque molécule est formée de deux atomes. (On connaît bien quelques gaz qui sont monoatomiques, c'est-à-dire dont la molécule est formée d'un seul atome ; mais leur cas est exceptionnel ; ce sont les gaz de la famille de l'hélium : hélium, argon, néon, etc.). Examinons comment des molécules se forment par combinaison de deux atomes. Il s'agit, en fait, d'une réaction chimique, qui dégage de la chaleur ; on a, par exemple,



Pour que ces réactions se produisent, il ne suffit pas qu'il y ait choc de deux atomes ; la théorie montre que certaines conditions doivent être remplies ; il faut, notamment, que l'énergie de recombinaison soit enlevée pendant la courte durée du choc. Ceci peut être réalisé de plusieurs manières. Dans les conditions ordinaires, c'est-à-dire lorsque la pression n'est pas trop faible, la plupart des recombinaisons se produisent dans des chocs triples, où l'énergie disponible est cédée à une troisième particule très voisine, généralement sous forme d'énergie d'excitation. Mais la fréquence des chocs triples décroît, quand la pression diminue, comme le cube de la pression ; elle tend donc à devenir négligeable quand la pression est faible. Dans ce cas, c'est par un autre mécanisme que se réalisent les recombinaisons : l'énergie disponible est libérée pendant la durée d'un choc double sous forme d'un rayonnement émis par la molécule formée ; or la probabilité de cette émission est faible, si bien que seul un choc double environ sur un million est accompagné d'une émission lumineuse et, par suite, d'une recombinaison. Le calcul montre que ce sont, finalement, les recombinaisons par chocs doubles qui sont prépondérantes dans l'ionosphère (1). La fréquence de ces recombinaisons décroît, elle aussi, avec l'altitude ; et, si la recombinaison moléculaire est notable au cours d'une nuit de dix heures au niveau de la couche E, elle est très petite aux altitudes supérieures. On arrive donc à cette conclusion que, pour maintenir l'état atomique de l'atmosphère supérieure, il suffit d'une faible source produisant la dissociation.

Quelle est cette source ?

Nous avons expliqué ci-dessus que l'oxygène est dissocié par absorption, durant le jour, des rayons solaires ultraviolets. Quant à l'azote, l'étude des propriétés de la molécule d'azote montre qu'une dissociation photochimique, analogue à celle de l'oxygène, devient possible à condition que la température dépasse 1 000°.

(1) Une remarque au sujet des recombinaisons par chocs doubles ou triples : ce sont elles qui fournissent la plus grande partie de l'énergie nécessaire à l'excitation de la lumière du ciel nocturne.

Ainsi le problème de la dissociation atomique dans l'ionosphère se trouve lié à celui de la température.

La « température » dans l'ionosphère

On a tenté d'évaluer la température dans l'ionosphère, soit à partir de certaines observations radioélectriques, soit par des mesures sur les spectres des aurores ou du ciel nocturne. Les résultats sont assez peu concordants, bien qu'ils conduisent, pour la plupart, à une température élevée au niveau de la couche F. Un argument important en faveur d'une température élevée est aussi qu'elle paraît nécessaire pour expliquer la lente décroissance de la pression avec l'altitude, que nous avons déjà signalée, car la dissociation atomique est insuffisante pour produire l'effet observé.

En réalité, le problème de la « température » des hautes couches atmosphériques est beaucoup plus complexe qu'on ne l'avait admis jusqu'ici. Revenons, en effet, sur la réaction de dissociation des molécules d'oxygène par absorption des radiations solaires ultraviolettes ; ce mécanisme est analogue à l'effet photoélectrique, dans lequel la lumière provoque l'émission d'électrons par un mé-

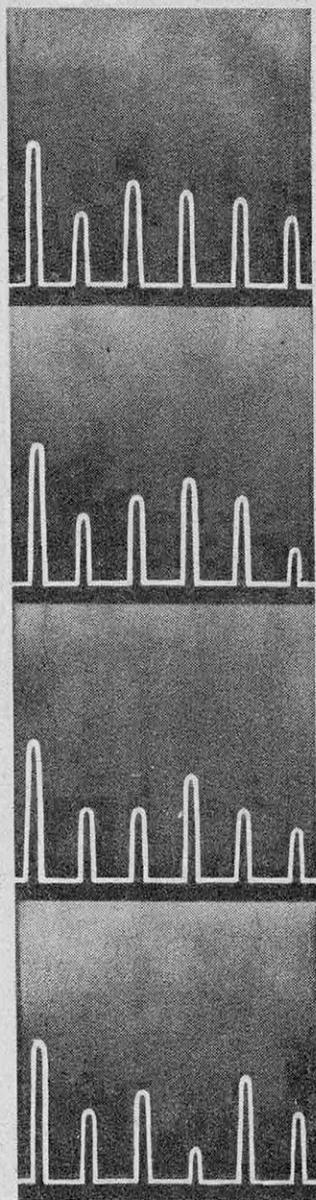


FIG. 15. — VARIATIONS RAPIDES DE L'INTENSITÉ DES ÉCHOS SUCCESSIFS SUR LA COURBE F

Les échos multiples dus à des réflexions successives sur la verticale entre le sol et l'ionosphère présentent des particularités étonnantes. On voit ici la reproduction schématique de quelques échos multiples d'après les observations faites à Shanghai, par P. Lejay. Contrairement à ce que l'on attendrait, l'intensité des échos successifs ne s'affaiblit pas régulièrement ; en réalité, ils se comportent comme des jets séparés, qui montent et descendent, avec, semble-t-il, une parfaite indifférence les uns vis-à-vis des autres.

tal ; nous pouvons lui appliquer, comme à l'effet photoélectrique, l'équation — dite équation d'Einstein — qui exprime, sous la forme quantique (1), le principe de la conservation de l'énergie. En écrivant cette équation pour l'effet photoélectrique, on obtient une bonne méthode pour déterminer la constante h de Planck, d'après la mesure de la vitesse avec laquelle les électrons sont libérés quand une lame métallique placée dans le vide est éclairée par des radiations de longueurs d'onde différentes. Dans le cas actuel, nous devons exprimer que l'énergie d'un quantum absorbé est égale à la somme de l'énergie de dissociation de la molécule et de l'énergie cinétique communiquée par la dissociation aux atomes d'oxygène qui se séparent. On voit ainsi que cette énergie cinétique devient rapidement très grande quand on considère les diverses radiations absorbées. Les radiations dissociantes sont celles comprises dans la bande d'absorption, qui s'étend comme nous l'avons dit, de 1 750 angströms à 1 200 angströms ; les radiations de longueur d'onde 1 750 angströms ont juste l'énergie nécessaire pour réaliser la dissociation, et les atomes d'oxygène n'ont pas de vitesse initiale ; mais, pour la longueur d'onde 1 700 angströms, leur énergie cinétique correspond déjà à l'agitation thermique moyenne pour une température de 600° ; vers le maximum d'absorption de la bande (1 450 angströms) l'énergie correspond à 6 000°, et pour l'extrémité de la bande (1 200 angströms) à 10 000°.

Ce calcul entraîne deux conséquences importantes : tout d'abord la notion de température perd son sens habituel pendant le jour dans l'ionosphère. En effet, dire que la température d'un gaz a une certaine valeur signifie que les particules présentes — atomes ou molécules — ont des vitesses groupées autour d'une valeur moyenne, définie par cette température, suivant une loi de distribution que le calcul des probabilités permet de connaître ; il n'en est pas du tout ainsi dans l'ionosphère, puisque les vitesses des atomes d'oxygène formés par dissociation autour d'un point dépendent de la longueur d'onde du rayonnement solaire parvenant en ce point.

D'autre part, nous venons de voir qu'il y a création d'atomes d'oxygène animés de très grandes vitesses. Le choc de ces atomes peut porter les molécules d'azote à des niveaux de vibration tels que leur dissociation photochimique devient aisée. Il y a plus : nous comprenons en même temps pourquoi les dissociations de l'oxygène et de l'azote se réalisent à la même altitude, l'une favorisant l'autre.

Mouvements et composition de l'atmosphère supérieure

Nous avons dit que les recombinaisons sont importantes au niveau de la couche ionosphérique E. Elles doivent donc provoquer une

(1) Rappelons qu'un « quantum » de lumière, ou « grain » de lumière, de fréquence n possède une énergie égale à hn , h étant une constante universelle appelée constante de Planck.

contraction nocturne de l'atmosphère supérieure, qui, en effet, semble avoir été mise en évidence par certaines mesures ionosphériques. Il se produirait donc des mouvements verticaux importants dans la haute atmosphère. C'est une propriété qui surprend, d'autant plus qu'il existe aussi certainement des mouvements horizontaux très rapides, dont la vitesse dépasse largement celle des ouragans dans la basse atmosphère. On a diverses preuves de ces mouvements : nous avons déjà parlé des déplacements des nuages lumineux nocturnes ; de même, les traînées des météores et aussi les traînées phosphorescentes qui suivent les aurores se meuvent parfois très vite, comme poussées par un vent violent. Enfin les mesures radioélectriques elles-mêmes apportent une confirmation de l'intense turbulence de l'ionosphère ; voici comment : dans les expériences réalisant le sondage vertical de l'ionosphère par émission de brefs signaux on obtient fréquemment, au récepteur, non seulement le signal direct et un écho (fig. 5), mais un assez grand nombre d'échos multiples (fig. 15) — dix à quinze — également espacés, dus à des réflexions successives sur la couche ionisée et le sol ; l'intensité de ces échos varie continuellement et — fait inattendu, qui n'a reçu jusqu'ici aucune explication satisfaisante — le plus souvent les échos d'ordre élevé ont une intensité supérieure aux premiers échos. Ces variations d'intensité sont une preuve que l'ionosphère est en état de perpétuelle et très rapide agitation. Assez souvent l'intensité des échos montre une périodicité qui suggère le passage à très vive allure de véritables nuages d'électrons, ayant une structure régulière, par exemple comme les bandes de cirrus de la basse atmosphère.

Ainsi, tandis que l'on croyait autrefois la haute atmosphère très tranquille, celle-ci est agitée. Ces mouvements produisent un brassage énergétique de l'air, qui favorise une composition constante. Que savons-nous, en fait, sur la composition de l'air à très haute altitude ? Nous avons raisonné comme si l'air était formé d'oxygène et d'azote, alors que l'on admettait, il n'y a pas bien longtemps, que vers 100 km l'atmosphère comprenait essentiellement de l'hydrogène, ou de l'hydrogène et de l'hélium. Le spectre des aurores et du ciel nocturne ou crépusculaire montre qu'il y a de l'oxygène et de l'azote jusque, si l'on peut dire, aux confins de l'atmosphère ; l'émission avec une intensité notable des raies interdites exige même la présence de très nombreux atomes d'oxygène et d'azote. Quant à l'hydrogène, on a reconnu récemment la présence de quelques-unes de ses raies dans des aurores ; mais le fait semble rare et l'on suppose qu'il s'agit d'une « pluie » exceptionnelle d'atomes d'hydrogène provenant du Soleil. S'il y a des atomes d'hydrogène dans l'atmosphère supérieure, ils s'échappent probablement assez vite dans l'espace interplanétaire, car la gravité est insuffisante pour les retenir, surtout s'ils ont acquis une grande vitesse par collisions avec d'autres particules.

J. GAUZIT.

LA CLITOCYBINE VAINCRA-T-ELLE LA TUBERCULOSE ?

par Jean HÉRIBERT

La découverte de la pénicilline (1) et de ses merveilleuses propriétés microbicides a eu pour conséquence d'orienter les travaux de nombreux microbiologistes et biochimistes vers la recherche d'autres substances douées de propriétés analogues. Ces chercheurs, qui se sont donné pour but principal la découverte d'« antibiotiques » actifs contre les microbes résistants à la pénicilline, ont réussi à extraire de micro-organismes divers toute une gamme de produits plus ou moins efficaces contre la plupart des principaux microbes pathogènes. Étendant le champ de ces recherches à un domaine encore vierge, un savant français, le professeur Hollande, a eu récemment l'idée de prendre pour objet de ses études non plus des champignons microscopiques, mais un champignon supérieur, le Clitocybe. Il a réussi à en extraire une substance microbicide nouvelle, la clitocybine, qui agit sur le bacille de Koch et semble devoir permettre de vaincre la tuberculose dans un assez proche avenir. Bien qu'on n'en soit encore qu'au stade des premières expériences, tous les espoirs sont permis de voir bientôt le terrible fléau enfin vaincu. La découverte du professeur Hollande donne ainsi au monde la preuve que, malgré les épreuves qu'a subies notre pays, les savants français ont su se maintenir au premier rang de ceux qui luttent pour l'amélioration de la condition humaine.

Les « ronds de sorcière »

C'EST au cours de vacances qu'il passait dans le Vercors que l'attention du professeur Hollande fut attirée par des plaques d'herbe morte et desséchée, mais non putréfiée, qui dessinaient de vastes cercles dans certaines prairies (fig. 1). Sur la périphérie de ces zones circulaires ou semi-circulaires, que les paysans nomment « ronds de sorcière » ou « demi-lunes », l'herbe ne peut repousser pendant plusieurs dizaines d'années. A la limite des taches d'herbe morte et de la végétation vivante, on constate fréquemment la présence de gros champignons blancs (fig. 2). C'est la coïncidence de l'herbe morte et de ces champignons qui suggéra à M. Hollande l'idée que ceux-ci devaient produire en se développant un principe toxique capable de tuer à la fois l'herbe et les bactéries susceptibles de la putréfier, puisque l'herbe morte se dessèche sans pourrir. L'idée était extrêmement simple, mais,

comme pour le célèbre œuf de Colomb, « il fallait y penser ».

Deux tâches s'imposaient dès lors : vérifier l'hypothèse formulée, puis essayer d'extraire la substance bactéricide du champignon et d'en tirer parti pratiquement. La première partie du programme put être menée à bien dans le

Vercors même, alors que M. Hollande s'y trouvait immobilisé par la présence de 3 000 Allemands venus attaquer un maquis voisin. Aucun outillage de laboratoire n'était naturellement disponible sur place, et il fallut se contenter d'effectuer, pour commencer, un essai en plein champ. M. Hollande défricha deux carrés de terre situés l'un dans une zone d'herbe vivante, l'autre dans une zone d'herbe morte, puis sema en ces deux endroits des graines de carottes et de radis. Dans la première zone, les plantes poussèrent normalement ; dans la seconde, leur croissance, défectueuse, s'arrêta au bout d'une dizaine de jours. Ce phénomène ne pouvait admettre qu'une seule explication : là où le développement des champignons avait amené la mort des herbes, il avait simultanément tué



LE PROFESSEUR HOLLANDE

(1) Voir : « La découverte de la pénicilline » (Science et Vie n° 330, mars 1945).



FIG. 1. — UN « ROND DE SORCIÈRE » (VERCORS)

Les plages d'herbe morte déterminent une demi-circonférence, dont l'intérieur n'a pas encore entièrement perdu sa stérilité et est peuplé de mottes de graminées séparées par des espaces de terre nue. Les plages périphériques ont entre 30 cm et 1 m de largeur lorsqu'elles sont produites par des « *Clitocybe candida* », jusqu'à 3 m lorsque ce sont des « *Clitocybe gigantea* ».

les bactéries terricoles indispensables au développement des plantes (1). (Peut-être même était-ce par cet effet indirect, et non par toxicité, que l'herbe primitive avait été tuée.) On était ainsi en possession d'une première confirmation de l'hypothèse suivant laquelle le champignon des « ronds de sorcière » sécrétait un produit bactéricide, ou tout au moins bactériostatique (2).

Le *Clitocybe candida*

Le premier soin du professeur Hollande, lorsqu'il fut de retour à Montpellier, fut de définir exactement à quelle espèce appartenait le champignon qui donnait lieu au phénomène des « ronds de sorcière ». Cette identification ne fut pas facile, car, s'il était bien évident qu'on avait affaire à une des nombreuses espèces du genre *Clitocybe* (3), on était en droit d'hésiter entre plusieurs d'entre elles, les diverses flores consultées donnant des indications qui n'étaient pas toujours concordantes. On crut d'abord qu'il s'agissait du *Clitocybe gilva*; mais des mycologues spécialistes établirent ensuite que c'était en réalité le *Clitocybe candida* (fig. 3), considéré par certains comme une espèce indépendante, par d'autres comme une variété de l'espèce *Clitocybe gigantea* (fig. 4). Ce dernier champignon contient d'ailleurs également de la clitocybine, ainsi qu'il a été établi depuis lors. On le trouve parfois avec le *Clitocybe can-*

didia sur le pourtour des « ronds de sorcière ».

Le *Clitocybe candida*, vulgairement appelé *musseron blanc*, est un champignon trapu, possédant un chapeau large et charnu, légèrement incurvé en forme d'entonnoir (il est « infundibuliforme »). Comme tous les membres de la famille des *Agaricinées*, il a la face inférieure du chapeau garnie de lamelles rayonnantes, qui supportent les spores; ces lamelles, très fines, et très nombreuses, sont légèrement *décourrentes*, c'est-à-dire qu'elles débordent un peu du chapeau sur le pied. Celui-ci est lisse et de consistance fibreuse et élastique. Il n'y a ni volve ni collier. Le *Clitocybe candida* a 6 à 10 cm de haut et 6 à 12 cm de diamètre du chapeau (pour le *Clitocybe gigantea*, le diamètre atteint souvent plus de 20 cm). Sa couleur est blanchâtre. Cuit, il est comestible et de goût agréable.

L'habitat préféré du clitocybe est dans les prairies alpêtres entre 800 et 1 800 m. C'est là qu'il produit les « ronds de sorcière ». On le trouve également parfois dans les bois et les friches. Il pousse à la fin de l'été et au début de l'automne.

L'action de la clitocybine « in vitro »

Pour expérimenter les propriétés de la substance microbicide contenue dans le clitocybe, il faut en premier lieu extraire cette substance du champignon. Voici comment on opère : les champignons séchés (qui représentent, en poids, 8 à 10 p. 100 des champignons frais) sont hachés, pulvérisés, puis mis à tremper dans l'eau, à raison de 1 à 2 g pour 10 cm³. On stérilise le tout à l'autoclave, puis on laisse macérer vingt-quatre heures dans une glacière à 4°. Après filtration, on obtient alors la *clitocybine brute*.

(1) Ce sont en effet les bactéries du sol qui fixent l'azote libre de l'air et le rendent assimilable par les végétaux.

(2) C'est-à-dire arrêtant le développement des microbes (sans nécessairement les tuer).

(3) Nom formé des mots grecs *kritos*, penché, et *kubé*, tête (allusion à la forme du chapeau, inclinée en entonnoir).

Cet extrait étant nettement acide ($pH = 4,6$) (1), on le neutralise jusqu'à un pH de 7,5 qui correspond aux conditions optima du développement des microbes (on évite de la sorte que le comportement des microbes sur lesquels on va expérimenter soit influencé par l'acidité de l'extrait).

La solution ainsi préparée permet de passer aux essais proprement dits. Ceux-ci se font suivant la technique déjà mise au point pour l'étude de la pénicilline (2). On met une goutte de l'extrait aqueux neutralisé, soit environ $1/20$ de centimètre cube sur un petit carré de papier buvard stérile, que l'on dépose sur le milieu de culture préalablementensemencé, contenu dans une boîte de Pétri (3). Le milieu de culture est choisi en fonction du microbeensemencé, mais toujours gélosé pour lui donner une consistance solide.

La boîte de Pétri, fermée, est placée dans une étuve à 37° , d'où on la sort après vingt-quatre heures pour l'examiner. On distingue alors autour du carré de buvard un cercle stérile, à l'intérieur duquel il n'y a aucune colonie microbienne, tandis qu'à l'extérieur de ce cercle les microbes ont abondamment proliféré (fig. 5). Le diamètre du cercle dépend naturellement des conditions de l'expérience (milieu de culture employé, concentration de la solution de clitocybine, etc.) et aussi de l'espèce microbienne expérimentée. C'est ainsi qu'en opérant dans des conditions identiques, on peut constater que la clitocybine est plus active sur le staphylocoque et sur le bacille typhique que sur le coli-



FIG. 2. — UNE PLAGE D'HERBE MORTE

On distingue, à la limite de l'herbe morte et de la végétation vivante, les Clitocybes qui attirèrent l'attention du professeur Hollande et l'amènèrent à établir une relation entre leur présence et le phénomène des « ronds de sorcière ».

(1) Rappelons que le pH (potentiel en hydrogène) caractérise l'acidité ou la basicité d'une solution ; il est inférieur à 7 pour une solution acide, égal à 7 pour de l'eau pure, supérieur à 7 pour une solution basique.

(2) Voir : « La découverte de la pénicilline » (*Science et vie*, n° 330, mars 1945, p. 91).

(3) Boîte en verre, cylindrique et plate, servant aux cultures bactériologiques en bouillons gélosés.

bacille, et sur le bacille de Koch que sur le staphylocoque, le diamètre du cercle stérile obtenu étant pris pour critère de l'activité bactériostatique.

Chose curieuse, le développement du microbe apparaît souvent plus intense sur les bords du cercle stérile qu'à une plus grande distance de cette zone (fig. 6). De petites quantités de

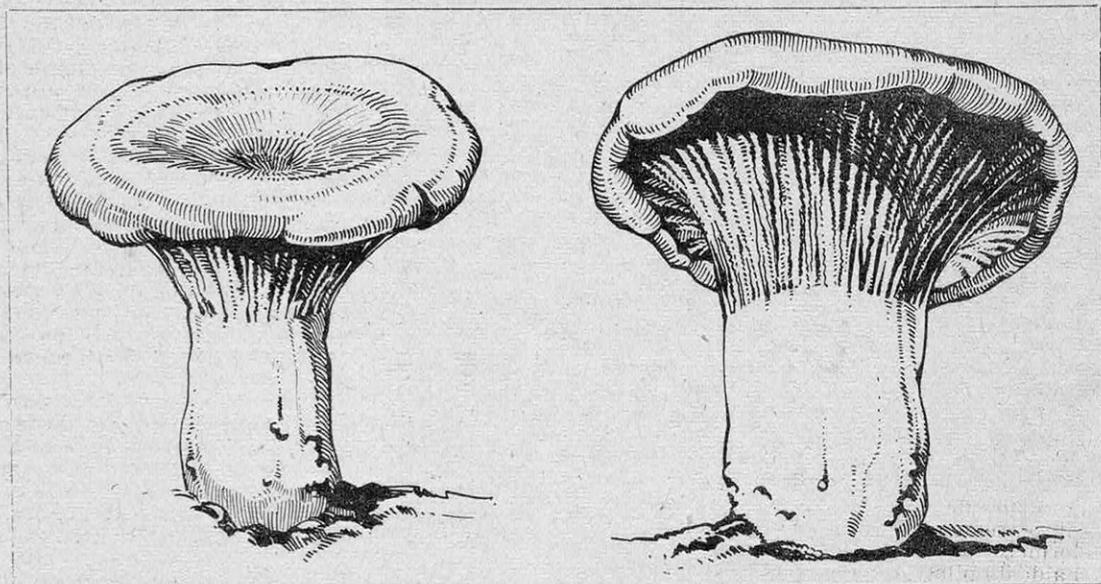


FIG. 3 ET 4. — QUELQUES CLITOCYBES

La figure 3 représente un « *Clitocybe candida* » Bres et la figure 4 un « *Clitocybe gigantea* » Sow. Le caractère commun de ces champignons est la forme en entonnoir du chapeau, dont la face inférieure est garnie de lamelles rayonnantes légèrement décurrentes (c'est-à-dire se continuant sur le pied et y adhérant).

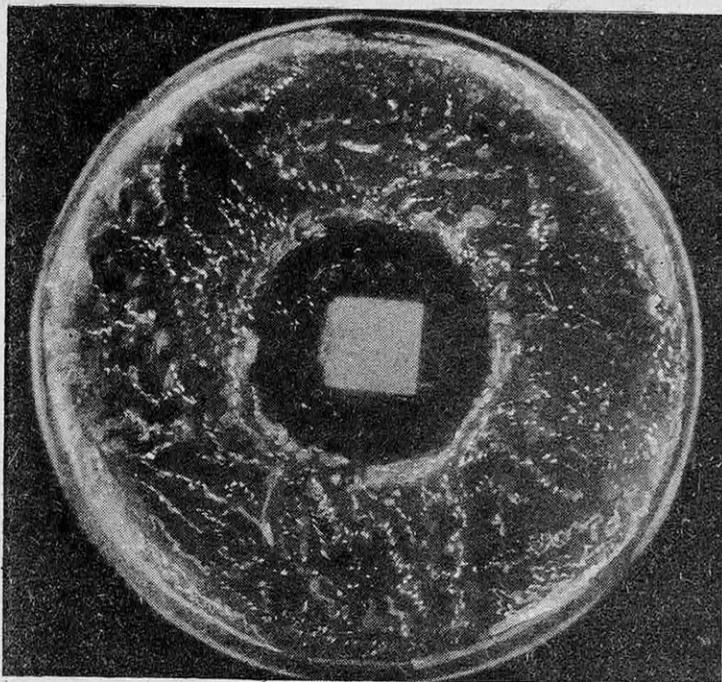


FIG. 5. — ACTION DE LA CLITOCYBINE SUR LE COLIBACILLE

Une goutte d'extrait aqueux de clitocybine a été mise sur un petit carré de buvard stérile, que l'on a déposé sur le milieu gélosé d'une boîte de Pétri, préalablement ensemencé avec des colibacilles. Après vingt-quatre heures, on distingue autour du carré de buvard un cercle stérile dans lequel les microbes n'ont pu se multiplier.

clitocybine semblent donc stimuler le développement du microbe (de même que l'anhydride sulfureux à faible dose favorise le développement des levures alcooliques, alors qu'à forte dose il l'inhibe). On peut vraisemblablement déduire de ce phénomène que la clitocybine, lorsqu'elle sera utilisée en thérapeutique, devra être appliquée à doses massives dès le début du traitement pour éviter d'exalter la virulence des microbes, qui seraient ainsi rendus plus résistants à son action.

Les expériences *in vitro* menées par le professeur Hollande l'an dernier lui ont permis d'annoncer le 24 septembre 1945 à l'Académie des Sciences que la clitocybine exerçait une action bactériostatique vis-à-vis des bacilles *coli* (fig. 5), *typhique* (fig. 6), de *Koch* (fig. 7, 8 et 9), *pyocyanique*, et *Brucella abortus*, ainsi que contre le *staphylocoque doré*. D'autres noms devront certainement encore être ajoutés à cette liste lorsqu'on aura expérimenté systématiquement l'action de la clitocybine sur tous les microbes.

Pénicilline et clitocybine

Le seul fait que les effets de la clitocybine ont pu être expérimentés suivant la technique mise au point par Fleming et ses collaborateurs pour l'étude de la pénicilline met déjà en lumière la parenté qui existe entre la découverte de l'une et de l'autre de ces deux substances. (La technique de Fleming est d'ailleurs fondée sur le principe mis en œuvre par la nature dans les « ronds de sorcière », où la clitocybine

stérilise le terrain sur une surface circulaire de rayon croissant, avec la seule différence que la clitocybine du sol se détruit à la longue, de sorte que l'intérieur du cercle finit par perdre sa stérilité). Il importe toutefois de préciser jusqu'où va cette parenté.

Il existe, en premier lieu, une similitude d'origine, puisque l'une et l'autre substance sont extraites d'un champignon. Dans un cas il s'agit d'une moisissure (le *Penicillium notatum*), c'est-à-dire d'un champignon microscopique (appartenant à l'ordre des ascomycètes), dans l'autre d'un champignon supérieur (appartenant à l'ordre des basidiomycètes). On réunit généralement aujourd'hui sous le nom d'*antibiotiques* de telles substances microbicides extraites de végétaux inférieurs, microscopiques ou non. Cette dénomination est censée exprimer que les substances ainsi désignées servent à certains êtres vivants pour lutter contre leurs concurrents voisins (1). Les antagonismes des microbes et, en général, des végétaux, ou « antibiotoses » sont ainsi opposés au phénomène de « symbiose ».

Au point de vue chimique, il n'est pas encore possible de dire dans quelle mesure la clitocybine et la pénicilline ont une

constitution semblable. On peut, par contre, comparer dès à présent les propriétés physiques et chimiques immédiatement apparentes des deux substances. D'une façon générale, il semble que la clitocybine soit plus stable et plus résistante aux agents physiques et chimiques. Contrairement à la pénicilline, elle ne s'altère pas à l'air ni à l'oxygène. L'eau oxygénée paraît même, au contraire, favoriser sa formation. La clitocybine résiste fort bien à l'action des rayons lumineux et n'est pas affectée par une exposition de soixante heures au soleil. Elle est également moins *thermolabile* que la pénicilline, c'est-à-dire qu'elle est moins facilement altérée par chauffage : il faut la maintenir pendant une heure entre 70° et 80° pour la détruire, tandis que 40° à 50° suffisent pour détruire la pénicilline.

Les phénomènes d'adsorption et de solubilité auxquels donnent lieu les deux substances sont peu différents. Elles présentent le caractère commun d'être à la fois solubles dans l'eau et dans les solvants organiques (alcool, chloroforme, acétone, éther sulfurique). L'éluion de la clitocybine des produits absorbants est souvent malaisée, ce qui rend sa purification difficile et constitue par conséquent un grand obstacle à l'identification chimique de la substance.

(1) Il convient de préciser à ce propos que, si la clitocybine arrête le développement des microbes, elle n'est pas pour autant efficace contre les moisissures, contrairement à ce que laisserait supposer certaine théorie de l'« espace vital » conçue pour rendre compte de l'élaboration des antibiotiques par les végétaux inférieurs.

Enfin la clitocybine est active contre un plus grand nombre de microbes que la pénicilline. Comme cette dernière, et même plus facilement, elle détruit le staphylocoque doré. Mais, à la différence de la pénicilline, elle agit également sur les bacilles du groupe coli-typhique, ainsi que sur le bacille tuberculeux.

La clitocybine et le bacille de Koch

Le bacille tuberculeux, ou bacille de Koch, est un des très rares microbes pathogènes contre lesquels la science est restée désarmée à ce jour. La découverte successive au cours des dernières années des sulfamides (1), puis de la pénicilline, avait enrichi l'arsenal de la chimiothérapie de deux moyens efficaces de combattre la plupart des microbes qui étaient restés invaincus jusqu'alors. Malheureusement, ni les sulfamides ni la pénicilline ne se sont avérés efficaces contre le bacille de Koch qui, la guerre aidant, exerce même aujourd'hui plus de ravages que jamais (2). La tuberculose reste donc, avec le cancer, le dernier grand fléau restant à vaincre par la médecine moderne ; celle-ci ne sait encore user pour le combattre que de moyens détournés dont l'efficacité dépend en grande partie de la précocité de leur application.

C'est pourquoi M. Hollande, aussitôt qu'il eut découvert les propriétés bactériostatiques de la clitocybine, songea à essayer de les appliquer au bacille de Koch.

Le professeur Hollande est, d'ailleurs, un éminent spécialiste de ce bacille, à l'étude duquel il avait déjà voué une grande partie de ses travaux antérieurs. Sa première communication à ce sujet date de 1907, mais c'est plus jeune encore qu'il a fait ses débuts en bactériologie : il aime à raconter lui-même que, dès l'âge de douze ans, alors qu'il était élève au lycée de Chambéry, il avait souvent de mauvaises notes parce qu'au lieu d'étudier le latin et le grec il préférait se pencher sur les microscopes de son père, qui était professeur de sciences. M. Hollande, qui a professé de 1912 à 1922 la micrographie, puis la zoologie et la parasitologie à Nancy et à Strasbourg, occupe depuis 1922 la chaire de microbiologie de la Faculté de Pharmacie de Montpellier. Jointe à sa grande valeur, sa personnalité faite de simplicité et de modestie lui a toujours attiré toutes les sympathies. M. Hollande est connu par ses études sur la structure des cellules, mais surtout par ses travaux sur le bacille tuberculeux.

Les premiers essais de l'action de la clitocybine sur le bacille tuberculeux furent faits, on l'a vu, au moyen de la méthode de Fleming. Ils mirent aussitôt en évidence l'efficacité considérable du nouvel « antibiotique », qui s'avéra notamment encore plus actif contre le bacille de Koch que contre un microbe banal, le staphylocoque doré, puisqu'il faut une concentration cinq fois plus grande de clitocybine pour obtenir, toutes choses égales d'ailleurs, le même résultat sur celui-ci que sur celui-là. En ensemençant des bacilles de Koch à raison de 800 millions par centimètre cube sur milieu gélosé de Sauton, on obtient, malgré cette concentration énorme de bacilles, un cercle stérile de 8 à 9 cm de diamètre (fig. 9).

Ces premières expériences s'étant avérées positives, il fallait à présent passer aux essais *in vivo*, c'est-à-dire sur des animaux tuberculeux. Il était légitime de concevoir de cette étude les plus grandes espérances, mais il était bien évident aussi qu'elle serait hérissée de difficultés.

Dans l'application de la fameuse « formule de succès » selon Taylor (10 % d'inspiration plus 90 % de transpiration), l'idée initiale du professeur Hollande avait fourni le premier élément, mais un labeur acharné restait à accomplir.

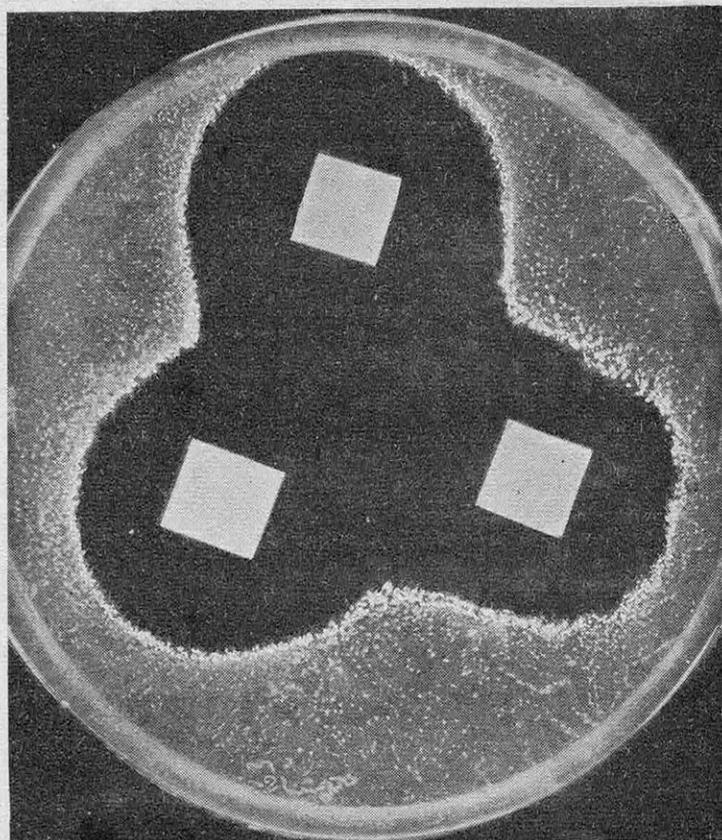


FIG. 6. — ACTION DE LA CLITOCYBINE SUR LE BACILLE TYPHIQUE

Le milieu gélosé a été ensemenché avec une suspension concentrée de bacilles typhiques. Les trois carrés de papier buvard sont imbibés respectivement d'extraits de chapeau, de pied et de lamelles de clitocybes. A la périphérie des cercles stériles, on remarque une prolifération microbienne particulièrement dense, vraisemblablement due à un effet de stimulation exercé par de très faibles doses de clitocybine.

(1) Voir : « Vers la guérison chimique des maladies infectieuses » (*Science et Vie*, n° 262, avril 1939, p. 287).

(2) Voir : « La sous-alimentation » (*Science et Vie*, n° 341, février 1946, p. 64).

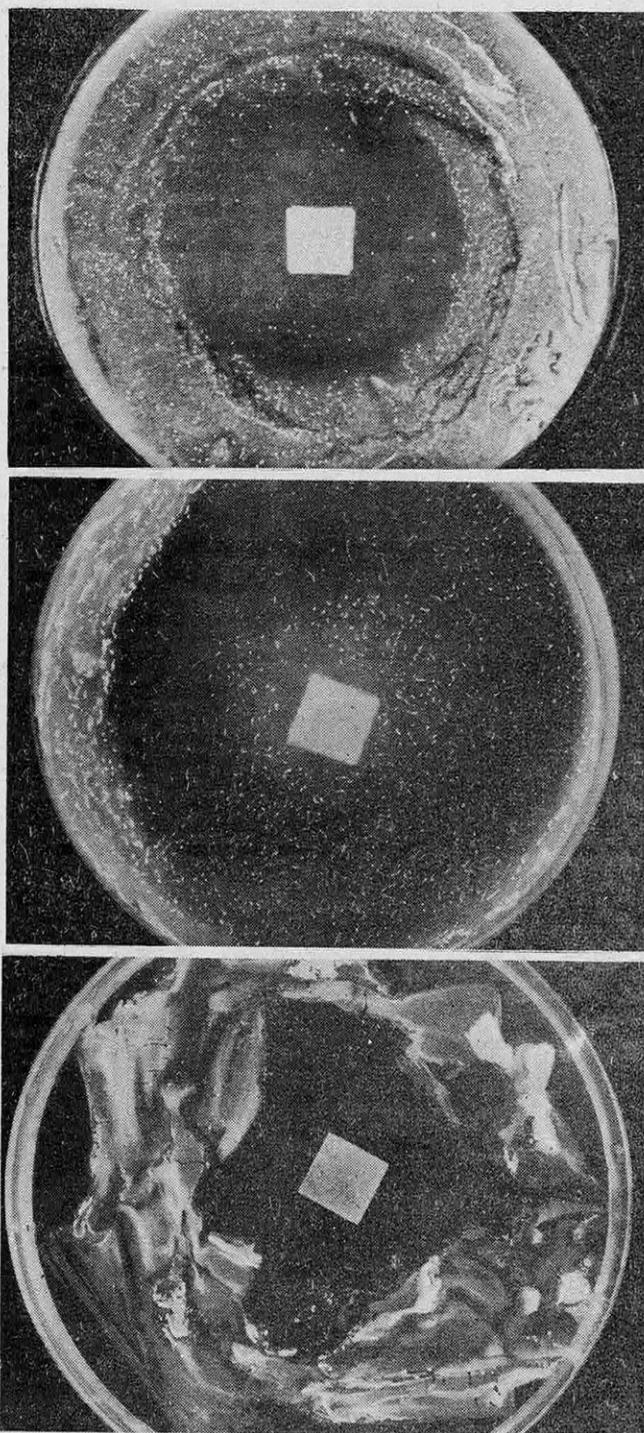


FIG. 7, 8 ET 9. — ACTION DE LA CLITOCYBINE SUR LE BACILLE DE KOCH

Sur la figure 8, le contenu de la boîte a été presque entièrement stérilisé par la clitycybine imbibant le papier buvard. La zone claire immédiatement voisine de celui-ci est due à un effet causé par le fond bombé de la boîte. La figure 9 représente un milieu qui a été très abondamment ensemencé de bacilles de Koch (800 millions par centimètre cube); d'épais paquets de colonies microbiennes ont été pénétrés.

Clitycybine brute et clitycybine purifiée

Le premier écueil se présente aussitôt que l'on tente d'injecter l'extrait aqueux de « clitycybine brute » à un cobaye tuberculeux : celui-ci ne tarde pas à présenter, au point d'injection, un fort œdème et un prurit intense (1) avec suffusion sanguine et ulcération ; en termes moins savants, disons qu'il éprouve de vives démangeaisons accompagnées d'enflure et de saignements sous-cutanés. A force de se gratter, l'animal finit par s'écorcher et sa plaie se met à suppurer. Quelque temps après, il meurt consécutivement à cette unique piqûre. C'est donc que l'extrait aqueux injecté contenait, en plus de la clitycybine proprement dite, une substance toxique qu'il faut éliminer. Ce résultat n'a d'ailleurs rien d'étonnant si l'on se souvient que le clitycybe n'est comestible que cuit ; cru, il donne lieu à des intoxications, qui sont probablement dues au même principe chimique qui cause ici la mort du cobaye. Mais comment séparer la clitycybine de ce principe ?

Toute personne qui a étudié le bacille de Koch sait que la caractéristique physiologique essentielle de ce microbe est d'être entouré d'une couche cirreuse épaisse, constituant à peu près le tiers du poids total du microbe, et composée d'un mélange de graisses et de cires dont certaines sont banales et d'autres particulières (comme celles à base d'acide tuberculostéarique ou phtioïque). C'est précisément l'inertie chimique et l'imperméabilité physique de cette couche ciro-graisseuse qui rend le bacille de Koch insensible à toutes les substances qu'on a jusqu'ici essayé de lui opposer. Pour que, contrairement aux autres médicaments, la clitycybine soit capable de pénétrer cette carapace, c'est qu'elle a la propriété de se dissoudre dans les graisses et cires qui la composent, d'être liposoluble. Si le produit toxique mêlé à la clitycybine dans l'extrait brut est au contraire dépourvu de cette propriété, on a ainsi le moyen de séparer les deux substances. Effectivement, l'expérience montre que la clitycybine traitée à l'éther sulfurique, qui est un solvant des graisses, et par conséquent des produits liposolubles, puis redissoute dans l'eau, perd toute toxicité. Injectée à doses massives et répétées à un cobaye, elle ne produit plus de prurit, d'œdème, ni d'ulcération. Cette clitycybine purifiée pourra donc être utilisée sans inconvénient pour effectuer des expériences sur des cobayes tuberculeux.

(1) Il est intéressant de remarquer que la pénicilline légèrement altérée produit le même effet.

La clitocybine et la tuberculose du cobaye

Un des premiers essais de M. Hollande fut mené de la manière suivante. Un lot de cobayes fut inoculé de bacilles particulièrement virulents (souche Ratti) au nombre d'environ 10 000 par sujet (fig. 10 et 11). Après un laps de temps suffisant pour laisser la maladie atteindre un stade très avancé — vingt-cinq jours —, un des animaux fut soumis au traitement à la clitocybine, les autres servant de témoins. Le traitement dura vingt-sept jours, à raison de deux injections par jour (fig. 10 et 11), et l'animal fut sacrifié dix jours après la dernière injection, en même temps que le seul témoin qui n'avait pas encore succombé. Le sujet traité avait alors augmenté de poids de 8 %, après avoir perdu 28 % pendant la période précédant le traitement. Voici quels résultats furent trouvés à l'autopsie comparative : Le sujet témoin présentait les caractéristiques habituelles de la tuberculose du cobaye : ganglions caséux, rate et poumons hypertrophiés et présentant des lésions remplies de caséum (1). Le sujet traité avait, au contraire, des ganglions peu caséux, la rate et les poumons n'étaient nullement hypertrophiés. Ces organes présentaient certes quelques lésions. Mais leur aspect peu caséux, leur petitesse et la présence d'un épais bourrelet gris autour de la lésion montraient que l'évolution de la maladie avait cessé par le fait du traitement, et même qu'un processus de défense inhabituel avait commencé à se manifester.

(1) Le *caseum* (du latin *caseum* = fromage, par allusion à sa consistance) est un tissu pathologique caractéristique d'un certain stade de l'évolution des lésions tuberculeuses.

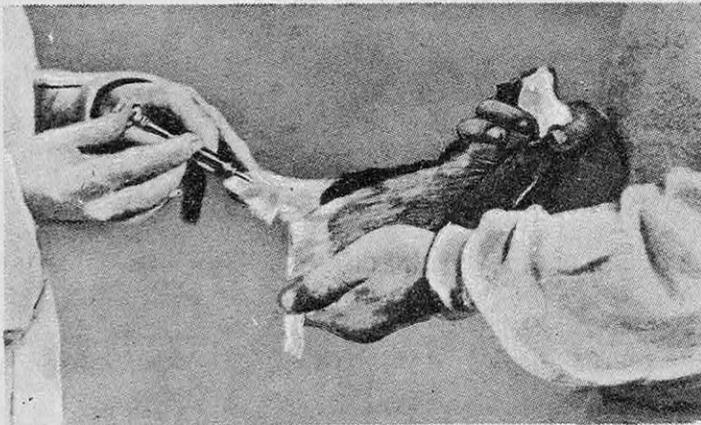


FIG. 10. — INOCULATION SOUS-CUTANÉE DU COBAYE, A LA CUISSE
C'est le mode d'inoculation le plus couramment employé. L'inoculation dans les vaisseaux sanguins ou les viscères ne se pratique que pour réaliser certaines conditions particulières, en vue par exemple d'étudier la tuberculose généralisée.

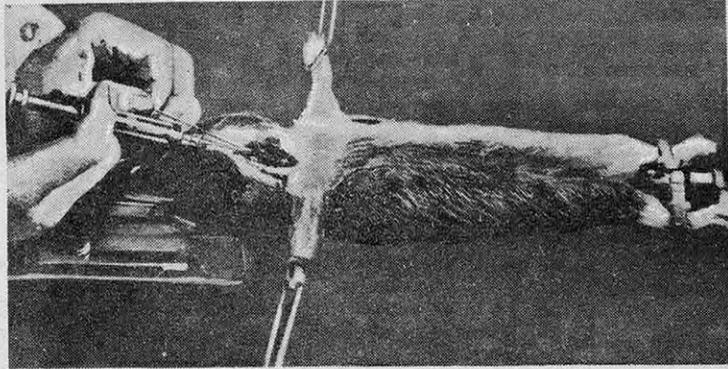


FIG. 11. — INOCULATION INTRAVEINEUSE DU COBAYE

Le cobaye n'ayant pas de veine superficielle facilement accessible, on pratique l'injection dans la veine jugulaire préalablement mise à nu par incision et dissection. Aussitôt après, on pratique l'hémostase à l'aide d'une petite pince que l'on laisse en place quelques minutes avant de refermer la plaie. Ce mode d'inoculation, très délicat, est assez peu courant.

Pour mieux comprendre la portée de ces résultats, arrêtons-nous un instant à étudier les grandes lignes du développement habituel de la tuberculose dans les tissus.

Comment évolue la tuberculose dans les tissus

Il est bien connu que le terrain d'élection du bacille de Koch est le tissu pulmonaire. C'est donc du processus évolutif *pulmonaire*, qui nous intéresse au premier chef, qu'il est particulièrement question ici.

Pour expliquer cette prédilection du bacille tuberculeux pour le tissu pulmonaire, Calmette disait : « La prédominance des localisations pulmonaires résulte de ce que, dans le tissu conjonctif lâche qui circonscrit les alvéoles et les petites bronches, les lacs lymphatiques et les capillaires sanguins sont le siège d'une circulation plus ralentie que dans tout autre organe. »

Ajoutons que le mouvement continu qui agite le poumon y favorise également l'activité des bacilles tuberculeux.

Le bacille de Koch pénètre habituellement dans le tissu pulmonaire par les voies aériennes. Il est immédiatement attaqué par des leucocytes (globules blancs) qui cherchent à le manger. Mais les bacilles étant plus forts que les leucocytes isolés, ceux-ci sont obligés, pour accroître leur pouvoir phagocytant, de fusionner en grand nombre de façon à former une « cellule géante ». Celle-ci va constituer le noyau du *follicule tuberculeux* ou « tubercule », nodosité grisâtre ayant, au début, la grosseur d'une tête d'épingle (fig. 12). Outre la cellule géante, le *follicule* ou *nodule* tuberculeux comprend une couronne de

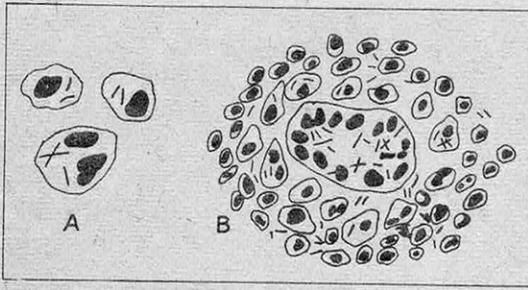


FIG. 12. — FORMATION DU NODULE OU FOLLICULE TUBERCULEUX

A, Phagocytose de bacilles de Koch par des leucocytes mono- et polynucléaires; — B, Schéma du follicule tuberculeux, comprenant une « cellule géante » farcie de bacilles de Koch, entourée de leucocytes (dont un certain nombre contiennent des bacilles) et, à la périphérie, de lymphocytes.

leucocytes poly- et mononucléés (à l'intérieur desquels et entre lesquels on trouve également quelques bacilles) et, à la périphérie, des lymphocytes (globules de lymphé). Cette formation concentrique constitue un dispositif stratégique destiné à circonscrire l'action des bacilles dans un espace limité, ce qui se produit, par exemple, si le nodule devient fibreux et dur, se « calcifie ». Mais, en général, l'évolution de la maladie se poursuit, plusieurs tubercules voisins fusionnent, et quelque temps après commence la caséification de la masse nodulaire. La caséification, qui consiste en une dégénérescence des cellules géantes sous l'effet des bacilles qu'elles contiennent, donne au tissu une consistance de fromage mou, d'où son nom. Elle peut aboutir soit au ramollissement complet du tissu, dont l'évacuation produit une « caverne » (fig. 14), soit au contraire, en cas de guérison, à l'organisation d'un tissu de sclérose qui encercle les tubercules et les remplace progressivement.

On comprend ainsi que l'absence de caseum (ou sa présence en faible quantité seulement) dans les lésions tuberculeuses du cobaye traité à la clitocybine puisse être interprétée comme un indice de l'arrêt de l'évolution de ces lésions au stade qui précède la caséification. Que voyons-nous à présent si, non contents d'une autopsie sommaire, nous examinons au microscope les tissus des organes malades de l'animal traité ?

La lyse des bacilles par la clitocybine

Le tissu pulmonaire du cobaye tuberculeux traité à la clitocybine présente un aspect fort différent de ce qu'on trouve ordinairement. Il n'est évidemment

pas possible d'en faire ici une description précise, qui ne présenterait d'intérêt que pour les spécialistes de l'histopathologie tuberculeuse. On peut cependant dire que, dans l'ensemble, les cellules sont beaucoup moins altérées que dans les lésions tuberculeuses habituelles du cobaye. La chromatine nucléaire est encore bien visible.

Dans l'évolution habituelle de la maladie, les leucocytes s'avèrent impuissants à phagocyter les bacilles. Ils ne peuvent en incorporer qu'un petit nombre, ne peuvent les digérer, et succombent avant d'avoir pu inclure dans leur protoplasme plus de quelques bacilles. Ici, au contraire, on trouve fréquemment des leucocytes dont le protoplasme est bourré de bacilles tuberculeux, ce qui prouve que la clitocybine les a empêchés de succomber à l'« indigestion » des premiers bacilles ingérés (fig. 15). Les bacilles contenus dans ces leucocytes sont visiblement en voie de destruction, car ils présentent des déformations montrant qu'ils sont déjà fortement altérés.

On trouve également un grand nombre de bacilles altérés en dehors des cellules (fig. 16). Ils présentent, eux aussi, des déformations diverses. Les bacilles subissent donc déjà des modifications importantes de leurs fonctions physiologiques avant de devenir la proie des leucocytes. Enfin, les lésions tuberculeuses du cobaye traité à la clitocybine contiennent des paquets et des chaînes de bacilles agglutinés, plus ou moins fortement altérés (fig. 17). Parfois même ces paquets ne forment plus qu'une masse amorphe dans laquelle on distingue à peine un ou deux corps microbiens non encore lysés (c'est-à-dire détruits en tant qu'individus).

La clitocybine provoque donc la lyse de bacilles intra- et extracellulaires dans les lésions tuberculeuses, résultat qui, il faut le souligner, n'avait encore jamais pu être obtenu. Or, dans les expériences *in vitro*, c'est-à-dire sur milieu

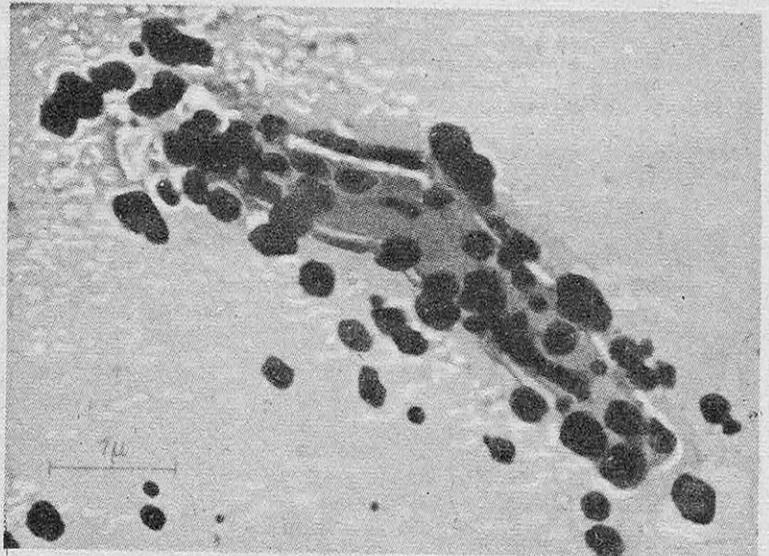


FIG. 13. — BACILLE DE KOCH VU AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE (GROSSISSEMENT: 16 000)

Le bacille représenté appartient au type bovin. Les granulations qui l'entourent accompagnent souvent les bacilles tuberculeux (Jacob et Mahl).

non vivant, on avait bien constaté l'arrêt du développement des microbes, mais non leur destruction totale. Il est donc probable que la clitocybine exerce sur eux un effet tel que leur invulnérabilité habituelle aux substances que l'organisme leur oppose est annihilée. M. Hollande suggère que c'est moins leur carapace cireuse qui empêche habituellement les bacilles de Koch d'être phagocytés qu'une action antidiastatique, qui serait inhibée par la clitocybine.

Il est donc bien permis de dire que le *bacille de Koch* est vaincu. Mais de là à pouvoir dire que la tuberculose serait vaincue du même coup, quelle est la distance qui reste à parcourir ?

Problèmes à résoudre

Pour probants qu'ils soient, les examens microscopiques dont nous avons fait état ne permettent encore d'affirmer ni que la tuberculose est vaincue, ni même en toute rigueur qu'elle le sera. On ne saurait mieux faire le point de la situation qu'en répétant les paroles du professeur Hollande lui-même dans sa communication à l'Académie des Sciences : « Quelques essais de traitement sur le cobaye tuberculeux ont été effectués ; on constate soit l'absence de bacilles dans les lésions, soit la lyse totale des bacilles. *L'injection au cobaye neuf du broyat de telles lésions, après un traitement intensif, montrera si une stérilisation complète par la clitocybine est possible.* »

Une expérience fondée sur ce principe a été tentée. Un cobaye inoculé depuis quinze jours est traité à la clitocybine pendant douze jours, puis sacrifié deux jours après la fin du traitement. Les lésions produites par les bacilles au cours des quinze premiers jours sont alors prélevées. Elles sont totalement dépourvues de bacilles. On les broie, et les injecte à un autre cobaye, pris en parfait état de santé. Mais cet animal ne survit que dix-sept jours et meurt après avoir perdu 17 % de son poids. A l'autopsie, il ne présente aucune lésion aux poumons, ni à la rate, ni aux ganglions. Ce n'est donc pas à la tuberculose qu'il a succombé. Mais quelle est la cause de sa mort ? La toxicité des organes injectés, toxicité qui serait due à l'action des bacilles, ou à leur lyse ? Cette question est encore sans réponse, et des recherches sont en cours pour la résoudre.

Mais ce point délicat ne constitue qu'un des nombreux problèmes qui restent à résoudre. En effet, lors même qu'on aura trouvé le moyen de rendre inoffensifs pour un autre animal les organes d'un cobaye tuberculeux, se posera le problème capital de la cicatrisation des lésions : il reste encore à établir dans quelle mesure les lésions de l'animal traité à la clitocybine, une

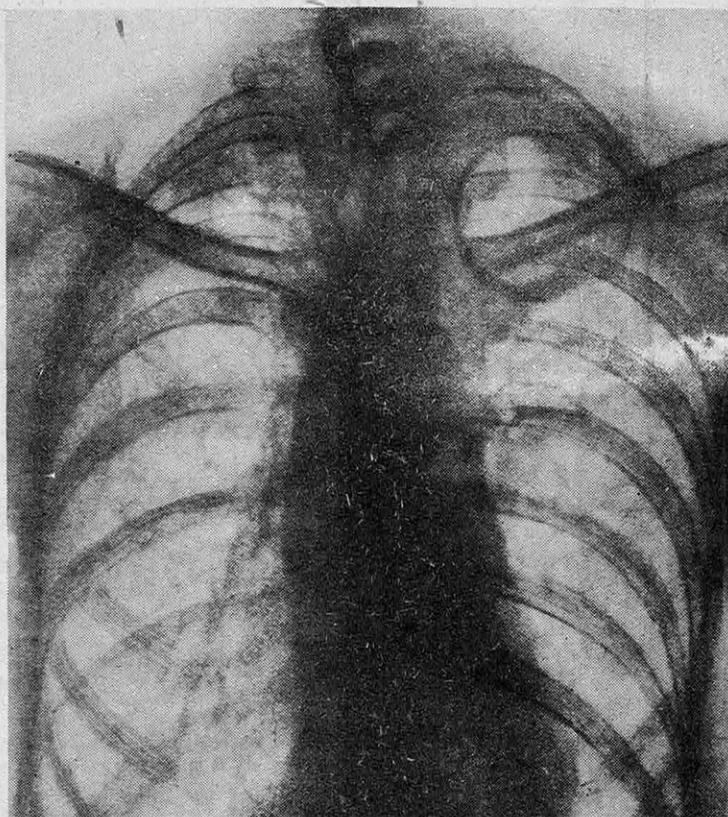


FIG. 14. — CAVERNE TUBERCULEUSE

On voit ici l'aspect que présente à l'examen radiologique une lésion tuberculeuse « excavée ». Le tissu caséux ramolli a été éliminé, et la cavité ainsi formée est limitée par une zone plus dense qui la sépare du tissu sain.

fois débarrassées des bacilles qui les ont causées, sont susceptibles d'évoluer vers la cicatrisation, donc vers la guérison. La clitocybine n'a encore permis à ce jour que d'enrayer les ravages causés par les bacilles, et il reste à les réparer. Le processus habituel de cicatrisation ne commence le plus souvent, on l'a vu, qu'après le stade de la caséification, et la clitocybine modifie celle-ci profondément. Les lésions pourront-elles néanmoins se refermer spontanément en suivant un processus différent ? Sera-t-il au contraire nécessaire de mettre au point un second traitement susceptible de provoquer ou d'aider la cicatrisation, après la stérilisation par la clitocybine ? Autant de questions auxquelles l'expérimentation systématique sur l'animal devra répondre dans les mois et les années qui viennent.

Mille autres problèmes de cet ordre se posent encore, et l'on conçoit que des travaux longs et minutieux puissent seuls permettre de les résoudre.

On comprend également que, jusqu'à ce qu'ils soient résolus, la conscience médicale interdise au savant de pratiquer aucune expérience sur l'homme.

Les résultats des premières expériences du professeur Hollande ont souvent été mal interprétés dans le grand public et particulièrement parmi les malades. Certains incidents regret-

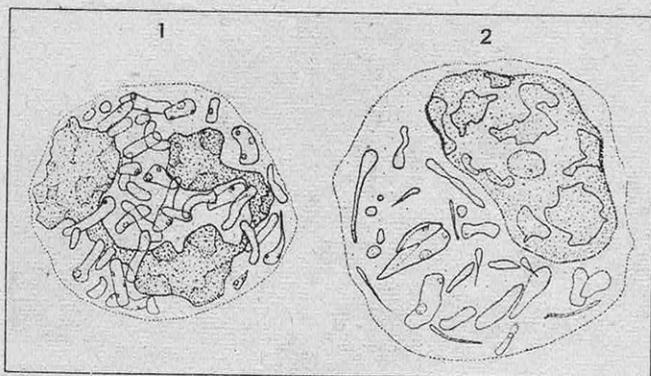


FIG. 15. — PHAGOCYTOSE MASSIVE ET LYSÉ INTRACELLULAIRE DES BACILLES DANS LES POUMONS D'UN COBAYE TRAITÉ A LA CLITOCYBINE

En 1, leucocyte polynucléé dont le protoplasme est bourré de bacilles. En 2, leucocyte mononucléé dont le protoplasme renferme des bacilles en état de digestion avancée.

tables se sont produits (1), dont on doit surtout incriminer les titres sensationnels sous lesquels une bonne partie de la grande presse a publié les informations relatives à ces expériences, laissant ainsi croire que la tuberculose était sur le point d'être vaincue, ou même que c'était déjà chose faite.

Le professeur Hollande a, au contraire, toujours insisté sur la patience dont devaient encore faire preuve les malades avant qu'il soit possible de leur appliquer sa découverte, et la nécessité de continuer d'appliquer pour le moment les traitements éprouvés. Ne déclarait-il pas, il y a quelques mois : « Je ne pouvais pas ne pas divulguer ma découverte (2). Pourtant je suis navré devant l'immense vague d'espoirs encore prématurés que ma découverte a suscités chez les malheureux allongés. Oui, les résultats déjà obtenus autorisent de grandes et légitimes espérances. Le fruit est là, laissons-lui le temps de mûrir. N'oublions pas que la pénicilline, découverte en 1929, ne fut utilisée en grand qu'en 1942 seulement. »

On est en droit d'espérer qu'un délai aussi long ne sera pas nécessaire. Il faut toutefois, selon les plus récentes déclarations de M. Hollande, envisager un *minimum* de deux ou trois ans avant qu'on puisse affirmer que la tuberculose sera vaincue : la tuberculose est une maladie à évolution lente, et elle impose ce caractère à toutes les études dont elle est l'objet. Pour le moment il est impossible de donner suite à aucune des offres faites par de nombreux malades qui se proposent comme « cobayes volontaires ». Il faut laisser au professeur Hollande et à ses collaborateurs le temps d'accomplir le labeur acharné qui doit permettre de mettre au point l'utilisation de la clitocybine en

(1) On a signalé de véritables révoltes dans certains sanas, les malades refusant d'être traités autrement que par la clitocybine.

(2) Cette divulgation a été dictée par le seul souci d'éviter que la France soit frustrée d'une légitime priorité. M. Hollande savait que les Anglais, les Russes et les Américains étudiaient systématiquement les propriétés antibactériennes de nombreux végétaux inférieurs et risquaient ainsi de découvrir, eux aussi, celles du clitocybe.

thérapeutique. Il faut surtout mettre à leur disposition le maximum de moyens d'action pour hâter l'obtention de ce résultat. Qu'a-t-on déjà fait dans ce domaine ?

Les moyens mis en œuvre

Il y a quelques mois encore. M. Hollande travaillait seul dans son laboratoire, avec sa femme pour unique assistant. Encore cette dernière était-elle très absorbée par d'autres fonctions qui lui incombaient. L'équipe, qui n'était complétée que par un aide technique, se trouvait évidemment, de quelque bonne volonté fût-elle animée, aux prises avec une tâche disproportionnée avec sa capacité de travail. Elle se trouvait, de plus, considérablement gênée par la pauvreté des moyens matériels dont elle disposait. Enfin les quantités de matière première en possession de M. Hollande étaient minimes. On était donc en droit de craindre qu'une fois de plus une magnifique découverte française ne pût être mise au point en notre pays et fût appliquée à l'étranger avant de l'être chez nous.

Or, il semble que, cette fois-ci, les autorités compétentes aient mesuré leur responsabilité, et soient décidées à mettre tout en œuvre pour que le manque de moyens matériels ne vienne pas freiner le développement des travaux du professeur Hollande. Six assistants et un équipement scientifique considérable sont à présent à sa disposition. Un centre d'élevage d'animaux de laboratoire a été fondé à Montpellier. La générosité de l'administration préfectorale a permis de donner une première impulsion aux recherches. Le Centre National de la Recherche Scientifique s'est engagé à ne pas ménager les crédits, et l'on espère qu'il tiendra ses promesses. En attendant, des initiatives privées viennent apporter leur aide, et un grand journal du Midi a organisé une souscription qui a permis de remettre plus de 6 millions à M. Hollande. On

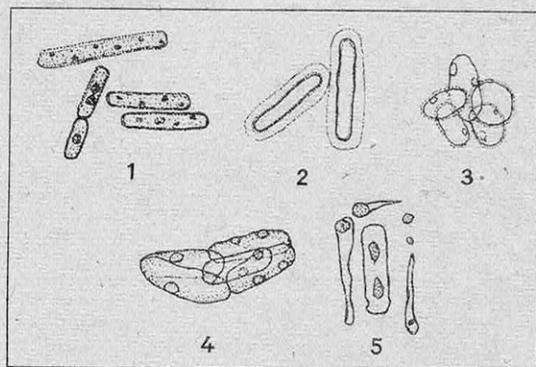


FIG. 16. — LYSÉ DE BACILLES EXTRACELLULAIRES

1, aspect normal des bacilles de Koch; — 2, bacilles auréolés; — 3, bacilles ovoïdes ou sphériques; — 4, masse formée par l'agglomération de quelques bacilles en voie de lyse; — 5, destruction totale des bacilles. Ces cinq aspects représentent différents stades des déformations des bacilles au cours de leur lyse.

signale même des gestes touchants, tel celui d'écoliers qui ont décidé de faire périodiquement des collectes entre eux afin de contribuer à payer les frais de ramassage de clitocybes et de servir d'exemple à tous les Français.

Les efforts conjugués des organismes officiels et du public permettent ainsi de pousser les recherches à fond sans qu'aucun obstacle d'ordre matériel vienne les entraver.

Les travaux en cours

Une organisation rationnelle des recherches a également été mise sur pied, et, à l'heure actuelle, l'équipe de Montpellier n'est plus seule à étudier la clitocybine. Elle travaille en étroite liaison avec trois autres centres de recherches qui ont été créés à Grenoble (sous la direction du professeur Nobécourt), à Paris (M. Rivière) et à Bruxelles (professeur Vermeulen).

MM. Hollande et Nobécourt se sont particulièrement attachés à résoudre le problème de la culture artificielle du clitocybe, car les quantités dont on disposait étaient très insuffisantes : le champignon ne se trouve dans la nature qu'en septembre et dans des lieux difficilement accessibles situés en haute montagne. La culture en ballons est à présent au point, et un centre de production artificielle de clitocybes est installé à l'Institut de Chimie de Montpellier. On utilise la carotte ou le navet comme supports avec adjonction de milieux synthétiques appropriés. Le champignon se développe rapidement et la teneur en clitocybine est doublée par l'apport de métabolites spéciaux.

De plus, des champignonnières cultivant habituellement le champignon de couche ont également entrepris la culture du clitocybe et envisagent d'en produire prochainement 100 à 150 kg par jour. On disposera ainsi de matière première tout au long de l'année, indépendamment des vicissitudes des saisons et de la cueillette. Du reste, les clitocybes naturels ne seraient pas négligés pour autant et leur récolte sera organisée cet été.

MM. Rivière et Vermeulen se préoccupent plus spécialement de l'isolement et de la définition chimique de la clitocybine, avec pour but l'établissement de sa formule de constitution

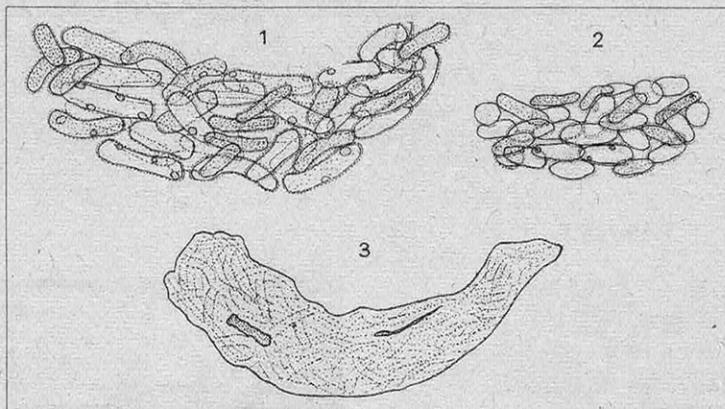


FIG. 17. — LYSE DE BACILLES EN CHAINETTES

En 1, amas de bacilles en forme de chaînette : certains individus sont hypertrophiés, et le colorant utilisé pour les rendre plus visibles a moins bien pris sur eux. En 2, autre amas de bacilles, contenant des formes ovoïdes ou sphériques. En 3, masse informe provenant de la lyse totale de tous les bacilles d'une chaînette. Un seul « cadavre » de bacille a encore gardé son individualité et témoigne de l'origine de la masse totale.

qui doit permettre un jour d'en réaliser la synthèse chimique. M. Hollande a déjà pu obtenir la clitocybine en solution aqueuse pratiquement pure en éliminant, sans l'altérer, les pigments, protéines et substances diverses qui l'accompagnent. La concentration de cette solution permettra d'obtenir la clitocybine chimiquement pure sous forme de poudre.

Les objectifs immédiats que se sont assignés le professeur Hollande et ses collaborateurs sont donc :

- la culture du clitocybe sur une vaste échelle pour disposer de matière première en grande quantité en vue d'approfondir et d'étendre les expériences en cours sur l'animal ;

- la purification et l'isolement du principe chimique de la clitocybine en vue d'étudier scientifiquement ses propriétés physiques, chimiques et biologiques.

À l'heure actuelle, ces deux étapes sont en bonne voie d'être franchies, et les savants français pourront bientôt se consacrer à l'étude systématique de l'action de la clitocybine sur la tuberculose animale. Si celle-ci donne les résultats que l'on est en droit d'espérer — et seulement lorsqu'on sera définitivement fixé à ce sujet, — il sera ensuite possible d'expérimenter l'application de la clitocybine à la tuberculose humaine.

Jean HÉRIBERT

Notre numéro spécial « ARTILLERIE ATOMIQUE » est complètement épuisé. Nous ne pouvons plus accepter de commandes. Prière de ne plus nous adresser de fonds pour cet ouvrage.

A CÔTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

UN HYDRAVION MONSTRE : LE « HERCULES » DE 180 TONNES

Les chantiers Hughes de Culver City, aux États-Unis, achèvent actuellement la construction d'un gigantesque hydravion à coque, le Hughes-Kaiser HK-1 « Hercules », qui ne pèsera pas moins de 180 t et a coûté jusqu'ici plus d'un milliard de francs. Cet appareil a été conçu à l'origine, en 1942, comme transport de troupes : il devait emporter 400 hommes avec leur équipement complet, ou bien 750 hommes non équipés, ou encore 350 blessés avec le personnel infirmier correspondant, ou bien encore un char de 60 tonnes non démonté, etc. Aujourd'hui, c'est comme cargo aérien que l'on achève sa construction, encore que nombre

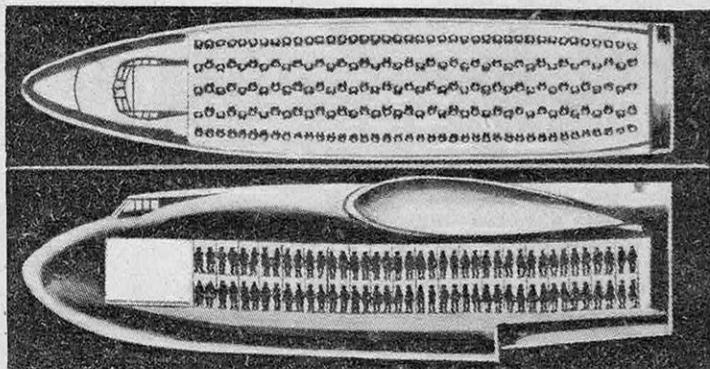


FIG. 1. — LE « HERCULES » AMÉNAGÉ POUR LOGER 400 HOMMES ARMÉS ET ÉQUIPÉS

de techniciens ne le croient pas susceptible d'une exploitation économique.

Le « Hercules » est construit entièrement en bois, pour la raison principale que, lorsqu'il

a été mis en chantier, les besoins de l'économie de guerre ne permettaient pas de lui affecter de métaux légers. De ce fait, la construction s'est montrée assez onéreuse, bien que l'on

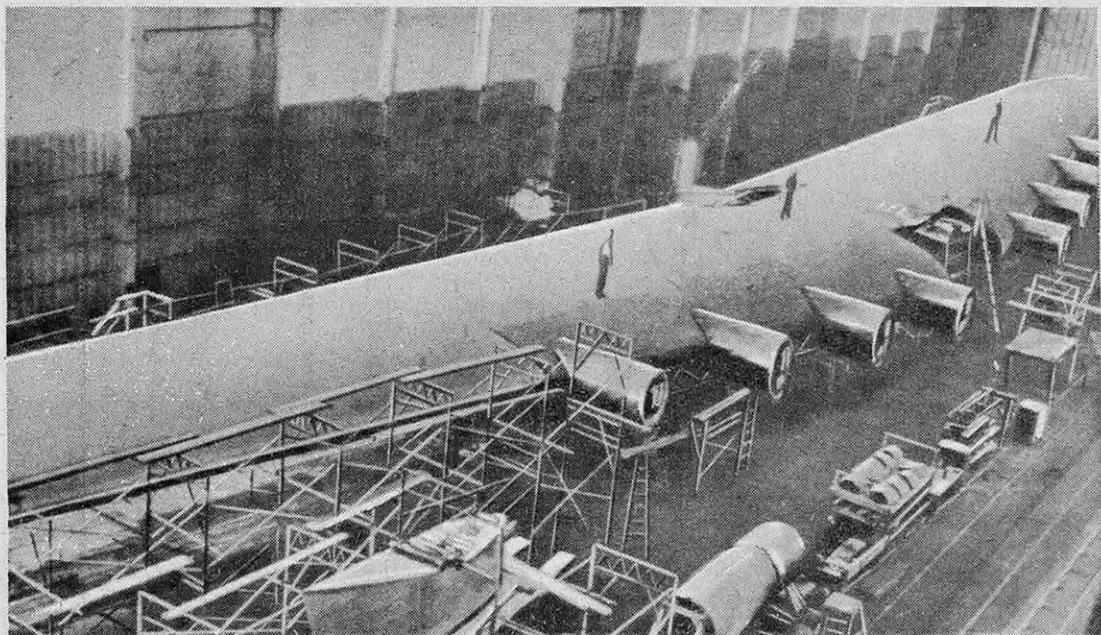


FIG. 2. — L'AILE GÉANTE DU « HERCULES », LONGUE DE 96 M

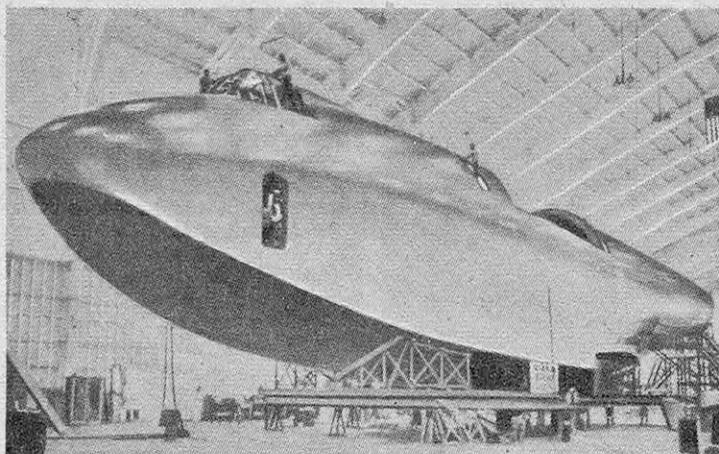


FIG. 3. — LA GIGANTESQUE COQUE DU HK-1 « HERCULES », LONGUE DE 67 M, LARGE DE 7,5 M, HAUTE DE 9 M

ait fait appel aux techniques les plus perfectionnées, fondées sur l'emploi de bois pré-conditionnés contre les moisissures, laminés et imprégnés de résines diverses suivant le procédé Duramold (1). Les colles utilisées sont des résines à base de phénol-formaldéhyde pour les contreplaqués extérieurs, d'urée-formaldéhyde pour les barres et les longerons, de résorcinol-formaldéhyde pour les joints de la coque.

Les dimensions principales de l'hydravion « Hercules » sont : 96 m d'envergure, 67 m de longueur et 9,10 m de haut. L'intérieur de la coque, large de 7,5 m, donne l'impression de la cale d'un cargo plutôt que d'un appareil volant. La propulsion doit être assurée par 8 moteurs Pratt et Whitney « Wasp Major » à refroidissement à air, développant 3 500 ch au décollage et 3 000 ch en vol normal, possédant chacun 28 cylindres. La puissance totale installée sur l'hydravion est ainsi de 24 000 ch en croisière et de 28 000 ch au décollage. Les hélices, à pas réversible pour faciliter les manœuvres à flot, sont à 4 pales, de 5,25 m de diamètre. Les moteurs sont contrôlés à distance, non par câbles, mais par transmission pneumatique et les gouvernes sont actionnées par servo-moteurs hydrauliques.

Les performances de l'appareil sont modestes. Vitesse maximum : 350 km/h ; vitesse

de croisière : 280 km/h ; longueur de décollage : 1 650 m ; rayon d'action : 5 630 km. La réserve de combustible, de 53 000 l, est stockée dans 14 réservoirs aménagés dans les fonds de la coque.

Le « Hercules » doit être lancé l'été prochain dans la baie de San Pedro, à 45 km des usines. On y construit pour cela un dock spécial où sera effectuée la fin du montage. Le transport depuis l'usine

exigera le fractionnement de l'appareil en trois parties, et, malgré cela, vingt-trois entreprises qui se trouvent sur le trajet devront déplacer les conduites et canalisations télégraphiques et téléphoniques qui s'opposent à l'opération.

UN PROJET DE PORTE-AVIONS EN GLACE

Au cours de l'année 1942, les pertes de tonnage marchand du fait de la guerre sous-marine avaient pris une telle ampleur que des solutions nouvelles au problème de l'escorte des convois, surtout de leur escorte aérienne, étaient ardemment souhaitées en Grande-Bretagne. Le rayon d'action borné des chasseurs et patrouilleurs basés à terre ne leur permettait de surveiller que de faibles tronçons de la route de l'Atlantique nord, et il aurait été impossible à cette époque de trouver un nombre suffisant de porte-avions disponibles pour couvrir l'espace intermédiaire. Il était naturel, dans ces circonstances, que l'on songeât à faire revivre les anciens projets d'îles flottantes où, non seulement les appareils de surveillance des convois auraient été basés,

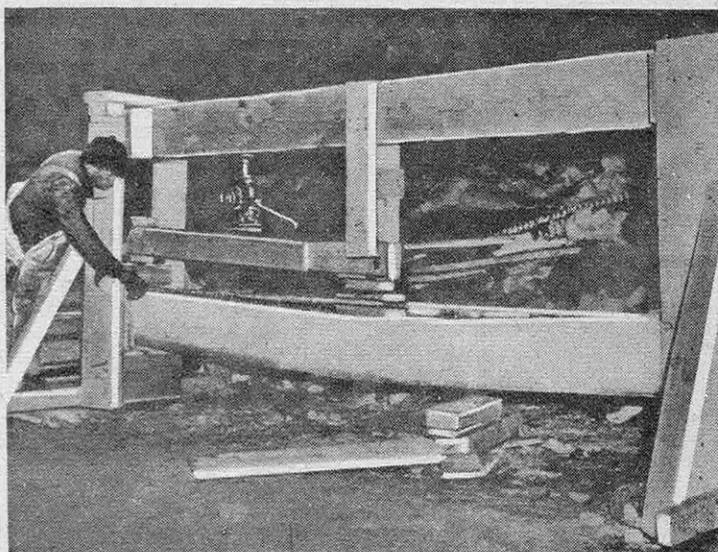


FIG. 4. — L'ESSAI DE RÉSISTANCE D'UN BLOC DE « PYKRETE », MÉLANGE DE GLACE ET DE PULPE DE BOIS

La glace pure s'étant montrée trop fragile, surtout lorsqu'un projectile vient la frapper, on mit au point, en Grande-Bretagne et au Canada, le « pykrete », glace contenant 16 % de pâte ou pulpe de bois, que ses propriétés rapprocheraient du ciment.

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

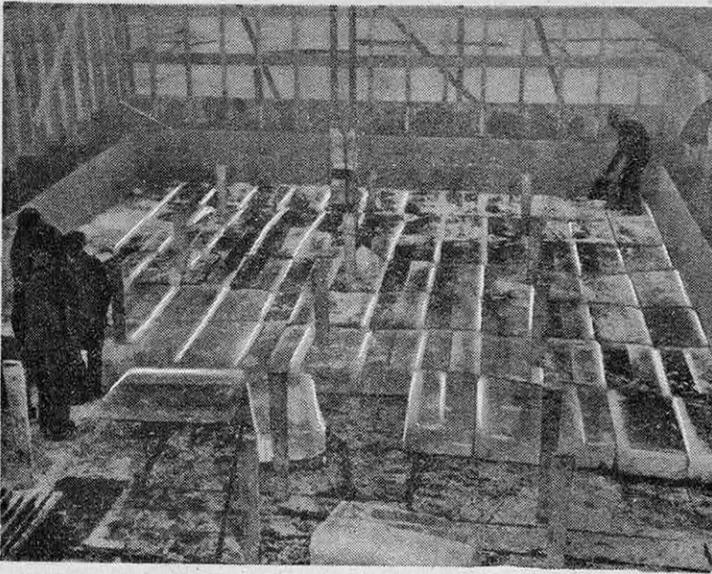


FIG. 5. — UN DES PREMIERS ESSAIS DE CONSTRUCTION D'UNE COQUE DE NAVIRE EN GLACE

Les blocs de glace sont rangés et entassés sur un radeau en bois, puis immergés. C'est suivant cette technique, mais sur une beaucoup plus grande échelle, et en noyant dans la masse des canalisations de refroidissement, que devait être construit le porte-avions géant Habbakuk.

mais qui auraient pu servir d'escalas de ravitaillement aux avions de combat fabriqués en Amérique et gagnant les Iles britanniques par leurs propres moyens.

En septembre 1942, M. Geoffrey Pyke, alors directeur des Programmes au Quartier Général des Opérations Combinées, proposa de construire de gigantesques porte-avions insubmersibles, déplaçant 2 millions de tonnes, longs de 600 m, et construits entièrement en glace. Dans les parois, garnies d'un revêtement isolant, de la coque et du pont, de 12 m d'épaisseur, donc à l'épreuve des obus, des bombes et des torpilles, des canalisations de refroidissement alimentées par une centrale frigorifique devaient empêcher la fusion de la glace. La propulsion devait être turbo-électrique, avec une centrale au centre de la coque alimentant vingt-six hélices indépendantes, réparties dans des fuseaux tout le long de la coque, treize de chaque bord. Malgré son audace, ce projet fut pris en considération et des essais furent immédiatement entrepris, d'abord en Grande-Bretagne, puis surtout au Canada. Dès l'origine, on fut amené à renoncer à la glace pure dont les qualités mécaniques et sur-

tout la résistance au choc des projectiles furent jugées insuffisantes, et l'on mit au point un composé de glace (84 %) et de pulpe de bois (16 %), auquel on donna le nom de « pykrete » (cette appellation évoque à la fois le nom du promoteur du projet, M. Pyke, et le béton, que les Anglais appellent *concrete*). Ce mélange posséderait des qualités qui l'apparenteraient au ciment, du point de vue de la résistance à la compression et à la pénétration des projectiles.

Un modèle réduit de navire en « pykrete » fut réalisé à Patricia Lake (Alberta). Il mesurait 18 m de long, 9 m de large et 6 m de tirant d'eau. Il était constitué par la juxtaposition de blocs de glace posés un à un sur un berceau en bois et soudés ensemble par le gel. La coque une fois formée et le système de réfrigération mis en marche, le navire fut abandonné en eau profonde, où il se comporta d'une manière suffisamment satisfaisante pour que l'on envisageât de passer sans plus attendre à la construction des porte-avions géants. Des emplacements de construction avaient même été choisis, l'un à Corner Brook, en Terre-Neuve, l'autre à Seven Islands Bay, sur la rive nord

de l'estuaire du Saint-Laurent.

Mais déjà la bataille de l'Atlantique, fin 1943, paraissait gagnée, le système des convois, réorganisé, pouvait braver la menace sous-marine, et les porte-avions géants en glace passèrent en deuxième urgence. L'évolution favorable de la situation dès le début de 1944 fit abandonner le projet.

LA PÉNICILLINE EN U. R. S. S.

UN grand effort a été accompli en U. R. S. S. depuis 1940 dans le domaine de l'étude de la production des antibiotiques en général (substance microbicides élaborées par certains organismes vivants) et de la pénicilline en particulier.

C'est M^{me} Zénaïde Yermolayeva qui fut la première à produire de la pénicilline en Russie, à partir du *Penicillium crustosum*. La fabrication fut rapidement développée sur une vaste échelle, grâce au concours de divers organismes et instituts de recherches. Le procédé actuellement utilisé pour la fabrication utilise une mouture de son comme milieu semi-liquide. Le rendement est augmenté par une méthode de fermentation en profondeur, se superposant à la fermentation en surface.

Le produit fourni par les usines soviétiques se présente sous forme d'une poudre sèche de couleur orangée. Chaque milligramme a un pouvoir curatif correspondant à 1 000 unités Oxford.

Le nouveau plan quinquennal se propose d'accroître encore la production de pénicilline, qui doit suffire, dès 1947, à couvrir tous les besoins du pays. Les recherches dans le domaine des autres antibiotiques sont également poussées. On avait déjà annoncé l'an dernier la découverte de la *Gramicidine S* qui, extraite du *Bacillus brevis* par G.-F. Gause et M^{me} Brazhnikova, serait efficace contre un grand nombre de micro-organismes. Plus récemment, G.-F. Gause et E.-J. Korobkova ont isolé la *Streptotrizine*. Ce nouveau remède exercerait une action non seulement curative, mais aussi préventive, contre la peste et la tuberculose. Il n'a toutefois pas encore été expérimenté sur l'homme.

V. RUBOR.

OPTONET TÉLÉMÈTRE ET POSOMÈTRE RÉUNIS EN UN SEUL INSTRUMENT

L'amateur rate des photos. Les causes majeures des insuccès sont le manque de précision dans l'appréciation de la distance et les erreurs de temps de pose, surtout lorsqu'on essaye le portrait ou la photo d'intérieur.



Grâce à l'Optonet, aucune erreur n'est possible. Cet instrument nouveau fournit instantanément les éléments de la réussite.

Il se fixe verticalement sur n'importe quel appareil à l'aide d'une griffe et de deux vis — ou mieux encore horizontalement à l'aide d'une pince à ressort vendue à part.

L'Optonet transforme donc tout appareil, même ancien, en un appareil moderne à télémètre couplé, capable de réaliser tous les genres, même le document et les petits objets.

Dimensions : 78 x 18 x 18 mm.

Echelle des distances : 0,30 m à 8 m.

Prix : 1 560 fr. En vente chez votre fournisseur habituel.

Documentation sur demande.

SOMMOR, 27, place Alphonse-Deville, Paris (6^e).

DÉTARTRANT POUR RADIATEURS

Le détartrage des radiateurs.



Tous les automobilistes connaissent les graves ennuis occasionnés par la présence du tartre dans la circulation de refroidissement de leur moteur.

Échauffement exagéré, sur consommation d'huile et d'essence, grippage, bielles coulées, etc...

Nous leur rappelons que la Société pour le Traitement Interne des Chaudières, 36, boulevard de la Bastille, à Paris, spécialiste depuis quatorze ans des questions de détartrage industriel, livre son *Détartrant STIC*, en comprimés de 20 grammes, à l'intention des automobilistes.

Il s'agit là d'un produit de sécurité, car il ajoute à sa remarquable efficacité une absolue innocuité : une homologation de qualité du ministère de l'Air prouve qu'il est sans action sur les culasses en aluminium, le lait de radiateur et les durites.

Il supprime radicalement l'emploi des dispositifs spéciaux et coûteux. Le détartrage d'un radiateur revient, en effet, à 8 fr. 80, et son entretien en constant état de propreté à 4 fr. 80 par mois !

Il est en vente chez les garagistes et grossistes accessoiristes.

LOCATION DE FILMS

Pour distraire les enfants, en famille, à l'école ou au patronage, **TOUT PHOTO**, 64, rue de Turbigo (Arch. 71-09), tient à votre disposition une collection **PA-THE-BABY** de beaux films amusants qui peuvent vous être loués. Vous trouverez également à cette adresse des **JOUETS SCIENTIFIQUES MODERNES, DES PROJECTEURS ET DES CAMERAS**

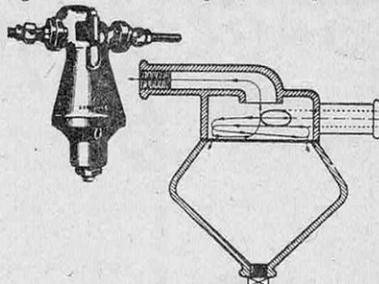


64 RUE TURBIGO - PARIS (5^e)
ARCHIVES 7109

SÉPARATION DES LIQUIDES ET SÉDIMENTS PAR LE PRINCIPE DU « CYCLONE » SÉPARATEUR SOFRANCE

Le séparateur SOFRANCE est un « cyclone », appareil bien connu dans son emploi pour le dépoussiérage de l'air et des gaz, mais un cyclone adapté à la purification des liquides. Il est calculé pour obtenir des vitesses tangentielles permettant l'élimination des impuretés, ou la séparation de deux fluides différents, même en milieu visqueux.

L'appareil se monte en série sur le circuit de graissage, en amont de la pompe si possible, de façon à la protéger des érosions produites par les



impuretés ; celles-ci — eau, matières abrasives, grains métalliques, grains de silice, etc... — toutes plus denses que l'huile, seront retenues par le séparateur.

Le séparateur peut se monter sur une quantité de machines-outils, **MACHINES A RECTIFIER**, pour retenir les copeaux métalliques ou les grains de meule, sur les compresseurs d'air ou de gaz, les turbines à vapeur (pour retenir l'eau et les impuretés solides), enfin sur les canalisations d'huile de moteurs fixes.

Renseignements et prix sur demande à la Société des Filtres français, 206, boulevard Pereire, Paris (17^e). — Étoile 35-19.

Dans le prochain numéro de *Science et Vie*, nous présenterons le filtre à huiles végétales.

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'.

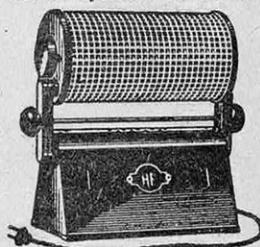
Le système breveté du **STEPHENS' ROYAL**, en supprimant toute pression verticale, évite tout danger d'abîmer la plume.

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 Degoingand, Levallois-Perret.

CE QU'EST L'ÉLECTROCUTEUR H. F. DESTRUCTEUR DE MOUSTIQUES

Cet appareil est composé d'un double cylindre de métal perforé dont



l'axe est constitué par un tube lumineux de faible wattage et une cartouche d'un produit spécial attirant-insecte.

Le socle, en matière moulée, contient le mécanisme transformateur de courant. Dans le cylindre passe un haut voltage qui, par simple contact, électrocute instantanément tout insecte.

C'est véritablement, à l'heure actuelle, le procédé de destruction le plus moderne, le seul infaillible.

L'ÉLECTROCUTEUR H. F. est une invention brevetée de **S. E. V. U.**

12 bis, avenue des Gobelins, Paris, à qui vous pouvez écrire en demandant la notice S1.

Chez vous

sans quitter vos occupations actuelles vous apprendrez



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^e)

Jeunes gens et Jeunes Filles !

FAITES VOTRE SITUATION COMME RADIOTECHNICIENS
dans

L'INDUSTRIE MONTEUR DÉPANNEUR
METTEUR AU POINT

L'ADMINISTRATION OPÉRATEUR des PTT
(DIPLOMÉS 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)

LES MEILLEURES ETUDES PAR CORRESPONDANCE

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

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 30100.

NOS COURS D'ORTHOGRAPHE ET DE RÉDACTION vous assureront une connaissance sûre de votre langue maternelle, un style correct, clair, élégant. — Notice gratuite n° R 30101.

LES COURS DE FORMATION SCIENTIFIQUE vous permettront de compléter vos connaissances en Mathématiques, Physique, Chimie, etc. — Notice gratuite n° R 30102.

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 30103.

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 30104.

INDUSTRIE. — Certificats d'aptitude professionnelle. — Notice gratuite n° R 30105.

RADIO. — Certificats de Radio de 1^{re} et 2^e classes. — Notice gratuite n° R 30106.

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 30107.

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 30108.

PHONOPOLYGLOTTE vous apprendra, par le phonographe, à parler, à comprendre, lire, écrire l'Anglais, l'Espagnol, l'Allemand, l'Italien. — Notice gratuite n° R 30109.

LE COURS D'ÉLOQUENCE vous mettra en mesure d'improviser une allocution émouvante, de composer un discours persuasif. — Notice gratuite n° R 30110.

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 30111.

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 30112.

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 30113.

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 30114.

ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

16, rue du Général-Mallette, PARIS (16^e).

Resterez-vous toujours UN SOUS-ORDRE

Au plus profond de vous-même, que souhaitez-vous ? Figurer un jour parmi les chefs, parmi ceux qui commandent à l'Industrie, au Commerce, au Pays, et parfois au Monde.

Mais vous avez du mal à vous élever, à gravir les durs échelons de la hiérarchie, à cesser d'être parmi ceux qui toujours obéissent, pour appartenir à la catégorie de ceux qui toujours commandent. Vous resterez un sous-ordre si vous n'avez pas le courage de monter, d'éduquer votre volonté, de parfaire votre sang-froid.

L'Institut PELMAN, dont la méthode est fondée sur les enseignements internationaux de cinquante-cinq ans de psychologie appliquée à la vie, vous garantit, avec son million d'adeptes dont 400.000 hommes d'affaires, un succès total. Il sera pour vous un conseiller, un professeur et un ami.

Demandez notre documentation VI-13.

INSTITUT PELMAN

176, boulevard Haussmann, PARIS (8^e)

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

Toute correspondance reçue ou envoyée, toutes nos consultations sont strictement confidentielles.

Devenez REPORTER ou CORRESPONDANT de Presse

SPORTIF - THÉÂTRAL - CINÉMA
INFORMATION - CRIMINEL - VOYAGES

En suivant notre cours de
JOURNALISME

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

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

SITUATIONS D'AVENIR
INDEPENDANTES ASSURÉES

Pour tous renseignements gratuits écrire à l'

**ÉCOLE TECHNIQUE
DE REPORTAGE**

8, boulevard Michelet, 8
TOULOUSE

Battez la concurrence en achetant :

“ CHARPENTES RATIONNELLES

les plus économiques ”

Calculs justificatifs et construction
de 12 bâtiments industriels en acier,
324 pages, 323 figures et 16 planches,
par
Alexandre GELBLUM, Ing.-Conseil.

Envoi franco recommandé contre versement de **820 frs** au compte chèques postaux de l'auteur n° **520 000**, à Paris.

Dans la Radio et l'Électricité

“ En moins d'un an j'ai pu gagner
12.000 frs. par mois...”

Très vite, j'ai su faire des dépannages et des installations d'urgence. Maintenant, je construis des postes et je gagne bien ma vie...

Voilà ce que nous dit un de nos anciens élèves.

Des centaines de références semblables nous parviennent chaque mois de tous pays.

SANS QUITTER VÔTRE EMPLOI

suivez notre méthode moderne d'enseignement professionnel. Le pratique et la théorie chez vous par correspondance.



C'est en vous exerçant sur un matériel véritable que vous ferez des progrès rapides.

4 coffrets d'expérience sont envoyés au cours des études.

Des aujourd'hui demandez notre Album
L'Électricité et ses Applications:
Radio, Cinéma, Télévision

Nom: _____

Adresse: _____

JOINDRE 10f pour tous frais

INSTITUT ELECTRO-RADIO

6, RUE DE TÉHÉRAN, PARIS, 8^e

JEUNES GENS III
 sans quitter votre emploi actuel
ASSUREZ VOTRE AVENIR !
CHOISISSEZ UNE CARRIERE REMUNERATRICE !
LA RADIO manque de spécialistes
 Il faut des **RADIOTECHNICIENS** dans
l'ARMEE, l'AVIATION, la MARINE
l'INDUSTRIE, le COMMERCE, l'ARTISANAT
 Nos élèves sont suivis par des Professeurs de valeur
 Cours de tous les **D E G R E S** sous leur direction
 Préparation aux **D I P L O M E S** officiels
 Envoi du matériel
PLACEMENT ASSURE à **DOMICILE**



ÉCOLE PRATIQUE
D'APPLICATIONS SCIENTIFIQUES
39, rue de Babylone - PARIS-VII^e
 Cours par correspondance
 Demandez notre documentation gratuite N° 45

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

Le Gérant : Lucien LESTANG.

Imp. CRETE, Corbeil (S.-et-O.). - 4647-6-46 - C.O.L. 31-1631. - Dépôt légal, 2^e trim. 1946

Les Secrets DU DESSINATEUR ET DU PEINTRE

Si vous voulez devenir un Artiste à votre tour, connaître les joies incomparables du Dessinateur et du Peintre, améliorer votre situation pécuniaire, **VIVRE** vraiment, vous le pouvez désormais grâce aux secrets qui vous seront révélés par l'extraordinaire Méthode par Correspondance "**Voir, comparer, traduire**", dont seule l'**ÉCOLE INTERNATIONALE** a le droit de vous faire bénéficier.

Reclamez aujourd'hui même le passionnant album de renseignements que vous offre l'**ÉCOLE INTERNATIONALE** (Service T2), Pie de Monaco. Joindre 10 lrs à votre lettre pour frais de poste et écrivez très lisiblement vos noms et adresse.



BELLE SANGUINE
 EXECUTÉE PAR NOTRE ÉLÈVE M^r G.V. de GRENOBLE

PUBL. BONNANGE

AUTOMOBILE - AVIATION - CINÉMA - MAI
ELECTRICITÉ - ÉLEVAGE - ENSEIGNEMENT
RADIO - TÉLÉVISION
MECANIQUE - PHOTO
DESSIN - DICTIONNAIR

LIBRAIRIE
SCIENCES et LOISIRS

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

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

EXPÉDITIONS IMMÉDIATES FRANCE ET COLONIES.

ENCYCLOPÉDIES - GÉNÉRAL - JEUX DE SOCIÉTÉ - ASTROLOGIE - YACHTING - MENUISERIE - PHILatéLIE - PHILatéLIE - RADIESTHÉSIE - D'AMATEURS - SCIENCES - LANGUES ÉTRANGÈRES - JARDINAGE

17, AV. de la RÉPUBLIQUE
 PARIS (XI^e) Métro République

La librairie de Paris
 au Service de toute La France!



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.)

ÉCOLE GÉNÉRALE AÉRONAUTIQUE
(Préparation technique du pilote d'avion, navigateurs, radios, mécaniciens, techniciens.)

Documentation S. V. gratuite

CENTRE d'ÉTUDES TECHNIQUES de PARIS
69, rue Louise-Michel, LEVALLOIS



— PUBLÉDITEC-DOMENACH —

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

152, avenue de Wagram - Paris (17^e) et 3, rue du Lycée - Nice

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

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.

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, des 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.

ÉCOLE DE T. S. F.

JEUNES GENS !

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

sont dans la **RADIO**

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

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.

COURS DE BATIMENT

UNE CARRIÈRE D'AVENIR

Commis, métreurs, techniciens.

Envoi franco de programme de chaque section contre 10 francs en timbres.



avec

UNE PRISE DE COURANT ET LE FAIT-TOUT ÉLECTRIQUE

NORDIA

4 CITÉ GRISET. PARIS 11^e - OBE 10-27

à partir d'un compteur de 10 ampères

*Une révolution dans la
cuisine à l'électricité*

L'idée du MONO-USTENSILE électrique est la formule de demain : elle permet une économie de moitié à l'achat du matériel et de 40 % de courant.

Description : En aluminium fondu, il comporte dans sa double paroi un corps chauffant le fond et les flancs. Son soubassement calorifugé assure au fait-tout les avantages de la marmite norvégienne.

RÉGLAGE : 3 allures.

CAPACITÉ : 3 - 5 - 10 litres.

GARANTIE : 3 années.

Renseignements sur demande.