

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

Notice du Volume	
Auteur(s) volume	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Volume	Tome 54. n. 255. Septembre 1938
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1938
Collation	1 vol. (XIV p.-p.[169]-251) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 255
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Note	La page XI n'existe pas.
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.255

France et Colonies : 5 fr.

N° 255 - Septembre 1938

LA SCIENCE ET LA VIE



LAMPES GÉANTES POUR RADIOÉMETTEURS

UN FER A REPASSER

Le fer à gaz, qui s'impose actuellement en lingerie, n'est pas un nouveau venu ; mais sa forme moderne, dont nous allons parler, l'a mis en tête du progrès.

La raison de cette faveur ?

Interrogeons la repasseuse.

Qu'attend-elle de son fer ?

Elle veut qu'il soit :

1^o Prompt à s'échauffer ;

2^o Apte à répandre également la chaleur absorbée sur la surface à repasser avec toutefois une petite préférence pour le nez, qui doit être plus chaud que le reste de la semelle. Le nouveau fer est creux. Sa cavité intérieure forme chambre de combustion pendant le chauffage du fer ; ce chauffage est assuré par un brûleur à gaz rectiligne, à flammes bleues, qui est porté par un petit réchaud d'une forme spéciale. Par sa face postérieure sans fond, le fer repose, la pointe en l'air, sur ce réchaud auquel il s'adapte exactement.

Une trompe de Venturi avec injecteur réglable permet de doser le débit de l'air primaire et du gaz pour réaliser la flamme la plus chauffante. Grâce à quoi, et en peu de minutes, le fer est chaud et le premier point satisfait.

Et voici par quel agencement technique

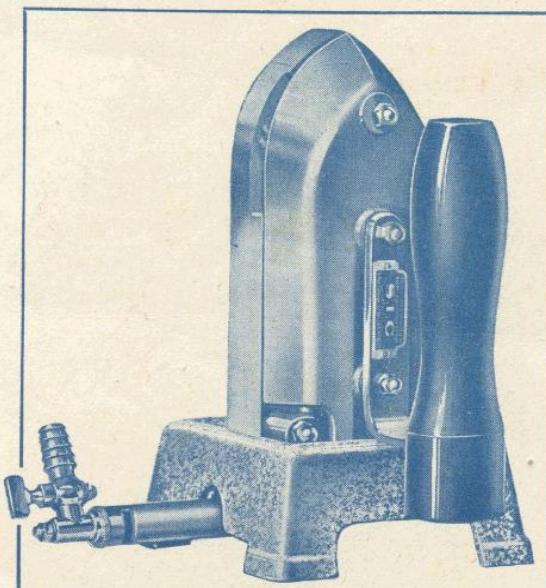


il satisfait au second. Réfléchis sur la calotte intérieure en fonte, qui forme la voûte de ce four en miniature, les gaz chauds de la combustion viennent lécher des ailettes de la semelle qui, venues de fonderie avec elle, absorbent la chaleur et la répartissent convenablement dans toute la masse nickelée, qui passera et repassera sur le linge.

Techniquement, telles sont les raisons qui justifient le succès du fer chauffé au gaz.

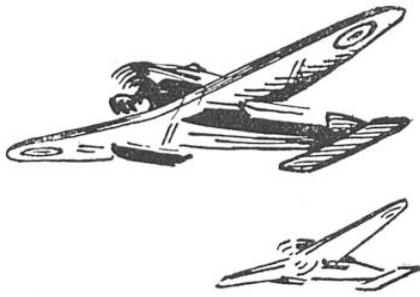
Economiquement, un seul chiffre suffit à expliquer la vogue dont il jouit : sa consommation ne dépasse pas 150 litres à l'heure, ce qui veut dire, à supposer le gaz au prix moyen de 1 f le m³ (1), que l'heure de repassage revient à 15 centimes. Prix infime, parfaite sécurité dans le travail. Aussi bien la repasseuse de notre photographie, qui manie allégrement son fer demi-léger de lingère, n'est pas seule à apprécier les commodités du fer à gaz. Des modèles demi-lourds de 3, 4, 5 kg et même lourds de 6, 7, 8 kg sont construits à l'usage des confectionneurs, teinturiers et tailleurs, qui s'en montrent pleinement satisfaits.

(1) Rappelons que ce prix est aisément atteint avec les tarifs dégressifs dont nombre d'usines à gaz font profiter leur clientèle.



FER TAILLEUR DE 3, 4, 5, 6, 7 ET 8 KG

MARINE - AVIATION - T.S.F.

LES PLUS BELLES
CARRIÈRES

L'ÉCOLE DE NAVIGATION

MARITIME & AÉRIENNE

(Placée sous le haut patronage de l'Etat)

152, av. de Wagram, PARIS (17^e)VOUS PRÉPARERA A L'ÉCOLE MÊME
OU PAR CORRESPONDANCE

T. S. F.

ARMÉE, MARINE, AVIATION

MARINE MILITAIRE

Aux Ecoles des Mécaniciens de Lorient et Toulon ; aux Ecoles de Maistrance (sous-officiers) : de Brest (Pont, Aviation, Électriciens et T. S. F.) et de Toulon (Mécaniciens de la Marine et de l'Aviation Maritime) ; à l'Ecole des Élèves-Officiers, à l'Ecole des Élèves-Ingénieurs Mécaniciens, de Brest.

MARINE MARCHANDE

Aux Brevets d'Elève-Officier, Lieutenant au long cours ; aux Brevets d'Elève-Officier Mécanicien et d'Officiers Mécaniciens de 3^e, 2^e et 1^{re} classe ; au Brevet d'Officier Radio de la Marine Marchande.

AVIATION MILITAIRE

Aux Bourses de pilotage de l'aviation populaire ; à l'Ecole des Sous-Officiers Pilotes d'Istres ; à l'Ecole des Mécaniciens de Rochefort ; à l'Ecole Militaire de l'Armée de l'Air ; à l'Ecole des Officiers Mécaniciens de l'Air.

AVIATION MARITIME

A l'Ecole des Mécaniciens de l'Aviation Maritime à Rochefort ; aux Ecoles de Sous-Officiers Pilotes et Mécaniciens.

AVIATION CIVILE

Aux Brevets Élémentaire et Supérieur de Navigateur aérien ; aux emplois administratifs d'Agent technique et d'Ingénieur adjoint de l'aéronautique.



MÊME ÉCOLE A NICE, placée sous le haut patronage de la Ville de Nice
56, boulevard Impératrice-de-Russie

Une **INVENTION NOUVELLE**
est souvent une source de profits pour son auteur.

Un **BREVET d'INVENTION**

bien étudié permet seul d'en tirer parti.

POUR AVOIR
UNE BONNE
PROTECTION

UTILISEZ LES SPÉCIALISTES
DE
LA SCIENCE ET LA VIE

RENSEIGNEMENTS GRATUITS SUR PLACE ET PAR ÉCRIT AU SERVICE SPÉCIAL DES INVENTIONS NOUVELLES

DE
LA SCIENCE ET LA VIE

23, RUE LA BOËTIE
PARIS (VIII^e)

PUBL. C. BLOCH

POMPES DAUBRON

57, avenue de la République, PARIS

ELECTRO-POMPES DOMESTIQUES

pour villas, fermes, arrosage, incendies

FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE

Distribution d'eau sous pression par les groupes

DAUBRON

POMPES INDUSTRIELLES

tous débits, toutes pressions, tous usages

SANS-FILISTES

avant d'acquérir un appareil récepteur, n'hésitez pas à consulter le service technique de **La Science et la Vie**. Il vous renseignera impartialement sans tenir compte de considérations commerciales qui, trop souvent, faussent le jugement.

(Joindre un timbre de 0 fr. 65.)

“DESSINEZ”

RAPIDEMENT ET EXACTEMENT même sans savoir dessiner, grâce à

La Chambre Claire Universelle

(Modèle de Précision)

OU AU **Dessineur** (Chambre Claire simplifiée) : 135 fr.

Emb. et port : France, 5 fr. — Etranger, 10 fr.

Envoy gratuit du catalogue n° 12 et des nombreuses références officielles.

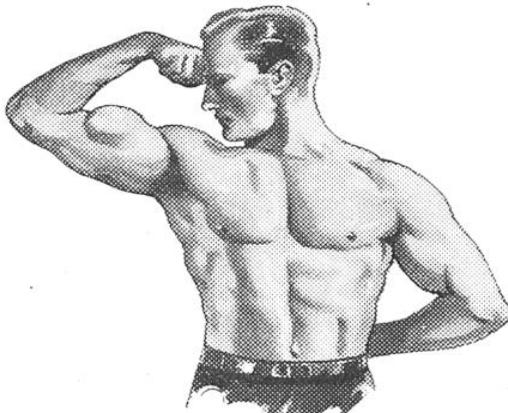
EX. : AGRAND. D'UNE PHOTO

D'un seul coup d'œil,
sans connaissance du dessin, permettent d'AGRANDIR, RÉDUIRE, COPIER, d'après nature et d'après documents : Photos, Paysages, Plans, Dessins, Portraits. Objets quelconques, etc.

P. BERVILLE
18, rue La Fayette
PARIS-IX^e
Chèque postal 1.271-92



LE 25 SEPTEMBRE...



C'est avec juste raison qu'on nous appelle les « Constructeurs de muscles ». En trente jours, nous pouvons transformer votre corps d'une manière que nous n'auriez jamais cru possible. Quelques minutes d'exercice chaque matin suffisent pour augmenter de 4 centimètres les muscles de vos bras et de 12 centimètres ceux de votre tour de poitrine. Votre cou se fortifiera, vos épaules s'élargiront. Avant même que vous vous en aperceviez, les gens se retourneront sur votre passage. Vos amis vous demanderont ce qui vous est arrivé. Peu importe que vous ayez toujours été faible ou mince, nous ferons de vous un homme fort, et nous savons que nous pouvons le faire. Nous pouvons, non seulement développer vos muscles, mais encore élargir votre poitrine et accroître la capacité de vos poumons. A chaque respiration, vous remplirez entièrement vos poumons d'oxygène, et votre vitalité ne sera pas comparable à ce qu'elle était auparavant.

ET EN CENT CINQUANTE JOURS

Il faut compter cent cinquante jours pour mener à bien et parfaire ce travail ; mais, dès le trentième jour, les progrès sont énormes. Au bout de ce temps, nous vous demanderons simplement de vous regarder dans une glace. Vous verrez alors un tout autre homme. Nous ne formons pas un homme à moitié. Vous verrez vos muscles se gonfler sur vos bras, vos jambes, votre poitrine et votre dos. Vous serez fier de vos larges épaules, de votre poitrine arrondie, du superbe développement obtenu de la tête aux pieds.

NOUS AGISSEZ ÉGALEMENT SUR VOS ORGANES INTÉRIEURS

Nous vous ferons heureux de vivre ! Vous serez mieux et vous vous sentirez mieux que jamais vous ne l'aurez été auparavant. Nous ne nous contentons pas seulement de donner à vos muscles une apparence qui attire l'attention : ce serait du travail à moitié fait. Pendant que nous développons extérieurement vos muscles, nous travaillons aussi ceux qui commandent et contrôlent les organes intérieurs.

Vous aurez des MUSCLES

Nous le garantissons

Nous les reconstituons et nous les vivifions, nous les fortifions et nous les exerçons. Nous vous donnerons une joie merveilleuse : celle de vous sentir pleinement en vie. Une vie nouvelle se développera dans chacune des cellules, dans chacun des organes de votre corps, et ce résultat sera très vite atteint. Nous ne donnons pas seulement à vos muscles, dont la proéminence vous émerveille, la fermeté, mais nous vous donnons encore l'énergie, la vigueur, la santé. Rappelez-vous que nous ne nous contentons pas de promettre : nous garantissons ce que nous avançons : **Faites-vous adresser** par le **Dynam Institut** le livre **gratuit** : *Comment former ses muscles* (L'Education Physique de la Nation française). Ce livre vous fera comprendre l'étonnante possibilité du développement musculaire que vous pouvez obtenir. Vous verrez que la faiblesse actuelle de votre corps est sans importance, puisque vous pouvez rapidement développer votre force musculaire avec certitude.

Ce livre est à vous : il suffit de le demander. Il est gratuit, mais nous vous prions de bien vouloir joindre 2 francs en timbres-poste pour frais d'envoi. Une demande de renseignement ne vous engage à rien. Postez le bon dès maintenant pour ne pas l'oublier.

BON GRATUIT

(à découper ou à recopier)

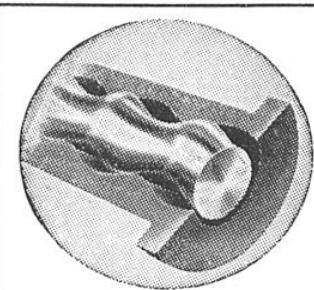
DYNAM INSTITUT (Stand A 30)
25, rue d'Astorg, 25 — PARIS (8^e)

Veuillez m'adresser gratuitement et sans engagement de ma part votre livre intitulé **COMMENT FORMER SES MUSCLES** (L'Education Physique de la Nation Française), ainsi que tous les détails concernant votre garantie. Ci-inclus 2 francs en timbres-poste pour frais d'envoi.

Nom

Adresse

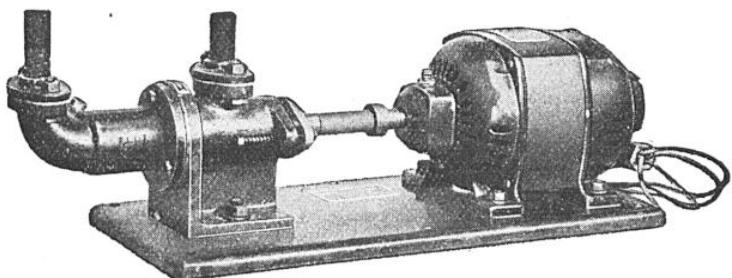
.....



P.C.M.
POMPES EN CAOUTCHOUC
LICENCE R. MOINEAU, BREVETÉE FRANCE ET ÉTRANGER

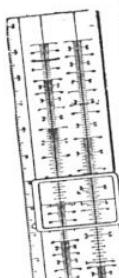
AVANTAGES

TOUS FLUIDES LIQUIDES OU GAZEUX
EAU — VIN — PURIN
MAZOUT — ESSENCE
LIQUIDES ÉPAIS ET ABRASIFS
LIQUIDES ALIMENTAIRES
CRAIGNANT L'ÉMULSION
SILENCIEUSES
AUTO-AMORÇAGE
SIMPLICITÉ - ROBUSTESSE
USURE NULLE - ÉCONOMIE
— TOUS DÉBITS —
— TOUTES PRESSIONS —
FACILITÉ D'ENTRETIEN



De nombreuses pompes fonctionnent à bord des croiseurs
Dunkerque, Strasbourg, Richelieu, pour tous liquides.

SOCIÉTÉ
POMPES. COMPRESSEURS. MÉCANIQUE
63-65 RUE DE LA MAIRIE, VANNES (SEINE), TÉL. MICHEL ET 3748



Voilà des chiffres fastidieux à reprendre,
du temps perdu, un client mal renseigné,
une contrariante impression qui reste.
Evitez ces ennuis par l'emploi d'une règle.
Réalisez ou faites la preuve rapide de
toutes vos opérations.

Multiplications, divisions, fractions, racines
carres ou cubiques, poids, volumes,
surfaces, décomptes, pourcentages, calculs
horaires, électriques, de vitesse, etc.

Règles de 38 à 48frs

**REGLES A CALCUL
DE POCHE MARC**
24, RUE DE DUNKERQUE - PARIS. X^e

DÉCOUPEZ ET REMPLISSEZ CE BON pour
recevoir gratis et sans engagement de votre part, toute
documentation sur l'utilité des règles à calcul.

M _____

Adresse _____

un ensemble
unique...
PHOTOGRAVURE
OFFSET - TYPONS
GALVANOPLASTIE
CLICHERIE
PHOTOS
RETOUCHES
pour
illustrer vos
Publicités

Établissements
Laureys Frères
17, rue d'Enghien, Paris

**ECOLE CENTRALE
DE T.S.F.**

12. RUE DE LA LUNE. PARIS. 2^e

Fondée en 1919
Médaille d'or 1920 Médaille d'or 1931

**PRÉPARATION AUX
SITUATIONS**

Ingénieur, sous-ingénieur, chef monteur, dépanneur radio. Officier radio de la marine marchande. Opérateur radio d'aviation, radiotélégraphiste des ministères, breveté supérieur de navigation aérienne, vérificateur des installations électromécaniques des P.T.T.

Service Militaire - T. S. F.
Génie — Marine — Aviation

Cours du Jour, du Soir et par Correspondance
Le placement et l'incorporation
sont assurés par l'École et l'Amicale des Anciens Elèves

Depuis sa fondation l'ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F. a préparé plus de 15.000 Elèves qui ont tous obtenu satisfaction. Elle est sans conteste :

**La grande Ecole française
de la Radio**

Demander renseignements pour session Octobre.

ÉTUDES CHEZ SOI

Vous pouvez faire **CHEZ VOUS, QUELLE QUE SOIT VOTRE RÉSIDENCE**, sans déplacement, sans abandonner votre situation, en utilisant simplement vos heures de loisirs, avec le **MINIMUM DE DÉPENSES**, dans le **MINIMUM DE TEMPS**, avec le **MAXIMUM DE PROFIT**, quels que soient votre degré d'instruction et votre âge, en toute discréption si vous le désirez, dans tous les ordres et à tous les degrés du savoir, 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.

Le moyen vous en est fourni par les **COURS PAR CORRESPONDANCE** de

L'ÉCOLE UNIVERSELLE,

placée sous le haut patronage de plusieurs Ministères et Sous-Sécrétariats d'Etat,
LA PLUS IMPORTANTE DU MONDE.

L'efficacité des méthodes de l'Ecole Universelle, méthodes qui sont, depuis 31 ans, l'objet de perfectionnements constants, est prouvée par

LES MILLIERS DE SUCCÈS

que remportent, chaque année, ses élèves aux examens et concours publics, ainsi que par les **milliers de lettres d'éloges** qu'elle reçoit de ses élèves et dont quelques-unes sont publiées dans ses brochures-programmes.

Pour être renseigné sur les avantages que peut vous procurer l'enseignement par correspondance de l'Ecole Universelle, envoyez-lui aujourd'hui même une carte postale ordinaire portant simplement **votre adresse** et le **numéro de la brochure** qui vous intéresse, parmi celles qui sont énumérées ci-après. Vous la recevrez par retour du courrier, franco de port, à **titre absolument gracieux et sans engagement** de votre part.

Si vous désirez, en outre, des renseignements particuliers sur les études que vous êtes susceptible de faire et sur les situations qui vous sont accessibles, écrivez plus longuement. Ces conseils vous seront fournis de la façon la plus précise et la plus détaillée, toujours à titre absolument gracieux et sans engagement de votre part.

BROCHURE N° 35 903, concernant les *classes complètes de l'Enseignement primaire et primaire supérieur* jusqu'aux Brevet élémentaire et Brevet supérieur inclusivement — concernant, en outre, la préparation rapide au *Certificat d'études primaires*, au *Brevet élémentaire*, au *Brevet supérieur*, pour les jeunes gens et jeunes filles qui ont déjà suivi les cours complets d'une école — concernant, enfin, la préparation au *Certificat d'aptitude pédagogique*, aux divers *Professorats*, à l'*Inspection primaire*, au *Certificat d'études P. C. B.* et à l'*examen d'herboriste*.

(*Enseignement donné par des inspecteurs primaires, Professeurs d'E. N. et d'E. P. S., Professeurs de Cours complémentaires, etc.*)

BROCHURE N° 35.906, concernant toutes les *classes complètes de l'Enseignement secondaire* officiel depuis la onzième jusqu'au *Baccalauréat* inclusivement — concernant aussi les examens de passage — concernant, enfin, pour les jeunes gens et les jeunes filles qui ont déjà suivi les cours d'un lycée ou d'un collège, la préparation rapide aux *divers baccalauréats* et aux *diplômes de fin d'études secondaires*.

(*Enseignement donné par des Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.*)

BROCHURE N° 35.910, concernant la préparation à *tous les examens de l'Enseignement supérieur* : licence en droit, licence ès lettres, licence ès sciences, certificat d'aptitude aux divers *Professorats*, etc.

(*Enseignement donné par des Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.*)

BROCHURE N° 35.917, concernant la préparation aux concours d'admission dans **toutes les grandes Ecoles spéciales** : Agriculture, Industrie, Travaux Publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Colonies, etc.

(*Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs, Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.*)

BROCHURE N° 35.923, concernant la préparation à **toutes les carrières administratives** de la Métropole et des Colonies.

(*Enseignement donné par des Fonctionnaires supérieurs des Grandes Administrations et par des professeurs de l'Université.*)

BROCHURE N° 35.926, concernant la préparation à tous les brevets et diplômes de la **Marine marchande** : Officier de pont, Officier mécanicien, Commissaire, T. S. F., etc. (*Enseignement donné par des officiers de pont, Ingénieurs, Officiers mécaniciens, Commissaires, Professeurs de l'Université, etc.*)

BROCHURE N° 35.930, concernant la préparation aux carrières d'**Ingénieur, Sous-Ingénieur, Dessinateur, Conducteur, Chef de Chantier, Contremaitre** dans toutes les spécialités de l'**Industrie** et des **Travaux publics** : Electricité, T. S. F., Mécanique, Automobile, Aviation, Mines, Forge, Chauffage central, Chimie, Travaux publics, Architecture, Béton armé, Topographie, etc. (*Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs spécialistes, Professeurs de l'Enseignement technique, etc.*)

BROCHURE N° 35.939, concernant la préparation à toutes les carrières de l'**Agriculture, des Industries agricoles et du Génie rural**, dans la Métropole et aux Colonies. — **Radiesthésie**. (*Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs agronomes, Ingénieurs du Génie rural, etc.*)

BROCHURE N° 35.941, concernant la préparation à toutes les carrières du **Commerce** (Administrateur commercial, Secrétaire commercial, Correspondancier, Sténo-Dactylographe) ; de la **Comptabilité** (Expert-Comptable, Comptable, Teneur de livres) ; de la **Représentation**, de la **Banque** et de la **Bourse**, des **Assurances**, de l'**Industrie hôtelière**, etc. (*Enseignement donné par des Professeurs d'Ecoles pratiques, Experts-Comptables, Techniciens spécialistes, etc.*)

BROCHURE N° 35.945, concernant la préparation aux métiers de la **Couture**, de la **Coupe**, de la **Mode** et de la **Chemiserie** : Petite-Main, Seconde-Main, Première-Main, Couturière, Vendeuse, Vendeuse-retoucheuse, Modéliste, Modiste, Coupeuse, Lingère, Brodeuse, Coupeur-Chemisier, Coupe pour hommes, Professorats libres et officiels, etc. (*Enseignement donné par des Professeurs officiels et par des Spécialistes hautement réputés.*)

BROCHURE N° 35.951, concernant la préparation aux carrières du **Cinéma** : Carrières artistiques, techniques et administratives. (*Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.*)

BROCHURE N° 35.956, concernant la préparation aux carrières du **Journalisme** : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc. (*Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.*)

BROCHURE N° 35.963, concernant l'étude de l'**Orthographe**, de la **Rédaction**, de la **Rédaction de lettres**, de l'**Eloquence usuelle**, du **Calcul**, du **Calcul mental** et extra-rapide, du **Dessin usuel**, de l'**Ecriture**, etc. (*Enseignement donné par des Professeurs de l'Enseignement primaire et de l'Enseignement secondaire.*)

BROCHURE N° 35.969, concernant l'étude des **Langues étrangères** : *Anglais, Espagnol, Italien, Allemand, Russe, Annamite, Portugais, Arabe, Esperanto.* — Concernant, en outre, les carrières accessibles aux polyglottes et le **Tourisme** (Interprète). (*Enseignement donné par des Professeurs ayant longuement séjourné dans les pays dont ils enseignent la langue.*)

BROCHURE N° 35.971, concernant l'enseignement de tous les **Arts du Dessin** : Cours universel de dessin, Dessin usuel, Illustration, Caricature, Composition décorative, Décoration, Aquarelle, Peinture, Pastel, Fusain, Gravure, Décoration publicitaire — concernant également la préparation à tous les **Métiers d'art** et aux divers **Professorats**, E. P. S., Lycées, Ecoles pratiques. (*Enseignement donné par des Artistes réputés, Lauréats des Salons officiels, Professeurs diplômés, etc.*)

BROCHURE N° 35.975, concernant l'**enseignement complet de la musique** : Musique théorique (*Solfège, Chant, Harmonie, Contrepoint, Fugue, Composition, Instrumentation, Orchestration, Transposition*), Musique instrumentale (*Piano, Accompagnement au piano, Violon, Flûte, Mandoline, Banjo, Clarinette, Saxophone, Accordéon*) — concernant également la préparation à toutes les carrières de la **Musique** et aux divers **Professorats** officiels ou privés. (*Enseignement donné par les Grands Prix de Rome, Professeurs membres du jury et Lauréats du Conservatoire national de Paris.*)

BROCHURE N° 35.982, concernant la préparation à toutes les **carrières coloniales** : Administration, Commerce, Industrie, Agriculture. (*Enseignement donné par des Fonctionnaires supérieurs des Grandes Administrations, Techniciens spécialistes des questions coloniales, Ingénieurs d'Agronomie coloniale.*)

BROCHURE N° 35.987, concernant l'**Art d'écrire** (Rédaction littéraire, Versification) et l'**Art de parler en public** (*Eloquence usuelle, Diction*).

BROCHURE N° 35.990, concernant l'**enseignement pour les enfants débiles ou retardés**.

BROCHURE N° 35.994, concernant les **carrières féminines** dans tous les ordres d'activité.

BROCHURE N° 35.997, **Coiffure, Manucure, Pédicure, Massage, Soins de beauté.** Ecrivez aujourd'hui même, comme nous vous y invitons à la page précédente, à MM. les Directeurs de

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS (16^e)

LES VERRES à DOUBLE FOYER

DIACHROM

PERMETTENT AVEC UNE SEULE LUNETTE
DE VOIR AUSSI BIEN DE PRÈS QUE DE LOIN

Production de la SOCIÉTÉ DES LUNETIERS, dont la marque bien connue
est une garantie de fabrication scientifique parfaite.
Ils sont en vente chez les Opticiens Spécialistes (Prix imposé).
La Société des Lunetiers, 6, rue Pastourelle, Paris, ne vend pas aux particuliers.

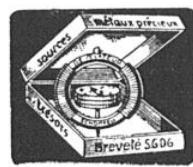
Cigarettes **ANIC**

extra - douces
à bout filtrant

Regie Française

Caisse Autonome d'Amortissement

INVENTEURS
POURvos **BREVETS** WINTHER-HANSEN
L. DENÈS Ing. Cons.
35, Rue de la Lune. PARIS 2^e
DEMANDEZ LA BROCHURE GRATUITE "S".



RICHESSES CACHÉES, TRÉSORS

sources et nappes d'eau souterraines, gisements de houille, pétrole, minéraux divers, métaux précieux, une seule pièce d'or ou d'argent, etc., sont trouvés par le « Révélateur Schumell » breveté S. G. D. G. Garanti, milliers d'attestations. Notice gratuite. Le Progrès Scientifique n° 111, VOIRON (Isère).

ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES

◀ **FILTRE** ▶

DANS TOUTES BONNES MAISONS
et 155, faubourg Poissonnière, Paris

MALLIÉ

LA RADIESTHÉSIE
scientifiquement expliquée
par la théorie de la
RADIO-DÉSINTÉGRATION

Résultats précis et applications pratiques grâce
à la méthode et aux appareils sélectifs de
M. L. TURENNE
Ingénieur E. C. P., ancien professeur de T. S. F.
à l'Ecole d'artillerie de Fontainebleau.
19, rue de Chazelles, PARIS (17^e) Téléphone : Wagram 42-29

Etude de toutes les ondes : leur origine, leur
nature, leur influence sur notre organisme.
Ondes favorables. Ondes nuisibles. Le moyen
de nous en protéger.

Notices, Livres, Leçons particulières et
COURS PAR CORRESPONDANCE

Envoi franco de notices explicatives

RECHERCHE D'EAU, DE MÉTAUX, etc.
Etudes sur plans. — Installations d'eau
POMPES — ÉLECTRICITÉ — CHAUFFAGE

de vraies Besançon

expédiées directement par le fabricant, avec garantie de provenance...

Choisissez la montre à votre goût dans une qualité sûre et durable parmi les 600 modèles pour DAMES et MESSIEURS présentés sur le nouvel Album MONTRES N° 38.65, envoyé gratuitement sur demande par les Etablissements SARDA, les réputés horlogers installés à BESANÇON depuis 1893.

Echanges et reprises de montres anciennes

CONDITIONS spéciales aux lecteurs de "La Science et la Vie".

SARDA
BESANÇON
FABRIQUE D'HORLOGERIE DE PRÉCISION

Partout où passe le courant lumière... ET SANS INSTALLER LA FORCE!... vous pouvez braucher un

Ragonot-Delco

ETS RAGONOT
15, Rue de Milan - PARIS-IX°
Téléphone : Trinité 17-60 et 61

Pub. R.-L. Dupuy
15*

**BULLETIN A DÉTACHER
POUR COMMANDER LE GUIDE COMPLET
DES CARRIÈRES DE L'ÉTAT
A L'ÉCOLE SPÉCIALE D'ADMINISTRATION**

28, Boulevard des Invalides, 28, PARIS (7^e)

En me recommandant de « La Science et la Vie », je vous prie d'envoyer le guide sus visé de 96 pages, in-8 coq., indiquant les Carrières masculines et féminines en France et aux Colonies, les traitements, les limites d'âge, les diplômes, les épreuves à subir, les suppléments, les différentes lois concernant les fonctionnaires, à l'adresse suivante :

Nom et prenoms.....

Rue et n°.....

Ville et Département.....

Date de naissance (1).....

Diplômes le cas échéant (1).....

.....

Lieu et date de nomination (1).....

Traitemen t désiré (1).....

(Cet envoi sera fait gratuitement et sans engagement pour moi.)

.....
(1) Ces renseignements ont pour but d'obtenir des conseils plus précis.

LA SCIENCE ET LA VIE

MAGAZINE MENSUEL DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous

RÉDACTION, ADMINISTRATION : 13, rue d'Engenier, Paris-10^e

Chèques postaux : N° 91-07, Paris — Téléphone : Provence 15-21

PUBLICITÉ : Office de Publicité Excelsior, 118, avenue des Champs-Elysées, Paris-8^e

Chèques postaux : N° 59-70, Paris — Téléphone : E'ysées 65-94 à 98

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays
Copyright by La Science et la Vie, Septembre 1938 • R. C. Seine 116-544

Tome LIV

Septembre 1938

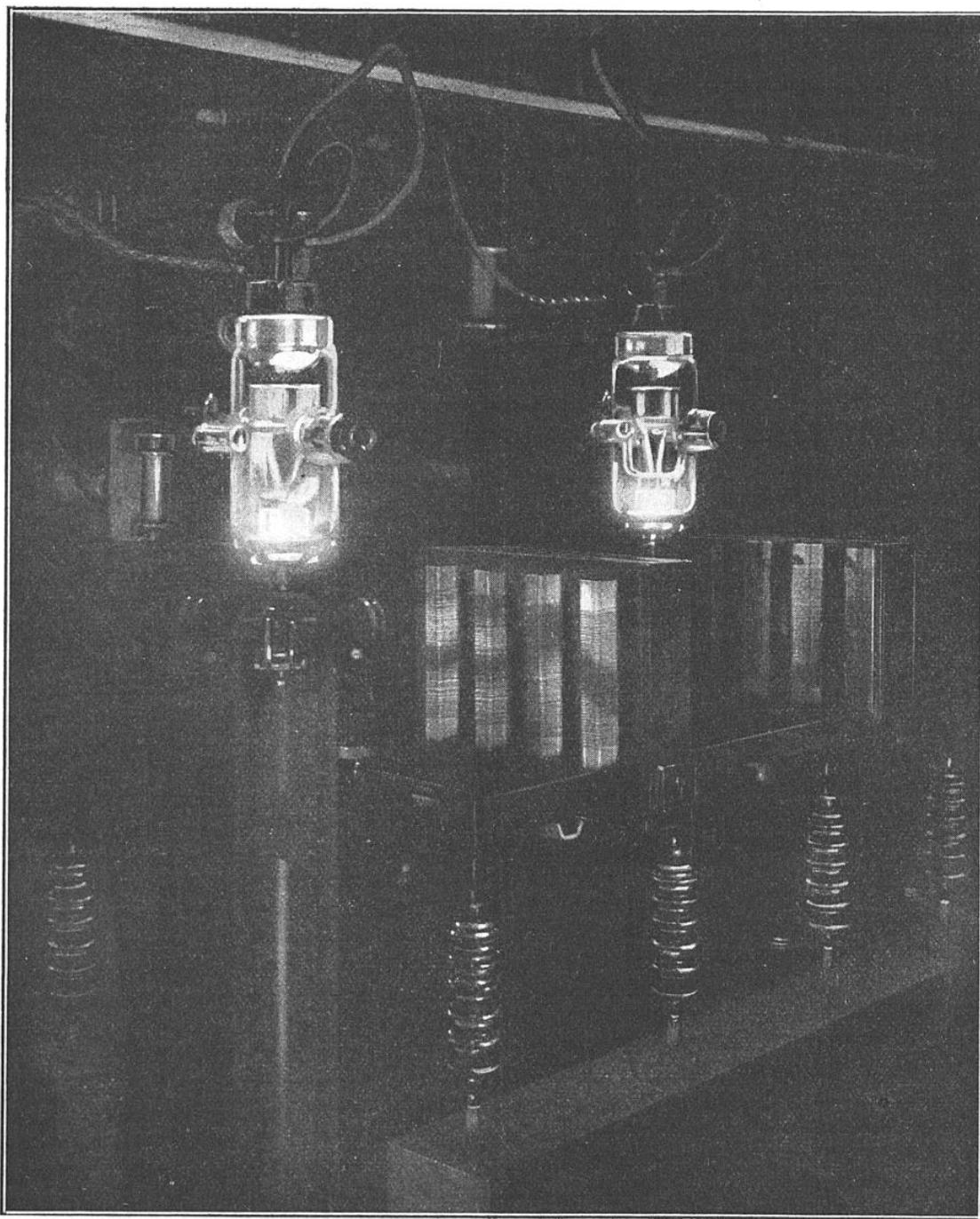
Numéro 255

SOMMAIRE

Lampes naines, lampes géantes pour les émetteurs modernes de radiophonie et de télévision.
Voici, entre la lampe « gland » et la lampe géante de 400 kilowatts, la gamme complète des tubes électroniques au service des télécommunications : radiophonie, radiodiffusion, télécinéma, télévision.
Seule dans le système solaire, la Terre possède-t-elle une atmosphère habitable?
C'est la lumière reçue des astres du système solaire qui nous révèle, au spectrographe, la nature des composés gazeux dont sont formées les atmosphères planétaires.
Les réactions chimiques sources de radiations ultra-pénétrantes.
Il est difficile aujourd'hui de préciser la portée pratique de cette découverte récente : les réactions chimiques émettent des radiations ultra-violettes dont l'énergie dépasse tout ce que les théories jusqu'ici admises pouvaient faire prévoir.
La torpille moderne dans la guerre navale.
La torpille marine demeure une arme redoutable pour les « capital ships » qui menacent aujourd'hui non seulement sous-marins et torpilleurs, mais aussi vedettes ultra-rapides et hydravions torpilleurs.
Le télescope à électrons peut-il rivaliser avec les télescopes géants ? Le problème de la lumière domine toute l'optique astronomique. Le télescope photoélectrique permet d'amplifier plusieurs millions de fois l'énergie infime reçue des astres éloignés.
Voici le radiorécepteur de 1939 : musicalité, automatisme
Relief musical, précision quasi mathématique de l'accord, réglage entièrement automatique, telles sont les caractéristiques du radiorécepteur moderne qui réalise le maximum de fidélité dans la reproduction sonore et de simplicité dans la recherche des stations.
Notre poste d'écoute.
La télévision en France
Toutes les grandes nations du monde poursuivent l'équipement de leur territoire en vue d'une exploitation prochaine de la télévision. En France, la télévision sortira-t-elle enfin officiellement du domaine « expérimental » ?
L'équipement électrique, hydraulique et pneumatique des avions modernes
Pilotage automatique, relevage du train d'atterrissement, dégivrage des ailes, freinage au sol, éclairage, chauffage, etc..., pour assurer ces multiples fonctions aujourd'hui indispensables, l'avion moderne s'est transformé en une véritable usine où s'enchevêtrent tubes à air comprimé, commandes hydrauliques et canalisations électriques.
L'analyse des gaz et la détection des incendies par les « cellules » radioactives
La T. S. F. et la vie.

Les lampes d'émission de grande puissance, de 300 kW et plus, telles que l'industrie radioélectrique les réalise aujourd'hui couramment pour les émetteurs de radiodiffusion, soulèvent, du seul point de vue constructif, des problèmes délicats auxquels les progrès de la métallurgie ont fourni des solutions théoriques (soudure métallique, par exemple), solutions dont l'habileté opératoire de l'ouvrier conditionne cependant la réussite pratique. Le travail du verre (voir la couverture de ce numéro) appliqué à des ballons de près d'un mètre de hauteur, mis en rotation rapide et chauffé au chalumeau à gaz en vue de leur fixation à l'extrémité de tubes de verre de plusieurs centimètres de diamètre, est une opération délicate qui ne saurait être confiée qu'à des spécialistes longuement entraînés. C'est dans ce ballon que trouveront place successivement les multiples électrodes dont la radiographie vérifiera la position précise avant que la lampe soit admise sur l'étage terminal d'un émetteur puissant. (Voir l'article, page 171, de ce numéro.)

Michel Adam	171
Ingénieur de l'École supérieure d'Electricité.	
L. Houllevigue	179
Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.	
J. Lemoine.	188
Prof. au Conservatoire national des Arts et Métiers.	
H. Le Masson.	195
Pierre Rousseau.	206
C. V. Vinogradow	211
Ingénieur Radio E. S. E.	
S. et V.	220
Pierre Laroche	228
Pierre Devaux.	236
Ancien élève de l'École Polytechnique.	
J. M.	243
André Laugnac	246



(Photo Philips.)

VOICI LE DERNIER ÉTAGE D'AMPLIFICATION (ÉTAGE DE PUISSANCE) D'UNE STATION DE RADIODIFFUSION MODERNE ÉQUIPÉE DE LAMPES GÉANTES DE 250 KILOWATTS

De telles lampes à grande puissance sont utilisées notamment par les stations françaises de radiodiffusion d'Etat de Lyon-Tramoyes et de Muret (Toulouse-Pyrénées). Leur étage de sortie comporte quatre lampes géantes de 1 m 50 de hauteur, dont l'anode est refroidie par une circulation d'eau. Deux de ces lampes sont en service courant, les deux autres demeurant en réserve pour éviter toute interruption des émissions. Ces tubes fonctionnent sous une tension anodique de 20 000 V et le courant de chauffage de leur cathode est de 420 ampères, obligeant à refroidir également par une circulation d'eau les bornes du filament.

LAMPES NAINES, LAMPES GÉANTES POUR LES ÉMETTEURS MODERNES DE RADIOPHONIE ET DE TÉLÉVISION

Par Michel ADAM

INGÉNIEUR DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ

La lampe triode est, on le sait, issue des recherches et découvertes successives d'Edison, de Fleming et de Lee de Forest, et c'est une banalité d'affirmer aujourd'hui le rôle capital qu'elle a joué depuis vingt ans dans le développement des radiocommunications. Les lampes d'émission, qui, depuis quinze ans, ont pratiquement éliminé tous les autres procédés de génération des ondes hertziennes, sont conçues sur les mêmes principes physiques que les lampes réceptrices, bien qu'elles développent en pratique des puissances incomparablement supérieures. Cependant les liaisons radioélectriques diffèrent profondément suivant leur nature, leur portée, leur puissance, leur fréquence. C'est ainsi que l'on construit des émetteurs spéciaux pour radiotélégraphie, radiotéléphonie, radiodiffusion, télévision, pour trafic commercial ou d'amateur, pour recherches scientifiques ou pour la défense nationale. Il existe, d'autre part, des stations pour ondes longues, intermédiaires, courtes, très courtes, ultracourtes, pour ondes décimétriques et même centimétriques. La puissance de ces émetteurs varie depuis une fraction de watt jusqu'à des milliers de kilowatts. Aussi la multiplicité de ces applications se traduit-elle par une grande diversité dans la réalisation des tubes émetteurs dont la puissance s'échelonne depuis les chiffres les plus infimes jusqu'à 300 ou 400 kW. L'évolution actuelle est orientée, d'une part, vers l'augmentation des puissances unitaires pour les très grosses lampes et l'emploi de cathodes nouvelles à grand pouvoir émissif; d'autre part, vers la création de tubes à grand nombre d'électrodes pour les petites puissances et de lampes de conception spéciale pour les communications par ondes très courtes (télévision). D'immenses progrès ont ainsi été accomplis depuis l'époque, encore proche de nous, où un seul modèle de triode, la petite lampe T. M. de la télégraphie militaire, identique sur les récepteurs et les émetteurs, assurait à elle seule les fonctions d'amplificatrice, de détectrice, de modulatrice et d'oscillatrice.

L'évolution de la lampe d'émission

Au lendemain de la guerre, en 1919, l'émission des ondes entretenues (1), les seules susceptibles de transmettre des modulations aussi complexes que celles de la téléphonie et de la radiophonie, était assurée par la même petite lampe triode T. M., étudiée par les services du général Ferrié, et que l'on utilisait indifféremment pour l'émission et pour la réception. On peut mesurer le chemin parcouru depuis moins de vingt ans en comparant cette petite ampoule sphérique, qui tenait dans le creux de la main, avec nos lampes d'émission actuelles de quelques centaines de kilo-

(1) Les ondes entretenues s'opposent aux ondes amorties émises en trains d'ondes successifs, toujours très brefs dans lesquels l'amplitude de l'oscillation tombe rapidement à zéro au bout d'un petit nombre de périodes. Avec les ondes entretenues, émises d'une manière continue, l'amplitude demeure constante en l'absence de modulation.

watts, qui ne mesurent pas moins de 2 m de hauteur !

Un tel progrès ne s'est pas accompli en un jour. La petite lampe triode, à laquelle on appliquait, par accumulateurs, les tensions de 4 et 80 V pour la réception, était poussée pour l'émission jusqu'à 6 V pour le chauffage et à 300 à 400 V pour la tension anodique. Mais sa longévité s'en ressentait.

Pour augmenter la puissance, on chercha d'abord à accroître les dimensions du tube. Mais on n'alla pas loin dans cette voie, car les lampes à ampoule de verre les plus puissantes ne peuvent guère dissiper qu'une puissance de 1,5 à 2 kW sur leur anode (1).

(1) L'anode (plaqué) d'une lampe d'émission s'échauffe parce qu'elle est frappée par les électrons formant le courant anodique, et parfois aussi parce qu'elle est exposée au rayonnement thermique des autres électrodes. Pour que la température ne s'élève pas au-dessus de la limite imposée par la construction (dégagement de gaz, émission secondaire d'électrons), il faut évacuer cette énergie perdue vers l'extérieur.

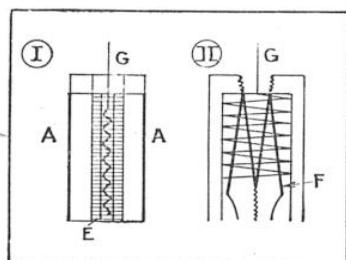


FIG. 1. — DISPOSITION SCHÉMATIQUE DES ÉLECTRODES D'UNE LAMPE À GRILLE-ÉCRAN
I. Vue de profil. — II. Vue de face, sans l'anode, ni la grille-écran : A, anode ; F, filament ; G, grille de commande ; E, grille-écran.

à monter en parallèle un grand nombre de ces lampes de verre, ce qui n'allait pas sans quelques graves inconvénients, du fait, notamment, des différences existant entre les grandeurs caractéristiques de ces diverses lampes.

Il faut noter que la plupart des progrès dont ont bénéficié les lampes de réception, notamment la cathode à chauffage indirect, les grilles-écrans et les grilles d'arrêt (1), n'ont pu, en général, être appliqués aux tubes d'émission en raison des difficultés de construction résultant de la puissance considérable mise en jeu (2).

Néanmoins, en 1923-1924, un grand perfectionnement survint dans la construction des lampes d'émission : la dissipation de chaleur par circulation d'eau froide contre l'anode. Mais il fallut préalablement résoudre un problème mécanique : la soudure du métal et du verre, car le manchon métallique de la circulation d'eau, qui constitue l'anode, doit être soudé à l'ampoule de verre.

Ce nouveau mode de refroidissement, qui dissipe 15 à 20 fois plus d'énergie que le refroidissement normal dans l'air, a permis de porter d'emblée la puissance de 2 à 10 kW, avec une tension anodique de 6 000 à 8 000 V, le chauffage du filament absorbant 0,5 kW.

Les difficultés de fabrication s'accroissent en fonction de la puissance. Il faut rechercher un verre et un métal dont les coeffi-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 199, page 19.

(2) On caractérise généralement une lampe d'émission par sa puissance de dissipation, c'est-à-dire par la puissance qui peut être dissipée sous forme de chaleur par son anode. Pratiquement, la puissance d'une lampe d'émission en exploitation radiotélégraphique ou radiotéléphonique est très supérieure à sa puissance de dissipation : elle peut même atteindre le double ou le triple, selon le régime adopté pour l'oscillation ou l'amplification.

Et ceci au prix de précautions spéciales : l'anode est portée au rouge cerise, et c'est tout juste si elle ne dépasse pas cette température malgré les ailettes de refroidissement. Pour obtenir une puissance notable, on était donc conduit

à monter en parallèle un grand nombre de ces lampes de verre, ce qui n'allait pas sans quelques graves inconvénients, du fait, notamment, des différences existant entre les grandeurs caractéristiques de ces diverses lampes.

Et ceci au prix de précautions spéciales : l'anode est portée au rouge cerise, et c'est tout juste si elle ne dépasse pas cette température malgré les ailettes de refroidissement. Pour obtenir une puissance notable, on était donc conduit

à monter en parallèle un grand nombre de ces lampes de verre, ce qui n'allait pas sans quelques graves inconvénients, du fait, notamment, des différences existant entre les grandeurs caractéristiques de ces diverses lampes.

Or, déjà, les stations de radiodiffusion réclamaient des puissances de haute fréquence dans l'antenne (1) de l'ordre de 100 à 150 kW, ce qui implique près de 300 kW lors des « pointes » de modulation. Le problème fut provisoirement résolu par l'emploi de postes émetteurs associant en parallèle douze à vingt-quatre lampes de puissance. Mais on se heurtait aux inconvénients signalés plus haut pour les lampes en verre, cette association en batterie réduisant la performance de chacun des tubes.

Vers 1931, les laboratoires L.M.T. et les usines de « La Radiotechnique » construisirent les premières lampes françaises de 100 kW.

(1) La puissance dans l'antenne est définie comme le produit du carré de l'intensité au ventre de courant par la résistance de l'antenne.

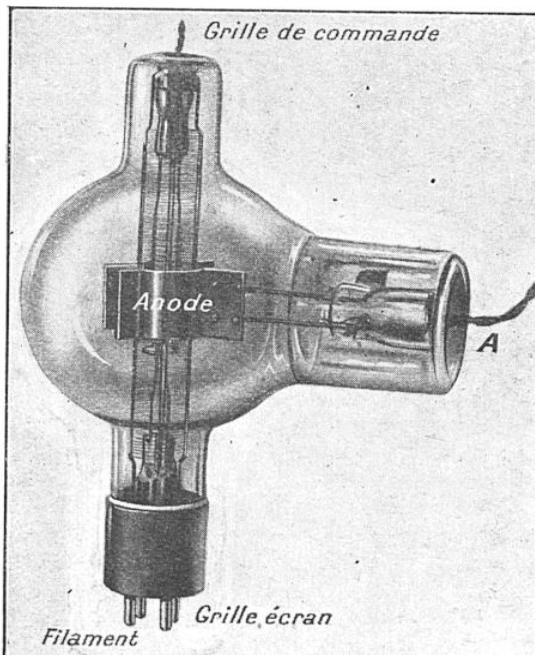


FIG. 2. — TUBE D'ÉMISSION A GRILLE-ÉCRAN DE FAIBLE PUISSANCE (75 WATTS)

Ce tube en verre à quatre électrodes comporte un culot à broches assurant les sorties du filament et de la grille-écran ; la sortie de la grille de commande est pratiquée au sommet et celle de l'anode latéralement, en A. Les ailettes de l'anode accélèrent la dissipation de la chaleur.

Depuis on a construit des lampes de 130 kW, dissipant sur leur anode, portée à 20 000 V, une puissance de 90 kW. Le seul filament de chauffage absorbe une puissance de 9 kW. La « pente » de la lampe, de 10 à 30 mA par volt, permet d'obtenir une amplification considérable. Le courant anodique atteint 100 A et le refroidissement par circulation d'eau n'absorbe pas moins de 120 litres par minute.

A l'heure actuelle, on construit couramment des lampes dont la puissance peut varier de 200 à 400 kW, selon l'utilisation.

Rappelons aussi, pour mémoire, que, dans le but d'éviter les soudures du verre et du métal, M. Holweck (1) a proposé des lampes démontables pour des puissances de 100 à 500 kW, fonctionnant sous des tensions anodiques de 10 000 à 20 000 V. L'inconvénient de ces lampes réside dans la nécessité d'y entretenir constamment le vide au moyen d'une pompe moléculaire fonctionnant en permanence.

Outre la fabrication des lampes à grande puissance, l'industrie s'est orientée vers l'étude de divers modèles spéciaux convenant à des usages déterminés. Ce sont des lampes à écran et des pentodes de puissance jusqu'à 1 kW, puis des tubes pour des ondes très courtes et pour télévision de l'ordre de quelques mètres, enfin des magnétrons pour l'émission sur ondes encore plus courtes, quasi optiques.

Nous allons donner ci-dessous quelques précisions sur les caractéristiques et sur l'utilisation de ces divers types.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 237, page 233.

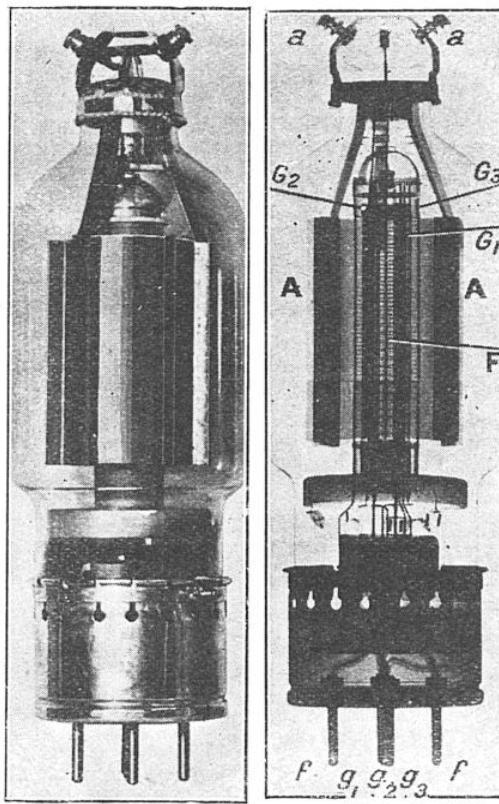


FIG. 3 ET 4. — VUE EXTERIEURE ET RADIOPHOTOGRAPHIE D'UNE PENTODE DE PUISSANCE DE 1 KILOWATT

Les électrodes sont dissimulées au centre de l'anode cylindrique à ailettes de refroidissement qui aboutit au sommet de l'ampoule. Les connexions de filament, grille-écran, grille de commande et grille d'arrêt aboutissent aux broches du culot. La radiographie, pratiquée d'une manière courante pour la vérification de la fabrication, met en évidence les diverses électrodes : anode A, grille de commande G₁, grille-écran G₂, grille d'arrêt G₃, filament F ; les sorties se font respectivement en a au sommet de l'ampoule et sur le culot en f, g₁, g₂ et g₃.

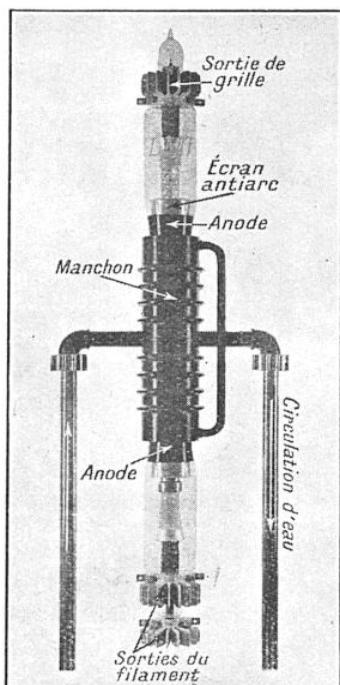
Lampes de faible puissance à grille-écran

Il y a déjà longtemps que les effets nocifs de la capacité interne entre les diverses électrodes, notamment entre la grille et l'anode des lampes de réception, ont été combattus par l'adjonction d'une électrode auxiliaire, dite grille-écran, montée entre la grille et l'anode. La diminution de capacité, résultant de cette disposition, a permis d'augmenter le coefficient d'amplification de la lampe. Grâce à l'écran, on réalise une séparation électrique entre la grille et l'anode, qui abaisse la valeur de cette capacité à quelques millièmes de micromicrofarad. Par suite de l'éloignement de l'anode, la résistance intérieure de la lampe est accrue et le facteur d'amplification devient supérieur à 1 000. La figure 1 montre la structure d'une lampe à grille-écran, dont les éléments sont représentés de profil en I, l'anode A étant coupée, et de face en II, après suppression de l'anode A de la grille-écran E ; on distingue la grille de commande G et le filament F.

Sur ce principe ont été réalisées des lampes d'émission de petite puissance telles que celle de la figure 2.

Les pentodes de puissance

On peut se demander pourquoi la lampe d'émission de puissance en est encore restée pratiquement au stade de la triode, alors qu'en matière de réception, on utilise des lampes à électrodes multiples, depuis les bigrilles et les biplaques, jusqu'aux pentodes, hexodes, heptodes et octodes qui terminent la série, pour le moment du moins



(Photo L. M. T.)

FIG. 5. — TRIODE DE 80 KW DE PUISSANCE DISSIPÉE

On aperçoit au centre le manchon de circulation d'eau recouvrant l'anode, avec ses deux tubulures. En haut, l'ampoule renfermant la sortie de grille, avec réfrigérateur à ailettes ; en bas, les sorties du filament, également munies de réfrigérateurs à ailettes. Au delà des soudures verre-anode, on aperçoit les écrans antiarc.

n'avait pratiquement pas dépassé 150 W, ce qui est bien faible comparativement aux 400 kW des triodes.

Cependant les tubes émetteurs à grilles multiples présentent un grand intérêt pour les émetteurs mobiles et transportables. Leur meilleur rendement permet d'abaisser à la fois le prix de revient, l'encombrement et le poids du matériel, comparativement à un émetteur à triodes. La pentode de puissance doit aussi trouver son utilisation normale pour les étages d'amplification intermédiaires des grandes stations fixes.

Vers la fin de 1937, la Société Française Radioélectrique a mis au point une pentode capable de débiter, avec une bonne modulation, une puissance utile de 1 kW (fig. 3). Cette pentode, de type intermédiaire entre les amplificatrices à haute fréquence et les pentodes de puissance, possède un rende-

ment en énergie appréciable. On peut même l'utiliser pour les ondes courtes, à la condition de réduire sa tension anodique à 2 500 V environ.

Cette lampe est un tube de 16,5 cm de diamètre et de 55 cm de hauteur. Les cinq broches du culot correspondent aux connexions de la cathode, de la grille-écran, de la grille de commande et de la grille d'arrêt. La valeur élevée de la tension anodique (3 000 V en régime normal) oblige à pratiquer la sortie d'anode par le sommet de l'ampoule. Les réactions à l'intérieur de la lampe sont évitées au moyen d'un écran interne qui sépare le circuit d'entrée du circuit de sortie.

Remarque intéressante : la cathode à oxydes est chauffée par 6 A sous 12 V, alors que, normalement, ce type de cathode ne sert qu'à la réception. Le filament est formé d'une âme en tungstène recouverte d'un



(Photo Philips.)

FIG. 6. - CETTE TRIODE DE 250 KW A CIRCULATION D'EAU MESURE ENVIRON 1 M 50 DE HAUT

enduit de carbonates de baryum et de strontium, et bobiné en tambour le long des génératrices d'un cylindre de grand diamètre. Les grilles qui entourent la cathode sont assez rapprochées et, par suite, très efficaces. Ce sont des hélices cylindriques enroulées sur des supports sur lesquels elles sont maintenues par des entretoises isolantes à faibles pertes en haute fréquence. L'anode est un cylindre de nickel noirâtre, ce qui augmente le pouvoir émissif de la surface radiante. La dissipation de chaleur est assurée par des ailettes.

La figure 4, qui est la radiographie de la pentode, montre nettement la disposition de ses diverses électrodes et de leurs connexions. D'ailleurs, les lampes d'émission sont toujours radiographiées après fabrication, afin qu'on puisse vérifier leur montage.

La pentode peut aussi être employée comme modulatrice, cette fonction étant confiée à la grille d'arrêt, c'est-à-dire à la grille la plus voisine de l'anode, et qui reçoit une polarisation négative pour repousser l'émission électronique secondaire de l'anode.

La pentode peut dissiper 600 W par l'anode et 100 W par la grille-écran.

FIG. 7. — RADIOPHOTOGRAPHIE D'UNE LAMPE D'EMISSION DE 350 kW

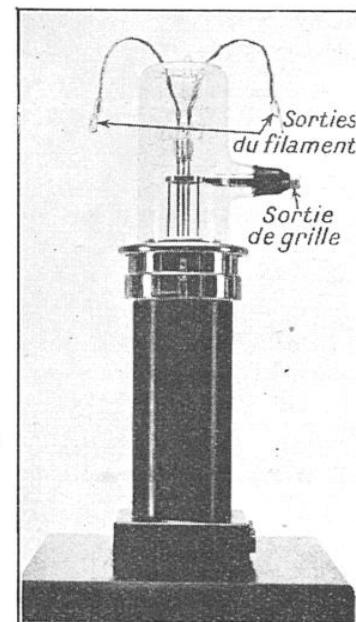
Cette lampe ne mesure pas moins de 2 m de hauteur et le débit de l'eau nécessaire à son refroidissement atteint 200 litres à la minute (vitesse de circulation dans le manchon entourant l'anode :

2 m/s). L'anode est constituée par un cylindre de cuivre strié intérieurement pour éviter le rayonnement de la chaleur vers la grille. La cathode (filament) est formée par huit boucles de fils de tungstène montées en parallèle absorbant chacune 88 A sous 35 V. Les sorties de grille et du filament sont également munies d'une circulation d'eau.

Son courant cathodique maximum est de 0,7 A.

Lorsqu'elle fonctionne en amplificateur à haute fréquence sur l'onde de 40 m, la pentode a une puissance maximum de 1 300 W sur la plaque, une puissance utile de 800 W et un rendement de 63 %.

Cette lampe prouve qu'en ondes longues et moyennes on peut engendrer une puissance de 1 kW avec un bon rendement, en ne dépensant que peu de puissance pour réduire au minimum les capacités internes entre électrodes. Cette lampe peut osciller normalement sur 5 m de longueur d'onde.



(Photo L. M. T.)

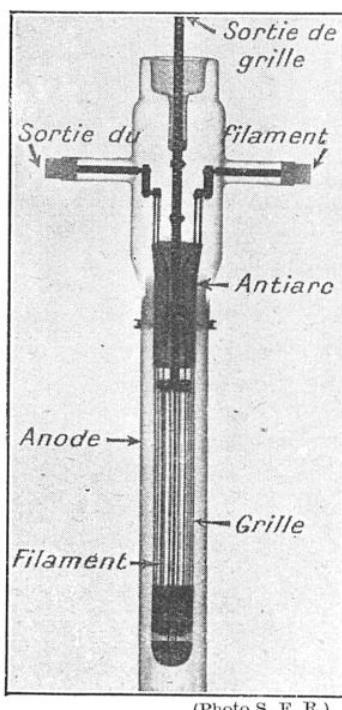
FIG. 8. — LAMPE D'EMISSION POUR TÉLÉVISION

Cette lampe, dont la puissance anodique dissipée est de 20 kW, possède une sortie de grille latérale pourvue d'une circulation d'eau que n'ont pas les sorties du filament. Des précautions spéciales sont prises pour réduire au minimum les capacités internes entre électrodes. Cette lampe peut osciller normalement sur 5 m de longueur d'onde.

Triodes de grande puissance

Le développement des lampes de grande puissance remonte, comme nous l'avons indiqué plus haut, à l'application du refroidissement par circulation d'eau et de la soudure de l'ampoule de verre sur l'anode de cuivre. L'une des premières triodes de ce genre fut réalisée par la « Western Electric Co », en 1921.

La fabrication des tubes s'est perfectionnée depuis quinze ans par l'amélioration constante de la qualité des matériaux utilisés, qui doit être excellente et très régulière. Il a fallu mettre au point des méthodes spéciales pour le traitement des matières premières et pour le pompage, qui garantissent la sécurité du fonctionnement. L'« ennemi n° 1 », ce sont les dégagements gazeux, provenant des gaz occlus. A ce propos, soulignons que les opérateurs qui montent les lampes ne doivent toucher à l'ampoule et aux électrodes qu'avec des gants de tissu,



(Photo S. F. R.)

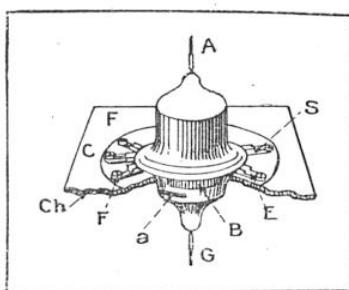


FIG. 9. — POUR L'ÉMISSION DES ONDES DÉCIMÉTRIQUES, VOICI UNE PENTODE-GLAND SUR SON SUPPORT

A, anode ; G, grille de commande ; B, blindage intérieur ; E, écran ; C, cathode ; Ch, châssis ; a, anneau extérieur ; F, filament ; S, grille d'arrêt (suppresseur). Les électrodes sont disposées de façon à réduire au minimum les capacités internes. Une telle lampe ne peut donner à l'émission qu'une puissance inférieure à 1 W.

par l'accroissement de la marge de sécurité. Les tubes susceptibles de donner normalement aux essais des puissances de sortie de 200 à 400 kW en haute fréquence ne sont utilisés en fait que pour 100 et 200 kW respectivement. Grâce à ces mesures, la longévité des lampes d'émission peut atteindre actuellement 10 000 heures.

L'écueil de la formation des tubes peut être évité à présent. La tension de service peut être appliquée à chaque lampe sans période préparatoire comportant une montée progressive de la tension. L'étude spéciale des circuits de circulation d'eau a permis de supprimer la corrosion des anodes ou les dépôts de tartre.

La figure 5 montre l'aspect d'une triode L. M. T. dont la puissance de dissipation est de 80 kW. Au milieu se trouve l'anode entourée du manchon cylindrique en cuivre pour la circulation d'eau, dont on aperçoit de chaque côté les tubulures. A la partie supérieure, la sortie de grille, avec un collier de refroidissement à ailettes. A la partie inférieure, la sortie du filament avec un double collier. Les extrémités de l'anode sont visibles dans sa partie évasée où elles sont soudées avec les ampoules de verre. A l'intérieur, une armature cylindrique formant écran protège la soudure contre les grandes variations de tension.

Le chauffage du filament absorbe 240 A sous 25 V. La lampe peut « descendre »

lavés tous les jours. Le moindre dépôt de transpiration ou de graisse entraîne considérablement le vidage des ampoules.

Les filaments, préparés avec le plus grand soin, sont l'objet d'études métallographiques poussées.

Ces procédés ont permis d'augmenter considérablement la puissance des lampes,

jusqu'à 13 m de longueur d'onde environ, donnant encore en téléphonie sur cette longueur d'onde une puissance de sortie de 90 kW (modulation 100 %).

On produit couramment des tubes dont la puissance atteint plusieurs centaines de kilowatts (fig. 6).

Tout récemment, la *Société Française Radioélectrique* a construit une triode amplificatrice de 350 kW dont nous reproduisons la radiographie sur la figure 7. L'anode est alimentée sous une tension de 18 000 à 20 000 V. La difficulté de fabrication provient à la fois des phénomènes parasites et de la température élevée qui apparaissent lorsqu'on met en jeu des puissances considérables. Ainsi, le courant de chauffage crée un champ magnétique intense qui dévie les électrons. La grille n'est plus seulement une électrode statique ; elle est traversée par un courant notable, d'où température anormale et baisse de rendement. A la faveur de ce dégagement de chaleur, la grille libère les gaz occlus dans le métal et émet un rayonnement secondaire. Plus de 10 kW de puissance perdue doivent être rayonnés par la grille, sans compter l'énergie irradiée par la cathode. Sur les 170 A du courant de saturation émis par la cathode, la grille absorbe à elle seule 20 A.

La lampe de 350 kW mesure plus de 2 m de hauteur. Le débit de la circulation d'eau est de 200 litres par minute, ce qui correspond à une vitesse de 2 m par seconde dans la chemise anodique, car, ce qui importe, ce n'est pas la masse d'eau totale, mais la

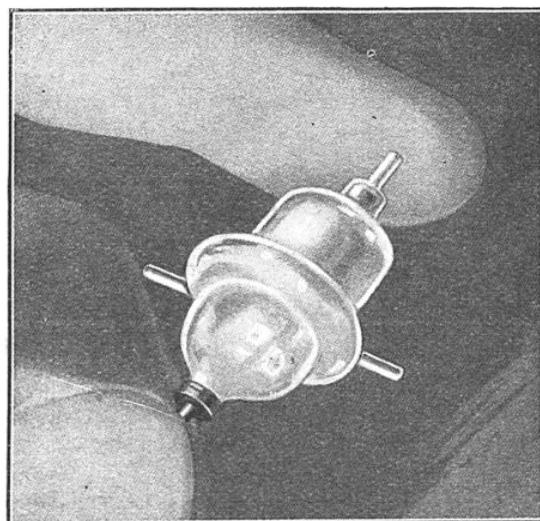


FIG. 10. — ASPECT EXTÉRIEUR DE LA LAMPE PENTODE-GLAND POUR ONDES ULTRA-COURTES

surface de liquide qui vient à chaque seconde en contact avec les pièces à refroidir.

L'anode est un cylindre de cuivre strié intérieurement pour éviter la réflexion de la chaleur vers la grille. Un écran limiteur d'échauffement la prolonge vers l'ampoule et empêche le bombardement du verre par le flux cathodique. Des surfaces de garde spéciales, convenablement réparties sur l'anode et sur la grille, évitent les gradients de potentiel élevés et les amorcages d'arcs.

La grille, hélice de fil métallique réfractaire, est terminée par deux manchons cylindriques formant anode de diode et qui réduisent l'émission secondaire de la grille.

La cathode est formée par huit boucles de fils de tungstène montés en parallèle, chaque boucle absorbant 88 A sous 35 V. Les conducteurs sont tendus par le poids d'un disque fixé à la partie inférieure. Les entrées de courant sont des tubes de molybdène soudés au verre et refroidis intérieurement par une circulation d'eau de 1,5 litre par minute.

La lampe de 350 kW, spécialement étudiée pour les besoins de la radiodiffusion, peut être montée sur toutes les stations à grande puissance. Plus la longueur d'onde est courte et plus la circulation d'eau doit être rapide. Le tube fonctionne en amplificateur à haute fréquence de la classe B (1), avec une distorsion totale de 7 % environ pour un taux de modulation de 100 %. Les tubes sont montés symétriquement en « push-pull », ce qui élimine les harmoniques de

(1) Dans l'amplification dite « de classe B », la tension de polarisation de grille est réglée à la naissance du courant anodique. Seules les alternances positives de la tension de grille donnent donc lieu à un courant anodique.

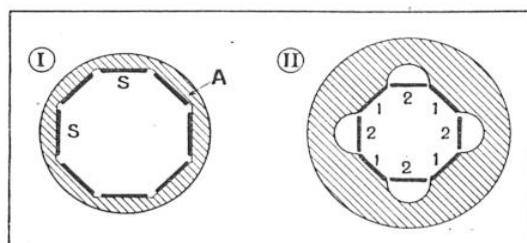


FIG. 11. — COUPE SCHÉMATIQUE DE DEUX TYPES D'ANODES DE MAGNÉTRONS UTILISÉS POUR L'ÉMISSION D'ONDES DÉCIMÉTRIQUES I, segmentation uniforme : les divers segments anodiques S, vus en coupe, sont soudés à l'anneau terminal A. — II, segmentation alternée : les divers segments anodiques sont réunis alternativement à l'un des anneaux terminaux (1) et à l'autre (2). Ces anneaux sont reliés à la source de tension positive anodique.

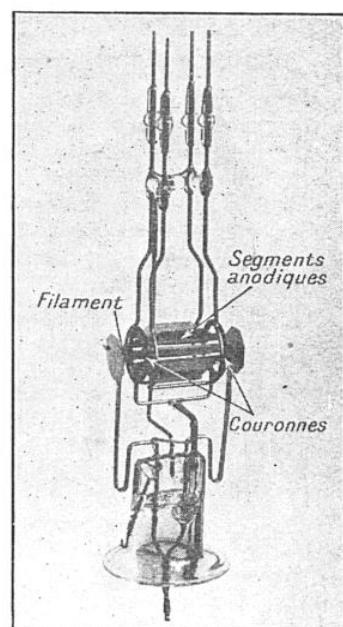
rang pair. La puissance anodique commandée est 30 fois plus grande que la puissance de commande sur la grille.

Les lampes spéciales pour la télévision

À la difficulté de produire de grandes puissances s'ajoute celle inhérente aux ondes très courtes, de l'ordre de 5 m environ. Ainsi, pour la nouvelle station de télévision de la Tour Eiffel, inaugurée en avril 1938, dont la puissance de sortie est de 30 kW pour une onde de

6,52 m (46 mégahertz), il a fallu étudier des tubes de faible impédance et de faible capacité. Sur les ondes très courtes, les différents organes des lampes et leurs connexions présentent, en effet, des inductances et des capacités dont les effets ne sont pas négligeables par rapport aux éléments des circuits oscillants. C'est pourquoi on ne peut envisager la lampe toute seule, parce qu'elle forme un ensemble avec les inductances et capacités montées avec elle sur le châssis. Il faut donc intégrer aux circuits oscillants les éléments de la lampe.

La figure 8 montre une triode L. M. T. spéciale pour télévision, dont la puissance anodique dissipée peut atteindre 20 kW et la fréquence maximum d'utilisation 60 mégahertz, soit 5 m de longueur d'onde. Son filament absorbe 61 A sous 21 V. Elle se distingue des autres tubes par la disposition mieux dégagée de ses électrodes. Il faut, en effet, tenir compte de la largeur considérable de la bande passante des fréquences de modulation en télévision.



(Photo S. F. R.)

FIG. 12. — COMMENT SONT MONTÉES LES ÉLECTRODES D'UN MAGNÉTRON

Les segments anodiques, supportés par des colliers, aboutissent alternativement aux deux couronnes terminales. Le filament est tendu dans l'axe de l'anode. Les connexions de l'anode partent vers le haut : celles du chauffage, par le pied de verre.

Lampes pour ondes ultra-courtes : lampes-glands et magnétrons

On se heurte à des difficultés encore beaucoup plus grandes lorsqu'il s'agit de descendre aux ondes décimétriques. On a construit à cette fin des lampes minuscules, qu'en raison de leur forme et de leurs dimensions on nomme *lampes-glands* (*acorn tubes*). On a représenté, sur la figure 9, une pentode-gland. Les électrodes sont disposées de manière à réduire au minimum les capacités internes. Les sorties sont faites au moyen de broches radiales qui sortent d'un bourrelet annulaire ceinturant l'ampoule. A vrai dire, ces lampes ne donnent à l'émission qu'une puissance infime, nettement inférieurs à 1 W.

Industriellement, on emploie plutôt les *magnétrons* pour engendrer les ondes décimétriques. Dans ces tubes, le flux électro- nique émis par la cathode est dévié par un champ magnétique auxiliaire, qui joue en quelque sorte le rôle de grille. Dans certaines conditions de tension anodique et de champ magnétique, des oscillations de très courtes longueurs d'onde naissent spontanément dans le circuit anodique, où elles sont recueillies et utilisées. Ce sont des tubes cylindriques avec filament cathodique coaxial, fonctionnant avec un champ magnétique uniforme dirigé parallèlement à l'axe du cylindre, et donnant des ondes très courtes pour des valeurs faibles de la tension et du champ magnétique. L'anode est subdivisée en segments qui entrent en résonance longitudinalement sur l'onde entretenue.

Le cylindre anodique est divisé en un nombre pair ou impair de segments reliés par un anneau à une extrémité du cylindre (fig. 11, I). Dans un autre type de magnétron, les segments sont reliés alternativement à l'un des deux anneaux fixés aux

extrémités du tube (fig. 11, II), anneaux qui sont eux-mêmes alimentés à la tension anodique. Le premier type de tube fonctionne à peu près en quart d'onde. Par exemple, chaque segment ayant 20 mm de longueur, l'onde engendrée est de 8,3 cm. Les autres tubes obéissent à une loi plus complexe.

Les magnétrons du premier type fonctionnent sous des tensions anodiques de 730 à

1 200 V, avec un courant anodique de 46 à 80 mA et un champ de 498 à 560 gauss. Les seconds, qui ont un diamètre anodique de 6,4 mm et une longueur de 10 mm, fonctionnent avec une tension anodique de 765 V et un champ magnétique de 430 gauss. La puissance d'alimentation étant de 115 W pour un courant anodique de 100 mA, ils donnent une puissance utile de 10 W avec un rendement de 13 %.

Cette revue nécessairement rapide des principaux types de lampes montre l'extrême richesse des procédés dont on dispose actuellement pour produire des ondes entretenues au moyen des lampes électroniques. Les progrès récemment accomplis dans cette

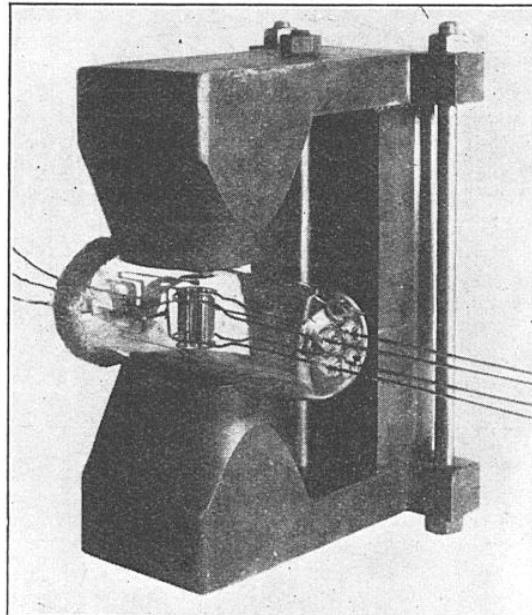


FIG. 13. — MONTAGE DU MAGNÉTRON DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE

Le magnétron est placé dans l'entrefer d'un aimant permanent de fortes dimensions dont les pièces polaires sont particulièrement développées. Le flux magnétique est dirigé parallèlement à l'axe du filament et des segments anodiques.

fabrication ont permis de créer des triodes de très grande puissance susceptibles de fonctionner avec un bon rendement sur les ondes les plus courtes des radiocommunications industrielles. Mais les ingénieurs poursuivent leurs recherches vers les ondes encore plus courtes, de l'ordre du mètre et du décimètre. Des liaisons peuvent être désormais assurées sur ces ondes, bien qu'avec des puissances beaucoup plus faibles que sur les autres gammes. Toutefois, il reste encore beaucoup à attendre de l'application à la technique de l'émission de maints perfectionnements, dont bénéficient les lampes de réception depuis déjà plusieurs années.

MICHEL ADAM.

SEULE DANS LE SYSTÈME SOLAIRE, LA TERRE POSSÈDE-T-ELLE UNE ATMOSPHÈRE HABITABLE ?

Par Louis HOULEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Autour du Soleil gravitent neuf planètes principales : Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune et Pluton, ainsi qu'un nombre considérable d'astéroïdes dont on a catalogué aujourd'hui plus de 2 000 et qui ne sont probablement rien d'autre que des cailloux desséchés de quelques centaines de kilomètres de diamètre, pour les plus gros. Les faibles dimensions de Pluton (qui doit être du même ordre de grandeur que la Terre) et son grand éloignement font que nous ne savons à peu près rien de sa constitution physique ; nous sommes à peine mieux renseignés sur Uranus et Neptune. Pour les autres planètes, l'observation directe des détails de leur surface, mal définis et fugitifs, est fort délicate et a donné lieu dans le passé à certaines interprétations erronées dont la plus fameuse fut la découverte des « canaux » de Mars par l'Italien Schiaparelli, confirmée par l'Américain Percival Lowell, et qu'on a pu rapporter, après de longues discussions, à des illusions d'optique mêlées d'autosuggestion. Judicieusement combinée avec l'analyse spectrale, qui donne les résultats les plus intéressants et les plus sûrs, l'observation directe permet cependant de se faire une idée suffisamment précise des conditions qui règnent sur les astres attachés au système solaire. C'est ainsi que Mercure, le plus proche du Soleil, apparaît complètement desséché ; que Vénus, avec son atmosphère de gaz carbonique, Mars, à peu près complètement dépourvu d'oxygène, et les « grosses » planètes, avec leur atmosphère d'ammoniaque et de méthane, ne nous semblent pas pouvoir servir de support à la vie autrement que sous des formes rudimentaires, et certainement pas comme nous la connaissons sur la Terre. La science peut aujourd'hui répondre à la question si longtemps débattue : la Terre est la seule planète habitée du système solaire.

SAVOIR si les planètes autres que la Terre possèdent, comme elle, une atmosphère, est un problème intéressant à plus d'un titre. Outre la satisfaction générale qui s'attache à la connaissance de la vérité, tout ce qui se rapporte à nos compagnons de route du système solaire nous importe, car, issues du même cocon nébuleux, les diverses planètes sont parvenues à des stades différents de leur évolution, et leur état présent peut nous renseigner sur le passé et sur l'avenir de notre globe. Mais, surtout, l'existence d'une atmosphère est liée à celle de la vie, telle que nous la concevons, et, par conséquent, l'étude des atmosphères planétaires nous aidera à répondre à cette angoissante question : la Terre possède-t-elle seule, dans le système solaire, le privilège (si c'en est un) de servir de support à la vie ?

Tout d'abord, il est nécessaire de rappeler dans quelles conditions une atmosphère gazeuse peut se maintenir à la surface d'un corps céleste. La représentation cinétique des gaz nous enseigne que les molécules sont

de véritables projectiles, lancés dans toutes les directions avec une vitesse qui dépend de leur masse et de leur température ; une étude mathématique complète montre que, dans un gaz homogène et à température uniforme, il s'établit un équilibre statistique où la pression et la densité décroissent en proportion géométrique (c'est-à-dire dans un rapport constant) quand on s'élève par paliers égaux au-dessus d'un niveau de référence qui peut être, par exemple, la surface du sol. C'est ainsi que, sur la Terre, chaque fois qu'on s'élève de 18 km, la pression se réduit au dixième ; à 36 km du sol, elle n'est donc plus que de 1 centième d'atmosphère ; cette infime pellicule de 36 km renferme donc les 99 centièmes de la masse atmosphérique tout entière.

La rapidité avec laquelle s'effectue cette décroissance de la pression dépend nécessairement de la masse attrayante de la planète, puisque c'est elle qui rabat les molécules gazeuses vers le bas ; c'est ainsi que, pour l'air atmosphérique, la réduction au dixième

de la pression, sur les différentes planètes, se produirait :

Pour Mercure, en.....	73 km.
— Mars, en.....	40 —
— Vénus, en.....	22 —
— la Terre, en.....	18 —
— Saturne, en.....	6 —
— Jupiter, en.....	3 —

Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, les grosses planètes retiennent leur atmosphère plus énergiquement que les petites. Encore faut-il qu'elles en possèdent une, et, sur ce

cules qui la constituaient, échauffées par le rayonnement solaire, ont dû atteindre cette limite et s'échapper (1).

Si on tient compte de ce phénomène, on voit donc que la probabilité de retenir une atmosphère croît avec cette vitesse limite, qui est : pour Mercure..... 4,3 km/s
 — Mars 4,9 —
 — Vénus 10 —
 — la Terre 11 —
 — Jupiter 58 —

Elle sera donc infiniment plus grande pour Jupiter que pour Mercure. Mais ces présomptions, *a priori*, ont besoin d'être vérifiées par l'observation directe. Voyons donc dans quelles conditions elle peut se faire.

Les méthodes d'observation

Une atmosphère étant par essence transparente, donc invisible, son observation présente des difficultés qui seront accrues par la faible épaisseur de cette pellicule gazeuse. Pourtant, il est certains cas où une observation directe, à la lunette ou au télescope, peut donner des

c'est lorsque cette atmosphère contient des nuages formés de gouttelettes liquides, ou des poussières suspendues et mobiles ; si on peut constater l'existence d'un liquide volatil, comme l'eau, ou d'un solide vaporisable comme la glace, il s'ensuivra nécessairement l'existence du même corps à l'état de vapeur, sous la tension maximum correspondant à sa température.

À ce point de vue encore, une des mesures les plus significatives est celle de l'*albedo*, c'est-à-dire du pouvoir réflecteur et diffusant, autrement dit, du rapport entre le flux lumineux renvoyé par l'astre, et le flux

(1) La vitesse calculée pour les molécules gazeuses n'est qu'une moyenne ; les vitesses réelles, régies par la loi des écarts, de Gauss, s'étagent au-dessus et au-dessous de cette valeur, qui est la plus probable, et se présentent d'autant plus rarement qu'elles s'en écartent davantage.

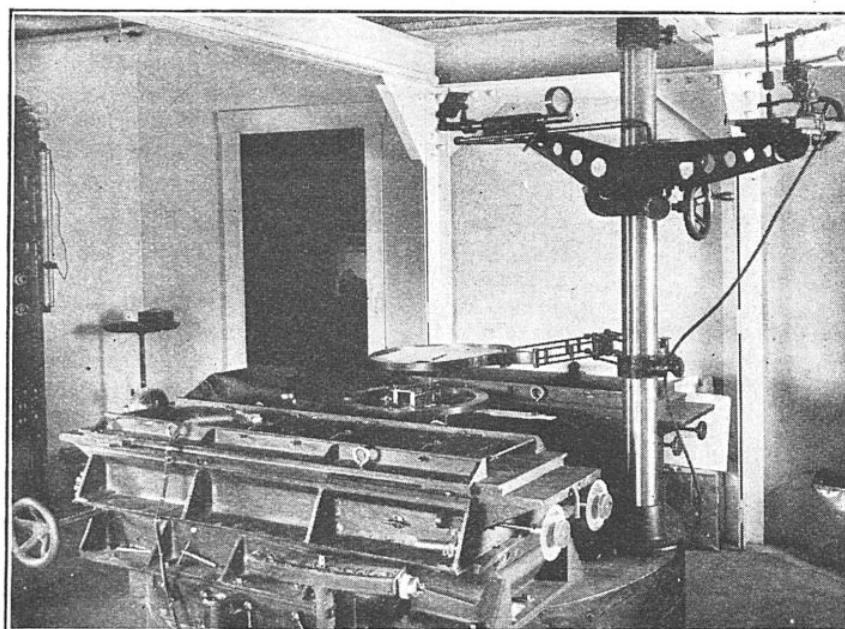


FIG. 1. — LE SPECTROGRAPHE DE L'OBSERVATOIRE DU MONT WILSON

point, Johnstone Stoney a mis en lumière la manière dont elles ont pu s'en trouver dépouillées : si les vitesses qui animent les molécules sont supérieures à une certaine valeur critique, ces molécules pourront échapper à l'attraction planétaire et être happées par le Soleil ou par une autre planète. Ainsi, pour un astre comme Vesta (l'une des petites planètes (1) qui circulent entre Mars et Jupiter), cette vitesse critique est voisine de 300 m par seconde, inférieure par conséquent à celle qui anime les molécules de la plupart des gaz connus ; il est donc impossible, *a priori*, que Vesta puisse retenir une atmosphère ; pour la Lune, la valeur de cette vitesse limite est 2,3 km/s, et il est certain que, si notre satellite a jamais possédé une atmosphère, les molé-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 56, page 459.

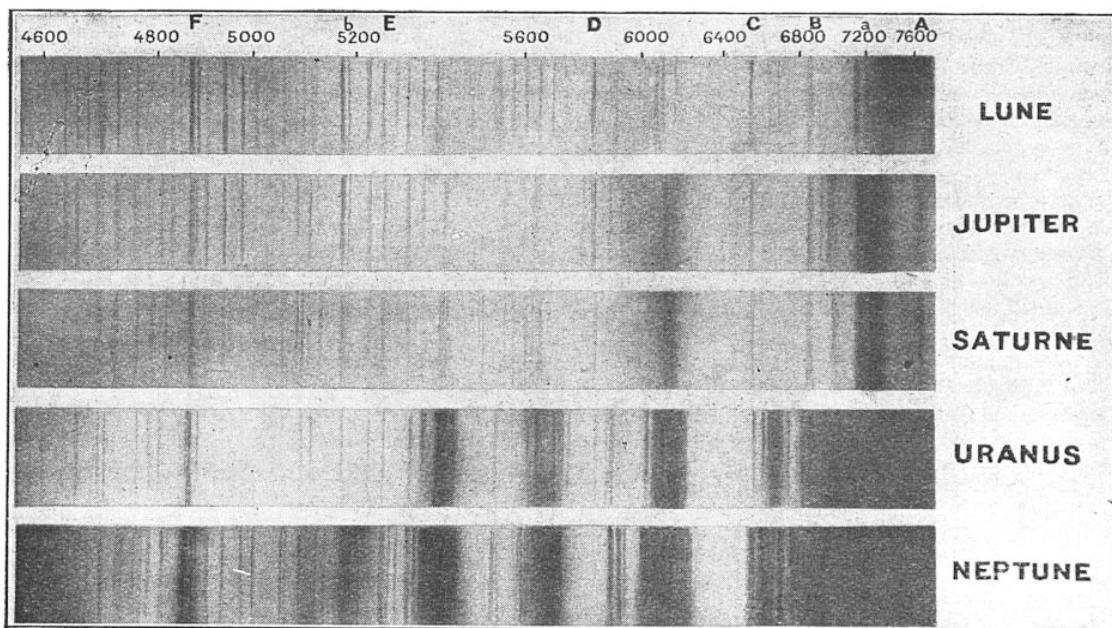


FIG. 2. — SPECTRES DE LA LUNE ET DES GROSSES PLANÈTES (JUPITER, SATURNE ET NEPTUNE) OBTENUS PAR V.-M. SLIPHER A L'OBSERVATOIRE LOWELL (ÉTATS-UNIS)

Uranus et Neptune ont des spectres assez différents de ceux de Jupiter et Saturne. Tous montrent des bandes d'absorption qui vont en s'accentuant dans les spectres des planètes plus lointaines. Cet effet a été attribué au fait que les atmosphères seraient d'autant plus épaisses que l'on s'éloigne davantage du Soleil. Cependant la plupart des bandes observées sont encore d'origine mystérieuse.

reçu du Soleil. Considérons, par exemple, le tableau des albedos relatifs aux principales planètes et à la Lune :

Mercurie.....	0,073
Vénus	0,62
La Terre.....	0,38
Mars	0,154
Jupiter	0,42
Saturne	0,45
La Lune	0,065

La faiblesse de ces nombres pour Mercure

et la Lune correspond à ce que l'observation directe nous avait appris sur notre satellite, à savoir qu'un albedo élevé, et de couleur blanche, indique l'existence de nuages qui diffusent la lumière solaire, tandis qu'un sol nu donne un albedo faible et teinté de rouge, la lumière reçue du Soleil, et principalement le bleu, étant alors absorbée par le sol; et on voit encore que la Terre, dont l'atmo-

Raies de l'oxygène tellurique

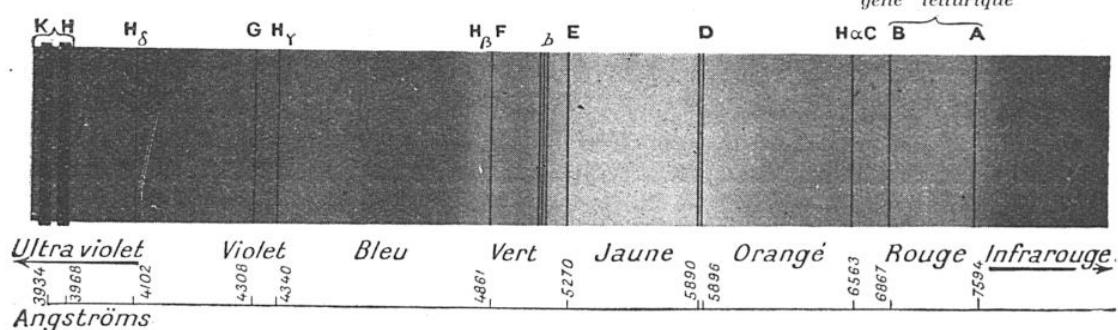


FIG. 3. — LE SPECTRE SOLAIRE VISIBLE AVEC SES RAIRES PRINCIPALES

Les raies A et B constituent la manifestation de la présence de l'oxygène dans l'atmosphère terrestre. Si l'on examine un spectre de planète, on y trouvera naturellement ces raies A et B, puisque notre atmosphère s'interpose entre la planète et la Terre. La présence d'oxygène autour de la planète se traduit par un renforcement ou par un élargissement des raies caractéristiques de cet élément.

sphère n'est que partiellement obscurcie par des nuages, manifeste cette propriété par un albedo intermédiaire entre ceux de Mercure et de Vénus ; la mesure de cette grandeur donne donc des indications précieuses sur l'état de la surface des différentes planètes.

On pourrait encore songer à observer les effets de réfraction et de dispersion produits par une atmosphère gazeuse, agissant à la manière d'une lentille ; ces effets pourraient se manifester, soit par l'occultation progressive d'une étoile, soit par l'apparition d'une zone de crépuscule lorsque la planète, éclairée de côté par le Soleil, passe par un de ses quartiers ; en fait, une analyse plus serrée montre que ces méthodes seraient d'un emploi très délicat, et il ne semble

7 594 angströems pour la bande *A* et 6 867 pour la bande *B*. Ainsi, ce spectre d'absorption de l'oxygène est reconnaissable, sans erreur possible, et la netteté des raies est proportionnelle à la masse d'oxygène traversé, ce qui fait qu'elles sont plus marquées lorsque le Soleil est voisin de l'horizon que lorsqu'il est au zénith ; on peut donc, d'après cela, non seulement reconnaître l'existence de l'oxygène dans une atmosphère planétaire, mais encore en mesurer l'importance avec une certaine précision.

De même, la présence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère terrestre se traduit, dans le spectre solaire, par un grand nombre de raies situées dans le rouge et le jaune ; leur intensité varie, naturellement, considérablement avec l'état hygrométrique de l'air.

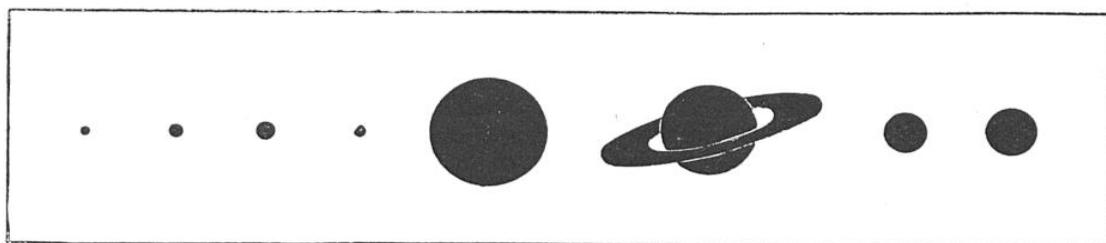


FIG. 4. — DIMENSIONS COMPARÉES DES PLANÈTES ET DU SOLEIL

Le diamètre du Soleil est représenté par la largeur du cadre du dessin. A cette échelle, voici, de gauche à droite : Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune.

pas qu'on ait eu recours à elles ; en revanche, lorsque l'astre (Mercure ou Vénus) passe devant le Soleil, l'existence d'une atmosphère peut se traduire par un anneau brillant autour du disque sombre. J'aurai tout à l'heure à faire état des résultats opposés constatés pour ces deux planètes.

Mais c'est à l'analyse spectrale qu'on doit les résultats les plus intéressants et les plus sûrs ; les puissants spectrographes dont sont dotés les grands observatoires américains ont rendu possibles des mesures très précises et donné des renseignements inattendus. On sait que le spectre solaire direct, tel qu'on l'observe à la surface de notre globe, est traversé par des milliers de raies, dont la plupart proviennent des couches renversantes du Soleil lui-même ; mais il en est d'autres qui ont pour origine notre propre atmosphère. L'existence de l'oxygène s'y manifeste par la présence des bandes sombres, situées dans le rouge et l'infra-rouge, que Frauenhofer a désignées par les lettres *A* et *B* ; examinées avec une grande dispersion, elles se décomposent en une série de doublets régulièrement espacés, dont les *têtes* (c'est-à-dire les premières raies) se trouvent à

En dehors de ces deux gaz, l'analyse spectrale permet encore d'identifier l'ozone, toujours présent dans notre atmosphère, et, comme on le verra tout à l'heure, le gaz carbonique ; elle est malheureusement impuissante vis-à-vis de l'hydrogène, de l'azote et de l'argon, parce que les raies d'absorption de ces gaz sont en dehors du domaine accessible à l'observation ; c'est une grave lacune de cette méthode, par ailleurs si efficace.

Dès lors, si on examine au spectroscope la lumière renvoyée par une planète, on y retrouvera d'abord les raies d'origine solaire et tellurique ; mais si, en outre, la lumière a traversé deux fois, à l'aller et au retour, l'atmosphère planétaire, l'absorption par cette atmosphère devra se traduire, pour l'oxygène et la vapeur d'eau, par un renforcement des raies correspondant à ces deux corps ; et même, si la planète en question se rapproche ou s'éloigne de nous avec une vitesse suffisante, on devra observer, par effet Doppler-Fizeau, un élargissement de ces raies : du côté violet si les deux côtés se rapprochent l'un de l'autre, et vers le rouge si, au contraire, ils s'éloignent.

Examinons maintenant les principales planètes, dans l'ordre de leurs distances croissantes par rapport au Soleil, en résumant ce que l'observation et le raisonnement permettent de conclure pour chacune d'elles.

Mercure

Le cas de cette planète mineure sera vite réglé. Par sa masse médiocre (1/18 de celle de la Terre), par son faible albedo (0,073), par sa proximité du Soleil et par la température élevée (de 250 à 350°C) des régions soumises au rayonnement du Grand Luminaire, Mercure nous laisse prévoir qu'il n'est qu'un caillou desséché ; en effet, aucune observation directe n'a pu y révéler la moindre trace d'atmosphère ; l'an passé encore, lors du passage de Mercure sur le disque solaire, ni M. Lyot au Pic du Midi, ni les astronomes de l'Observatoire de Sydney, n'ont pu observer d'anneau lumineux sur son pourtour.

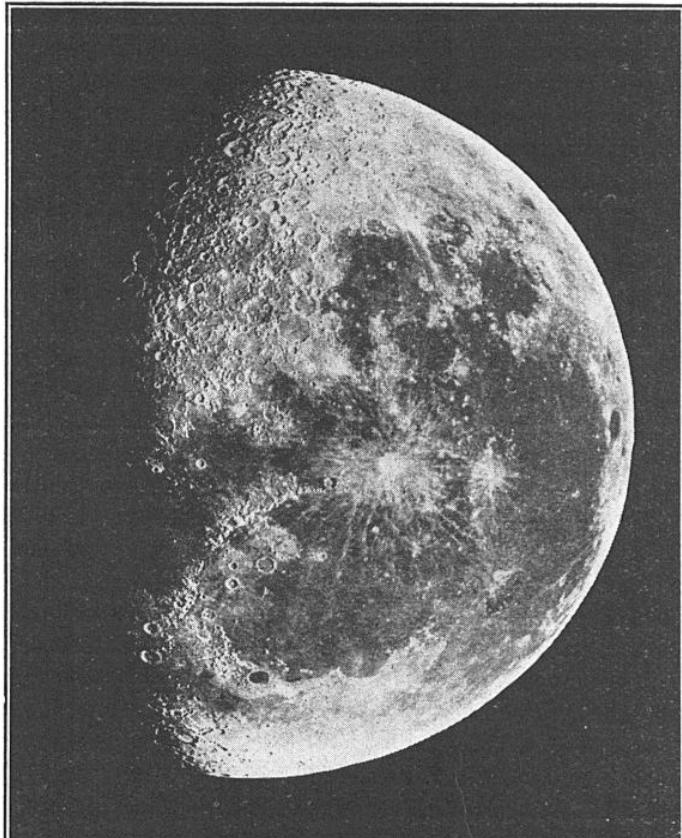
Vénus

Infiniment plus digne d'intérêt est la belle planète qui embellit alternativement nos aurores et nos crépuscules. Aucune n'est plus semblable à la Terre, soit par sa distance au Soleil (0,817, la distance de la Terre étant prise pour unité), soit par ses dimensions (son volume étant les 9 dixièmes de celui de notre globe), soit par sa densité, qu'on évalue à 5 (celle de la Terre étant 5,52), ce qui est probablement un minimum ;

ces données, et spécialement la dernière, donnent lieu de croire que Vénus est parvenu à peu près au même stade d'évolution que notre globe, c'est-à-dire que son noyau, condensé, s'est recouvert d'une carapace solide entouré elle-même d'un résidu gazeux. Mais nous sommes réduits aux suppositions, car nous ne voyons nulle part cette croûte solide ; tout ce que les lunettes nous laissent apercevoir, c'est une enveloppe blanche, dont l'albedo, 0,62, paraît produit par une couche épaisse de nuages ; c'est donc cette couche qui limite, pour nous, le contour extérieur de Vénus ; nous ne savons rien de ce qui existe à l'intérieur, ni, par conséquent, de la hauteur à laquelle elle peut être suspendue au-dessus du sol ; et réciproquement, s'il existe des habitants sur Vénus, ils doivent ignorer le Ciel étoilé et ne recevoir la lumière solaire que diffusée à travers un nuage épais de vapeurs.

Quoi qu'il en soit, l'existence de nuages sup-

pose celle d'une atmosphère qui les supporte et, d'ailleurs, l'anneau lumineux observé autour de la planète, lors de ses passages sur le Soleil, rend certaine l'existence de cette atmosphère. Mais il est plus difficile d'en évaluer l'épaisseur, ou, pour parler plus exactement, la masse totale ; les estimations les moins incertaines ont été faites lorsque la planète se présente sous forme d'un croissant très délié ; le bord situé en dehors des cornes du croissant, qui devrait théoriquement être invisible,



(Photographie de l'Observatoire du Mont Wilson.)

FIG. 5. — LA LUNE A SON PREMIER QUARTIER

La netteté des détails que l'on aperçoit à gauche, au bord de l'ombre portée par la Terre, et l'absence de toute réfraction démontrent que notre satellite ne possède pas d'atmosphère.

se dessine faiblement par irradiation atmosphérique, et on estime que, pour produire un effet de cette intensité, l'atmosphère de Vénus doit avoir quelque chose comme 2 000 m de hauteur ; c'est bien peu, mais n'oublions pas que cette hauteur est elle-même comptée au-dessus des nuages dont nous ne savons, ni quelle est leur épaisseur.

ce ne peut être qu'en proportions minimes.

En revanche, si on n'y a pas trouvé ce qu'on cherchait, on a trouvé ce qu'on ne cherchait pas : Adams et Dunham ont signalé, dans le spectre émis par Vénus, des bandes d'absorption dont les têtes correspondent à 7 820, 7 883 et 8 689 angströems, que certaines considérations théoriques faisaient.

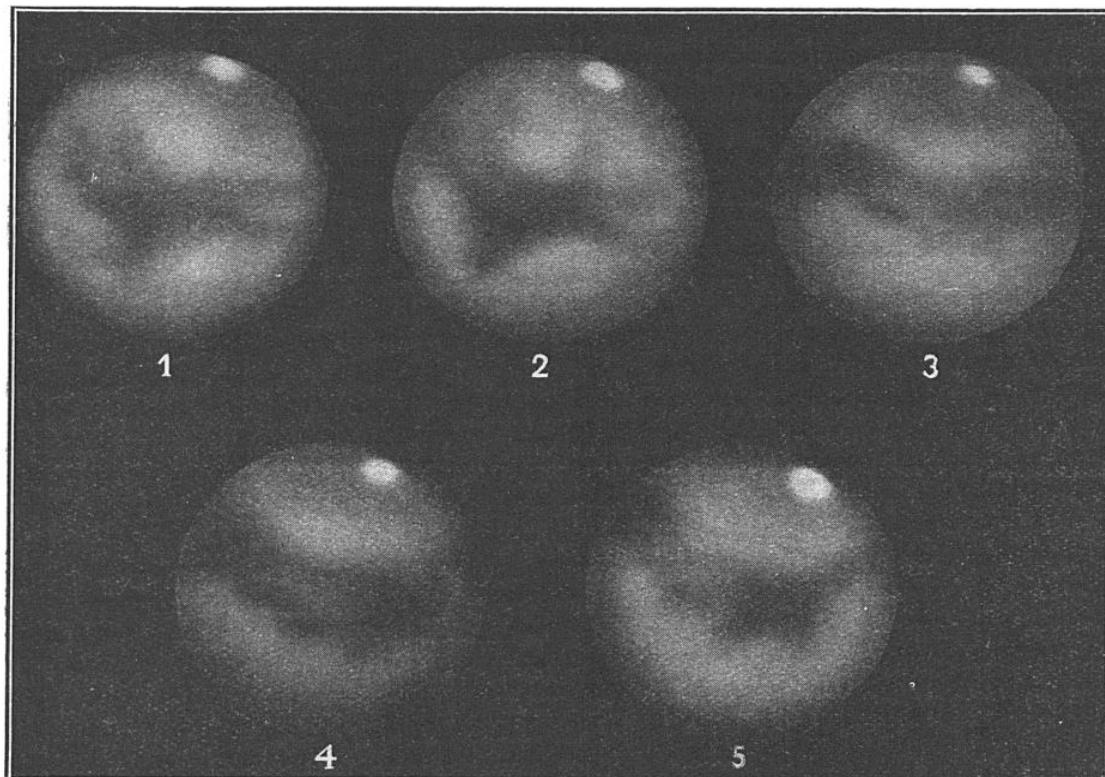


FIG. 6. — PHOTOGRAPHIES DE LA PLANÈTE MARS PRISES PAR E.-E. BARNARD ET COMMUNIQUÉES PAR LA SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE

1 et 2, le 28 septembre 1909, à 15 h 24 et 16 h 46 (temps moyen de Greenwich) ; 3, 4 et 5, le 24 septembre 1909, à 17 h 15, 18 h 17 et 19 h 10. La diminution d'étendue des calottes blanches polaires pendant l'été martien les fait attribuer à des masses glaciaires. D'autres observations font admettre que Mars possède une atmosphère très diluée contenant mille fois moins d'oxygène que celle de la Terre et n'autorisant par conséquent qu'une vie extrêmement rudimentaire.

seur, ni l'altitude à laquelle ils flottent.

Il serait très intéressant de savoir de quels éléments sont constitués cette atmosphère et les nuages ; pour ceux-ci, on ne sait rien, toutes les gouttelettes, quelle que soit leur nature chimique, donnant lieu aux mêmes apparences ; mais toutes les tentatives faites pour identifier l'oxygène ou la vapeur d'eau par leur spectre d'absorption ont jusqu'à présent échoué, et la conclusion est que, si ces deux corps existent dans l'atmosphère supérieure de Vénus,

saiant attribuer au gaz carbonique ; elles ont été retrouvées effectivement dans le spectre de ce gaz, observé directement, et les mesures comparatives d'intensité conduisent à évaluer l'épaisseur de cette atmosphère carbonique autour de Vénus, entre 500 et 3 000 m, le gaz étant mesuré sous la pression atmosphérique terrestre. Voilà donc un résultat certain : l'atmosphère de Vénus, si elle ne contient que des quantités non mesurables d'oxygène et de vapeur d'eau, est au contraire très riche en gaz carbo-

nique. Ce résultat inattendu se raccorde à certaines hypothèses sur l'origine de l'oxygène terrestre, que je voudrais rappeler ici brièvement.

Quelques géologues ont émis l'opinion que, lors de la formation de la scorie alumineuse et silicatée qui forme la croûte terrestre, tout l'oxygène libre à ce moment-là, ou presque tout, avait été consommé pour former l'alumine, la silice et divers autres oxydes ; l'atmosphère primitive de notre globe devait donc être constituée principalement d'azote et de gaz carbonique ; elle contenait, en outre, sous forme de vapeur et

deviendrons nous-même, lorsque l'évolution de notre Terre sera plus avancée.

L'observation de cette planète n'est gênée que par la faible dimension des images obtenues même dans les plus fortes lunettes et dans les conditions les plus favorables ; on distingue nettement la croûte solide, reconnaissable à sa coloration rougeâtre et à certains détails immuables, qui permettent de dessiner une véritable carte « aréographique » de cette planète. M. Antoniadi, astronome à l'Observatoire de Meudon, s'est spécialisé dans cette étude, et nous lui devons d'avoir précisé, dans un magnifique ouvrage,

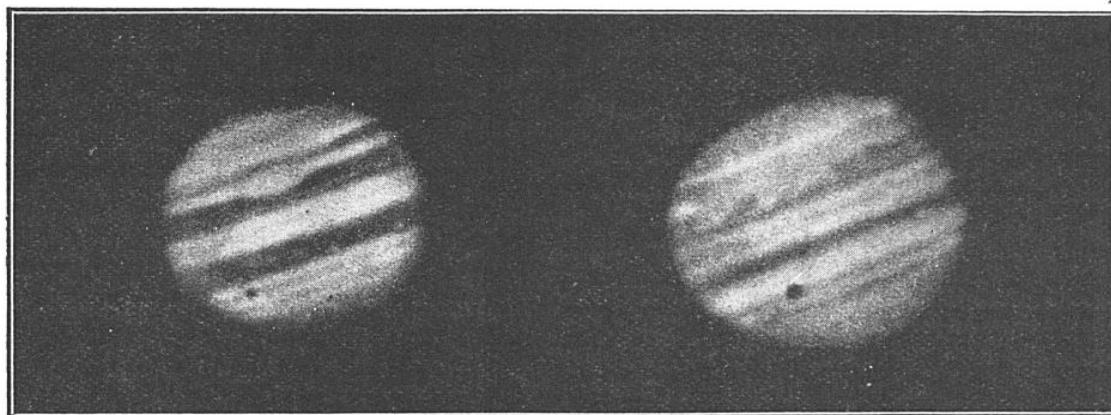


FIG. 7. — PHOTOGRAPHIES DE JUPITER PRISES A L'OBSERVATOIRE DU MONT WILSON, LE 28 MARS 1920 ET LE 12 FÉVRIER 1921

Jupiter serait encore complètement à l'état gazeux. Sa périphérie visible semble limitée par une couche de nuées où l'on a reconnu, par l'analyse spectrale, l'ammoniac et le méthane. On voit sur les photographies ci-dessus l'ombre portée par l'un des satellites (Ganymède) de cette planète.

de nuages épais, toute l'eau actuellement condensée dans les océans, c'est-à-dire qu'elle pouvait bien ressembler à celle que nous attribuons actuellement à Vénus. Ce serait dans cette atmosphère que la vie végétale aurait pris naissance, et c'est par l'action chlorophyllienne que le gaz carbonique, décomposé en ses éléments, aurait libéré l'oxygène actuellement contenu dans notre atmosphère ; cet oxygène serait donc un produit secondaire, et, comme il est nécessaire à la vie animale, celle-ci ne serait née qu'après que le développement de la végétation lui aurait préparé les voies. L'observation de Vénus semble appuyer cette hypothèse, en nous présentant dans l'étoile du Berger un état voisin de celui de notre propre globe il y a quelques milliards d'années.

Mars

Au contraire, l'état actuel de la planète Mars pourrait bien nous montrer ce que nous

des faits auxquels l'imagination et l'autosuggestion avaient ajouté de graves erreurs.

Ce qui est établi, c'est qu'on distingue autour des pôles des calottes blanches dont l'étendue diminue au cours de l'été martien, et qu'il est naturel d'attribuer à des glaces ou à des neiges, peut-être incomparablement moins épaisse que nos glaciations polaires ; que la surface de Mars présente des parties sombres où on peut voir, sinon des océans profonds, du moins des lagunes ou des marécages ; c'est enfin qu'on observe à la surface de la planète de légères nuées errantes, que M. Antoniadi compare aux nuages de sable soulevés par le vent du désert. Tout cela suppose l'existence d'une atmosphère, mais tous ceux qui se sont évertués à en apprécier l'importance, l'estiment très diluée par rapport à la nôtre, qui n'est déjà, on l'a vu, qu'une pellicule infime ; on suggère, par exemple, que la pression au ras du sol martien serait à peu près la même que, sur la

Terre, au plus haut sommet de l'Himalaya, à un niveau où l'homme ne peut subsister qu'en recourant à la respiration artificielle. D'ailleurs, l'albedo de Mars (0,15), compris entre ceux de la Terre (0,38) et des astres rigoureusement stériles (0,073), rend cette supposition vraisemblable.

Mais ce n'est encore qu'une hypothèse ; on n'obtient de véritable certitude que par

méthodes délicates. Il est vrai qu'elles ne nous apprennent rien sur l'azote, l'argon et divers autres gaz ; mais il devient chaque jour plus probable que Mars ne peut plus, dans son état actuel, permettre qu'une vie rudimentaire.

Ainsi l'existence à la surface de Mars d'êtres supérieurs est en désaccord avec toutes les données de la science.

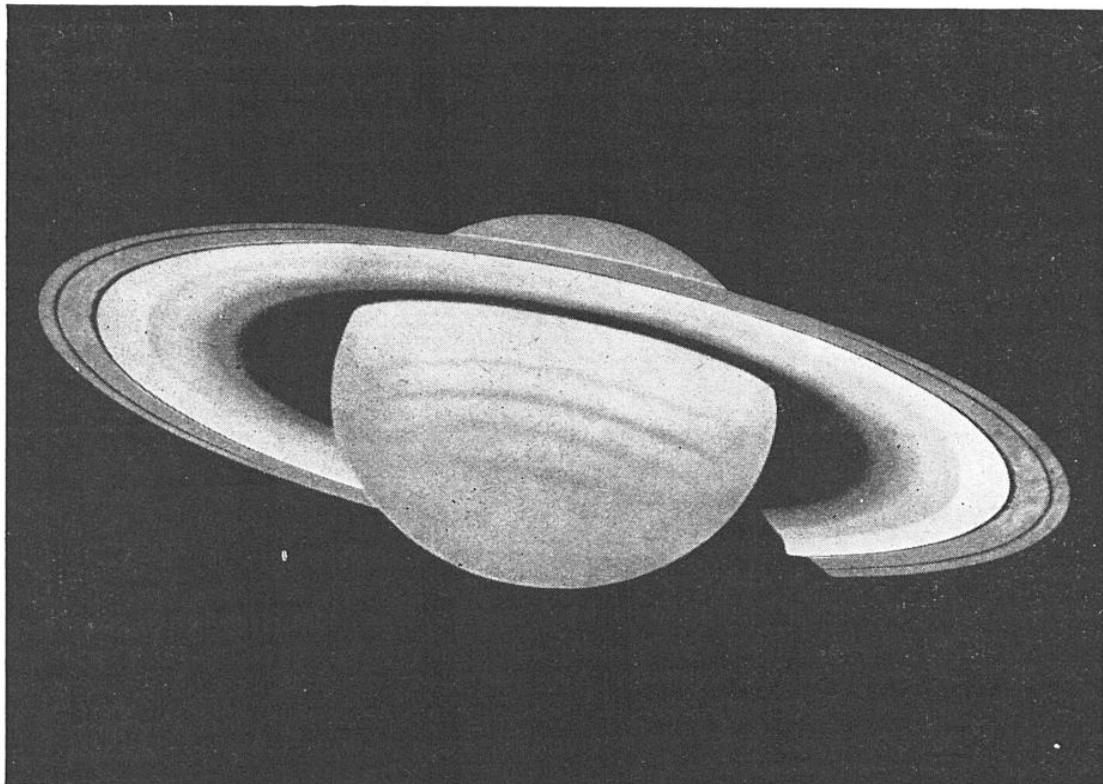


FIG. 8. — LA PLANÈTE SATURNE ET SON ANNEAU FORMÉ D'INNOMBRABLES CORPS CÉLESTES
On a reconnu également la présence de méthane et d'ammoniac autour de Saturne. Les bandes relatives à l'ammoniac sont cependant beaucoup moins visibles que pour la planète Jupiter.

l'emploi du spectroscope ; or, Campbell, dès 1894, en comparant les bandes d'absorption de l'oxygène et de la vapeur d'eau dans Mars et dans la Lune, n'avait pu y trouver aucune différence ; le problème a été repris dernièrement, à l'observatoire du Mont Wilson, en étudiant s'il y avait élargissement des raies par l'effet Doppler-Fizeau, et le résultat a toujours été négatif ; on en conclut que la masse totale de l'oxygène dans l'atmosphère de Mars est sûrement inférieure au millième de ce qu'elle est dans notre atmosphère, et que la quantité de vapeur d'eau doit être également très faible, puisqu'elle ne peut pas être décelée par ces

Jupiter

Jupiter est, comme on sait, la plus grosse de toutes les planètes ; sa masse, 318 fois supérieure à celle de notre globe, et son éloignement du Soleil donnent à penser que son état dépend beaucoup plus des conditions internes que du rayonnement solaire ; le cas est donc exactement inverse de celui qui règne à la surface de la Terre ; on peut même, d'après la faiblesse de la densité (1,36 par rapport à l'eau), supposer que Jupiter n'a pas encore atteint le stade de condensation où le noyau se sépare de l'atmosphère par une écorce solide ; il serait donc, comme le

Soleil lui-même, gazeux dans sa masse entière et, dans ce cas, les problèmes relatifs à une atmosphère jovienne ne se posent plus dans les mêmes termes ; mais on peut toujours se demander de quoi est faite sa périphérie visible ; celle-ci semble limitée par une couche de nuées, disposées par la rotation en bandes parallèles à l'équateur, et l'albedo de cette surface est naturellement fort élevé.

Tout ce qu'on a pu faire a été d'examiner au spectroscope la lumière solaire diffusée par ces nuées ; on y avait signalé, depuis longtemps, de larges bandes d'absorption, qu'on attribuait tantôt à un oxyde d'azote, tantôt à l'ozone ; l'emploi de pouvoirs séparateurs suffisants a permis de les décomposer en raies séparées, où on a reconnu, *sans erreur possible*, les spectres d'absorption de l'ammoniac NH_3 et du méthane CH_4 ; la quantité d'ammoniac contenue dans l'atmosphère supérieure de Jupiter, mesurée sous la pression atmosphérique et à zéro degré, correspond à une épaisseur d'au moins 10 m de ce gaz ; comme l'ammoniac se solidifie à $-78^{\circ}C$ et que la température périphérique de Jupiter est probablement fort basse, il est possible que les nuées joviennes soient faites de poussières ou de gouttelettes ammoniacales, en suspension dans une atmosphère du même gaz, mélangé de méthane et peut-être d'autres éléments, comme l'azote ; tout ceci nous montre que les conditions qui règnent à la surface de cette importante planète sont bien différentes de tout ce qu'on pouvait supposer par analogie avec notre globe.

Saturne, Uranus et Neptune

Saturne, plus lointain encore, et par conséquent plus froid, au moins dans ses parties extérieures, présente encore les bandes du méthane et de l'ammoniac, mais ces dernières sont beaucoup moins visibles que sur Jupiter, ce qui s'explique par la plus faible tension de vapeur de ce corps ; mais les raies du méthane, gaz difficilement liquéfiable, sont encore très marquées.

Ces apparences se simplifient lorsqu'on examine les planètes, plus lointaines encore, qui sont Uranus et Neptune : on retrouve toujours dans leur spectre les bandes d'absorption du méthane, situées dans le rouge et l'orangé, et elles sont assez larges pour donner à la lumière diffusée par ces deux planètes la coloration verdâtre que les astronomes ont notée. Quant aux bandes de l'ammoniac, elles ont disparu, soit parce que ce corps est absent, soit parce que, en raison du froid, il est à l'état solide, et avec une tension de vapeur négligeable.

Tels sont, dans l'ensemble, les résultats acquis actuellement ; leur caractère inattendu fait apparaître, dans la composition des atmosphères planétaires, une originalité déconcertante ; ils nous enseignent que les possibilités de vie, telle que nous la connaissons sur notre globe, n'existent que sur Mars et Vénus, encore dans des conditions si différentes des nôtres, que l'existence d'êtres avec qui nous puissions correspondre devient de plus en plus improbable. C'est un beau rêve qui s'évanouit.

L. HULLEVIGUE.

La puissance militaire d'un peuple n'est plus seulement fonction de ses effectifs hommes ou chevaux, du nombre de ses fusils ou de ses canons, même de ses avions, mais aussi du matériel qui roule en temps de paix sur ses routes. Comme l'a écrit le général Serrigny, le potentiel de guerre d'une nation dépend de son parc automobile et du développement de son industrie automobile. Or, en 1937, parmi les sept principaux pays producteurs, qui réunissent à eux seuls 99,5 % de la production mondiale, la France est la seule nation dont la construction automobile (y compris les véhicules d'origine étrangère montés en France) marque une régression par rapport à 1936 (207 000 voitures dites de tourisme et véhicules commerciaux en 1937 contre 210 000 en 1936). L'industrie automobile française n'arrive plus ainsi qu'au cinquième rang dans le monde, derrière les Etats-Unis (4 810 000 véhicules de toute sorte construits en 1937), la Grande-Bretagne (508 000), l'Allemagne (345 000), le Canada (208 000). Le chiffre de production des seuls Etats-Unis représente les deux tiers des voitures mises en circulation dans le monde entier en 1937, tandis que la France, l'Angleterre, l'Allemagne et l'Italie réunies ne fournissent que 14 % de la production mondiale. Il est vrai qu'en juillet 1937 le litre d'essence payait 1 f 48 de taxe à Paris, 1 f 54 à Rome et 2 f 12 à Berlin, et seulement 0 f 312 à New York.

Ceci explique en partie cela.

LES RÉACTIONS CHIMIQUES, SOURCES DE RADIATIONS PÉNÉTRANTES

Par Jules LEMOINE

PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

Certaines réactions chimiques, les phénomènes de combustion par exemple, s'accompagnent de l'émission de lumière visible. D'autres, qui nous paraissent obscures, donnent naissance cependant à des radiations, invisibles parce qu'ultraviolettes. C'est ce qu'a pu mettre en évidence, d'une manière irréfutable, M. René Audubert pour de nombreuses réactions, telles la combinaison des acides et des bases, l'action des oxydants sur les réducteurs, l'électrolyse de corps divers, etc. L'appareillage très spécial, rassemblé dans ce but à l'Institut de Chimie physique, permet d'entendre au haut-parleur et d'enregistrer en même temps sur un compteur téléphonique les émissions de « photons » isolés (ou « grains » de lumière), lorsque ceux-ci viennent frapper une cellule photoélectrique ultra-sensible. Il se trouve que ces photons, dont le haut-parleur fait entendre la chanson, ne sont pas des photons anémiques et hésitants comme ceux de l'infrarouge ou même de la lumière visible, mais au contraire des photons vigoureux dont l'énergie individuelle est élevée, comme c'est le cas pour l'ultraviolet. Ce résultat est tout à fait inattendu, car rien ne faisait prévoir de telles valeurs ; il y a là un fait expérimental nouveau dont l'interprétation doit permettre de pénétrer plus intimement le mécanisme des réactions chimiques et biologiques, et de préciser en outre la structure de molécules appartenant à des corps composés encore mal connus.

Les ondes, les photons et leurs quanta

Nos lecteurs savent que le problème de la lumière (1) a été, et qu'il reste encore actuellement, une des grandes préoccupations des savants. Leur imagination a su créer des modèles mécaniques de plus en plus satisfaisants du rayon lumineux, et il est utile, pour l'étude qui va suivre, de rappeler ces mécanismes.

Le rayon est la trajectoire de grains de lumière que nous appelons des *photons* (fig. 1). Chaque photon est caractérisé par la grandeur de son énergie, et cette énergie est dite son *quantum*. On a réussi à dénombrer les photons d'une émission et à mesurer leurs quanta.

Sans qu'il y ait contradiction, — c'est M. Louis de Broglie qui l'a établi, — nous pouvons dire encore que le rayon lumineux est la trajectoire que suivent les éléments des ondes issues de la source *S* (fig. 2 et 3). Les longueurs λ de ces ondes, qui sont les quotients de la vitesse de la lumière par la fréquence de vibrations, varient sur une très large échelle. Elles se mesurent en mètres dans la T. S. F., en microns dans le spectre visible, en angströms (2) dans l'ultraviolet, dans les rayons *X*.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 245, page 392.

(2) Un angström est 1 dix-millième de micron, soit 1 dix-millionième de millimètre.

Le quantum du photon est égal au produit d'une constante universelle, que l'on désigne par h (1) par la fréquence.

Dans les mesures qui vont nous occuper, nous nous trouverons en présence d'émissions qui sont seulement de quelques photons, de sorte qu'il est intéressant de nous rendre compte dès maintenant de l'ordre de grandeur de ces énergies en calculant le quantum d'un photon unique. Choisissons celui de la radiation ultraviolette, dont la longueur d'onde est de 2 500 angströms et que nous rencontrons plus loin : elle est de 8×10^{-12} ergs.

Si nos mesures sont capables d'atteindre cette infime valeur, il faudra reconnaître que, depuis l'époque à laquelle ils se contentaient du kilogrammètre comme unité d'énergie, les physiciens ont fait quelques progrès.

L'atome et ses électrons

L'énergie des électrons planétaires de l'atome que rappelle la figure 4 peut être comparée à celle des photons. Si e est la charge négative de l'électron ($e = 1,6 \times 10^{-19}$ coulomb) et V la variation du potentiel par laquelle on accélérera son mouvement, le produit de ces deux quantités est la force vive qu'il va acquérir. Par exemple, détachons d'un atome un de ses électrons et lan-

(1) La constante h vaut $6,55 \times 10^{-27}$ ergs.

çons-le par une tension de 5 volts. Nous lui communiquerons une énergie cinétique égale à 8×10^{-12} ergs, ce qui est précisément l'énergie du photon considéré plus haut. Nous pouvons donc considérer que le quantum du photon de 2 500 angströms égale l'énergie de l'électron lancé par 5 V.

Ce qui justifie ce calcul et la coïncidence voulue des deux résultats numériques, c'est que l'énergie des photons peut servir à lancer des électrons et que, inversement, l'énergie des électrons rapides provoquera le départ des photons.

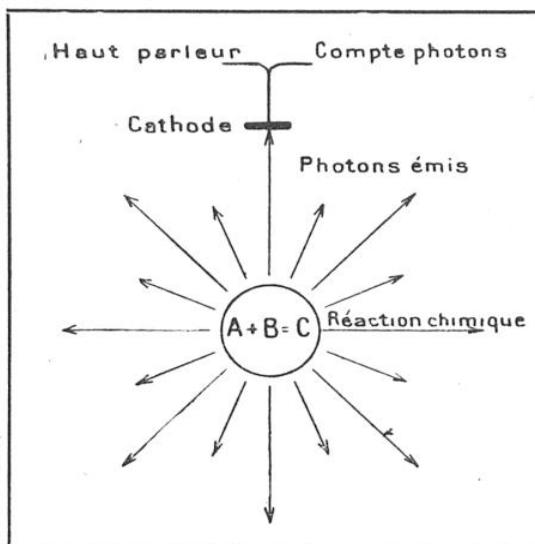


FIG. 1. — LA RÉACTION CHIMIQUE EST UNE SOURCE DE PHOTONS (GRAINS DE LUMIÈRE)
La cathode d'une cellule photoélectrique est la cible qui reçoit une fraction des photons projetés par la réaction chimique $A + B = C$.

comme exemple la luminescence (1) des gaz raréfiés. Les électrons détachés des atomes laissés dans le tube sont emportés dans le courant électrique par les chutes de potentiel établies entre les atomes successifs. Quand l'électron en marche se trouve capté par un atome du gaz, le choc qui en résulte se traduit par un éclair de lumière, c'est-à-dire par l'émission d'un photon. C'est par ce mécanisme que l'on explique la luminescence des gaz.

Comme on pourrait multiplier ces exemples, il convient de généraliser. Nous

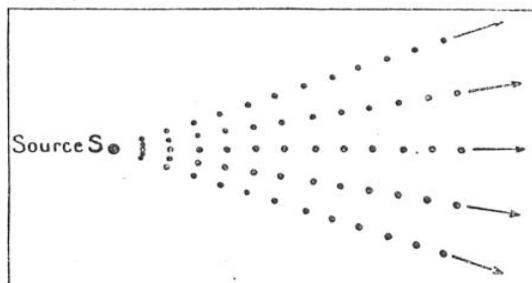


FIG. 2. — LES RAYONS LUMINEUX SONT CONSTITUÉS PAR LES TRAJECTOIRES DE TOUS LES PHOTONS LANCÉS PAR LA SOURCE S

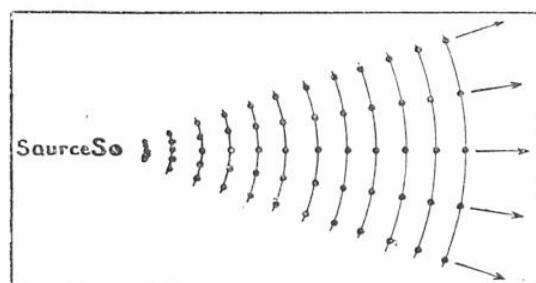


FIG. 3. — LES RAYONS LUMINEUX SONT AUSSI LES TRAJECTOIRES DE TOUS LES ÉLÉMENS DES ONDES ÉMISES PAR LA SOURCE S

En voici, choisis parmi un très grand nombre, des exemples classiques :

Dans la figure 5, qui donne le schéma de la cellule photoélectrique (1), l'énergie de chaque photon est employée à extraire un électron de la cathode et à le lancer.

La figure 6 présente le schéma du tube à rayons X, où c'est l'énergie du choc de chaque électron qui fait jaillir de l'anticathode *A* un photon.

On peut encore donner

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 214, page 265.

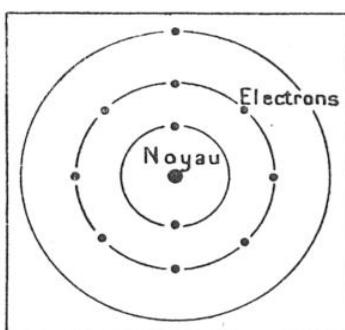


FIG. 4. — COMMENT SONT DISPOSÉS LE NOYAU POSITIF ET LES ÉLECTRONS NÉGATIFS D'UN ATOME (SODIUM)

sommes conduits à supposer qu'une émission de lumière se produira chaque fois que le mouvement des électrons présents se trouvera, d'une façon quelconque, bouleversé, accéléré, freiné.

Admettons cette proposition sans chercher à préciser plus la perturbation qui, apportée aux trajectoires électroniques, se manifestera par une émission de lumière, c'est-à-dire par une émission de photons et d'ondes.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 144, page 447.

L'émission des photons ultraviolets par les réactions chimiques

La réaction chimique est peut-être le cataclysme le plus violent qui puisse être infligé aux atomes, si l'on excepte la transmutation (1). Leurs électrons y doivent subir des chocs violents à la suite desquels leurs arrangements, dans les nouvelles molécules formées, se trouvent modifiés. Que la réaction chimique, dans les phénomènes de combustion, par exemple, soit accompagnée de lumière visible, il n'y a là rien qui puisse nous surprendre.

Nous allons considérer un cas différent, celui de réactions obscures, de réactions ne se traduisant pas par une émission de lumière visible. Au cours de recherches entreprises depuis quelques années, on a pu établir qu'il se produisait cependant des radiations ultraviolettes correspondant à une émission de photons de grands quanta.

L'œil artificiel, qui met en évidence les photons projetés par la réaction chimique, sera une cellule photoélectrique soigneusement choisie. La sensibilité deviendra très grande si elle est associée à un amplificateur et un compteur analogues à ceux des rayons cosmiques (fig. 7). Rajewski, le premier, en 1931, eut l'idée de monter la cellule comme un compteur de Geiger et Muller, et a réussi à mettre en évidence des radiations contenant un petit nombre de photons. Reprenant ce dispositif, M. Audubert a pu le perfectionner encore et, avec la collaboration des assistants de son laboratoire, l'appliquer,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 246, page 444.

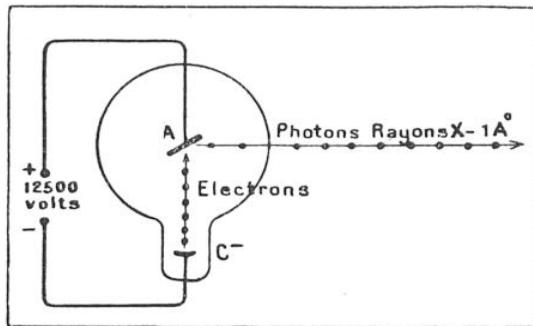


FIG. 6. — EXEMPLE DE PHOTONS ÉMIS A L'ARRIVÉE D'ÉLECTRONS : LE TUBE A RAYONS X
Les électrons émis par la cathode négative C et accélérés par le champ électrique qui règne dans le tube vont tomber sur l'anticathode A et provoquent une émission de photons X.

dans un travail de grande envergure, qui n'est pas encore terminé, à l'étude d'un grand nombre de réactions.

La cellule, dont la grande sensibilité est indispensable, possède une cathode plane photosensible et une anode ordinaire (fig. 9).

La tension continue d'alimentation est comprise entre 500 et 2 000 V.

Le circuit de décharge se trouve interrompu par une résistance R (10^9 à 10^{10} ohms) qui évite des courts-circuits dangereux pour la cellule.

Quand les photons tombent sur la cathode, les électrons chassés se précipitent sur l'anode, ferment ainsi le circuit, et une décharge instantanée se produit. On augmente la sensibilité en envoyant cette décharge dans les dispositifs d'amplification et de comptage habituels comprenant amplificateur à lampes, haut-parleur, relais, compteur téléphonique, et on arrive ainsi à l'installation schématisée dans la figure 7, et dont la figure 8 donne une photographie.

Comment a été réalisée la cellule de grande sensibilité

M. Audubert a dû agir successivement sur chacun des éléments : cathode, anode, atmosphère du tube, résistance extérieure, tension. Voici ses conclusions :

Pour les cathodes photosensibles, les différents métaux (aluminium, cuivre, zinc, étain, etc.), soit purs, soit oxydés, sulfurés, chlorurés, iodurés, ont été essayés. L'aluminium et l'iodure cuivreux ont été le plus souvent

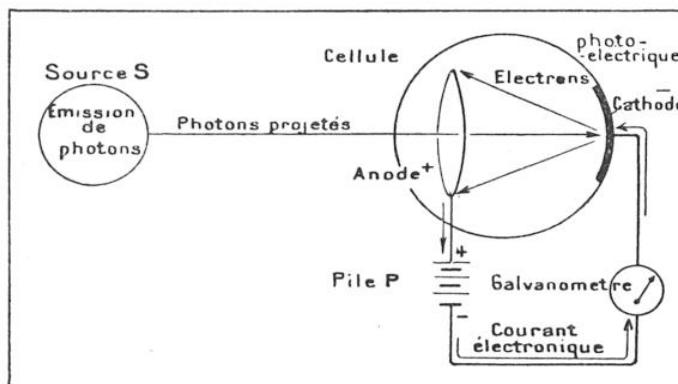


FIG. 5. — EXEMPLE D'ÉLECTRONS ARRACHÉS PAR DES PHOTONS : LA CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE

Les photons lancés par la source lumineuse S vont frapper la cathode négative de la cellule photoélectrique et en expulsent des électrons qui se précipitent sur l'anode positive et ferment le circuit de la pile P. Le galvanomètre dévie.

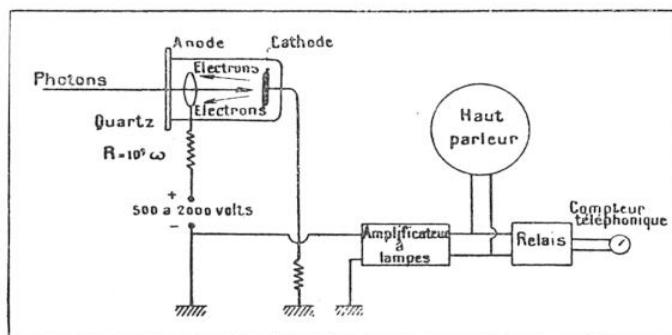


FIG. 7. — SCHÉMA DE L'INSTALLATION RÉALISÉE PAR M. AUDUBERT POUR LE COMPTAGE DES PHOTONS

L'arrivée de chaque photon sur la cathode est signalée par un choc dans le haut-parleur et actionne un compteur type téléphonique.

cial qui présente l'avantage d'une grande stabilité. La résistance, quelle que soit sa nature, est enfermée dans un bloc de paraffine.

Malgré ce long travail de mise au point, les cellules utilisables ne peuvent pas être reproduites avec certitude et leur qualité peut se modifier avec le temps. Il faut garder seulement les meilleures et vérifier de temps en temps qu'elles n'ont pas varié.

Dans ces conditions voisines de l'instabilité, et les précautions les plus grandes ayant été prises pour éviter toute lumière para-

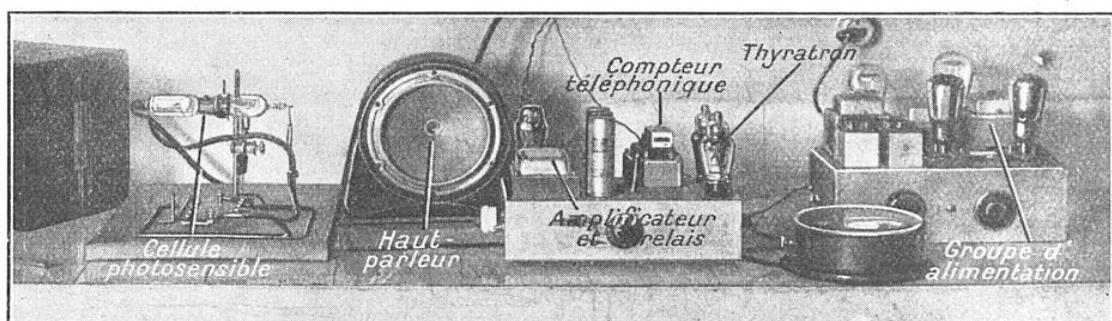


FIG. 8. — VUE GÉNÉRALE DE L'INSTALLATION DE M. AUDUBERT POUR L'ENREGISTREMENT DES PHOTONS ÉMIS PAR LES RÉACTIONS CHIMIQUES (VOIR LE MONTAGE FIGURE CI-DESSUS)

conservés dans les recherches définitives ;

Quant aux anodes, elles ont indifféremment la forme d'un grillage ou d'un anneau (fig. 7) ou d'un fil fin pouvant se terminer par une pointe dirigée vers la cathode ;

L'atmosphère du tube sera constituée par de l'hydrogène ou de l'azote soigneusement débarrassé de toute trace d'oxygène, qui déterminerait un durcissement du tube et, au bout d'un certain temps, une diminution de la sensibilité. La pression du gaz restant peut varier de 1 à 10 mm de mercure. La préparation du gaz pur de la cellule est une opération minutieuse demandant une installation spéciale ;

Enfin, la résistance extérieure R peut atteindre et dépasser 1 milliard d'ohms. Elle peut être formée par une colonne liquide de xylol en dissolution dans l'alcool. On peut aussi utiliser un ciment spé-

site, on constate que le haut-parleur ne reste pas tout à fait silencieux, c'est-à-dire que des photons pénètrent jusqu'à la cathode sans qu'on puisse les supprimer complè-

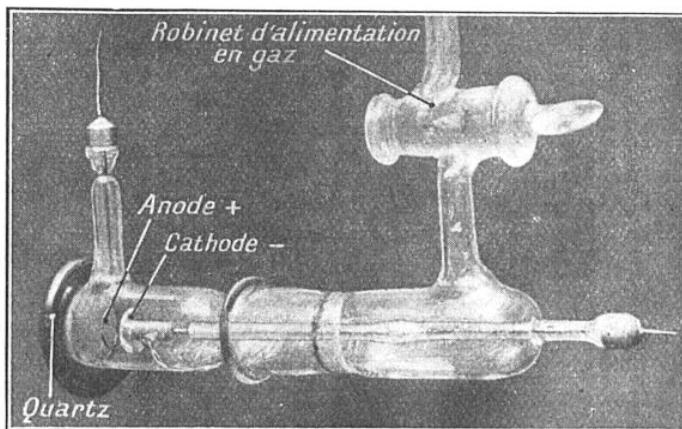


FIG. 9. — UNE CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE ULTRASENSE SIBLE UTILISÉE POUR LE COMPTAGE EXACT DES PHOTONS INVISIBLES ÉMIS PAR LES RÉACTIONS CHIMIQUES

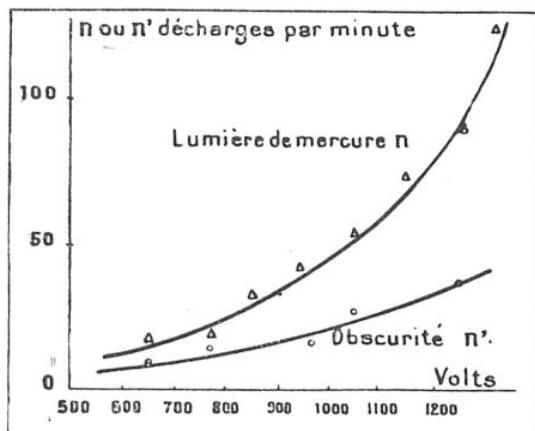


FIG. 10. — COMMENT VARIE LE NOMBRE DE PHOTONS DÉCELÉS EN FONCTION DE LA TENSION APPLIQUÉE À LA CELLULE

En abscisse a été portée la valeur de la tension appliquée à la cellule photoélectrique ; en ordonnée, le nombre de décharges par minute enregistrées par le compteur téléphonique. Dans l'obscurité, le nombre n de décharges (dues aux rayons cosmiques, à des traces d'éléments radioactifs, etc.) est relativement faible et croît de plus en plus vite avec la tension. Si on éclaire la cellule par une source lumineuse, le nombre n des décharges est plus grand et varie avec la même allure.

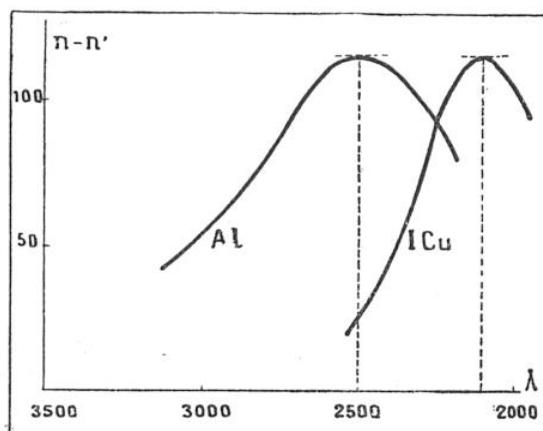


FIG. 11. — COMMENT VARIE, EN FONCTION DE LA LONGUEUR D'ONDE, LA SENSIBILITÉ D'UNE CATHODE EN ALUMINIUM (Al) ET D'UNE CATHODE EN IODURE CUIVREUX (ICu)

Ces cathodes ne réagissent que pour les longueurs d'ondes comprises entre 3 000 et 2 000 angströms. Celle en aluminium a son maximum pour 2 500 et celle en iodure cuivreux pour 2 150 angströms. On descend difficilement au-dessous de 2 000 angströms. On sait que, sous le nom générique d'ultraviolet, on désigne un ensemble de radiations très étendu dont les limites des longueurs d'ondes peuvent être fixées entre 1 850 et 4 000 angströms.

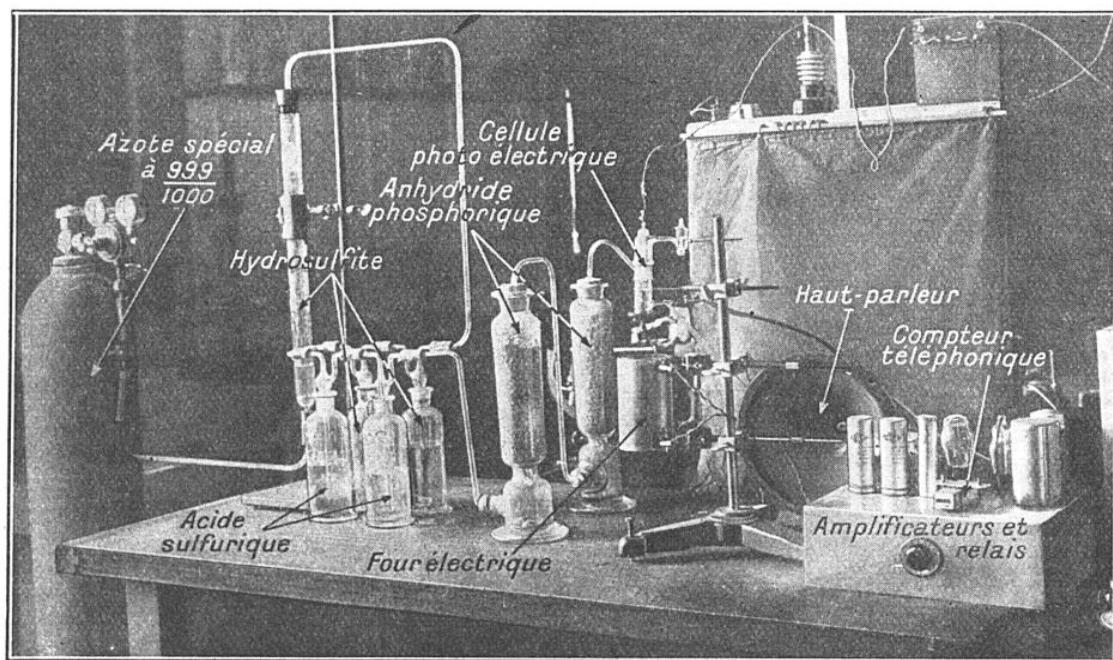


FIG. 12. — COMMENT ON ÉTUDE, PAR LE DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL DE M. AUDUBERT, LA DÉCOMPOSITION D'UN AZOTURE AU FOUR ÉLECTRIQUE

L'azote désoxydé (hydrosulfite) et déshydraté (au moyen d'acide sulfurique et d'anhydride phosphorique) forme l'atmosphère qui enveloppe l'azoture soumis à l'expérience.

tement. Ils sont dus à des rayons cosmiques ou aux éléments radioactifs dont on trouve des traces dans toute matière.

On les entend en haut-parleur, le récepteur téléphonique les compte, et en annonce par exemple n' par minute. Si on fait alors intervenir le phénomène à étudier, le nombre des photons devient n , plus grand que n' . On considère alors que $n-n'$ représente précisément le nombre de photons que l'on voulait mesurer, dus au phénomène étudié.

La première question que l'on doit se poser est de savoir s'il existe une relation entre la vitesse de réaction et le nombre des décharges enregistrées.

Dans certaines circonstances, on a pu mesurer directement la vitesse de la réaction et la comparer au nombre $n-n'$ des décharges enregistrées dans chaque minute.

On choisira, par exemple, l'expérience représentée dans le schéma de la figure 14. Dans un récipient, on a introduit du pyrogal-

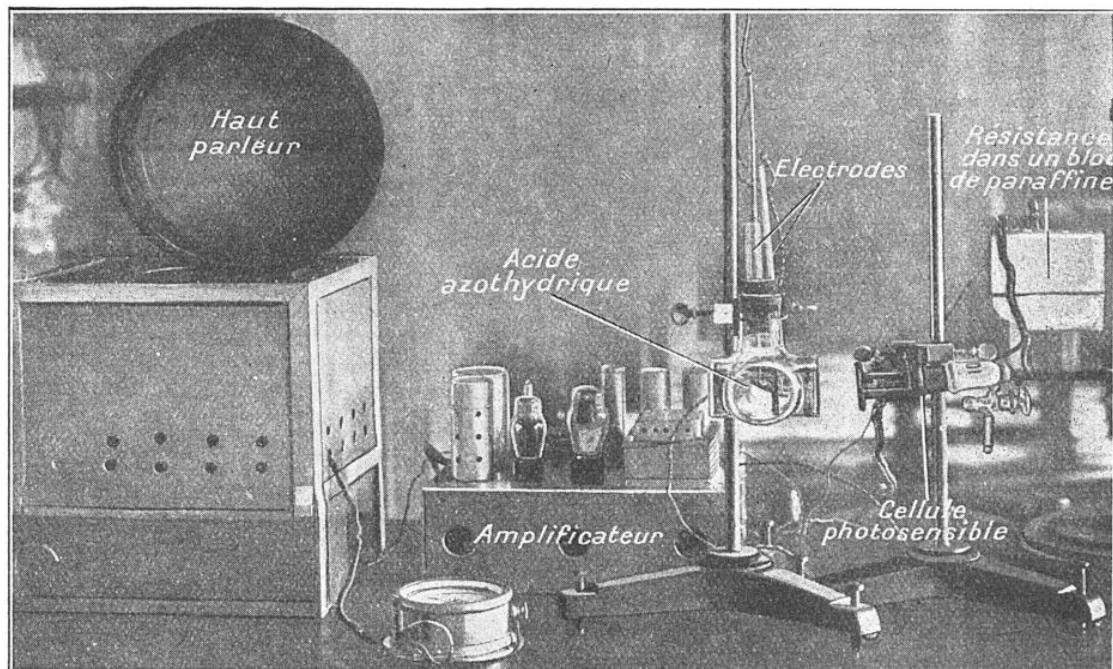


FIG. 13. — ENSEMBLE DE L'APPAREILLAGE POUR L'ÉLECTROLYSE DE L'ACIDE AZOTHYDRIQUE

Voici quelques réactions chimiques étudiées par ce dispositif

Voici quelques exemples de réactions qui ont pu être observées avec ce dispositif comprenant les photons émis : action des acides forts sur les bases fortes ; action de l'oxygène sur l'hydrosulfite de sodium, sur le pyrogallate de potassium, sur les sulfites alcalins ; oxydation des oxalates par le brome, de l'alcool éthylique par l'acide chromique ; décomposition des azotures métalliques ; électrolyse de l'acide azothydrique, de l'ammoniaque, etc.

Les deux cathodes à l'aluminium et à l'iodure cuivreux, dont la figure 11 montre la sensibilité, conviennent pour toutes ces réactions. En les employant toutes deux, on explore pratiquement tout le domaine spectral de la réaction.

late de potassium en présence d'une atmosphère d'oxygène qu'il absorbe. Un manomètre donne la vitesse de diminution de la pression de l'oxygène, c'est-à-dire la vitesse de l'absorption. D'autre part, le dispositif ordinaire compte les photons émis par minute. On trouve, d'une façon assez grossière, que ces deux nombres varient proportionnellement. Un autre exemple est celui de la décomposition des azotures métalliques (fig. 12), par une élévation progressive de la température au moyen d'un petit four électrique. Quand la température s'élève, on entend au haut-parleur les arrivées des photons, rares d'abord, puis de plus en plus rapides. Y a-t-il encore proportionnalité entre le nombre des chocs enregistrés et le volume d'azote dégagé ? Il semble, cette fois, que non !

Remarquons, en passant, que les péta-rades de photons d'origines diverses qui viennent de toutes les salles de ce laboratoire, actuellement spécialisé dans ce domaine, sont très impressionnantes et qu'un grand nombre de ces expériences ont pu être répétées dans des conférences publiques.

L'émission des rayonnements par les phénomènes biologiques

Dès 1931, le dispositif de Rajewski lui a permis de mettre en évidence les rayonnements ultraviolets d'origine biologique (1). R. Audubert et R. Lévy ont repris ces recherches depuis 1935.

Un nerf sciatique de grenouille, excité par des électrodes en argent chloruré — ce qui nous rappelle la vieille expérience de Galvani — double le nombre des décharges d'une cellule à cathode d'aluminium dont chaque cm^2 est sensible à une puissance de 10^{-10} ergs/s.

L'expérience réussit encore avec un nerf excité mécaniquement par les choques brusques et répétés d'un couteau mousse en paraffine. L'émission est de plusieurs milliers de photons (de 2350 \AA^0) par seconde et par cm^2 .

Un œuf de grenouille en voie de développement fournit de même des photons. Les décharges se trouvent supprimées par l'interposition d'une lame de verre absorbant les longueurs d'onde supérieures à 2500 \AA^0 , ce qui prouve bien qu'il s'agit d'ultraviolet.

Ces phénomènes biologiques sont sans doute encore des phénomènes chimiques, mais avec cette particularité mystérieuse qui constitue la vie. Ils sont aussi plus délicats à constater et des réserves ont été faites sur leur existence dans des laboratoires où l'on n'a pas réussi à les reproduire. M. René Audubert et ses collaborateurs, après le long entraînement qu'ils se sont imposé, ont réussi à les montrer d'une façon qui ne leur laisse aucun doute.

Le compteur de photons découvre des réactions chimiques nouvelles

Proposons-nous maintenant de calculer les calories qui seraient dégagées dans la formation d'une molécule-gramme, sachant

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 254, page 95.

que le photon projeté est, par exemple, celui de 2500 \AA^0 . Nous en avons déjà calculé le quantum au début de cet article : 8×10^{-12} ergs. Admettons que ce même quantum ait été fourni par *chacune des molécules réelles*.

En multipliant ce quantum par le nombre de molécules contenues dans une molécule-gramme (nombre d'Avogadro), on trouve 115 000 calories.

Mais la chaleur dégagée par la réaction, si on la mesure directement au calorimètre, se trouve notablement inférieure à celle que nous venons de calculer, égale, par exemple, à 20 000 calories par molécule-gramme.

Voilà donc un résultat inattendu, l'écart de 115 000 à 20 000 ! Il faut interpréter la discordance de ces deux résultats qui nous met en présence d'un phénomène nouveau.

Nous avons supposé dans notre calcul que chacune des molécules réelles émettait un photon. Est-ce vrai ?

Il est possible de calculer le nombre total des photons que la réaction chimique émet dans toutes les directions à la fois en se basant sur le nombre de photons enregistrés et sur l'angle solide sous lequel la cathode, qui sert de cible, est vue du récipient où se poursuit la réaction chimique. On trouve ainsi, après discussion, que le nombre de photons émis n'atteint jamais le milliardième du nombre des molécules vraies qui ont réagi

chimiquement. Cela revient à dire qu'un milliard de molécules ont dégagé 20 000 calories pour une seule qui en a fourni 115 000. On s'explique ainsi que cette dernière reste sans effet mesurable sur 20 000.

D'autre part, on peut supposer qu'une réaction chimique ne se produit pas d'un seul coup, mais qu'elle puisse être décomposée en réactions successives. On doit alors trouver 20 000 comme moyenne algébrique des calories dégagées, 115 000 étant l'un des termes de cette somme.

On comprend donc que l'on puisse ainsi suivre individuellement dans une réaction globale certaines réactions auxquelles on n'avait pas encore songé. Dans ces conditions le dispositif compteur de photons deviendra un instrument de recherche précieux, une sorte de microscope à molécules.

J. LEMOINE.

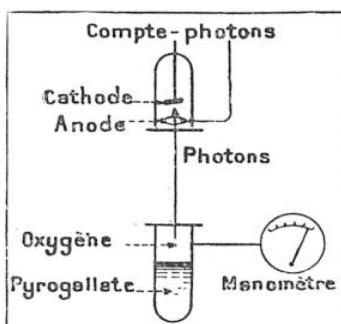


FIG. 14. — COMMENT ON MESURE SIMULTANÉMENT LA VITESSE DE RÉACTION ET LE NOMBRE DE PHOTONS ÉMIS
La réaction ici étudiée est l'action de l'oxygène sur le pyrogallate de potassium. Le déplacement de l'aiguille mesure l'oxygène absorbé et est proportionnel au nombre de photons enregistré par le compteur.

LA TORPILLE MODERNE DANS LA GUERRE NAVALE

Par Henri LE MASSON

La torpille constitue, pour les opérations contre les bâtiments de combat, et a fortiori dans l'attaque des navires marchands, une arme redoutable dont les progrès, du point de vue portée, vitesse, efficacité, ont été considérables depuis la guerre. La distance extrême de lancement (torpilles-distance) est aujourd'hui de l'ordre de 20 000 m et la vitesse maximum (torpilles-vitesse) dépasse 45 noeuds (83,5 km/h). Si les navires de lignes modernes, malgré l'augmentation de la charge explosive (jusqu'à 300 kg de tolite), peuvent, dans certaines conditions, « encaisser » le choc de plusieurs torpilles sans couler, grâce à leur compartimentage très serré et à leurs moyens de pompage, ils n'en demeurent pas moins pratiquement hors de combat pour une durée indéterminée. Aux bâtiments spécialisés dans l'utilisation de la torpille (sous-marins, torpilleurs, vedettes porte-torpilles) sont venus s'ajouter, depuis quelques années, les hydravions-torpilleurs, dont les escadrilles, par leur apparition soudaine à faible portée, peuvent décider de l'issue d'une rencontre navale par les pertes que les lancements en gerbes peuvent infliger aux escadres adverses.

LES torpilles dont nous voulons entretenir les lecteurs de *La Science et la Vie* sont les torpilles « automobiles », utilisées dans la marine de guerre. Jusqu'au jour où cette appellation a été étendue aux bombes d'avions à grande capacité d'explosif, on comprenait, d'une manière générale, sous le nom de « torpilles » tous les engins capables de destruction par l'explosion d'une charge sous-marine. Leurs différents modes d'utilisation ont conduit à appeler « grenades » (ou grenades antisous-marines) les engins qui, largués sur l'arrière d'un bâtiment ou projetés par un lance-bombes, explosent automatiquement à une profondeur donnée, « mines » les engins, généralement fixes, que l'on place sur le parcours probable de l'ennemi ou dans une zone qu'on veut lui interdire, la désignation « torpille » étant réservée aux torpilles « automobiles » ou encore « autodirectrices », sorte de petits sous-marins qui, une fois lancés, poursuivent leur route par leurs propres moyens.

La torpille, cause de la destruction de tant de navires pendant la dernière guerre (bâtiments de guerre ou de commerce) et dont la plus récente victime a été le grand croiseur nationaliste espagnol *Baleares*, coulé le 6 mars dernier au cours d'un combat de nuit, est une arme relativement ancienne. Elle a fait son apparition en 1868, il y a soixante-dix ans. À cette époque, évidemment, elle ne présentait qu'en puissance sa valeur d'aujourd'hui et de très nombreux perfectionnements lui ont été apportés depuis ; mais son inventeur, un officier de

marine autrichien, avait, d'emblée, parfaitement posé le problème. Il mourut avant de pouvoir réaliser son projet, et lorsque ses papiers et plans furent communiqués à l'ingénieur anglais Whitehead, installé à Fiume, celui-ci sut habilement en tirer parti et construire la première torpille.

Comment est construite une torpille

Fuseau très effilé aux deux extrémités, long de 3 m 60 et pesant 160 kg environ, la torpille de 1868 est devenue un long cigare, très renflé à l'avant, dont la longueur atteint jusqu'à 8 m 50, le calibre 50 à 55 cm de diamètre et le poids près de 2 000 kg. Extérieurement, ses formes sont si parfaitement continues qu'on pourrait penser qu'elle est faite d'une seule pièce. La coque, en effet, doit être parfaitement lisse pour diminuer la résistance à la marche, très exactement calibrée aussi, car la torpille est un projectile « lancé » au moyen de tubes, comme un obus par un canon. Elle comporte, d'autre part, des mécanismes moteurs et régulateurs des organes de plongée et de direction d'un fonctionnement délicat et qu'il faut pouvoir visiter et démonter. En réalité, une torpille comporte donc plusieurs tronçons qui doivent être d'autant plus parfaitement assemblés par emboîtement et fixés les uns aux autres au moyen de collettes reliées par des vis, qu'elle est soumise, surtout au moment du lancement, à des efforts très importants : poussée hors du tube par l'explosion d'une charge de poudre ou une chasse d'air; chute à l'eau dans le cas des lancements aériens

ou opérés par le travers et en vitesse ; effets dynamiques dus à la propulsion et aux efforts des gouvernails.

Les deux premiers « tronçons », qui occupent environ les deux tiers de la longueur de l'engin, sont, tout à l'avant, le cône de charge avec, parfois, un vide à la partie supérieure pour des raisons de stabilité, puis le réservoir d'air comprimé à haute pression, où est accumulé le fluide moteur. Des 16 kg d'explosif de la première torpille, qui était du calibre 370 mm, on est passé à 170 kg en 1914 (calibre 450 mm) et aujourd'hui à 250 et parfois plus de 300 kg de « tolite » (calibre, 550 mm). Dans le même temps, la pression de chargement du réservoir d'air, qui était de 50 kg/cm² en 1868, a atteint un peu plus de 200 kg/cm² sur certains modèles en service. On conçoit de quelles précautions il convient d'entourer la fabrication des réservoirs et qu'il soit nécessaire de prévoir des aciers à très haute résistance au nickel-chrome. Les lingots de métal utilisés dans ce but sont emboutis d'une seule pièce, après avoir été soumis à des traitements thermiques et à des essais de choc appropriés, et les extrémités du cylindre obtenu par l'emboutissage du lingot reçoivent des fonds hémisphériques, dont les conditions de fabrication sont analogues et qui sont vissés et soudés en place. Des différents « tronçons » d'une torpille, le réservoir est de beaucoup

le plus lourd et le plus long. Dans une torpille-distance (nous verrons plus loin ce dont il s'agit) du calibre 550 et dont la longueur atteint 8 m 30, le réservoir mesure près de 4 m et son poids représente environ 60 % de celui d'un engin qui pèse près de 2 000 kg.

Immédiatement sur l'arrière du réservoir d'air sont généralement installés les réservoirs d'eau et d'alcool ou de pétrole destinés à alimenter le moteur de propulsion au même titre que l'air.

Le compartiment suivant, qui commence à la naissance de la partie fuyante de l'arrière, contient l'appareil moteur et presque toujours le gyroscope, organe chargé de maintenir la torpille en direction et qui est apparu vers 1892. Un quatrième « tronçon », démontable en deux parties, comporte le « flotteur » arrière, puis l'empennage muni de quatre ailerons et portant les deux hélices et les gouvernails de direction et de profondeur. Les deux hélices

tournent en sens inverse, l'une est commandée directement par l'arbre moteur, l'autre est actionnée au moyen d'un train d'engrenages qui renverse le mouvement. Elles sont placées, suivant les modèles, sur l'avant ou sur l'arrière des gouvernails (1).

(1) C'est en 1878 que Whitehead adopta la disposition des deux hélices coaxiales tournant en sens inverse. Avec une seule hélice, la torpille a tendance par réaction à tourner en sens inverse et on ne peut alors s'y opposer qu'en utilisant de grands empennages.

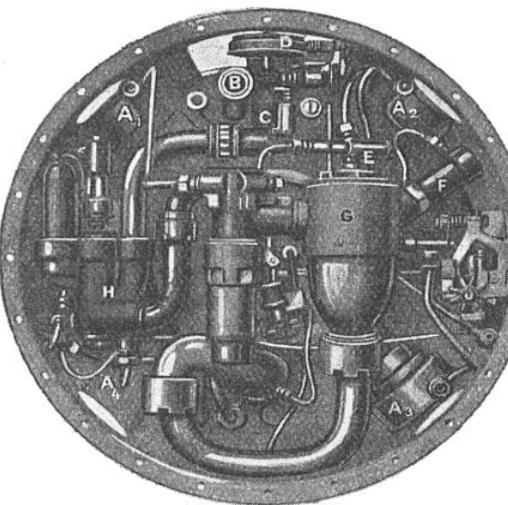


FIG. 1. — COUPE TRANSVERSALE D'UNE TORPILLE MONTRANT L'APPAREIL MOTEUR
A₁, A₂, A₃, A₄, distributeurs d'air aux cylindres du moteur ; B, arrivée d'air comprimé ; C, soufflage de mise en marche ; D, compteur des distances ; E, injecteur de pétrole au réchauffeur ; F, tube contenant le percuteur et la cartouche dont l'inflammation allume le pétrole du réchauffeur G ; H, régulateur de pression.

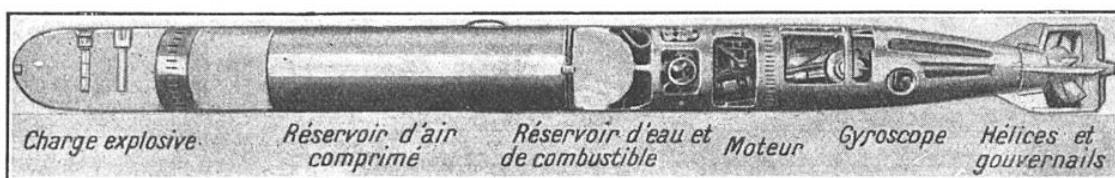


FIG. 2. — COMMENT EST CONSTITUÉE UNE TORPILLE AUTOMOBILE MODERNE

On remarque l'importance du réservoir d'air comprimé à une pression pouvant atteindre 200 kg/cm². Sur une torpille du calibre 550 mm, de 8 m 30 de long, il ne mesure pas moins de 4 m et son poids (1 200 kg) représente environ 60 % de celui de la torpille (2 000 kg).

Le régulateur d'immersion, organe de commande des gouvernails de plongée, est placé entre le réservoir d'air et la machine, ou sur l'arrière de celle-ci. L'élément principal en est le « piston hydrostatique », équilibré par un ressort, sur une des faces duquel la pression de l'eau agit tandis que l'autre communique avec un compartiment à la pression atmosphérique. La tension plus ou moins grande du ressort, que l'on peut régler alors que la torpille est à poste dans

que des efforts trop faibles pour agir sur celui-ci, alors qu'un effort minimum d'une centaine de kilogrammes est nécessaire.

L'appareil moteur de la torpille

La première torpille était mue par une sorte de turbine rudimentaire : une roue à palettes qu'un jet d'air faisait tourner. Très vite, on adopta la machine à piston avec trois ou quatre cylindres en étoile qui a été, jusqu'à présent, le type de moteur de tor-

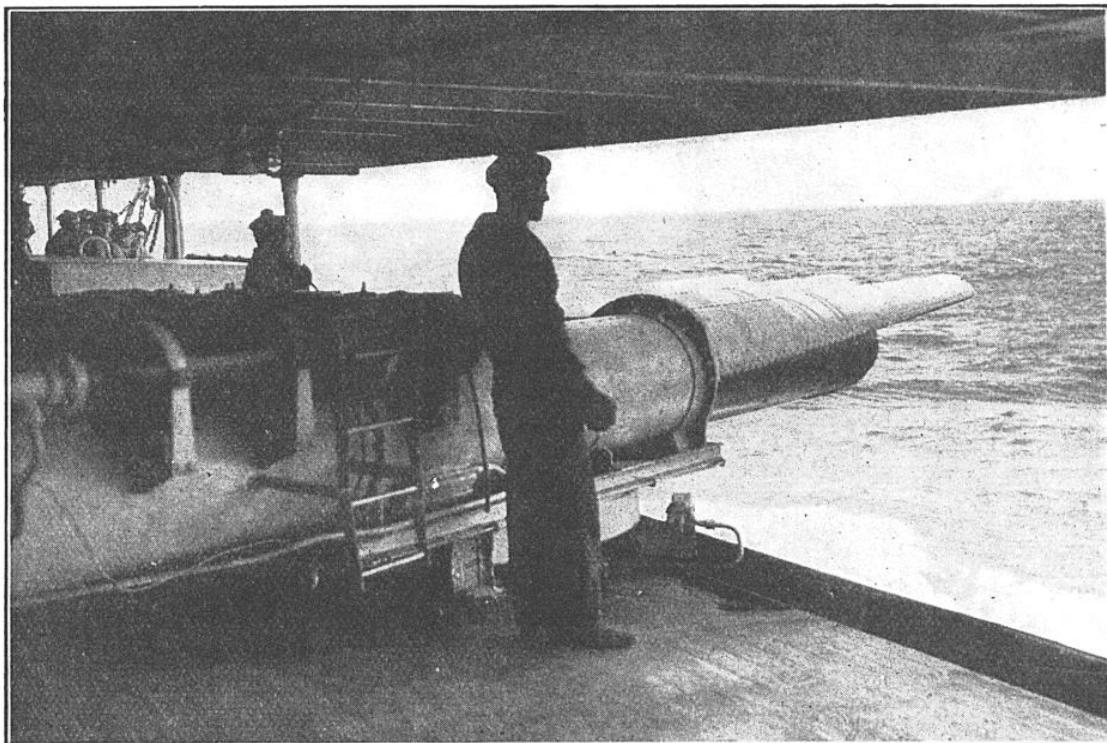


FIG. 3. — TUBES TRIPLES LANCE-TORPILLES À BORD D'UN CROISEUR FRANÇAIS DE 10 000 T

son tube, permet de fixer, au dernier moment, l'immersion de l'engin pendant sa course selon le tirant d'eau du navire à attaquer. Un « pendule » complète le régulateur d'immersion ; il a pour objet de régler l'assiette de la torpille et de pallier aux oscillations trop brusques d'immersion que risquent d'occasionner les corrections du piston hydrostatique. L'un et l'autre commandent au gouvernail par l'intermédiaire d'un servo-moteur ; ils ne sauraient, en effet, donner nages verticaux qui entraînent une perte de rendement sensible. Le système des deux hélices coaxiales est utilisé également en aéronautique, par exemple sur l'hydravion italien d'Agello qui a atteint la vitesse record de 710 km/h et sur certains appareils rapides, tels le monoplan Koolhoven FK-55,

pille de beaucoup le plus répandu. Dans le modèle Whitehead, la distribution de l'air d'alimentation se fait au moyen d'une série de tiroirs, qui assurent également l'évacuation ; dans le type Brotherhood, l'admission s'opère par des soupapes et l'air est expulsé par des orifices que le piston découvre à bout de course.

L'avantage du moteur alternatif en étoile réside dans sa simplicité relative, son poids modéré et sa très grande facilité de logement dans le corps de la torpille. Le moteur d'une torpille de 550 mm moderne, qui développe environ 300 ch, pèse une centaine de kg. Il semble, cependant, qu'il soit difficile d'accroître beaucoup la puissance d'un

moteur en étoile : celle-ci est, en effet, limitée par le diamètre de l'engin et, d'autre part, on ne peut l'augmenter ni par l'alésage, ni par la course.

D'autres types de moteur ont donc été étudiés ; quelques-uns même sont presque aussi anciens que les moteurs en étoile, telle la machine à cylindres horizontaux à double effet, qui permet d'augmenter le diamètre et la course des pistons, mais qui est sensiblement plus lourde que le moteur à étoile. Dans d'autres modèles (construction italienne notamment), les moteurs des torpilles récentes sont des « 8 cylindres en V » et la marine américaine est fidèle, depuis de longues années, à la turbine, d'après un dispositif de la société Bliss-Lewitt. Les avantages de cette formule : simplicité mécanique, détente poussée, sont grandement compensés par le poids, relativement élevé, et la complication des engrenages réducteurs de vitesse, dont la présence est indispensable étant donné que la turbine tourne dix fois plus vite que ne doivent le faire les hélices. Enfin, la turbine met plus de temps que la machine alternative pour prendre sa vitesse de régime et, dans l'ensemble, il n'y a pas augmentation sensible de rendement.

Le moteur de la torpille, qui était, à l'origine, un moteur fonctionnant exclusivement à l'air comprimé, est devenu, en réa-

lité, un moteur thermique depuis la mise au point du réchauffage de l'air — vers 1908 — et l'adoption de dispositifs d'injection d'un liquide vaporisé (eau) qui ont permis de quadrupler l'utilisation du fluide moteur. Avant le réchauffage, le travail de l'air dans le moteur entraînait un refroidissement intense des différentes pièces et même des phénomènes de congélation de l'huile de graissage, préjudiciables au bon fonctionnement de l'engin et à la durée de sa marche, donc à sa portée. L'adoption du réchauffage remédiait à ces défauts : on chauffait l'air comprimé au moyen de gaz de combustion de pétrole ou d'alcool, allumés par une cartouche au moment du lancement, et les gaz de combustion se mélangeant à l'air augmentaient en même temps le volume de celui-ci. D'autres inconvénients aussi sérieux se manifestèrent alors : la température

élevée que les gaz communiquaient au moteur (plus de 400° dans certains cas) occasionnaient de graves avaries, malgré l'emploi d'aciers au nickel pour les tiroirs ou les soupapes, ou mi-dur pour les pistons et parfois pour les bielles et l'arbre. Le remède a consisté à injecter de l'eau finement pulvérisée à l'endroit où se fait la combustion. Cette eau est transformée en vapeur : double avantage, car la chaleur en excès se trouve absorbée (la température du mélange gazeux n'est plus que de 250°

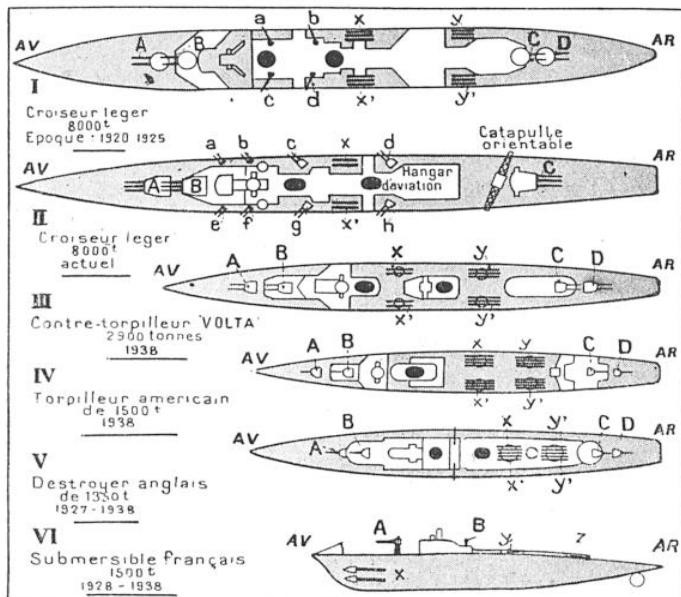


FIG. 4. — DISPOSITION DES TUBES LANCE-TORPILLES À BORD DE NAVIRES DE DIVERSES CATÉGORIES

A l'exception des sous-marins et des vedettes, les bâtiments de guerre modernes lancent leurs torpilles au moyen de tubes aériens à cuiller disposés par groupe de deux, trois, quatre et même cinq sur des plates-formes circulaires. On voit que ces tubes sont disposés soit dans l'axe du navire (schéma V) lorsque celui-ci n'est pas trop large et autorise le pointage des tubes du même bord, soit de part et d'autre de cet axe (schémas I, II, III, IV). Dans tous les cas, les tubes occupent toujours la partie centrale du bâtiment (XX', YY'), l'artillerie occupant toujours les plages avant et arrière (ABCD). Le schéma VI indique en XYZ la répartition des tubes à bord de trente sous-marins français de 1 500 t. Alors que les tubes doubles datent de cinquante ans, que les tubes triples sont apparus en 1912 sur les grands torpilleurs russes, les tubes quadruples ont été réalisés en 1929 et les tubes quintuples en 1936 (exclusivement en Angleterre).

environ) et la quantité du fluide moteur est accrue par l'addition de cette vapeur. L'injection d'eau offre un troisième avantage : elle a, en effet, pour résultat de diminuer très sensiblement le sillage produit par l'air évacué et qui remonte à la surface, car la vapeur se condense en arrivant au contact de l'eau de mer et le volume des gaz d'échappement, donc du sillage de la torpille, se trouve très notablement réduit.

On appréciera encore mieux les progrès

Les problèmes métallurgiques

Dans la construction d'une torpille, il est courant de rencontrer des aciers de sept compositions différentes, depuis l'acier doux pour la coque et les rivets jusqu'à l'acier à 36 % de nickel, de très faible dilatation, pour certaines pièces du moteur. Les cercles de suspension du gyroscope sont en bronze au nickel ; certaines pièces mobiles du moteur, les soupapes notamment, le servo-

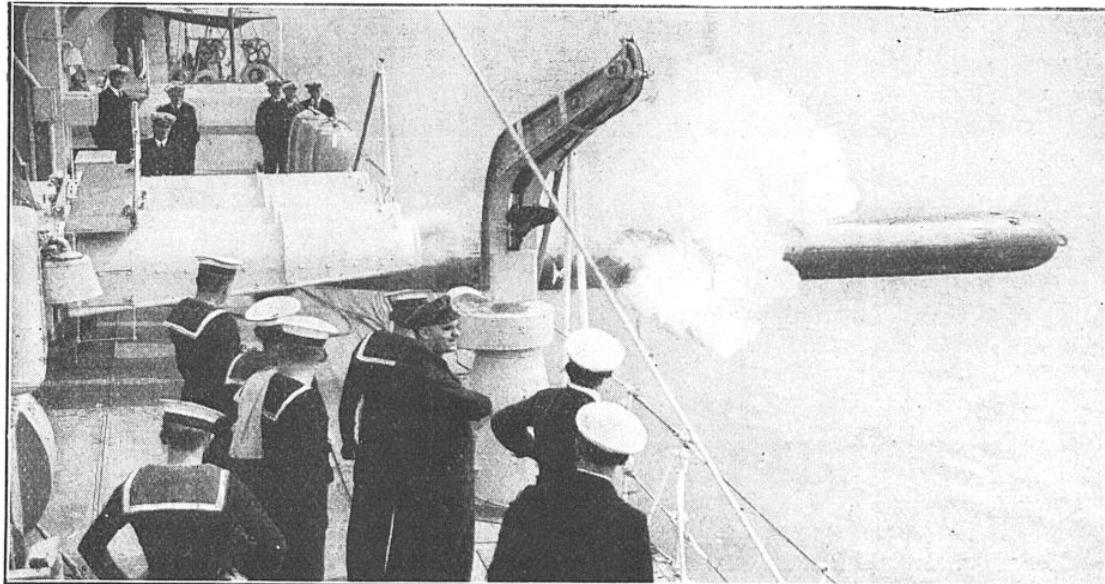


FIG. 5. — LANCEMENT D'UNE TORPILLE AUTOMOBILE EFFECTUÉ, PAR LE TRAVERS, AU MOYEN DE TUBES AÉRIENS DONT L'EMPLOI EST, AUJOURD'HUI, LE PLUS RÉPANDU DANS TOUTES LES MARINES DE GUERRE POUR LES BÂTIMENTS AUTRES QUE LES SOUS-MARINS

La torpille vient de quitter le tube. La « cuiller », à laquelle la torpille est accrochée par un « guide » coulissant, a pour objet de soulager la queue de la torpille qui serait soumise à un gros effort de torsion tant que l'engin n'est pas complètement sorti de la partie cylindrique du tube.

considérables accomplis depuis une trentaine d'années au point de vue propulsion des torpilles en sachant que la consommation par ch. h, qui était de l'ordre de 36 ou 40 kg environ pour les torpilles « froides » (sans réchauffage), est passée entre 18 et 20 kg pour les torpilles à réchauffage, entre 9 et 10 kg pour celles qui sont, en outre, dotées du dispositif à injection de vapeur. De nouveaux progrès ont encore été accomplis depuis la mise au point de différents procédés qui assurent une combustion complète de l'air.

On peut admettre aujourd'hui que les torpilles modernes en service ont une consommation d'environ 5 à 6 kg d'air au ch.h, soit 7 fois moins qu'il y a trente ans environ.

moteur, sont en bronze à l'aluminium. On utilise des bronzes de fonderie à 12 % d'étain pour le corps des machines, à 18 % pour certaines pièces frottantes qui doivent être très dures, du bronze phosphoreux, en feuilles pour les cônes de combat qui contiennent la charge d'explosif, en fil étiré pour les ressorts. De l'étain, additionné de plomb, entre dans la composition des soudures (on utilise largement la soudure autogène) ; du laiton forgeable à 40 kg/mm² sert pour les réservoirs de liquide (alcool ou pétrole, eau, huile) et pour les pièces de décolletage sans grande usure, et du laiton à 50 kg/mm² pour les pièces de décolletage résistantes. Différents types de joints plastiques en cuir, en caoutchouc, en fibre, en

papier, en amiante graphitée ou en cuivre, sont enfin utilisés suivant les cas.

Toutes les pièces d'une torpille doivent être finies et ajustées avec une précision extrême : une finition au 1/100 est relativement grossière en matière de fabrication de torpilles ; on voit donc qu'un outillage et des appareils de mesure et de contrôle de la plus grande précision sont nécessaires pour usiner ces engins. Il n'est pas surprenant, dans ces conditions, que leur construction

guerre. On doit remarquer, cependant, qu'elle tend à disparaître à bord des navires de ligne. Ceux-ci comportaient, autrefois, des tubes de lancement sous-marins qui impliquaient l'existence de compartiments volumineux, obligation contradictoire avec la nécessité de subdiviser au maximum les fonds du navire pour le mettre à l'abri des explosions sous-marines (1). Les unités de ligne modernes ont donc tout ou partie de leur armement-torpilles disposé dans des

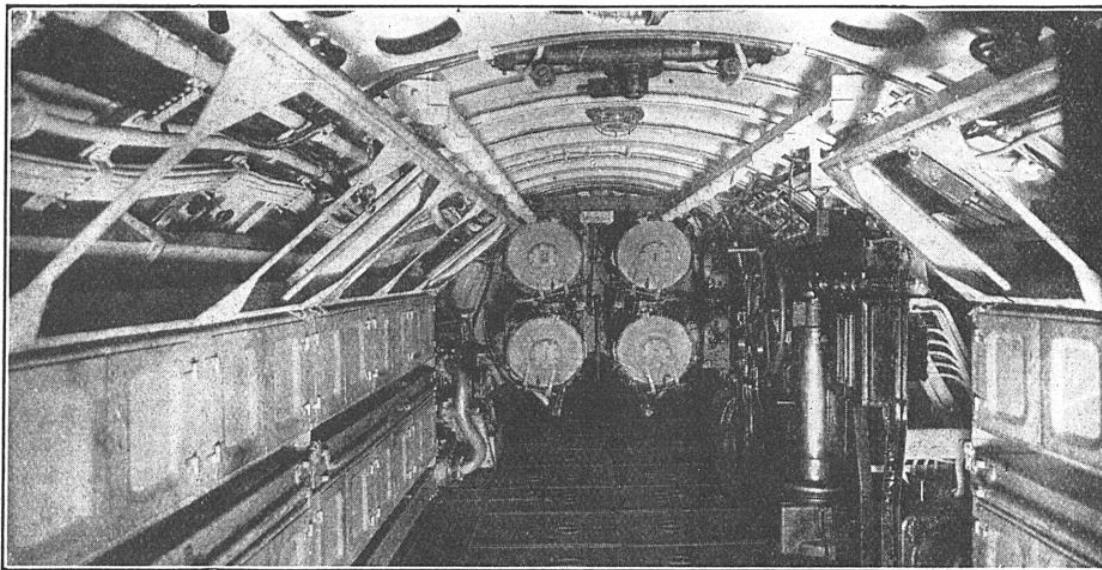


FIG. 6. — COMMENT SONT DISPOSÉS LES TUBES LANCE-TORPILLES SOUS-MARINS D'ÉTRAVE (VUE INTÉRIEURE), A BORD D'UN SOUS-MARIN FRANÇAIS

Ces tubes sont fixes et le pointage se fait en orientant le submersible par rapport au but. On peut également envisager des lancements en « gyro dévié », cet appareil étant réglé à l'avance de telle sorte qu'au sortir du tube la torpille tourne de l'angle voulu pour prendre ensuite la direction désirée.

entraîne des dépenses considérables. Il faut évaluer de 350 000 à 500 000 f, suivant son calibre et les dimensions du réservoir à air, — pièce extrêmement coûteuse, — la valeur d'une torpille moderne. Un contre-torpilleur du type *Volta*, dont l'armement comporte dix tubes, embarque donc pour 5 millions environ de ces engins.

Indiquons également qu'il existe, sur les bâtiments français en service, quelque 1 283 tubes de lancement... pour lesquels il convient bien entendu de prévoir, en outre, des rechanges et les stocks de guerre.

Quelles catégories de bâtiments de guerre utilisent les torpilles ?

Théoriquement, la torpille trouve son emploi sur tous les types de bâtiments de

tubes aériens. Dans l'ensemble, néanmoins, l'emploi de cette arme paraît actuellement assez problématique à bord des cuirassés : il n'en a pas été prévu pour les unités récemment entrées en service ou sur cale (le *Dunkerque*, par exemple), et les tubes qui existaient ont été débarqués de plusieurs cuirassés à l'occasion de leur modernisation (en Angleterre, en Italie et aux Etats-Unis, notamment).

On constate également une diminution du nombre des tubes à bord des croiseurs légers ; certains même en sont complètement démunis : les « 10 000 tonnes » américains et plusieurs grands croiseurs italiens, par

(1) Pour réduire l'encombrement, on avait ingénierement mis au point, dans certaines marines, des tubes-valises parce qu'ils s'ouvraient latéralement, dans le sens de la longueur, pour le chargement.

exemple. Alors que la plupart des unités lancées de 1918 à 1925, embarquaient 12 et parfois 16 tubes, montés sur affûts triples ou quadruples, il n'en est plus installé maintenant que 6 ou 8, quelquefois même 4 seulement. Cette diminution du nombre des tubes lance-torpilles et, par conséquent, de l'importance de cette arme à bord des croiseurs ne procède pas d'une « désaffection » vis-à-vis de la « torpille », comme on pourrait le croire, mais surtout de l'encombrement croissant des superstructures de ces bâti-

sur deux affûts quintuples disposés dans l'axe du bâtiment. Les nouveaux torpilleurs américains en ont 16 sur quatre affûts (deux de chaque bord) et la dotation des torpilleurs de 1 800 tonnes et des contre-torpilleurs de notre marine en achèvement est respectivement de 7 (un tube triple et deux doubles) et de 10 tubes (deux tubes triples et deux doubles). De même, nos sous-marins ont 7, 9 ou 11 tubes, et les bâtiments anglais, italiens, américains, etc., de 6 à 8. Indiquons, à titre de comparaison, qu'il y a vingt ans,

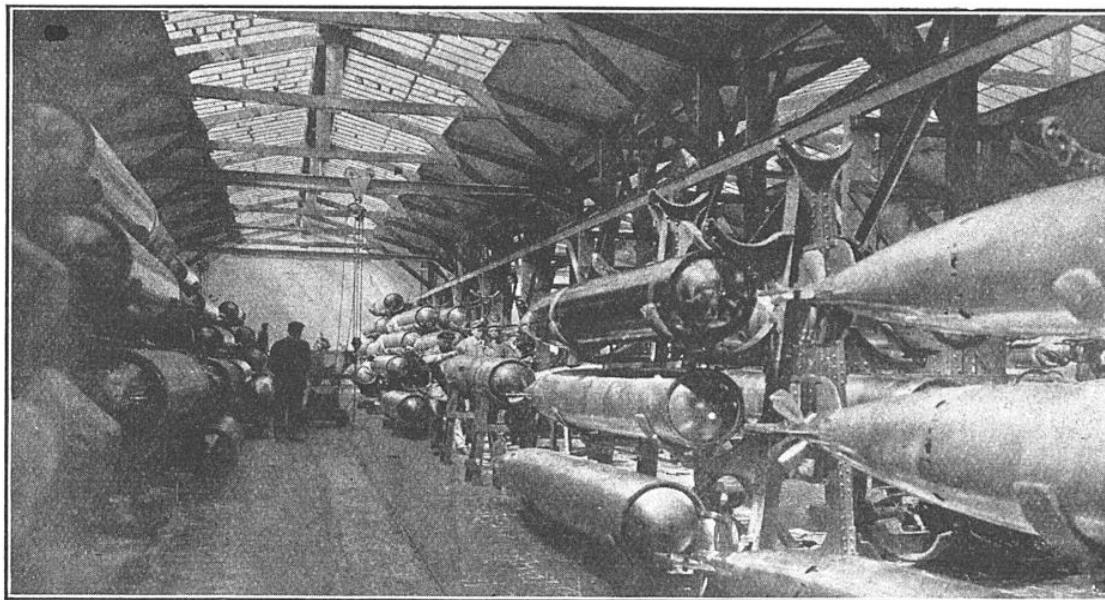


FIG. 7. — DÉPOT DE TORPILLES AUTOMOBILES DANS UN ARSENAL : LES CONES DE COMBAT, CONTENANT LA CHARGE EXPLOSIVE, SONT ENTREPOSÉS SÉPARÉMENT

ments depuis qu'ils sont dotés d'une artillerie antiaérienne importante et d'aviation embarquée. En effet, l'augmentation simultanée du nombre et du calibre des pièces contre avions : 8 à 12 canons de 100 à 127 mm sur affûts doubles, autant de 37 ou de mitrailleuses de 13,2 ou de 20 sur affûts multiples, au lieu des 2 ou 4 canons de 75 qui paraissaient suffisants au lendemain de la guerre, entraîne non seulement d'importants sacrifices de poids, mais aussi de volume, étant donné l'obligation d'avoir des champs de tir aussi dégagés que possible.

A bord des torpilleurs et des sous-marins, au contraire, l'augmentation du nombre des tubes est assez sensible depuis quelques années. Les dernières séries de destroyers anglais (à l'exception d'une seule qui répond à un objet particulier) embarquent 10 tubes,

les torpilleurs disposaient seulement de 4 et parfois 6 tubes, tandis que beaucoup de sous-marins n'en avaient alors que 6 : 4 d'étrave et 2 sur l'arrière.

Les tubes des croiseurs et des destroyers sont des tubes aériens, placés sur circulaires, donc orientables. On a renoncé, pour les croiseurs, aux tubes sous-marins pour les mêmes raisons que pour les cuirassés, et aussi parce qu'il n'était guère possible d'en prévoir plus de deux à bord de ce genre de bâtiment, alors qu'un croiseur peut avoir besoin de lancer plusieurs torpilles à intervalles très rapprochés, voire même simultanément. Quant aux torpilleurs, on a abandonné depuis longtemps déjà le tube d'étrave fixe qui caractérisait un grand nombre de ces bâtiments en 1914.

On a également cessé de doter les sous-

marins de tubes-carcasses, étanches ou non, dans lesquels la torpille, maintenue par des glissières, était mise en marche au moment du lancement et quittait le tube par ses propres moyens. Malgré la simplicité et la douceur du départ, la torpille n'était pas chassée rapidement à une distance suffisante du bâtiment tireur, ce qui était un inconvénient sérieux dans les lancements par mer agitée

et que la torpille, qui se heurte à la résistance de l'eau dès sa sortie du tube, ne risque pas d'être écrasée.

Signalons, à propos des sous-marins, que la marine française paraît être la seule à avoir installé sur ce type de bâtiments des tubes orientables, installés généralement en deux groupes : un sur l'arrière du kiosque, l'autre à l'extrême arrière. Tous les autres tubes

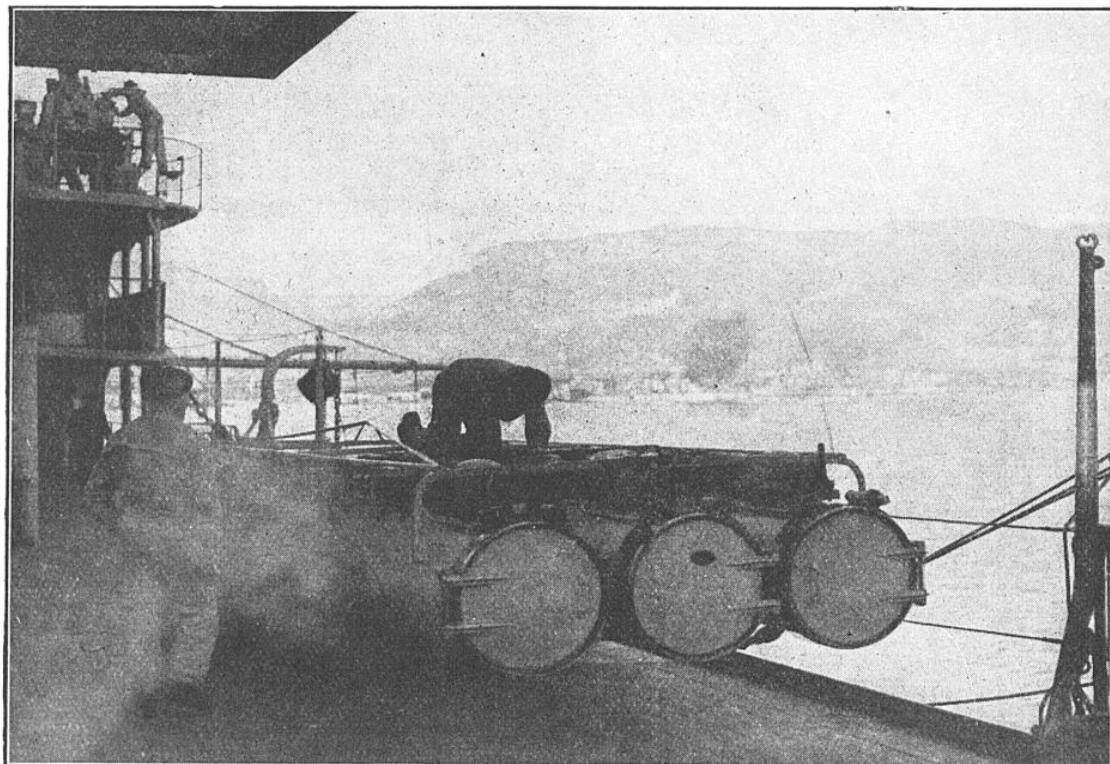


FIG. 8. — TUBE TRIPLE LANCE-TORPILLE A BORD D'UN CROISEUR FRANÇAIS

Cette vue prise sur l'arrière montre les portes de culasse qui doivent être étanches aux gaz de la chasse (poudre ou air comprimé) et aussi à l'eau dans le cas des tubes sous-marins. On aperçoit presque immédiatement au-dessus des culasses, et pour chaque tube, la boîte à poudre utilisée pour projeter la torpille hors du tube.

ou en vitesse par le travers. Les tubes-carcasses, construits en tôle légère, ne protégeaient pas non plus suffisamment les torpilles contre les effets des explosions de grenades antisous-marines et les plongées profondes (1). On utilise aujourd'hui des tubes pleins, d'où la torpille est projetée par une chasse de gaz produite par la déflagration d'une charge de poudre ou par l'ouverture brusque d'une soupape d'air comprimé à gros débit, mais à basse pression pour que la pression ne s'établisse que progressivement

(1) Les sous-marins modernes peuvent plonger jusqu'à 100 m.

sont fixes de part et d'autre de l'étrave, et, dans les marines étrangères, de part et d'autre de l'arrière (1).

Les vedettes porte-torpilles « lancent » leurs torpilles soit en les projetant au moyen d'une sorte de « bélier » ou en les laissant glisser par l'arrière et la queue la première (marine anglaise), soit en ouvrant des sortes de pinces-tenailles, au moyen desquelles elles sont maintenues parallèlement et de part et d'autre de la coque (M. A. S.

(1) Certains sous-marins anglais, construits pendant la guerre, avaient deux tubes fixes perpendiculaires à l'axe du bâtiment.

italiens), soit par des tubes fixes orientés vers l'avant (marine allemande). Quant aux avions torpilleurs (1), leur torpille, maintenue horizontalement sous ou dans le fuselage, est simplement larguée après mise en marche du moteur et est couramment projetée d'une hauteur de plusieurs dizaines de mètres sans que l'expérience ait montré que cette prise de contact brutale ait des inconvénients graves pour les mécanismes

et, selon certaines informations, à bord de quatre croiseurs japonais de 10 000 tonnes.

Portée et lancement des torpilles

On distingue, au point de vue portée et vitesse, deux catégories de torpilles : les torpilles-distance et les torpilles-vitesse. Les premières sont utilisées à bord des bâtiments de surface, qui doivent lancer de loin dans l'impossibilité où ils sont, en règle générale,

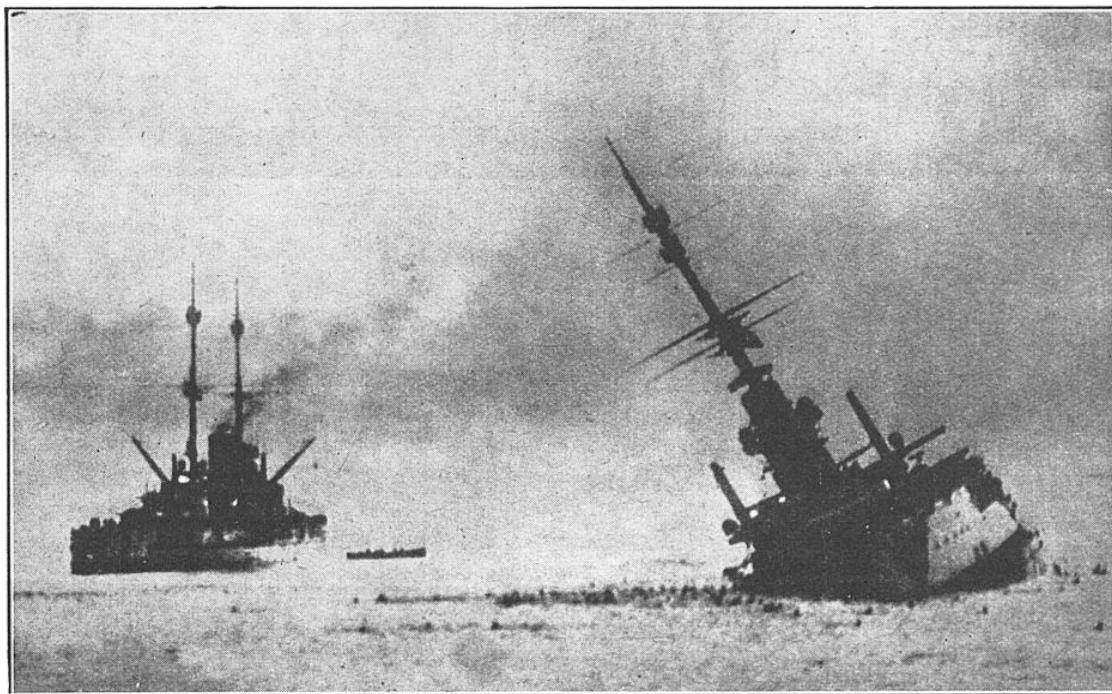


FIG. 9. — UNE DES PRINCIPALES VICTIMES DE LA TORPILLE AUTOMOBILE AU COURS DE LA GUERRE DE 1914-1918, PHOTOGRAPHIÉE AU MOMENT OU ELLE VA CHAVIRER

Le superdreadnought autrichien Szent Istvan (Saint-Etienne), atteint mortellement à deux reprises, à la suite d'une attaque des vedettes rapides italiennes Mas-15 et 21, sous le commandement du lieutenant de vaisseau Rizzo (9 juin 1918), disparut en deux heures et demie (quatre-vingt-neuf victimes).

compliqués mais robustes d'une torpille.

Les avions enlèvent généralement des torpilles du calibre 450, qui n'est plus embarqué, par ailleurs, que sur les bâtiments de guerre de type ancien, mais qui représentent tout de même un poids de l'ordre de 800 à 1 000 kg et comportent un cône de 150 à 180 kg d'explosif. Les calibres des torpilles modernes sont, en effet, le 500 mm (marine allemande, pour certaines unités), le 533 mm à peu près universellement répandu, sauf dans la marine française, qui a adopté le 550 mm. Il existe quelques tubes de 610 mm en service sur les cuirassés anglais, type *Nelson*.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 209, page 397.

de combattre de jour à faible distance de l'ennemi ; les secondes arment les sous-marins, les vedettes porte-torpilles et les avions qui peuvent lancer de près en raison de leur invisibilité, absolue ou relative.

Les torpilles-distance ont un réservoir d'air de capacité presque double de celui des torpilles-vitesse : leur vitesse varie en fonction de la portée que l'on désire. Aux distances extrêmes de lancement, qui sont, actuellement, dans certaines marines, de l'ordre de 18 000 à 20 000 m, la vitesse est de 28 à 29 noeuds, contre 2 000 m à 24 noeuds en 1904, 8 000 m à 25-26 noeuds en 1914, 12 000 m à 25 noeuds en 1918. On peut, bien

entendu, régler l'engin pour une portée moindre, mais une vitesse plus élevée : 35 noeuds pour 15 000 m, 38 à 39 noeuds pour 10 000 m.

Les torpilles-vitesse peuvent soutenir 44 à 46 noeuds sur 3 000/4 000 m, 40 à 42 noeuds sur 5 000 à 6 000 m. En 1914, ces torpilles soutenaient 42 noeuds sur 1 000 m et, en 1918, 35 noeuds sur 2 000 m.

Pour bien comprendre les difficultés que pose le lancement d'une torpille, il faut se représenter le temps qu'elle met à parcourir la distance qui sépare du but le bâtiment lanceur. Pour 10 000 m et à 38-39 noeuds,

visée », où un côté est égal en grandeur et en direction à la vitesse estimée du but, où le second côté est parallèle à la direction dans laquelle on relève le but, et le troisième égal à la vitesse d'utilisation de la torpille.

On conçoit, devant ces difficultés, comment on est arrivé, pour les lancements opérés par des bâtiments de surface, à la notion du lancement des torpilles par gerbes et, surtout, à ne les pratiquer que contre des groupes de bâtiments pour avoir quelques chances sérieuses de toucher. On veut, en quelque sorte, créer des « bandes » de torpilles se succédant dans la zone où l'ennemi

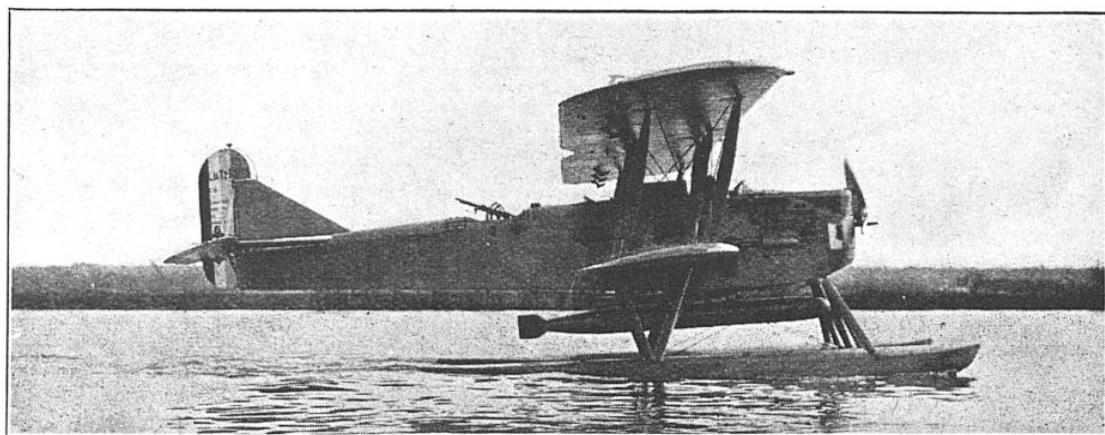


FIG. 10. — HYDRAVION TORPILLEUR LEVASSEUR « P.L.-15 »

C'est un hydravion de faible tonnage pesant 4 250 kg avec une torpille de 700 kg. Son autonomie est de 4 heures de vol et sa vitesse de 200 km/h environ. Il peut être utilisé aussi comme bombardier.

il lui faut environ 9 mn ; à portée extrême, 18 000 à 20 000 m, près de 25 mn. Comme pour le tir de l'artillerie, un problème de réglage se pose donc, mais singulièrement compliqué par le fait que le projectile-torpille va 70 fois moins vite que le projectile-obus, quand il s'agit d'un lancement à portée extrême, et 40 fois dans le cas d'une torpille-vitesse. Or, là aussi, il faut tenir compte de la vitesse du but, de sa route, données souvent difficiles à évaluer et qui, dans l'intervalle, peuvent sensiblement se modifier (1). Il faut, pour atteindre le but au point voulu, que le tube fasse un angle α avec la direction dans laquelle on relève le but au moment du lancement. Cet angle se détermine en construisant le « triangle de

(1) Depuis vingt ans, la vitesse des bâtiments de guerre en général s'est sensiblement accrue ; les nouveaux navires de ligne, eux-mêmes, sont prévus pour 30 noeuds et dans un engagement c'est contre des groupes opérant à une allure de 30 à 35 noeuds que les lancements devront s'opérer.

devra manœuvrer et le contraignant, à défaut de coups au but, à disloquer sa ligne. C'est ce qui explique la multiplication des tubes lance-torpilles, déjà signalée à bord des bâtiments de la fin de la guerre de 1914-1918 ou immédiatement après celle-ci, alors que les problèmes d'encombrement se posaient avec moins d'acuité qu'aujourd'hui.

C'est aussi ce qui donne tant d'intérêt à l'intervention des avions-torpilleurs attaquant — simultanément ou à intervalles rapprochés — les divisions ennemis et dont les escadrilles, surgissant de directions variées, conjugueront ou croiseraient leurs attaques avec celles des destroyers ou les lancements opérés par les grands bâtiments de surface.

Dans cet ordre d'idée, on a également envisagé l'intervention du gyroscope pour qu'au bout d'un temps donné, et conformément à un réglage établi à l'avance, la course de la torpille soit modifiée, par

exemple, pour la ramener en arrière, puis en avant, et ainsi de suite jusqu'à épuisement de son réservoir d'air. Dans certains dispositifs essayés par les Anglais à la fin de la guerre, une roue à came commandait l'arrivée d'air au gyroscope, fermaient celle-ci après que la torpille eût parcouru un certain parcours, agissait sur les tire-veilles du gouvernail, puis, au bout du temps nécessaire pour que la torpille eût accompli l'évolution prévue, libérait à nouveau la commande d'air du gyroscope, qui se remettait en marche. Certains réglages permettaient de déclencher, en cours de route, des trajectoires « circulaires » dont on pensait qu'elles menaçaient plus efficacement la ligne ennemie qu'une trajectoire rectiligne.

Comment protéger les navires contre les torpilles ?

Une opinion très répandue avant 1914 voulait que la blessure causée par une torpille fût presque toujours mortelle. La guerre de 1914-1918, tout en confirmant la valeur et l'importance de cette arme, n'a pas vérifié formellement cette affirmation. Certes, le nombre des navires de guerre coulés après torpillage a été considérable ; mais la très grande majorité étaient des bâtiments anciens, insuffisamment compartimentés et protégés. Les navires de ligne de construction récente qui ont été atteints sont, en général, demeurés à flot et ont pu, le plus souvent, rentrer au port par leurs propres moyens. Or, aucune de ces unités n'avait de protection sous-marine qui pût se comparer aux moyens de protection d'aujourd'hui. Ceux-ci, en effet, se sont grandement améliorés depuis : soufflages contre-torpilles, compartimentage plus serré, moyens de pompage et de redressement plus puissants, etc. Si, d'autre part, le poids de la charge explosive s'est, lui aussi, sensiblement accru, on peut penser que les navires de ligne modernes sont capables d'endurer le choc de plusieurs torpilles et que l'on est arrivé réellement à limiter les effets des explosions sous-marines. A défaut de perte totale, d'ailleurs, il n'en demeure pas moins une immobilisation du bâtiment touché qui peut être longue.

Remarquons que, pour protéger les navires de guerre, il n'est plus question des filets pare-torpilles, dits filets « Bullivant », supportés par des « tangons », que l'on déployait à quelques mètres de la coque et parallèlement à celle-ci. Outre qu'ils étaient difficilement utilisables en marche, ou, en tout cas, à une allure convenable, les coupe-filets très efficaces dont étaient dotées les

torpilles rendaient leur protection illusoire.

Signalons enfin qu'il ne semble pas que le problème de la suppression du sillage préoccupe autant les constructeurs qu'on serait tenté de le croire dans le grand public. Outre que le sillage est beaucoup moins visible qu'il ne l'était pendant les cinquante premières années de l'existence de la torpille, les marines n'ont pas encore trouvé mieux pour remplacer les moteurs à air en service et remédier à cet inconvénient. Des essais ont bien été tentés de moteurs électriques fonctionnant avec des accumulateurs ; mais il faudrait leur demander un régime de décharge beaucoup trop intense ; on a pensé aussi, mais sans succès, à accumuler l'énergie nécessaire sous forme d'explosif. On a essayé aussi des moteurs fonctionnant à l'hydrogène, formule très tentante au point de vue suppression du sillage ; mais les tentatives n'en ont pas été heureuses jusqu'à présent ; et il a fallu déplorer de sérieux accidents à la suite d'explosions des réservoirs. Une seule solution relativement satisfaisante avait été trouvée : la torpille Howell (de construction américaine) dans laquelle l'emmagasinage de l'énergie se faisait sous forme de force vive, à l'aide d'un volant intérieur à la torpille lancé, au moment du départ, à 10 000 tours. La torpille Howell ne dégagait, évidemment, aucun sillage de bulles, mais c'était à l'époque où l'on n'avait que des torpilles à air froides, et, depuis, la possibilité de construire des réservoirs d'air plus légers, l'adoption du réchauffage ont fait perdre à cette invention tout intérêt.

Il ne faut pas oublier que les conditions de sécurité de fonctionnement dans un engin à marche automatique sont primordiales. Il est donc essentiel de ne se lancer dans l'application pratique de sensationnelles innovations qu'après que celles-ci ont été longuement et définitivement éprouvées.

Telle quelle, la torpille est une arme redoutable qui semble n'avoir pas encore épuisé toutes ses possibilités : elle a même des partisans assez enthousiastes pour n'avoir pas craint de soutenir qu'elle pourrait un jour détrôner le canon. Enregistrons cette affirmation ; mais, pour conclure, nous nous contenterons de rappeler que l'arme devant laquelle tout doit s'incliner n'a jamais encore été réalisée. Au contraire on a toujours, jusqu'à présent, trouvé la parade contre toutes les armes nouvelles que, dans un moment d'emballlement, on déclarait irrésistibles, et il semble bien qu'en ce qui concerne la torpille, ce soit chose faite.

HENRI LE MASSON.

LE TÉLESCOPE A ÉLECTRONS PEUT-IL RIVALISER AVEC LES TÉLESCOPIES GÉANTS A MIROIR ?

Par Pierre ROUSSEAU

La Science et la Vie a montré, à plusieurs reprises (1), comment, pour explorer toujours plus profondément l'espace interstellaire et analyser la lumière qui nous parvient des étoiles les plus faibles ou les plus lointaines, la technique astronomique évoluait vers des appareils d'observation et de mesure de dimensions sans cesse accrues. Le plus puissant — et le plus imposant — parmi ces instruments d'optique perfectionnés sera le télescope de 5 m de diamètre (2) actuellement en cours de fabrication aux Etats-Unis et destiné à l'Observatoire du mont Palomar, en Californie. Du diamètre du miroir dépend, en effet, directement le pouvoir séparateur du télescope (3), et aussi la quantité de lumière qu'il peut concentrer sur une plaque photographique. Aujourd'hui, l'emploi de cellules photoélectriques appropriées, associées à des multiplicateurs d'électrons (4), nous donne la possibilité d'amplifier considérablement (jusqu'à 100 millions de fois et même plus) l'énergie des « grains de lumière », ou « photons », qui nous parviennent des astres éloignés, sans avoir à augmenter d'une manière exagérée et fort coûteuse les dimensions de nos appareils. C'est à deux savants, belge et français, que nous devons la réalisation du spectrographe et du télescope à électrons, appareils de laboratoire capables de rivaliser, du point de vue de la finesse et de la luminosité des images, avec les instruments géants des observatoires américains.

L'ASTRONOMIE deviendrait-elle une science de luxe ? On pourrait le croire, à en juger par les 160 millions de francs que les Américains consacrent actuellement à la construction de leur télescope de 5 m de diamètre qui doit être le plus puissant du monde (2). Tout le monde, malheureusement, n'a pas les moyens de se payer un outillage de ce prix, et bien peu de pays possèdent des mécènes susceptibles d'employer leur argent d'une manière aussi avisée. Est-ce à dire que les astronomes européens soient condamnés à écrire des équations pendant que les Américains observent, et à noircir des piles de mémoires pendant qu'ailleurs on accumule les photographies et les spectres sur l'univers galactique et extra-galactique ?

Posons la question clairement.

Il s'agit — et c'est là tout le problème de l'observation astronomique — de ramasser, sur la plaque photographique installée au foyer de la lunette ou du télescope, le plus de lumière possible. Ce problème admet

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 164, page 89, et n° 221, page 347.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 85.

(3) Le pouvoir séparateur est mesuré par la distance angulaire minimum de deux étoiles vues d'une façon distincte à travers l'instrument.

(4) Voir *La Science et la Vie*, n° 240, page 431.

plusieurs solutions. La plus évidente, et aussi la plus paresseuse et la plus coûteuse, consiste tout bonnement à augmenter les dimensions de l'objectif. On arrive ainsi à fabriquer un télescope de 5 m qui, s'il est un bijou par la précision technique, est bien un monstre par les dimensions... un monstre qui recueillera quatre fois plus de lumière seulement que le télescope de 2 m 50 du mont Wilson !

Une autre solution réside dans l'augmentation de la sensibilité de la plaque photographique. On peut se proposer, par exemple, de la multiplier par 100. Les fabricants sont-ils capables de réaliser cette performance ? Il faut avouer qu'ils sont loin de compte et que, s'ils ont fort bien réussi à allonger la zone de sensibilité, à la faire mordre, notamment, sur l'infrarouge (1), ils n'ont guère accru cette sensibilité pour les longueurs d'onde les plus efficaces.

Pourtant, si l'œil est impressionné, si l'émulsion photographique noircit, c'est grâce à l'énergie que leur communiquent les photons, ces corpuscules qui constituent la lumière. Il n'est pas question d'augmenter la sensibilité de l'œil ou celle de la plaque, mais ne peut-on accroître l'énergie des photons ? La physique, sur ce point, est muette.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 253, page 29.

Elle nous donne cependant un conseil : « Essayez de changer vos photons contre des électrons, puisqu'il est tout à fait facile et courant d'augmenter l'énergie des électrons » ; l'opération se fait ordinairement au moyen de surfaces photoélectriques qui, frappées par la lumière, émettent un courant électrique et changent ainsi des photons contre des électrons.

C'est en 1923 que M. F. Henroteau s'avisa de cet ingénieux artifice. M. F. Henroteau, Belge d'origine, était alors chef du Service d'Astrophysique à l'Observatoire national d'Ottawa, où il s'occupait spécialement de la spectrographie et de la photométrie des étoiles du type « céphéide ». On sait combien sont longues les poses de spectrogrammes stellaires. Cela n'empêcha pas M. Henroteau de prendre, en une dizaine d'années, plus de 10 000 spectres, mais cela le convainquit de l'économie de temps qu'il y aurait à faire simultanément l'observation spectrographique et l'observation photométrique. N'était-il pas possible d'utiliser, à cette fin, la cellule photoélectrique ? C'était l'époque où M. Rougier, à l'Observatoire de Strasbourg, construisait son photomètre photoélectrique, où Stebbins aux Etats-Unis, Guthnick en Allemagne, commençaient d'appliquer la cellule photoélectrique à l'astronomie. M. Henroteau décida de l'appliquer à l'obtention des spectres. C'est pourquoi il imagina, en 1928, d'accumuler les charges électriques nées de la lumière sur une mosaïque formée d'innombrables et minuscules condensateurs : de là devait naître le fameux *iconoscope* qui est aujourd'hui à la base des analyseurs de télévision.

Le télescope électronique Henroteau

Le télescope électronique de M. Henroteau a vu le jour en 1933. C'est, en somme, un appareil de télévision perfectionné. L'image céleste, au lieu de se former sur une plaque

photographique, se forme sur une plaque électrique ; elle module un courant qui, par des valves à trois électrodes, peut être amplifié des millions de fois. Nos lecteurs connaissent déjà le principe de l'iconoscope ; ils savent, par conséquent, que la plaque électrique est composée d'un grand nombre de petits éléments photoélectriques dont chacun reçoit une charge positive d'autant plus grande que la lumière qui le frappe est plus intense. Une fois que l'image électrique entière est dessinée sur cette plaque, les charges sont balayées une à une par un mince rayon cathodique qui les neutralise.

Les décharges successives engendrent des impulsions électriques qu'il ne reste plus qu'à transmettre, convenablement amplifiées, à un récepteur de télévision.

Les premiers essais de l'éminent astronome lui donnèrent une plaque électrique constituée par 25 600 points photoélectriques au cm^2 . Le rayon catho-

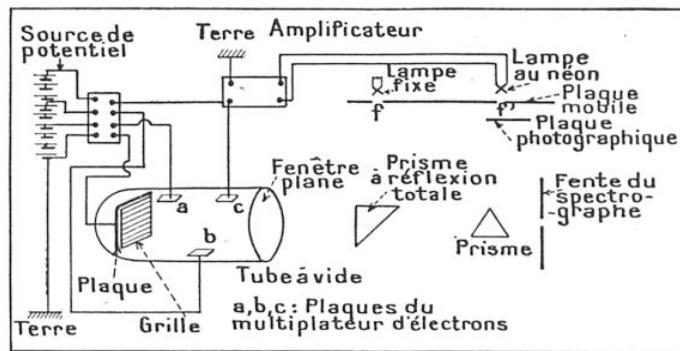


FIG. 1. — SCHÉMA DU SPECTROGRAPHE ÉLECTRONIQUE MIS AU POINT PAR L'ASTRONOME BELGE HENROTEAU
Le rayon lumineux arrive par la fente, traverse le prisme et forme un spectre sur la grille photoélectrique. Les électrons émis par cette grille, multipliés par les plaques a, b, c, modulent la lampe à néon. C'est la lumière de cette lampe qui, passant par la fente f de la plaque mobile, reproduit le spectre étudié sur la plaque photographique.

dique balayeur était large de 0"016. L'image eût été jugée fort bonne par un amateur de télévision ; elle était trop grossière pour un astronome. L'inventeur réussit ensuite à couvrir une plaque de mica d'un réseau comprenant 4 000 000 de points au cm^2 , c'est-à-dire plus fin que le grain le plus tenu des plaques photographiques. Avec cet appareil au foyer d'un télescope de 1 m 50 d'ouverture, une étoile de magnitude 13,5, dont l'image est balayée en 0"1, produit un courant de 10^{-16} A . On voit alors l'avantage du procédé : il est possible d'amplifier autant que l'on veut, donc de fabriquer au récepteur plus de lumière que n'en a reçu l'émetteur. Mais on en aperçoit aussi l'inconvénient : malgré la grande quantité d'éléments photoélectriques, la qualité des images laisse à désirer et ne saurait satisfaire l'astronome.

Voilà pourquoi, délaissant pour un temps l'étude du télescope électronique, M. Henroteau s'attaqua au spectrographe.

Le spectrographe électronique

L'idée peut sembler singulière : la construction d'un spectrographe électronique n'est-elle pas plus difficile que celle d'un télescope ? La clarté reçue, étalée sur un spectre, n'est-elle pas beaucoup moins intense ? En dépit de cette difficulté, la chose est moins compliquée, parce qu'un spectre est une image à une dimension, dont le balayage s'effectue bien plus aisément que celui d'une image à deux dimensions.

Voici (fig. 1) le spectrographe tel qu'il a été conçu par M. Henroteau en 1937. Dans le tube à vide, muni d'une fenêtre plane, se trouve une grille, longue de 4 cm et formée de fils de quartz parallèles de 0 mm 02 de diamètre, écartés de 0 mm 02. Les parties centrales de ces fils sont recouvertes d'un peu d'argent, sur lequel est déposée une couche monoatomique de caesium : ainsi chaque plage d'argent est fortement photoélectrique et extrêmement bien isolée de la plage voisine puisqu'elle en est séparée par un vide élevé. La plaque métallique, parallèle à la grille, est reliée à la terre, de sorte que chaque plage d'argent forme avec elle un petit condensateur.

Sur la fente du spectrographe est projetée l'image de l'astre ; le rayon lumineux passe par le premier prisme — le deuxième prisme à réflexion totale étant écarté de son chemin — et forme le spectre sur la grille. En échange des photons qu'elle reçoit, cette grille expédie donc des électrons. C'est le courant engendré par ces électrons qu'il faut amplifier avant de l'envoyer dans le récepteur. On utilise pour cela un *multiplicateur d'électrons* (1). Un électron émis par la grille est attiré par la plaque photosensible *a*, reliée à une source de potentiel positive. En bombardant cette plaque, il y libère, par exemple, 10 électrons, dont chacun, attiré à son tour par la plaque *b*, y libère 10 autres électrons. Chacun de ces 100 électrons s'en vient frapper

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 240, page 431.

la dernière plaque *c*, et le courant qui en sort, ainsi amplifié 1 000 fois, envoyé dans un amplificateur à lampes, sert enfin à moduler la lampe à néon visible en haut et à droite de la figure.

Il faut deux ou trois minutes pour que l'image électrique se dessine sur la grille. Une fois ce temps écoulé, on met en place le prisme à réflexion totale, qui projette sur la grille la lumière d'une lampe puissante et fixe. La plaque placée devant les lampes et pourvue de deux fentes *f* et *f'* se déplace alors d'un mouvement uniforme, de façon

que la lumière de la fente *f* balaye la grille en même temps que la fente *f'* balaye la plaque photographique et y reproduit les modulations de la lampe à néon.

Les plages d'argent de la grille sont alors ramenées à leur potentiel d'origine en illuminant fortement les plaques *a*, *b*, *c*, tout en ayant remis toutes les électrodes de la cellule à la terre. Les électrons émis par effet photoélectrique viennent forcément neutraliser les potentiels des plages d'argent de la grille. La photographie d'un spectre stellaire devient alors possible en deux ou trois minutes.

Le spectrographe Henroteau est d'autant plus intéressant que les multiplicateurs d'électrons, celui de Zworykin par exemple, ou celui de G. Weiss (1936), peuvent avoir jusqu'à douze étages et que l'amplification peut atteindre 100 millions sans distorsion.

Le télescope électronique Lallemand

Mais, dira-t-on, puisque les photons libèrent des électrons, pourquoi ne pas employer ces électrons à former directement une image, au lieu de les convertir en courant modulé qui alimente un écran de télévision ?

C'est précisément cette voie qu'a suivie, depuis 1935, M. A. Lallemand, astronome à l'Observatoire de Strasbourg. Que l'on veuille bien se souvenir des termes du problème posé au début de cet article : il importe toujours d'augmenter l'énergie des



FIG. 2. — M. HENROTEAU DANS SON LABORATOIRE DE RECHERCHES DE LIÈGE

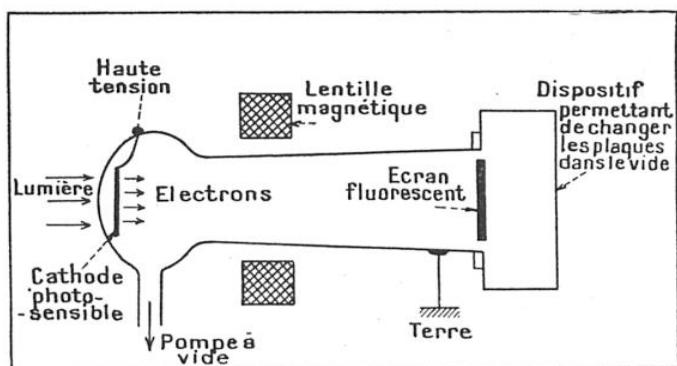


FIG. 3. — SCHÉMA DU TÉLESCOPE ÉLECTRONIQUE ÉTUDIÉ PAR L'ASTRONOME FRANÇAIS LALLEMAND

La lumière, arrivant par la gauche, frappe la cathode photo-sensible, qui émet des électrons. Ceux-ci, focalisés par une lentille magnétique, forment une image sur l'écran fluorescent (ou la plaque photographique) placé au fond du tube à vide.

électrons, mais, s'il leur est demandé de former eux-mêmes une image, il faut pouvoir les réfracter et les concentrer à l'aide de lentilles convenables.

Or, c'est là chose facile depuis 1926, époque à laquelle H. Busch, étudiant la focalisation des rayons cathodiques par des champs électriques et magnétiques, posa les fondements de l'optique électronique. On connaît les belles réalisations de cette dernière, les lentilles électrostatiques et magnétiques, le microscope électronique, celui de Knoll et Ruska, par exemple, qui grossit 10 000 fois et permet de prendre un cliché en 1/400 de seconde (1).

M. Lallemand se proposait donc de transformer l'image optique d'un astre en une image électronique, projetée sur un écran fluorescent ou sur une plaque photographique. Des électrons, il accroît l'énergie en leur faisant traverser un champ électrique puissant, et le nombre en les faisant rebondir éventuellement sur les divers étages d'un multiplicateur d'électrons.

Quel gain de sensibilité peut-on espérer ? se demanda-t-il avant d'entreprendre ses recherches. La théorie indique qu'un électron possède, sous une différence de potentiel de 2 V, la même énergie qu'un photon, mais la pratique enseigne que la couche photoélectrique ne rend guère que 2 électrons chaque fois qu'elle encaisse 100 photons. Il est vrai que ce mauvais rendement a été amélioré par Fleischer, qui a pu le porter à 26 %. En résumé, d'après les travaux les plus récents, pour obtenir un noircissement égal de la plaque photographique par la

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 217, page 79.

lumière directe et par l'intervention photoélectrique, il faut, dans le premier cas, 2×10^9 , photons incidents, et, dans le second cas 2×10^7 seulement ; cela signifie une amplification de 100 fois.

Le schéma 3 montre le télescope électronique de M. Lallemand, en cours d'étude à l'Observatoire de Strasbourg. Un tube à vide renferme une cathode photoélectrique de 8 cm de diamètre, sur laquelle est projetée l'image de l'astre. La couche sensible est formée par du potassium déposé sur un support oxydé, et les électrons qui en jaillissent sont accélérés par une tension que l'inventeur a pu porter à 48 000 V. Le tube contient, à 35 cm de la cathode, un écran fluorescent au sulfure de zinc. C'est sur cet écran que doivent être concentrés les électrons pour y dessiner l'image agrandie. Cet effet est dû à une lentille magnétique ; il suffit d'agir sur le courant pour faire la mise au point. L'écran peut évidemment être remplacé par une plaque photographique. Un mécanisme permet alors d'échanger les plaques dans le vide.

Voici (fig. 5) une photographie réalisée par M. Lallemand : celle d'une étoile double

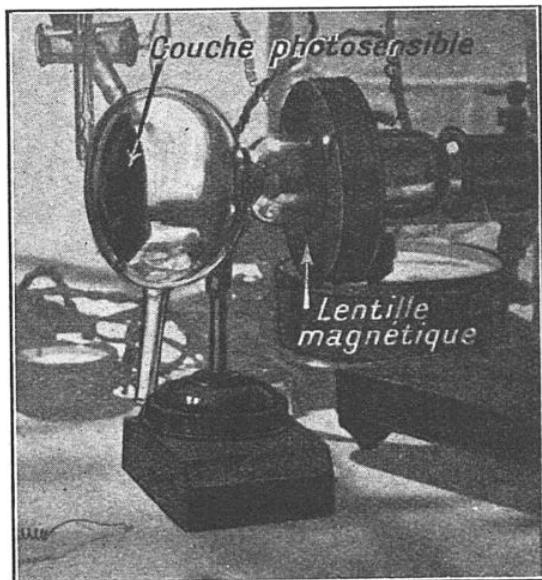


FIG. 4. — PHOTOGRAPHIE DU TÉLESCOPE ÉLECTRONIQUE LALLEMAND

La couche photosensible apparaît comme une surface noire au fond du tube à vide. Autour du tube, on distingue la lentille magnétique.

artificielle, obtenue sous une tension de 42 000 V et avec une pose de 15 secondes.

C'est à surmonter les dernières difficultés pratiques que l'on travaille présentement. Le but en vaut la peine : « N'oublions pas, dit M. Lallemand, qu'avec une amplification de 100 et l'objectif de 50 cm de diamètre dont on dispose à l'Observatoire de Strasbourg, on a l'équivalent en clarté d'un objectif de 5 m de diamètre... juste le diamètre du grand objectif du mont Palomar. » Si l'on peut monter jusqu'à une amplification de 1 000, « cela revient, ajoute M. Ernest Esclangon, à multiplier par 30 l'ouverture d'une lunette ou d'un télescope astronomique » ; le même objectif de 50 cm équivaudrait ainsi à un objectif de 15 m ! Il est fort probable que l'on arrivera prochainement à cette amplification de 1 000 ; le proche avènement d'un miroir de 15 m est infiniment plus douteux, même s'il s'agit d'un miroir horizontal de mercure placé dans la cuve tournante de Mac Afee !

Il ressort enfin des expériences de M. Lallemand que les images obtenues avec les appareils électroniques peuvent rivaliser en finesse et en précision avec celles de l'optique ordinaire.

Télescope géant ou télescope électronique ?

Ainsi, grâce à M. Henroteau et à M. Lallemand, le problème de la lumière en astronomie semble résolu. Cela n'enchantera pas les amateurs de pittoresque, pour qui les coupoles écrasantes abritant des instruments démesurés conservent encore leur prestige. Certes, nul plus que nous n'admirer le génie des opticiens et des ingénieurs qui mettent debout, au mont Palomar, un chef-d'œuvre de technique. Cependant un appareil de cette taille réclame, pour pouvoir déployer toute sa puissance, des conditions atmosphériques exceptionnelles qui, même sous le firmament californien, ne se rencontrent pas tous les jours — ni même tous les mois. Que l'on se rende compte à quel point sont rares les moments de parfaite limpidité aérienne : le spécialiste français de la planète Mars, M. Antoniadi, n'eut, pendant vingt années d'observation, qu'une seule image

excellente de la planète, cela en 1909, pendant deux heures, à la lunette de 83 cm de Meudon. En combien d'occasions pourra-t-on armer de son plus fort grossissement le géant du mont Palomar ?

Cependant remarquons bien que, si le télescope électronique augmente la rapidité avec laquelle on pourra photographier les objets célestes très faibles, il n'augmentera pas le pouvoir séparateur. Pour avoir plus de détails, par exemple dans l'observation des planètes, il faudra toujours des objectifs de grand diamètre. D'autre part, comme il faudra un temps beaucoup plus court pour photographier une planète (par exemple une fraction de seconde au lieu de deux ou trois minutes, ainsi qu'on le fait à l'Observatoire Lowell pour la planète Mars), on pourra obtenir des images beaucoup plus nettes, qui, notamment, ne seront pas brouillées par les variations de la réfraction atmosphérique.

Et quels résultats n'obtiendra-t-on pas en adaptant un spectrographe électronique à un télescope géant ? On pourra faire des observations à pleine ouverture pendant un

grand nombre de nuits médiocres, nuits pendant lesquelles on est aujourd'hui obligé de diaphragmer considérablement. On aura alors des spectres d'étoiles extrêmement faibles, que l'on n'a encore jamais réussi à obtenir, par exemple ceux des étoiles individuelles des amas globulaires.

Les petits instruments, pourtant, ne demeureront pas en reste. On sait, en effet, que, pour un même spectrographe, le temps de pose est inversement proportionnel au diamètre de l'objectif. Ainsi un télescope de 10 cm d'ouverture seulement donnera un spectrogramme identique à celui dû à un télescope de 1 m, si l'amplificateur du spectrographe électronique a un étage de plus !

La solution élue par MM. Henroteau et Lallemand est assurément moins imposante que celle qu'ont choisie les astronomes d'outre-Atlantique, mais combien elle est plus élégante ! C'est là, d'ailleurs, un privilège de la vieille Europe que la jeune Amérique ne lui envie point.

PIERRE ROUSSEAU.

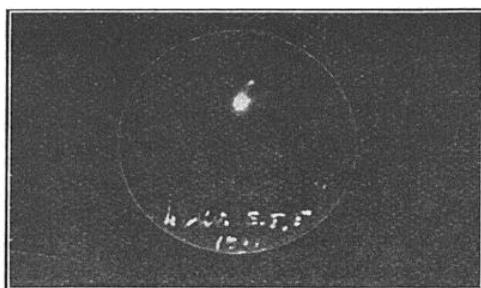


FIG. 5. — PHOTOGRAPHIE ÉLECTRONIQUE D'UNE ÉTOILE DOUBLE ARTIFICIELLE PAR M. LALLEMAND

Tension : 42 000 volts ; pose : 15 secondes.

VOICI LE RADIORÉCEPTEUR DE 1939 : MUSICALITÉ, AUTOMATISME

Par C. VINOGRADOW
INGÉNIEUR RADIO E. S. E.

Le radiorécepteur moderne possède déjà, grâce aux progrès des lampes à électrodes multiples en particulier, la sensibilité, la puissance et la sélectivité nécessaires pour l'écoute des stations même très lointaines. Aussi les efforts des constructeurs sont-ils maintenant orientés vers la recherche du maximum de fidélité dans la reproduction, notamment celle de la musique. C'est la musique, en effet, qui couvre la plus large bande de fréquences, depuis les notes graves de la contre-basse jusqu'aux harmoniques les plus élevés des notes aiguës du violon. Si la sélectivité variable s'impose pour obtenir des auditions non brouillées par les stations voisines sur la gamme des longueurs d'ondes, tout en recevant le plus grand nombre possible de fréquences, le réglage de l'amplification distincte des notes graves et aiguës est non moins nécessaire. C'est ainsi que, sur les postes de luxe, on a adopté la solution des haut-parleurs multiples (deux ou même trois), tandis que sur les appareils de prix moyen on a réussi à combiner le réglage de la sélectivité avec celui de la tonalité. Enfin, grâce à l'« expansion de contrastes », qui rétablit à la réception un rapport correct entre les forte et les piano « comprimés » à l'émission, la musique peut, aujourd'hui, être reproduite avec tout son relief. L'accord rigoureux du radiorécepteur sur l'onde porteuse de la station écoutée constitue un facteur de musicalité non moins important. Dans ce domaine également les progrès sont considérables. En dehors des indicateurs visuels d'accord, plus sensibles que l'oreille des profanes, il faut enregistrer la création tout d'abord de dispositifs assurant automatiquement la précision de l'accord lorsque le réglage a été ébauché à la main. D'autre part, suivant l'exemple américain, on réalise aujourd'hui divers systèmes de recherche automatique des stations qui permettent de régler, même à distance, un radiorécepteur sur un certain nombre d'émissions repérées à l'avance. Ainsi, semble-t-on aujourd'hui parvenu au terme de l'évolution dans la commande des récepteurs, qui, passant du réglage unique à l'automatisme, s'est constamment orientée vers une simplification des manœuvres à exécuter pour obtenir, sans tâtonnements, des auditions toujours plus parfaites.

Le haut-parleur et la fidélité de reproduction

LORSQUE nous écoutons une station de radiodiffusion, les sons qui, en définitive, frappent notre oreille sont produits par le haut-parleur. Examinons donc tout d'abord cet organe avant d'étudier la fidélité du récepteur proprement dit. Les haut-parleurs « moyens » reproduisent d'une façon à peu près régulière la bande des fréquences comprise entre 200 et 3 500 cycles. Ceci est évidemment insuffisant, puisque les contrebasses émettent des sons de 100 oscillations par seconde seulement et que les harmoniques d'un violon peuvent atteindre 20 000 oscillations par seconde. Grâce à une étude très serrée de la membrane mobile, des ressorts de suspension et de l'entrefer, on a réussi à élargir considérablement la gamme des sons que peut produire un haut-parleur. Les meilleurs appareils reproduisent aujourd'hui une bande de fréquences s'étalant

entre 50 et 10 000 cycles. Du point de vue de la présentation, il faut signaler le remplacement du « baffle » (bouclier inesthétique et encombrant au centre duquel doit être placé le haut-parleur pour le rayonnement des sons graves), soit par des dispositifs à résonance (tubes traversant les parois et ramenant en avant les sons émis par la surface arrière du haut-parleur), soit par des systèmes « en labyrinthe » constitués (fig. 1), par exemple, par une boîte munie de cloisons.

Il faut étendre la gamme des fréquences pour améliorer la musicalité

Mais le meilleur haut-parleur ne peut transformer en sons que les fréquences qu'il reçoit. La technique de la radio a dû s'occuper, par conséquent, de la reproduction des fréquences par le récepteur même.

La bande des fréquences que peut donner un superhétérodyne « moyen » s'étend de 200 à 4 500 cycles environ. Pour rendre

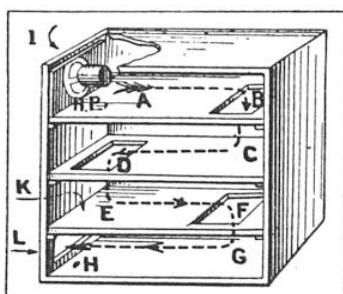


FIG. 1. — HAUT-PARLEUR MUNI D'UN LABYRINTHE ACOUSTIQUE RENFORÇANT LES NOTES GRAVES

A, B, C, D, E, F, G, H, *chemin suivi par les sons dans le labyrinthe*; I, *ouverture du haut-parleur*; L, *sortie du labyrinthe, dont les parois internes sont recouvertes d'un feutre d'une épaisseur minimum de 8 mm.*

«large» de la sélectivité variable.

Pour descendre vers le bas (notes graves), on a recours à la contre-réaction (1) dans les appareils ayant un haut-parleur unique, et à un circuit renforçateur des notes basses dans les appareils à plusieurs haut-parleurs.

Une question préliminaire se pose ici. Les postes d'émission transmettent-ils des bandes de fréquences aussi larges et le perfectionnement que nous recherchons sur le récepteur est-il justifié? Théoriquement, chaque émetteur dispose, on le sait, d'un «canal» de 9 kilocycles. On sait aussi que chaque poste transmet, outre sa fréquence nominale, dite «porteuse», deux bandes latérales (fig. 2) dont la fréquence la plus écartée est donnée par les notes les plus aiguës transmises par l'émetteur. Théoriquement donc, les postes de «broadcasting» ne doivent pas transmettre les fréquences supérieures à 4 500 cycles, ce qui, nous l'avons vu, est absolument insuffisant pour une reproduction convenable de la musique.

En réalité, les stations d'émission désirant transmettre une musique de bonne qualité ne se bornent pas à la bande attribuée et occupent chacune une bande de 14 à 15 kc au moins. L'emploi dans les récepteurs de larges bandes passantes répond donc bien à une réalité.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 240, page 435.

fidèle la reproduction, il fallait donc élargir tout d'abord cette bande.

Pour l'élargir vers le haut (au-dessus de 4 500 cycles), il fallait augmenter la bande passante des transformateurs moyenne fréquence. On atteint aujourd'hui jusqu'à 7 000 cycles dans la position

Mais il est évident que l'emploi à la réception des bandes passantes de 15 kc n'est possible qu'à la condition de pouvoir, le cas échéant, réduire ces bandes à une valeur beaucoup plus étroite. Autrement dit, le récepteur à large bande doit être un récepteur à sélectivité variable.

Supposons, en effet, que nous voulions recevoir une puissante station qui, aussi bien que ses stations voisines, ne transmette que dans un «canal» de 9 kc. Dans ce cas (B, fig. 3), la sélectivité normale de 9 kc suffit pour recevoir les stations sans brouillage. Supposons maintenant que nous recevions une station entourée par des stations voisines, occupant chacune un canal plus grand que le «canal» officiel de 9 kc. Dans ce cas, il faudra évidemment réduire la marge de sélectivité (E, fig. 3). Par contre, si nous nous trouvons en présence d'une station locale ayant une large bande des fréquences et entourée par des stations faibles ou lointaines, nous pouvons (I, fig. 3) utiliser la bande de sélectivité la plus large.

La fidélité de la reproduction dépend aussi du réglage des intensités des notes graves et aiguës

Ce n'est pas tout. La reproduction d'une bande des fréquences aussi large ne suffit pas en elle-même pour assurer une reproduction «naturelle». Il faut encore pouvoir régler le rapport de la puissance des notes aiguës et des notes graves, doser l'admission des fréquences aiguës par rapport à l'admission des notes graves, etc. A l'heure actuelle, nous sommes, dans ces domaines, encore très loin de la standardisation et le nombre des solutions préconisées est considérable. Voici quelques-uns des dispositifs imaginés.

Réglages conjugués. — Considérons, par

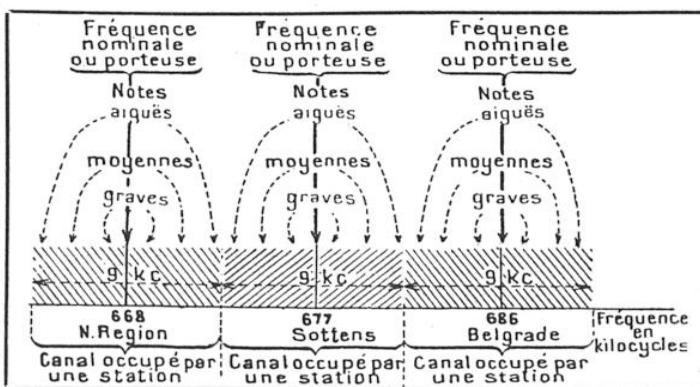


FIG. 2. — RÉPARTITION THÉORIQUE DES FRÉQUENCES PORTEUSES RÉSERVÉES A TROIS STATIONS DE RADIODIFFUSION AVEC LEURS BANDES LATÉRALES

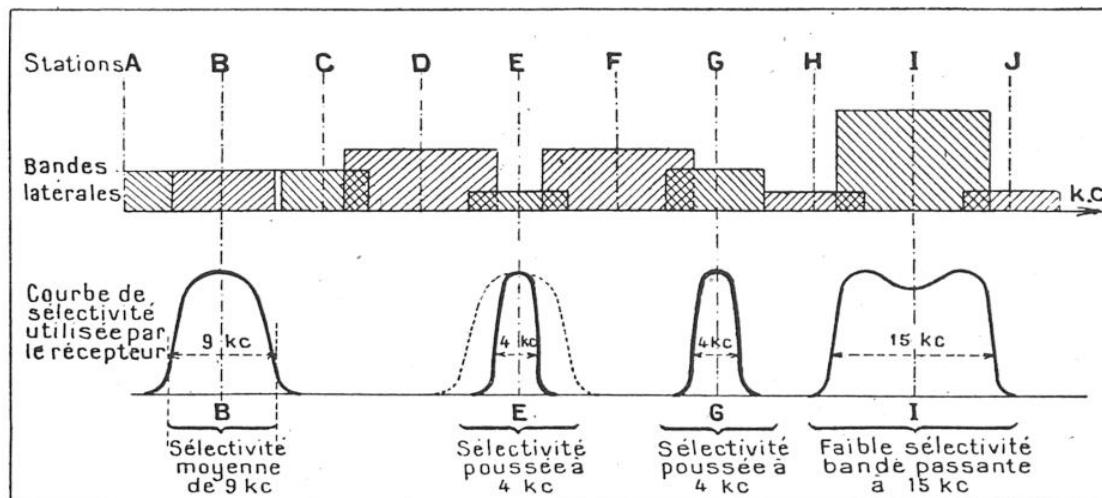


FIG. 3. — VARIATIONS DE LA SÉLECTIVITÉ NÉCESSAIRE À LA RÉCEPTION SUIVANT LA LARGEUR DE LA BANDE OCCUPÉE PAR UNE STATION

exemple, la reproduction d'un disque. Il ne suffit pas, pour l'émetteur, de traduire exactement toutes les fréquences enregistrées. En effet, la technique de l'enregistrement des disques ne permet pas de donner aux notes basses leur maximum d'amplitude (1). Une correction s'impose donc. De même, lors des émissions parlées, un renforcement *voulu* des notes aiguës et les harmoniques des notes graves augmentent considérablement la compréhensibilité et le « naturel » de la parole.

Dans ce but, on a adopté sur certains récepteurs le réglage séparé des notes graves, moyennes et aiguës. Dans certains montages même, on utilise des lampes amplificaterices basse fréquence distinctes pour chacun des registres (fig. 4); d'autres ont recours à des réseaux plus ou moins compliqués. Les uns utilisent deux ou même trois haut-parleurs desservant chacun un registre séparé; les autres se contentent d'un seul, établi de façon à pouvoir transmettre aussi bien les notes graves que les notes aiguës. Quoi qu'il en soit, il faut, pour conserver la fidélité apparente, doser les notes aiguës et basses d'une façon symétrique. Certains récepteurs utilisent, dans ce but, un ré-

glage constitué par un dispositif qui, automatiquement, renforce l'intensité des notes graves au fur et à mesure que s'élargit la bande passante. De plus, un déséquilibre apparent entre les notes graves et les notes aiguës est introduit également par le réglage de la sélectivité variable. Chaque usager d'un poste récepteur sait qu'en tournant le contrôle de volume, on diminue plus rapidement la reproduction des notes graves que des notes aiguës. Le contrôle de volume joue ici le rôle de contrôle de tonalité qui n'est pas le sien. Ceci provient, d'une part, de ce que nos oreilles sont moins sensibles aux notes graves et, d'autre part, des défauts de nos haut-parleurs qui reproduisent presque toujours moins bien les notes basses que les notes hautes. L'emploi d'un compensateur s'avère donc nécessaire; ce dernier est adopté par un certain nombre de constructeurs. Il est constitué normalement par un dispositif commandé par le bouton de contrôle de volume et qui renforce les notes graves au fur et à mesure que la puissance totale de la reproduction devient plus faible.

Le renforcement séparé ou conjugué des notes basses n'est possible que dans les postes possédant des circuits spéciaux, ce

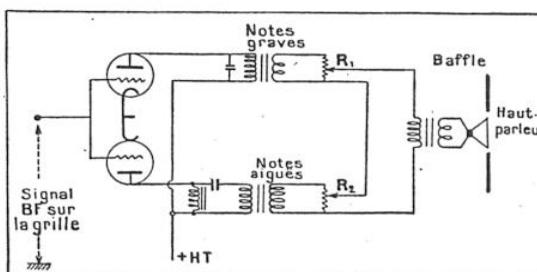


FIG. 4. — SCHÉMA DE MONTAGE POUR LE RÉGLAGE SÉPARÉ DES NOTES GRAVES ET AIGUËS

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 254, page 101.

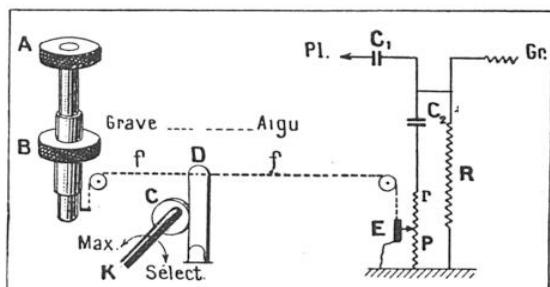


FIG. 5. — RÉGLAGE CONJUGUÉ DE LA SÉLECTIVITÉ ET DE LA TONALITÉ

En manœuvrant l'axe K, qui entraîne l'excentrique C, le levier D s'incline et, par le fil f, rapproche ou écarte les bobines A et B. Lorsqu'elles se rapprochent, la sélectivité diminue et, en même temps, la variation de la résistance du potentiomètre P rend moins efficace le « contrôle de volume ».

qui n'est pas le cas de la plupart des postes actuels. Dans le plus grand nombre des postes « moyens », il existe deux réglages agissant sur la tonalité. Le premier est le réglage de la sélectivité, laissant passage libre aux notes de plus en plus aiguës. Le second est le « régulateur » de tonalité, affaiblissant les mêmes notes aiguës sans d'ailleurs renforcer les notes graves. Il est de toute évidence que les deux appareils, ayant sensiblement la même fonction, doivent être réglés dans le même sens. En d'autres termes, il ne faut pas que le régulateur de tonalité « estompe » les notes aiguës au moment où le régulateur de la sélectivité variable les « laisse rentrer ». Afin d'éviter la possibilité d'un réglage à contre-sens, dans un grand nombre de postes actuels, les deux « contrôles » sont normalement conjugués et ne sont commandés que par un bouton unique : celui de sélectivité variable (fig. 5).

Expansion (1). — On reproche souvent, et avec juste raison, à la musique reproduite par le haut-parleur une trop grande « platitude », c'est-à-dire un manque de contrastes entre les « forte » et les « piano ». Cette uniformité est due à des causes différentes, suivant qu'il s'agit de la reproduction d'un orchestre ou d'un disque de phonographe.

Dans le premier cas, la « compression » de la musique reproduite s'explique de la façon suivante. La portée d'une station étant — toutes choses égales d'ailleurs — proportionnelle à la profondeur de la modulation, on cherche évidemment à porter cette profondeur au voisinage de 100 %, afin d'obtenir le maximum de rendement.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 253, page 77.

Mais on est limité dans ce sens par le souci d'éviter toute *surmodulation* lors des « forte ». Aussi prend-on habituellement une profondeur de modulation voisine de 75 % ou 80 % pour un débit moyen de l'orchestre, ce qui assure une profondeur de modulation de 95 % ou 100 % déjà pour les « forte » moyens de l'orchestre. La marge de 75 % à 100 % n'est pas suffisante pour permettre la reproduction des « *fortissimi* ». Par conséquent, en théorie, les « *fortissimi* » de l'orchestre devraient produire une surmodulation. Ne pouvant pas admettre une surmodulation qui se traduit par une distorsion, la station d'émission a le choix entre deux solutions : soit admettre une profondeur de modulation beaucoup plus faible pour la puissance moyenne de l'orchestre ; soit freiner l'accroissement de la profondeur de modulation pour les sons très forts. Dans le premier cas, la reproduction serait parfaite, mais le rendement de l'émetteur et sa portée moyenne diminuent. Dans le deuxième cas, seule la qualité de la reproduction, sa valeur artistique seraient quelque peu sacrifiées. C'est la dernière solution qui est normalement

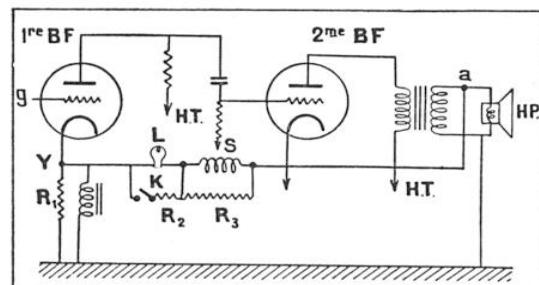


FIG. 6. — SCHÉMA D'UN EXPANSEUR DE CONTRASTES, BASÉ SUR LES VARIATIONS DE RÉSISTANCE D'UNE LAMPE A INCANDESCENCE L A FROID ET A CHAUD

Ce schéma suppose un poste utilisant la contre-réaction. Celle-ci agit sur la résistance R_1 . Elle est fournie par le courant provenant du secondaire du transformateur du haut-parleur et suivant le circuit a, S, R_2 , R_1 . Si on ouvre l'interrupteur K le courant traverse l'ampoule L avant de passer par R_1 . Lorsque les signaux reçus sont de grande intensité, le courant de contre-réaction croît et l'amplification diminue. Mais la lampe L s'allume, sa résistance augmente et, de ce fait, la chute de tension dans R_1 est faible. La contre-réaction reste donc faible et les signaux sont plus fortement amplifiés. Le contraire se produit pour les signaux faibles. La lampe L reste froide et toute la chute de tension se produit dans R_1 , d'où une forte contre-réaction et une amplification plus faible des passages « piano », ce qui restitue à la musique ses contrastes.

adoptée. Le réglage se fait, soit à la main, soit, le plus souvent, automatiquement et a pour but de « comprimer » les « forte » et les « fortissimi », à partir de 75 % ou 80 % de profondeur de modulation, de façon à ne jamais admettre la surmodulation.

De même, lors des « pianissimi » très prononcés et très longs, l'ingénieur contrôlant l'émission augmente souvent un peu la profondeur moyenne de la modulation, quitte à la diminuer peu après lors du retour de l'orchestre à une puissance normale. La musique est donc, en quelque sorte, comprimée à l'émission. Rien d'étonnant qu'elle le soit à la réception. Pour la reproduction des disques, cette « compression » est effectuée non par la station d'émission, mais par le disque même. En effet, lors de l'enregistrement, on admet une profondeur moyenne d'enregistrement aussi grande que possible et, pour cette raison même, on ne peut pas inscrire à leur juste valeur les amplitudes trop fortes, sous peine de voir le style enregistreur passer d'un sillon au sillon voisin. Ce freinage d'amplitude est

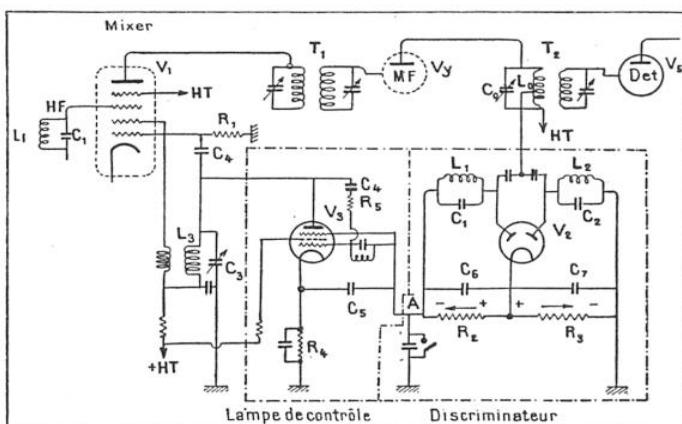


FIG. 8. — SCHÉMA DE MONTAGE D'UN DISPOSITIF POUR PARFAIRE AUTOMATIQUEMENT L'ACCORD

particulièrement poussé lors de l'enregistrement des notes basses.

Pour corriger cette « compression » de la musique, pour lui rendre son relief naturel, les meilleurs postes récepteurs actuels utilisent le montage dit « expandeur », ayant pour but d'accentuer la différence entre le « forte » et le « piano ». On conçoit aisément que ce but peut être atteint de deux manières différentes : soit en augmentant les sons forts, soit en diminuant les sons faibles.

La Science et la Vie a déjà expliqué le fonctionnement d'un expandeur de contrastes dans les « A côté de la Science » du n° 249, fonctionnement fondé sur la contre-réaction, qui tout en uniformisant le rendement d'amplification pour les diverses fréquences, diminue l'amplification totale de ce dernier. Si on augmente la contre-réaction, on diminue l'amplification, et vice versa. Nous rappelons, figure 6, le schéma de ce dispositif.

Indicateurs d'accord

Parmi les causes de reproduction inégale des diverses fréquences acoustiques, l'accord inexact du récepteur est l'une des principales. Supposons, en effet, que nous voulions recevoir une émission dont la fréquence nominale soit de 1 040 kc (Rennes-P. T. T.) et s'étalant sur une bande régulière de 4,5 kc. Supposons également que notre récepteur possède une courbe de résonance ayant la forme abc (I fig. 7). Si nous accordons notre récepteur exactement sur la fréquence porteuse, nous reproduisons d'une façon symétrique les deux bandes latérales, et il n'y a pas de déformation. Si, au contraire, notre récepteur est mal accordé et si le sommet de la courbe de résonance correspond à une fréquence

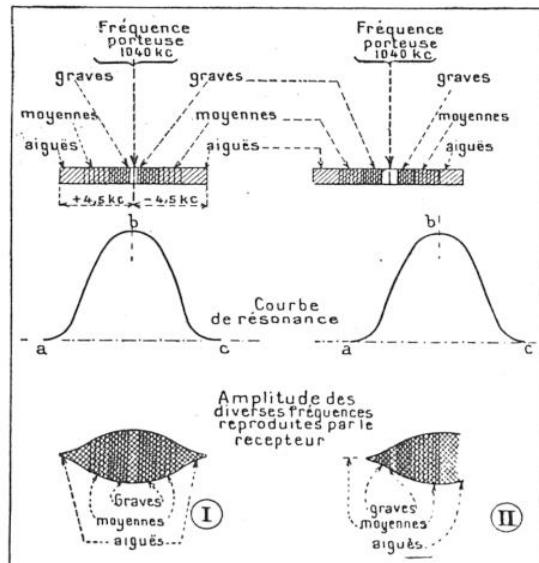


FIG. 7. — INFLUENCE DE L'EXACTITUDE DE L'ACCORD SUR LA FIDÉLITÉ DE REPRODUCTION

En I, accord exact, les deux bandes latérales de l'émission sont symétriquement reproduites. En II, accord imparfait, la bande de droite et surtout ses notes aiguës sont le plus fortement amplifiées.

assez élevée (II, fig. 7), les notes aiguës seront seules fortement amplifiées. De plus, la réception sera déformée par la reproduction dissymétrique d'une seule bande latérale.

Pour rendre plus aisé le réglage exact, bien difficile pour un opérateur ayant peu d'oreille, les postes actuels sont presque toujours munis d'indicateurs visuels d'accord, soit sous la forme de l'œil cathodique, soit sous la forme de tube au néon, ou de dispositif genre « Colorama » (1).

Parmi les nouveaux dispositifs de ce genre, il y a lieu de noter le « frein magnétique ». Un électroaimant se trouve placé dans le voisinage d'un volant magnétique solidaire du bouton de réglage de l'accord. Normalement, l'électro n'est pas aimanté, mais il le devient dès qu'une onde porteuse agit sur le dispositif antifading du récepteur. A ce moment, l'électro s'excite et tend à arrêter le volant magnétique se trouvant devant lui. L'opérateur doit faire un certain effort pour continuer le réglage et rechercher les stations suivantes.

Les dispositifs visuels ou analogues, tout en facilitant l'accord exact, exigent cependant, de la part de l'opérateur, une certaine attention. Voici donc, comme dernier perfectionnement, *l'accord exact automatique*.

Accord exact automatique

Ce dispositif, dont nous avons déjà parlé (2), se charge d'amener à sa valeur juste l'accord approximatif effectué par l'usager. Il est particulièrement utile pour la réception des ondes courtes, où le moindre déplacement du condensateur variable risque de faire disparaître la station

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 235, page 44.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 230, page 128.

trouvée souvent avec beaucoup de peine.

Les dispositifs d'accord exact automatique (qu'il ne faut pas confondre avec les dispositifs de recherche automatique des stations que nous examinons plus loin), ne sont possibles, à l'heure présente, qu'avec les récepteurs superhétérodynes. Ils comportent deux parties bien distinctes. La première — appelée « discriminateur » — fournit, sous l'influence du désaccord, une tension fixe proportionnelle à ce désaccord et changeant de signe, suivant que l'on se trouve au-dessus ou au-dessous de l'accord exact (fig. 8).

Ainsi, le discriminateur donne, par exemple, une tension positive si le poste est accordé trop haut et une tension négative si le poste est accordé trop bas. Le discriminateur comporte deux circuits $L_1 C_1$ et $L_2 C_2$, dont un $L_2 C_2$ est accordé plus haut que la moyenne fréquence (M. F.), et l'autre, $L_1 C_1$, plus bas que la M. F. Supposons que notre récepteur soit

c'est le circuit $L_1 C_1$ qui est parcouru par un courant d'autant plus intense que le désaccord est important. Ce courant produit un courant redressé dans la résistance R_2 , et le point A devient négatif par rapport à la masse. Par contre, si le récepteur est accordé trop haut, c'est alors le circuit $L_2 C_2$ qui est parcouru par le courant, et c'est dans la résistance R_3 que circulera le courant détecté, en rendant le point A positif par rapport à la masse.

Quand le poste est à l'accord exact, la tension fournie par le discriminateur est nulle.

La tension fournie par le discriminateur est appliquée à la grille d'une lampe dite « lampe de contrôle » (V_3 , fig. 8). Quand la grille devient positive, la résistance interne de la lampe diminue ; elle croît,

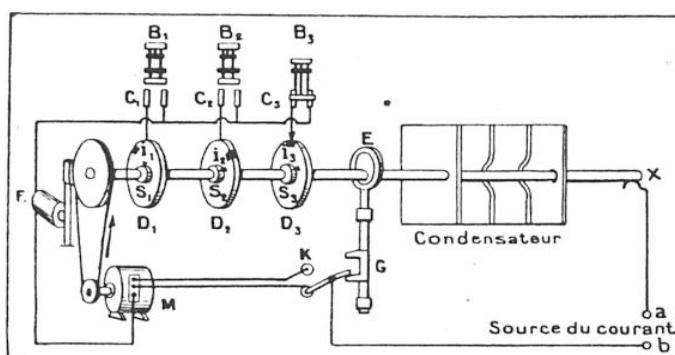


FIG. 9. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN SYSTÈME DE RECHERCHE AUTOMATIQUE DES STATIONS

D_1, D_2, D_3 , disques calés sur l'axe du condensateur dans une position convenable. Le bouton B_3 a été enfoncé pour une audition antérieure. Si on appuie sur B_2 le courant passe par X, l'axe du condensateur, le disque D_2 et le moteur M. Celui-ci tourne, entraînant les disques et le condensateur. Lorsque le plot isolant I_2 arrive sous le contact C_2 , le courant est coupé. Le condensateur est réglé sur la nouvelle audition. On peut ainsi obtenir automatiquement autant de stations qu'il y a de disques, la position de chacun étant, bien entendu, réglée à l'avance à la main.

par contre, quand la grille devient négative. L'espace plaque-filament de la « lampe de contrôle » est connecté en parallèle avec le circuit de l'hétérodyne ($L_1 C_1$, fig. 8). La variation de la résistance de la « lampe de contrôle » produit une variation de la fréquence des oscillations émises par l'hétérodyne. On s'arrange pour que cette variation ait le sens nécessaire pour combattre le désaccord l'ayant produit.

Recherche automatique des stations

La recherche des stations, du fait même de la quantité qu'un bon récepteur peut recevoir dans d'excellentes conditions, peut cependant devenir laborieuse. Afin de faciliter ce travail de recherche des stations, un nombre toujours plus grand de récepteurs utilise maintenant les dispositifs de recherche automatique. L'idée, en elle-même, est loin d'être neuve et nous en avons déjà parlé ici (1). Examinons donc simplement quelques dispositifs nouveaux remarquables, soit par leur efficacité, soit par leur simplicité.

Les dispositifs d'accord automatique peuvent être divisés en deux grandes catégories. Dans la première, l'accord exact est obtenu en placant automatiquement le

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 235, page 45.

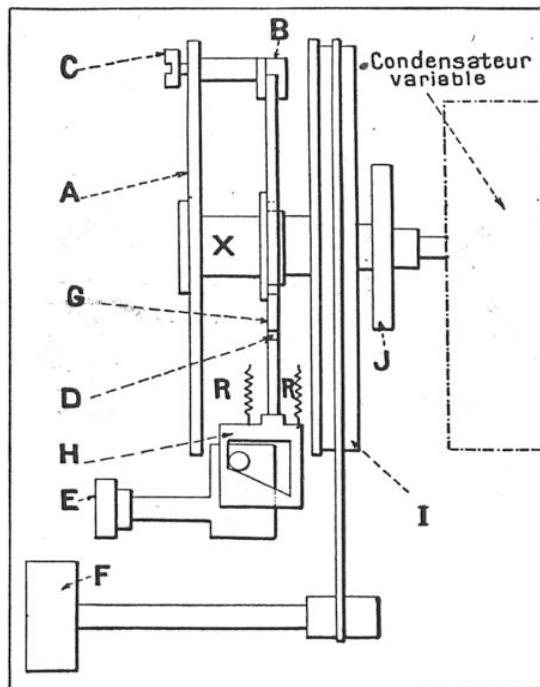


FIG. 10. — PRINCIPE MÉCANIQUE DU CLAVIER MAGIQUE AUTOMATIQUE « MELODÝ »

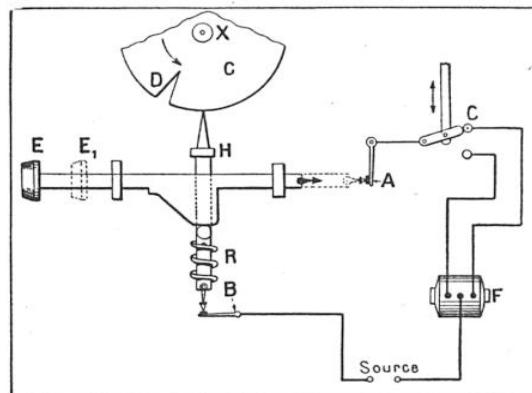


FIG. 11. — SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT
DU CLAVIER MAGIQUE AUTOMATIQUE

(ou les) condensateurs variables dans la position correspondant à l'accord cherché. Dans la deuxième, on substitue aux condensateurs variables un jeu de condensateurs ajustables accordés chacun à la valeur juste nécessaire. Dans le premier système, un condensateur variable suffit, comme dans les postes simples ; dans le deuxième, il faut autant de jeux de condensateurs ajustables que l'on désire trouver automatiquement de stations.

La figure 9 représente le schéma de principe d'un récepteur appartenant à la première catégorie. On voit qu'un petit moteur peut entraîner en même temps et le condensateur variable et un certain nombre de disques qui lui sont solidaires. Pour simplifier le dessin, nous n'avons figuré que trois disques ; mais il est évident que leur nombre n'est limité que par des considérations d'ordre mécanique. Les disques sont en métal, mais comportent sur leur pourtour un petit espace isolant. Chaque disque tourne fou sur l'axe du condensateur, mais peut être immobilisé sur cet axe dans une position quelconque.

Quand on appuie sur un des boutons, le courant passe par le contact X , l'axe du condensateur et le petit moteur qui se met en marche et tourne le disque et le condensateur qui lui est conjugué. Dès que la partie isolée du disque se trouve sous le contact, le courant est coupé et le moteur s'arrête en laissant le condensateur immobilisé dans la position de l'accord relatif à la station correspondante au bouton appuyé.

station correspondante du bouton appuyé. Si, maintenant, on appuie sur un autre bouton, le courant passe dans le moteur à travers un autre balai et un autre disque. Le moteur tourne à nouveau tant que la partie isolée du disque ne se trouve pas sous

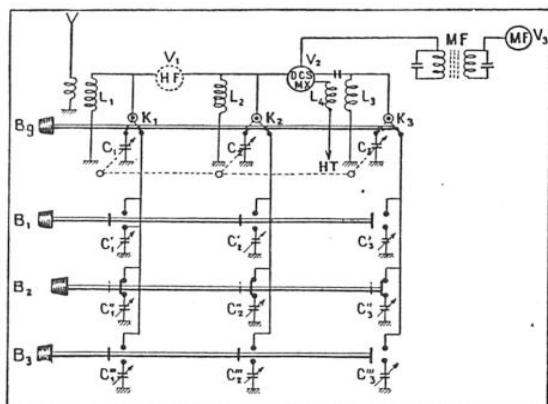


FIG. 12. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN RÉGLAGE AUTOMATIQUE PAR CONDENSATEURS AJUSTABLES SÉPARÉS

le contact. A ce moment, le condensateur variable est immobilisé dans la position correspondant à la réception d'une nouvelle station. Un dispositif d'enclenchement inverse le sens de la rotation du moteur à chaque fin de course du condensateur.

Pour être pratique, ce système doit pouvoir arrêter le moteur d'une façon très brusque et très précise. Le moindre traînage du moteur produira fatalément un accord imparfait. Aussi ces dispositifs sont-ils d'ordinaire munis d'un frein arrêtant le moteur dès que le courant est rompu. En outre, les dispositifs de recherche automatique des stations sont de plus en plus doublés par un dispositif d'accord exact « automatique » ou A. F. C. (*Automatic Frequency Control*). Dans ce cas, si un léger désaccord survient par suite de l'inertie du moteur ou d'une légère irrégularité des réglages, il est immédiatement rattrapé par ce dispositif.

Voici maintenant un autre dispositif de recherche automatique appartenant à la même catégorie que le dispositif précédent, mais remarquable par l'arrêt exact du moteur et des condensateurs, et par la simplicité de sa conception mécanique.

La figure 10 représente le schéma de principe de l'appareil, et la figure 11 son schéma électrique.

Sur l'axe *X* du condensateur variable se trouvent un certain nombre de disques tournant librement sur cet axe. Pour la simplicité du dessin, la figure 10 ne comporte qu'un disque. Un plateau *A*, solidaire de l'axe du condensateur, possède un certain nombre de serre-joints *B* commandés par les vis *C*. Chaque serre-joint correspond à

un disque. En serrant la vis correspondante, on peut rendre chacun des disques solidaire de l'axe du condensateur.

Chaque disque possède une encoche radiale D , et de plus, devant chaque disque, se trouve un couteau glissant dans un sens également radial. Chaque couteau est attiré vers l'axe du condensateur par des ressorts de rappel R , mais se trouve normalement retenu par le poussoir E qui lui correspond. Si on appuie sur le bouton-poussoir, on libère le couteau qui pénètre dans l'encoche de son disque dès que cette dernière se présente devant lui lors de la rotation du condensateur.

Le condensateur et tout le système sont entraînés par un petit moteur électrique. Le sens de la rotation du petit moteur change chaque fois que le condensateur se trouve à fond de course, c'est-à-dire quand il se trouve complètement engagé ou complètement sorti.

Dès qu'on appuie sur un des boutons-poussoirs, on envoie le courant dans le moteur à l'aide du commutateur *A* (voir figure 11). Le sens de la rotation est commandé par le commutateur *C*, dont la position change à chaque fin de course. Quand le couteau s'enclenche dans l'encoche radiale, il coupe le courant du moteur à l'aide du commutateur *B*, et, ensuite, immobilise instantanément le condensateur.

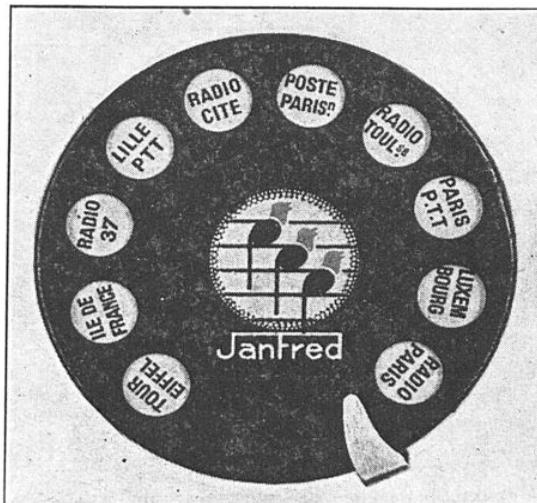


FIG. 13. — CE CADRAN DE RÉGLAGE AUTOMATIQUE SE MANOEUVRE COMME CELUI DU TÉLÉPHONE AUTOMATIQUE

La station désirée, parmi les huit que comporte le cadran, est obtenue en amenant la fenêtre correspondante devant le doigt d'arrêt.

La précision du réglage est très grande, car l'arrêt est obtenu mécaniquement et le jeu est éliminé par la forme conique de l'encoche.

L'usager peut régler lui-même chacun des sept boutons du dispositif. Il suffit d'enfoncer le bouton correspondant à la station et d'engager le couteau dans l'encoche du disque. Ensuite on libère le disque en dévissant la vis de blocage correspondante. Ayant libéré le disque, il suffit de régler le poste exactement sur la station qu'on désire commander par le bouton enfoncé. Ayant réglé la réception, il n'y a qu'à rebloquer la vis.

Voici maintenant un système de réglage appartenant à la deuxième catégorie, c'est-à-dire substituant des jeux de condensateurs ajustables au condensateur variable unique (fig. 12).

Le récepteur possède trois circuits accordés, le circuit d'antenne $L_1 C_1$, le circuit de haute fréquence $L_2 C_2$, et le circuit oscillant de l'hétérodyne $L_3 C_3$. Normalement, lors du réglage manuel, ces trois circuits sont accordés simultanément à l'aide d'un condensateur variable triple.

En enfonçant le bouton B_g , on substitue aux trois condensateurs variables une série des jeux des trois condensateurs ajustables. On choisit le jeu désiré à l'aide d'un des boutons B_1, B_2, B_3 , etc. Ayant enfoncé le bouton désiré (B_2 , fig. 12), on règle les condensateurs C_1, C_2, C_3 de façon à recevoir au mieux la station qu'on désire faire correspondre à ce bouton. Il y a lieu de noter ici que le réglage automatique par substitution, outre la simplicité de recherche des stations, permet un accord absolument parfait des trois circuits. Ceci n'est pas toujours possible avec le condensateur variable triple, où il persiste très souvent un

certain désalignement entre les trois circuits accordés.

Parmi les divers dispositifs de réglage automatique basés sur le même principe de substitution, il y a lieu de mentionner un autre appareil permettant de transformer instantanément n'importe quel poste récepteur en un appareil automatique réglable à distance. Le dispositif de réglage se présente sous la forme d'un petit coffret portant sur sa face supérieure douze boutons de commande, ainsi qu'un régulateur de volume. C'est, en somme, un petit récepteur superhétérodyne convertissant les ondes

incidentes, principalement les ondes courtes (mais aussi bien les ondes longues si cela est nécessaire), en une onde pouvant être reçue par un récepteur normal. L'accord des circuits de ce changeur de fréquence se fait par des jeux de condensateurs ajustables. Chaque jeu peut être mis en service par le bouton correspondant.

Le signal venant de l'antenne est envoyé dans l'appareil qui le convertit et le dirige vers le récepteur accordé au préalable sur l'onde de conversion du dispositif (fig. 14).

Ainsi, l'automatisme du réglage, qui a fait son apparition il y a un an environ sur les appareils de grand luxe, a conquis, petit à petit, la popularité qu'il mérite. Son application ne peut que se généraliser.

D'une fidélité sans cesse accrue, avec la recherche automatique des stations et l'accord automatique exact, le radio-récepteur a franchi un nouveau pas vers la perfection et la simplicité de manœuvre qui permet d'obtenir aujourd'hui, avec un récepteur « de série », les mêmes résultats qu'il y a à peine un an pouvaient donner seuls les récepteurs de haut luxe.

C. N. VINOGRADOW.

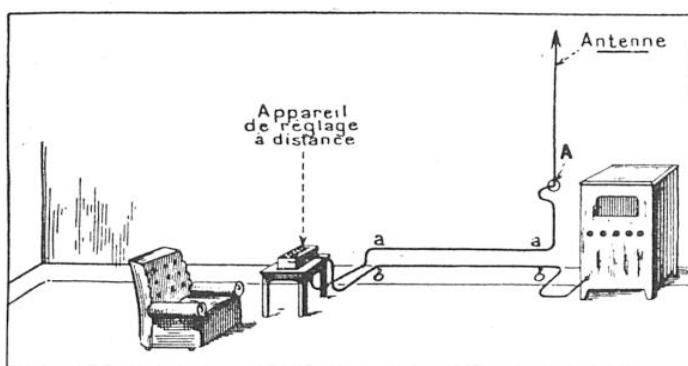


FIG. 14. — COMMENT ON PEUT RENDRE RÉGLABLE AUTOMATIQUEMENT ET À DISTANCE UN RÉCEPTEUR QUELCONQUE

L'appareil placé sur la table est un changeur de fréquence qui transforme les ondes correspondant à l'une quelconque de douze stations en une onde de fréquence unique sur laquelle le récepteur a été accordé au préalable. Il suffit pour cela d'enfoncer l'un des douze boutons situés sur le coffret (Téléfix).

◆◆◆



PRENONS L'ÉCOUTE

L'ANGLETERRE ACHÈTE DES AVIONS AUX ÉTATS-UNIS

Le gouvernement anglais a pris, il y a quelques semaines, la décision de commander à l'industrie américaine 200 avions de reconnaissance et de bombardement dérivés du *Lockheed 14* et 200 biplaces d'entraînement et de perfectionnement *North-America AV. BT-9B*. Les conditions du marché seraient les suivantes : prix par appareil, 85 000 livres sterling pour les *Lockheed*; 50 000 livres pour les *North-America BT-9B*. Ces derniers seraient équipés de moteurs *Wright Whirlwind* de 400 ch. Quant aux *Lockheed*, aucune décision ne semble avoir encore été prise. Il est possible que le gouvernement britannique monte sur ces cellules américaines des moteurs anglais. Un gros effort est actuellement fait en Grande-Bretagne pour augmenter la production des moteurs. La dernière mesure en date est l'agrandissement des usines Rolls, de Derby, qui vont s'étendre dorénavant sur tout le terrain disponible autour d'elles, et la construction à Crewe d'une usine « *Shadow* » qui, au contraire des usines « *ombres* » similaires, va fabriquer des moteurs entiers. Les 400 appareils commandés par le Ministère de l'Air britannique aux Etats-Unis doivent être livrés dans un délai de douze mois. Les livraisons doivent commencer immédiatement.

Ce marché a soulevé en Grande-Bretagne bien des controverses. Certains croyaient que le gouvernement britannique, en commandant aux Etats-Unis des appareils d'entraînement, entendait ainsi décharger ses usines d'une fabrication courante afin que celles-ci puissent se consacrer plus exclusivement à des constructions plus délicates. Il n'en est rien. En effet, le Ministère de l'Air anglais a passé également à *Airspeed*, à *Havilland*, à *Percival*, des commandes de séries très importantes touchant la livraison rapide de bi-moteurs d'entraînement *Airspeed* et *Oxford*, appareils analogues au *North-America BT-9B*, avec, semble-t-il, un excé-
dent de vitesse en faveur d'*Airspeed* et d'*Oxford*. Il faut donc conclure, à notre avis, que cette commande correspond surtout à l'augmentation brusque des effectifs aériens en Grande-Bretagne. L'entraînement de ce nombreux personnel nécessite un accroissement également brusque des appareils d'entraînement. Afin de ne pas retarder l'exécution des marchés en cours, le Ministère de l'Air a préféré passer commande aux Etats-Unis de 200 machines d'entraînement et de 200 appa-
reils de reconnaissance et de petit bombardement.

Il faut constater néanmoins que l'industrie britannique n'a pas trouvé le moyen de satisfaire dans des délais convenables aux besoins totaux de l'aéronautique anglaise.

L'AVIATION MILITAIRE FRANÇAISE FAIT, ELLE AUSSI, APPEL A L'INDUSTRIE AMÉRICAINE

Le marché passé par le Ministère de l'Air français se présente un peu différem-
ment de celui conclu par l'Angleterre. Tout d'abord, il ne porte que sur cent avions, mais sur un matériel dont l'importance dépasse de beaucoup celui d'appa-
reils d'entraînement. Il s'agit, en effet, d'avions de chasse. Le choix du Ministère de l'Air français s'est porté sur le *Curtiss P. 36*.

Deux cent trente appareils de ce type ont été commandés par le gouvernement américain pour ses forces aériennes. L'avion est un monoplan classique, équipé d'un moteur Pratt et Whitney Twin Wasp, 14 cylindres. Il dispose d'un train rentrant, de volets de courbure dont l'envergure atteint 70 % de celle de l'aile, d'une hélice à pas variable. Le dessin de la queue a été particulièrement étudié afin que l'appareil subisse le moins de dégâts possible au cas où l'avion se poserait « sur le ventre », c'est-à-dire roues rentrées. Le Service Technique américain demeure discret sur les performances exactes du *Curtiss P. 36*. Ce qu'on peut dire, c'est qu'elles sont fort comparables à celles de nos *Morane 405* et *406*. A priori, il n'y aura donc aucun avantage pour notre armée de l'air à posséder ce matériel américain, qui ne surclasse pas le nôtre. Mais les délais de fabrication aux Etats-Unis nous permettront d'avoir, en douze mois, 100 appareils de chasse de plus. La lenteur actuelle de nos constructions confère à cette commande tout son intérêt.

Il faut noter toutefois que, dans douze mois, les Américains disposeront d'un *Curtiss* dont la valeur est bien supérieure à celle du *P. 36*. C'est le *P. 37*. Comme le *P. 36*, le *37* est un monoplan monoplace à ailes surbaissées, mais il est équipé d'un moteur *Allison*, de 1 000 ch au régime de 2 600 tours/minute, à refroidissement par éthyl-glycol.

Le *Curtiss P. 36* est doté, lui, comme nous l'avons dit plus haut, d'un Pratt et Whitney Twin Wasp. Il faut noter immédiatement que ce type de moteur donne certains mécomptes aux Etats-Unis. Les Services techniques américains ont dû interrompre les vols sur quelques lignes commerciales où des Twin Wasp étaient utilisés. D'autre part, cette formule du moteur refroidi par l'air rend plus délicate et plus difficile à résoudre la question de la visibilité, qualité primordiale pour un avion de chasse. Avec le moteur *Allison*, et aussi en reculant le poste de pilotage, la visibilité du *Curtiss P. 37* semble très améliorée par rapport à celle du *36*.

Enfin l'armement de ce dernier n'est pas comparable ni à celui du *Curtiss P. 37*, ni même à celui de notre *Morane*. Le *Curtiss P. 36* est destiné à recevoir quatre mitrailleuses Châtellerault, tandis que le *P. 37* sera équipé d'un canon axial de 37 mm pouvant tirer à une cadence de 60 coups par minute et de deux mitrailleuses d'ailes Browning T. G débitant chacune 600 coups par minute.

L'emploi d'un moteur refroidi par liquide semble avoir permis une réduction appréciable du maître-couple du fuselage (l'*Allison* est un douze cylindres en V à 60°, de 28 litres de cylindrée, dont le radiateur est logé dans le fuselage) ainsi qu'une plus grande finesse aérodynamique. Avec le *P. 37*, la vitesse maximum de l'appareil serait environ de 570 km/h, ce qui représenterait à peu près 100 kilomètres de mieux que la vitesse maximum du *P. 36*. Le plafond pratique de l'appareil serait de 10 000 mètres, l'autonomie de 1 000 kilomètres, la vitesse ascensionnelle de 21 mètres par seconde.

Comme on le voit, la livraison des 100 *Curtiss P. 36*, qui devra être terminée dans douze mois, renforcera notre aviation de chasse, mais ne nous conférera pas la primauté que certains ont évoquée à l'occasion de ce marché.

L'ESSOR DE L'INDUSTRIE AÉRONAUTIQUE AUX ÉTATS-UNIS

Les marchés passés par les Anglais et les Français à l'industrie aéronautique des U. S. A. obligent celle-ci à s'agrandir considérablement. On estime qu'au début de l'année 1938, cette industrie employait 40 000 hommes environ, ce qui est peu, mais met en lumière l'équipement supérieur en outillage de ces usines.

En 1937, l'industrie américaine a sorti 2 281 avions civils, ce qui représente 19 millions de livres sterling, et 949 avions militaires, dont la valeur peut se décomposer comme ceci : les cellules, appareillages de bord, armements, représentent 37 millions de sterling, les moteurs 5 millions. 4 095 moteurs destinés à l'aviation

commerciale ont été fabriqués en Amérique; 1 989 ont été livrés aux forces aériennes.

Si l'on veut bien se rappeler que le gouvernement américain vient de prendre la décision de commander pour lui-même 1 500 appareils de première ligne, cette formidable commande, ajoutée à celle des Français et des Anglais, va donner à l'industrie américaine un nouvel essor.

On estime généralement aux Etats-Unis que 38 000 ouvriers qualifiés vont être embauchés pour satisfaire aux besoins accrus du marché.

L'EXPLOIT D'HOWARD HUGHES MARQUE LE TRIOMPHE DU RADIOPILOTAGE AUTOMATIQUE

L'admirable tour du monde effectué par le milliardaire américain Howard Hughes en 98 heures bat de très loin ce qui avait été fait jusqu'ici. Mais Wiley Post, qui avait, lui aussi, bouclé la boucle, était seul à bord, ce qui rendait sa tâche et plus compliquée et plus exténuante. L'exploit de Post avait démontré que la résistance humaine est incroyable. La victoire de Howard Hughes est le triomphe de la science et de la minutie. L'équipement de l'appareil faisait de celui-ci un véritable laboratoire volant, ce qui n'était pas le cas, bien qu'on l'ait dit, de la machine de la malheureuse Amelia Earhart, disparue dans le Pacifique. Les rapports demeurés longtemps confidentiels sur l'équipement de la machine d'Amelia Earhart montrent que les appareils de radio dont elle disposait n'étaient pas suffisants pour entreprendre la traversée de l'océan Pacifique avec le maximum de chances. Tel n'est pas le cas de Howard Hughes. Sauf de très rares moments, et en particulier en survolant la Sibérie, l'aviateur américain a toujours été en liaison avec la terre. En traversant l'océan Atlantique, il a pu « parler » constamment, soit avec les Etats-Unis, soit avec l'Europe.

La précision de la navigation de Hughes a mis en lumière une fois encore les services admirables rendus par les radio-compas qui conduisent *automatiquement* l'appareil vers le point visé. Rappelons sommairement ici les principes sur lesquels repose cette navigation automatique.

L'aiguille du radio-compas reste constamment dirigée vers l'aéroport de destination où fonctionne en permanence un radiophare destiné précisément à l'orienter. Le radio-compas commande un servo-moteur à huile sous pression qui actionne à son tour le gouvernail de direction. Entre le radio-compas et le servo-moteur, on trouve un relais électrique représenté par deux cellules photoélectriques. Le servo-moteur est essentiellement constitué par une tige de piston coulissant dans un cylindre rempli d'huile. Deux tiroirs permettent simultanément l'entrée et l'évacuation de l'huile sur les deux faces du piston. Ces tiroirs sont manœuvrés par le radio-compas et par l'intermédiaire des cellules photoélectriques.

Imaginons un faisceau lumineux dont l'axe est dirigé sur l'œil photoélectrique et, d'autre part, un écran actionné par le radio-compas et qui obturera le faisceau lumineux tant que l'avion demeure dans la direction du radiophare. Si l'avion oblique à droite ou à gauche, aussitôt la déviation du radio-compas sera utilisée pour déplacer l'écran obturateur. Il s'ensuivra que le faisceau lumineux tombera sur l'un des deux « yeux électriques ». Le courant qui naîtra mettra en action le servo-moteur qui, à son tour, déplacera le gouvernail de direction dans le sens convenable.

La tâche si difficile du navigateur, celle si fatigante du pilote, sur de grands parcours marins, se trouvent donc profondément simplifiées. Il est nécessaire, toutefois, que rien ne vienne entraver la marche délicate d'appareils compliqués. Dans le cas de Howard Hughes, après quelques tâtonnements au départ, semble-t-il, l'ensemble des radio-compas a parfaitement fonctionné. Cela permet d'expliquer, dans une très large mesure, l'état de moindre fatigue de l'équipage, qui a pu ainsi ne prendre pratiquement aucun repos à terre au cours de ce fulgurant tour du monde.

Par une ironie du sort, le triomphe de la science représenté par l'admirable périple de Howard Hughes a été suivi, quelques jours après, d'un autre exploit. Un aviateur américain, Corrigan, s'élançait, seul, au-dessus de l'Atlantique, en dépit des interdictions officielles. Sa machine était vieille ; son moteur aussi. Pour tout appareillage de bord, Corrigan n'avait qu'une modeste boussole. Et cependant cela ne l'a pas empêché d'arriver en Irlande tout en affirmant d'ailleurs qu'il se croyait parvenu du côté... de Los Angeles !...

LE FILM EN COULEURS DE LA RÉCEPTION DES SOUVERAINS BRITANNIQUES

Le film en couleurs naturelles qui a été « tourné » à Paris, au cours de la visite des souverains anglais, relevait d'un procédé nouveau. Comme le *Technicolor*, que *La Science et la Vie* a décrit en détails (1), ce nouveau film permet le tirage de copies, mais il s'apparente, d'autre part, au *Kodachrome*, également décrit ici même (2), en ce qu'il contient superposées les trois couches élémentaires colorées. La particularité la plus intéressante de ce nouveau procédé est que le traitement de la pellicule serait sensiblement plus simple que celui du *Kodachrome*, qui ne comporte, on le sait, pas moins de dix-sept opérations, et qu'il pourrait être développé, inversé et tiré dans une usine quelconque, car c'est le dernier révélateur qui, par une action chimique complexe, colore les trois couches élémentaires aux trois couleurs fondamentales.

Ce nouveau procédé est né dans les laboratoires du puissant trust allemand des industries chimiques, l'« I. G. Farben-Industrie », et il est assez humiliant de penser qu'aucune firme française ne puisse rivaliser dans le domaine de la cinématographie en couleurs avec l'industrie étrangère. Pour le traitement du film même et le tirage des copies, il a fallu envoyer par avion en Allemagne les bobines exposées à Paris, puis réexpédier les copies par le même chemin pour les présenter le surlendemain dans les salles de la capitale.

L'AUTOMOBILE POPULAIRE EN ALLEMAGNE

On sait que, depuis 1934, les techniciens allemands de l'automobile poursuivent la mise au point d'un modèle de voiture automobile de fabrication et d'entretien économiques, destiné à amener à la propulsion mécanique sur route des classes sociales nouvelles, jouissant d'un revenu modeste mais proportionnellement plus nombreuses que les classes plus aisées. Le but que l'on s'était fixé était de mettre l'automobile à la portée des contremaîtres, des employés, etc., d'une manière générale de tous ceux qui disposent d'un budget minimum de 300 RM par mois pour les ménages sans enfant et 350 RM avec un enfant. Rappelons les caractéristiques imposées par les dirigeants de l'économie allemande : la voiture populaire allemande devait avoir un prix de vente maximum de 1 000 RM, offrir une capacité de transport de 4 personnes et pouvoir atteindre une vitesse maximum de 80 km/h ; pour un parcours de 10 000 km, les frais d'exploitation ne devaient pas dépasser 50 RM par mois.

Parmi les modèles présentés sur ces données, voici les caractéristiques principales du type définitivement choisi : moteur à quatre temps, quatre cylindres *opposés* à refroidissement par air, d'une cylindrée de 1 200 cm³ et d'un taux de compression de 5,8 environ, monté à l'arrière d'un châssis à longeron tubulaire central ; boîte de vitesse à *quatre vitesses* ; quatre roues à suspension indépendante par barres de torsion ; freins hydrauliques ; carrosserie à conduite intérieure quatre places ; poids 600 à 650 kg ; vitesse maximum 100 km/h ; consommation, 6 litres aux 100 km à la vitesse de 75 km/h. Notre collaborateur Henri Tinard, qui rappelait récemment

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 222, page 466. — (2) Voir *La Science et la Vie*, n° 234, page 451.

ces caractéristiques (1) a signalé en outre que ce modèle, construit en trente exemplaires, a été soumis, au cours de ces deux dernières années, à des épreuves particulièrement sévères (parcours de 100 000 km en terrain varié).

Il importe de signaler que la construction de la voiture populaire allemande ne sera confiée à aucune firme actuellement existante, mais qu'une usine monstre va être créée à Fallersleben (Braunschweig), usine qui sera exclusivement consacrée à la réalisation du modèle officiel. Autour de l'usine serait édifiée une véritable ville dont on évalue la population future à 70 000 personnes. Il est évident que, pour obtenir le prix de revient minimum, dans le but d'attirer le plus d'acheteurs possibles, seule une production de masse est à envisager, en appliquant les méthodes les plus modernes de l'organisation industrielle. Mais production massive suppose ventes massives ; ce cercle vicieux explique l'incertitude qui règne dans certains cercles allemands quant au succès financier de cette entreprise vraiment colossale. Il faut également considérer que si les frais d'exploitation mensuels dépassent sensiblement les 50 RM prévus, le nombre des acheteurs, que l'on espère devoir atteindre le million, se réduira considérablement.

Il est également difficile de prévoir les répercussions qu'entraînera dans l'industrie automobile allemande et probablement, par contre-coup, dans l'industrie automobile mondiale, l'apparition de la nouvelle voiture populaire. Il n'est pas douteux qu'elle n'attire une partie de la clientèle utilisant actuellement des voitures de faible puissance, et que les constructeurs allemands ne soient amenés à s'orienter soit vers la fabrication de véhicules routiers plus poussés, soit vers une exploitation plus intensive des marchés d'exportation où l'Allemagne a déjà su conquérir une position enviable.

ÉCONOMIE BRITANNIQUE ET RÉARMEMENT

L'Angleterre va dépenser, en 1938, 345 millions de livres pour son réarmement, ce qui représente plus de 60 milliards de francs français dépréciés. Dans le monde entier, c'est le contribuable britannique qui supporte la plus lourde charge fiscale pour satisfaire aux besoins de sa Défense nationale. Un économiste averti des choses britanniques, M. Truptil, a évalué récemment à 4,5 milliards de livres le revenu national britannique sur lequel les dépenses budgétaires, majorées des dépenses d'assistance sociale et de la charge nette des budgets locaux, ne prélevent pas moins de 30% ! Encore ce chiffre sera-t-il sans doute largement dépassé en 1939 et 1940. Le niveau atteint par le taux des impôts directs (27,5 % pour l'*income tax*, à laquelle il faut ajouter la *sur-tax*, les droits de succession et un impôt spécial sur les bénéfices des sociétés, la *National Defence Contribution*) et aussi des impôts indirects (principalement des droits de douane depuis l'application du tarif protectionniste de 1932), donne à penser que la faculté contributive du citoyen britannique a atteint son plafond. Le budget anglais va donc connaître, au cours des années prochaines, un déficit important qui atteindra déjà, en 1938, 80 millions de livres et augmentera d'autant les charges de la Dette publique. On ignore généralement en France que cette dernière dépasse déjà 8 milliards de livres soit, en capital, une charge presque quadruple, au cours du change, de celle de la Dette en France (400 milliards de francs). Le problème qui en résulte pour les finances anglaises est intimement lié au maintien et au développement de l'activité économique dans les îles Britanniques. Il est assez inquiétant, de ce point de vue, de noter l'important déficit de la balance commerciale qui n'a été dépassé, jusqu'à présent, qu'en 1926 (année de grève générale) et que les « exportations invisibles » (revenu des placements à l'étranger, revenu du *shipping*, commissions de banques et de compagnies d'assurances) ne pourront équilibrer. M. Truptil a insisté notamment sur la difficulté, grave parce que perma-

(1) *J. I.* du 20-4-38.

nente, qu'éprouve l'Angleterre à maintenir ses exportations et dont les causes sont diverses : d'ordre extérieur et d'ordre intérieur. Parmi les premières, il faut compter l'autarcie croissante des pays totalitaires, le conflit d'Extrême-Orient, la fermeture de certains marchés de l'Afrique du Sud (1), etc. Parmi les secondes, la cherté des prix anglais et l'impossibilité pour l'industrie anglaise de produire à la fois pour l'exportation et pour la Défense nationale. Dès la fin de 1936, certaines branches de l'industrie étaient amenées à refuser des commandes de l'étranger pour se consacrer au marché intérieur. En 1937, le problème de la main-d'œuvre qualifiée s'est posé avec acuité, et cependant de mai 1937 à mai 1938, le nombre des chômeurs s'est accru de 21 %, passant de 1 397 000 à 1 779 000. Pour assurer aux usines d'aviation un nombre d'ingénieurs suffisant, on envisagea même, à un moment, de limiter la production automobile. C'est d'ailleurs ce qui s'est produit tout naturellement sous l'effet de la récente dépression économique. Le ralentissement des ventes d'automobiles a entraîné le licenciement d'une partie du personnel, immédiatement repris par les usines d'aviation. Cela peut être satisfaisant pour la Défense nationale ; ce l'est certes moins du point de vue économique. On sait que la Grande-Bretagne a même été obligée d'acheter aux Etats-Unis 400 avions (commande sur laquelle nous donnons par ailleurs quelques précisions) pour soulager d'autant les programmes de fabrication de ses usines de construction aéronautique (2).

LES VITESSES FERROVIAIRES DANS LE MONDE EN 1938

En 1867, il fallait 10 h 55 pour se rendre de Paris à Bordeaux par la voie ferrée. En 1938, le même voyage est accompli en 5 h 44. Ainsi, en 70 ans, la vitesse sur les chemins de fer a doublé. Il ne faut pas oublier que pendant longtemps la vitesse moyenne fut limitée, en France, par le maximum autorisé : 120 km/h. Compte tenu des arrêts, des ralentissements dus aux travaux, il était alors bien difficile d'atteindre 100 km/h de vitesse commerciale. La réfection de la voie sur un certain nombre de sections (emploi de rails plus lourds au mètre linéaire) permet maintenant de rouler en toute sécurité à 140 km/h. Aussi la vitesse moyenne s'est-elle rapidement élevée.

Voici, pour la France, les trajets les plus rapidement parcourus en ce qui concerne la traction à vapeur : le *Sud-Express*, surchargé à 620 t, a soutenu la vitesse moyenne de 107,2 km/h entre Saint-Pierre-des-Corps et Poitiers, de 113 km/h entre Poitiers et Angoulême (113 km), et de 100,8 km/h entre Angoulême et Bordeaux (348 km) ; sur le Nord, la liaison Calais-Paris (294,5 km.) a été réalisée à 121 km/h avec 600 t (entre Amiens et Etaples la vitesse fut maintenue à 140 km/h) ; enfin, sur le parcours de 53 km seulement entre Blois et Saint-Pierre-des-Corps la vitesse atteinte fut de 150 km/h avec un train spécial de 400 t. Citons aussi Poitiers-Angoulême, 113 km couverts à 124,3 km/h par une locomotive « Pacific-Compound » transformée et carénée remorquant une charge de 235 t.

Quant à la traction électrique, ses meilleures performances s'établissent ainsi : 115,7 km/h de Paris aux Aubrais ; 105 km/h de Paris au Mans ; plus de 125 km/h avec une charge de 817 t ; une vitesse de pointe de 170 km/h avec 350 t.

Enfin l'autorail, plus léger, détient le record absolu avec 196 km/h. En palier, avec 90 passagers et 1 500 kg de bagages, il a pu soutenir 160 km/h.

A l'étranger, nous trouvons des vitesses du même ordre. Pour la vapeur : 115,7 km/h par le train anglais London-Kork ; 106,9 km/h par le train belge Ostende-Bruxelles ; 100 km/h sur 432 km par le train anglais « Silver Jubilee » et sur 647 km par le « Coronation ». Pour la traction électrique : 114,5 km/h, de Rome à Naples. Pour l'auto-

(1) Le commerce anglais avec les Dominions est également déficitaire, la métropole achetant plus qu'elle ne vend. Cependant les ventes aux Dominions représentent 50 % du total des ventes anglaises à l'exportation, ce qui explique la dépendance de plus en plus grande (dépendance commerciale et politique) de l'Angleterre vis-à-vis des parties éloignées de l'Empire. L'Angleterre trouverait dans ses Dominions toutes les matières premières essentielles pour soutenir une guerre et déjà 40 % des importations anglaises viennent de son Empire. — (2) Voir dans ce numéro, page 220.

rail : 137,9 km/h en Allemagne, de Hanovre à Hamm ; 134,6 km/h aux Etats-Unis sur le trajet La Junta-Dodge City.

Mais la réalisation de ces vitesses *moyennes*, remarquables, rendues possibles par les progrès techniques dans la construction des machines et l'amélioration de la structure de la voie, mettent au premier plan la question de la sécurité et de la meilleure exploitation des lignes. L'extension du *block* automatique et notamment de la signalisation lumineuse (1) de jour comme de nuit, le développement du *dispatching* (2) et des liaisons téléphoniques ont apporté à ce double problème une solution efficace. Non seulement ils rendent de plus en plus improbables les accidents dus à la circulation elle-même (tamponnements, etc...), mais encore ils permettent, en supprimant pratiquement les ralentissements et les arrêts inutiles, d'utiliser à leur maximum de capacité les lignes de grande circulation.

POUR LA PROSPÉRITÉ ET LA DÉFENSE DE L'INDOCHINE

La rade de Cam-Ranh, sur la côte est de l'Indochine française, peut avantageusement soutenir la comparaison avec les plus belles et les mieux abritées du monde (Sydney en Australie, Rio de Janeiro au Brésil, Diego-Suarez à Madagascar). Cependant, malgré sa situation géographique favorable, Cam-Ranh n'est aucunement utilisée, ni pour la défense de notre colonie, ni pour le trafic commercial.

L'Indochine ne possède pas, en effet, un seul port capable de recevoir des paquebots modernes à gros déplacement et à fort tirant d'eau. En outre, Saïgon, sur le fleuve Douaï, à 78 milles de la mer (120 km), est fort éloigné de la route suivie par la marine marchande de Singapour à Hong-Kong. Or, on sait que les compagnies de navigation se montrent fort rigoureuses sur le kilométrage parcouru, dont un accroissement de quelques dizaines de milles peut suffire à rendre déficitaire l'exploitation d'une ligne. Quant à Haiphong, il exigerait un détour encore plus important !

Cam-Ranh, au contraire, est situé sur la ligne droite reliant Singapour à Hong-Kong. Aucun déroutement n'est donc à imposer aux navires qui y feraient escale... si le port était aménagé. La rade, qui s'étend sur 4 000 hectares dont 1 700 par des fonds de 12 m au moins, peut recevoir tous les navires (de guerre ou de commerce) et il est vraisemblable que, étant donné la profondeur du canal de Suez (8,5 m), cette situation ne se modifiera pas de longtemps. Entourée de collines de 5 à 600 m de hauteur, la baie est parfaitement abritée et le goulet de 8 km qui y donne accès ne comporte ni courant ni écueil comme celui de Brest. Enfin Cam-Ranh est desservi par la voie ferrée Hanoï-Saïgon. La base de sous-marins, que notre marine vient d'y installer, est insuffisante. C'est une base navale complète qu'il faut y créer, analogue à celle que les Anglais ont installée à Singapour (3). Ainsi l'Indochine verra-t-elle s'accroître ses ventes et expéditions de riz, de thé, de manioc, de café, des bois précieux, des métaux et charbonnages (Tonkin), etc., cependant que sa défense y trouvera le point d'appui le mieux situé de notre empire colonial.

LE CONDITIONNEMENT DE L'AIR SOUS LES TROPIQUES

Le conditionnement de l'air, tel qu'il est réalisé dans les salles de cinéma modernes (4), dans plusieurs trains de luxe (5), à bord de certains navires de guerre appartenant à différentes nations, consiste, on le sait, à fournir au local ainsi « climatisé » de l'air à une température et à un taux d'humidité judicieusement calculés pour placer les occupants dans des conditions de confort optimum. Le temps n'est pas loin sans doute où, comme le veulent les hygiénistes, le conditionnement de l'air remplacera le chauffage central dans les immeubles vraiment modernes. Dans les pays tropicaux également, les procédés de climatisation apparaissent susceptibles

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 107, page 373. — (2) Voir *La Science et la Vie*, n° 218, page 117.
(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 239, page 387. — (4) Voir *La Science et la Vie*, n° 128, page 145.
(5) Voir *La Science et la Vie*, n° 218, page 89.

de rendre les plus grands services. L'Ecole d'Hygiène et de Médecine tropicales de Londres a installé récemment dans ses sous-sols une vaste chambre dans laquelle on maintient jour et nuit le « climat » de Singapour. Dans cette chambre, on en a disposé une deuxième, facilement transportable une fois démontée, et qui mesure 3 m de long sur 1 m 80 de large et 2 m de hauteur. Toute personne qui y pénètre se retrouve dans un climat « européen » encore amélioré, correspondant aux valeurs de la température et de l'humidité de l'air reconnues comme les plus favorables. Pour réaliser ces conditions, l'air de la première chambre (au climat de Singapour) est aspiré dans la deuxième après avoir traversé l'installation de conditionnement. La puissance électrique nécessaire au fonctionnement de cet équipement — qui tient dans une valise — est de 0,5 ch, c'est-à-dire qu'on peut l'emprunter sans difficulté au circuit lumière. L'utilisation pratique de cette chambre est prévue dans les pays chauds, et en particulier à Singapour, pour rendre la santé aux personnes fatiguées par le climat tropical, grâce à un séjour plus ou moins long en atmosphère tempérée. En outre, on envisage l'emploi de ce caisson « conditionné » à bord de certains navires qui naviguent sous les tropiques, et même au fond des mines du Rand, en Afrique du Sud, pour traiter immédiatement les « coups de chaleur » auxquels sont exposés mineurs et ingénieurs.

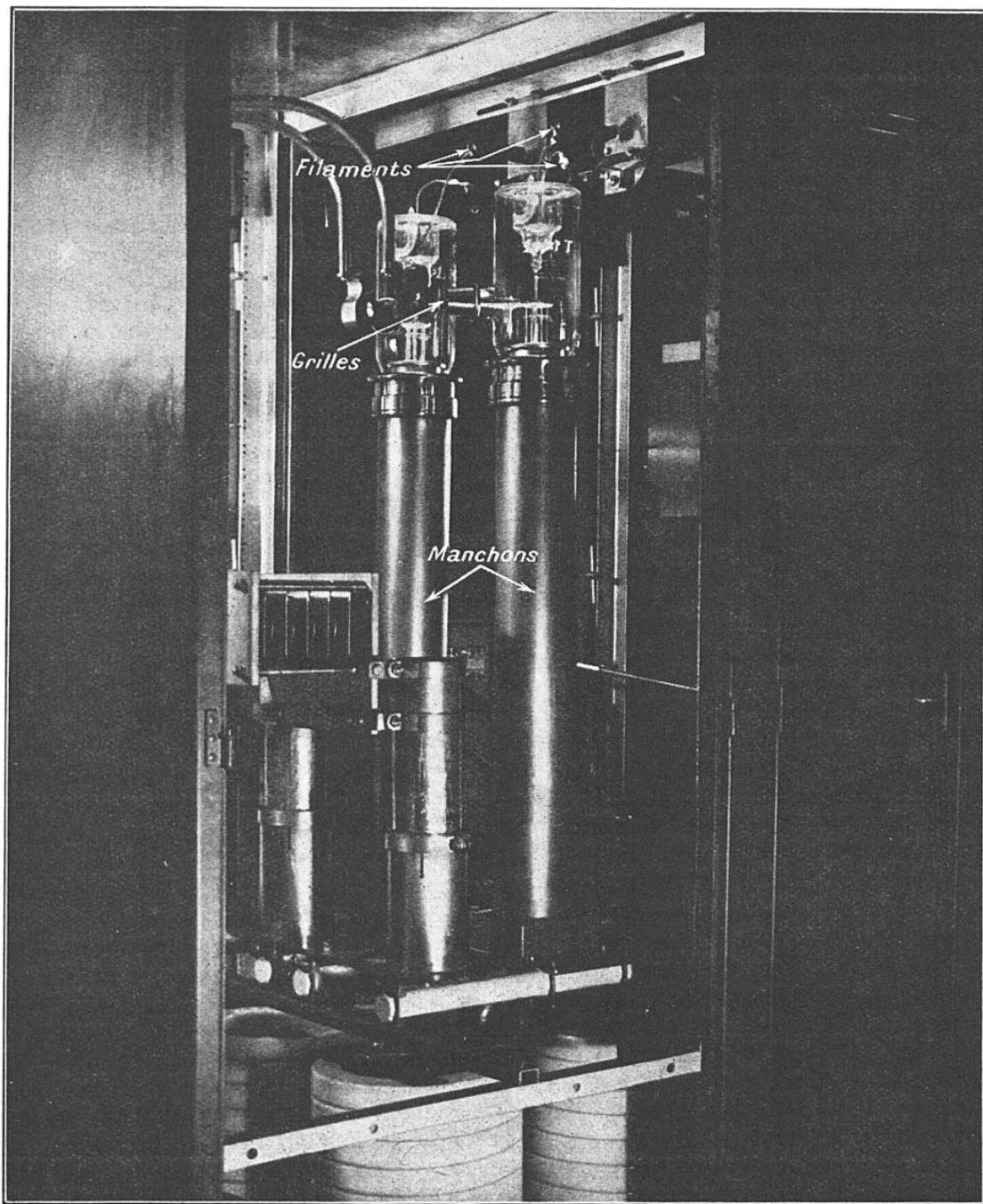
FIBRES TEXTILES ARTIFICIELLES

Il a été produit dans le monde, en 1937, environ 750 millions de kg de fibres textiles artificielles d'origine végétale (1) (cellulose), ce qui représente, en poids, entre 7 et 8 % de la fabrication mondiale totale des fibres textiles. On jugera des progrès accomplis, en moins d'un demi-siècle, par cette industrie nouvelle en se rappelant qu'en 1890 la production ne dépassait pas quelques millions de kilogrammes ; en 1900, elle atteignait 1 million de kg ; en 1913, 12 millions ; puis 25 millions en 1920, 210 millions en 1930 et, enfin, 750 millions de kg en 1937.

Le plus puissant producteur de rayonne (fibre longue et « floche » de rayonne) est le Japon, qui dépasse 200 millions de kg (27 % du total mondial). La France, avec 27 millions de kg, vient au sixième rang, après l'Allemagne et les Etats-Unis (150 millions), l'Italie (120 millions) et la Grande-Bretagne (70 millions). De nombreux autres pays, en Europe et hors d'Europe, ont favorisé sur leur territoire l'installation d'usines équipées pour la fabrication des textiles artificiels ; ils s'efforcent ainsi de réaliser, dans le domaine des textiles, une autarcie partielle et leur exemple sera vraisemblablement suivi d'ici peu par la quasi-totalité des nations d'Europe, d'Asie et d'Amérique. Le procédé de fabrication de la rayonne dite « de viscose », qui est actuellement de beaucoup le plus répandu puisqu'il fournit, en 1937, 87 % de la production mondiale, est en effet d'une application relativement facile : il fait appel comme matière première à la cellulose du bois (2) et à des réactifs chimiques à bas prix ; cependant, pour fournir des produits fabriqués de prix modéré, il exige des sources abondantes d'énergie et une main-d'œuvre bon marché. En outre, des investissements de capitaux très importants sont inéluctables, et c'est pour cette dernière raison, d'ailleurs, que près de la moitié de la capacité de production des usines existantes est actuellement concentrée en Europe. Si les projets d'établissement d'usines nouvelles que nous signalons plus haut viennent à être réalisés, il faut s'attendre, dans un avenir prochain, à voir s'élever encore le chiffre total de la production mondiale, en même temps qu'iront en s'amenuisant les échanges internationaux, puisque les principaux centres de consommation s'efforcent de plus en plus de produire en leur voisinage immédiat les fibres qui leur sont nécessaires.

(1) Il existe des fibres d'origine animale (lanital, fabriqué à partir de la caséine du lait ; voir *La Science et la Vie*, n° 232, page 293.) et des fibres d'origine minérale (laine et soie de verre ; voir *La Science et la Vie*, n° 144, page 513.)

(2) On s'efforce actuellement de substituer à la cellulose provenant du bois des arbres à croissance lente, celle de plantes annuelles dont la récolte et le traitement seraient moins coûteux.



LE DERNIER ÉTAGE D'AMPLIFICATION DE LA STATION ÉMETTRICE DE TÉLÉVISION DE LA TOUR EIFFEL AVEC LES LAMPES SPÉCIALES POUR ONDES ULTRA-COURTES QUI L'ÉQUIPENT. Pour les postes émetteurs de télévision, aux difficultés inhérentes à la production de puissances élevées viennent s'ajouter des problèmes nouveaux résultant de l'utilisation d'ondes très courtes, de l'ordre de 5 m de longueur d'onde. A ces très hautes fréquences (60 MHz), en effet, la capacité entre les différents organes de ces lampes et leurs connexions est loin d'être négligeable. Les tubes ci-dessus ont été spécialement étudiés et réalisés pour une longueur d'onde de 5 m et peuvent dissiper, sur leurs anodes refroidies par une circulation d'eau, chacun 20 kW. Leur filament est parcouru par un courant de plus de 60 ampères.

LA TÉLÉVISION EN FRANCE

Par Pierre LAROCHE

La télévision est la création la plus récente de la technique des télécommunications. Bien que le public — du moins en France — n'ait pu s'en rendre compte que par les démonstrations effectuées à l'occasion de diverses manifestations, notamment lors de l'Exposition de Paris 1937, la télévision a accompli au cours de ces dernières années des progrès considérables, et il est aujourd'hui techniquement possible de transmettre des images de bonne qualité et d'une grande finesse, captées non plus seulement au studio, dans des conditions assez artificielles, mais en plein air, dans les conditions normales de la vie courante, sans même qu'il soit nécessaire de recourir à un éclairage exceptionnel. En Angleterre, aux Etats-Unis, en Allemagne, les émissions ont lieu régulièrement chaque jour. Dans ce dernier pays, la « visiotéléphonie » (1) est à la disposition du public dans plusieurs grandes villes. En France, la nouvelle station de la Tour Eiffel, récemment inaugurée, disposant d'un matériel moderne et puissant, doit permettre de réaliser les meilleures performances. Il semble ainsi que la télévision ait atteint un stade qui dépasse celui des essais et qu'il soit possible d'envisager dès maintenant une exploitation régulière. Sans doute y aura-t-il encore beaucoup à faire pour mettre sur pied l'organisation d'un service public de télévision, mais les problèmes qui restent à résoudre ne sont plus seulement d'ordre technique.

Le public français a eu réellement la révélation des possibilités actuelles de la télévision à l'Exposition internationale de 1937. Il s'agissait alors d'une installation provisoire, faite au Pavillon de la Radio, et qu'il a fallu transformer par la suite. Actuellement, la télévision nationale dispose de systèmes de prise de vue perfectionnés, complétés par un réseau de câbles spéciaux et par une station puissante, installée au pied de la Tour Eiffel et mise en service depuis avril 1938.

La télévision française a déjà une histoire. C'est au mois de décembre 1935 que le département de la radiodiffusion instituait le premier service régulier de télévision, utilisant un émetteur S. F. R. de 10 kW à 180 lignes, installé dans le pied du pilier nord de la Tour Eiffel. Notre vieille tour métallique s'est, en effet, révélée comme le meilleur support pour l'antenne chargée de desservir la région parisienne, puisque sa portée *optique* est de l'ordre de 60 km, environ. Ce premier poste paraissant insuffisant, un second fut bientôt mis en chantier, pour permettre les émissions à haute définition par prise de vue directe ou télécinéma avec une puissance pouvant atteindre 30 kW. La nouvelle station, bâtie au pied du pilier sud, commença à transmettre en 1937 à puissance réduite (7,5 kW) pour l'Exposition internationale. En mars 1938, la puissance fut portée à 25 kW en crête et un service régulier fut établi. D'ailleurs, la puis-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 246, page 475.

sance sera prochainement portée à 30 kW. Or, les expériences faites avec les ondes ultra-courtes ont montré que leur propagation dépasse largement les limites de la vision directe. On peut donc escompter que, si l'on met en jeu une puissance suffisante, la portée de la station de télévision de la Tour Eiffel pourra atteindre et même dépasser une centaine de kilomètres.

Ajoutons à ce sujet qu'il est actuellement possible de recevoir les émissions de télévision de la Tour Eiffel à Brighton et sur la côte sud de l'Angleterre, à une distance de plus de 300 km de Paris. La qualité des images reçues est très bonne, dans la mesure où le champ du signal est nettement supérieur au niveau des parasites.

D'autre part, un grand progrès technique a été accompli depuis l'an dernier, grâce au remplacement de l'exploration mécanique par l'exploration électronique, dont l'inertie est très inférieure. C'est ce qui a permis d'atteindre les hautes définitions pratiquées actuellement en France.

Le studio et la camera

On sait que, depuis 1935, le service de la radiodiffusion utilise le studio spécial de télévision installé à Paris, rue de Grenelle. Ce studio est caractérisé par la puissance lumineuse des projecteurs qui l'équipent et par son dispositif de ventilation et de climatisation.

L'exploration du sujet au moyen d'un disque de Nipkow à petit nombre de lignes



FIG. 1. — PRISE DE VUE DANS LE STUDIO DE LA COMPAGNIE FRANÇAISE DE TÉLÉVISION AU MOYEN DE LA CAMÉRA A ROUE DE NIPKOW, SYSTÈME BARTHÉLEMY. L'EXPLORATION DU SUJET EST INFÉRIEURE A 180 LIGNES

(au plus 180 lignes) nécessitait, en effet, un éclairage très puissant. La figure 1 montre une telle caméra, dans le studio de la Compagnie Française de Télévision. On y distingue les objectifs et le carter de la roue de Nipkow.

En 1935, la puissance dissipée par les projecteurs — soit 10 à 20 kW suivant la nature de la prise de vue — portait la température du studio à 28° C environ, malgré le refroidissement considérable produit par les manches de ventilation.

A l'heure actuelle, le disque de Nip-

kow est remplacé par l'Iconoscope (1), tube d'exploration électronique (fig. 2). Il en résulte deux avantages essentiels : une augmentation considérable de la sensibilité de la prise de vue, grâce à l'emploi de « multiplicateurs d'électrons » (2) et un accroissement notable de la vitesse d'exploration, qui a permis de porter la définition de 180 à plus de 500 lignes par image.

L'Iconoscope se compose essentiellement d'un tube à rayons cathodiques, prolongé par une ampoule où se trouve un écran rectangulaire, constitué par une mosaïque de cellules photoélectriques minuscules, noyées dans une laque isolante. Un système optique projette sur cet écran l'image de l'objet à transmettre. Chacune de ces cellules photoélectriques prend des charges électriques proportionnelles à l'éclairage qu'elle reçoit. En neutralisant successivement ces charges électriques, le spot cathodique qui balaye l'image transmet la modulation au courant anodique.

La sensibilité du procédé est telle qu'elle permet la prise de vue en plein air, même l'hiver et par temps couvert.

Les câbles et les amplificateurs

La modulation de télévision subit des transformations analogues à celles effectuées

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 209, page 411.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 240, page 431.

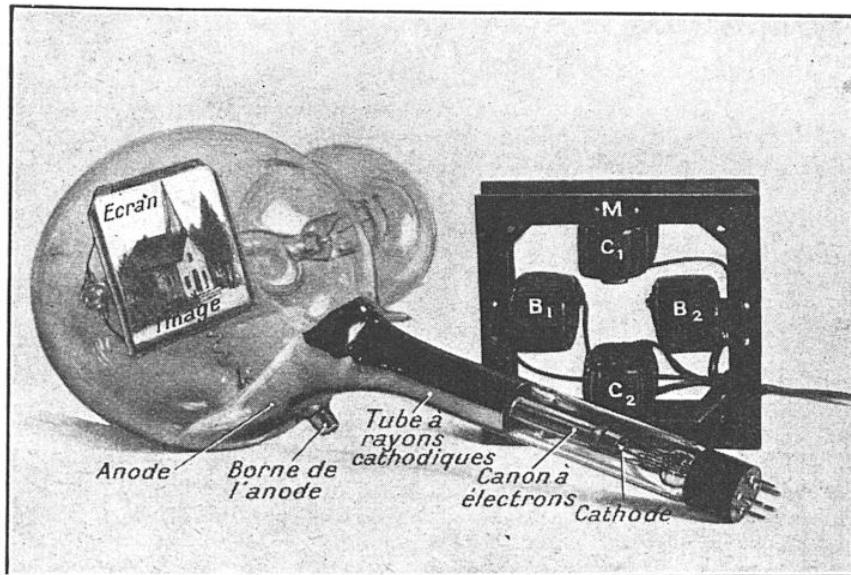


FIG. 2. — L'« ICONOSCOPE ZWORYKIN », TUBE ÉLECTRONIQUE UTILISÉ POUR LE BALAYAGE DE L'IMAGE DANS LES CAMÉRAS MODERNES DE TÉLÉVISION, A PERMIS DE PORTER LA DÉFINITION DE L'IMAGE A 500 LIGNES. A droite de la photographie, le circuit magnétique M, entourant normalement le tube, et dont on aperçoit les bobines d'excitation B₁, B₂ et C₁, C₂.

en radiodiffusion et que nous avons schématisées sur la figure 3. La caméra fournit un courant modulé analogue au courant microphonique, c'est-à-dire que le support de ces modulations est un courant continu (fig. 3, I). Du studio au poste d'émission, sur un trajet de 4 à 5 km, la modulation est transmise par un courant porteur de haute fréquence : 5,5 mégahertz, 55 m de longueur d'onde (fig. 3, II). Au poste émetteur, ces signaux sont amplifiés et détectés (fig. 3 III), puis amplifiés à nouveau fortement et enfin, appliqués, sur l'étage de puissance, à l'onde porteuse de haute fréquence avant son départ pour l'antenne (fig. 3, IV). Cette onde de 6, 52 m a une fréquence de 46 mégahertz.

Les diverses transformations subies par le courant modulé sont indiquées schématiquement sur la figure 4, qui montre le trajet suivi par le signal depuis le studio jusqu'à l'antenne.

Au sortir de la caméra, la modulation traverse un récepteur de contrôle et un amplificateur, placés dans un meuble métallique qui renferme aussi les circuits d'alimentation. Puis vient l'équipement terminal du studio, proprement dit, qui comprend un

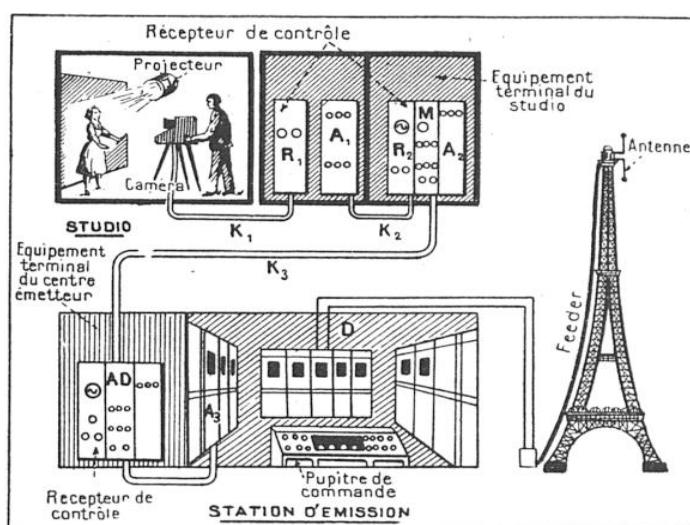


FIG. 4. — CE QUE DEVIENT LE SIGNAL DE TÉLÉVISION DU STUDIO A L'ANTENNE D'ÉMISSION DE LA TOUR EIFFEL

La caméra à iconoscope, placée sur un trépied dans le studio de télévision, capte la modulation de l'image, qui est transmise par les câbles K₁, K₂, K₃. Cette modulation traverse le récepteur de contrôle R₁ et son alimentation A₁, constituant l'équipement de prise de vue. Puis, l'équipement terminal du studio constitué par le récepteur de contrôle R₂, l'oscillateur modulateur M à 5,5 mégahertz (onde de 55 m), avec le pupitre d'alimentation A₂. Le câble souterrain, coaxial et armé, K₃, transmet ensuite la modulation à l'équipement terminal du centre émetteur, où il subit une détection dans l'amplificateur détecteur AD. Dans la salle d'émission, la modulation est amplifiée, de même que le courant oscillant de haute fréquence. Le départ vers l'antenne a lieu en D sur deux fils aériens parallèles ; puis le courant de haute fréquence modulé est dirigé sur l'antenne, installée au sommet de la Tour Eiffel, au moyen du câble coaxial, formant feeder.

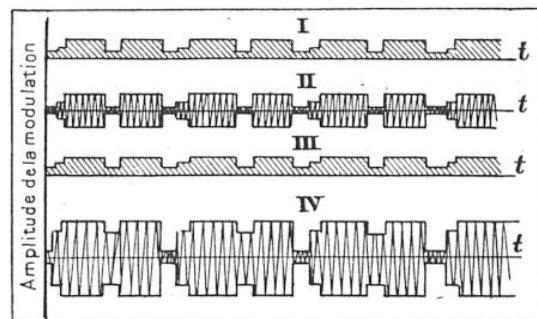


FIG. 3. — TRANSFORMATIONS DE LA MODULATION DE TÉLÉVISION AUX DIFFÉRENTS STADES DE LA TRANSMISSION

I. Signaux fournis par la caméra de prise de vue. — II. Signaux de l'onde porteuse modulée transmise sur câble du studio au poste émetteur. — III. Signaux détectés et amplifiés au poste émetteur. — IV. Signaux de l'onde porteuse modulée rayonnée par l'antenne (fréquence, 46 mégahertz ; longueur d'onde, 6,52 m).

second récepteur de contrôle, un oscillateur-modulateur et un pupitre d'alimentation. On applique alors au câble studio-station un courant modulé sur onde porteuse de 5,5 mégahertz.

Il existe en fait deux de ces câbles coaxiaux reliant respectivement la station avec le studio de la rue de Grenelle et avec celui du Grand Palais, qui remplace celui du Pavillon de la Radio à l'Exposition de 1937. Chacun de ces câbles souples, mais indéformables, est constitué par un tube de cuivre en profilés assemblés et par un conducteur intérieur concentrique, maintenu par des secteurs isolants. Le câble est blindé par une chemise de plomb et protégé par une armure en acier (fig. 5).

A l'entrée du poste émetteur, la modulation est reprise par un récepteur de contrôle et par deux amplificateurs détecteurs : l'un pour les fréquences inférieures à 5 p/s, l'autre pour les fréquences supérieures à

20 p/s, jusqu'à 2,5 mégahertz. L'affaiblissement inévitable de la transmission sur câble est compensé par un répéteur.

La station d'émission

Dans la salle d'émission de la station de la Tour Eiffel, les meubles renfermant les circuits sont disposés en fer à cheval autour du pupitre de commande (fig. 4). Ce sont : à gauche, les panneaux d'amplification à haute fréquence ; au centre, les étages de puissance et, à droite, les amplificateurs de modulation. Comme la fréquence de l'onde porteuse est très élevée, on la produit en triplant la fréquence du cristal de quartz piézoélectrique, de 3,83 à 11,5 mégahertz, puis en la doublant deux fois pour obtenir 46 mégahertz. Les amplificateurs utilisent pour les premiers étages des lampes refroidies par air et pour les derniers, des lampes à circulation d'eau, alimentées sous 5 000 à 10 000 V.

Le feeder et l'antenne

L'une des dispositions les plus curieuses de l'émetteur est le feeder qui alimente l'antenne installée au sommet de la Tour. C'est, au départ, une ligne à deux conducteurs qui, par un système de condensateurs tubulaires, transmet l'onde porteuse modulée à un câble coaxial de 380 m, pesant 12 tonnes et tendu du haut en bas de la Tour. Sa fixation, par tronçons de 100 m de longueur, fut une opération particulièrement délicate.

Le câble coaxial, dont la figure 5 montre les coupes longitudinale et transversale, est constitué par un tube de cuivre de 95 mm de diamètre en tôle cintrée, articulé de loin en loin au moyen de rotules, dans l'axe duquel est tenu un conducteur central de 28 mm de diamètre, formé de huit profilés assemblés en hélice, qui lui confèrent la souplesse nécessaire. Le conducteur central est supporté, de mètre en mètre, par des pouilles en stéatite. Extérieurement, le tube est recouvert d'une enveloppe isolante, puis d'une armure.

Il y a, en matière de télévision, un problème difficile à résoudre. La bande de

modulation est très large, 2,5 mégahertz, soit 250 fois plus grande que les bandes de modulation pour la radiodiffusion (10 kilohertz). Et, cependant, il est indispensable que l'affaiblissement de la transmission soit à peu près constant pour toutes les fréquences de la modulation. On y parvient au moyen de dispositifs de compensation qui corrigent les distorsions des câbles et des appareils. Car l'affaiblissement varie en fonction de la fréquence de 0,36 à 0,42 décibel par 100 m de longueur, soit environ 1 décibel et demi pour tout le câble.

L'antenne installée au sommet de la Tour Eiffel n'est autre qu'un dipôle de Hertz, vibrant en demi-onde. Ce qui veut dire qu'elle est simplement constituée par deux tiges métalliques de 1,63 m de longueur chacune, placées dans le prolongement l'une de l'autre, alimentées au milieu et isolées à leurs extrémités opposées. Chacune de ces tiges vibre en quart d'onde.

Les divers procédés de modulation et de synchronisation

Nous avons dit que la station actuelle de la Tour Eiffel est encore du type expérimental, c'est-à-dire conçue pour l'essai de divers systèmes de télévision. Ces systèmes sont, pour le moment, au nombre de quatre : le procédé Thomson-Houston, le procédé Grammont, celui de la Compagnie Française de Télévision (Barthélémy), et celui de La Radio-Industrie. En fait, ils se ressemblent beaucoup et ne diffèrent que par quelques points de détail qui ne présentent d'importance que pour le technicien.

D'ailleurs le Ministre des P. T. T. vient de fixer pour trois ans les normes des futures émissions de télévision en France.

L'image complète se compose de deux demi-images, formant comme deux grilles dont les barreaux s'intercaleraient (fig. 6). La première image est composée par les lignes *Ab, Bc, Cd, ... Jk, Kl, LM*. La seconde image est formée par les lignes intercalaires *No, Op, Pq, ... Rs, St, TV*. Ainsi, 50 demi-images de 227 lignes chacune, formant 25 images complètes de 455 lignes, se succèdent en une seconde dans les procédés

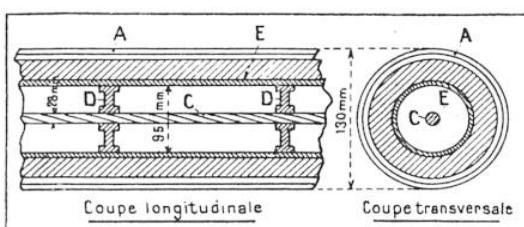


FIG. 5. — COUPES LONGITUDINALE ET TRANSVERSALE DU FEEDER DE L'ANTENNE DE TÉLÉVISION DE LA TOUR EIFFEL

Le câble coaxial est essentiellement constitué par un cylindre de cuivre articulé E, formant conducteur extérieur, et par un conducteur concentrique C, maintenu au centre du premier par des disques isolants en stéatite D. Le câble coaxial est extérieurement protégé par une armure A.

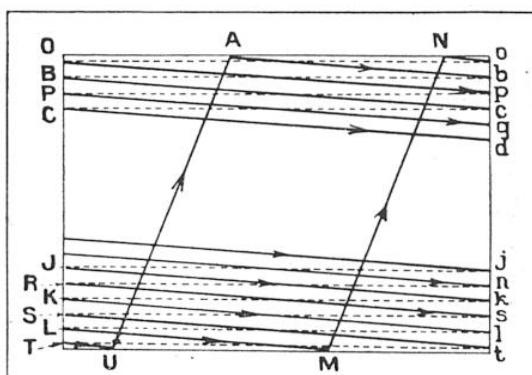


FIG. 6. — PRINCIPE DE L'EXPLORATION DE L'IMAGE PAR ENTRELACEMENT

Le spot lumineux, partant de A, explore les lignes obliques parallèles Ab, Bc, Cd, etc., et est brusquement ramené en fin de ligne selon les trajets ponctués bB, cC, etc. Arrivé en M au bas de l'image, le spot est ramené en N, point à partir duquel il recommence à décrire les obliques No, Op, Pq, etc., qui viennent s'intercaler exactement entre les lignes précédentes. L'image totale se trouve ainsi constituée par deux demi-images entrelacées. A la fin de la seconde demi-image, le spot est ramené de U en A et les phénomènes se reproduisent identiquement.

Thomson et Radio-Industrie ; le nombre de lignes est de 450 dans le procédé Barthélémy et de 375 dans celui de Grammont.

Partant de A, le spot cathodique (à l'émission) et le spot lumineux (à la réception) explorent l'image-objet et l'image à regarder en dessinant d'abord la première demi-image. A la fin de chaque ligne, le spot est ramené brusquement de droite à gauche (bB, cC...), selon le trajet horizontal indiqué en pointillé. A la fin de la demi-image, le spot est encore ramené brusquement, mais cette fois de M en N, c'est-à-dire de bas en haut. Du point N, il décrit la seconde demi-image selon un processus analogue au précédent avec rappel à la fin de chaque ligne. Enfin, au bout de la seconde demi-image, il est ramené de U en A et recommence identiquement son double balayage.

Quant à la forme même des signaux de modulation, elle apparaît sur la figure 7, qui montre les variations de l'amplitude en fonction de la durée. Chaque ligne est traduite par une succession

d'amplitudes plus ou moins crénelées. Une ligne ressemble à la précédente et à la suivante, l'image se modifiant peu d'une ligne à l'autre avec une définition de 225 lignes, donnant une variation élémentaire inférieure à 0,5 %. Les variations de teinte de l'image sont figurées par des variations d'amplitude du signal. Les blancs, signaux lumineux au maximum, sont rendus par les grandes amplitudes ; les noirs, par l'amplitude égale à 30 % du maximum. La marge de zéro à 30 % est réservée aux signaux de synchronisation. Chaque ligne est séparée de la suivante par un signal de synchronisation de ligne. A la fin de chaque demi-image apparaît un signal de synchronisation d'image comportant cinq lignes et constitué par une série de créneaux ayant l'amplitude du noir (30 %). D'un système à l'autre, il peut y avoir quelques variations dans le choix des amplitudes et du rythme des signaux de modulation. Mais le principe reste le même. Signalons que, dans le système Grammont, il suffit de tourner un bouton pour inverser la tonalité de l'image, c'est-à-dire pour passer du négatif au positif et vice versa.

Le télécinématographe

La télévision ne se conçoit pas plus sans télécinéma que la radiodiffusion sans enregistrement phonographique. Les mêmes avantages peuvent être invoqués d'ailleurs pour l'un et l'autre mode d'enregistrement.

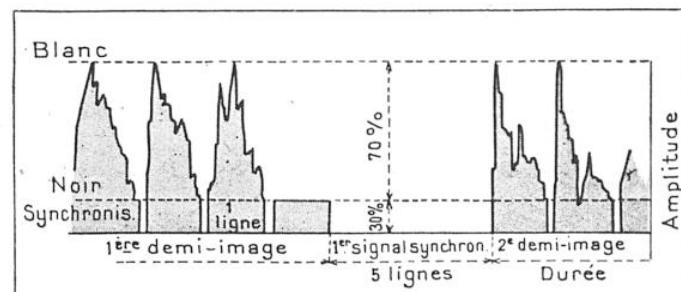


FIG. 7. — REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES SIGNAUX DE SYNCHRONISATION DE LIGNES ET D'IMAGES

La figure représente plusieurs signaux de ligne successifs. Le maximum d'intensité (100 %) correspond au blanc ; à mesure que l'intensité diminue, l'image s'assombrit ; le noir correspond à l'amplitude minimum du signal (30 %). La partie comprise entre l'amplitude du noir et l'amplitude zéro correspond aux signaux de synchronisation. Chaque ligne est séparée de la suivante par un signal de synchronisation de ligne, d'amplitude zéro. A la fin de chaque demi-image apparaissent les signaux de synchronisation d'image, qui occupent cinq lignes et dont l'amplitude est celle du noir (30 %). Pendant toute la durée de ces signaux, les signaux de ligne subsistent.

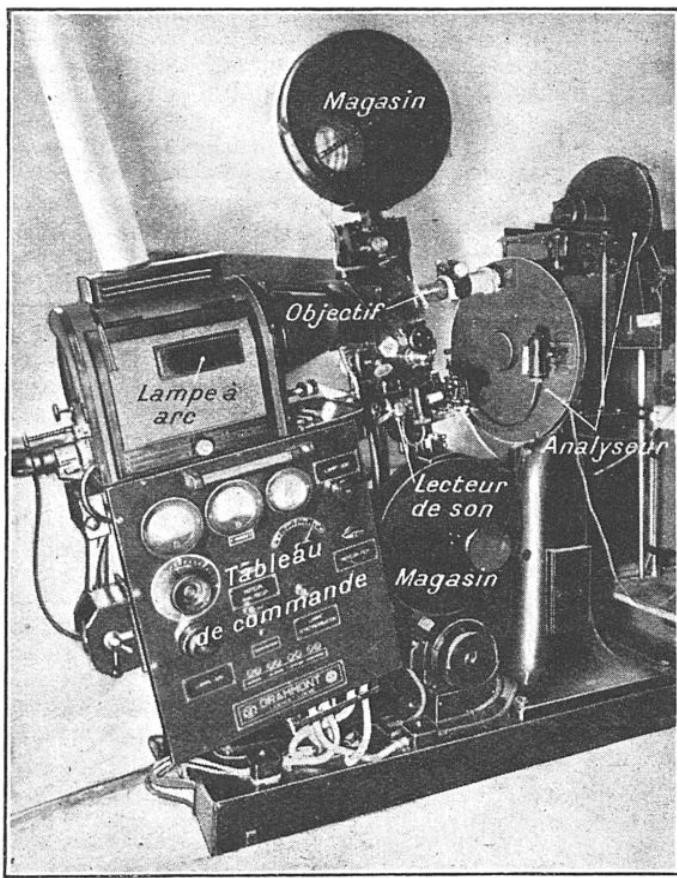


FIG. 8. — VUE D'ENSEMBLE D'UN APPAREIL UTILISÉ EN FRANCE POUR LES ÉMISSIONS DE TÉLÉCINÉMA (SYSTÈME GRAMMONT 1938)

On remarque à gauche le tableau de commande (lampe à arc, lampe de synchronisation, lampe de sonorisation, moteur de l'analyseur, moteur de film), surmonté par la lampe de projection. Au centre, en haut et en bas, les tambours de dévidement et d'enroulement du film, avec le moteur et les dispositifs d'entraînement. A droite, la roue de Nipkow qui constitue l'analyseur d'images et les systèmes de transformation photoélectrique.

Or, des installations de télécinéma ont déjà été réalisées et fonctionnent parfairement. Avant l'invention de l'Iconoscope et des multiplicateurs d'électrons, elles présentaient même un avantage incontestable du point de vue de l'éclairage. Le facteur temps est à peu près négligeable, les appareils modernes permettant le développement et la projection d'un film quelques secondes à peine après la prise de vue. En outre, le télécinéma possède tout l'intérêt de l'enregistrement et se prête aisément au photomontage. Il convient parfaitement aux

radioreportages et donne la possibilité d'un décalage dans le temps que n'offre pas la télévision directe.

Dans le courant de l'été 1938, le service de la radiodiffusion a entrepris des essais de télécinéma. La figure 8 montre un poste de projection. Le film dévidé par le magasin supérieur s'enroule dans le tambour inférieur. Entre les deux, il traverse le système optique entre la lampe à arc et l'objectif, puis le lecteur du son. L'image est analysée par l'Iconoscope, ou par la roue de Nipkow, dans les systèmes à basse définition.

La réception en télévision

La réception de télévision utilise un système de synthèse des images analysées à l'émission. Dans les premiers procédés, l'analyse et la synthèse étaient faites, à 180 lignes au maximum, au moyen d'un disque de Nipkow, percé de trous disposés en spirale à la périphérie. La figure 9 reproduit un de ces premiers appareils, constitués essentiellement par un moteur entraînant un disque de Nipkow. Un tube à luminescence gazeuse (tube au néon), placé



FIG. 9. — LE PREMIER RÉCEPTEUR DE TÉLÉVISION BARTHÉLÉMY

La synthèse de l'image est effectuée par le disque de Nipkow derrière lequel se trouve la lampe au néon.

derrière le disque, transformait les modulations électriques en modulations lumineuses. Reconstituée par la roue de Nipkow, l'image virtuelle apparaissait dans le système optique renfermé dans le tube conique.

Les récepteurs modernes de télévision sont beaucoup plus complexes, comme le montre la figure 10. Après amplification sélective dans le poste blindé qu'on aperçoit à la partie inférieure, la modulation est appliquée au tube à rayons cathodiques qui, jouant le rôle inverse de l'icônoScope, reproduit l'image par le déplacement du spot terminal du faisceau cathodique sur l'écran fluorescent du fond. Le tube étant monté verticalement, l'image est horizontale. On la redresse verticalement au moyen d'un miroir incliné à 45° sur le fond du tube. Le même meuble renferme également la réception de la sonorisation.

Il ressort de ce rapide exposé de l'état actuel de la télévision en France que nous possédons maintenant tous les instruments qui permettraient d'exploiter rationnellement ce nouveau moyen d'expression de la pensée : une technique donnant des images de qualité, fines et nettes, aussi bien en télévision qu'en télécinéma et un centre d'émission susceptible de desservir con-

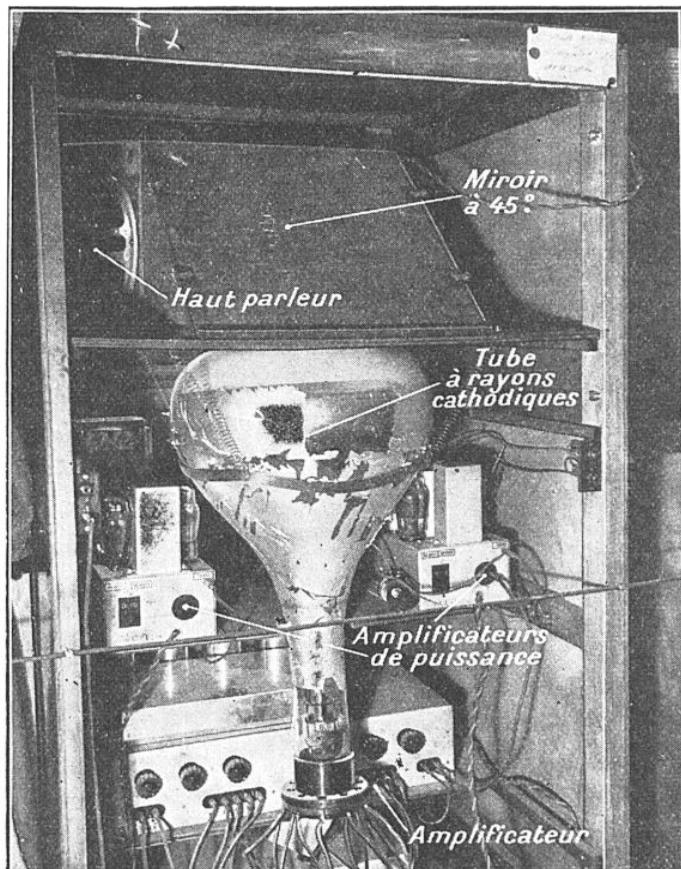
venablement la région parisienne, en attendant qu'un réseau de câbles à très haute fréquence et de stations-relais étende à la province le bénéfice de ces nouvelles inventions.

D'ailleurs, un premier câble de télévision, en cours de montage entre Paris et Bordeaux, doit alimenter trois relais situés à Limoges, Bordeaux et Toulouse. Ces câbles à très haute fréquence permettraient également la transmission simultanée de quelques centaines de communications téléphoniques.

On a déjà la certitude d'en avoir fini avec le stade expérimental, c'est-à-dire de ne plus avoir à craindre un changement de caractéristiques. Mais la télévision ne prendra réellement son essor commercial que lorsque les programmes seront considérablement développés, tant en qualité qu'en quantité. C'est ainsi que la France ne donne actuellement qu'une heure de pro-

grammes par jour et deux heures le dimanche, à des heures creuses. En Angleterre, au contraire, les émissions se succèdent de 15 h à 16 h et de 21 h à 22 h 20, et, en Allemagne, pendant deux heures chaque soir, de 20 h à 21 h 55. Ce sont des exemples dont nous pourrions utilement nous inspirer.

PIERRE LAROCHE.



(Compagnie française de télévision.)
FIG. 10. — DÉTAILS D'UN RÉCEPTEUR MODERNE DE
TÉLÉVISION AVEC TUBE A RAYONS CATHODIQUES

Le récepteur apparaît ici par sa face arrière. L'ampoule du tube est suspendue et maintenue par des ressorts à boudin. La trémie à la partie supérieure porte le miroir, incliné à 45°, qui projette sur un plan vertical l'image qui se forme horizontalement sur le fond de l'oscillographe.

L'ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE, HYDRAULIQUE ET PNEUMATIQUE DES AVIONS MODERNES

Par Pierre DEVAUX
ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

L'augmentation constante du tonnage des avions et hydravions commerciaux, l'amélioration continue des performances des appareils tant civils que militaires (vitesse, plafond, charge utile, rayon d'action) ont posé aux constructeurs des problèmes nouveaux multiples et complexes. Moteurs et cellules demeurent les éléments essentiels, mais on peut dire que l'avion moderne est devenu une véritable usine volante, avec sa centrale électrique et son réseau de distribution à basse tension, avec ses commandes hydrauliques, avec ses compresseurs à haute et basse pression et ses canalisations d'air comprimé et « déprimé ». Pilotage automatique, relevage du train d'atterrissage, variation du pas de l'hélice en vol, dégivrage des ailes, freinage au sol, éclairage, chauffage, etc., telles sont les principales fonctions de cette machinerie complexe dont le poids et l'encombrement doivent être réduits à l'extrême, mais dont la sécurité de fonctionnement doit être absolue puisqu'elle conditionne celle de l'équipage et des passagers.

Voici quelques années, un *planeur*, ou *cellule*, robuste et un *moteur régulier* étaient considérés comme les seuls éléments essentiels d'un avion.

Aujourd'hui, le fonctionnement des appareils de navigation et de pilotage sans visibilité (P. S. V.), de la T. S. F., du train d'atterrissage relevable, sont venus au premier plan des préoccupations des constructeurs.

D'innombrables problèmes, entièrement nouveaux, se sont posés : variation du pas de l'hélice, escamotage du train et des radiateurs, lancement du moteur, éclairage, chauffage, freinage au sol, dégivrage des ailes, sans parler de l'armement, qui constitue un domaine à part. C'est toute une machinerie complexe qui doit trouver place à bord de l'avion.

Une épineuse « équation de poids »

Les problèmes de « servitudes » se présentent, à bord des avions, sous un double aspect particulièrement épineux. Tout d'abord, une *sécurité de fonctionnement absolue* est indispensable ; le sort d'un avion dont le train d'atterrissage reste bloqué, pour nous borner à ce seul exemple, n'est assurément pas enviable !

En second lieu intervient la redoutable *équation de poids*, si gênante dans les constructions navales, mais qui prend à bord des avions une importance primordiale. Cette

« équation » exprime que si l'on veut placer à bord de l'avion un organe pesant x kg, on sera nécessairement conduit à une augmentation globale de poids très supérieure, parfois voisine de 4 à 5 x !

Un exemple va nous faire comprendre ce fait paradoxal. On sait que les *gyroscopes* des instruments de navigation sont formés de volants métalliques munis d'encoches et enfermés dans des carters ; une pompe fait un vide relatif dans le carter ; un jet d'air extérieur, pénétrant à travers la paroi du carter par un ajutage de profil convenable, vient frapper les encoches, entretenant le mouvement du volant.

La *pompe à vide* qui dessert les trois gyroscopes d'un avion absorbe environ 6/10 de ch... chiffre évidemment modeste. Pour des raisons de commodité, on s'est proposé d'entraîner cette pompe au moyen d'un moteur électrique.

Suivons la cascade des poids. Un tel moteur électrique pèse 2 kg ; ajoutons 0,6 kg pour le réducteur de vitesse et 2 kg pour les indispensables « *filtres antiparasites* » empêchant le moteur de perturber l'installation de radio. Nous voici déjà à 4,600 kg.

Pour alimenter convenablement le moteur, qui absorbe environ 500 W, il va falloir renforcer la génératrice du bord : ei, un supplément nouveau de 4 kg. On arrive ainsi au poids total de 8,600 kg pour entraîner une pompe à vide pesant 1,800 kg et

absorbant 2/3 de ch ! Ajoutons, pour la sécurité, un groupe moteur-pompe de rechange et nous arrivons à 13,200 kg !

Le constructeur se trouve alors pris dans un dilemme. S'il laisse inchangées la puissance du moteur et les dimensions du planeur, l'avion perdra légèrement sur toutes ses performances ; vitesse maximum, plafond, rayon d'action. A notre époque d'après concurrence, principalement dans le domaine de l'aviation militaire, c'est là un handicap sérieux.

Si, pour faire face à divers accroissements de poids tels

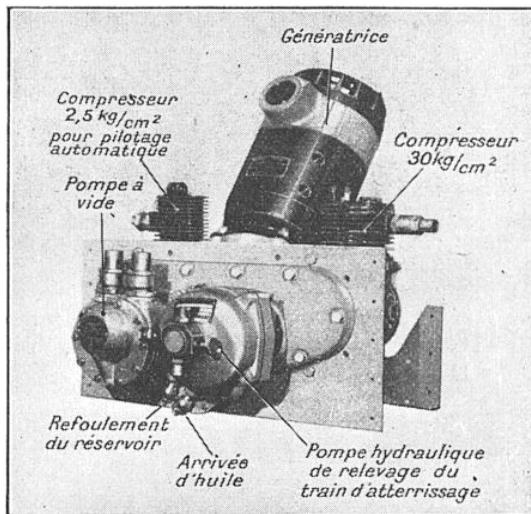


FIG. 1. — VOICI LE RELAIS D'ACCESOIRES QUI, SUR LES AVIONS DE MOYEN TONNAGE, ALIMENTE TOUS LES SERVICES AUXILIAIRES. Ce relais, entraîné directement par l'un des moteurs, groupe tous les organes producteurs de l'énergie assurant les diverses commandes hydrauliques, pneumatiques et électriques.

que celui que nous venons d'envisager, le constructeur se résigne à augmenter la puissance du moteur et la surface du planeur, il est clair que moteur et planeur deviendront également plus lourds. Au total, nous serons conduits, inéluctablement, à un supplément de poids et de puissance assez élevé et qui aurait pu être utilisé pour la charge utile ou l'armement.

Trois « agents physiques » concurrents

Si l'on écarte les commandes mécaniques directes, on se trouve en présence de trois systèmes de

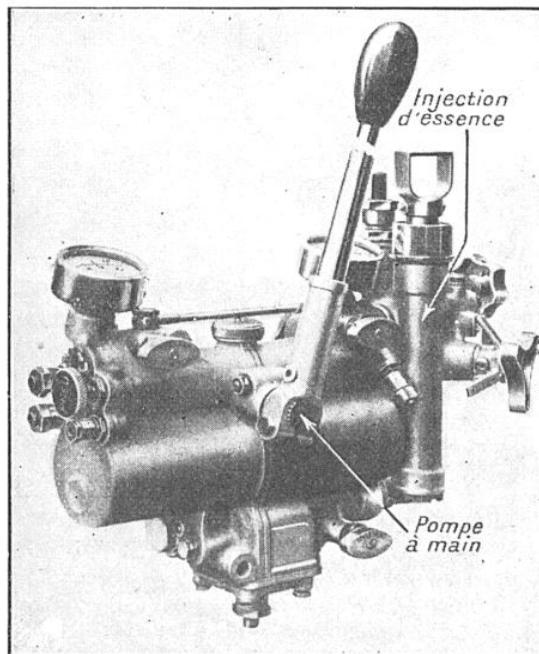
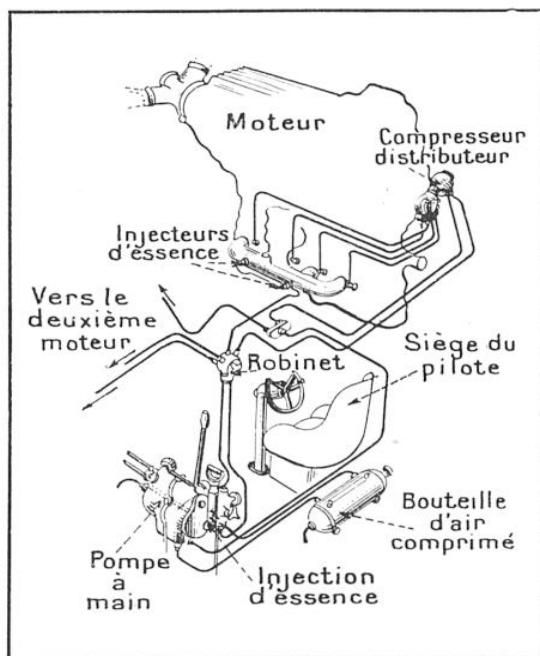


FIG. 2 ET 3. — A GAUCHE, SCHÉMA D'UNE INSTALLATION POUR LE DÉMARRAGE DES MOTEURS UTILISANT L'AIR COMPRIMÉ CARBURÉ. A DROITE, POMPE À LEVIER FOURNISSENT L'AIR COMPRIMÉ. Le compresseur, monté sur le moteur, remplit le réservoir d'air sous pression. A l'arrêt, et lorsque la bouteille est vide, on fait appel à la pompe à main. On fournit aux cylindres un mélange d'air comprimé et d'essence pulvérisée, qui est enflammé à l'aide d'une « magnéto de départ ». L'impulsion est plus puissante et la consommation d'air moindre qu'avec l'air comprimé seul.

transmission et de servitudes actuellement mis en œuvre sur les avions ou hydravions :

- l'air comprimé ou « déprimé » ;
- les transmissions hydrauliques ;
- l'électricité.

Chacun de ces agents physiques possède sa « physionomie » bien déterminée, qui le rend propre à certains usages. C'est ainsi que la solution pneumatique convient à la manœuvre des freins, au démarrage des moteurs, au relevage du train. La solution hydraulique convient aux efforts gradués ou considérables, développant une énergie totale faible : amortissement des trains d'atterrissement et des ailerons, relevage des trains, manœuvre des freins en combinaison avec l'air comprimé.

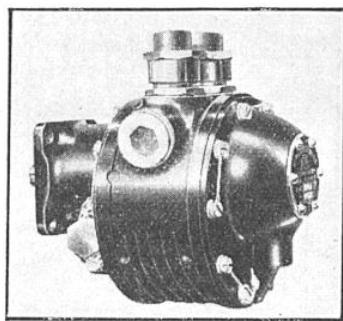


FIG. 4. — POMPE A VIDE A PALETTES DONT LA DÉPRESSION SERT A L'ENTRAÎNEMENT DES GYROSCOPES DE NAVIGATION (FIG. 5) ET DONT LE REFOULEMENT FOURNIT LA BASSE PRESSION A 0,5 KG/CM² POUR LE DÉGIVRAGE

sions hydrauliques et à l'air comprimé dans leurs applications spécifiques, mais moyennant des combinaisons mécaniques d'un poids parfois élevé et que leur complexité même ne met pas à l'abri de la critique.

Air comprimé et air « déprimé »

L'air comprimé, ou déprimé, est utilisé à bord des avions sous quatre pressions différentes.

L'air à *haute pression* fourni par une « bouteille » en acier chargée à 30 kg/cm², munie ou non d'un détendeur, est utilisé pour le démarrage des moteurs, la commande des freins, le réarmement du canon et des mitrailleuses, les amortisseurs des trains d'atterrissement, le relevage

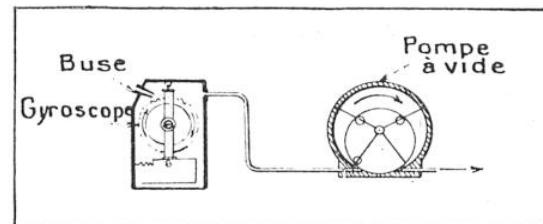


FIG. 5. — SCHÉMA DE L'ENTRAÎNEMENT D'UN GYROSCOPE PAR DÉPRESSION

Le gyroscope est formé par une petite roue en bronze portant des encoches. Un gicleur d'air communiquant avec l'extérieur débouche tangentielle à ces alvéoles. L'air aspiré par la pompe à vide vient frapper la roue et l'entraîne à une vitesse de l'ordre de 10 000 à 12 000 tours/mn.

des trains, le gonflage des pneus, des vêtements et canots pneumatiques, le fonctionnement des extincteurs, de la « sonde acoustique » indiquant la hauteur de l'avion au-dessus du sol, pour l'émission de fumées, etc.

La *moyenne pression*, soit 2,5 kg/cm², n'est utilisée que pour le pilotage automatique.

La *basse pression*, soit 0,5 kg/cm², sert au dégivrage des bords d'attaque des ailes et du stabilisateur.

La *dépression* ou commande par le vide, est utilisée pour l'entraînement des gyroscopes et la transmission des ordres.

Malgré un légitime désir d'unification, il ne semble pas que l'on puisse centraliser, pratiquement, la production de ces diverses catégories d'air comprimé dans un seul aspiro-compresseur. Des détendeurs seraient en effet nécessaires, mais détente libre signifie perte d'énergie, en sorte que l'ensemble devrait être prévu plus puissant, donc plus lourd, que des installations séparées.

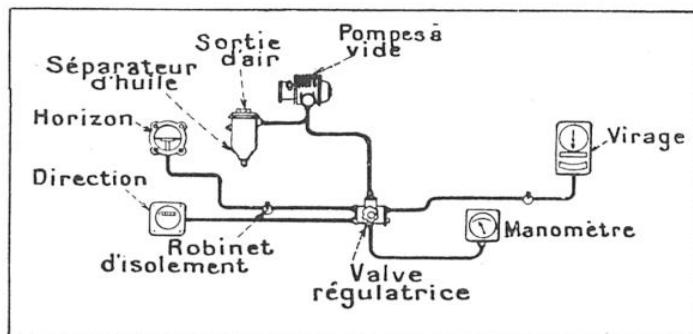


FIG. 6. — SCHÉMA DE LA COMMANDE PAR DÉPRESSION DES GYROSCOPES DES APPAREILS DE NAVIGATION

Les appareils de navigation sont représentés ici par un contrôleur de vol et un horizon artificiel et directionnel.

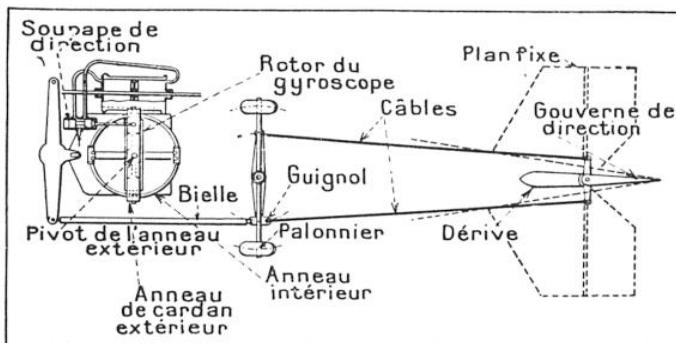


FIG. 7. — SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT DU SERVOMOTEUR PNEUMATIQUE DE DIRECTION

Le pilotage automatique utilise de l'air comprimé à $2,5 \text{ kg/cm}^2$. Le gyroscope commande des tiroirs distributeurs d'air dans des cylindres moteurs attelés aux gouvernes qui corrigeant ainsi les déplacements relatifs des axes du gyroscope et de son cadre support. Les diverses commandes de profondeur et de stabilité transversale sont effectuées d'après le même principe. Elles n'utilisent cependant qu'un seul gyroscope pour elles deux.

Utilisation de l'air à 30 kg/cm^2

Pour le lancement pneumatique des moteurs, la bouteille est préalablement chargée à 30 kg/cm^2 à l'aide d'un compresseur monté sur le moteur ou au moyen d'une pompe à main. Le pilote envoie l'air à un distributeur qui laisse pénétrer cet air dans chaque cylindre au temps « explosion », provoquant de cette façon la rotation du vilebrequin.

Dans le démarrage dit « à gaz », l'air entraîne de l'essence, en sorte que, dès que l'un des pistons a franchi un temps « compression », une explosion se produit, provoquant le démarrage du moteur. La consommation d'air comprimé se trouve ainsi très réduite.

Le lancement des moteurs Diesel exige une pression supérieure à 30 kg/cm^2 , qui est fournie par un compresseur à deux « étages », c'est-à-dire comprimant l'air, successivement, à une pression moyenne, puis plus élevée.

Les freins des roues sont alimentés sous 8 à 10 kg/cm^2 , grâce à un détendeur; cet air pénètre dans des cylindres hydropneumatiques de diamètres inégaux, formant « multiplicateur de pression », le liquide étant chargé de l'effort final d'écartement des segments de freins.

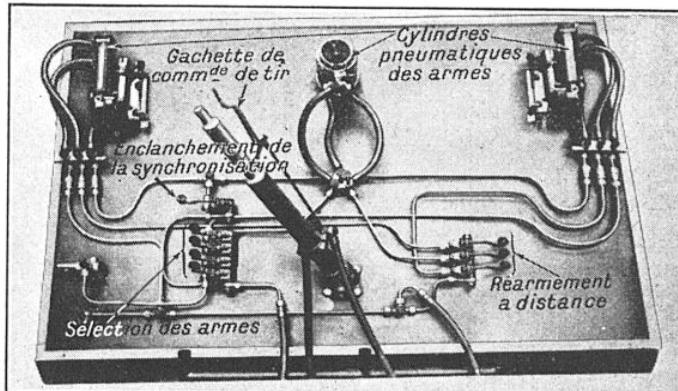
Pour le remplissage des amortisseurs, on utilise l'air de la bouteille à 30 kg/cm^2 ; puis on porte la pression à 55 kg/cm^2 à l'aide d'une pompe à main.

Dans l'armement, l'air à 30 kg/cm^2 joue des rôles multiples. Citons seulement : le réarmement des mitrailleuses, le tir avec plusieurs mitrailleuses, la synchronisation du rythme de la mitrailleuse avec la rotation du moteur pour le tir à travers l'hélice, etc. (fig. 8).

Moyennes et basses pressions

Nous ne pouvons décrire en détail les installations de pilotage automatique et de navigation automatique alimentées par l'air comprimé à $2,5 \text{ kg/cm}^2$. Rappelons que cet air joue ici un rôle d'asservissement, dans des appareils du type servo-moteur appelés familièrement robots d'avions.

Le principe est le suivant. L'« initiative » des manœuvres partant des gyroscopes, les boîtiers de ceux-ci pivotent ou s'inclinent, déplaçant de petits tiroirs d'admission d'air comprimé. Cet air se rend, par des tuyaux, dans les cylindres des moteurs pneumatiques attaquant directement les câbles des « gouvernes » : gouvernail de direction, gouvernail de profondeur, ailerons des ailes.



(Manufacture d'Armes de Paris)

FIG. 8. — TABLEAU MONTRANT LA DISPOSITION DES ORGANES POUR LA COMMANDE PNEUMATIQUE À DISTANCE DES CANONS ET MITRAILLEUSES SUR UN AVION MILITAIRE
Ce dispositif pneumatique assure l'armement et le réarmement (lorsqu'une mauvaise cartouche dans le chargeur provoque l'arrêt du tir) de chacune des armes. Un clavier permet de sélectionner les armes (mitrailleuse droite ou gauche, canon, mitrailleuse photographique) avec lesquelles on veut tirer. Lorsqu'il y a tir dans le cercle balayé par l'hélice, une manette assure l'enclenchement de la synchronisation.

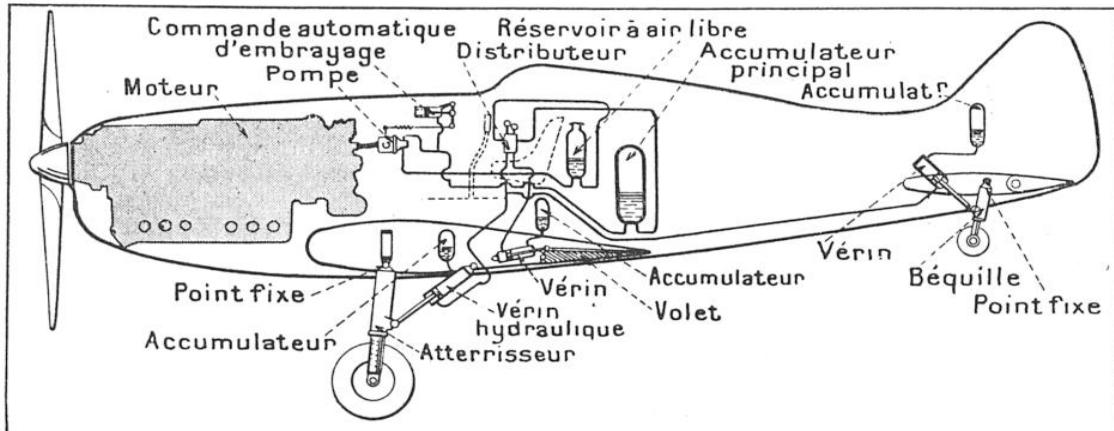


FIG. 9. — SCHÉMA DE LA COMMANDE HYDRAULIQUE D'UN TRAIN D'ATTERRISSAGE ÉCLIPSABLE (MESSIER) ET DES VOLETS D'INTRADOS SITUÉS A L'ARRIÈRE DES AILES

Le train d'atterrissement, la béquille de queue et les volets d'intrados sont mis par des vérins hydrauliques convenablement dimensionnés. Une pompe aspire le liquide dans un réservoir et le refoule dans le cylindre du vérin. Quand le piston se déplace, le liquide contenu dans le deuxième compartiment du vérin est refoulé dans un réservoir accumulateur où il comprime une colonne d'air. La détente de l'accumulateur ramène l'organe en place lorsque le jeu des clapets le permet.

L'air à basse pression, soit $0,5 \text{ kg/cm}^2$, est utilisé pour gonfler et dégonfler alternativement, toutes les 40 secondes environ, des chambres à air souples placées au bord d'attaque des ailes et empennages. Lors des vols d'altitude, ce mouvement continu s'oppose à la formation d'une couche de givre, qu'elle fait craquer. Le débit d'air requis est considérable ; à bord des avions multimoteurs, il faut compter une pompe par moteur.

Les pompes de dégivrage du type à palettes produisent en même temps la dépression nécessaire à l'entraînement des gyroscopes.

Commandes hydrauliques

Les principales applications de l'hydraulique à bord des avions sont le relevage du train d'atterrissement et le remplissage des amortisseurs de ce train.

Voici le principe du train « Messier », aujourd'hui le plus répandu et qui s'appa-

rente au classique frein à récupération de notre canon de 75.

Une pompe, mue à la main ou par l'un des moteurs de l'avion, aspire dans une bâche un liquide incongelable à fluidité constante et le refoule à la partie inférieure du cylindre de commande du train.

Un piston, coulissant dans ce cylindre, se trouve repoussé vers le haut, ce qui provoque le relevage du train. En s'élevant, le piston refoule devant lui une autre portion du liquide, qui comprime de l'air dans un réservoir clos appelé accumulateur d'air.

Quand l'instant de l'atterrissement approche, le pilote ouvre un clapet qui permet au liquide, précédemment injecté par la pompe, de refluer à la bâche. La pression de l'air contenu dans l'accumulateur fait alors descendre le piston ; le train se déploie.

En cas d'accident à l'accumulateur d'air, le pilote conserve la possi-

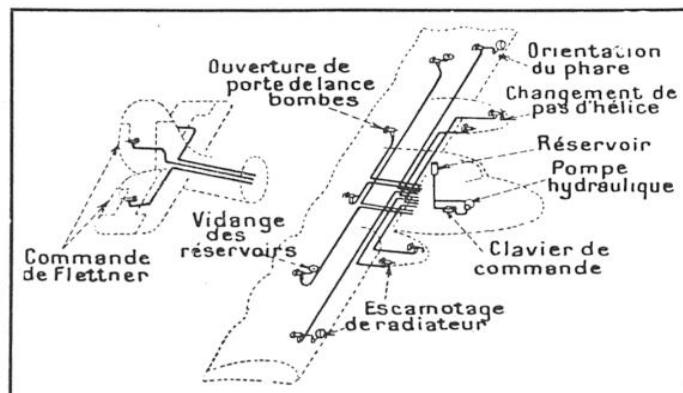


FIG. 10. — ENSEMBLE DES COMMANDES HYDRAULIQUES AUXILIAIRES INSTALLÉES SUR UN AVION

La pompe hydraulique maintient dans le réservoir une pression constante. Le pilote a sous la main un clavier qui lui permet d'actionner à distance tel ou tel organe de son choix.

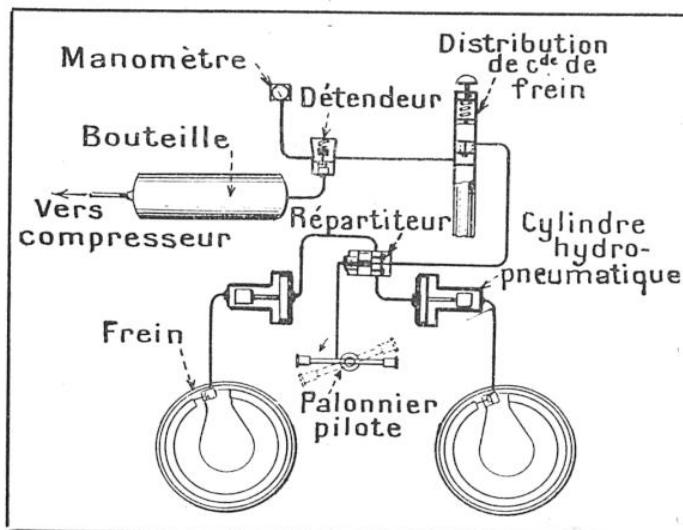


FIG. 11. — SCHÉMA DE L'INSTALLATION DE LA COMMANDE PNEUMATIQUE DES FREINS DE ROUE

La commande au manche à balai comporte un bouton ouvrant l'arrivée d'air au répartiteur entre les deux roues. L'air, à 8 kg/cm² environ, parvient ensuite à des cylindres hydropneumatiques multiplicateurs de pression (un pour chaque roue) qui portent cette dernière à 30 ou 80 kg/cm², suivant les cas.

bilité de provoquer directement le déploiement du train au moyen de la pompe, grâce à une tuyauterie auxiliaire. La sécurité est donc satisfaisante.

Les « jambes » du train, formant amortisseur, contiennent à leur partie inférieure un liquide incongelable à fluidité constante ; à la partie supérieure, une valve permet le remplissage avec de l'air à une pression de 50 à 80 kg/cm².

Quand la roue vient en contact avec le sol, la jambe se raccourcit télescopiquement ; le liquide remonte à travers un orifice autour d'une tige de diamètre variable qui règle le freinage du mouvement. Au retour, un clapet s'oppose à un retour trop rapide du liquide, en vue d'éviter le rebondissement de l'avion. L'air comprimé fournit l'élasticité nécessaire au roulement sur le sol.

Relativement peu employées actuellement à bord des avions, les commandes à distance par tubes hydrauliques semblent appelées à un certain développement. On peut concevoir une pompe tournant continuellement pour alimenter un réservoir sous pression et un clavier, placé à portée du pilote, permettant à ce dernier d'envoyer la pression dans l'un des circuits prévus pour l'orientation des phares, l'escamotage des radiateurs, la variation du pas de l'hélice, les vidanges instantanées des réservoirs...

Rôle de l'électricité

Même limitée au strict chapitre « aviation », l'électricité constitue un domaine immense que nous ne saurions explorer entièrement. Bornons-nous aux points les plus caractéristiques.

Les démarreurs des moteurs sont les gros consommateurs de courant. Ils sont de deux types : *directs* ou à *inertie*.

Dans le démarreur *direct*, le moteur électrique agit par l'intermédiaire d'un démultiplicateur peu encombrant (hypocycloïdal) sur le vilebrequin du moteur. Un petit embrayage réglable, formant limiteur d'effort, évite la rupture de la transmission au cas de résistance anormale ou de retour dû à une avance à l'allumage excessive.

Le démarreur direct ne convient que pour les moteurs de faible puissance, jusqu'à 150 ou 200 ch. Au-dessus de cette puissance, un démarreur à *inertie* devient nécessaire, pour rester dans les limites de poids et de consommation de courant acceptables.

Ce type de démarreur comporte un moteur électrique qui lance tout d'abord un volant à 10 000 ou 15 000 tours/mn ; la durée de lan-

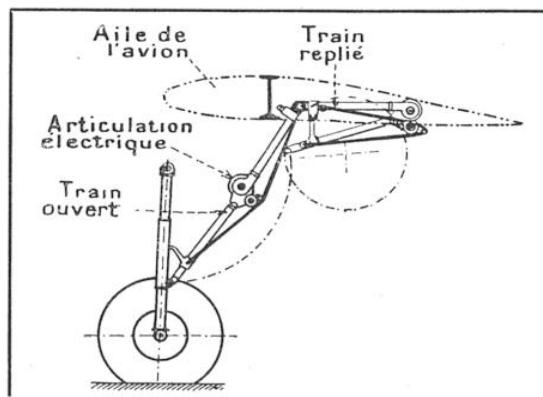


FIG. 12. — SCHÉMA D'UN TRAIN D'ATTERRISSEAGE RELEVABLE PAR « GENOU ÉLECTRIQUE »

L'articulation, au milieu des barres de poussée du train, contient un moteur électrique et son démultiplicateur. Lorsque les deux branches se ferment, le train remonte vers l'arrière et se verrouille à la position haute après arrêt automatique du moteur. Pour la descente, le moteur n'intervient qu'en cas de résistance anormale des articulations.

cement est de 6 à 15 secondes. A ce moment, le volant est embrayé sur le moteur à lancer, par l'intermédiaire d'un démultiplicateur. La force vive accumulée dans le volant est suffisante pour produire le départ à coup sûr. La consommation est seulement moitié de la consommation avec démarreur direct, et l'on conserve en outre la possibilité, en cas de défaillance du moteur électrique, de lancer le volant à la main.

Un dispositif ingénieux, le *genou électrique*, fait appel à l'électricité pour le relevage du train. Les jambes du train peuvent se plier en angle, comme les jambes arrière d'un cheval ; à l'intérieur de l'articulation se trouvent logés un moteur électrique et un démultiplicateur chargés de la manœuvre.

Citons encore, parmi les nombreuses applications de l'électricité, la manœuvre des volets d'intrados, la commande de variation du pas de l'hélice, une multitude de transmissions numériques à distance, reliant divers appareils aux cadrans placés sous les yeux du pilote, le chauffage, l'éclairage, sans oublier ce curieux éclairage en *lumière noire* (rayons ultraviolets) qui permet de rendre phosphorescents les chiffres et les aiguilles du tableau de bord sans éblouir le pilote, lors des vols effectués pendant la nuit.

Triphasé 150 périodes

La nature du courant est aujourd'hui loin d'être standardisée. En Europe, on utilise généralement le continu 24 V et aux Etats-Unis le continu 12 V; le courant est fourni par des génératrices entraînées par les moteurs de l'avion avec interposition d'une

« batterie-tampon ». On demande à des commutatrices rotatives, et à des transformateurs, le courant alternatif de tensions variées, nécessaires aux différents besoins.

L'utilisation générale du courant alternatif, principalement du triphasé 110 V, 150 périodes, possède de chauds partisans. Pour la T. S. F., l'alternatif permet d'obtenir les différentes tensions nécessaires à l'aide de transformateurs, ce qui supprime les machines tournantes, lourdes, encombrantes, peu sûres et dont le collecteur s'encrasse. Ce triphasé est, d'autre part, à vantageux pour les différents moteurs du bord, qui se trouvent ainsi simplifiés et allégés.

Un inconvénient de l'alternatif est qu'il ne peut être emmagasiné, comme le continu, dans des accumulateurs. On est ainsi conduit à utiliser des commutatrices pour charger la batterie. Notons également l'emploi de groupes électrogènes autonomes à essence, capables d'alimenter directement les démarreurs des moteurs de l'avion et la T. S. F.; le rôle des accumulateurs peut ainsi se trouver réduit au démarrage du groupe électrogène.

Telles sont les perspectives actuelles de l'emploi de l'air comprimé, de l'hydraulique et de l'électricité à bord des avions. Il faut convenir que ceux-ci, devenus de véritables *usines volantes*, ont un peu perdu la belle simplicité des appareils d'il y a vingt ans ; et l'on doit rendre hommage au patient labeur des techniciens qui s'attachent à simplifier et à rationaliser l'anatomie complexe des avions modernes.

P. DEVAUX.

N.D.L.R. — Les illustrations de cet article ont été aimablement communiquées par *Air Eauinément*

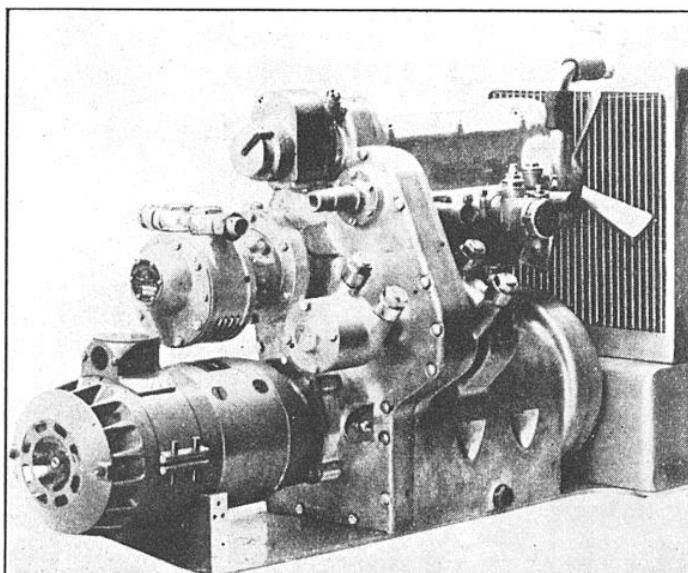


FIG. 13. — TYPE DE GROUPE ÉLECTROGÈNE AUXILIAIRE POUR AVIONS ; PUISSEANCE, 8 CH

En vue de réduire au minimum le poids et l'encombrement des batteries d'accumulateurs, les constructeurs s'orientent actuellement vers l'emploi de groupes auxiliaires lancés à la main ou par un démarreur à faible consommation. La construction de ces groupes est inspirée du même souci de légèreté, poussé jusqu'aux moindres détails, que celle de l'avion lui-même.

alimenter directement les démarreurs des moteurs de l'avion et la T. S. F.; le rôle des accumulateurs peut ainsi se trouver réduit au démarrage du groupe électrogène.

Telles sont les perspectives actuelles de l'emploi de l'air comprimé, de l'hydraulique et de l'électricité à bord des avions. Il faut convenir que ceux-ci, devenus de véritables *usines volantes*, ont un peu perdu la belle simplicité des appareils d'il y a vingt ans ; et l'on doit rendre hommage au patient labeur des techniciens qui s'attachent à simplifier et à rationaliser l'anatomie complexe des avions modernes.

P. DEVAUX.

N.D.L.R. — Les illustrations de cet article ont été aimablement communiquées par *Air Eauinément*

COMMENT DES CELLULES RADIOACTIVES PERMETTENT D'ANALYSER UNE ATMOSPHERE ET DE DECELER TOUT DANGER D'INCENDIE

On dit souvent qu'un verre d'eau peut suffire à éteindre un commencement d'incendie (ce n'est évidemment pas le cas des matières extrêmement inflammables ou explosives), alors qu'il en faut des tonnes lorsque les moyens de défense tardent à être mis en œuvre. Quelle que soit la puissance ou la perfection du matériel, la détection automatique du début d'une combustion intempestive joue, en effet, un rôle capital dans la lutte contre le feu.

De nombreux dispositifs ont été imaginés dans ce but. Les uns constituent simplement des détecteurs de flammes : le déclenchement mécanique des extincteurs est provoqué par l'inflammation d'un organe de verrouillage en matière facilement combustible : celluloïd, coton-poudre, etc. D'autres sont mis en action par l'élévation de la température qui entraîne, soit la fusion d'alliages spéciaux, soit la déformation de lames bimétalliques, composées de deux métaux juxtaposés à coefficients de dilatation différents, soit une variation de la résistance de conducteurs électriques, soit enfin la naissance d'une force électromotrice (couples thermoélectriques). D'autres encore servent à la détection des fumées (appareils excités par l'intermédiaire de cellules photoélectriques sensibles aux variations d'intensité lumineuse).

Tous ces phénomènes supposent cependant l'existence effective d'un « feu » don-

nant des flammes, ou dégageant de la chaleur ou de la fumée. Mais voici une nouvelle solution du problème capable de déceler, non seulement un commencement d'incendie, mais encore les manifestations les plus minimes des signes avant-coureurs qui précèdent le danger (1). Ainsi, avant toute élévation de la température, avant toute émission de fumée, cette « prédétection » peut donner l'alarme. Deux essais récents l'ont confirmé :

Dans un standard téléphonique, l'appareil — dont nous verrons plus loin le fonctionnement — fut relié aux tuyauteries d'aspiration situées à la partie supérieure de trois répartiteurs. L'un quelconque des relais de ces répartiteurs étant soumis à une surtension, les gaz produits par l'échauffement

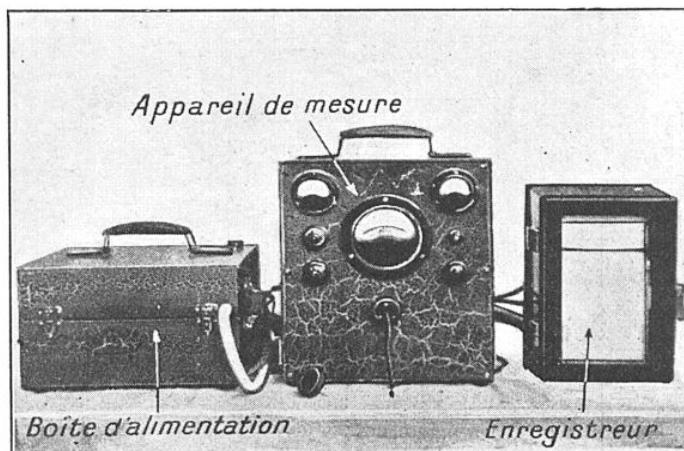


FIG. 1. — ENSEMBLE DE L'APPAREIL ANALYSEUR DE GAZ UTILISANT DES CELLULES RADIOACTIVES

des isolants et traversant l'appareil provoquèrent l'alarme en trois minutes, sans qu'il y eût émission de fumée et sans qu'une sonde pyrométrique placée sur le chemin des gaz indiquât la moindre élévation de température. Le relais ne s'enflamma spontanément que dix minutes après l'alarme, temps largement suffisant pour une intervention efficace.

Autre essai : un paquet de câbles ayant été allumé au même endroit, l'alarme fut donnée en six secondes, alors qu'il fallut une minute pour que la sonde révélât une

(1) Communication de MM. Breitmann et Malsalz. *Revue Générale d'Electricité*, tome XLIII, n° 9

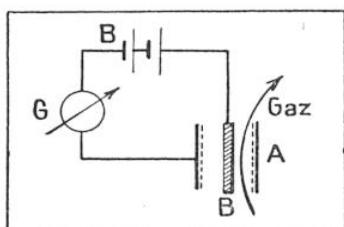


FIG. 2. — SCHÉMA DE PRINCIPE DU MONTAGE DE LA CELLULE RADIOACTIVE

La paroi interne de la cellule cylindrique A est recouverte d'un sel radioactif qui ionise le gaz contenu dans la cellule. Le champ électrique entre A et B donne aux ions formés une certaine vitesse, et il en résulte un courant électrique mesurable par ionisation. On s'adresse pour cela au radium, ou plutôt à un de ses sels : en l'espèce, le sulfate, qui ne s'altère pas à l'humidité. On sait que la principale caractéristique des éléments radioactifs consiste dans la désintégration spontanée du noyau de leurs atomes. Or, cette transformation atomique s'accompagne de l'émission d'un rayonnement complexe comprenant les rayonnements alpha (α), béta (β) et gamma (γ). C'est le premier qui nous intéresse surtout ici. Le corpuscule α , particule matérielle lancée à une vitesse de l'ordre de 18 000 km/s,

élévation de température de 5° C.

Ionisation et prédétection

Le principe de la méthode mise en œuvre consiste à mesurer les variations de l'intensité d'un courant électrique traversant un gaz rendu conducteur par ionisation. On s'adresse pour cela au radium, ou plutôt à un de ses sels : en l'espèce, le sulfate, qui ne s'altère pas à l'humidité. On sait que la principale caractéristique des éléments radioactifs consiste dans la désintégration spontanée du noyau de leurs atomes. Or, cette transformation atomique s'accompagne de l'émission d'un rayonnement complexe comprenant les rayonnements alpha (α), béta (β) et gamma (γ). C'est le premier qui nous intéresse surtout ici. Le corpuscule α , particule matérielle lancée à une vitesse de l'ordre de 18 000 km/s,

gaz, il se produit, de chaque côté de la trajectoire de ces corpuscules, des ions gazeux chargés positivement et négativement. Le problème consiste à donner à ces ions, au moyen d'un champ électrique, un mouvement d'ensemble qui se traduira, au sein du gaz ainsi ionisé, par un courant électrique mesurable. Comme, par ailleurs, dès que le champ électrique accélérateur s'annule, les ions gazeux disparaissent par recombinaison des charges opposées, il est donc nécessaire d'employer un potentiel accélé-

nant, ou plutôt à un de ses sels : en l'espèce, le sulfate, qui ne s'altère pas à l'humidité. On sait que la principale caractéristique des éléments radioactifs consiste dans la désintégration spontanée du noyau de leurs atomes. Or, cette transformation atomique s'accompagne de l'émission d'un rayonnement complexe comprenant les rayonnements alpha (α), béta (β) et gamma (γ). C'est le premier qui nous intéresse surtout ici. Le corpuscule α , particule matérielle lancée à une vitesse de l'ordre de 18 000 km/s, n'est autre qu'un noyau d'hélium, c'est-à-dire un atome d'hélium ayant perdu deux électrons, soit deux charges élémentaires d'électricité négative. Il possède donc une double charge d'électricité positive, puisque l'atome primitif est neutre.

Au moment du passage du rayonnement à travers les

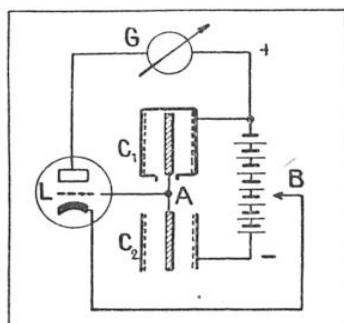


FIG. 3. — SCHÉMA DE MONTAGE EN SÉRIE DE DEUX CELLULES RADIOACTIVES

La cellule C₁ est remplie d'un gaz connu tandis que le gaz à étudier traverse la cellule C₂. Les variations du potentiel de A qui résultent des changements dans l'ionisation du gaz traversant C₂ sont transformées en variations d'intensité par la triode L et sont mesurées par le galvanomètre G.

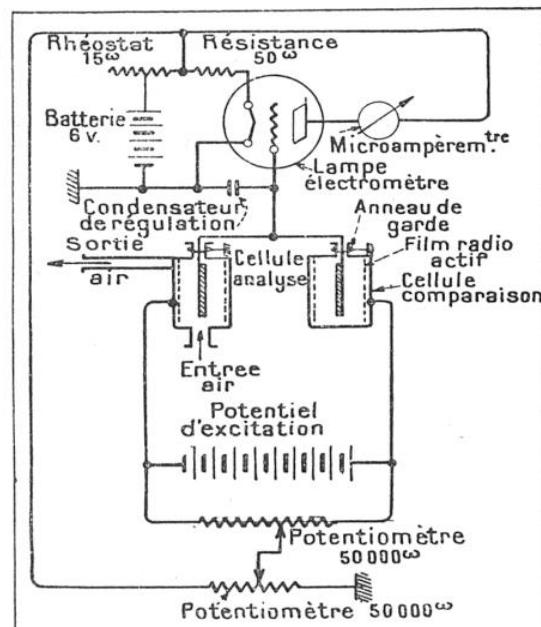


FIG. 4. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN ANALYSEUR À LAMPE ÉLECTROMÈTRE

rateur d'une valeur suffisante pour que tous les ions formés soient captés. A partir de ce moment, en effet, une variation de tension demeure sans influence sur le courant d'ionisation qui a atteint sa valeur de saturation. Les mesures effectuées avec divers gaz (la valeur du courant de saturation varie avec chacun d'eux) sont donc comparables. Ainsi chaque modification du gaz ou de l'air atmosphérique ionisé, modification qui peut être produite par une manifestation quelconque du danger d'incendie (émanation provenant d'isolants électriques, ozone produit par l'arc ou l'étincelle électrique, dégagement de gaz, émission de fumées même extrêmement légères, etc.), sera immédiatement décelée par la variation de l'intensité du courant électrique qui traverse le gaz soumis à l'action ionisante du sel de radium.

L'appareil pré détecteur

Fondé sur ce principe, l'appareil utilisé peut être schématiquement constitué par un cylindre creux, tapissé intérieurement d'un sel radioactif, et par une électrode centrale (fig. 2) réunis aux deux pôles de la source fournissant le potentiel accélérateur du mouvement des ions. Un galvanomètre inséré dans le circuit permet de mesurer l'intensité du courant provenant de la décharge lente dans l'espace intérieur du cylindre traversé par le gaz en observation(1). Les expériences ont prouvé que, lorsqu'un corps est en ignition, avec ou sans dégagement de fumée, et même en ne dégageant que très peu de chaleur, l'état physique de l'atmosphère ambiante se modifie profondément par ionisation et par changement de sa composition gazeuse. L'appareil sera donc extrêmement sensible.

Cependant on a vite reconnu que, dans la pratique, il était plus avantageux de comparer électriquement la conductibilité d'un gaz susceptible de subir des variations de nature ou de densité moléculaire à celle d'un autre gaz connu et stable. Dans ces conditions, la cellule radioactive se compose de deux cylindres (fig. 3) montés en série, l'un fermé (contenant le gaz de référence), l'autre ouvert (où circule le gaz étudié).

Par suite du courant qui traverse les électrodes, le potentiel du point milieu *A* varie lorsque la nature du gaz traversant la cel-

(1) Le courant varie en fonction du poids moléculaire des gaz ou vapeurs, des formes et liaisons moléculaires d'un même gaz, et suivant l'intensité du champ électrique accélérateur appliqué, mais il est pratiquement indépendant de la pression barométrique et de la température.

lule *C₂* se modifie, la cellule *C₁* offrant une résistance constante au passage du courant. Or, il est aisément de transformer les variations du potentiel du point *A* en variations de courant. Il suffit de relier ce point à la grille d'une lampe triode montée comme l'indique le schéma figure 3.

Il devient alors possible de réaliser non seulement une détection extrêmement sensible, puisque la triode joue ainsi le rôle d'amplificateur, mais encore d'ajouter au dispositif des organes de signalisation automatiques au moyen de relais convenablement adaptés.

Du choix de la lampe à électrodes multiples dépendent évidemment les caractéristiques de l'appareil. C'est ainsi qu'en prenant une triode dont la caractéristique (courbe des variations du courant plaque en fonction de la tension de grille) soit très voisine d'une droite — lampe électronomètre — il est facile de tracer au laboratoire un étalonnage précis de cette lampe et de suivre d'une façon continue, soit sur le galvanomètre, soit sur un tambour enregistreur, les fluctuations de la composition d'un mélange gazeux.

Ainsi, la détection des dangers d'incendie n'apparaît-elle que comme un domaine très particulier de l'emploi des cellules radioactives. Il en existe bien d'autres, par exemple : l'étude de la ventilation d'un souterrain, de l'atmosphère d'égouts, de soutes à munitions, etc. ; l'analyse qualitative et quantitative des gaz (fabrication de lampes à incandescence, la surveillance de l'atmosphère en cas d'émission de gaz ou poussières toxiques, la localisation des fuites de gaz, la mesure de la teneur en grisou de l'air dans les mines), etc.

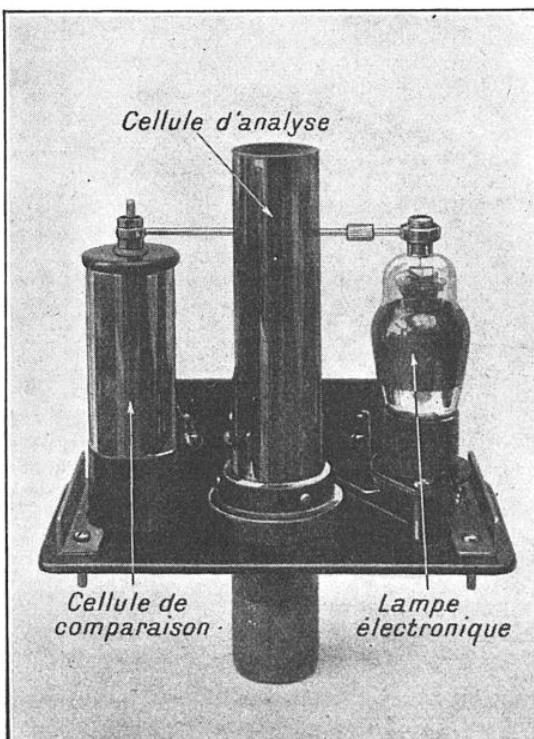


FIG. 5. — VUE INTÉRIEURE D'UN APPAREIL DE DÉTECTION AVEC SES CELLULES

LA T. S. F. ET LA VIE

Par André LAUGNAC

Microphones et pick-up piézoélectriques

La valeur musicale d'une émission radio-phonique est intimement liée à la qualité des microphones et pick-up qui fournissent le courant basse fréquence destiné à moduler l'onde porteuse. Il y a quelques années, les techniciens ne disposaient guère que de microphones à grenade. Bien que ces appareils aient été beaucoup améliorés, ils restent néanmoins incapables de transmettre les fréquences acoustiques supérieures à 6 000 hertz. D'autre part, les pick-up électromagnétiques, utilisés pour la lecture des disques, ne donnent pas la totalité des fréquences qu'exige une juste reproduction des timbres. Il existe maintenant de nouveaux récepteurs électroacoustiques dont les qualités semblent sensiblement améliorées par rapport aux anciens.

Ces appareils : microphones, pick-up, haut-parleurs, etc., sont fondés sur les propriétés piézoélectriques des cristaux de tartrate de potasse et de soude, connus aux Etats-Unis sous le nom de « Rochelle Salt » (sel de Rochelle) ou encore « sel de Seignette ». Un tel cristal possède des propriétés analogues à celles du quartz.

On sait qu'une lame de ces cristaux, convenablement taillée, se comporte de la façon suivante : une contraction ou une dilatation de son épaisseur, provoquée par une action mécanique, donne lieu à l'apparition sur ses faces de charges électriques de signes contraires et, inversement, l'application d'une différence de potentiel entre ses faces provoque la variation de ses dimensions linéaires. M. et M^{me} P. Curie ont montré qu'il y avait proportionnalité entre la différence de potentiel et la force appliquée. Des recherches plus récentes ont fait ressortir que les valeurs des constantes piézoélectriques du « sel de Rochelle » étaient beaucoup plus grandes que pour le quartz. Malheureusement, les cristaux de tartrate trouvés à l'état naturel manquent de pureté et d'homogénéité ; de plus, leurs

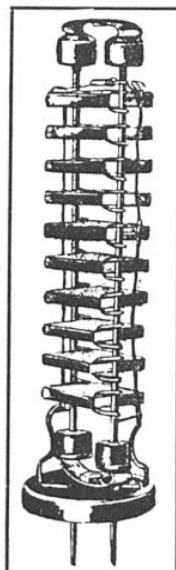


FIG. 1. - STRUCTURE INTERNE D'UN MICROPHONE PIÉZOÉLECTRIQUE

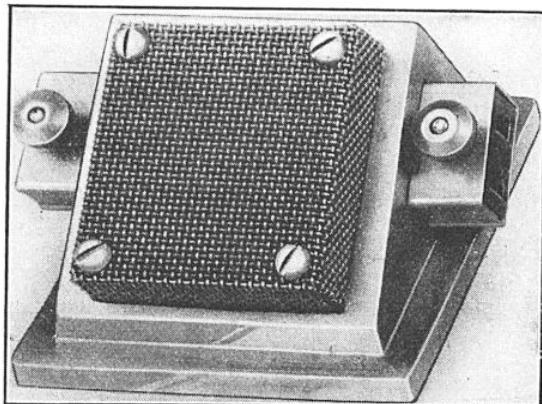


FIG. 2. — MICROPHONE PIÉZOÉLECTRIQUE

dimensions ne permettent pas une application industrielle. Les laboratoires américains Brusch sont parvenus à fabriquer artificiellement de très beaux cristaux de Rochelle ayant toutes les propriétés désirées. Ces cristaux peuvent être découpés en lamelles. Si l'on fait adhérer deux de ces plaquettes l'une à l'autre, de façon particulière, on observe que, dès que l'on applique une différence de potentiel à cet ensemble, une des deux surfaces tendra à se dilater tandis que l'autre, connectée en sens contraire, tendra à se contracter. Ces deux efforts ont pour résultat une flexion de cet élément « bimorphe ». Inversement, si l'on en immobilise une extrémité, les vibrations mécaniques extérieures engendreront une différence de potentiel entre les électrodes. C'est sur cette propriété que repose le fonctionnement des microphones et des pick-up piézoélectriques.

Les microphones les plus perfectionnés sont constitués par une réunion d'éléments « bimorphes », connectés en série ou en série-parallèle. Chaque élément individuel se compose essentiellement de deux cristaux d'environ 1 cm² et de 0,5 mm d'épaisseur, séparés par une électrode, la deuxième électrode étant placée sur les surfaces extérieures. Ces éléments ont été établis de façon à entrer en résonance juste au-dessus de 12 000 hertz, ce qui favorise la reproduction des fréquences audibles les plus élevées. La courbe de sensibilité de ces appareils est absolument horizontale jusqu'à 6 000 Hz, puis s'élève légèrement jusqu'à 10 000 Hz. La différence de potentiel recueillie aux

bornes de tels microphones est malheureusement très faible : 1/100 de volt pour le timbre d'une voix normale, la personne considérée parlant à une distance de 20 cm ; l'utilisation d'un préamplificateur est donc souvent nécessaire.

De même, si l'on applique à un petit élément « bimorphe » des vibrations mécaniques telles que celles qu'exécute une aiguille dans le sillon d'un disque de phonographe, on recueille une différence de potentiel proportionnelle à la pression appliquée. C'est cette propriété qui est utilisée par les pick-up piézoélectriques. Ces appareils sont très légers ; leur courbe de sensibilité, contrairement à celle des microphones de même type, s'abaisse vers les fréquences élevées. Cette courbe peut, du reste, être facilement modifiée, puisqu'une résistance en série avec le pick-up atténue les notes aiguës, tandis qu'une résistance en parallèle atténue les notes graves.

Ainsi, la piézoélectricité, déjà utilisée pour la stabilisation des fréquences, apporte à nouveau son concours à la radiodiffusion.

Auditions puissantes sans distorsion

LORSQU'ON tourne le bouton de « volume » d'un récepteur pour augmenter l'intensité sonore d'une audition, la qualité musicale de cette dernière est amoindrie notamment au moment des « forte » ; cette distorsion n'existe pas dans les amplificateurs utilisés très en dessous de leur puissance limite. Ceci a conduit à admettre, il y a quelques années, que, pour qu'un amplificateur basse fréquence présente peu de distorsion, il était nécessaire de ne l'utiliser qu'à puissance réduite.

L'augmentation de la distorsion aux puissances élevées est imputable à deux causes principales :

D'abord, à la courbure de la caractéristique des lampes vers les régions extrêmes d'utilisation et, en outre, à l'apparition de courant grille lorsque celle-ci devient positive.

Le premier défaut est peu sensible dans un amplificateur bien construit et équipé avec des lampes modernes. L'utilisation de la contre-réaction sur l'étage final le corrige du reste facilement.

Considérons maintenant la deuxième cause

de distorsion. L'apparition de courant-grille à l'étage final se manifeste chaque fois qu'au moment d'un « forte » la valeur de la tension-grille devient plus grande que la polarisation négative de cette même grille, c'est-à-dire chaque fois qu'elle devient positive ; à ce moment, une partie des électrons issus de la cathode et se dirigeant vers l'anode est attirée par la grille de contrôle. L'apparition de ce courant de grille à l'étage final a de profondes répercussions sur l'ensemble de l'amplificateur ; il se traduit, notamment, par une chute de tension brusque dans les éléments de liaison avec l'étage précédent, ce qui équivaut, pour ce dernier, à une diminution brusque de la résistance insérée dans son circuit d'anode. On peut réduire considérablement la distorsion résultant de la brusque variation d'amplification au moment de l'apparition du courant de grille. Pour cela, il faut que la puissance absorbée par les grilles de contrôle de l'étage final au moment des pointes soit beaucoup plus faible que celle délivrée par l'étage précédent ; il est né-

cessaire aussi que la résistance des éléments de liaison entre étages soit faible pour que la chute de tension pendant le passage du courant-grille soit faible. Mais le meilleur remède consiste certainement à éviter l'apparition du courant-grille à l'étage final : pour cela, on réduit l'amplification d'un des étages précédents chaque fois que les crêtes de tension-grille de l'étage final sont supérieures à la valeur de la polarisation de cet étage.

Le schéma figure 3 représente un amplificateur basse fréquence dont la puissance maximum est de 28 W ; l'étage final est un montage symétrique à contre-réaction ; chaque fois que la grille d'une lampe de cet étage tend à devenir positive, la diode-triode 6 Q 7 fonctionne et diminue la pente de la lampe d'entrée 6 K 7 en augmentant la polarisation.

Avec un tel système, le taux de distorsion au moment des pointes ne dépasse pas 4 %, et l'audition est encore d'excellente qualité.

Sans ce limiteur de tension-grille sur l'étage final, la puissance maximum serait beaucoup plus grande et atteindrait 40 W, mais avec une distorsion inadmissible.

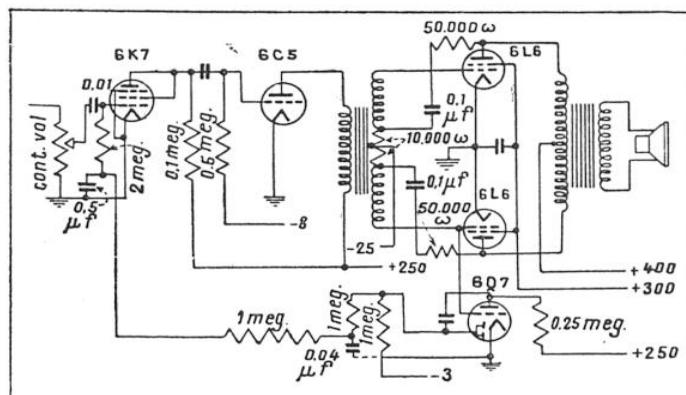


FIG. 3. — AMPLIFICATEUR BASSE FRÉQUENCE COMPORTEANT UN LIMITATEUR DE DISTORSION

La téléphonie amplifiée en haut-parleur

Tous les réseaux téléphoniques urbains et privés sont actuellement équipés de « combinés » qu'il faut tenir à l'oreille pendant les conversations. Il est donc souvent impossible, pendant ce temps, d'effectuer un travail, de prendre des notes ou de chercher une lettre dans un dossier ; d'autre part, plusieurs personnes ne peuvent prendre une part active à la même conversation.

Pour remédier à tous ces inconvénients, les ingénieurs de la téléphonie ont pensé pouvoir utiliser des amplificateurs et des haut-parleurs analogues à ceux employés pour la radiophonie.

Ce problème, si simple en apparence, présente de nombreuses difficultés de réalisation qui ont retardé jusqu'à maintenant la généralisation de la téléphonie amplifiée en haut-parleur. En effet, si l'on place un microphone et un amplificateur dans une pièce et un haut-parleur dans une autre, on peut se faire comprendre sans difficulté ; pour entendre la réponse des personnes à qui l'on s'adresse, il semble *a priori* qu'il suffise d'un dispositif identique au précédent, disposé en sens inverse. Hélas ! tous les amateurs qui ont tenté une telle expérience savent que les deux amplificateurs reprennent les sons, l'un après l'autre ; il en résulte un bruit continu, souvent très intense, rendant toute audition impossible. Ce curieux phénomène est désigné généralement sous le nom d'« effet Larsen » ; il dépend de nombreux facteurs, en particulier des positions respectives des microphones et des haut-parleurs et de la résonance acoustique des locaux où ils sont installés, appelée généralement « réverbération » ; aussi, pour éviter cet inconvénient, faut-il prendre beaucoup de précautions. Il est souvent indispensable que le microphone et le haut-parleur soient éloignés l'un de l'autre et que l'amplification reste faible ; il faut diminuer surtout les réverbérations acoustiques des parois et du sol, à l'aide de tentures et de tapis.

L'effet Larsen, cependant, est difficile à supprimer ; aussi les techniciens préfèrent-ils généralement tourner la difficulté.

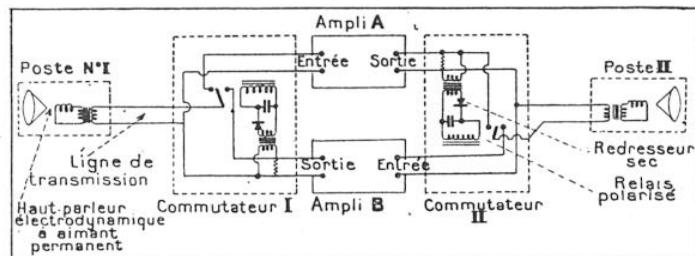


FIG. 5. — SCHÉMA D'UN SYSTÈME D'INTERCOMMUNICATION UTILISANT POUR HAUT-PARLEUR ET MICROPHONE LE MÊME APPAREIL ÉLECTRODYNAMIQUE

C'est ainsi que, dans les dispositifs d'intercommunication les plus répandus sur le marché, l'un des correspondants doit, pendant la conversation, manœuvrer un petit commutateur en le plaçant alternativement sur « écoute » ou sur « transmission ». Cette manœuvre est fastidieuse et rend les conversations difficiles ; c'est pourquoi ce système à commutation manuelle n'est guère utilisable que pour transmettre des ordres, entre bureaux et ateliers par exemple.

Dans les systèmes les plus récents, c'est la parole même des correspondants qui assure la commutation « écoute » — « transmission » — sans aucune manœuvre manuelle de la part des usagers. Lorsqu'un correspondant parle devant son microphone, un dispositif approprié « bloque » l'amplificateur de l'autre microphone, et ce blocage cesse dès que le premier correspondant a fini de parler ; lorsque le deuxième correspondant répond, la manœuvre inverse se produit, et ainsi de suite. Si les deux correspondants se taisent en même temps, il ne se produira de blocage des amplificateurs que si l'effet Larsen avait tendance à se manifester à la suite d'un bruit extérieur. La figure 4 indique schématiquement la disposition des éléments d'une telle installation. Le système peut encore être simplifié si l'on utilise la « réversibilité » des haut-parleurs électrodynamiques, qui jouent à volonté le rôle de microphone ou de haut-parleur. La figure 5 représente un système d'intercommunication à commutation automatique basé sur ce principe : au repos, les haut-parleurs servent de microphones ; lorsque le correspondant du poste I, par exemple, commence à parler, le courant amplifié sortant de l'amplificateur A branche immédiatement le haut-parleur du poste II en récepteur. Ce dernier haut-parleur reprendra automatiquement sa position « microphone » lorsque le premier correspondant cessera de parler. Les « commutateurs » ne doivent, évidemment, pas fonctionner entre les différents mots d'une même phrase.

ANDRÉ LAUGNAC.

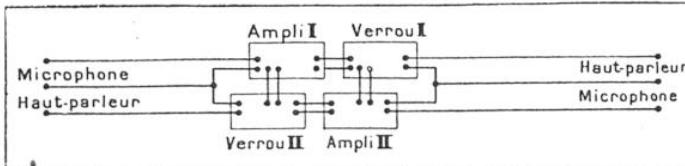


FIG. 4. — SCHÉMA D'UN SYSTÈME D'INTERCOMMUNICATION A COMMUTATION AUTOMATIQUE

ÉLECTRIFICATION FERROVIAIRE ET PARASITES RADIOPHONIQUES

LES parasites engendrés par la traction électrique sur les lignes de chemins de fer (Paris-Le Mans, par exemple,) proviennent les uns des sous-stations — et ils sont particulièrement indésirables parce que permanents — les autres, intermittents, du passage des trains. Les essais se poursuivent actuellement, en France, pour supprimer les bruits dus aux sous-stations. Déjà certains résultats intéressants auraient été obtenus, mais aucune décision générale n'a été prise en ce qui concerne les dispositifs à adopter. Par contre, en ce qui concerne les parasites qui naissent aux passages des trains, la question a été notamment étudiée en Suisse où l'électrification est particulièrement poussée. Les perturbations radiophoniques proviennent évidemment, en majeure partie, des interruptions de courant entre le fil de contact aérien et le dispositif de prise de courant de la motrice. Aux grandes vitesses, notamment, certaines prises de courant, par suite de l'inertie due à leur masse, ne peuvent suivre assez rapidement les sinuosités de la ligne de contact. Les coupures donnent naissance alors à des étincelles qui engendrent des ondes électromagnétiques se propageant à la fois dans l'espace et le long des conducteurs. Les troubles de la réception, qui se manifestent par un bruit de « friture » caractéristique, peuvent donc être perçus dans une zone assez étendue.

Pour éliminer ces parasites, il faut donc d'une part que la ligne aérienne soit très bien suspendue, d'autre part que les fils présentent le minimum d'inégalités ou de rugosités sur leur surface de contact, enfin que le dispositif de prise de courant suive d'aussi près que possible les irrégularités de la ligne.

Ainsi la prise de courant par simple arachet doit céder la place au *pantographe articulé*, symétrique et beaucoup plus stable. D'autre part, on a reconnu que les frotteurs en aluminium provoquent soit une corrosion particulière du fil d'où l'apparition de stries et d'ondulations favorisant la production d'étincelles (frotteurs étroits), soit une usure rapide et une certaine rugosité du fil (frotteurs larges). Ces inconvénients sont par contre évités avec les *frotteurs en charbon*. Le frottement du charbon sur le métal (1) ne provoque pas, en effet, d'étincelles de rupture, mais des *arcs* qui établissent

(1) On sait que le frottement charbon sur métal est adopté depuis longtemps en électrotechnique (collecteurs, commutateurs tournants, etc...)

une dérivation de courant entre le fil et le frotteur et donnent bien à une plus faible production d'ondes à haute fréquence. En outre, on sait que les frotteurs en charbon ont aussi la propriété de polir la surface de contact du fil, de sorte que, au bout d'un certain temps, le passage du courant s'effectue d'une manière continue.

Les oscillogrammes des courants qui traversent le frotteur sont, à cet égard, caractéristiques. On y remarque notamment que les perturbations enregistrées sont plus importantes lorsque, en descente par exemple, seule l'énergie nécessaire à l'éclairage et au chauffage du train est empruntée au fil de ligne. Ceci corrobore la théorie de l'arc. En effet, l'intensité est alors trop faible pour « nourrir » l'arc et les étincelles de rupture réapparaissent.

Du point de vue économique, l'emploi de frotteurs en charbon, que l'on ne remplace qu'après 60 à 70 000 km (15 000 km pour l'aluminium) paraît également avantageux et justifie la dépense du remplacement des archets par des pantographes.

A Nuremberg, sur des « trolleybus », certains frotteurs ont effectué des parcours de 150 000 km.

Enfin cette solution, qui permet aux automotrices de circuler sur toutes les lignes sans produire de parasites, est certainement préférable à celle qui fut proposée en Suisse, consistant à installer, sur les lignes à grand trafic seulement, des condensateurs étouffant les parasites. Il en faudrait, en effet, un grand nombre, leur effet protecteur ne s'étendant qu'à une zone restreinte, d'où une dépense fort élevée.

En France, où l'emploi du pantographe, à frotteur en acier, en cuivre ou en charbon, s'est développé depuis longtemps, on étudie également les qualités comparées du charbon et du métal. Cependant, c'est surtout le point de vue du meilleur passage offert au courant et de l'économie qui est envisagé. On estime, en effet, que les parasites produits aux passages des trains sont peu importants, par suite notamment de la suspension « caténaire » (1) qui assure la constance de la pression entre les frotteurs et le fil de ligne.

(1) Lorsqu'un fil est simplement suspendu entre deux pylônes, il s'incurve sous l'action de la gravité. Dans la suspension « caténaire », on tend un câble auxiliaire entre les pylônes, puis on suspend le fil de travail (amenant le courant) à ce câble par des liaisons dont la longueur est calculée pour que le fil de travail reste horizontal.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Avion bombardier-chasseur démontable

EN 1936 fut étudié en Angleterre (Handley Page), sous le nom de « bombardier-chasseur », un avion qui devait, comme appareil de bombardement, posséder un grand rayon d'action et une grande vitesse, pouvoir emporter le plus grand nombre possible de bombes et, comme chasseur, disposer d'un armement puissant. Le U.P.-52 fut donc particulièrement poussé au point de vue de la forme aérodynamique : toute saillie supprimée, train d'atterrissement escamotable, polissage des surfaces portantes qui prend une importance considérable pour des vitesses au-dessus de 300 km/h. La stabilité à vitesse réduite était assurée par les ailes à fentes utilisées sur les appareils de cette firme.

Mais c'est au point de vue de l'entretien et des réparations éventuelles que cet avion présentait une nouvelle solution. En effet, comme l'indique le dessin ci-joint, il pouvait être divisé en « sous-assemblages » rendant très facile le transport par route ou par voie ferrée vers un centre de réparation.

Ce premier type fut d'ailleurs amélioré et, tout récemment, fut mis en service le *Hampden*, dont voici les caractéristiques. C'est un monoplan bimoteur, à aile centrale (mi-haute mi-basse), entièrement métallique, comportant des mitrailleuses à l'avant et à l'arrière. Les bombes sont logées à l'intérieur du fuselage. Signalons aussi la tourelle arrière sous les empennages qui donne au mitrailleur, pour la défense, un champ de tir étendu. Train d'atterrissement escamotable. L'équipage se compose de trois hommes. L'aile à fente est, bien entendu, appliquée pour éviter la perte de vitesse et accroître la stabilité. On remarque, sur la photographie ci-jointe, la grande

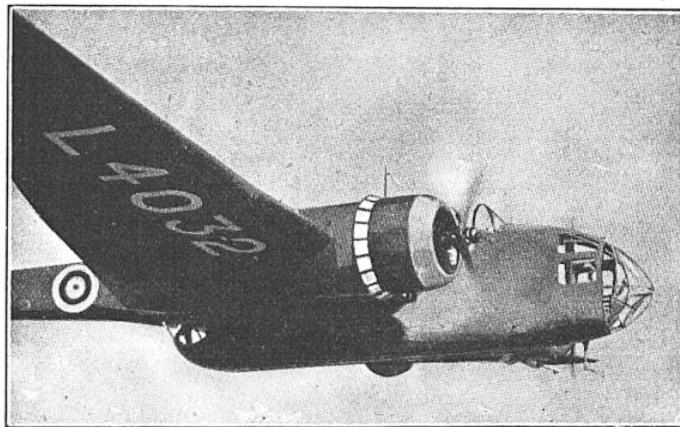


FIG. 2. — L'AVION BOMBARDIER « HAMPDEN » EN VOL

visibilité assurée aux occupants des tourelles avant et arrière, de même qu'au pilote, placé au-dessus de la carlingue. Il paraît difficile, quel que soit l'angle d'attaque, qu'un tel appareil puisse être surpris et hors d'état de se défendre.

Qu'est-ce qu'une locomotive à « métadyne » ?

EST en vue d'utiliser des locomotives électriques établies avant l'extension de l'électrification de l'ancienne Compagnie P.-O. (région Sud-Ouest du la S. N. C. F.), que le nouveau dispositif « métadyne » a été mis au point. On sait, en effet, qu'à cette époque ces machines fonctionnaient sous une tension continue de 600 V, alors que la tension de 1 500 V, toujours en courant continu, a été choisie, par la suite, pour des raisons de rendement, d'économie et d'unification.

Evidemment, il eût été possible d'abaisser la tension aux bornes des moteurs au moyen de résistances, mais la perte d'énergie (transformée en chaleur) dans ces résistances devait aboutir à un rendement dérisoire. Alors qu'avec le courant alternatif il est facile d'utiliser un transformateur statique, dont le rendement est excellent, avec le courant continu le problème est délicat, surtout quand il faut éviter un trop gros accroissement de poids et d'encombrement.

La solution retenue est celle de la « métadyne ». Imaginons un induit de machine à courant continu tournant à l'intérieur d'une carcasse magnétique, même sans pôle inducteur. On sait que sur l'axe de cet induit est calé le « collecteur », sorte de tambour portant des lames isolées entre elles et reliées aux conducteurs de l'induit par des balais fixes. Supposons ici qu'il y ait deux balais, *a c* (ou deux rangées de balais), diamétralement opposés (fig. 3 A). Relions l'un à la terre, l'autre au réseau à 1 500 V. Le

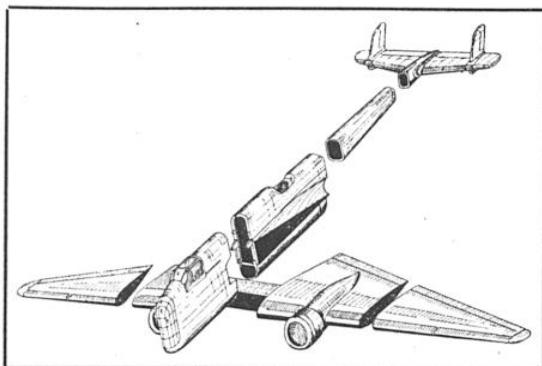


FIG. 1. — COMMENT SE DÉMONTE L'AVION « HANDLEY PAGE » POUR SON TRANSPORT

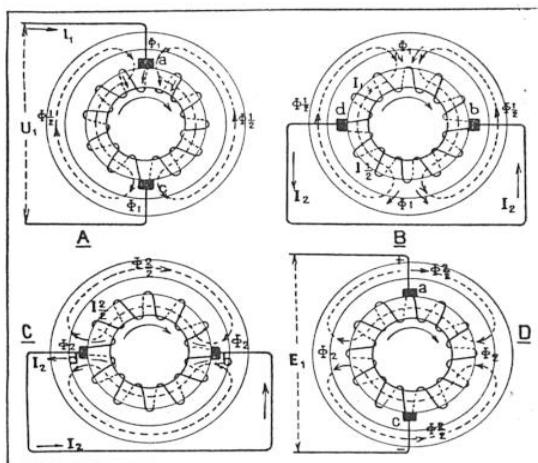


FIG. 3. — SCHÉMA DE LA « MÉTADYNE »

A. La tension de 1 500 V appliquée entre les balais a et c produit un flux Φ_1 . — B. Ce flux engendre une force électromotrice entre les balais b et d. — C. Le courant I_2 produit un nouveau flux Φ_2 . — D. La force contre-électromotrice E_1 , produite par ce flux, limite le courant I_1 .

courant primaire qui parcourt l'induit produit un flux magnétique primaire qui se ferme par la carcasse. Si l'induit tourne à une certaine vitesse, ce flux, qui reste fixe dans l'espace puisqu'il est parallèle au diamètre passant par les balais, produit à son tour, par induction, dans les conducteurs de l'induit une force électromotrice secondaire. Si nous disposons deux balais secondaires b et d (fig. 3 B) aux extrémités du diamètre perpendiculaire à celui des balais primaires et que nous les réunissons par un circuit électrique, les conducteurs de l'induit seront parcourus par un courant secondaire (le même qui traversera le circuit). Celui-ci créera lui-même un nouveau flux secondaire dans la carcasse, perpendiculaire au flux primaire (fig. 3 C), lequel induit encore entre les balais primaires une force électromotrice opposée à la tension de 1 500 V appliquée entre ces balais et qui, par conséquent, limite l'intensité du courant primaire. Un régime d'équilibre s'établit donc et le calcul montre qu'à ce moment la puissance secondaire (produit du courant secondaire par la force électromotrice secondaire) est égale à la puissance primaire (produit du courant primaire par la tension 1 500 V). Ainsi, aux pertes près, ce dispositif transforme intégralement la puissance électrique sans qu'il se crée un couple mécanique sur l'arbre. La machine, tournant à vitesse constante et étant alimentée à tension constante, fournit un courant secondaire constant. Quant à la tension secondaire, elle peut être choisie en plaçant les balais secondaires non suivant un diamètre, mais aux extrémités de deux rayons, symétriques par rapport au diamètre des balais primaires, et faisant entre eux un angle convenable.

* Remarquons encore que la « métadyne » est réversible, l'inversion de la tension secondaire produisant celle

du courant primaire. Elle peut donc être utilisée pour le freinage par récupération.

Il est facile de voir d'ailleurs que son fonctionnement est stable, c'est-à-dire que tout accroissement du courant primaire produit une augmentation de la force contre-électromotrice qui tend à limiter ce courant, et inversement.

En fait, l'installation est beaucoup plus compliquée puisqu'il faut lancer le rotor à sa vitesse de régime, coupler la machine sur la ligne sans à coup, maintenir la vitesse constante quand la charge varie, obtenir un débit de courant correspondant à la caractéristique de fonctionnement des moteurs de traction, réaliser une bonne commutation aux balais (absence d'éclatelles).

Ce dispositif, appliqué à treize anciennes machines de manœuvres à 600 V, a permis de les utiliser sous 1 500 V en donnant toute satisfaction, et, par suite, d'éviter l'achat de nouvelles locomotives qui auraient coûté plus du double de la dépense nécessitée par la transformation (500 000 f par machine).

Hydravion pour 100 passagers

POUR la liaison Europe-Etats-Unis, l'hydravion géant de quelques dizaines de tonnes semble devoir l'emporter, par sa souplesse et l'économie qu'il autorise, sur le paquebot de plusieurs dizaines de milliers de tonnes comme le « Normandie » ou le « Queen Mary » (1).

LA SCIENCE ET LA VIE a signalé (2) la concurrence qui se développe actuellement aux Etats-Unis dans le domaine de la construction aéronautique, notamment pour l'exploitation régulière des lignes transatlantiques. On sait que la *Consolidated Aircraft Corporation* envisage la construction d'un hydravion de 180 t pour 300 passagers pour une compagnie maritime concurrente des *Pan American Airways*. Voici, répondant aux exigences de cette dernière compagnie, le futur hydravion « Clipper » de la *Boeing Aircraft Company* prévu pour emporter 100 passagers par-dessus l'Atlantique-Nord. La maquette de cet appareil géant (fig. 4) prévoit de vastes aménagements pour tous les voyageurs aériens : salle à manger, bar, etc.

V. RUBOR.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 254, page 125.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 254, page 130.

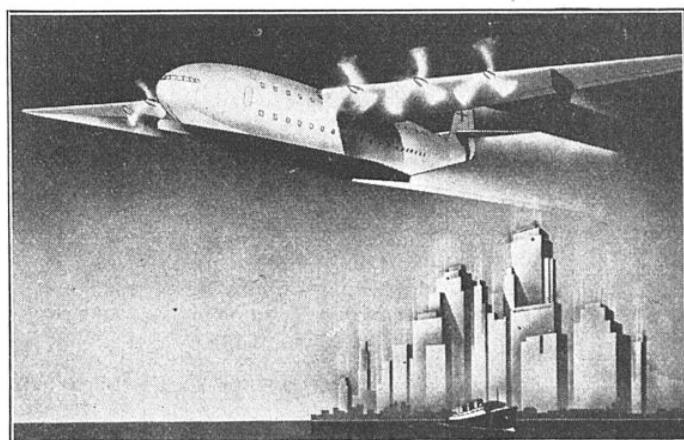


FIG. 4. — PROJET DU NOUVEL HYDRAVION AMÉRICAIN « BOEING » POUR 100 PASSAGERS

LES SITUATIONS DE LA T. S. F.

LE SALON DE LA RADIODIFFUSION nous fait admirer actuellement les merveilles réalisées dans les appareils récepteurs, non pas seulement dans ceux dits « de luxe », où les constructeurs ont cherché à rassembler les perfectionnements les plus récents et dont le besoin ne se fait pas toujours sentir du point de vue qualité de la réception, mais aussi dans les radio-récepteurs courants qui atteignent aujourd’hui une sensibilité, une puissance, une musicalité qui font paraître un poste vieux de cinq à six ans seulement comme un ancêtre bien démodé. Et cependant ces appareils coûtent moins cher que leurs aînés ! Ces résultats remarquables sont dus

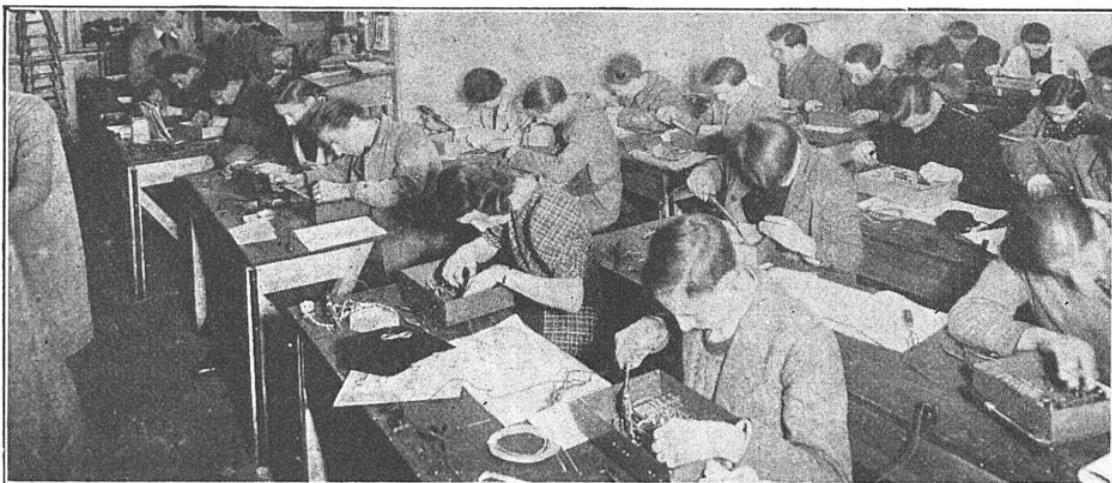
à la collaboration des idées, des nouvelles, etc., mais encore un auxiliaire précieux de la marine, de l’aviation et un moyen de communication rapide et sûr.

Ainsi, depuis l’ingénieur qui conçoit et crée jusqu’au monteur qui exécute et aux opérateurs qui utilisent, les carrières du domaine de la radio peuvent être divisées en deux grandes catégories :

— Les carrières de l’industrie (services techniques) ;

— Les carrières de l’exploitation (opérateurs des administrations, de la marine marchande, de l’aviation, etc.).

D’un côté, la production ; de l’autre, l’utilisation. Ainsi les branches adminis-



VUE PARTIELLE D’UN ATELIER D’ÉLÈVES CHEFS-MONTEURS

évidemment, d’une part, aux progrès scientifiques qui ont permis de mieux connaître « ce qui se passe » dans les divers circuits, de créer de nouvelles lampes, puissantes et stables, et, d’autre part, aux progrès techniques dans la réalisation des montages.

Mais ce Salon de la T. S. F. nous annonce également la rentrée d’octobre, mois qui représente, pour un grand nombre de jeunes gens, la décision à prendre en vue de l’orientation de leur vie. Et cette branche récente de l’industrie, par les multiples services qu’elle rend et ses innombrables applications, nous fait entrevoir l’extension considérable qu’elle est appelée à connaître dans un proche avenir. Elle nous apparaît donc comme une mine encore peu exploitée, qui exige un personnel et des cadres dont l’importance croît de jour en jour.

Des milliers et des milliers de techniciens sont constamment à la tâche pour faire de la radio non seulement une agréable distraction et un organe puissant pour la pro-

tection, mais aussi un moyen de communication attireront certains jeunes gens par le caractère de sécurité totale qu’elles offrent et par la perspective d’une retraite assurée. D’autres candidats préféreront, au contraire, l’industrie où un esprit chercheur et réalisateur a toujours sa place assurée.

Il va de soi que l’instruction générale d’un candidat est à la base des divers grades et échelons qu’il peut espérer franchir au cours de sa carrière. Donc, en dehors du goût et du tempérament, il ne faut pas oublier qu’on ne peut, aujourd’hui, s’improviser « radio ». Il faut, non seulement pour comprendre, mais aussi pour appliquer les progrès de la science nouvelle, c’est-à-dire pour embrasser avec quelque chance de succès une des situations que nous avons signalées, se préparer sérieusement dans un établissement spécialisé. Citons ici l’ÉCOLE CENTRALE DE T. S. F., 12, rue de la Lune, à Paris, qui a obtenu depuis sa fondation (1919) de beaux résultats pour les élèves qu’elle a présentés aux examens et concours officiels.

CHEZ LES ÉDITEURS ⁽¹⁾

Les deux infinis, par Marcel Boll. Prix franco : France, 27 f ; étranger, 31 f.

Aux lecteurs de *La Science et la Vie* il n'est pas besoin de présenter M. Marcel Boll. En feuilletant les livraisons successives de notre revue depuis 1925, ils retrouveront sans peine les nombreuses études d'une présentation lumineuse et impeccable, où il a su mettre à la portée de tous, suivant la formule même qui a fait le succès mondial de *La Science et la Vie* depuis un quart de siècle, les chapitres les plus divers des sciences physiques dans leurs développements les plus récents. Vulgariser sans abaisser, sans se départir un seul instant de la rigueur scientifique, savoir trouver, pour faire saisir le mécanisme d'un phénomène, des analogies directement accessibles aux non-initiés, mais sans égayer le lecteur en escamotant les difficultés et en lui dissimulant la complexité profonde des questions en apparence des plus simples, c'est là un art véritable dans lequel M. Boll est passé maître. Nous avons, au fur et à mesure de leur parution, présenté ici même la série des volumes de vulgarisation publiés par notre éminent collaborateur et dont *Les deux infinis* constitue en quelque sorte le couronnement, puisqu'il dresse le bilan complet de nos connaissances, tant sur la constitution intime de la matière dans le domaine de l'infiniment petit, que sur la configuration et l'évolution générale de notre univers dans le domaine de l'infiniment grand. Après un premier chapitre de synthèse, M. Boll a soin d'insister sur les méthodes expérimentales mises en œuvre pour l'exploration du monde des atomes, des électrons et des photons à un bout de l'échelle (microphysique), et, à l'autre bout (astronomie), pour l'observation et l'étude physique des étoiles et des nébuleuses, car « toute question à laquelle l'expérience ne saurait répondre est un problème apparent ». Il importe que le lecteur sache que, si les conclusions des chapitres suivants choquent souvent son « bon sens » et contredisent son expérience quotidienne, elles ne sont nullement des vues de l'esprit et reposent sur des constatations expérimentales indiscutables. Des grains de lumière (photons), d'électricité (électrons positifs et négatifs), de matière (neutrons), M. Boll passe sans transition au système solaire, aux étoiles, aux galaxies qui peuplent l'univers, mettant ainsi en évidence les lois profondes qui régissent ces deux domaines, théorie des quanta pour l'infiniment petit, relativité générale pour l'infiniment grand, entre lesquels s'intercalent les phénomènes à l'échelle humaine. Cette vaste synthèse ne peut évidemment se lire comme un roman, mais on peut dire qu'elle représente le minimum de ce que devrait être, au xx^e siècle, le « bagage » scientifique d'un esprit cultivé et, à ce titre, elle doit figurer, à la meilleure place, dans la bibliothèque de tous ceux qui veulent « savoir ».

The cause of cancer, par David Brownlie chez Chapman and Hall Ltd, 11, Henrietta Street, Londres W. C. 2 ; 7 s. 6 d. net.

Pendant longtemps on n'a su attribuer au cancer aucune cause bien déterminée ; il y a quelques années seulement, on parlait sérieusement

(1) Les ouvrages annoncés peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE au reçu de la somme correspondant aux prix indiqués, sauf majoration.

ment de « maisons à cancer » où de mystérieuses radiations favorisaient l'éclosion de cette maladie, si elles ne la provoquaient pas. M. Auguste Lumière, à l'aide de statistiques scientifiquement établies, a pu faire justice de ces croyances populaires insuffisamment vérifiées. Il a démontré qu'à Lyon les maisons à cancer n'étaient pas plus nombreuses que les maisons à mariages ou à naissances ; dans les deux cas, le calcul des probabilités suffit à expliquer les répartitions anormales où le hasard seul entre en jeu. Aujourd'hui, de nombreux centres de recherches spécialisés dans l'étude du cancer existent dans le monde entier et, des patientes expériences des savants qui y travaillent se dégagent peu à peu un certain nombre de constatations d'ordre général qui permettent d'espérer que l'art médical ne demeurera plus longtemps impuissant à prévenir — sinon à guérir — ce fléau social (pour la seule Grande-Bretagne, il provoque annuellement la mort d'environ 60 000 individus). On aurait mis aujourd'hui en évidence un grand nombre d'agents cancérogènes, qui provoqueraient, par leur action répétée en un même point de l'organisme, le foisonnement désorganisé et agressif des cellules : tels seraient, par exemple, les rayonnements électromagnétiques, genre ultraviolet ou rayons X, et surtout certains composés complexes de la chimie organique. Dans l'ouvrage qu'il vient de faire paraître en Angleterre, M. Brownlie attribue la majeure partie des cancers à certains éléments contenus dans les gaz provenant de la carbonisation de la houille à haute température, notamment aux composés sulfurés, à l'oxyde de carbone et surtout à des traces d'éléments tels que le 1-2 benzénopyrène et le 1-2-5-6 benzène-anthracène. Ces corps, appliqués à des doses infimes (respectivement 0,003 % et 0,001 % seulement), déterminent l'apparition de cancers sur les souris. D'après M. Brownlie, l'ingestion de denrées ainsi contaminées provoquerait à la longue des cancers sous des formes variables, suivant les prédispositions des individus. Cette thèse fort curieuse et dont nous laissons toute la responsabilité à son auteur est à rapprocher du fait signalé par quelques chercheurs, que les ouvriers qui manipulent des huiles, du brai de houille, ceux qui sont affectés au goudronnage des routes, sont particulièrement sujets au cancer. Si la thèse de M. Brownlie est vraiment fondée, elle ouvrira aux médecins et physiologues des voies nouvelles pour la lutte préventive contre le cancer.

Les épidémies et les perturbations électromagnétiques du milieu extérieur, par le professeur-docteur A.-L. Tchijevsky. Prix franco : France, 43 f 50 ; étranger, 46 f.

Cours d'automobile, par R. Faroux. Prix franco : France, 21 f ; étranger, 23 f.

Voici un cours pratique et théorique d'automobile qui s'adresse à tous ceux désireux de connaître la machine dont ils se servent quotidiennement. On ne saurait, en effet, admettre qu'un conducteur actuel pût ignorer aujourd'hui les notions de mécanique appliquée à la locomotion (moteur, rendement, consommation, graissage, refroidissement, allumage, boîtes de vitesses, embrayage, différentiel, freinage, sus-

pension, etc.), tous organes dont il ne doit ignorer ni les principes, ni le fonctionnement, afin de pouvoir *lui-même* les vérifier, les régler et, au besoin, remédier à leurs petites défaillances. Celles-ci sont du reste de plus en plus rares maintenant, grâce aux nombreux perfectionnements apportés dans les moindres détails de la construction mécanique moderne dans tous les pays.

Pour le sans-filiste, par *Fourcault et Tabard*.
Prix franco : France, 17 f ; étranger, 20 f.

Ce petit ouvrage sans prétention, mais d'un caractère essentiellement pratique, vise à « guider » l'amateur sans-filiste. Parmi les quatre millions et plus de propriétaires de postes récepteurs de radio existant en France, combien y en a-t-il encore qui possèdent les connaissances élémentaires suffisantes pour apprécier l'instrument qu'ils utilisent? Voilà donc un recueil susceptible de leur fournir, sans effort et à bon compte, tout ce que doit acquérir un « non-initié » aux mystères de la radio moderne.

Les véhicules à gazogène, par *Henri Petit*.
Prix franco : France, 21 f 50 ; étranger, 23 f 50.

Dans cet opuscule, qui justifie le récent décret imposant aux transporteurs publics de remplacer environ 10 % de leurs véhicules à moteurs à combustibles liquides par des véhicules utilisant des carburants forestiers, notre collaborateur précise clairement des données d'ordre essentiellement pratique destinées aux usagers, actuels ou futurs. Demeurant strictement dans le domaine technique, il expose les caractères des différents combustibles (bois, charbon de bois, charbon de terre) ainsi que les divers systèmes de gazogènes actuellement répandus. Il montre ensuite avec impartialité les avantages et les inconvénients de ces dispositifs (économie appréciable, mais aussi complications dans le fonctionnement). Ainsi l'auteur peut conclure que, si les combustibles solides ne peuvent

encore rivaliser avec les combustibles liquides, au point de vue commodité d'emploi, par contre, leur application est justifiée par des considérations d'économie et de défense nationale.

Introduction à l'étude des soudures, par *E. Warnant et D. Rosenthal*. Prix franco : France, 21 f 60 ; étranger, 23 f 60.

Pour l'inventeur, par *A. Chaplet*. Prix franco : France, 13 f 40 ; étranger, 15 f 80.

Ce petit livre de la collection *Pour le...* contient d'excellents conseils relatifs aux méthodes de recherches, inventions à réaliser, brevets, en un mot tous renseignements pratiques pour les techniciens à l'esprit inventif.

Pour le blanchisseur, par *A. Chaplet*, 1 vol.
Prix franco : France, 13 f 40 ; étranger, 15 f 80.

Petite histoire de la chimie et de l'alchimie, par *René Marcard*. Prix franco : France, 34 f ; étranger, 37 f.

Montrer la genèse de la chimie, ses lentes transformations à travers les âges, depuis les alchimistes jusqu'au jour où Lavoisier apporta à l'étude des réactions la rigueur du contrôle scientifique, tel est le but poursuivi par l'auteur. Il a présenté ce vaste sujet non à la façon aride d'un historien, mais en faisant œuvre de « conteur d'histoire » et en faisant revivre dans leur cadre les hommes qui, d'Hermès à Lavoisier, construisirent pierre par pierre l'extraordinaire édifice de la chimie.

N. D. L. R. — Au sujet de l'ouvrage : *Technique nouvelle de la règle à calculs*, une erreur matérielle nous a fait indiquer, dans la rubrique « Chez les Editeurs » de notre dernier numéro (254), les prix de 6 f 50 et 8 f 50 pour l'ouvrage de M. Séjournes. Il y a lieu de rectifier et de lire : prix franco France, 67 francs ; étranger, 69 f 50.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envoyé simplement affranchis.....	{ 1 an..... 55 fr. 6 mois ... 28 —	Envoyé recommandé.....	{ 1 an..... 65 fr. 6 mois ... 33 —
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------	---------------------------------------

BELGIQUE

Envoyé simplement affranchis.....	{ 1 an... 70 f. (français) 6 mois. 36 f. —	Envoyé recommandé.....	{ 1 an... 90 f. (français) 6 mois. 45 f. —
-----------------------------------	---	------------------------	---

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après : *Afghanistan, Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines, Indes Néerlandaises, Irlande, Islande, Italie et Colonies, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Pérou, Rhodésia, Suède*.

Envoyé simplement affranchis.....	{ 1 an..... 90 fr. 6 mois ... 46 —	Envoyé recommandé.....	{ 1 an.... 110 fr. 6 mois... 55 —
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------	--------------------------------------

Pour les autres pays :

Envoyé simplement affranchis.....	{ 1 an..... 80 fr. 6 mois ... 41 —	Envoyé recommandé.....	{ 1 an.... 100 fr. 6 mois... 50 —
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------	--------------------------------------

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 1 franc en timbres-poste.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris - X³
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

Gérant : M. LAMY.

Paris. — Imp. MAURICE BERNARD, 18, rue d'Enghien.



Cave immense, bons vins de France, à celui qui prendra le bon billet de

LA TRANCHE DU

VIN
LOTERIE
NATIONALE

PAUL MARTIAL PARIS

Santé Force Vigueur l'Électricité

L'Institut Moderne du Dr Grard à Bruxelles vient d'édition un traité d'Électrothérapie destiné à être envoyé gratuitement à tous les malades qui en feront la demande. Ce superbe ouvrage médical en 5 parties, écrit en un langage simple et clair, explique la grande popularité du traitement électrique et comment l'électricité, en agissant sur les systèmes nerveux et musculaire, rend la santé aux malades, débilités, affaiblis et déprimés.

1re Partie : SYSTÈME NERVEUX.

Neurasthénie, Névroses diverses, Névralgies, Névrites, Maladie de la Moelle épinière, Paralysies.

2me Partie : ORGANES SEXUELS ET APPAREIL URINAIRE.

Impuissance totale ou partielle, Varicocèle, Pertes Séminalas, Prostatorrétite, Ecoulements, Affections vénériennes et maladies des reins, de la vessie et de la prostate.

3me Partie : MALADIES de la FEMME

Métrite, Salpingite, Leucorrhée, Ecoulements, Anémie, Faiblesse extrême, Aménorrhée et dysménorrhée.

4me Partie : VOIES DIGESTIVES

Dyspepsie, Gastrite, Gastralgie, Dilatation, Vomissements, Aigreurs, Constipation, Entrées multiples, Occlusion intestinale, Maladies du foie.

5me Partie : SYSTÈME MUSCULAIRE ET LOCOMOTEUR

Myalgies, Rhumatismes divers, Goutte, Sciatique, Arthritisme, Artério-Sclérose, Troubles de la nutrition, Lithiasie, Diminution du degré de résistance organique.

La cause, la marche et les symptômes de chacune de ces affections sont minutieusement décrites afin d'éclairer le malade sur la nature et la gravité de son état. Le rôle de l'électricité et la façon dont opère le courant galvanique sont établis pour chaque affection.

L'application de la batterie galvanique se fait de préférence la nuit et le malade peut sentir le fluide bienfaisant et régénérant s'infiltrer doucement et s'accumuler dans le système nerveux et tous les organes, activant et stimulant l'énergie nerveuse, cette force motrice de la machine humaine.

Chaque ménage devrait posséder cet ouvrage pour y puiser les connaissances utiles et indispensables à la santé, afin d'avoir toujours sous la main l'explication de la maladie ainsi que le remède spécifique de la guérison certaine et garantie.

C'EST GRATUIT

Hommes et femmes, célibataires et mariés, écrivez une simple carte postale à Mr le Docteur L. P. GRARD, 30, Avenue Alexandre-Bertrand, BRUXELLES-FOREST, pour recevoir par retour, sous enveloppe fermée, le précis d'électrothérapie avec illustrations et dessins explicatifs. Affranchissement pour l'Étranger: Lettre 1.75. Carte 1 fr.

LES OFFICIERS-MÉCANICIENS DE LA MARINE MARCHANDE



ÉLÈVE-OFFICIER MÉCANICIEN SURVEILLANT LE DÉMONTAGE D'UN MOTEUR

Les officiers-mécaniciens embarqués à bord des navires sont chargés de la conduite et de l'entretien des machines du bord. Ils ont sous leurs ordres, pour la partie matérielle, un personnel d'élèves-officiers, de chauffeurs, graisseurs, ouvriers.

Ils ont le même uniforme d'officier de la marine marchande que les capitaines au long-cours et le même nombre de galons à grade égal. Lorsqu'ils ont 25 ans de service et 50 ans d'âge, les officiers-mécaniciens ont droit à une retraite. A bord, ils mangent au carré et ont une cabine personnelle.

Ils sont chefs de quart pendant leur service ; mais le chef mécanicien, en général, ne fait plus le quart. Les quarts sont de 8 heures par jour par séries, de 4 heures, mais, avec la semaine de 40 heures, des permissions de compensation s'ajoutent aux 30 jours de permission annuelle.

Leurs traitements varient de 1.500 à 2.000 francs par mois au début, jusqu'à 50.000 ou 60.000 fr. par an, et même 100.000 sur les grands chalutiers, sans compter les avantages en nature : logement, nourriture, primes de charbon, etc.

Ils obtiennent, en général, avant la fin de leur carrière la Croix du Mérite maritime ou la Légion d'honneur et peuvent devenir, quand ils sont de 1^{re} classe, ingénieur-mécanicien de réserve de la Marine de guerre.

Places. — Alors que la plupart des carrières sont encombrées, il y a au contraire de nombreuses places d'officiers-mécaniciens.

L'examen peut être passé à 18 ans pour les élèves-officiers et les officiers de 2^e classe. L'épreuve d'atelier peut d'ailleurs être subie seule à partir de 17 ans et les élèves qui obtiennent le certificat d'atelier n'ont plus à passer cette épreuve. C'est donc une carrière vers laquelle les jeunes gens qui aiment la vie active, libre, les voyages, la vie assurée ainsi que le prestige d'une carrière d'officier doivent se diriger immédiatement.

IL FAUT SE PRÉPARER LE PLUS TOT POSSIBLE.

L'Ecole de Navigation Maritime et d'Officiers mécaniciens de Nice, placée sous le patronage de la Ville et de la Chambre de Commerce, prépare aux examens d'officier mécanicien, les jeunes gens, soit sur place le jour, soit par correspondance, soit aux cours du soir.

Renseignements et programmes gratuits (1 timbre pour réponse) au siège de l'Ecole, 56, boulevard Impératrice-de-Russie, à Nice.

Les mêmes cours ont lieu à Paris, 152, avenue de Wagram (17^e).

PUBL. C. BLOCH.