

Février 1939

5 francs

# la Science et la Vie



Voir page 85

Vient de paraître

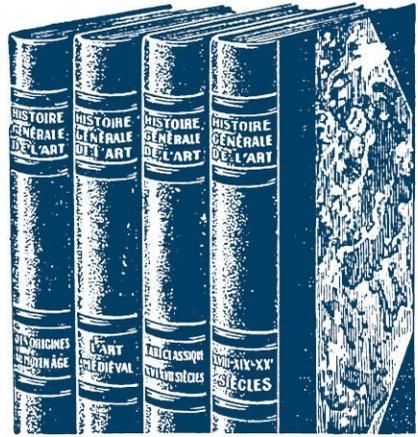
# L'Histoire générale de L'ART

en 4 volumes reliés

Dos chagrin avec nervures et coins chagrin. Format 24x31 contenant 2.000 pages environ, 2.300 héliogravures, 61 hors-texte et in-texte en couleurs, 31 fac-similés de dessins des Grands Maîtres, crayons et couleurs.

Publiée sous la haute direction de M. Georges Huisman, Directeur Général des Beaux-Arts, avec la collaboration d'Ecrivains et Critiques d'art les plus éminents.

## MAGNIFIQUE Edition artistique



### Un admirable Musée des plus beaux chefs-d'œuvre de l'Art Universel

L'Histoire Générale de l'Art, comme l'Histoire elle-même, est indispensable à tous ceux qui désirent connaître, comprendre et expliquer le Présent à la lumière du Passé.

Nous avons développé l'illustration aussi largement que possible et nous avons complété le texte par des Cartes et chaque volume par des Tableaux synchroniques.

Nous y avons introduit par surcroît de nombreux fac-similés de DESSINS DES GRANDS MAÎTRES d'une saisissante exactitude artistique.

La Librairie Aristide Quillet est heureuse d'offrir à tous les souscripteurs ce supplément de chefs-d'œuvre qui, en augmentant la valeur de l'ouvrage, constitue pour chacun une véritable COLLECTION PARTICULIÈRE

représentant, à elle seule, le prix total de cette magnifique publication.

Notre HISTOIRE GÉNÉRALE DE L'ART, judicieusement conçue, apporte à l'homme du XX<sup>e</sup> siècle un certain nombre de satisfactions

Tout d'abord, le seul fait de feuilleter ces pages, de contempler ces Gravures, Tableaux et Cartes, procure au lecteur amoureux de la BEAUTÉ ARTISTIQUE ces joies profondes que célébrait jadis le grand peintre Nicolas Poussin.

Ensuite, la sensibilité de l'amateur s'éveille et s'enrichit bien

vite, tandis que se déroulent à travers les siècles les grands mystères de la création des chefs-d'œuvre.

Notre HISTOIRE GÉNÉRALE DE L'ART a pour rôle essentiel de transporter son lecteur au pays des œuvres, au pays des artistes, devant le Tableau évoqué, devant le Monument décrit. Elle est une perpétuelle invitation au voyage. Elle est un guide toujours prêt à conduire le promeneur vers les pèlerinages passionnés, à travers les Musées et les Monuments, les vieux Pays et les antiques Cités.

### Collaborateurs et Plan général

**M. Louis BRÉHIER**  
Membre de l'Institut  
**L'ART ANTIQUE :**  
en Occident, Proche-Orient, et Méditerranée. **DE L'ART ANTIQUE A L'ART MÉDIÉVAL. - L'ART MUSULMAN. - L'ART EN OCCIDENT au V<sup>e</sup> au XI<sup>e</sup> Siècle. - L'ART ROMAN.**

**M. LION-GOLDSCHMIDT**  
Professeur, attaché au Musée du Louvre  
**L'ART EN ASIE** jusqu'au XIV<sup>e</sup> Siècle. - **L'ART EN EXTRÊME-ORIENT** du XIV<sup>e</sup> Siècle à nos jours.

**BON GRATUIT**  
DEMANDEZ la superbe Brochure illustrée spécialement envoyée **GRATIS et FRANCO** par la Librairie **ARISTIDE QUILLET** 278, Boul. Saint-Germain, PARIS

**M. Elle LAMBERT**  
Directeur de la Bibliothèque d'Art et d'Archéologie de l'Université de Paris  
**L'ART GOTHIQUE**

**M. Ch. KUNSTLER**  
**LES ARTS DE L'AMÉRIQUE PRÉ-COLOMBIENNE. DE L'AFRIQUE NOIRE et DE L'Océanie.**

**M. Ch. TERRASSE**  
Conservateur-Adjoint du Musée de Fontainebleau  
**L'ART du XV<sup>e</sup> Siècle en Italie. - LA RENAISSANCE EN EUROPE au XVI<sup>e</sup> Siècle.**

**M. Robert REY**  
Inspecteur général des Beaux-Arts  
Professeur au Musée du Louvre  
**L'ART EN EUROPE au XVII<sup>e</sup> Siècle. - L'ART EN FRANCE et EN EUROPE au XVII<sup>e</sup> Siècle.**

**M. Henri MARTINIE**  
**L'ART EN FRANCE au XIX<sup>e</sup> et au XX<sup>e</sup> Siècle. - L'ART EN EUROPE au XIX<sup>e</sup> et au XX<sup>e</sup> Siècle.**

**M. J. G. GOULINAT**  
Attaché à l'École du Louvre  
**APERÇU SUR LA TECHNIQUE DE LA PEINTURE**

**M. Luc BENOIT**  
Attaché aux Musées Nationaux  
**CARTES. TABLEAUX SYNCHRONIQUES,** formant **ATLAS ARTISTIQUE.**

L'ouvrage est livrable immédiatement aux conditions du bulletin ci-dessous :

#### BULLETIN DE COMMANDE

Veillez me livrer un exemplaire en 4 volumes de *L'Histoire Générale de l'Art*, reliure haut luxe au prix de **1.350 fr.** payable à raison de **50 francs** par mois, en trois paiements de **427 francs (5 %)**, en un paiement de **1.215 fr. (10 %)** payable après réception.

Frais de port en sus, **25 fr.**, et d'encaissement, **1 franc** par traite.

SIGNATURE :

Nom .....

Prénoms .....

Profession .....

Adresse .....

Ville .....

Dép<sup>t</sup> .....

Copier ou découper ce bulletin et l'envoyer à la Librairie Aristide Quillet, Sté A. au capital de 20 millions, 278, Bd Saint-Germain, PARIS (7<sup>e</sup>).

PUBL. G. BLOCH

**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<sup>e</sup>)**

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, Electriciens et T. S. F.) et de Toulon (Mécaniciens de la Marine et de l'Aviation Maritime) ; à l'École des Elèves-Officiers, à l'École des Elèves-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<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup> et 1<sup>re</sup> classe ; au Brevet d'Officier Radio de la Marine Marchande.

**AVIATION MILITAIRE**

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

**AVIATION MARITIME**

A l'École 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.



PUBL. C. BLOCH

WENCHOWZ

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

# L'ÉLECTRICITÉ



*Pourquoi  
le traitement  
par  
l'électricité  
guérit!*

Le précis d'électrothérapie galvanique édité par l'Institut Médical Moderne du Docteur L. P. GRAND de Bruxelles et envoyé **gratuitement** à tous ceux qui en feront la demande, va vous **l'apprendre immédiatement**.

Ce superbe ouvrage médical de près de 100 pages avec gravures et illustrations et valant 20 francs, explique en termes simples et clairs la grande popularité du traitement galvanique, ses énormes avantages et sa vogue sans cesse croissante.

Il est divisé en 5 chapitres expliquant de façon très détaillée les maladies du

**Système Nerveux, de  
l'Appareil Urinaire** chez l'homme et  
la femme, des

**Voies Digestives et du  
Système Musculaire et Locomoteur.**

A tous les malades désespérés qui ont vainement essayé les vieilles méthodes médicamenteuses si funestes pour les voies digestives, à tous ceux qui ont vu leur affection rester rebelle et résister aux traitements les plus variés, à tous ceux qui ont dépensé beaucoup d'argent pour ne rien obtenir et qui sont découragés, je conseille simplement de demander mon livre et de prendre connaissance des résultats obtenus par ma méthode de traitement depuis plus de 25 années.

De suite ils comprendront la raison profonde de mon succès, puisque le malade a toute facilité de suivre le traitement chez lui, sans abandonner ses habitudes, son régime et ses occupations. En même temps, ils se rendront compte de la cause, de la marche, de la nature des symptômes de leur affection et de la raison pour laquelle, seule, **l'Électricité Galvanique** pourra les soulager et les guérir.

C'est une simple question de bons sens et je puis dire en toute logique que chaque famille devrait posséder mon traité pour y puiser les connaissances utiles et indispensables à la santé. C'est du reste pourquoi j'engage instamment tous les lecteurs de ce journal, Hommes et Femmes, Célibataires et Mariés, à m'en faire la demande.

**C'EST GRATUIT :** Écrivez à M<sup>r</sup> le Docteur L. P. GRAND, Institut Médical Moderne, 30, Avenue Alexandre-Bertrand à FOREST-BRUXELLES, et vous recevrez par retour du courrier, sous enveloppe fermée, le précis d'électrothérapie avec illustrations et dessins explicatifs.

Affranchissement pour l'Étranger : lettres. 2 fr. 25 ; cartes. 1 fr. 25.

LE PLUS MODERNE  
DES JOURNAUX

Documentation la plus complète et la plus variée

# EXCELSIOR

GRAND QUOTIDIEN ILLUSTRÉ



ABONNEMENTS

FRANCE ET COLONIES..	{	Trois mois ..	40 fr.
		Six mois .. ..	77 fr.
		Un an .. .. .	150 fr.
BELGIQUE.. . . . .	{	Trois mois.. ..	48 fr.
		Six mois .. .. .	93 fr.
		Un an .. .. .	180 fr.
ÉTRANGER (tarif postal réduit).. . . . .	{	Trois mois.. ..	73 fr.
		Six mois .. .. .	135 fr.
		Un an .. .. .	260 fr.
ÉTRANGER (tarif postal augmenté).. . . . .	{	Trois mois.. ..	98 fr.
		Six mois .. .. .	190 fr.
		Un an .. .. .	370 fr.

## DEVENEZ RAPIDEMENT SPÉCIALISTE EN T. S. F.

Construction, Montage, Dépannage tous appareils, Cours (théorie et pratique) oraux et par corresp. en 18 leçons : **150 fr.**

**DIPLOME FIN D'ÉTUDES**

Première leçon gratuite à qui se recommandera de **La Science et la Vie**.

**COURS NADAUD, 1, place Jussieu, Paris (Ve)**

## INVENTEURS

POUR VOS **BREVETS** L. DENÈS  
INGÉNIEUR-CONSEIL  
35, Rue de la Lune, PARIS 2<sup>e</sup>  
DEMANDEZ LA BROCHURE GRATUITE "S".

## LA SCIENCE ET LA VIE

est le seul Magazine de Vulgarisation  
**Scientifique et Industrielle**

---

---

**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<sup>e</sup>)

---

En me recommandant de « La Science et la Vie », je vous prie d'envoyer le guide susvisé 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 prénoms .....

Rue et n° .....

Ville et Département .....

Date de naissance (1) .....

Diplômes le cas échéant (1) .....

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

Traitement désiré (1) .....

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

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

---

---

SANS - FILISTES !

*Pas d'auditions vraiment pures*  
sans un

SURVOLTEUR - DEVOLTEUR

SUPER CB<sup>2</sup>

Le voltage du courant que vous utilisez subit des variations périodiques. Le **survoltage** diminue la musicalité, provoque des parasites et entraîne le **claquage** des lampes. Le **dévoltage** diminue la **musicalité** ainsi que la **sélectivité**. Adaptez à votre poste, sans aucune installation, le **SUPER CB-2 FERRIX** qui "nivelle" le courant à son voltage exact.

**FERRIX**

NOTICE N°11 SUR DEMANDE :  
98, Av. Saint-Lambert - NICE  
172, Rue Legendre - PARIS



R.L.D

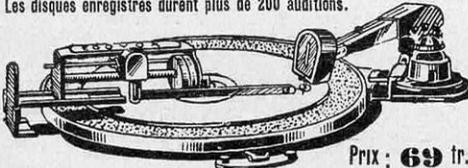
**ENREGISTREZ VOUS-MÊMES...**

les émissions que vous transmettent des mondes lointains vos postes favoris, en adaptant sur votre pick-up...

**EGOVOX**L'ENREGISTREUR  
DU SON

LA SIMPLICITÉ MÊME caractérise le fonctionnement de l'Egovoxx, ce qui n'est pas une des moindres raisons de son succès mondial.

Les disques enregistrés durent plus de 200 auditions.



Prix : 69 fr.

CATALOGUE FRANCO SUR DEMANDE

**Société REMO-EGOVOX**1, rue Lincoln, Paris-8<sup>e</sup>

PUBLI. G. BLOCH

VOUS APPRENDREZ  
LES LANGUES

— sans effort, avec —

**ASSIMIL**LA MÉTHODE FACILE  
qui rend l'étude aimable et attrayante.

• •

D'un prix modéré, ASSIMIL est aussi un placement qui rapporte au centuple.

• •

Documentation et 7 leçons d'essai contre 2 fr. 50 en timbres pour chaque langue : anglais, allemand, italien, espagnol ou néerlandais.

**ASSIMIL, service Sc,**  
15<sup>bis</sup>, rue de Marignan, Paris-8<sup>e</sup>

ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES

◀ **FILTRE** ▶

DANS TOUTES BONNES MAISONS  
et 155, faubourg Poissonnière, Paris

**MALLIÉ****DEVENEZ RADIO-TECHNICIEN ou SOUS-INGÉNIEUR DIPLOMÉ...**

En suivant les Cours par correspondance de  
**L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE  
SUPÉRIEURE DE T. S. F.**  
51, boulevard Magenta, PARIS-X<sup>e</sup>

Les Cours donnés par des  
Ingénieurs spécialistes peu-  
vent être suivis par tout le  
monde sans difficulté.

Construction, Montage, Dépannage  
et alignement de tout poste

Cours complet : 250 francs  
**DIPLOME FIN D'ÉTUDES**

LA SEULE ÉCOLE OU L'ON FAIT DE LA PRATIQUE. — Demandez la première leçon gratuite

**NOUVEAUTÉ !**

# LE DESSIGRAPHE

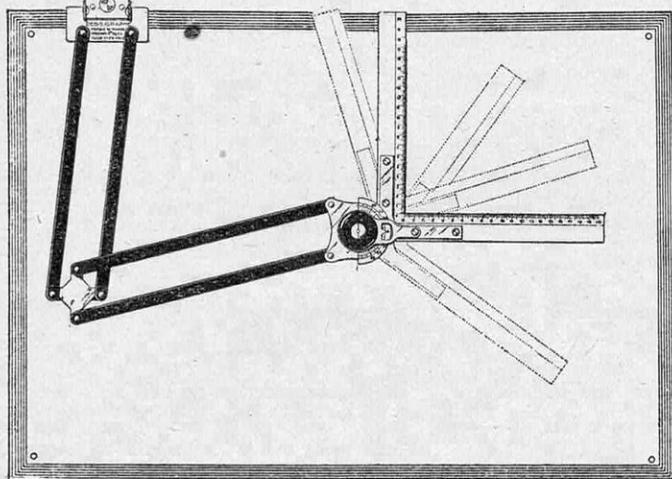
Breveté S. G. D. G. — Marque et modèle déposés. — Fabrication française

**DESSINERA RAPIDEMENT VOTRE PENSÉE TECHNIQUE !...**

**Simple - Rapide - Pratique - Précis - Robuste - Inoxydable - Bon marché**

CET APPAREIL D'ÉTUDES SUPPRIME L'EMPLOI DU TÉ, DES ÉQUERRES ET DES RÈGLES AUX

↓ Système de fixation mobile pour toutes planches



**DESSINATEURS  
ARCHITECTES  
INGÉNIEURS  
ÉTUDIANTS, etc.**

Catalogue 12 bis franco sur demande

**PRIX DE LANCEMENT :**

I. Petit modèle pour planche maximum 75×60.. .. **95. »**

II. Grand modèle pour planche maximum 120×80 .. **135. »**

**Franco emballage et port tous pays.**  
CHÈQUES POSTAUX 2035.52

Les commandes non accompagnées de leur montant sont majorées de 10 francs pour frais de contre remboursement.

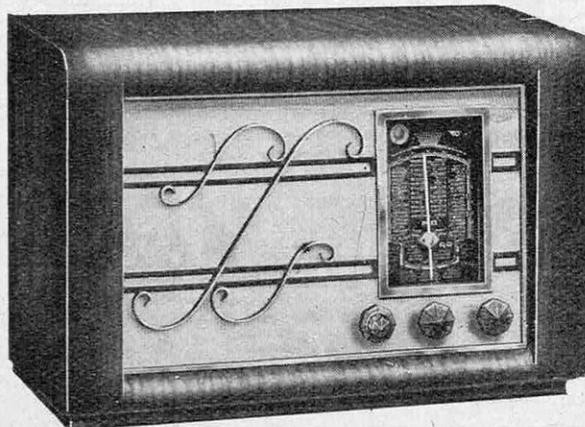
**P. BERVILLE**  
18, rue La Fayette, PARIS-IX<sup>e</sup>

**Une réalisation de grande valeur !...**

## Le P. B. 10 PUSH-PULL

**10 tubes miniwatt série Transcontinentale 1939**

(1 EF 8, 1 EK 3, 1 EF 9, 1 EB 4, 1 EF 9, 1 EF 6, 2 EL 3, 1 1883, 1 EM 1)



La plus belle réalisation inspirée par la technique « Cinématique Electronique »



Grande souplesse et grande stabilité sur toutes les gammes. Récepteur à haute fidélité comportant tous les raffinements que l'on puisse imaginer à l'heure actuelle.



Prix du châssis câblé, étalonné, av. lampes, net .. **1.350. »**

POSTE COMPLET, monté en ébénisterie de luxe, avec dynamique Cleveland, 24 cm., net .. **1.750. »**

PUBL. - BLOCH

Dimensions : Largeur, 580 mm. ; Profondeur, 350 mm. ; Hauteur, 400 mm.

**Demandez Notice technique et Devis**

**Etab. RADIO-SOURCE, 82, avenue Parmentier, PARIS-XI<sup>e</sup>**

Demandez Radio-Manuel 1939 contre 7 francs en timbres

# 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 discrétion 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-Secrétariats d'Etat,  
LA PLUS IMPORTANTE DU MONDE.

L'efficacité des méthodes de l'Ecole Universelle, méthodes qui sont, depuis 32 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° 41.101**, 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° 41.105**, 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° 41.112**, 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° 41.116**, 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° 41.120**, 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° 41.128**, 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° 41.132**, concernant la préparation aux carrières d'**Ingénieur, Sous-Ingénieur, Dessinateur, Conducteur, Chef de Chantier, Contremaître** 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° 41.139**, concernant la préparation à toutes les carrières de l'**Agriculture**, des **Industries agricoles** et du **Génie rural**, dans la Métropole et aux Colonies.  
(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs agronomes, Ingénieurs du Génie rural, etc.)

**BROCHURE N° 41.141**, 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° 41.145**, concernant la préparation aux métiers de la **Couture**, de la **Coupe**, de la **Mode** et de la **Chémiserie** : Petite-Main, Seconde-Main, Première-Main, Couturière, Vendeuse, Vendeuse-retoucheuse, Modéliste, Modiste, Coupeuse, Lingère, Brodeuse, Coupeur-Chémisier, Coupe pour hommes, Professorats libres et officiels, etc.  
(Enseignement donné par des Professeurs officiels et par des Spécialistes hautement réputés.)

**BROCHURE N° 41.150**, concernant la préparation aux carrières du **Cinéma** : Carrières artistiques, techniques et administratives.  
(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

**BROCHURE N° 41.156**, concernant la préparation aux carrières du **Journalisme** : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc.  
(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

**BROCHURE N° 41.163**, 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° 41.165**, 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° 41.172**, 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° 41.178**, 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° 41.183**, 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° 41.187**, concernant l'**Art d'écrire** (Rédaction littéraire, Versification) et l'**Art de parler en public** (*Eloquence usuelle, Diction*).

**BROCHURE N° 41.191**, concernant l'**enseignement** pour les **enfants débiles** ou **retardés**.

**BROCHURE N° 41.193**, concernant les **carrières féminines** dans tous les ordres d'activité.

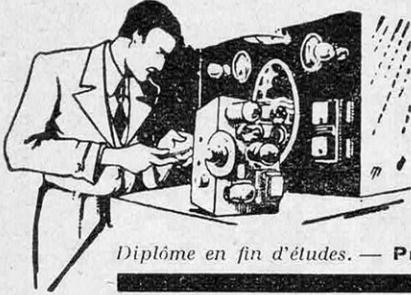
**BROCHURE N° 41.196**, **Coiffure, Manucure, Pédicure, Massage, Soins de beauté**.

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<sup>e</sup>)

ARMÉE - MARINE - AVIATION - COLONIES - ADMINISTRATION - MINISTÈRES - INDUSTRIE - COMMERCE



Diplôme en fin d'études. — Première leçon gratuite aux lecteurs de « La Science et la Vie ».

La T. S. F. permet de satisfaire tous les goûts et ouvre partout des carrières nombreuses et rémunératrices aux

**TECHNICIENS DIPLOMÉS**

**DEVENEZ-LE** en quelques mois d'études agréables et faciles, sur place ou par correspondance, grâce aux

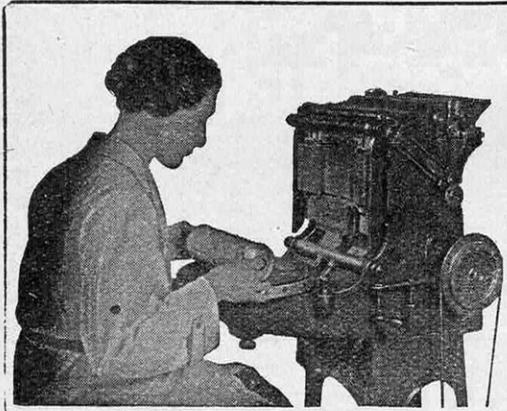
**COURS PROFESSIONNELS DE T. S. F. ET RADIO**

**62, boulevard Sébastopol, Paris (3<sup>e</sup>)**

BROCHURE GÉNÉRALE GRATUITE — PRÉPARATION MILITAIRE RADIO  
Cours complet de construction, montage, réglage et dépannage : 250 fr.

Quelle que soit votre fabrication,  
économisez **TEMPS** et **ARGENT**  
en supprimant vos étiquettes.

LA  
**POLYCHROME**  
**DUBUIT**



PUBL. C. BLOCH

**imprime en une, deux ou trois  
couleurs sur tous objets.**

**PRÉSENTATION MODERNE**

**4 fois moins chère que l'étiquette**

(VOIR ARTICLE DANS LE N° 227, PAGE 429)

**MACHINES DUBUIT**

**62 bis, rue Saint-Blaise**

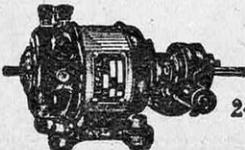
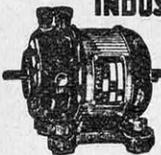
**PARIS**

Req. : 19-31



**NOMBREUSES RÉFÉRENCES DANS  
TOUTES LES BRANCHES DE L'INDUSTRIE**

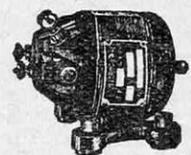
**PETITS MOTEURS  
INDUSTRIELS**



240<sup>es</sup> BJEAN-JAURES  
BILLANCOURT

TELEPHONE  
MOLITOR 42.39

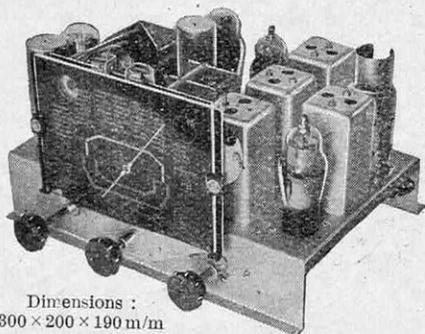
**L. DRAKE CONSTRUCTEUR**



PUBL. C. BLOCH

# LE SCIENTIFIC VI

(décrit dans le n° 259, janvier 1939)



Dimensions :  
300 x 200 x 190 m/m

## ATTENTION !

**Châssis 6 Tubes O.C. - P.O. - G.O.**

(Voir caractéristiques ci-dessous.)

**PRIX DE PROPAGANDE :**

En pièces détachées (livré avec fil, soudure, décolletage et plan de câblage) . **270**

Câblé et réglé..... **295**

Jeu de 6 tubes glass 1<sup>er</sup> choix (6A8, 6K7, 6Q7, 6F6, œil magique et valve). **175 »**

Le même jeu en métallique..... **195 »**

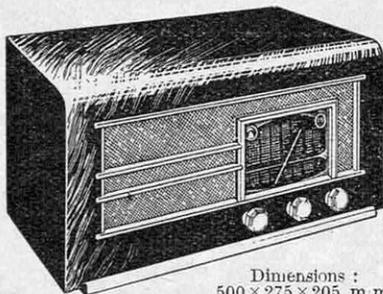
Dynamique 21 cm. spécial 6F6 ..... **42 »**

— 21 cm. modèle supérieur .... **55 »**

Ebénisterie luxe N° 1, noyer ou acajou verni ..... **130 »**

**Poste complet avec dynamique supérieure, lampe glass 1<sup>er</sup> choix..... 675**

Supplément pour ébénisterie de haut luxe N° 2, avec décors cuivre rouge verni. **80 »**



Dimensions :  
500 x 275 x 205 m m

**CARACTÉRISTIQUES.** — Bobinages avec MF à noyaux magnétiques accordés sur 472 kc. • CV. 2 x 0,46 à isolement spécial. • Grand cadran avec glace de 170 x 125 m/m, éclairage par la tranche. • Trans'o d'alimentation fonctionnant sur 110-130-150-220-240 vo.lts. 50 périodes. • Prise pick-up.

Réception confortable et musicale de plus de 150 stations tant en GO, PO et OC. (Moscou, Rome, l'Amérique avec facilité.)

## RADIO-RECORD

3, rue du Vieux-Colombier — Paris (6<sup>e</sup>)  
Tél. : Lit. 55-17. — Métro Saint-Sulpice.

Magasins ouverts sans interruption, de 8 h. 30 à 19 heures, sauf dimanches et fêtes.

**CONDITIONS DE VENTE.** — Aucun envoi n'est fait contre remboursement, si au moins a moitié de la commande n'est adressée, joindre en sus 6 % du prix total pour frais de port et d'emballage pour la province. Chèque p. 148-523. Conditions spéciales pour l'exportation.

FUBL. RAPHY

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° 39.65, envoyé gratuitement sur demande par les Etablissements SARDA, les réputés horlogers installés à BESANÇON depuis 1893.

Echanges et reprises de montres anciennes.

**SARDA**  
**BESANÇON**  
FABRIQUE D'HORLOGERIE DE PRÉCISION

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

**BIBLIOTHEQUES**  
**EXTENSIBLES et TRANSFORMABLES**

demandez le catalogue n° 71 envoyé gratuitement

**M.D.**

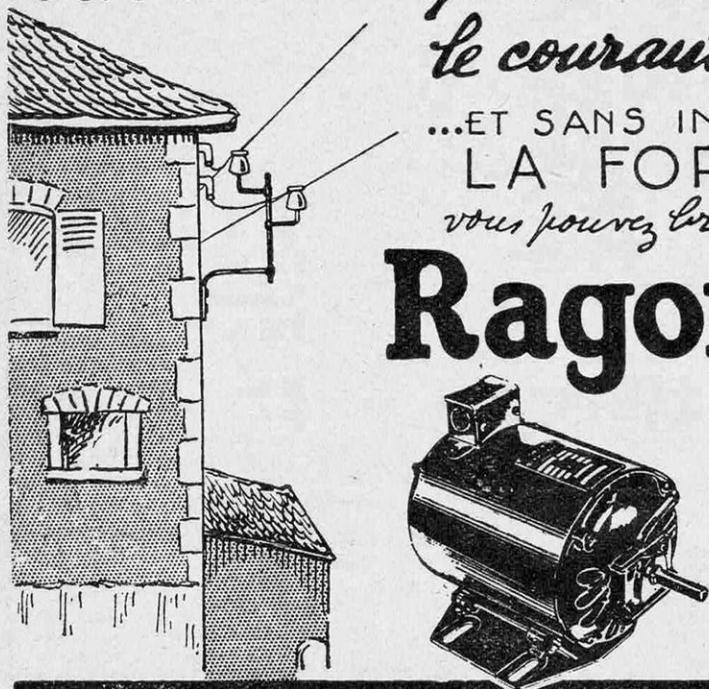
9 rue de Villevevel PARIS - 75 LITT. 11-28

*Partout où passe  
le courant lumière*

...ET SANS INSTALLER  
LA FORCE!..  
*vous pouvez brancher un*

# Ragonot-Delco

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



Pub. R.-L. Dupuy

Depuis

**25 ans**

... les clichés de  
"LA SCIENCE  
ET LA VIE"  
sont exécutés dans  
les ateliers de  
Photogravure des  
Établissements...

**LAUREYS F<sup>res</sup>****17 RUE D'ENGHIEN - PARIS-10°****TÉLÉPH.:  
PRO. 99.37**

**PHOTOGRAVURE  
OFFSET - TYPONS  
CLICHERIE  
GALVANOPLASTIE**

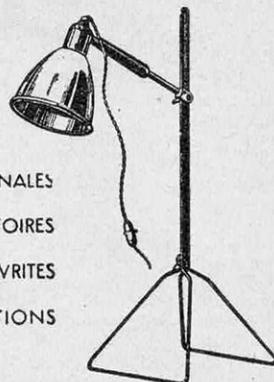
**L'INFRA-ROUGE**

— A DOMICILE —

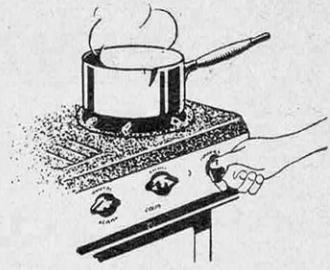
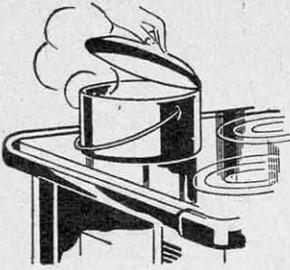
**PAR LE PROJECTEUR  
THERMO-PHOTHERAPIQUE  
DU DOCTEUR ROCHU-MERY**

*Soulage  
les douleurs*

RHUMATISMES  
DOULEURS ABDOMINALES  
TROUBLES CIRCULATOIRES  
NÉVRALGIES - NEVRITES  
PLAIES - ULCÉRATIONS  
ETC., ETC.

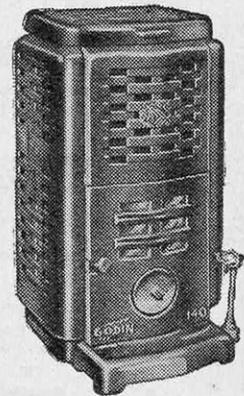


**LA VERRERIE SCIENTIFIQUE**  
12 AV. DU MAINE - PARIS XV° T. Littré 90-13



CUISINIÈRE 1<sup>re</sup> SÉRIE N° 1.125 (VUE OUVERTE)

**DE L'EXPÉRIENCE  
DÉCOULE LA  
PERFECTION**



FOYER N° 140

# GODIN

LA PREMIÈRE MARQUE DU MONDE

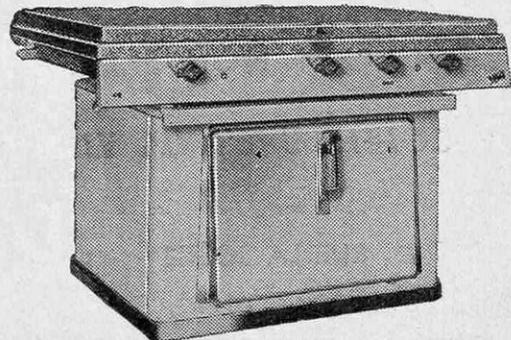
**ANCIENNE MAISON GODIN**

SOCIÉTÉ DU FAMILISTÈRE DE GUISE

**R. RABAUX & C<sup>IE</sup>, A GUISE**

R. C. Vervins, N° 5    ○ ○ ○    (AISNE)

FOURNEAU AU GAZ N° 418



PUBL. C. BLOCH

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 BOÉTIE  
PARIS (VIII<sup>e</sup>)

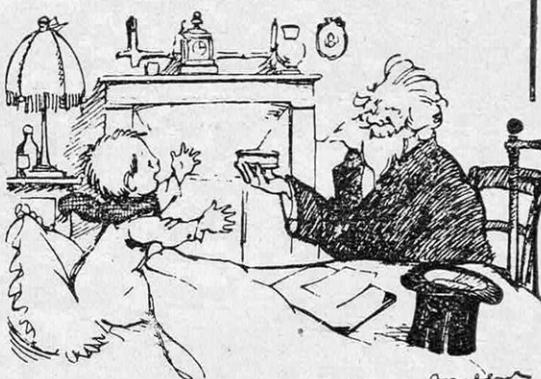
PUBL. C. BLOCH

**BONNE NOUVELLE POUR LA JEUNESSE  
LABORIEUSE ET STUDIEUSE**

Jeunes gens et jeunes filles que les nécessités de l'existence ont mis dans l'obligation d'interrompre vos études, et qui êtes désireux de les continuer pour améliorer votre sort,

**SACHEZ QUE**

le **COURS NADAUD SCIENTIFIQUE ET LITTÉRAIRE**, 1, place Jussieu, Paris (5<sup>e</sup>), vient d'organiser, à tarif très modéré, des cours oraux ayant lieu les samedis et des cours par correspondance préparant notamment au **BREVET ÉLÉMENTAIRE** et B. E. P. S. Renseignements sur demande. **PREMIÈRE SEMAINE DE COURS** à titre **GRACIEUX** à qui se recommandera de "La Science et la Vie".



- De la Pâte Regnaud... Ah bon Docteur, vous êtes un chic médecin !

**La MAISON FRÈRE  
19, rue Jacob, Paris**

envoie, à titre gracieux et franco par la poste, une boîte échantillon de

**PATE REGNAULD**

à toute personne qui lui en fait la demande de la part de "La Science et la Vie".

PUBL. C. BLOCH

**SOURDS**

Pour chaque degré de surdité, un

**PHONOPHORE**

**NOUVEAUX MODÈLES**  
à conduction osseuse et aérotympanique  
Remboursement partiel par Assurances sociales  
DÉMONSTRATIONS GRATUITES

**SIEMENS PHONOPHORE Co**, Service "S"  
4, rue Chauchat, Paris (9<sup>e</sup>) - Provenance 98-77

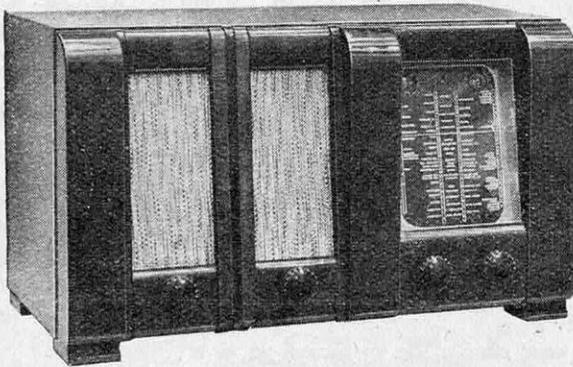
**UNIQUE EN FRANCE !!!**

L'application nouvelle de notre **GARANTIE STANDARD DE 3 ANS**  
 SERVICE D'ENTRETIEN et 3 vérifications gratuites par AN • ÉCHANGE INSTANTANÉ de tous châssis  
 ou postes, quelle que soit la cause de l'arrêt

Notre dernière création 1939

**L'ULTRAMERIC VIII** TOUTES ONDES  
 Haute fidélité musicale

Récepteur ultra-moderne à 8 lampes dont 2 multiples équivalentes au rendement d'un poste 10 lampes



Nouvelles lampes européennes à faisceaux électroniques. Haute fidélité musicale par double contre-réaction et dynamique de 25 cm. exponentiel. TOUTES ONDES 17-2.000 mètres. Sélectivité 8 Kc. Etage haute fréquence sur toutes les gammes. Contrôle de tonalité spécial. Réglage visuel par trèfle cathodique. Antifading retardé 100 %. Bobinages à noyaux de fer. Cadran à double démultiplication et grande visibilité avec signalisation automatique. Prise pick-up. Prise deuxième diffuseur. Secteur alternatif 110, 130, 220 240, volts.

PLUS DE 130 STATIONS  
 Moscou, Amérique, etc. sur O. C.

PRIX de réclame net  
 Poste complet .. **1.395.»**

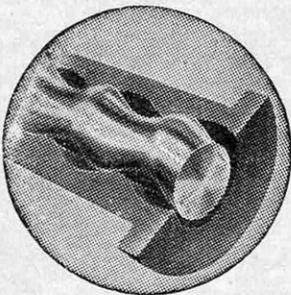
*D. mandez la DOCUMENTATION ILLUSTRÉE très détaillée, av. schéma et conditions de remise aux Lecteurs (Référence 901)*

**RADIO-SÉBASTOPOL, 100, boul. de Sébastopol, PARIS** Téléphone : TURBIGO 98-70

Fournisseur des grandes Administrations — Chemins de fer — Anciens combattants — Mutilés de guerre, etc.

MAISON DE CONFIANCE

PUBL. G. BLOCH

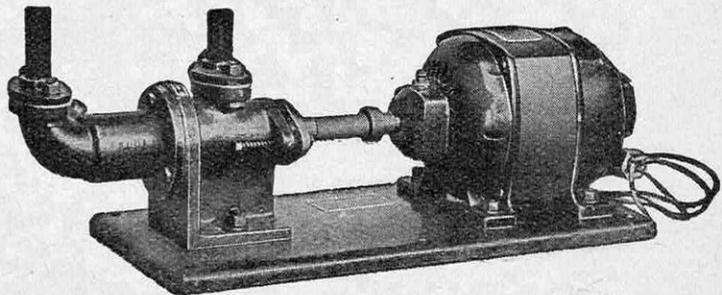


**POMPES EN CAOUTCHOUC**

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  
 Dunquerque, Strasbourg, Richelieu, pour tous liquides.

**POMPES • COMPRESSEURS • MÉCANIQUE**

63, 65 RUE DE LA MAIRIE VANVES (SEINE) TÉL. MICHELET 3748

# DIMANCHE ILLUSTRE

Avec ses lectures passionnantes, ses dessins des meilleurs humoristes, ses renseignements précieux, ses contes, ses romans, ses photos curieuses, ses enquêtes, ses reportages, est bien

**LE MAGAZINE  
DE LA FAMILLE**



# LE JOURNAL DE TOTO

Par l'immense succès qu'il a connu dès son premier numéro, a montré combien heureuse était sa formule et réussie sa présentation. Chaque jeudi, plus de trois cent mille enfants l'attendent avec impatience.

**LE JOURNAL DE TOTO  
L'AMI DES ENFANTS**



**Administration : 20, rue d'Enghien — Paris (10°)**

**Publicité : EXCELSIOR-PUBLICATIONS, 118, Champs-Élysées — Paris (8°)**

# L'OUTILERVÉ

Que de travaux attrayants et utiles n'exécuterait-on pas si l'on possédait l'outillage nécessaire ? Mais on recule devant les frais d'une installation coûteuse et toujours encombrante.

**L'OUTILERVÉ**  
remplace tout un atelier.

Robuste et précis, il est susceptible d'exécuter les travaux les plus divers, grâce à la disposition judicieuse de tous ses accessoires. Son maniement est simple et commode. Pas d'installation ; il se branche sur n'importe quelle prise de courant.

**L'OUTILERVÉ**  
est un collaborateur précieux  
et un ami sûr et dévoué.

Son prix, extrêmement bas, le met à la portée de toutes les bourses. Il est livré en un élégant coffret, avec tous ses accessoires.

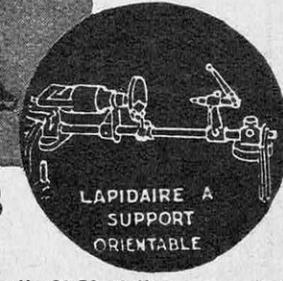
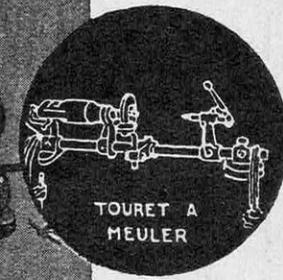
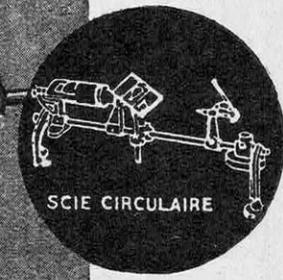
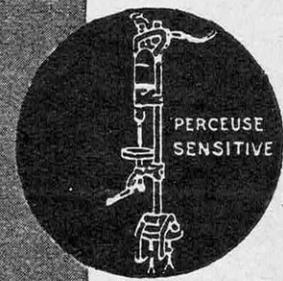
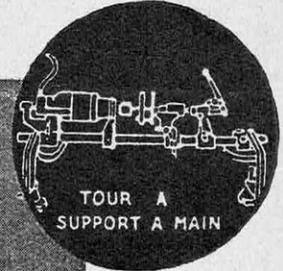
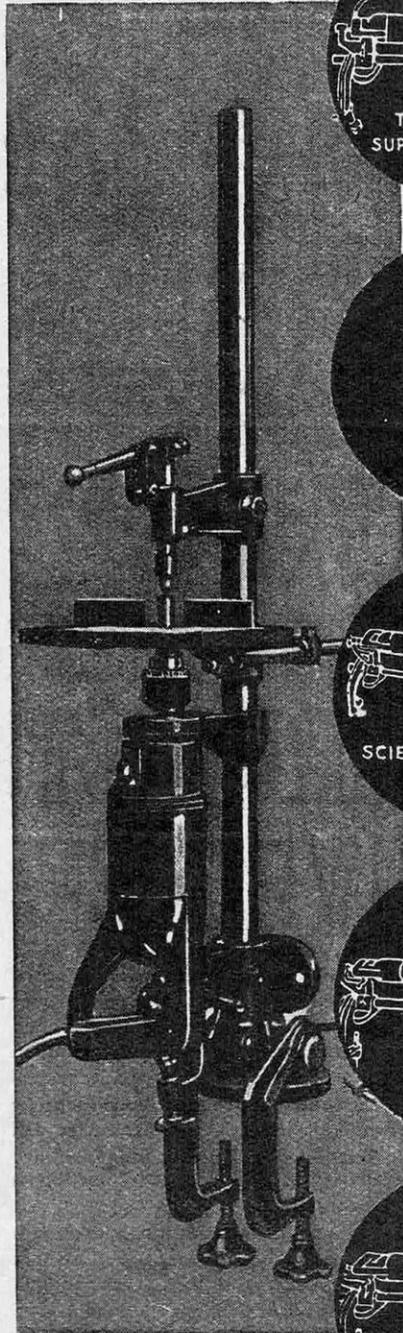
**SIAME**

Succ<sup>r</sup> de la S. A. RENÉ VOLET

Demander notices et tous renseignements à la

**SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE D'APPAREILLAGES  
MÉCANIQUES ET ÉLECTRIQUES**

74, rue Saint-Maur, PARIS-XI<sup>e</sup> — Téléphone : Roquette 96-50 (2 lignes groupées)



PUBL. G. BLOCH



## L'HIVER N'EXISTERA PLUS POUR VOUS SI VOUS ADOPTEZ **OZONAIR**

car vous vivrez perpétuellement dans une atmosphère de printemps saine et vitalisante par sa richesse en oxygène naissant.

**SUPPRIMEZ RHUMES, BRONCHITES, ANÉMIE**

**OZONAIR C'EST A PROFUSION DE L'AIR PUR A LA MAISON !**

**ÉLÉMENT DE CONFORT**

**OZONAIR NEUTRALISE ÉLECTRIQUEMENT ODEURS DE CUISINE, TABAC, etc.**

NOTICE ET RÉFÉRENCES FRANCO • ESSAI GRATUIT

**OZONAIR** 61, rue de Lancry, PARIS (10<sup>e</sup>). — Tél. BOT 24-10  
ou à notre exposition : 94, Bd de Courcelles (17<sup>e</sup>)

PUBL. C. BLOCH

# L'AGRICULTURE NOUVELLE

Indispensable à tous ceux qui vivent de la terre ou s'intéressent aux choses de la campagne, *L'Agriculture Nouvelle* publie tous les samedis, dans un numéro de 16 pages, grand format, copieusement illustré, des articles pratiques et documentés sur le génie rural, l'agriculture générale, la viticulture, la cidrerie, le jardinage, l'arboriculture, la basse-cour, le rucher, l'élevage, la médecine vétérinaire, la chasse, la pêche, etc.

Ce numéro de 16 pages se présente, grâce au nombre, à la variété et à la beauté de ses illustrations, sous une forme attrayante et élégante.

Tous les quinze jours, *L'Agriculture Nouvelle* présente à ses lecteurs une revue des travaux et recherches scientifiques intéressant les productions de la terre et l'exploitation du bétail.

Dans les mêmes conditions, elle donne une énumération complète des lois et décrets, arrêtés, circulaires qui se rapportent aux professions agricoles. Une page féminine est consacrée aux choses de la mode, du ménage, de la famille et aux conseils du médecin.

Une page de lectures amusantes et instructives, des dessins humoristiques, un roman passionnant font de chaque numéro de *L'Agriculture Nouvelle* un journal complet, joignant l'utile à l'agréable.

Le prix du numéro est de **1 franc**. Celui de l'abonnement annuel aux 52 numéros, de **45 francs**. ADMINISTRATION : 18, rue d'Enghien, Paris (10<sup>e</sup>).

Désirez-vous édifier **RAPIDEMENT** un bâtiment **ÉCONOMIQUE** ?

# Seule, la **SÉRIE 39**

de mes constructions en acier pourra vous permettre de réaliser votre projet **VIVEMENT ET A BON COMPTE**



Nous les fabriquons dans notre usine à Petit-Quevilly lez-Rouen

**LES HANGARS EN ACIER DE LA SÉRIE 39**

**SONT INDISPUTABLEMENT LES MEILLEURS et le MEILLEUR MARCHÉ**

Écrivez aujourd'hui pour la Brochure 144 franco 7 demande

La **Série 39** de mes constructions métalliques se prête à tous les besoins de la culture et de l'industrie.

Je la fabrique en cinquante-trois grandeurs distinctes. Les fermes vont de **5 à 15 mètres** de portée et il y a de quatre à cinq hauteurs pour chaque ferme.

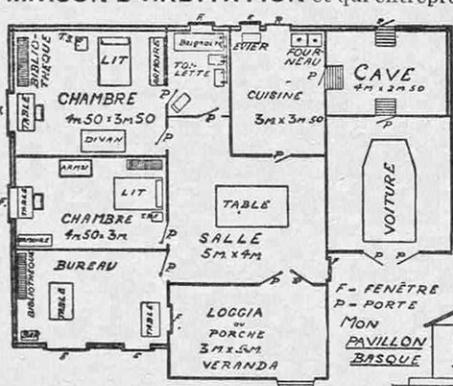
La **Série 39** s'emploie comme hangar agricole, avec ou sans auvent. Comme atelier, entrepôt, garage, salle paroissiale, grange, elle est le bâtiment **pratique et vivement posé**. Elle accepte toute toiture et toute clôture en tôles ou en briques.

Les demi-fermes de la **Série 39** font des appentis de scellement muraux ou à poteaux. Aucune combinaison ne manque. A la colonie, on prend quelques fermes de la **Série 39**, on les ferme en agglomérés — que l'on fait soi-même avec la machine que je fabrique également, et, dans un rien de temps, on a sa maison d'habitation.

Utilisez les fermes de la **Série 39** pour toutes vos constructions. Elle est **économique**. Il est de votre intérêt de l'employer partout. Demandez la notice explicative.

## La **SÉRIE 46** : Pavillons et Maisons d'habitation

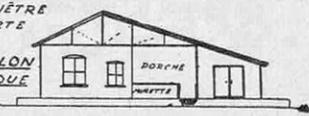
La **Série 46** est faite pour le Propriétaire, ou l'Industriel, qui désire un **PAVILLON** ou une **MAISON D'HABITATION** et qui entreprendra une partie du travail lui-même. Les charpentes en acier de la **Série 46** sont étudiées pour recevoir des



**PAROIS DOUBLES A MATELAS D'AIR** : des parois dont chaque partie a 8 cm d'épaisseur et qui renferment un matelas d'air de 16 mm. (Méfiez-vous d'une habitation à parois minces, c'est une folie d'enfance de l'habiter.)

La **Série 46** est en charpente **NON APPARENTE**. Une fois montées, les parois ont de 30 et 35 cm d'épaisseur et elles cachent complètement la charpente. Impossible de trouver la différence entre un pavillon de la **Série 46** et une maison toute en maçonnerie.

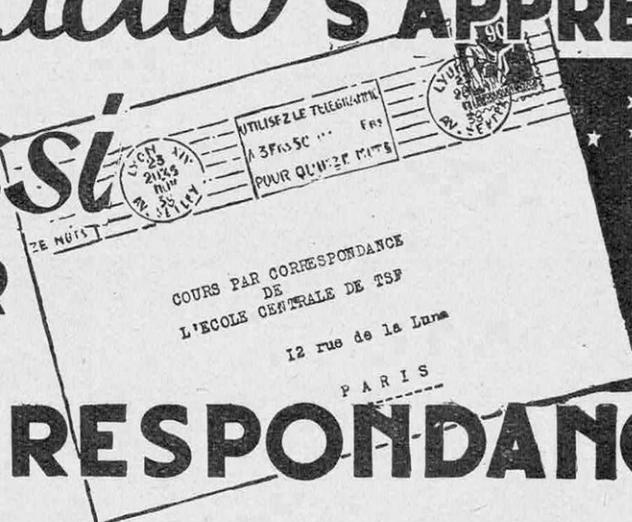
Demandez la notice **101 bis** et écrivez-moi au sujet du pavillon que vous désirez. Ne pas m'écrire si vous ne pouvez rien entreprendre par vos propres moyens.



**JOHN REID, Ingénieur-Constructeur**

6 bis, rue de Couronne, PETIT-QUEVILLY-LEZ-ROUEN (Seine-Inf.) — Tél. : 960-35 PETIT-QUEVILLY

# LA Radio S'APPREND Aussi PAR CORRESPONDANCE



N° 2.

## JEUNES GENS !...

c'est un véritable triomphe que remportent chaque année aux examens officiels  
LES MÉTHODES ORIGINALES D'ENSEIGNEMENT DE  
**L'ÉCOLE CENTRALE DE T. S. F.**

EN EFFET

70 % des candidats reçus aux examens officiels sont des élèves  
de l'école (résultats contrôlables au Ministère des P. T. T.)

Quelles que soient les situations de la Radio

**CIVILES OU MILITAIRES**

**auxquelles vous aspirez**

AVIATION — INDUSTRIE — MARINE — ADMINISTRATIONS

### AUGMENTEZ VOS CHANCES DE RÉUSSITE

en vous *inscrivant immédiatement* à nos cours par correspondance (donnant  
droit à un stage gratuit de six semaines)

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

Demandez le « Guide complet des carrières professionnelles et militaires de T. S. F. »



# ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

12 rue. de la Lune PARIS 2<sup>e</sup>



Telephone Central 78.87

# 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'Enghien, Paris-10<sup>e</sup>

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

PUBLICITÉ : Office de Publicité Excelsior, 118, avenue des Champs-Élysées, Paris-8<sup>e</sup>

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

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays

Copyright by La Science et la Vie, Février 1939 - R. C. Seine 116-544

Tome LV

Février 1939

Numéro 260

## SOMMAIRE

Le vol à grande altitude dans l'aviation civile et militaire.. . . . . <i>Voler entre 6 000 et 10 000 mètres va devenir une nécessité aussi bien pour les avions commerciaux, que pour les appareils militaires. Voici les récents progrès techniques qui permettent, dès maintenant, de naviguer au niveau de la stratosphère.</i>	José Le Boucher.. . . . .	85
Peut-on prévoir les tremblements de terre et les éruptions volcaniques ? <i>L'étude des « frémissements » du sol, le sondage fréquent des talus sous-marins au voisinage des continents, tels sont les procédés malheureusement encore incertains de prévision des séismes.</i>	L. Houllevigue .. . . . . Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.	94
Comment la génétique moderne crée des espèces nouvelles. . . . . <i>La « mécanique des chromosomes » vient de trouver en Amérique sa première application : la création d'espèces végétales plus robustes et plus fécondes que celles connues jusqu'à aujourd'hui.</i>	Jean Labadié.. . . . .	103
Pour l'établissement des cartes, l'appareil photographique remplace le théodolite.. . . . . <i>La photographie aérienne permet de tracer avec une précision accrue, et dans un temps record, les cartes géographiques à grande comme à petite échelle.</i>	Pierre Keszler.. . . . .	111
Ce que les « terres rares » nous ont appris sur la constitution de l'atome. <i>L'œuvre du chimiste français Georges Urbain apporte une éclatante confirmation à la classification rationnelle des 92 corps simples qui composent à eux seuls tout notre univers matériel.</i>	Marcel Boll.. . . . . Docteur ès Sciences, Agrégé de l'Université.	120
Téléphonie, télésignalisation, télécommande par « ondes porteuses » sur les réseaux de transport d'énergie.. . . . . <i>Sur les conducteurs mêmes des réseaux de distribution à haute tension, les courants haute fréquence assurent les communications entre postes et la commande à grande distance des centrales.</i>	Charles Brachet.. . . . .	125
Voici les méthodes modernes d'analyse par « visualisation » des phénomènes aérodynamiques .. . . . . <i>Pour étudier les phénomènes complexes de la mécanique des fluides, d'ingénieurs procédés permettent aujourd'hui de matérialiser et par suite de photographier ou de cinématographier les écoulements des gaz ou des liquides autour des corps profilés.</i>	Henry Girerd.. . . . . Docteur ès Sciences.	132
Comment la physique moderne explique l'action du rayonnement sur les cellules vivantes.. . . . . <i>Irradier un organisme vivant, pour le physicien moderne, c'est bombarder ses cellules à l'aide de « grains de lumière » ou photons. Peut-on diriger cette action pour la rendre physiologiquement bienfaisante ?</i>	Jean Labadié.. . . . .	140
La « lumière noire » et les arts décoratifs modernes.. . . . .	Maurice Dérivé.. . . . . Ingénieur E. B. P.	148
Pourra-t-on, en Amérique, extraire le magnésium de l'eau de mer ?	André Guillaumin.. . . . .	151
Pour la navigation aérienne, voici un pilote automatique de cap.. . . .	Jean Marival.. . . . .	153
La T. S. F. et la vie.. . . . .	André Laugnac.. . . . .	157
Les A côté de la science .. . . . .	V. Rubor.. . . . .	162

Le vol à grande altitude ne peut se concevoir, dans l'aviation civile, sans l'utilisation d'une cabine étanche à la fois pour les pilotes et pour les passagers. Dans l'aviation militaire, seuls les scaphandres souples stratosphériques peuvent assurer aux équipages, malgré la raréfaction de l'air, les conditions de vie indispensables pour mener à bien les missions qui leur ont été confiées. Mais le pilote militaire peut être amené à évacuer son appareil à très haute altitude et doit donc disposer pendant sa descente en parachute d'une réserve d'oxygène suffisante pour assurer sa respiration. La couverture de ce numéro représente un des essais récemment effectués en France avec un appareil spécialement adapté aux conditions modernes du combat aérien. (Voir l'article sur les vols à haute altitude page 85 de ce numéro.)



LE SCAPHANDRE STRATOSPHERIQUE DES DOCTEURS ROSENSTIEL ET GARSAX, EN ESSAI DANS LE CAISSON PNEUMATIQUE DU BOURGET, PRÈS PARIS

*Pour les aviateurs militaires volant à très haute altitude, le scaphandre aérien, destiné à les maintenir dans une atmosphère respirable, est une nécessité. L'étude d'un tel appareil, qui doit résister à une pression interne — contrairement aux scaphandres sous-marins — a été menée à bien par les docteurs Rosenstiel et Garsaux au laboratoire Paul-Bert du Bourget, dans le caisson de 45 m<sup>3</sup> (cylindre de 2 m 50 de diamètre calorifugé) où l'on peut réaliser les conditions de température et de pression rencontrées dans la stratosphère et où l'air est brassé par un ventilateur. Ainsi, grâce au masque à oxygène, une montée fictive de 14 000 m peut être effectuée en quelques minutes. Les difficultés inhérentes à l'étanchéité du scaphandre souple, qui se gonfle au fur et à mesure que la pression externe diminue, et à la souplesse des articulations sont aujourd'hui vaincues, de même qu'a été résolu le problème de l'isolement thermique, grâce à l'emploi d'une double paroi pour le scaphandre aérien. On voit ici le parachutiste Denois au cours d'essais de descentes fictives. Les bretelles de son parachute sont placées dans leur position normale.*

# LE VOL A GRANDE ALTITUDE DANS L'AVIATION CIVILE ET MILITAIRE

Par José LE BOUCHER

*Le vol aux grandes altitudes présente un avantage évident pour la locomotion aérienne du fait de la diminution de la densité de l'air qui réduit la résistance à l'avancement et autorise, à puissance égale, des vitesses plus élevées et des rayons d'action plus étendus. Il soulève toutefois un certain nombre de problèmes spéciaux, les uns d'ordre mécanique et thermodynamique (conservation de la puissance et refroidissement des moteurs), d'autres d'ordre physiologique (séjour prolongé du personnel navigant et des passagers en atmosphère raréfiée), d'autres enfin d'ordre météorologique (direction et force des vents dans la basse stratosphère). Grâce à la mise au point des compresseurs à plusieurs étages et à plusieurs vitesses et de l'hélice à pas variable, on sait aujourd'hui obtenir des rendements satisfaisants pour l'ensemble du groupe motopropulseur à toutes les altitudes d'utilisation. Cela ne va pas cependant sans une augmentation du poids de l'appareil et de la consommation du combustible, surtout dans le cas des avions de transport pour lesquels la cabine étanche et tout son équipement accessoire (compresseurs et centrale d'oxygène) sont une nécessité inéluctable. Le scaphandre individuel aérien, réalisé en Amérique, en Allemagne, en Angleterre, en Italie et en France, convient au contraire aux équipages des avions militaires auxquels, qu'il s'agisse de bombardiers ou de chasseurs, la supériorité de plafond confère des avantages du même ordre que la supériorité de vitesse.*

**D**EPUIS la fin de la guerre, le vol à grande altitude constitue, dans tous les pays, une des préoccupations dominantes des techniciens de l'aéronautique.

Sans trop savoir ce que l'homme trouverait dans les hautes couches de l'atmosphère, des imaginations un peu enflammées ont fait de la base de la stratosphère un Eden aéronautique. Cet enthousiasme était surtout fait d'ignorance. La science météorologique, née au début du XVII<sup>e</sup> siècle, est demeurée jusqu'à nos jours une science naturelle purement descriptive. Au cours de ces dernières années seulement, elle s'est élevée au rang de science physique exacte qui prétend expliquer et déduire. Il aura fallu pour cela non seulement mettre au point, perfectionner et étendre sur toute la surface du globe les méthodes de sondage par ballons-sondes imaginées par le météorologiste français Léon Teisserenc de Bort, mais aussi utiliser toutes les ressources de l'aéronautique elle-même, sans compter celles de la navigation maritime et de la radioélectricité (1).

(1) Il faut signaler en particulier la pratique nouvelle du goniosondage qui permet de repérer par radiogoniométrie la position d'un émetteur léger emporté par le ballon-sonde, lorsque les nuages empêchent de suivre sa marche au théodolite. Il est possible de mesurer ainsi la vitesse et la direction des vents au point où s'effectue le sondage.

Ainsi a été organisé un réseau de sondages par avions qui permet d'explorer l'atmosphère jusqu'à 6 000 m.

Un navire stationnaire météorologique, le *Carimare* (1), a été construit pour procéder de manière permanente, en plein Atlantique du Nord, à la concentration et à la diffusion des observations des navires, et effectuer quotidiennement des radiosondages.

C'est là l'un de ses rôles les plus importants, car il est le seul à pratiquer ce genre d'explorations aériennes en plein Atlantique, ce qui permettra de connaître la vitesse des vents aux grandes hautes altitudes même par temps couvert.

D'une manière générale, les radiosondages ont pour but de déterminer les cartes d'isobares et d'isothermes à toutes altitudes, ce qui constitue le seul moyen efficace de déterminer les courants aériens en altitude.

## **La météorologie de la haute atmosphère**

Ces études méthodiques de la haute atmosphère commencent à porter leurs fruits. Les résultats déjà acquis sont de nature à refréner quelque peu l'enthousiasme de ceux qui voyaient dans les vols stratosphériques et substratosphériques le fin du fin.

On sait que, dans notre atmosphère, on distingue la troposphère (brassée sans cesse

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 254, page 85.

par des courants verticaux et horizontaux) de la stratosphère, où la température varie peu avec l'altitude et qui, dans nos régions, commence vers 11 000 à 12 000 m. La surface intermédiaire est appelée tropopause. En fait, la stratosphère n'est pas, pour l'aviation, ce que l'on croyait généralement il y a une dizaine d'années encore. On n'y rencontre pas le calme éternel dont certains avaient rêvé à la suite de sa découverte par Teisserenc de Bort. En effet, les nombreux radiosondages effectués dans la région parisienne, ou à bord du *Cari-maré*, dans l'Atlantique-Nord, aussi bien qu'à l'Observatoire aérodynamique de Lindenberg, en Allemagne, ont mis en évidence une *variabilité nettement plus grande des conditions atmosphériques au niveau de la tropopause que près du sol.*

C'est ainsi que MM. Mironovitch et Viaut, pendant les six premiers mois de 1938, ont observé, au niveau de la

tropopause, six cas de variations de pression égales à 15 millibars ou dépassant cette valeur.

Les perturbations très fortes sont donc fréquentes au niveau de la tropopause. On peut en conclure qu'il existe, avant d'entrer dans la stratosphère, c'est-à-dire vers 11 000 ou 12 000 m, une couche de transition très agitée, dont l'épaisseur est, d'après les experts, de l'ordre de 5 km. Dans cette zone, les avions sont appelés à rencontrer des turbulences considérables et des vents très violents. En revanche, les pilotes ont la quasi-certitude de survoler la majorité des systèmes nuageux.

Nous voilà loin des rêves imprudents que

certains avaient fait au cours de ces dernières années. La connaissance de plus en plus précise que l'on acquiert ainsi peu à peu de la haute atmosphère montre qu'on rencontre de sérieux inconvénients à s'élever au-dessus de 8 000 m et jusqu'à 15 000 m. Ces inconvénients sont à placer en regard des avantages incontestables qu'on attend des vols à grande altitude. Seule l'expérience pourra établir la balance.

Ce qu'on peut avancer dès maintenant, c'est que voler avec les avions de commerce actuels au-dessus de 8 000 m apparaît sans intérêt certain.

Mais, à côté du problème civil, il existe un problème militaire de l'altitude.

### Les vols à très grande altitude dans l'aviation civile et militaire

Jusqu'à présent, les vols à très grande hauteur devaient, aux yeux des constructeurs d'avions commerciaux et des compagnies de

transport, permettre d'augmenter la vitesse des appareils, la résistance à l'avancement diminuant avec la densité de l'air, et, pour une consommation égale, d'accroître le rayon d'action des appareils. Ces avantages sont très réduits du fait de la vitesse du vent dans la tropopause et de la nécessité de prévoir un équipement spécial pour les appareils substratosphériques, équipement qui diminuera d'autant la charge utile des appareils. Reste la possibilité, grâce aux vols à grande altitude, de survoler la majorité des systèmes nuageux, ce qui augmenterait sensiblement la sécurité. Là encore, le bénéfice n'est pas certain

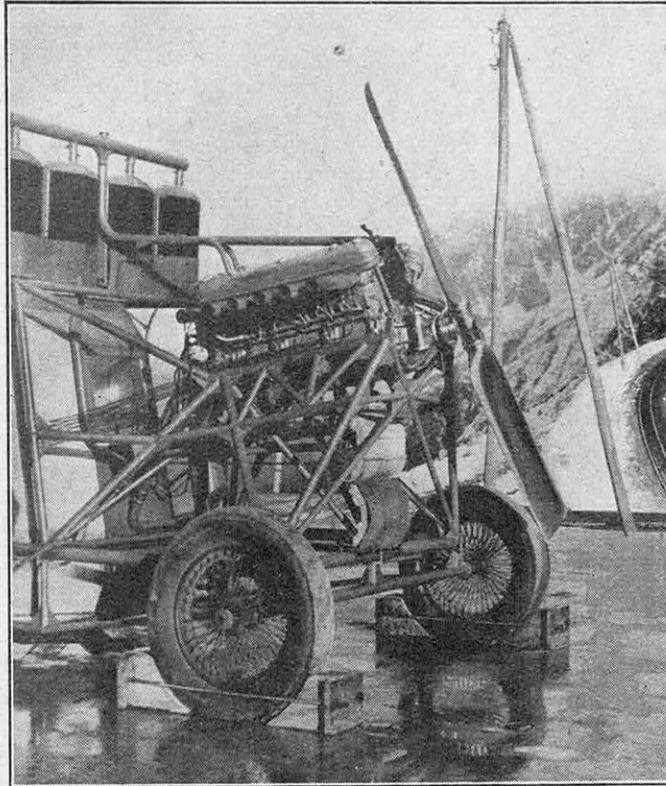


FIG. 1. — ESSAI D'UN MOTEUR D'AVION A LA STATION DU MONT LACHAT, DANS LE MASSIF DU MONT BLANC, A L'ALTITUDE DE 2 100 MÈTRES

dans tous les cas. Il doit néanmoins être retenu, puisque l'avion substratosphérique pourra au moins s'évader des nuages au lieu d'être condamné à voler en aveugle si le temps est bouché.

Le problème militaire du vol à grande altitude est d'un autre ordre. Pour l'avion de guerre, voler haut est une nécessité pour l'attaque comme pour la défense.

Le chasseur est condamné à monter toujours plus haut pour barrer le ciel à l'adversaire et l'attaquer. Le bombardier, surtout

l'avion de guerre, une nécessité. Pour le chasseur, l'altitude est avec la vitesse la condition même de son succès. Pour le bombardier, ce peut être le seul moyen à sa disposition pour espérer mener à bien, de jour, la mission qui lui a été confiée.

### Les compresseurs et turbocompresseurs

Le problème de l'altitude, qui ouvre des possibilités nouvelles et intéressantes à l'aviation marchande, et qui constitue pour l'aviation militaire une nécessité, repose

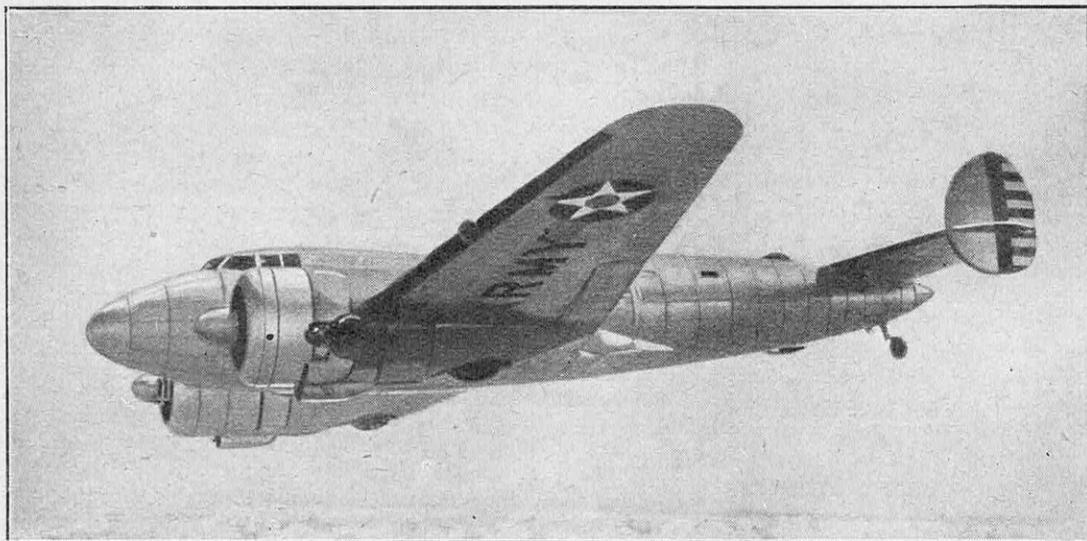


FIG. 2. — AVION AMÉRICAIN « LOCKHEED XC 35 », POUR LES VOLS A HAUTE ALTITUDE  
Version spéciale de l'appareil militaire Lockheed Electra, cet avion est équipé de deux moteurs « Pratt et Whitney Twin Wasp » (1 200 ch) suralimentés. Il est muni d'une cabine étanche où la pression est maintenue à une valeur correspondant à l'altitude de 3 600 m. Aux essais, le Lockheed XC 35, avec un équipage de 6 hommes, a atteint 560 km/h sur une base de 352 km parcourue en 38 mn à des altitudes variant entre 6 400 et 5 800 m. A noter que la température dans la cabine s'est maintenue suffisamment constante pour rendre inutile l'emploi de vêtements spéciaux.

s'il entend opérer de jour, devra prendre de la hauteur afin d'échapper au feu de la défense contre avions. Au cours et à la fin de la dernière guerre, les monoplans de chasse assuraient la garde du ciel jusqu'à 5 000 m environ. Des bombardiers qui eussent passé nettement au-dessus de cette cote n'eussent rien eu à craindre, ni de la défense contre avions (inopérante à cette époque au-dessus de 3 000 m), ni des chasseurs.

A l'heure actuelle, les batteries anti-aériennes allemandes de 88 tirent à plus de 8 000 m et les chasseurs montent aisément jusqu'à 10 000 m (1).

La course à l'altitude est donc bien, pour

(1) Les chasseurs actuels ont un « plafond » de 10 000 m environ, mais ils ne montent pas effectivement à 10 000 m, faute de scaphandre ou de cabine étanche pour les pilotes. Ces dispositifs spéciaux

avant tout sur une question de conservation de la puissance nominale des moteurs. On sait, en effet, que lorsqu'on s'élève, par suite de la diminution de pression atmosphérique, la puissance fournie par un moteur donné diminue progressivement.

On a pu, sans trop de difficultés, rétablir la pression d'admission tant que l'altitude de vol n'a pas dépassé sensiblement 3 500 ou 4 000 m. Des compresseurs centrifuges simples tournant entre 20 000 et 25 000 tours par minute ont suffi. Pour dépasser franchement 5 000 m, les ingénieurs ont dû recourir à des dispositifs nouveaux. Tout d'abord, ils ont largement perfectionné la

sont nécessaires à partir de 7 000 m. On donne aux chasseurs un plafond de 10 000 m afin qu'ils disposent d'une très grande vitesse ascensionnelle jusqu'à 6 000 ou 6 500 m.

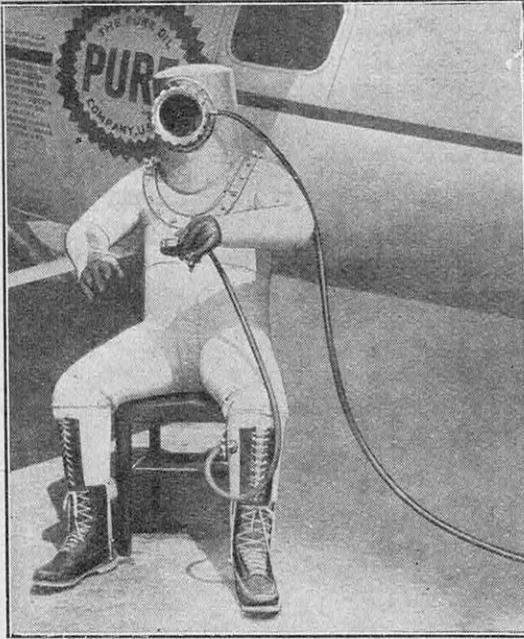


FIG. 3. — LE SCAPHANDRE STRATOSPHERIQUE DE WILEY POST

*Le scaphandre fut utilisé par le célèbre aviateur alors qu'il se préparait à s'attaquer au record d'altitude. On remarque le peu de souplesse du scaphandre aux articulations.*

volute, les aubes et le diffuseur des compresseurs classiques, ce qui a permis d'obtenir une amélioration de rendement appréciable. Ces gains ne devaient pas se révéler suffisants. Aux Etats-Unis et en Angleterre, on en est venu très vite à utiliser des compresseurs à deux vitesses. Comme on l'imagine, la grande vitesse convient aux grandes altitudes, mais elle est inutilisable près du sol et jusqu'au voisinage du plafond de l'appareil. Elle absorberait trop de puissance et, d'autre part, introduirait dans les cylindres une masse trop grande de mélange carburé qui, en brûlant, produirait une pression excessive. La petite vitesse sera donc employée au sol, où elle contribuera à suralimenter le moteur, et aux altitudes moyennes, où elle permettra de rétablir la puissance.

Il est très dommage qu'en France, patrie de Rateau, l'inventeur du turbocompresseur entraîné par les gaz d'échappement du moteur, qui constitue la solution idéale pour le vol en air raréfié, on n'ait pu mettre au point cet engin. Il semble bien que cette carence s'explique avant tout par l'absence d'un banc d'essais permettant d'essayer les moteurs dans les conditions de pression et de température analogues à celles rencontrées dans la haute atmosphère. Les ins-

tallations du mont Lachat dans les Alpes sont de nature à parer à cet état de choses. Il est bon de remarquer toutefois que les Américains ont eu en service une cinquantaine d'avions de chasse du type *Northrop* (aujourd'hui démodés) munis de turbocompresseurs, et qu'ils ont équipé leur appareil d'études substratosphériques *Lockheed-14* d'un turbocompresseur du type Rateau qui semble être au point.

Il importe de noter que l'essentiel étant de disposer d'une puissance élevée, le rétablisement de la puissance à l'altitude n'est pas la seule chose à considérer; il faut également disposer de moteurs très puissants.

Les appareils destinés aux grandes hauteurs ont tous des moteurs de 1 200 et même 1 500 ch à forte compression. L'augmentation de la puissance des moteurs a été obtenue d'abord en augmentant la cylindrée et la vitesse de rotation, puis en utilisant des mélanges pauvres dans lesquels le combustible brûle entièrement sans excès d'air, enfin par l'augmentation de la pression à l'admission. Dans ces deux derniers cas, l'emploi de carburants à indice d'octane élevé a joué un rôle important.

L'éminent technicien anglais Ricardo estime que 50 % des progrès réalisés au cours des dernières années, et qui ont permis la construction de moteurs de grande puissance, sont dus à l'amélioration de la qualité



FIG. 4. — L'ANGLAIS SWAIN, APRÈS SON ASCENSION A 15 230 M, LE 28 SEPTEMBRE 1938  
*Le scaphandre souple qu'il avait revêtu pour sa tentative vient ici d'être dégonflé.*

des carburants et, en particulier, à l'élévation de leur indice d'octane, qui les rend plus résistants à la détonation et autorise l'emploi de taux de compression plus élevés, d'où une amélioration du rendement.

L'emploi d'un combustible à 100 d'octane au lieu de 85, par exemple, permet d'augmenter la puissance d'un moteur de 220 ch à 240 ch, en augmentant le taux de compression de 6,5 à 8. Il en résulte que la pression moyenne dans les cylindres augmente quelque peu la pression maximum dans de plus fortes proportions, mais que la consommation diminue. Le même changement de combustible en conservant le taux de compression de 6,5, mais en suralimentant à 116 cm de mercure (la pression atmosphérique normale correspondant à une colonne de mercure de 76 cm), permet de passer de 220 ch à 300 ch.

L'amélioration du rendement, grâce au choix judicieux de combustible, n'est donc pas étrangère au problème général du vol à grande altitude, au même titre que l'amélioration du refroidissement des soupapes, des cylindres et des pistons et l'emploi de métaux supportant de très hautes températures (soupapes).

### L'hélice à pas variable

La nécessité de conserver au groupe motopropulseur un rendement optimum en altitude a montré, jusqu'à ces derniers temps, les avantages considérables de l'hélice à pas variable. Rappelons que la variation de pas a pour effet, avant tout, de permettre d'utiliser la puissance du moteur dans toutes les conditions de vol. Dans certains cas, elle permet aussi d'améliorer le rendement.

M. de Valroger, ingénieur en chef de l'aéronautique, a exposé clairement et simplement le problème en écrivant (1) :

« S'agit-il, par exemple, de faire décoller

(1) Voir *La Technique Moderne*, tome xxx, n° 22.

à 100 km/h avec 650 kW (880 ch environ) un avion qui doit voler normalement à 5 000 m à la vitesse de 500 km/h avec les 700 kW (950 ch) obtenus grâce au compresseur actionné mécaniquement par le moteur ?

« Si l'on s'en tenait à une hélice à pas fixe adaptée pour la vitesse maximum, on aurait à choisir une hélice de 3,1 m de diamètre ayant un pas relatif de 1,9 et à la faire tourner à 28 tours/s (1 680 tours/mn) ; le rendement serait alors égal à 0,8. Mais, au décollage, supposé effectué

à 100 km/h, la vitesse de rotation ne dépasserait pas 18 tours/s et le rendement serait voisin de 0,3 ; la puissance du moteur serait alors non plus égale à 650 kW, mais voisine de 430 kW (585 ch), et la puissance propulsive serait seulement égale à 130 kW (185 ch).

« Avec une hélice à pas variable de mêmes caractéristiques dimensionnelles, on pourrait tourner au décollage à 28 tours/s et retrouver par suite les 650 kW du moteur ; le pas relatif de l'hélice serait alors voisin de 1 et le rendement voisin de 0,4. La puissance propulsive serait alors égale à 260 kW (360 ch). »

Comme on le voit, le gain de puissance serait dans ce cas de l'ordre de 100 %.

Aussi, ce n'est pas sans étonnement qu'on a pu remarquer au dernier Salon de l'Aéronautique que le monoplace de chasse britannique *Hurricane*, appelé par destination à voler à grande altitude, est équipé d'une hélice à pas fixe, bipale, monobloc, en bois.

Le *Messerschmitt* allemand, d'autre part, voué aux mêmes missions que le *Hawker-Hurricane*, n'a pas non plus d'hélice à pas variable. Pourquoi donc ? Il semble bien que les avantages de ce type d'hélice soient beaucoup moins nets avec un moteur dont la puissance au sol est supérieure à sa puissance en altitude, ce qui n'est pas le cas des moteurs à compresseurs entraînés mécaniquement. Les compresseurs à plusieurs



FIG. 5. — LE SCAPHANDRE DU COLONEL ITALIEN PEZZI, AVEC LEQUEL FUT ÉTABLI SON PREMIER RECORD DE 15 655 M

*On sait que le colonel Pezzi a atteint récemment 17 083 m, mais avec une cabine étanche sur laquelle aucun détail n'a été publié.*

vitesses et à plusieurs étages réduiront à coup sûr, dans l'avenir, l'intérêt de l'hélice à pas variable. Il est très possible que les avions substratosphériques de demain puissent s'en passer. Il ne faut pas oublier, en effet, contrairement à une opinion trop répandue, qu'une hélice donnée a un régime optimum de fonctionnement et un seul. Pour le maintenir en toutes circonstances, il faudrait pouvoir agir sur le diamètre

danger à des hauteurs supérieures à 6 000 m.

Ici encore, il importe de distinguer entre l'aviation militaire et l'aviation civile. A l'une et l'autre ne sauraient convenir les mêmes solutions.

La cabine étanche s'impose pour l'avion commercial. On ne saurait imaginer des passagers obligés de revêtir un scaphandre pour se transporter d'Europe en Amérique à 7 000 ou 8 000 m. La nécessité de

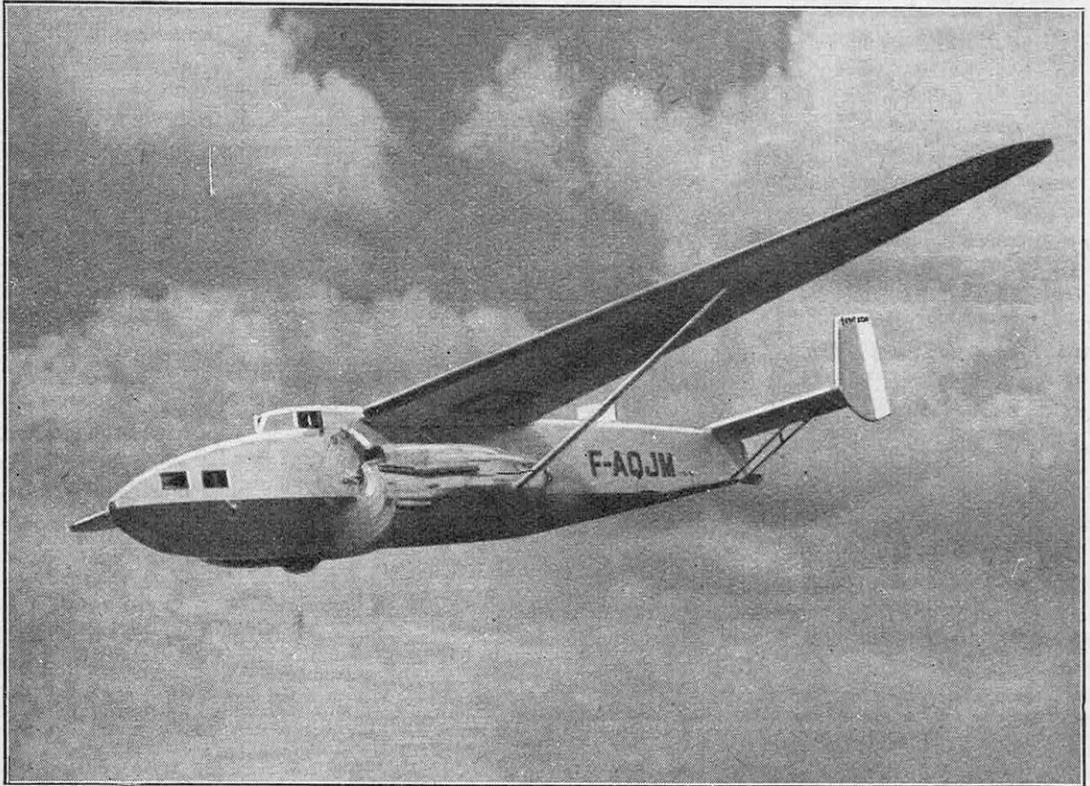


FIG. 6. — L'AVION « CENTRE 2234 » A CABINE SEMI-ÉTANCHE, PROPULSÉ PAR 4 MOTEURS « HISPANO-SUIZA 12 Y »

de l'hélice, ce qui est pratiquement impossible (1).

### Cabines et scaphandres

Le vol à grande altitude suppose d'abord résolu le problème de la suralimentation et du bon fonctionnement des groupes motopropulseurs en air raréfié ; de ce côté, les principales difficultés semblent avoir été vaincues. Mais il est un autre problème, dont on cherche depuis plusieurs années, dans certains pays, la solution : c'est la possibilité pour l'homme de demeurer sans

leur assurer un confort en rapport avec le prix du billet rend obligatoire la cabine étanche. La maison Farman, l'une des premières, s'était ingéniée à résoudre ce délicat problème. Lockheed, aux Etats-Unis, a construit un avion à cabine étanche sous pression (1). Récemment, les Italiens ont pu ravir aux Anglais le record du monde d'altitude, grâce à une cabine étanche qui a permis au colonel Pezzi d'atteindre 17 000 m. C'est là le résultat de recherches méthodiquement poursuivies depuis des années.

Le caisson étanche qui s'impose pour les vols de longue durée à grande altitude ne saurait convenir à l'aviation militaire. Le

(1) On a cependant tenté de réaliser de telles hélices à diamètre variable en faisant appel à des pales dont le pied coulisse dans un manchon

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 256, page 255

scaphandre offre ici plus d'avantages (1). Il sera toujours plus facile de toucher avec un projectile ou un éclat de projectile une cabine qu'un scaphandre. Dans tous les grands pays aéronautiques, divers projets ont été réalisés avec succès. Tous ont montré que l'une des plus grandes difficultés à vaincre était d'assurer au scaphandrier de l'air l'aisance de ses mouvements. Le docteur Rosenstiel en France, en collaboration avec le docteur Garsaux, a trouvé diverses solutions heureuses au redoutable problème des articulations du scaphandre idéal. Il est regrettable que ces travaux ne soient pas

dispositifs de secours prévus par le docteur Rosenstiel.

Quelques chiffres donneront une idée approximative de ce que représenteront ces sauts effectués à grande altitude.

Le malheureux parachutiste Williams, qui s'est tué à Lons-le-Saulnier, détenait le record du monde de descente en chute libre depuis le 8 mars 1938.

Les 2, 3, enfin 8 mars, il avait effectué trois sauts impressionnants.

La première fois, il se lança d'une altitude de 6 000 m et n'ouvrit son parachute qu'à 450 m après 90 secondes de chute libre.

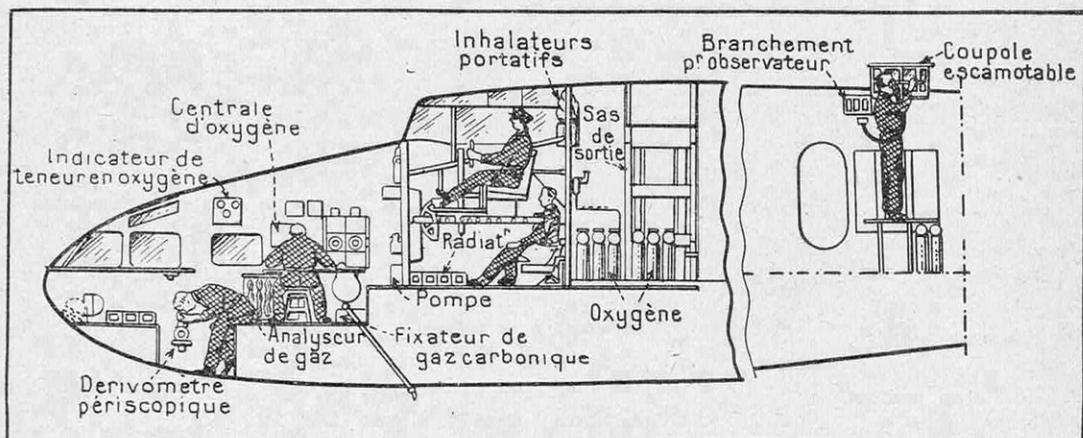


FIG. 7. — SCHÉMA DE L'AMÉNAGEMENT DE LA CABINE SEMI-ÉTANCHE DU « CENTRE 2234 »

*Cette cabine est en principe imperméable aux gaz, mais n'est pas assez robuste pour résister à des différences de pression de quelque importance. La pression intérieure est maintenue égale à la pression extérieure à l'aide de soupapes. La cabine sera alimentée en oxygène et réchauffée jusqu'à 15°. On espère que l'équipage pourra passer plusieurs heures à 8 000 m, par -50° à l'extérieur. Des inhalateurs portatifs et des combinaisons chauffantes sont prévus pour les membres de l'équipage qui doivent quitter la cabine.*

plus activement poussés. Du moins, le docteur Rosenstiel s'est-il, dès maintenant, préoccupé d'assurer le sauvetage du scaphandrier en cas de danger. C'est là un point jusqu'ici trop négligé. Il faut cependant prévoir le cas où le pilote, équipé de son scaphandre, devra évacuer son avion désemparé ou en flammes. Il importe donc qu'il emmène dans sa chute l'oxygène nécessaire à sa respiration dans un air raréfié, puisque son scaphandre ne sera plus alimenté par un compresseur de bord. L'essai d'une descente en parachute par un scaphandrier de l'air a été fait récemment par M. Denois. Elle a permis de vérifier le bien-fondé des

La deuxième fois, il se jeta de 8 250 m. Il déploya son parachute après 140 secondes de chute libre. Le jour du record, il ne quitta la carlingue du *Les Mureaux*, piloté par le capitaine Michy, qu'à 11 420 m. A cette hauteur, la température était de -55°.

L'audacieux Williams ouvrit son parachute à 90 m du sol seulement ! La durée de descente en chute libre fut de 170 secondes, près de 3 minutes ! Celle de descente, parachute ouvert, de 17 secondes.

Il est bien certain que les scaphandriers de l'air obligés, dans l'avenir, de quitter leur bord n'attendront pas d'être à 90 m du sol pour déployer leur parachute. Il faut prévoir en tout cas que, pour mieux échapper à un adversaire dont la courtoisie sera au moins douteuse, ils se garderont bien d'ouvrir leur parachute aussitôt après avoir enjambé la carlingue, la rapidité de la chute les rendant peu vulnérables.

(1) Au-dessus de 7 000 m, l'inhalateur d'oxygène grâce auquel la respiration s'effectue dans des conditions à peu près satisfaisantes, ne peut suffire. Par suite de la dépression, les pilotes éprouvent des douleurs musculaires violentes qui empêchent tout travail effectif; c'est là un problème que la cabine semi-étanche ne résout pas entièrement.

### Le mal des grandes altitudes

Le vol aux grandes altitudes soulève de nombreux problèmes mécaniques, mais aussi physiologiques.

Depuis le Congrès international tenu à La Haye en 1929, les spécialistes admettent six variétés principales de troubles dus aux vols effectués à des altitudes élevées ; ce sont : le mal des décompressions ou mal de la montée ; le mal du séjour aux grandes altitudes ; le mal des recompressions ou mal des descentes, qui se manifeste surtout à l'occasion des piqués-limites ; le mal de l'air ; les intoxications par les carburants, les lubrifiants et les produits de combustion du moteur ; le mal des accélérations, et enfin les signes d'usure chez l'aviateur.

Le mal des décompressions et celui des accélérations sont ceux auxquels les aviateurs militaires risquent d'être le plus sensibles en raison des vitesses atteintes actuellement.

On comprendra aisément que les équipages ou les passagers des avions commerciaux en soient moins facilement atteints, puisqu'une trop grande vitesse ascensionnelle, des changements brusques d'accélération peuvent être évités. Ce n'est pas le cas dans l'aviation militaire, et en particulier dans l'aviation de chasse, où la rapidité de l'ascension, celle de la descente, la varia-

tion des accélérations sont à la base même de la mission à remplir.

Si, en 1935, les appareils mettaient environ 20 à 25 minutes pour atteindre 7 000 m, soit une vitesse ascensionnelle de 4,66 à 5,85 m par seconde, il faut compter aujourd'hui qu'un monoplace atteint 6 000 m en

6 minutes, soit une vitesse de 16,66 m par seconde.

Notons que la rapidité de l'ascension exige l'utilisation à petit débit d'un inhalateur dès le départ, quitte à augmenter progressivement la dose d'oxygène.

A 9 000 m, altitude atteinte couramment de nos jours par tous les avions de chasse, la pression barométrique est de l'ordre de 238 mm de mercure. Si nous supposons que la descente s'effectue en 25 minutes, la recompression barométrique de 230 mm à 760 mm sera donc de 21 mm à la minute. On comprend, dans ces conditions, que le

sujet astreint à de tels exercices ait dû subir au préalable de sévères examens au caisson pneumatique et qu'on doive vérifier, en particulier, si ses trompes d'Eustache sont de calibre normal.

Plus brutal et surtout plus dangereux que le mal des décompressions et des recompressions est celui des accélérations. Atcherby a calculé que, dans le cas d'un avion effectuant un virage de 200 m de rayon à 575 km/h, un aviateur pesant 70 kg exerce

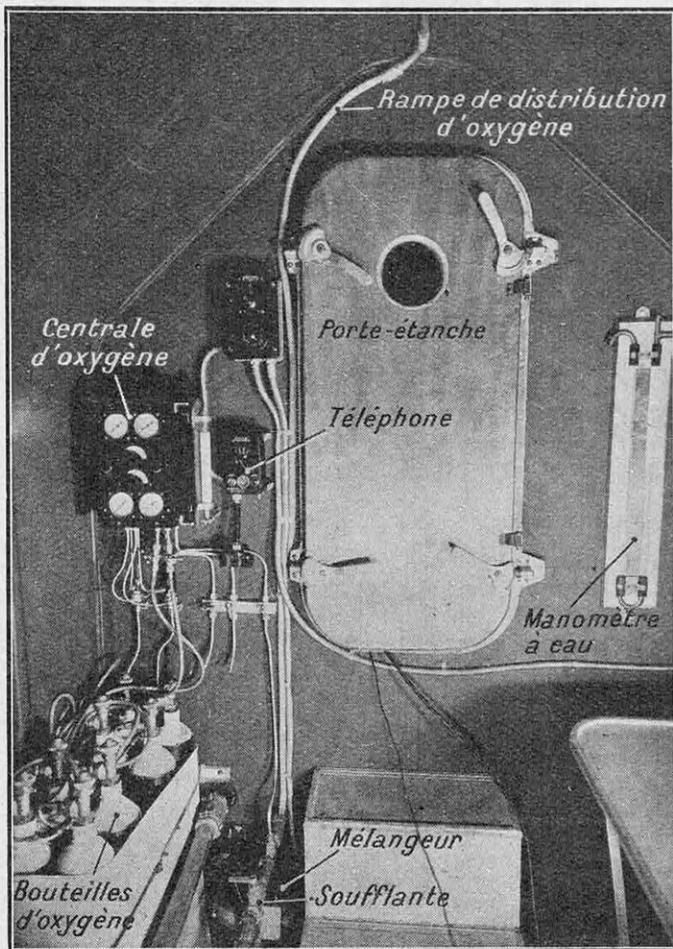


FIG. 8. — DISPOSITIF D'ALIMENTATION EN OXYGÈNE DE LA CABINE ÉTANCHE DU « CENTRE 2234 »

Cette « centrale d'oxygène » Bronzavia comporte un nombre de bouteilles d'oxygène suffisant pour une traversée. Le débit du gaz est réglé automatiquement en fonction de l'altitude.

à ce moment sur son piège une poussée de 896 kg, soit 12,8 fois son poids initial.

M. Bourcy, professeur à l'École des Mines de Mons, et l'ingénieur F. Haus, des Services Techniques belges, ont relevé, au cours d'un simulacre de combat aérien, des accélérations égales 3,77 et 5,35 fois l'accélération de la pesanteur ; au cours d'une ressource brusque effectuée à une vitesse de l'ordre de 250 km/h, une accélération égale à 6,4 fois celle de la pesanteur a été obtenue !

Le caisson pneumatique permet d'étudier sans danger le mal des décompressions, les dangers dus aux grandes vitesses ascensionnelles, celui du séjour en air raréfié, les zones limites individuelles, l'influence du froid, la question des inhalateurs et du débit optimum d'oxygène, les vêtements réchauffants. Mais aucun matériel expérimental pour l'examen scientifique des variations d'accélération, et surtout de leurs conséquences sur l'organisme humain, n'a encore été mis au point. Une tentative a été faite par le professeur Noyons, de l'Université d'Utrecht, et son assistant, M. Jongbloed. En dépit de certains résultats obtenus, elle n'autorise pas à croire le problème résolu.

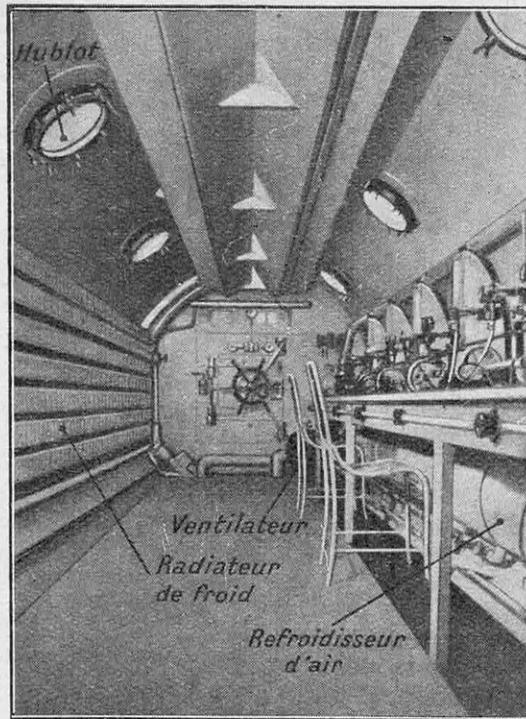


FIG. 9. — VUE INTÉRIEURE DU CAISSON PNEUMATIQUE D'EXPÉRIENCES DE L'AÉRONAUTIQUE MILITAIRE BELGE

*Ce caisson, qui permet de reproduire les conditions de température et de pression de l'air jusqu'à une altitude de 18 000 m, est constitué par un cylindre horizontal de 6 m de long et de 3 m de diamètre, isolé par du liège, et fermé par des portes étanches commandées de l'intérieur et de l'extérieur. Il est en relation avec l'extérieur par téléphone et par des hublots. L'air admis dans le caisson, séché par du chlorure de calcium, peut être soit refroidi (montée), soit réchauffé (descente) à une vitesse réglable. Un ventilateur aspire cet air, le rejette dans le refroidisseur placé sous la table d'expérience et le projette à la face des pilotes par des manches à air. Quant à l'atmosphère du caisson, elle est refroidie par trois radiateurs à saumure (— 50° C) : un au plafond, un latéral, un sous le plancher. On a pu ainsi réaliser une montée fictive à 13 000 m en 6 mn 20 s (23,2 km/h de vitesse ascensionnelle).*

teurs ; difficulté d'établir des hélices convenables, etc. Tous paraissent aujourd'hui en bonne voie d'être résolus. JOSÉ LE BOUCHER.

Les figures 2, 7 et 9 nous ont été aimablement communiquées par l'Aéronautique.

Ainsi le vol à très grandes altitudes ouvre à l'aviation marchande des possibilités dont certains se sont peut-être exagéré les avantages. Il semble bien que la connaissance toujours plus approfondie des conditions météorologiques conseillera aux futurs navigateurs de ne pas dépasser, sauf exception, l'altitude de 6 000 m, ce qui n'en impliquera pas moins le vol en cabine étanche.

Mais le vol à très grande hauteur sera de plus en plus pour l'aviation militaire une nécessité. A cet égard, il exige la mise au point de scaphandres pratiques permettant à l'homme de vivre sans souffrir en air raréfié et aussi de s'en évader grâce à un ensemble parachute-scaphandre approprié.

Pour l'aviation militaire, les plus grandes difficultés à vaincre ne sont pas d'ordre météorologique, mais d'ordre technique : difficulté d'établir des compresseurs à rapport de compression élevé ; difficulté de refroidissement de l'air du compresseur et des cylindres des mo-

# PEUT-ON PRÉVOIR LES TREMBLEMENTS DE TERRE ET LES ÉRUPTIONS VOLCANIQUES ?

Par Louis HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

*Le refroidissement progressif des masses profondes du globe terrestre entraîne leur contraction lente et, par voie de conséquence, le plissement de la croûte solide qui les surmonte. Lorsque les tensions élastiques qui prennent ainsi naissance dans les roches superficielles atteignent une valeur critique, on observe en certains points des déchirures et des effondrements brusques, qui constituent souvent, pour l'humanité, des cataclysmes terrifiants devant lesquels elle demeure impuissante. De nombreux savants, appartenant en particulier aux pays où les séismes sont les plus fréquents et les plus intenses, se sont efforcés de mettre au point des méthodes de prévision dont aucune, jusqu'à aujourd'hui, ne peut être considérée comme ayant une portée générale. Cependant les études poursuivies récemment au Japon ont mis en évidence une liaison étroite entre les effondrements sous-marins, les exhaussements du sol des continents et les éruptions volcaniques, indiquant ainsi le grand intérêt que présenterait, pour la prévision des tremblements de terre et des crises volcaniques, le sondage fréquent (par les procédés sonores et ultrasonores) des talus sous-marins. Les renseignements recueillis de la sorte complèteraient, d'une manière fort utile, dans les régions qui bordent en particulier l'Océan Pacifique, l'observation au sismographe des frémissements du sol qui précèdent fréquemment les secousses les plus graves, et autoriseraient ainsi des prévisions plus sûres et à plus longue échéance.*

**D**EPUIS que notre globe s'est recouvert de cette croûte solide et presque imperméable à la chaleur qu'on nomme la lithosphère, l'évolution des régions superficielles où s'est développée la vie dépend presque exclusivement du Soleil : c'est son rayonnement qui détermine les mouvements de l'atmosphère, la circulation des eaux et celle des courants océaniques, enfin la vie terrestre et aquatique. L'énergie qui filtre lentement à travers la lithosphère, 1 calorie par m<sup>2</sup> et par minute, représente à peine la 1/20 000 partie de ce que le Soleil verse dans le même temps et sur la même surface. La comparaison de ces deux nombres semble donc indiquer que notre existence à nous, terriens, ne dépend pas des masses profondes qui s'étendent, sur 6 300 km de profondeur, au-dessous de la lithosphère.

Pourtant, cette opinion est démentie par la géologie tout entière. Ces couches profondes, dont nous ne savons presque rien, subissent lentement l'usure du temps ; elles se modifient, et ces changements sont dans le sens général d'une diminution de volume. Cette contraction s'accorde avec la perte du calorique qui filtre lentement à travers

la lithosphère (1) ; elle est prouvée, plus irréfutablement encore, par les plissements de l'écorce : la tunique solide du globe, d'abord ajustée à son volume primitif, s'est trouvée trop ample pour ses dimensions actuelles ; elle s'est gondolée comme la peau d'un fruit qui se dessèche, déterminant des creux, qu'on nomme *synclinaux*, et des reliefs appelés *anticlinaux*. Et, au cours des âges géologiques, ces transformations, ces creusements d'abîmes envahis par les eaux, ces surrections de montagnes, ont réagi à leur tour sur le climat, c'est-à-dire sur les conditions de la vie à la surface du globe ; elles furent, par exemple, les causes principales de ces périodes glaciaires et diluviennes qui ont marqué la fin de l'ère quaternaire et dont les hommes primitifs ont connu les derniers paroxysmes avant l'époque de tranquillité relative dans laquelle nous vivons actuellement. Mais cette tranquillité n'est pas l'immobilité ; les mêmes causes continuent d'agir, déterminant la contraction progressive du globe et les déformations du géoïde.

(1) Il est probable que la déperdition indiquée ci-dessus est encore beaucoup plus forte pour les parties recouvertes par les océans, mais nous n'avons là-dessus aucun renseignement quantitatif.



FIG. 1. — CREVASSES PROVOQUÉES DANS LE SOL PAR UN TREMBLEMENT DE TERRE  
Ces crevasses ont été observées lors du séisme qui ravagea le Japon en 1923 et détruisit la ville de Yokohama.

Si la Terre avait, dans toute sa masse, les propriétés d'un fluide, ces déformations se produiraient sans secousses ; mais les milieux superficiels que nous connaissons sont, les uns très visqueux, les autres solides ; ils se prêtent lentement aux efforts internes jusqu'au moment où, la limite d'élasticité dépassée, ils cèdent brusquement ; ainsi naissent les séismes, phénomènes terrifiants parce qu'ils ne sont pas à l'échelle humaine et parce que nous n'avons, apparemment, à notre disposition, aucun moyen de nous en préserver.

On peut encore se représenter les choses en disant que le globe tend, à chaque instant, vers un état d'équilibre réglé par la pesanteur, ou *isostatique*, mais cet équilibre est constamment détruit par des causes diverses, dont la plupart sont inconnues ; on sait seulement que les unes ont une origine extérieure, ou astronomi-

que (1), que d'autres, d'origine profonde, sont liées à la lente déperdition d'énergie interne signalée tout à l'heure ; enfin, il existe des actions superficielles, naturellement mieux connues : écoulement des glaciers et fonte des neiges, affaissement ou élévation du sol, arasement des montagnes, creusement des vallées, comblement progressif des fonds sous-marins, marées,

transgressions des eaux froides polaires et des eaux tièdes équatoriales dans les cuvettes des océans, etc. ; toutes ces causes agissent, à des degrés divers, pour troubler l'équilibre déterminé par la pesanteur.

### Localisation et prévision des séismes

Si nombreuses sont les causes, qu'il est impossible d'en déduire leurs effets. Mais

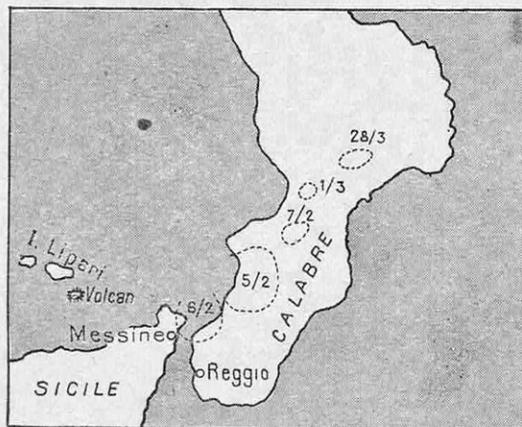


FIG. 2. — UN EXEMPLE DE MIGRATION D'UN ÉPICENTRE DE TREMBLEMENT DE TERRE

Lors des tremblements de terre de Calabre en 1783, la « fêlure » du sol s'est propagée dans les deux sens, à partir d'un point initial correspondant au 5/2, suivant une ligne S.-O.-N.-E.

(1) Un certain nombre de ces causes, encore hypothétiques, ont été indiquées dans cette revue par M. JEAN LABADIÉ (n° 184, page 267) et par M. PIERRE ROUSSEAU (n° 258, page 503).

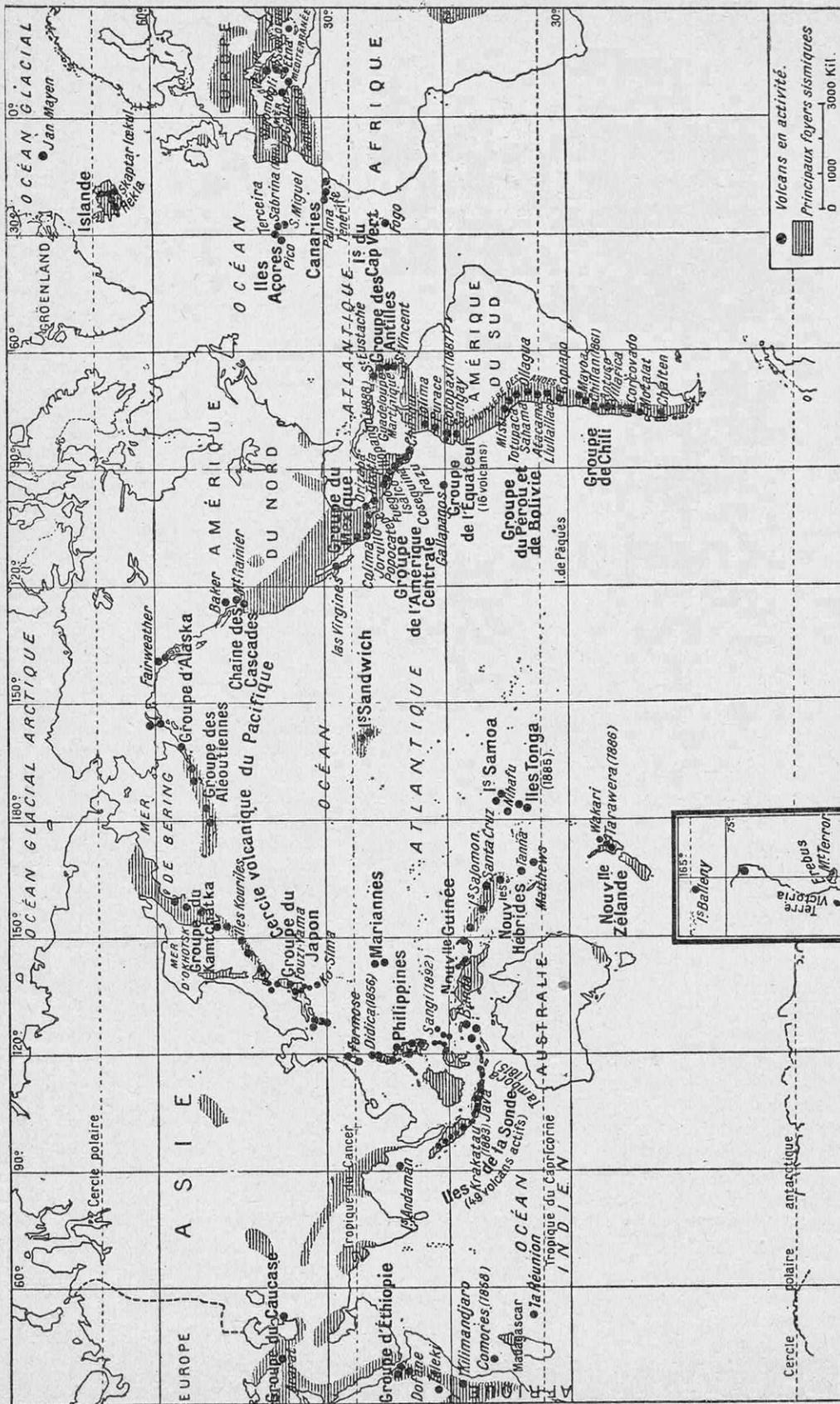


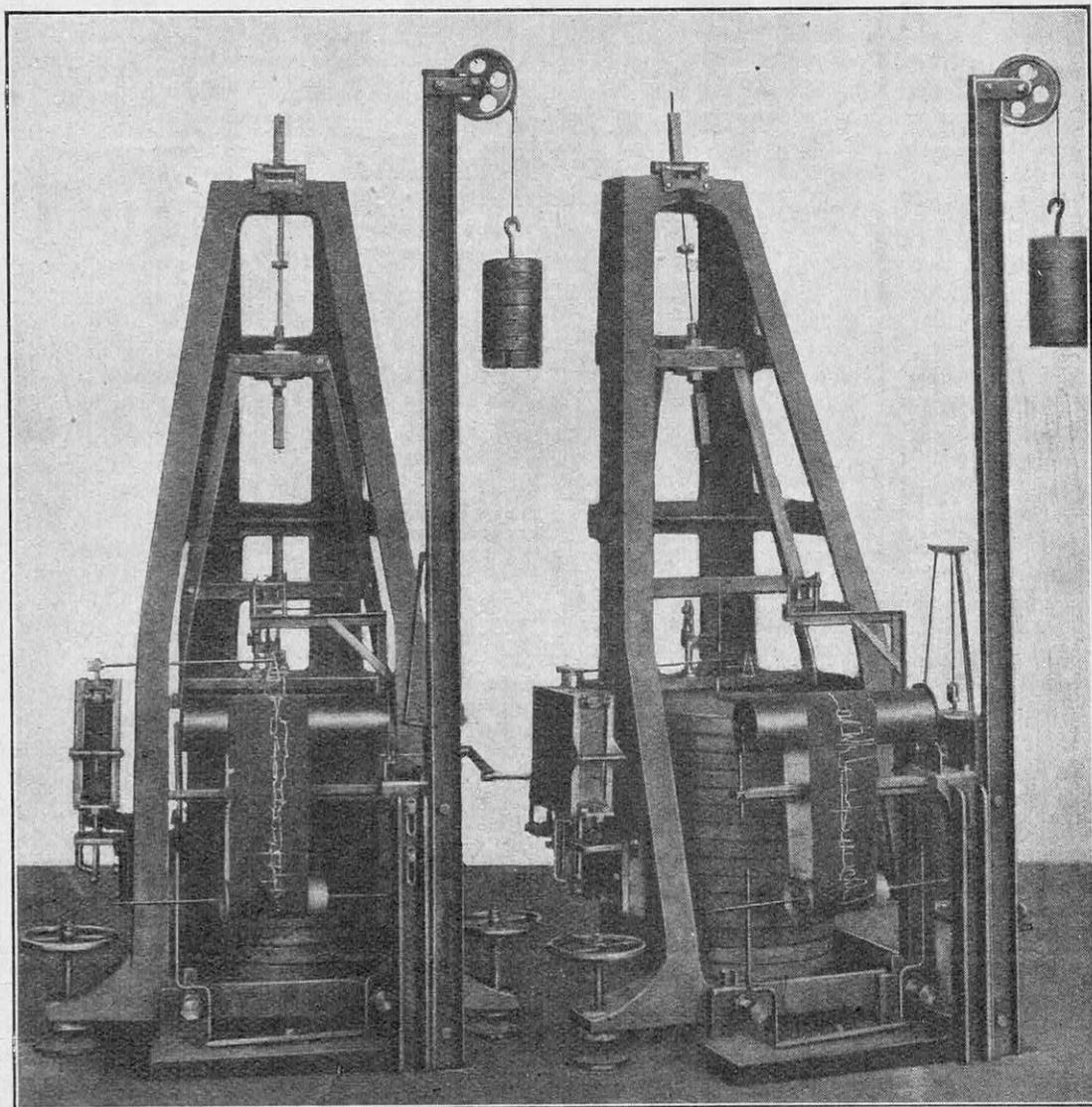
FIG. 3. — RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES FOYERS SISMIQUES ET DES VOLCANS LE LONG DE CERTAINES LIGNES DE PUISSEMENT

Les foyers sont disposés sur deux bandes, l'une autour du Pacifique, l'autre des Antilles aux îles de la Sonde par la Méditerranée, la Perse et l'Inde.

peut-on, au moins, prévoir ces cataclysmes, ou bien le hasard seul régit-il leur distribution dans l'espace et dans le temps ? Quand on songe à l'incertitude des prévisions météorologiques, alors que toutes les données et tous les moyens d'information sont accessibles, on conçoit la difficulté de faire des prévisions sismologiques.

Pourtant, notre ignorance n'est pas totale ; on a pu faire certaines constatations et indiquer quelques règles, dont aucune n'est pourtant absolue ; nous essaierons de les indiquer, en limitant notre enquête aux centres d'émission des séismes. On sait,

en effet, que les tremblements de terre ont pour origine un ébranlement survenu en un point de l'écorce terrestre, dont la profondeur est très généralement inférieure à 50 km ; on désigne sous le nom d'*épïcêtre* le point de la surface situé directement au-dessus de ce centre originel, d'où la secousse se transmet par ondes concentriques et par vibrations, dont certaines se propagent à travers la masse entière du globe, tandis que d'autres, parvenues à l'épïcêtre, font onduler la surface comme les vagues de la mer ; cette transmission se fait à des distances souvent considérables et avec des effets



(Société d'Optique et de Mécanique.)

FIG. 4. — SISMOGRAPHE DE 450 KILOGRAMMES DU TYPE « MAINKA »

*Cet appareil, vu sous deux angles différents, se compose d'une masse oscillante de 450 kg suspendue à un bâti fixe. Les oscillations de ce pendule sont amplifiées, puis enregistrées sur une bande enfumée. Il faut deux appareils disposés à angle droit pour enregistrer la composante horizontale du séisme.*

variés, mais dont l'intensité varie généralement avec la distance jusqu'à ne devenir décelable que pour les appareils indicateurs très sensibles que sont les sismographes.

Si donc on considérait tous les points où la Terre bouge, on pourrait conclure qu'aucune région n'est à l'abri des séismes ; mais, en se plaçant à un point de vue pratique, on doit envisager uniquement les épicentres et les régions avoisinantes, ce qui permet d'aboutir à des conclusions plus restrictives et, par là même, plus intéressantes.

La première, qui est établie depuis longtemps, c'est que les épicentres sont localisés, suivant deux bandes qui se coupent, dont l'une fait le tour de l'Océan Pacifique, tandis que l'autre rejoint les Antilles aux îles de la Sonde en traversant l'Atlantique, la Méditerranée, l'Asie Mineure, la Perse, l'Inde Septentrionale et la Birmanie. La géologie nous enseigne en outre que ces ré-

gions sismiques coïncident avec des synclinaux, c'est-à-dire avec des plissements en forme de V, datant de l'être secondaire à partir de laquelle ils furent comblés par les sédiments déposés dans d'anciennes mers, tandis que leurs bords se relevaient pour former des chaînes de montagnes, ou anti-

clinaux. Ainsi, alors que les larges socles continentaux, possédant une architecture tabulaire, forment des aires stables de la croûte terrestre, les synclinaux à l'archi-

tecture plissée en constituent les zones fragiles : d'après le grand géologue Montessus de Ballore, sur 150 000 séismes recensés par lui, 142 000, soit 94,5 %, sont localisés dans ces zones sensibles qui couvrent à peu près les 3/100 de la surface terrestre.

Cette localisation dans l'espace est un fait de haute importance, d'autant plus qu'il est en liaison avec la structure générale du sol ; et comme ce « lieu géométrique des séismes » n'a pas changé depuis des centaines de millions d'années, on peut conclure que les plissements qui l'ont engendré continuent à se développer : les cataclysmes que nous enregistrons ne sont que les détails d'une lente évolution qui exigera sans doute encore des milliers de siècles pour s'achever.

Faisons, à ce propos, une remarque importante : les statistiques de Milne, portant spécialement sur les mégaséismes, ont établi que 74 % de leurs épicentres tombent en mer ; or, ce rapport est précisément celui des surfaces immergées et émergées, d'où on déduit que la présence d'une masse d'eau

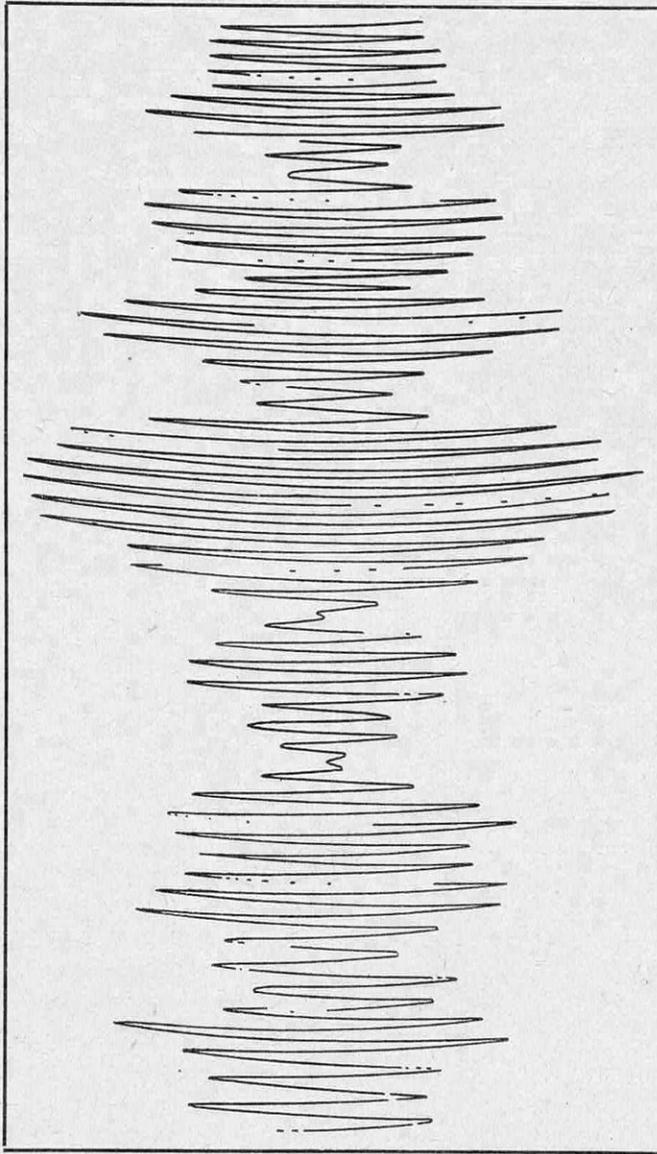


FIG. 5. — DIAGRAMME D'UN TREMBLEMENT DE TERRE

*Ce diagramme se rapporte au tremblement de terre du Chili du 11 novembre 1922. L'amplitude des oscillations, qui est réduite sur cette reproduction, était de 13 cm sur la bande d'enregistrement, ce qui correspondait à un déplacement réel du sol de 2 mm.*

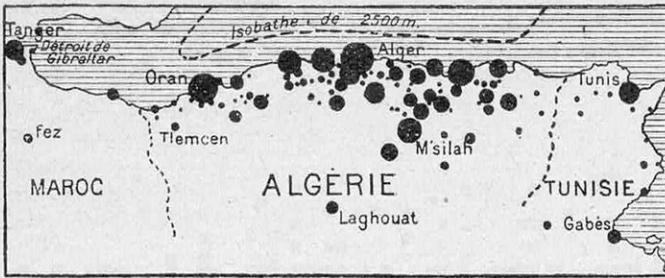


FIG. 6. — CARTE MONTRANT LA RÉPARTITION DES ÉPICENTRES LE LONG DES COTES D'ALGÉRIE

*Cette carte montre que les épïcètres se trouvent au voisinage des fosses profondes de la Méditerranée.*

sur une région de la planète n'intervient à aucun degré dans la production des séismes.

Je n'insiste pas davantage sur cette localisation des épïcètres, parce qu'elle a été exposée à plusieurs reprises dans cette revue. Un problème tout aussi important, mais dont la solution est bien moins avancée, consiste à déterminer la date d'apparition des séismes, et leur évolution dans le temps. On peut cependant, en analysant d'innombrables cas particuliers, établir les caractères du séisme moyen. Celui-ci peut se décomposer en plusieurs phases successives, qui sont : les frémissements prémonitoires ; le séisme principal ; les répliques ; la migration des épïcètres.

Il est rare qu'un grand séisme ne soit pas précédé, de quelques heures ou de quelques minutes, par des frémissements du sol, qui parfois ne sont sensibles qu'au sismographe. Malheureusement, il est impossible d'attacher à ces signes avant-coureurs l'importance qu'on leur attribue après coup, car, dans les pays où les séismes sont fréquents, on ne saurait s'alerter au moindre frémissement. Pendant une tradition transmise depuis une antiquité reculée attribuée

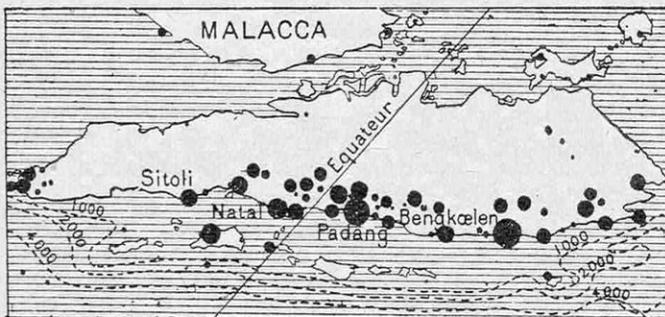


FIG. 7. — CARTE INDIQUANT LA RÉPARTITION DES ÉPICENTRES DE L'ÎLE DE SUMATRA

*La côte qui regarde les fosses profondes est seule secouée par des séismes ; l'autre est parfaitement stable.*

aux animaux une sensibilité spéciale, qui ne saurait être niée *a priori*, car le sens mystérieux des pigeons voyageurs nous enseigne la prudence et la modestie ; les anciens croyaient donc qu'à l'approche des séismes, les animaux sauvages, comme les rats, les belettes, les serpents, les scolopendres, se hâtaient de fuir les régions menacées, tandis que les animaux domestiques, spécialement les chats et les poules, donnaient des signes d'inquiétude. Pendant les vingt années qu'il

passa au Pérou et au Chili, Montessus de Ballore s'efforça de savoir ce qu'il y avait de fondé dans ces traditions, mais il ne rencontra pas un seul cas authentique en faveur du pressentiment sismique des animaux. Les Japonais, plus intéressés qu'aucun

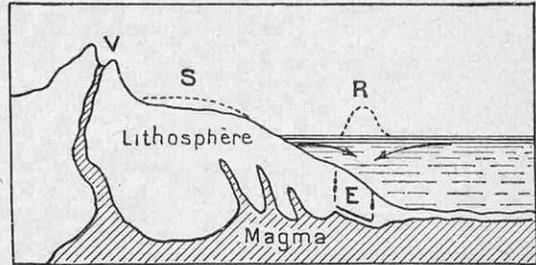


FIG. 8. — SCHÉMA MONTRANT LA LIAISON ENTRE LES SÉISMES, LES RAZ DE MARÉE ET LES ÉRUPTIONS VOLCANIQUES

autre peuple par ce problème, ont poursuivi les recherches, mais ils n'ont pu, jusqu'ici, que confirmer l'opinion du sismologue français. Le sismographe reste donc, jusqu'à nouvel ordre, l'unique annonciateur des cataclysmes ; encore, pour la raison que j'ai dite tout à l'heure, son avertissement est souvent illusoire, quand il n'est pas trop tardif.

Quant au séisme principal, lorsqu'il est intense, il se décompose toujours en une succession de secousses, dont le point d'origine n'est pas rigoureusement fixe, et qui ne se propagent pas dans toutes les directions avec les mêmes intensités relatives, ce qui prouve que le phénomène initial consiste lui-même en un certain nombre d'ébranlements distincts. En général, le nombre de ces secousses diminue progressivement : lors du grand cataclysme

qui dévasta le Japon en 1922, on enregistra 356 secousses les 1<sup>er</sup> et 2 septembre, 289 le 3, 173 le 4, 148 le 5, 63 le 6 et 19 le 7 septembre ; ainsi, la diminution progressive du nombre de secousses et de leur intensité constitue déjà un signe d'apaisement et un symptôme rassurant. L'explication se présente immédiatement : lorsqu'un effondrement se produit en un point dans cette accumulation de décombres qui forme la croûte terrestre, il détruit l'équilibre instable qui existait alentour, et de nouveaux effondrements se produisent. Ils sont rarement aussi nombreux et aussi précipités que dans l'exemple cité ci-dessus ; le plus souvent, ils sont séparés par des intervalles de rémission et prennent alors le caractère de *répliques* successives. Ces répliques se succèdent parfois avec une régularité telle que les sismologues japonais ont pu les représenter, après coup, par des formules mathématiques ; en aucun cas, elles n'ont permis des prévisions ayant quelque précision ; pourtant, lorsqu'un séisme important s'est produit en un point, on peut mettre au « garde-à-vous » les régions qui sont situées dans son voisinage et sur le même synclinal ; c'est peu, mais c'est beaucoup mieux que rien.

Il arrive parfois que ces successions sismiques se produisent à des intervalles de temps plus éloignés et à des distances plus grandes, donnant lieu à ce phénomène remarquable qu'on nomme la *migration des épacentres* : comme la fêlure d'une lame de verre qui se prolonge lentement, on dirait que le cataclysme amorcé en un point suive peu à peu une ligne de fracture en avançant toujours dans le même sens.

L'exemple le plus caractéristique qu'on puisse donner de cette migration se rapporte

à la suite de tremblements de terre qui, en 1783, ont ébranlé la Calabre ; il est représenté par la figure 2 : on y voit que l'origine du cataclysme s'est trouvée, le 5 et le 6 février, dans le détroit de Messine et la plaine de Calabre, et qu'il s'est propagé jusqu'au 28 mars, marchant au nord-est sur le versant tyrrhénien de l'Aspromonte. Un autre exemple célèbre nous est donné

par la prédiction du grand sismologue japonais Omori : peu après le grand tremblement de terre du 18 avril 1906, qui démolit partiellement San Francisco et dévasta la Californie, Omori annonça que c'était au tour de la côte sud-orientale du Pacifique à être frappée ; de fait, le 16 août suivant, les capitales chiliennes de Santiago et Valparaiso furent secouées par un formidable tremblement de terre, dont les méfaits furent, il est vrai, décuplés par ceux de l'incendie consécutif.

Tout en notant ces faits, comme des lueurs dans la nuit, on en est encore à attendre, à défaut de lois ou même de probabilités, des procédés permettant de pronostiquer les séismes ; il semble bien que leur déclenchement est en rapport avec

une tension croissante de la lithosphère, qui doit elle-même affecter la vitesse de propagation des ondes sonores ; il y aurait là une méthode de prévision, mais les tentatives faites dans cette direction n'ont pas encore donné de résultats dont on puisse faire état. En revanche, les études faites au Japon par Naomi Miyabe semblent avoir ouvert une voie nouvelle, en établissant des relations entre les effondrements sous-marins, les exhaussements du sol (que les géologues nomment *surrections*) et les crises volcaniques. Bien qu'il ne s'agisse là que d'un cas particulier, son étude mérite de retenir l'attention.

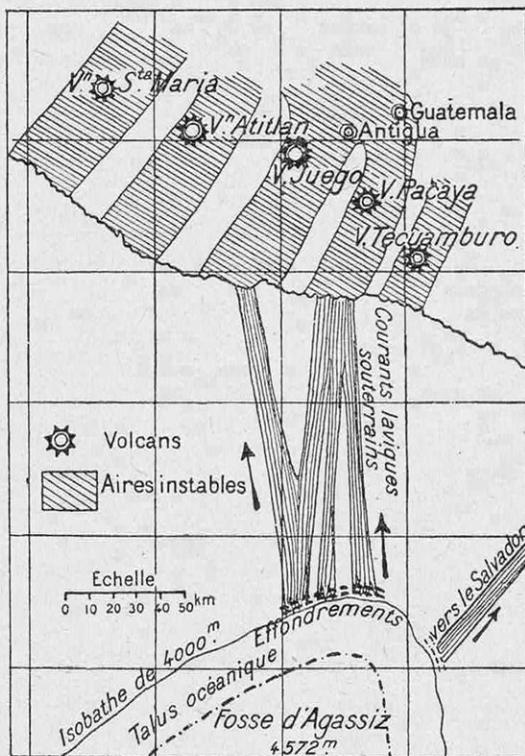


FIG. 9. — CARTE DE LA COTE DU GUATEMALA MONTRANT, D'APRÈS VAN DE PUTTE, LE PARCOURS DE LA LAVE LORS DU SÉISME DE 1918. Ce séisme détruisit la ville de Guatemala ; les aires instables correspondraient à des zones où la lithosphère a subi plus fortement l'érosion des courants de lave souterrains.

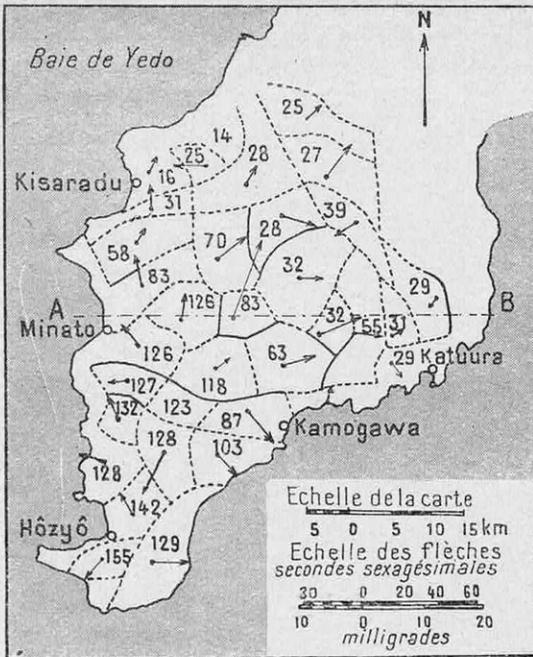


FIG. 10. — FRAGMENTATION EN PANNEAUX DE L'ÉCORCE TERRESTRE LORS DES SÉISMES  
*La comparaison de nivellements antérieurs et postérieurs au cataclysme de 1923, au Japon, a révélé que le sol s'était fragmenté en panneaux indépendants qui s'étaient déplacés chacun d'une seule pièce. En traits pleins, les limites des panneaux qui coïncident avec les failles géologiques. Les flèches indiquent la direction et l'angle de l'inclinaison de chaque panneau; les chiffres indiquent en centimètres son élévation moyenne.*

**Effondrements, exhaussements et éruptions**

Chacun sait que les talus sous-marins constituent des régions particulièrement sensibles aux séismes, et d'autant plus qu'ils sont plus abrupts. C'est ce que montrent, par exemple, les deux cartes des figures 6 et 7 établies par Montessus de Ballore; la première montre que les séismes observés en Algérie sont particulièrement nombreux et accusés en face de la région la plus profonde de la Méditerranée; sur l'autre, on constate que la côte occidentale de l'île de Sumatra, qui plonge à pic dans l'océan Indien, est constamment et brutalement secouée, tandis que la côte orientale, où les pentes sont douces, reste à l'abri de ces catastrophes. Ce caractère est particulièrement marqué sur les côtes orientales du Japon et sur les rives occidentales des Amériques centrale et méridionale où, entre les sommets voisins de la côte et les abysses sous-marins, la dénivellation dépasse parfois 12 000 m.

C'est dans de telles régions que prennent naissance les raz de marée, nommés au Japon *Tsunamis*.

Ils ont pour cause un effondrement soudain du fond sous-marin. La réalité de ces effondrements a été établie d'abord par la rupture des câbles transatlantiques; c'est ainsi que trois câbles se sont rompus simultanément, en 1884, sur la côte du Nouveau-Brunswick et qu'en 1886, après la rupture du câble qui reliait la Crête à l'île de Zante, on constata, sur son parcours, une dénivellation de 410 m.

Il est compréhensible que de pareils affaissements, laissant au-dessus d'eux un vide qui se chiffre en milliers de km<sup>3</sup>, entraînent des mouvements violents dans la masse d'eau située au-dessus. La figure 8 permet de se rendre compte de ce qui se produit: le vide laissé en *E* par l'effondrement fait naître deux courants venus l'un du littoral et l'autre du large; ces courants, progressant en sens contraire, s'affrontent en *B*, produisant une vague, ou plutôt une montagne liquide, dont la hauteur dépasse parfois 30 m. Ordinairement, c'est le courant venu du large qui est le plus puissant; il entraîne la masse liquide vers le littoral, où elle se brise s'il est à pic, et s'enfonce profondément s'il est en pente douce; puis la mer se retire, après avoir causé d'effroyables désastres; cette vague de retour parcourt souvent des milliers de kilomètres à la surface des océans: c'est ainsi qu'un raz de marée survenu au Chili fit sentir ses effets jusqu'en Australie.

Mais cet effondrement agit en dessous comme en dessus; pareil au piston qui s'enfonce dans une presse hydraulique, il

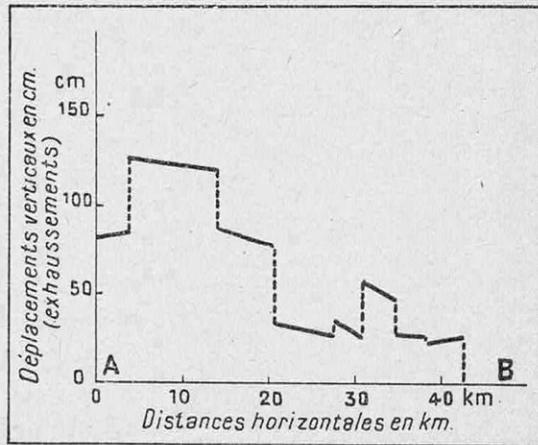


FIG. 11. — COUPE SUIVANT AB DE LA CARTE DE LA FIGURE 10 MONTRANT LES DÉPLACEMENTS DES PANNEAUX DANS LE SENS VERTICAL

appuie sur le magma visqueux qui supporte la lithosphère et exerce sur lui une pression formidable ; ce magma incompressible transmet progressivement cette pression et cherche à s'écouler par les points de moindre résistance, qui sont du côté de la surface libre ; il s'infiltré dans la lithosphère, la soulève en *S* et, en même temps, cherche une issue par les volcans voisins.

Cette surrection du sol, à la suite d'un raz de marée, a été maintes fois constatée au Japon ; un graphique établi par M. Naomi

pues qui se terminèrent, en 1918, par la destruction de la capitale, Guatemala ; il a constaté l'existence de bandes parallèles à la côte, et qui forment des aires alternativement stables et instables (fig. 9), chacune de ces dernières étant couronnée d'un volcan.

Au cours de ces secousses, Van de Putte, se couchant sur le sol, entendait de formidables bruits souterrains comparables à ceux d'une avalanche de rochers roulant les uns sur les autres ; peu à peu, le bruit se rapprochait, les secousses devenaient plus violentes et le

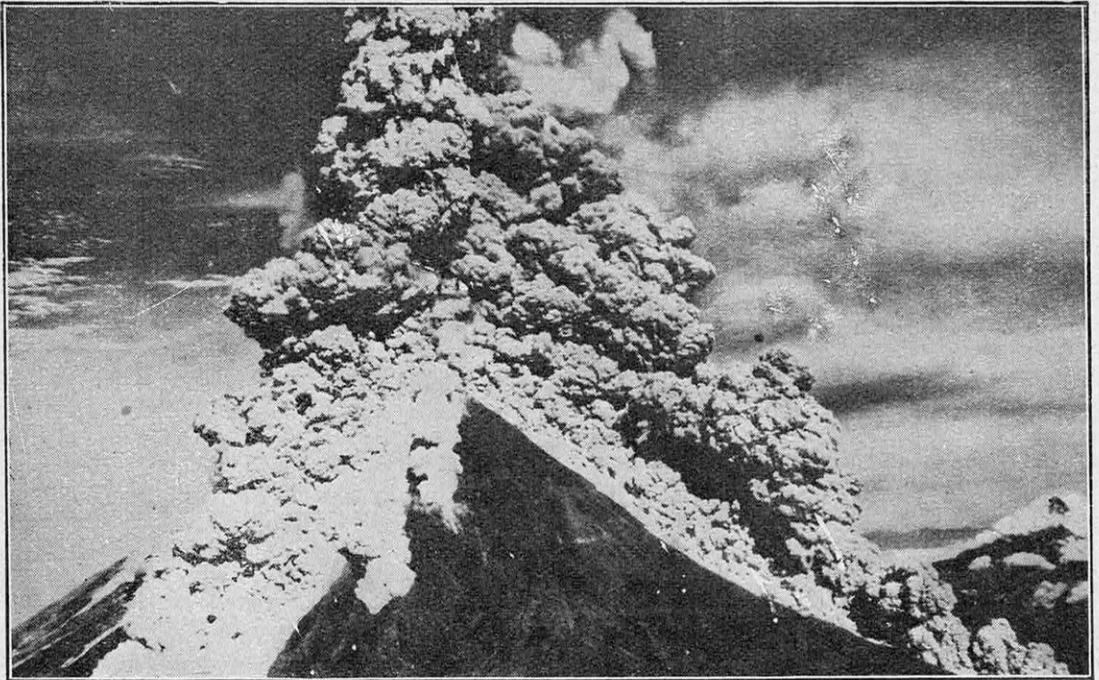


FIG. 12. — LE MAYON, UN DES PLUS GRANDS VOLCANS DES ILES PHILIPPINES

*Cette vue, prise d'un avion, montre l'éruption récente du volcan, succédant à dix années d'inactivité.*

Miyabe pour la presqu'île de Bôso (fig. 10 et 11) montre même un fait assez curieux : c'est que le sol se soulève par panneaux indépendants, limités souvent par des lignes de fractures préexistantes.

Cette représentation des phénomènes s'accorde avec les observations faites en Amérique centrale par le sismologue belge Van de Putte. La côte du Guatemala est bordée, sur l'océan Pacifique, par les grands fonds de la fosse d'Agassiz, qui s'enfonce à 4 500 m au-dessous du niveau de la mer ; d'ailleurs, cette région est constamment secouée par les tremblements de terre, et les volcans viennent y ajouter leurs méfaits. Van de Putte l'a étudiée pendant de longues années, et spécialement au cours des six semaines de secousses presque ininterrom-

volcan plus actif. Il explique ces effets en admettant qu'un effondrement sous-marin a déterminé une poussée de laves vers la côte voisine ; ces laves, se frayant un chemin à travers les failles de la lithosphère par les lignes de moindre résistance, entraînent avec elles les rochers détachés de la paroi solide, jusqu'au moment où elles trouvent un exutoire volcanique. On le voit, cette explication du sismologue belge se rencontre avec celle des savants japonais.

Assurément, on aurait tort d'y voir une théorie générale des séismes et du volcanisme ; les réalités sont trop complexes pour admettre une seule interprétation. Il n'en résulte pas moins que le sondage répété des talus sous-marins pourrait fournir d'utiles renseignements. L. HOULLEVIGUE.

# COMMENT LA GÉNÉTIQUE MODERNE CRÉE DES ESPÈCES NOUVELLES

Par Jean LABADIÉ

*Bien que, à la fin du siècle dernier, Lamarck et Darwin eussent déjà élaboré leurs théories générales sur l'évolution des espèces, on savait encore peu de choses sur le mécanisme de la transmission des caractères héréditaires, et l'on pouvait encore dire qu'en matière d'hérédité, tout était possible et rien n'était certain. La génétique, véritable science de l'hérédité, est née il y a trente ans lorsque le Hollandais Hugo de Vries découvrit à nouveau les lois générales qu'avait formulées trente-cinq années auparavant le moine autrichien Mendel, et qui étaient alors passées inaperçues du monde savant. Les remarquables travaux du savant américain Thomas-Hunt Morgan sur les chromosomes, où paraissent être concentrés dans toute cellule vivante les facteurs de transmission des caractères individuels, sont venus depuis rendre compte de ces lois, les préciser, en expliquer les exceptions apparentes. Grâce à eux, on peut aujourd'hui définir rationnellement ce qu'est une espèce vivante et évaluer le degré de parenté de deux espèces voisines. En outre, on est parvenu, en faisant agir divers agents physiques sur les « gènes » (particules élémentaires qui constituent les chromosomes), à provoquer des « mutations » artificielles, c'est-à-dire des altérations héréditaires des caractères. Une des découvertes les plus récentes dans cet ordre d'idées est celle de l'Américain Blakeslee, qui a réussi à doubler le nombre des chromosomes par l'action sur les cellules germinatives de diverses espèces d'un poison très violent, la colchicine. Cette méthode nouvelle semble devoir présenter un intérêt exceptionnel pour la pratique agronomique, car elle autorise la création de véritables espèces nouvelles, plus fécondes, plus vivaces et plus résistantes aux intempéries que les variétés actuellement cultivées.*

**N**OTRE époque assiste, depuis quelques années, à un événement scientifique de première grandeur : la naissance de la « biologie rationnelle ». Il nous semble possible de l'affirmer par analogie avec la manière dont sont nées : la géométrie analytique, au xvii<sup>e</sup> siècle ; la mécanique rationnelle, au xviii<sup>e</sup> ; la physicochimie au xix<sup>e</sup>.

Toute science débute empiriquement par des découvertes isolées sans lien mutuel apparent. Puis ces découvertes s'organisent en ordre logique. Des *procédés* de recherche et d'*application* des résultats obtenus se précisent ensuite avec une puissance imprévue. C'est alors que la science en question touche, non un « palier » terminal, mais, tout au contraire, la plate-forme idéale d'où théories et applications vont surgir dans une floraison exubérante et méthodique, pour ainsi dire indéfinie. Ainsi l'essor définitif de la géométrie (consacré par Descartes dont nous venons de fêter le tricentenaire) fut préparé par deux mille ans de travaux préalables qui débutent au v<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ. Tout de même, l'essor de la mécanique prend ses racines les plus lointaines dans l'œuvre d'Archimède

(ii<sup>e</sup> siècle avant J.-C.) et celui de la physicochimie, dans les expériences des alchimistes du moyen âge.

## L'avènement de la biologie rationnelle

Science des formes vivantes et de leurs fonctions organiques, la biologie sortit, à son tour, de la période confuse avec la médecine du xvii<sup>e</sup> siècle, trop décriée, du reste, par Molière. La pharmacopée de l'époque obligea les apothicaires à classer les plantes médicinales. Et cet effort pratique conduisit à la classification botanique. Telle que la formula Linné dans son *Système de la nature*, elle constitue la première tentative de science biologique rationnelle. Elle hiérarchise les végétaux en *familles*, *genres*, *espèces* et *variétés*.

Au début du xix<sup>e</sup> siècle, Cuvier procède au même travail de classement pour le *Règne animal* qu'il divise en trois grandes familles : les *vertébrés*, les *mollusques*, les *arthropodes*.

Mais ces tableaux descriptifs ne sont, pour la Biologie, qu'une première ébauche, « statique ». Les théories de l'évolution surviennent qui figurent, relativement à la connaissance de la vie, le même progrès que

la découverte de l'inertie par Galilée et de la gravitation par Newton dans celle du monde matériel. Avec la *Philosophie zoologique*, de Lamarck, parue prématurément (l'œuvre de Cuvier n'étant pas encore « digérée »), et, surtout, avec l'*Origine des Espèces*, œuvre capitale de Darwin publiée mieux à son heure, cinquante ans plus tard (1859), le problème central de la Biologie se trouve posé dans sa forme définitive, « dynamique ». On peut le résumer brièvement comme il suit : « Les espèces végétales et animales présentes et passées étant considérées comme reliées entre elles par une parenté, cette parenté peut-elle d'abord être mise en évidence, et puis définie par des lois vraiment générales? » La science est à ce prix.

Ainsi posé dans toute sa généralité, le problème de l'évolution se ramène très vite à deux aspects limités, et précis,

qui sont ceux par lesquels l'ont abordé, depuis 1900, tous les expérimentateurs du laboratoire comme les découvreurs des *lois biologiques* aujourd'hui les plus certaines. Ces deux aspects ne sont autres que : 1° la *variabilité* des espèces ; 2° l'*hérédité* des caractères spécifiques.

Or, précisément, l'étude de ces deux aspects de l'évolution a trouvé, depuis quelques années, une « méthode rationnelle » inespérée — que nous pouvons tenir pour définitive. C'est le grand biologiste améri-

cain Thomas-Hunt Morgan, de l'*Institut Carnegie*, qui l'a formulée dans sa théorie « chromosomique » de l'hérédité (1) et qui l'a appliquée le premier dans ses travaux immortels sur la mouche *Drosophila*.

Si vous doutiez un instant que le biologiste puisse faire varier aujourd'hui méthodiquement certaines espèces vivantes, en modifiant leur « matériel héréditaire », allez au Palais de la Découverte étudier le stand spécialement consacré à ces travaux. Entre autres produits de l'expérience biologique, vous y trouverez des *Daturas* géants, créés au laboratoire, en appliquant ce que l'on est invinciblement tenté d'appeler la « mécanique » des chromosomes.

### La transmission des caractères héréditaires par les « gènes »

Afin de saisir la portée d'une telle application, nous devons rap-

peler les principes essentiels de la théorie chromosomique de Th.-Hunt Morgan.

Les plantes comme les animaux possèdent, dans le noyau de *chacune* de leurs cellules, des éléments microscopiques vermiculaires *accouplés par paires* : les chromosomes.

Chacun de ces chromosomes constitue un chapelet complexe dont les grains, innombrables, se dénomment « gènes ».

Chaque gène est — tout le laisse supposer — le support d'un *caractère héréditaire* déter-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 221, page 358.

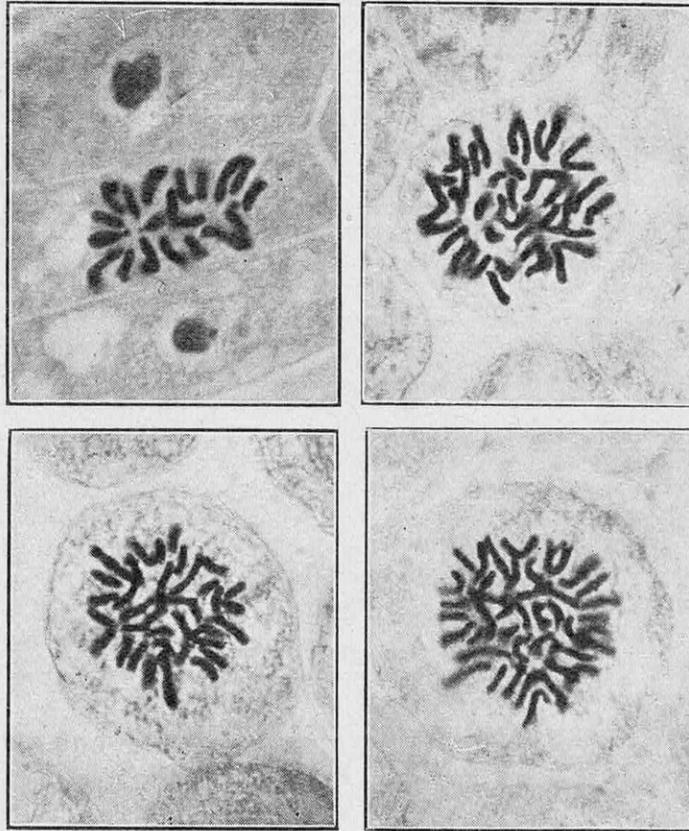


FIG. 1. — EXEMPLES DE STRUCTURES CHROMOSOMIQUES CHEZ DIFFÉRENTES VARIÉTÉS D'IRIS

Ces variétés très dissemblables sont caractérisées par le nombre des chromosomes inclus dans les noyaux cellulaires du végétal. De gauche à droite et de haut en bas : l'Iris Busiana (*rhizomateux*) compte 20 chromosomes ; l'Iris Chamœiris (*rhizomateux*) en compte le double, 40 ; l'Iris Filifolia (*bulbeux*) compte 34 chromosomes ; l'Iris Tingitina (*bulbeux*) compte 42 chromosomes.

miné ; par exemple : la couleur blanche ou rouge des yeux, celle blanche ou noire du pelage, la nature *lisse* ou *rude* des poils, la longueur ou la petitesse des membres, etc. Autant de « caractères » morphologiques *arbitrairement définis par les biologistes*.

Ces gènes sont, d'une manière générale, toujours disposés en chapelet dans un ordre déterminé, chez des individus appartenant à une même espèce. Il peut cependant arriver, comme les généticiens l'ont observé, que des groupes de gènes s'ordonnent différemment.

Ainsi, si nous désignons par *A B C D E F*, les caractères représentés par une séquence de gènes alignés sur un chromosome, le même *lot* de caractères peut être disposé, sur le chromosome analogue, dans l'ordre : *A B E D C F* ou, encore *D C B A E F*, etc. Vous voyez l'infinie diversité des dispositions possibles.

Rappelons comment s'effectue la transmission des caractères.

Les chapelets chromosomiques *appariés* chez le mâle comme chez la femelle, se scindent *longitudinalement* pour former les noyaux des cellules germinatives (ovules et spermatozoïdes) lesquelles se distinguent en ce qu'elles comportent, non plus des *paires*, mais un *seul jeu de chromosomes*. En sorte qu'à la fécondation (par jonction de deux cellules élémentaires, mâle et femelle), l'*œuf*, germe de l'être futur et de toutes ses cellules à venir, retrouve, comme il est nécessaire, un jeu complet de chromosomes appariés. La moitié du jeu est fournie, comme on voit, par le père ; l'autre moitié par la mère.

Repensez, ici, à la possibilité d'intervention des gènes sur le chapelet chromosomique : si le père apporte à l'œuf une série *A B C D E F* et que la mère lui apporte une série *A C B D E F*, il est évident que, sur l'enfant, les *couples* chromosomiques de gènes : *A D E F* seront normalement constitués, tandis que les couples *B C* et *C B* seront dissymétriques. Les « caractères »

représentés par *B* et *C* se trouveront dès lors atténués, peut-être même annulés, chez l'enfant.

Même dans le cas d'annulation, pourtant, les caractères correspondants ne seront pas détruits : ils persisteront à l'état latent dans leurs chromosomes respectifs et pourront se retrouver, un jour, face à face, dans un ordre plus normal, au cours des fécondations réservées aux petits enfants et à leurs descendants.

Et c'est pourquoi certains « caractères » bien nets peuvent sommeiller dans une famille et puis « sauter », comme on dit vulgairement, une ou plusieurs générations

— sans parler de leur apparition éventuelle chez des cousins — alors que les « frères », pères de ces cousins, ne les accusaient pas.

Tel est, fort schématiquement exposé, le mécanisme de la transmission héréditaire des caractères spécifiques. Examinons maintenant quelles

sont les lois que cette théorie a permis d'expliquer et les découvertes qu'elle a suscitées.

### La détermination des espèces par une méthode biologique rigoureuse

La théorie chromosomique de la transmission des caractères par les « facteurs » théoriques que supportent les « gènes », cette théorie, émise par T.-Hunt Morgan, s'est montrée en parfaite harmonie avec les lois de Mendel touchant l'hérédité (1). Elle explique (par des calculs aisés d'analyse combinatoire appliqués à des centaines de caractères et vérifiés sur la mouche *Drosophile*) les *fréquences d'apparition* de ces caractères sur une lignée.

Toutefois, n'allons pas nous imaginer que le microscope permet d'identifier et d'énumérer les « gènes » proprement dits. Non. Le microscope n'atteint que les chromosomes

(1) Nous ne reviendrons pas sur l'exposé des lois de Mendel qui a figuré dans *La Science et la Vie*, n° 221, page 359.

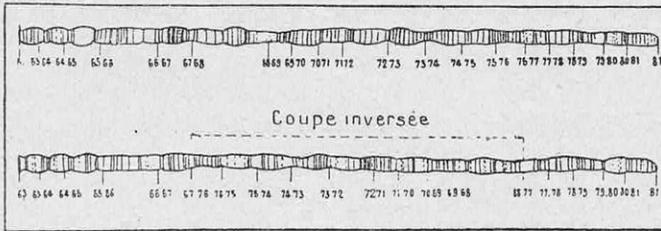


FIG. 2. — SECTIONS DE CHROMOSOMES GÉANTS DE « DROSOPHILE »

*Il s'agit de chromosomes particuliers aux cellules des glandes salivaires de la mouche Drosophile. Ces chromosomes, plusieurs centaines de fois plus gros que les chromosomes des autres cellules, ont permis de numéroter avec soin leurs moindres accidents morphologiques. Or, dans toute variété obtenue par mutation, l'on constate des inversions caractéristiques entre certaines sections du chromosome normal reportées dans le chromosome muté après retournement. Ici, l'inversion porte sur la section allant du n° 67 au n° 77.*

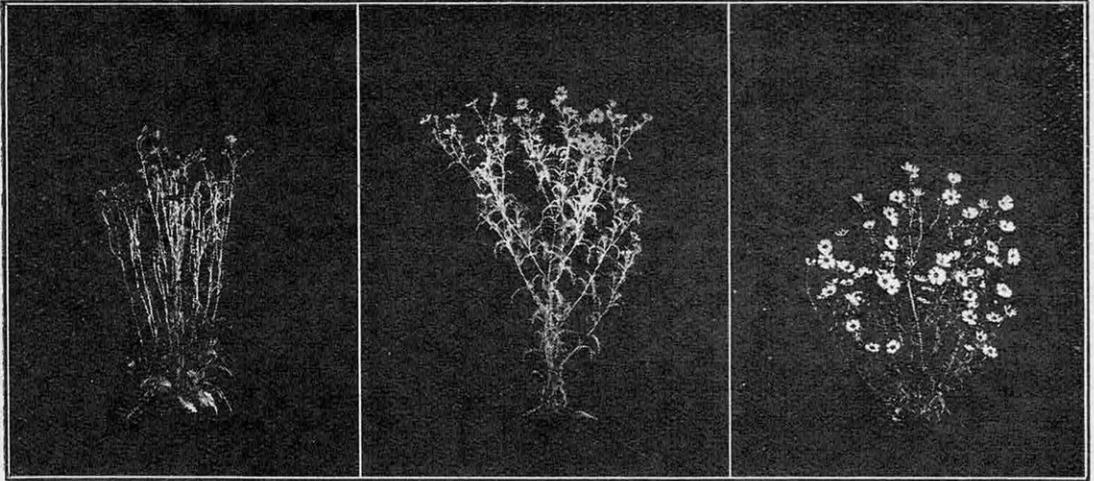


FIG. 3. — COMMENT RECONNAITRE SI DEUX VARIÉTÉS APPARTIENNENT A LA MÊME ESPÈCE PAR LA MÉTHODE DES CROISEMENTS

Il s'agit de plantes américaines, dont une variété (Coastal Layia, représentée à gauche) vit le long des côtes océaniques, tandis qu'une autre variété (Valley Layia, représentée à droite) croît dans les vallées de l'intérieur. L'hybride obtenu est représenté au milieu de la figure. Cet hybride est presque infécond et sa descendance est peu viable : on en déduit que les Layias de la côte et de la vallée appartiennent à des espèces distinctes, ce qui est confirmé par l'examen de la structure chromosomique de l'hybride (fig. 4).

ou tout au plus leurs segments (1). C'est donc par une méthode inductive proprement *biologique*, comme il fallait s'y attendre, que les spécialistes étayaient leurs hypothèses touchant le déplacement des gènes le long d'un chromosome ou, même, d'un chromosome à l'autre. En tout état de cause, l'expérimentation conserve donc son aspect strictement biologique.

C'est ainsi que l'on provoque, en pratique, des « mariages » entre espèces d'une même

(1) Sauf sur les « chromosomes géants », réellement exceptionnels, provenant des glandes salivaires de la *Drosophile*. (Voir *La Science et la Vie*, n° 221, page 358.) Ces chromosomes ont rendu l'inespéré service de dévoiler le détail de la structure chromosomique d'une complexité inouïe. Mais les chromosomes de l'œuf, creuset où se forment les caractères hérités par l'enfant, échappent à semblable analyse.



FIG. 4. — SCHÉMA DES STRUCTURES CHROMOSOMIQUES DES NOYAUX CELLULAIRES DES VARIÉTÉS DE « LAYIAS » DE LA FIGURE 3

De gauche à droite : les huit paires de chromosomes (noires et blanches par convention) du Coastal Layia, celles de l'hybride et celles du Valley Layia. On remarquera que les chromosomes de l'hybride se conjuguent incomplètement ; cet hybride sera généralement infécond et sa descendance, s'il en a, ne pourra se développer normalement, ce que l'expérience confirme.

famille ou entre variétés d'une même espèce et que l'on observe les *hybrides* obtenus.

Si ceux-ci se montrent stériles, incapables de prolonger la lignée, c'est la preuve que les parents n'étaient pas de même espèce : leurs chromosomes ont bien des affinités suffisantes pour cohabiter dans les mêmes noyaux cellulaires du corps (cellules somatiques), mais non pour former des cellules reproductrices (cellules germinatives).

Si les hybrides donnent naissance à quelques produits débiles, incapables de se reproduire à leur tour, il faut en conclure que les parents étaient d'espèces plus rapprochées que dans le cas précédent.

Si les hybrides, enfin, se reproduisent normalement, il faut en conclure que les parents étaient de la même espèce. Leurs chromosomes sont capables de s'apparier harmonieusement. Leurs « facteurs » héréditaires se correspondent (en principe, et sauf accident) sur la chaîne chromosomique.

Telle est la seule méthode stricte qui, par approximations successives, permet de définir scientifiquement les espèces. Et l'on voit justement que cette définition empirique des espèces n'a rien d'un

absolu géométrique. Par contre, la méthode consacre la profonde réalité biologique de l'« espèce ». Et du coup se trouve résolue la vieille question si mal posée « Y a-t-il réellement des espèces ? » Tant qu'on essayait d'y répondre en mesurant ou en dessinant des individus, on aboutissait à des non-sens. Par contre, l'espèce — « être de raison » biologique — se trouve définie sans ambiguïté par la méthode consistant à révéler des affinités spécifiques entre les chromosomes des différents individus à classer.

Ces procédés de détermination ont permis d'établir les affinités de 1700 races de végétaux dans la seule région de la Californie. Et l'on a constaté, non sans surprise, que des plantes « très ressemblantes » étaient d'espèces absolument distinctes, tandis que d'autres, dissemblables, n'étaient que de simples variétés d'une même espèce.

Nous prévoyons, d'après ces résultats, qu'à défaut de Darwin, ses disciples directs peuvent s'appuyer sur ces travaux pour reviser sérieusement les thèses exposées dans l'*Origine des espèces* et, finalement, la notion même « d'évolution » de ces espèces.

Notons, cependant, que les végétaux sont, avec la mouche *Drosophile*, les seuls êtres vivants qu'on ait pu soumettre jusqu'ici à pareille analyse méthodique.

### La constitution de races végétales géantes

Il est vrai que l'étude des végétaux à la clarté des théories chromosomiques conduit à des résultats véritablement d'*application pratique*, c'est-à-dire à la création de races géantes — ce qui peut être d'une immense conséquence en agriculture. Et ce fait est encore une preuve scientifique de l'excellence des théories.

Dans ce cas, il ne s'agit plus d'hybrida-

tion, mais simplement de *doubler* le nombre des « chromosomes » assigné par la nature à certaines espèces du *datara*, du *tabac*, de la *digitale*, qui sont les principaux végétaux traités à ce jour.

L'on sait, en effet, que le nombre des « paires de chromosomes » contenus dans les cellules des individus est constant pour une même espèce. C'est ainsi que tout noyau cellulaire humain contient 24 paires chromosomiques, tandis que la drosophile n'en possède que 4 paires (simplicité constitutive

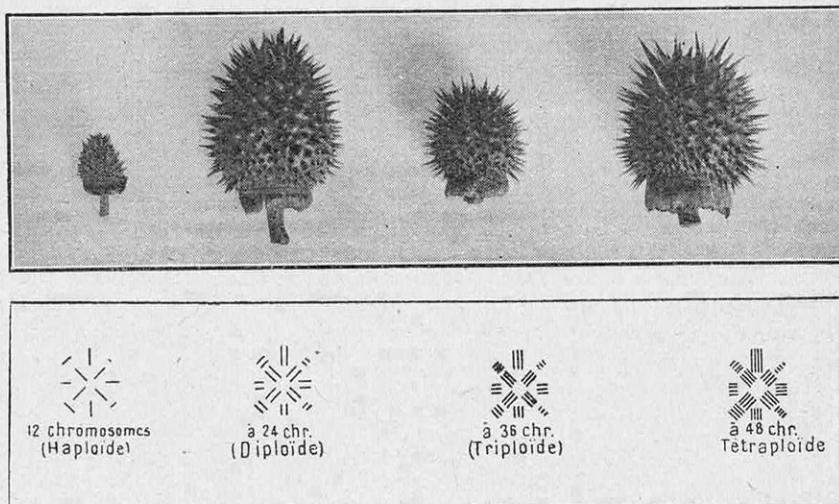


FIG. 5. — CAPSULES DE « DATARA » DONT LE NOMBRE DES CHROMOSOMES A ÉTÉ MODIFIÉ ARTIFICIELLEMENT

Le schéma de la structure chromosomique des noyaux cellulaires se trouve indiqué au-dessous de chaque variété. De gauche à droite : le fruit d'un *datara* dont les cellules « somatiques » ne sont munies que de 12 chromosomes, alors que le *datara* normal en compte 24, comme le montre la figure suivante. Puis, le fruit d'un *datara* à 36 chromosomes (triploïde). Enfin, celui d'un *datara* à 48 chromosomes (tétraploïde). Le doublement des chromosomes peut être obtenu par un traitement de la graine à la colchicine. Quant au type triploïde, il pourrait résulter des croisements des variétés diploïdes et tétraploïdes.

qui rend si intéressante cette infime bestiole pour les manipulations). Le *datara* se caractérise par 12 paires de chromosomes.

Il n'est presque pas besoin de dire que les expérimentateurs de l'*Institut Carnegie* ont tenté d'influencer la structure chromosomique par tous les moyens physiques et chimiques possibles. Ils y sont parvenus (notamment en traitant les cellules-germes par les rayons X) et les races nouvelles, issues de ces expériences, sont venues rejoindre, le plus naturellement du monde, la douzaine de « mutations » qu'avaient déjà obtenues empiriquement (jusqu'aux travaux de Th.-Hunt Morgan) le grand biologiste hollandais Hugo de Vries (1900) et ses disciples tels que le Français Blaringhem, qui créa, voilà bien des années, une race

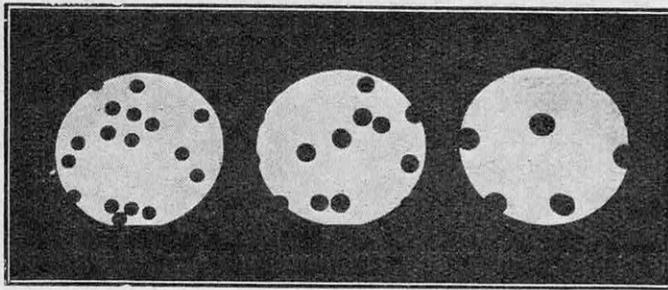


FIG. 6. — LA RÉPERCUSSION DE LA « POLYPLOÏDIE » SUR LA GROSSEUR DES GRAINS DE POLLEN (CELLULES GERMINATIVES) DES DATURAS

De gauche à droite : les grains de pollen du datura normal diploïde ; les grains de pollen du datura triploïde ; les grains de pollen du datura tétraploïde. Le « gigantisme » se révèle donc dès la cellule germinative. Cependant la progression n'est pas toujours parallèle entre les dimensions des fruits (ou plantes) et celles des cellules germinatives (voir fig. 7).

nouvelle de maïs par un simple coup de bistouri, heureusement placé, dans les anthères de ce végétal.

Mais quel ne fut pas, tout récemment, l'étonnement des chercheurs américains lorsque, ayant eu l'idée de baigner des graines de *datura* dans une solution très étendue de *colchicine* (1), ils constatèrent que les végétaux issus de ces graines présentaient des cellules dont le nombre de paires chromosomiques était de 24 au lieu de 12 ! Autrement dit, ces cellules géantes contiennent 4 chromosomes identiques au lieu de 2 : elles sont *tétraploïdes* et non plus *diploïdes*, comme le veut leur nature (2).

Mieux : les rameaux provenant du bourgeonnement des cellules tétraploïdes de la tige sont eux-mêmes tétraploïdes, avec feuilles et fleurs géantes. D'ailleurs, en humectant simplement les bourgeons du *datura* normal avec une gélose *colchicinée*, on obtient les mêmes résultats.

En forçant la dose de *colchicine*, l'on peut même obtenir des plantes *octoploïdes*, c'est-à-dire à 96 chromosomes, accouplés par 8.

Les conséquences d'une telle découverte, M. Jean Rostand, organisateur du stand Carnegie, les met en évidence dans ces termes : « Il n'y a plus guère de bornes à la puissance novatrice de l'homme en ce qui concerne la diversification des espèces végétales. » C'est un point sur lequel nous allons revenir tout à l'heure.

Le doublement des chromosomes semble

(1) Alcaloïde extrait du « colchique » automnal. C'est un poison extrêmement violent.

(2) Dans la même terminologie, les cellules germinatives, qui ne contiennent qu'un seul jeu de chromosomes et non, comme les cellules normales, un jeu de paires de chromosomes, sont dites *haploïdes*.

être l'une des méthodes qu'emploie l'évolution naturelle, à la fois dans les espèces pures et dans les hybrides stériles. Cette méthode est, dès maintenant, utilisable par l'homme.

### L'« évolution des espèces » revue à la clarté de la biologie nouvelle

Ce nouvel accroissement du pouvoir de l'homme sur la nature n'est pas, toutefois, « antinaturel ». Ici encore (que le lecteur excuse ces nécessaires rappels à l'humilité), pas plus qu'on ne saurait espérer forcer la nature au laboratoire physique en créant de l'énergie gratuitement, les opérateurs de l'*Institut Carnegie* ne sauraient prétendre avoir créé des espèces neuves par un procédé surnaturel. Ils sont si éloignés d'une telle prétention qu'ils s'efforcent, tout au contraire, de rechercher les *cas similaires* réalisés spontanément dans la nature en liberté. Or, ces cas foisonnent.

Autrement dit, la Nature se permet, elle aussi, de multiplier les chaînes chromosomiques et, aussi, de modifier l'enchaînement linéaire des caractères sur le chapelet des gènes. Ce faisant, elle opère obligatoirement par « mutations brusques » et non par « évolution continue », dès qu'elle se mêle de faire varier les espèces. Fantaisie dont l'ont accusée Buffon, Lamarck, Darwin, Spencer, Bergson, non sans quelques motifs.

Quittant donc, momentanément, le laboratoire et ses précieux élevages de *Drosophiles*, savamment conditionnés, les chercheurs de l'*Institut Carnegie* sont

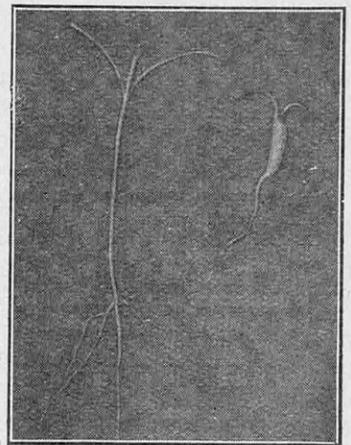


FIG. 7. — DEUX VARIÉTÉS DE DATURAS APRÈS LE MÊME TEMPS D'ENSEMENCEMENT

A gauche : le *datura* normal diploïde ; à droite : le *datura* tétraploïde. On remarquera que la future plante géante se développe beaucoup plus lentement que la plante normale au début de la germination.

allés observer les *Drosophiles* « sauvages » qui habitent les montagnes de Californie, du Nevada, du Canada, du Mexique. *Malgré des apparences extérieures tout à fait semblables*, les spécimens recueillis ont révélé des *inversions* évidentes de segments chromosomiques. Or, ces inversions caractéristiques correspondent *aux régions géographiques* habitées par le spécimen *Drosophile*. On dirait, dans ce cas, que la nature a modifié la structure chromosomique de l'insecte afin de lui conserver, dans des habitats différents, *les formes et les fonctions* qui doivent être normalement les siennes.

En d'autres termes, la Nature semble s'être servie de la « mécanique des chromosomes » sur les *Drosophiles* sauvages habitant des milieux dissemblables, en vue de les *adapter*; tandis que, dans un milieu donné, constant, toute modification de la structure chromosomique se traduit par une différenciation des individus, autrement dit par une *variation de l'espèce*. En d'autres termes encore, dans le premier cas, la Nature semble donner raison à Lamarck qui fait de

l'*adaptation* au milieu extérieur le facteur capital de l'évolution, tandis que, dans le second, elle paraît flatter l'opinion de Darwin concernant la *sélection* naturelle.

Quand la Nature se permet de telles ironies à l'adresse de la pensée humaine, soyez assurés que celle-ci n'a pas saisi le véritable « aspect de la question ».

Par contre, le biologiste, qui ne vise pas d'autre but que de formuler une « loi scientifique » accordant les faits avec la réalité, ce biologiste peut aujourd'hui conclure : l'hypothèse d'une relation constante entre les caractères *morphologiques* et *fonctionnels* de l'être vivant, d'une part, et la *structure de ses chromosomes*, d'autre part, cette hypothèse est juste.

Elle permet d'expliquer : 1° l'hérédité et les variations des *caractères apparents* chers aux « morphologistes »; 2° l'hérédité et les variations des *caractères fonctionnels*, plus difficiles à déceler puisqu'ils répondent

aux besoins les plus profonds et aux nécessités d'adaptation les plus impérieuses de l'être organisé et qu'ils se manifestent seulement par le « chimisme » de cet être — comme disent les « antimorphologistes ».

Ici encore, ni l'un ni l'autre des deux « clans » ne sauraient triompher devant l'expérience. Nous ne savons qu'une chose : la variation des espèces comme leur adaptation trouvent leur expression dernière dans la structure microscopique des chromosomes. Et cette structure procède par « nombres entiers » de facteurs.

Voilà donc la Biologie positive munie, elle aussi, de ses « atomes » d'hérédité et des « potentiels » de variation, grâce auxquels les *facteurs* passent « de la puissance à l'acte », comme disait Aristote.

### L'avenir pratique de l'« évolution forcée » des chromosomes

Essayons maintenant de prévoir les conséquences *pratiques* de ce qu'on pourrait appeler l'« évolution forcée » des chromosomes.

C'est le règne végétal qui paraît, de toute évidence, le plus

aisément exploitable. L'agriculture pourrait trouver profit à la culture d'espèces géantes. Mais ce n'est pas l'accroissement éventuel de la taille des végétaux qui semble devoir l'intéresser par-dessus tout. L'agriculteur avisé doit espérer, de ces mutations végétales par doublement des chromosomes, l'obtention d'une *plus grande résistance aux conditions climatiques*.

C'est ainsi qu'il ne serait pas étonnant d'apprendre un jour que l'on a obtenu, par ces méthodes, des variétés d'orangers ou de citronniers capables de fleurir et de fructifier en plein vent sur les bords de la Seine. Et ce serait là une réussite qui exploiterait ce que j'ai appelé l'aspect « fonctionnel » de l'évolution chromosomique, celui qui intéresse le « métabolisme » nutritif de la plante plus que sa forme ou sa taille.

Un autre point de vue, non moins « fonctionnel », intéressant également l'agriculture, est celui de la fécondité des hy-

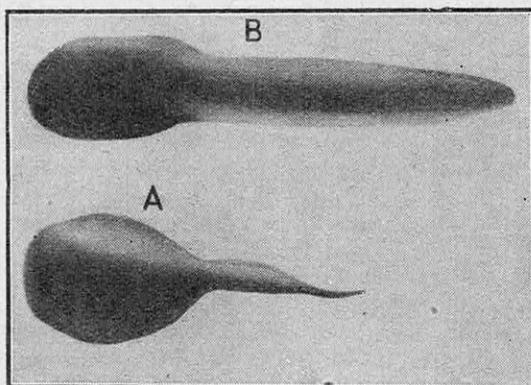


FIG. 8. — L'INFLUENCE DU NOMBRE DES CHROMOSOMES CHEZ LES ANIMAUX

Un têtard de batracien normal (B) et son frère haploïde, obtenu par parthénogénèse (division artificielle de la cellule germinative non fécondée et ne contenant, par conséquent, qu'un seul jeu de chromosomes non appariés).

brides (1). Bien des croisements entre espèces différentes de plantes sont réalisés, qui feraient la joie des horticulteurs si ces hybrides obtenus n'étaient pas stériles ou faiblement reproducteurs. Dans ce cas, nous explique M. Jean Rostand, « la stérilité provient de la disharmonie qui existe entre les deux stocks chromosomiques (le paternel et le maternel) présents dans les tissus de l'hybride ». Ces tissus sont suffisamment « équilibrés » (*en chromosomes simplement appariés*) pour « vivre », mais non suffisamment pour créer des cellules sexuelles, à chromosomes *dépariés*, capables de reconstituer, dans un œuf fécondé, les caractères de l'hybride. Et c'est pourquoi celui-ci demeure sans postérité.

Mais si l'hybride est doté de chromosomes *doublément appariés* dans ses cellules « somatiques », il aura davantage de chances de pouvoir constituer des cellules « germinatives » bien approvisionnées en chromosomes destinés à la reproduction. La jonction des cellules « germinatives » mâles et femelles dans l'œuf futur fournit, dès lors, la synthèse *stable* des caractères empruntés aux deux espèces croisées.

Des résultats dans ce sens sont déjà obtenus dans les plantes des espèces : *tabac* (2), *digitale* et quelques autres.

(1) L'augmentation du nombre des chromosomes est aussi capable de transformer une race dioïque (portant des fleurs mâles et des fleurs femelles sur des pieds séparés) en race hermaphrodite, une race annuelle en race vivace.

(2) Le croisement entre deux espèces de tabac (*nicotiana tabacosa* et *nicotiana glutinosa*) produit un hybride stérile, car les chromosomes d'une espèce ne peuvent trouver des partenaires convenables dans les chromosomes de l'autre. Mais, quand les chromosomes de cet hybride sont doublés, chacun a désormais un partenaire avec lequel il peut se conjuguer, ce qui a pour conséquence la formation d'un hybride fécond.

### Pourra-t-on modifier un jour les espèces animales ?

Le pouvoir humain de muter les espèces s'étendra-t-il au règne animal ?

Le problème pratique ainsi posé soulève des difficultés croissantes à mesure qu'on s'élève dans l'échelle des êtres.

Chez les végétaux, il suffit de provoquer le doublement du nombre des chromosomes chez les cellules qui doivent donner naissance à des branches florales. Chez l'animal, il faut intervenir avant la première division de l'œuf.

Disons d'abord que la Nature a créé des formes géantes, tétraploïdes, chez certaines espèces de *mouches*, de *Daphnies*, de *grenouilles*.

D'autre part, le traitement à la colchicine a réussi dans l'application qu'en ont faite Nebel et Ruttle à l'œuf d'oursin. Actuellement, les plus habiles spécialistes de l'*Institut Carnegie* (Blakeslee, Embody, Philips, Walter) expérimentent sur divers animaux inférieurs, tels que la grenouille, la truite. Aurons-nous bientôt des truites géantes ?

Mais songez aux difficultés représentées par ces tentatives. Il faut prélever sur la mère l'œuf fécondé, avant maturation ; le traiter à la colchicine ; puis le greffer sur l'ovaire afin qu'il poursuive sa destinée.

Si d'aventure l'on réussit à doubler, par ce moyen, la taille d'un dindon (mais les déchets culinaires seront grossis d'autant !), je ne vois pas bien, sauf pour les cirques Barnum, l'intérêt qu'il y aurait à traiter pareillement l'hippopotame ou l'éléphant. Du reste, si l'éléphanteau tétraploïde venait à terme, la mère-éléphant perdrait probablement la vie dans l'affaire.

JEAN LABADIÉ.

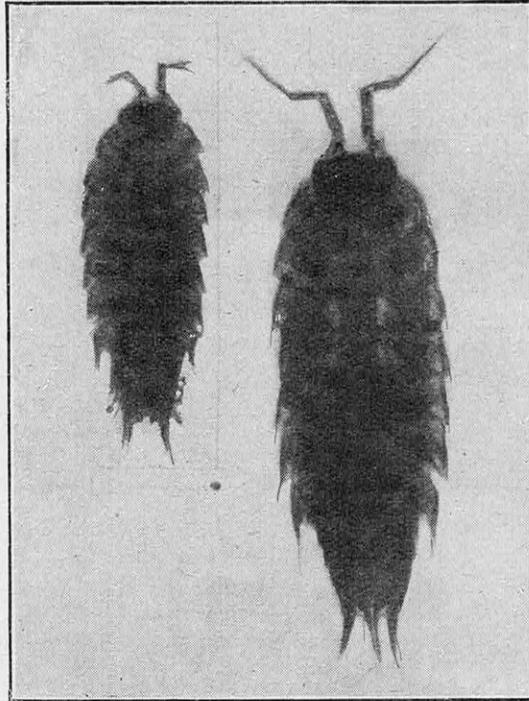


FIG. 9. — UN CURIEUX CRUSTACÉ (« TRICHONISCUS PROVISORIUS ») DONT UN SPÉCIMEN (A GAUCHE) EST TRIPLOÏDE, TANDIS QUE LE NORMAL (A DROITE), OU DIPLOÏDE, MARQUE UNE SUPÉRIORITÉ DE TAILLE ÉVIDENTE

# POUR L'ÉTABLISSEMENT DES CARTES, L'APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE REMPLECE LE THÉODOLITE

Par Pierre KESZLER

*L'idée d'employer la photographie pour l'établissement des cartes est aussi vieille que la photographie elle-même; dès 1838, Arago et Gay-Lussac ont signalé les avantages du procédé, en particulier la possibilité, en prenant un seul cliché, d'effectuer un grand nombre de « visées », qui peuvent être ensuite utilisées à loisir. Bien que les principes généraux de la photogrammétrie eussent été établis vers 1852 par Laussedat (1), le théodolite était resté pendant longtemps le seul instrument mis en œuvre pour le levé des plans. C'est grâce au perfectionnement des appareils photographiques, grâce aussi au développement de l'aviation, qui permet de prendre des vues très étendues, que la photogrammétrie (ou métrophotographie) est entrée dans le domaine de la pratique. Elle constitue aujourd'hui le procédé le plus précis, le plus rapide, partant le plus économique, pour l'établissement des cartes géographiques à grande et à petite échelle.*

**L**A SCIENCE ET LA VIE a déjà signalé à plusieurs reprises (2) comment, petit à petit, la méthode photographique avait remplacé les procédés traditionnels pour les levés de plans. La perfection atteinte aujourd'hui par la *photogrammétrie*, ou *métrophotographie*, permet d'affirmer qu'on ne procède plus autrement, surtout si la précision demandée est très poussée.

Selon les étendues de terrain dont il s'agit de dresser la carte, selon la configuration de ce terrain et selon le degré de précision exigé, on se servira uniquement de photographies aériennes, uniquement de photographies terrestres, ou bien, cas optimum, on utilisera simultanément les deux systèmes. De même, selon les résultats cherchés et le délai imparti pour la fourniture du plan, on emploiera des appareils plus ou moins précis et, partant, plus ou moins compliqués.

Le champ offert à cette technique nouvelle est immense. Qu'il s'agisse de cartographie, de mise à jour du cadastre, de reconnaissance des lignes ennemies en temps de guerre, d'établissements de plans directeurs pour la construction d'ouvrages d'art, on peut dire que la photogrammétrie répond à toutes les questions et les résout avec plus de précision, plus d'économie et plus de rapidité que l'ancienne méthode classique.

## L'ancienne méthode de topographie

Autrefois, pour obtenir la carte d'un terrain donné, il fallait envoyer sur les lieux une

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 33, page 37.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 172, page 289.

équipe spécialisée, munie de chaînes d'arpenteur, de théodolites et, d'une manière générale, de tout un matériel qui, pour être relativement peu compliqué, n'en n'était pas moins encombrant. La méthode était très simple. Partant de deux points d'altitude connue et égale (le niveau de la mer, par exemple), et séparés par une distance mesurée au moyen de la chaîne d'arpenteur, on visait de chacun de ces points, au moyen du théodolite, un troisième point de position planimétrique et altimétrique inconnue (fig. 1). On obtenait trois triangles : un premier formé par les axes de visée du théodolite et la ligne joignant les deux points, et, à chaque point de visée, un triangle rectangle ayant pour grand côté une horizontale passant par le centre de rotation du théodolite et pour hypoténuse la ligne de visée du point inconnu. Dans chacun de ces triangles, on connaissait assez d'éléments pour construire les côtés ou les angles inconnus. De ces constructions géométriques, on déduisait avec une extrême précision les cotes de chaque point. Dans toutes les régions, des repères types étaient choisis qui servaient de bases géodésiques. Qui n'a vu, dans nos forêts, des pylones en bois, émergeant des arbres, dont la fonction est uniquement de servir de points de visée. Cette méthode de topographie est communément appelée triangulation.

## L'utilisation de la plaque sensible

Pour accélérer la méthode de triangulation, on a imaginé de remplacer la théodolite classique par un appareil photogra-

phique. En prenant deux clichés, les plaques étant rigoureusement verticales en deux endroits différents, mais embrassant le même champ, on obtient une image stéréoscopique des lieux photographiés. Ces chambres photographiques spéciales, dont l'axe optique est d'ailleurs inclinable par rapport à la verticale d'une quantité exactement mesurable, ont reçu le nom de « photothéodolites ». Elles rendent les mêmes services qu'un théodolite ordinaire, mais visent d'un seul déclenchement une multitude de points, alors que le théodolite ordinaire nécessite une mesure pour chaque point visé. Tandis qu'avec le théodolite classique, on ne peut opérer que sur le terrain, avec le photothéodolite, on prend, par beau temps, un grand nombre de clichés qui sont utilisés par la suite dans le calme du laboratoire.

### La méthode de prise de vues

Sur le sol, lorsqu'on opère avec le photothéodolite, il s'agit de prendre du terrain un certain nombre de clichés, qui, deux à deux, fourniront des couples stéréoscopiques de la totalité de l'aire dont le levé est entrepris. Dans le cas

de photographie aérienne, c'est-à-dire si la surface à photographier atteint ou dépasse une centaine d'hectares, ou bien si le relief et l'accessibilité du sol empêchent la prise de vues directe, il faut préparer une campagne aérienne. Pour tracer cette campagne, on commence par consulter une carte existante du terrain considéré, puis on délimite la zone exacte pour laquelle des clichés seront nécessaires en prenant sur le sol des points de repères que le pilote identifiera aisément. Ensuite, on se renseigne sur les vents dominants par beau temps, et l'on trace, sur la carte existante, quelle qu'en soit l'échelle, le trajet qu'aura à parcourir l'avion. Selon l'échelle du levé à établir, le pilote volera plus ou moins haut et déclenchera à intervalles plus ou moins longs, de telle sorte que les clichés, successivement impressionnés, donnent des

images se recouvrant deux à deux de moitié environ dans le sens longitudinal (sens de la marche de l'avion). L'avion passe ensuite parallèlement à lui-même, et dans le même sens, et enregistre une seconde série de clichés se recouvrant deux à deux longitudinalement et recouvrant dans les mêmes conditions, mais latéralement, ceux de la première série. Connaissant le format de plaques employé et la focale de l'objectif, il est facile de tracer très exactement le parcours de l'avion au-dessus du terrain. On lui fait suivre autant de lignes qu'il est

nécessaire pour que chaque point du sol soit vu au minimum sur deux clichés.

On attend alors des conditions atmosphériques convenables, c'est-à-dire ciel pur, soleil vif, vent faible dans la direction dominante. Lorsque ces conditions se trouvent réunies, les pilotes ont du travail, car il faut saisir l'occasion de faire toutes les campagnes photographiques prévues, parfois depuis fort longtemps. Inutile de dire que le matériel de prise de vues doit être à l'abri de toute défaillance, car les heures de vol sont toujours onéreuses,

les temps propices rares, et l'absence d'un seul cliché ou sa mauvaise venue nécessitent un nouveau survol.

La campagne de photographie aérienne — qui est fort rapide, un seul avion, dans une belle journée d'été, pouvant photographier des étendues considérables — prépare le travail postérieur, qui peut se faire en toute saison mais qui est moins rapide. D'une manière générale, on tient toujours compte, dans la préparation des campagnes photographiques, de ce que les photos prises à terre donnent des résultats d'une précision supérieure à celle obtenue à bord d'un avion.

### L'utilisation des clichés

Si tout le monde comprend bien qu'une photographie terrestre ne constitue pas une carte, il n'en va pas de même dès qu'il s'agit d'une photographie aérienne. Or, la

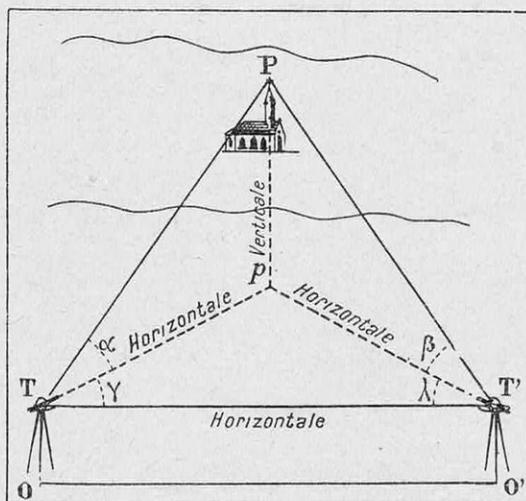


FIG. 1. — PRINCIPE DE LA TRIANGULATION

*A partir des stations T et T', dont la position est connue, on détermine le point P par deux visées TP et T'P. Pour cela, on lit sur les théodolites les valeurs des angles  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  et  $\lambda$ .  $\gamma$  et  $\lambda$  permettent de déterminer le point p ;  $\alpha$  ou  $\beta$  permettent, connaissant Tp ou T'p, de déterminer pP.*

photo prise à 5 000 m n'est pas plus un plan que la photo prise à terre. De plus, la photo d'avion est prise d'un point de position inconnue, d'altitude inconnue, et enregistrée sous un angle inconnu par rapport à la verticale. Ces trois inconnues sont inhérentes à la méthode, puisque l'avion parcourt une trajectoire impossible à déterminer avec précision et, en outre, les vibrations, trous d'air et remous rendraient illusoire toute tentative de déclencher la prise de vues au moment où l'axe optique de l'appareil photographique serait vertical.

### Le redressement

Les perspectives fournies par les deux clichés d'un même couple sont différentes. Tout se passe comme si la distance séparant les deux points de déclenchement était la base d'un gigantesque télémètre, ou bien l'intervalle pupillaire d'un géant. Repérons, sur chacun des deux clichés, trois points géodésiques

identiques et connus. Opération facile, puisque, sur la presque totalité des terres habitées, une triangulation, même sommaire, a été effectuée. Construisons un stéréoscope tel que nos yeux semblent occuper les deux points de prise de vues et plaçons les clichés de telle manière que les trois points géodésiques choisis se superposent avec la plus absolue précision dans notre observation stéréoscopique. Nous aurons alors replacé les clichés, l'un par rapport à l'autre, dans la même position qu'ils occupaient respectivement lors de la prise de vue. Nous avons reconstitué, en quelque sorte, la base de notre télémètre géant. Comme nous connaissons les cotes exactes des trois points géodésiques, nous avons, du même coup, situé dans l'espace, et avec une très grande précision, la base de notre télémètre. Cet instrument, mi-réel, mi-imaginaire, est

alors réglé sur l'altitude des trois points connus. Pour faire coïncider d'autres points, il faudra, d'une façon ou d'une autre, modifier le réglage de notre instrument. Mais, partant d'une donnée précise, il suffira de mesurer cette modification pour en déduire mathématiquement l'altitude des points que nous aurons amenés en coïncidence. Cette méthode stéréoscopique est utilisée dans l'appareil conçu par M. Poivilliers et réalisé par la Société S. O. M. Berthiot, et qui a été décrit dans cette revue (1).

Imaginons maintenant une autre manière

d'utiliser nos clichés. Replaçons-les dans les chambres photographiques, et éclairons-les par derrière. L'objectif va projeter une image réelle du cliché. Imaginons toujours — qu'importe si la réalisation est chimérique — que l'appareil puisse reprendre en l'air exactement la position qu'il occupait au moment du déclenchement. L'image réelle projetée

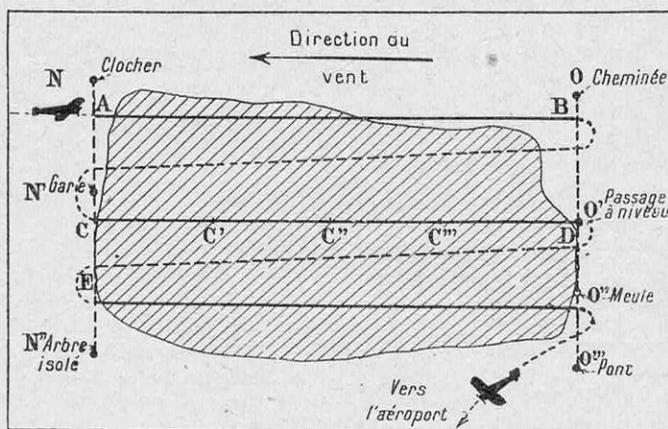


FIG. 2. — COMMENT ON PRÉPARE UNE CAMPAGNE PHOTOGRAPHIQUE AÉRIENNE

*Le terrain à photographier est marqué de hachures. On prend des points de repères N, N', N'' à une extrémité du terrain, O, O', O'' à l'autre, ces deux séries de points formant sensiblement deux droites perpendiculaires à la direction dominante du vent; les trajets AB, CD, EF et la fréquence des déclenchements sont choisis de façon à obtenir un recouvrement par moitié des clichés obtenus, tant dans le sens longitudinal que transversal.*

par l'objectif va se mouler très exactement au terrain photographié. A ce moment, si deux chambres sont réglées de la même façon, elles réaliseront optiquement une image réelle du terrain. Revenons dans le domaine des choses possibles et, au lieu de remonter en avion, plaçons nos clichés dans deux chambres de projection munies d'objectifs semblables à ceux de la prise de vues, mais montées sur un bâti où nous pourrions les replacer « à l'échelle » dans la même position relative que celle qu'ils occupaient, l'un par rapport à l'autre, dans l'espace. Nos lanternes vont projeter également « à l'échelle » une image du terrain photographié, et cette image sera une image réelle. Ne nous hypnotisons pas sur ce mot d'image « réelle ». Elle n'est réelle qu'au sens optique du mot, c'est-à-dire qu'elle peut

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 172, page 293.

apparaître sur un écran. Mais nous venons de voir que cette image, pour se matérialiser sur un écran, exigerait que ce dernier se présentât comme une réduction du relief du terrain étudié. Or, ce que nous cherchons, c'est précisément à reconstituer ce relief. Si nous étendions dans le champ des deux projecteurs un écran, nous verrions deux images du même terrain superposées, mais non coïncidentes. En effet, seuls pourraient être communs, donc nets, les détails dont les images se trouveraient au niveau même de l'écran, c'est-à-dire qu'à ce moment, les rayons issus des deux projecteurs se rencontreraient précisément sur le plan de l'écran. Lorsque cette coïncidence se produira, c'est que le détail en question se trouve, à l'échelle, à la distance séparant les projecteurs de l'écran.

Pour utiliser ce principe, on se sert d'un tout petit écran qui peut occuper toutes les positions par rapport aux projecteurs, tout en restant parallèle au plan de référence qui est celui de la projection de la carte. Lorsque, sur cet écran, nous ne voyons plus qu'une image au lieu de deux, nous connaissons son altitude par rapport au plan de référence sur lequel toute la machine est réglée.

Si nous projetons ce point verticalement sur le plan de référence, nous aurons déterminé sa position planimétrique. Comme la machine nous a donné l'altitude du point, il suffit de la noter à côté du signe conventionnel que nous aurons tracé à la base de la projection verticale. Ce procédé est celui imaginé par M. Ferber, et la machine qu'il a conçue est construite par la société Gallus.

Quel que soit le procédé employé, cette

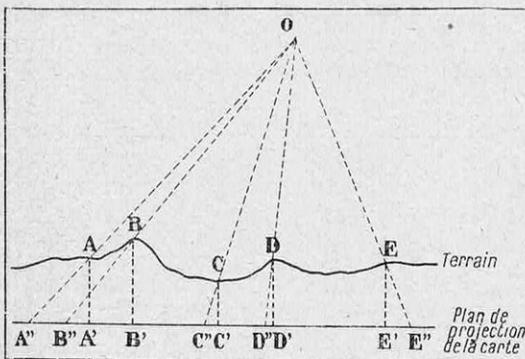


FIG. 3. — UNE PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE N'EST PAS UNE CARTE

Les points A, B, C, D, E sont représentés en A', B', C', D', E' sur une carte, et en A'', B'', C'', D'', E'' sur le cliché photographique. Les deux figures ainsi obtenues sont parfois très différentes, d'autant plus que le terrain est plus accidenté.

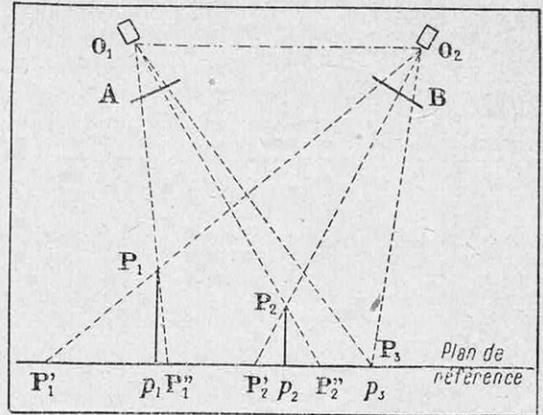


FIG. 4. — PRINCIPE DE LA « RESTITUTION » D'UN COUPLE DE PHOTOGRAPHIES

Les deux clichés A et B sont placés dans les mêmes positions respectives que lors de la prise de vues. Si on les observe à travers les objectifs  $O_1$  et  $O_2$ , identiques à ceux qui ont été utilisés pour la prise de vues, il se forme une image virtuelle stéréoscopique faisant apparaître le relief du sol. Si nous considérons des points  $P_1, P_2, P_3 \dots$  de cette image, et que nous fassions coïncider ces points avec un repère lié à la machine de restitution, nous matérialiserons ainsi successivement tous les triangles tels que  $O_1, P_1, O_2$  et  $P_1, P'_1, P''_1$ . On en déduira immédiatement la projection horizontale des points P et leurs hauteurs au-dessus du plan de référence. La restitution est alors réalisée en planimétrie et en altimétrie. Certaines machines utilisent la projection des clichés au lieu du principe stéréoscopique. Les clichés A et B sont alors projetés par les objectifs  $O_1$  et  $O_2$  et, à l'aide d'un petit écran, on cherche à matérialiser le point de rencontre des rayons formant les images de  $P_1, P_2$ , etc. On construit ainsi les mêmes triangles, qui fournissent les mêmes résultats.

opération s'appelle « photorestitution », ce qui signifie qu'au moyen de vues perspectives, on a pu reconstituer la planimétrie et l'altimétrie du terrain photographié.

### Le tracé des courbes de niveau

Outre la photorestitution, les différentes machines topographiques permettent le tracé des courbes de niveau. Voici comment on procède :

Dans les machines stéréoscopiques — Poivilliers (France), Wild (Suisse), Zeiss (Allemagne), Santoni (Italie) — si la construction diffère, si la précision, le format des clichés, les dimensions et les possibilités varient d'une marque à l'autre, le principe reste identique. Dans le stéréoscope d'observation est placé un réticule, et, dans ce réticule, un repère de faibles dimensions affectant la forme d'une petite sphère, d'un batonnet, ou d'une flèche.

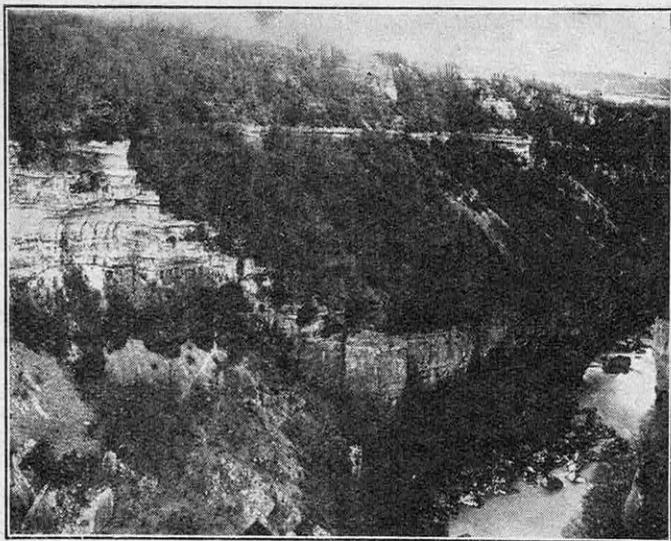


FIG. 5. — PHOTOGRAPHIE TERRESTRE DU PASSAGE DU RHONE DANS UNE GORGE ENCAISSÉE

*Une photographie aérienne n'aurait pu permettre de représenter la partie surplombée de la falaise visible à gauche.*

L'opérateur, pour restituer un point, cherche à faire coïncider virtuellement ce repère avec un point du sol. Si, virtuellement, l'opérateur voit ce repère évoluer dans l'espace et s'abaisser jusqu'à entrer en contact avec le sol, dans la réalité, le repère est fixe, et l'opérateur déplace les clichés longitudinalement, latéralement et verticalement, en agissant sur des commandes appropriées. Par un jeu de renvois, les deux commandes, latérale et longitudinale, déplacent, sur une table voisine accouplée à la machine, un traceur, qui peut ainsi occuper toutes les positions au-dessus de la feuille de papier qui sera la minute de la carte.

Lorsque le contact est obtenu, optiquement, l'opérateur abaisse un levier et le traceur dessine sur le papier le contour du détail visé. En même temps, il lit, sur un tambour gradué, l'altitude du point considéré, ce tambour étant relié — on l'a deviné — à la troisième commande déterminant le « contact ».

Si, ayant pointé ce détail, l'opérateur veut tracer la courbe de niveau à une altitude donnée, 310 m par exemple, il cale la

commande d'altimétrie sur la cote 310 et agit sur les commandes latérale et longitudinale, de telle sorte qu'il déplace l'index-repère sur le terrain sans lâcher le contact. Puisque l'index ne « quitte » pas le sol, c'est que tous les points par où il passe sont à l'altitude de 310 m. Le traceur étant abaissé, la courbe de niveau est alors dessinée.

Pour donner une idée de la précision de cette méthode, citons un exemple : un opérateur a tracé devant nous une courbe de niveau. Puis, la reprenant, il est repassé à l'envers. Les deux traits se superposaient exactement sur environ 15 cm — ce qui, à l'échelle, représentait 1 km 500 — et se décrochaient sur 5 mm (soit 50 m) d'environ 2/10 de mm. Cette erreur, due au fait qu'en ce point le cliché représentait un taillis

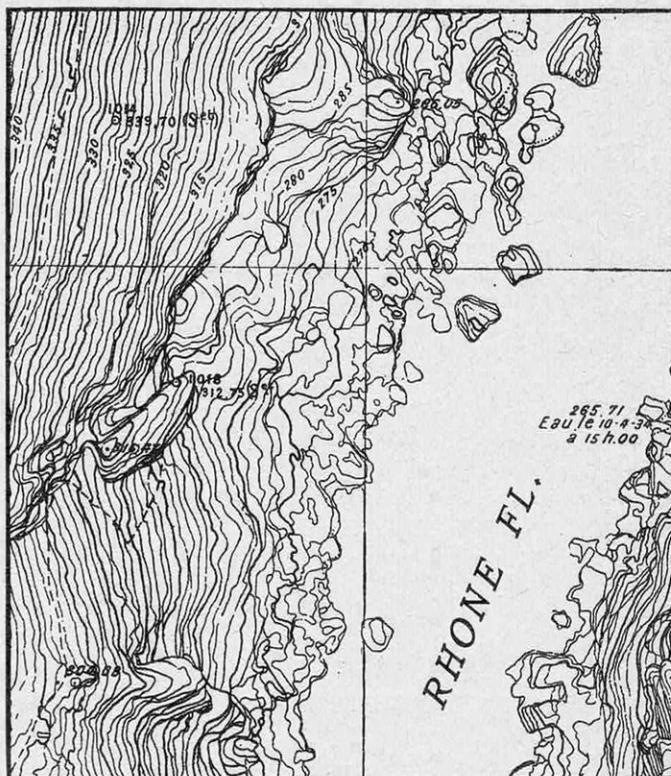


FIG. 6. — FRAGMENT DE LA CARTE DE LA GORGE DU RHONE DE LA FIGURE 5 DESSINÉE D'APRÈS LA PHOTO TERRESTRE

*On retrouve sur ce plan les surfaces verticales visibles sur la photographie. Sur de telles surfaces, les lignes de niveau se superposent. On remarque que les rochers disséminés sur le bord du fleuve sont représentés avec leurs lignes de niveau.*

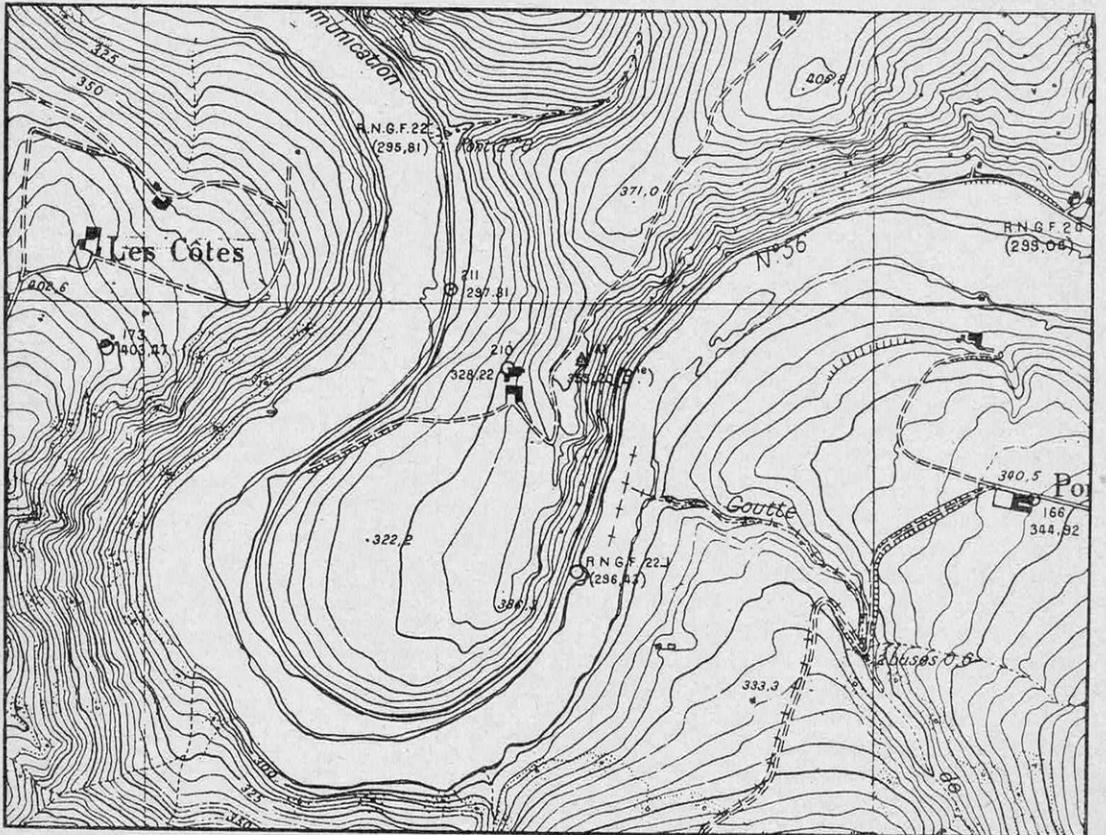
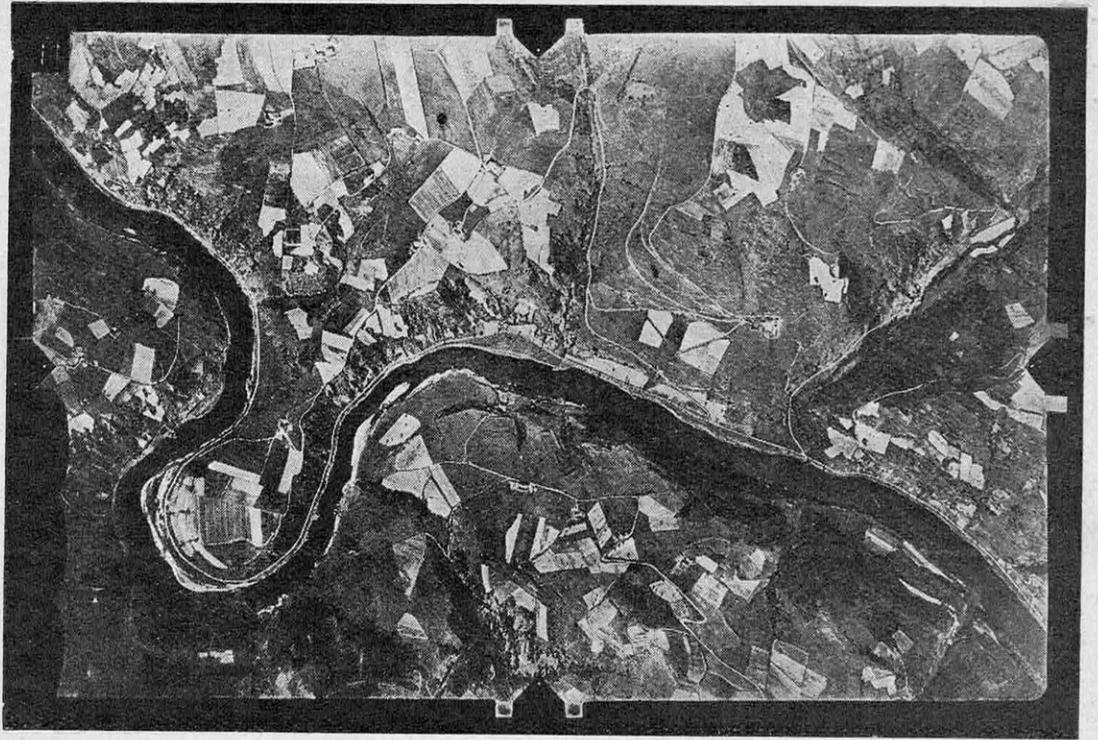


FIG. 7 ET 8. — UNE PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE ET LE PLAN RESTITUÉ CORRESPONDANT  
 On retrouve aisément la planimétrie en la comparant au cliché. Par contre, le plan met en évidence un relief très sensible qui n'était pas appréciable sur la photographie.

masquant le sol, laissait une incertitude de 0 m 15 à 0 m 20, compte tenu de la pente moyenne du terrain. Si l'on veut bien considérer que, dans les levés par triangulation, les lignes de niveau sont tracées en réunissant une série de points qui, pour avoir été déterminés avec précision, n'en sont que plus espacés, le coefficient d'erreur est largement supérieur.

### De l'appareil projecteur à la carte photographique

Dans les appareils à projection qui serrent de plus près la matérialité des faits, nous avons vu que deux lanternes donnaient des images réelles sur un petit écran que l'on déplace dans les trois dimensions, comme on le fait pour l'index-repère dans les machines stéréoscopiques. Les deux clichés sont éclairés alternativement par des lampes colorées. Les deux images, si l'écran est mal placé, ne se recouvriront pas et sembleront sauter d'un point à un autre. L'opérateur déplace alors son écran de telle manière que les deux images successives paraissent immobiles, l'œil se révélant d'une acuité supérieure par cet artifice que dans le cas où les deux images sont amenées en superposition non stéréoscopique. Lorsque l'immobilité d'un point est acquise, l'opérateur abaisse le traceur qui se trouve juste au-dessous de l'écran et dessine le contour planimétrique. Il lit l'altitude sur un tambour gradué.

L'inventeur de cette méthode, remarquant que, sur l'écran, il se forme alors, en chaque point, une image restituée du terrain, a imaginé de remplacer l'écran par une petite ouverture. Sous cette ouverture est placée une plaque sensible ou un papier photographique. Il est facile de comprendre que, de la sorte — et sous réserve d'appliquer certaines règles dont l'exposé nous entraînerait un peu loin — il devient possible d'obtenir non plus une carte avec signes conventionnels, mais un plan photographique représentant le sol tel qu'il apparaîtrait photographié d'une altitude infinie, c'est-à-dire en projection verticale.

Pour la précision, ces cartes photographiques atteignent environ 2/10 de mm à l'échelle en planimétrie.

L'appareil Poivilliers, lui, atteint la limite de la précision graphique, c'est-à-dire le 1/10 de mm, largeur du trait de crayon. Si, au lieu d'une mine de crayon, on utilisait un style métallique, la précision serait encore bien supérieure, mais pratiquement le 1/10 de mm est amplement suffisant.

### Comment s'obtient la précision

Comme il est facile de le penser, cette précision ne peut exister qu'à la condition expresse que les pièces métalliques, matérialisant les constructions géométriques effectuées par les machines, soient réalisées de telle manière qu'elles côtoient l'inaccessible perfection. Au sujet de machines mathématiques, il a été déjà exposé dans cette revue combien s'avérait délicate la fabrication de pièces géométriquement rectilignes. Or, dans les machines de photorestitution, il faut réaliser, pour le moins, un plan et deux droites. Le plan est celui sur lequel s'effectue le tracé de la restitution; les deux droites sont la « solidification » des rayons lumineux issus d'un même point du terrain et traversant le centre optique des objectifs au moment de la prise de vue.

Comme aucun jeu ne peut être toléré, les éléments principaux sont en métal inoxydable, à faible coefficient de dilatation, et coulissent les uns dans les autres sans aucune lubrification. Comme le frottement serait considérable si les pièces étaient ajustées exactement, il faut que l'alésage des pièces femelles ne soit supérieur aux cotes des pièces mâles que de quelques dix-millièmes de mm. Inutile de dire que l'usinage de ces machines revient assez cher. Selon les types, les prix varient de 500 000 f à 1 million.

### Les avantages et les inconvénients des deux procédés de restitution

Comme toute chose en ce monde, chacune des deux méthodes de photorestitution a ses partisans et ses détracteurs. En fait, les appareils stéréoscopiques semblent d'une précision supérieure aux appareils à projection. De même, il semble que les appareils stéréoscopiques offrent une latitude d'emploi plus large. Par contre, les appareils à projection sont d'un maniement plus aisé et permettent la réalisation de plans photographiques restitués, ce qui constitue une véritable révolution en cartographie.

### La carte photographique

Pratiquement, l'innovation due à M. Ferber n'intéresse pas tous les domaines de la cartographie. Il est évident que, pour des cartes au 1/100 000 ou 1/200 000, une photographie ne présenterait aucun intérêt; les détails utiles (routes, cours d'eau, chemins de fer, etc.) étant reproduits nécessairement à l'échelle, ils apparaîtraient infiniment trop petits. Dans cette catégorie de cartes, les signes conventionnels sont

grossis et indiquent bien plus clairement les emplacements occupés par les ponts, églises, gares, et autres points de repère aisément reconnus par qui sait lire une carte. Par contre, dans les plans et cartes à grande échelle, c'est-à-dire compris entre 1/20 000

complètement ou presque. Il s'ensuit une erreur possible d'interprétation. Par contre, la nature des cultures se distingue très aisément et, autre avantage, les nappes d'eau souterraines sautent aux yeux. Pour les régions où l'eau est rare, l'investigation

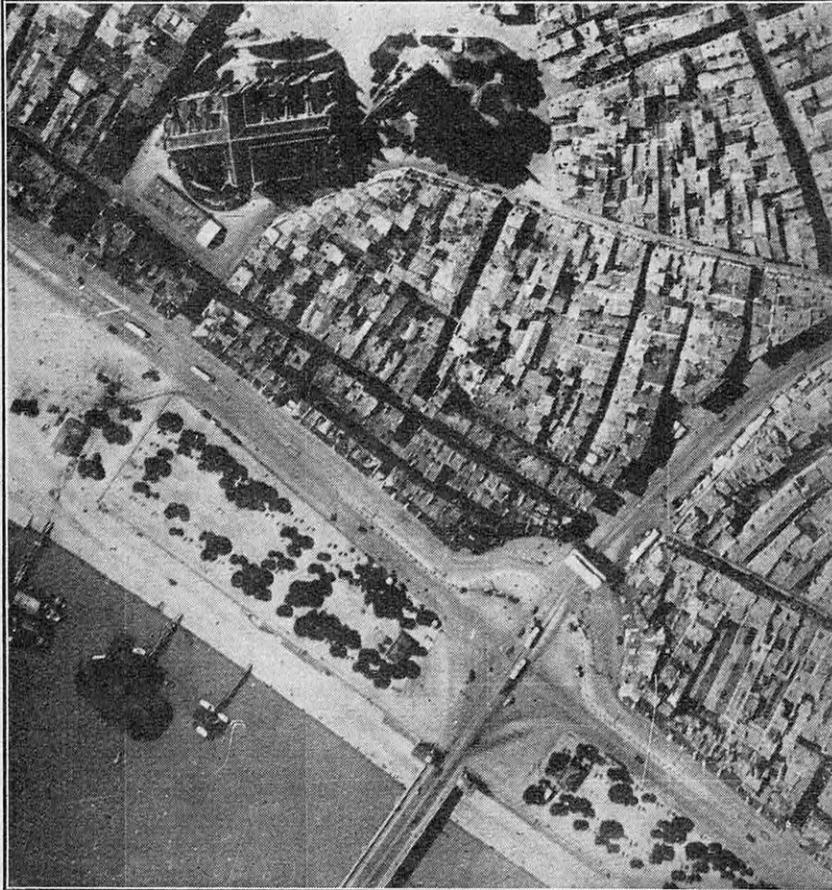
par photographie aérienne est le plus sûr moyen de découvrir rapidement les points où l'eau affleure.

Autre avantage, la carte est dressée très rapidement.

Par exemple, alors que l'établissement d'un élément de carte mesurant 50 cm sur 50 à l'échelle de 1/15 000 peut demander de trois à six semaines en cartographie conventionnelle, il ne faut plus que de quatre à dix heures pour parvenir au même résultat en cartographie photographique.

### De l'échelle finale à celle du cliché

Il est bien évident que, selon le genre de carte à établir, l'échelle peut varier dans des proportions considérables. Dans tous les cas, la « minute », c'est-à-dire la restitution proprement dite, est établie à une échelle double ou triple, et on en tire



(Procédé Gallus-Ferber.)

FIG. 9. — FRAGMENT DU PLAN DE BORDEAUX RESTITUÉ AU 1/2 000

*Voici un excellent exemple des possibilités offertes par la cartographie photographique à grande échelle. Dans la confusion des toits, des ruelles, des cours, un œil exercé découvre tous les détails qu'il peut souhaiter discerner et en déduit les indications utiles. Le cliché qui a servi à l'établissement de cette carte étant pris obliquement, on remarque aisément l'aspect couché des monuments élevés. C'est le sol, et lui seul, qui est restitué; aussi faut-il se faire à la lecture de ce type de cartes qui peut montrer certains éléments en perspective, la configuration du sol étant seule exactement représentée.*

et le 1/2 000, et selon le but cherché, il y a souvent intérêt à se servir de la reproduction photographique pure. Certes, la lecture d'une telle carte est plus délicate que celle d'un plan utilisant les signes conventionnels, car il s'agit d'interpréter correctement les détails révélés par l'objectif. Pour un œil peu exercé, un petit cours d'eau se distingue mal, surtout s'il est bordé d'une ligne d'arbres, ou de haies qui le masquent

photographiquement des copies à l'échelle désirée. Par contre, pour la prise de vues, on ne peut pas opérer de la même façon. En effet, si les clichés devaient être établis à grande échelle, il faudrait employer des appareils à longue focale et à champ réduit nécessitant un nombre prohibitif de clichés successifs. Pour conserver à la photographie aérienne ses avantages, il faut qu'à chaque déclin corresponde une étendue suffisante de ter-

rain. En pratique, on prend les clichés à l'échelle même de la carte définitive (entre le 1/5 000 et le 1/30 000), du moins approximativement, puisqu'on ne sait jamais avec précision à quelle altitude et sous quel angle seront enregistrées les photographies. Cela amène l'avion à voler, selon l'échelle, entre 1 500 et 5 000 m. Les plaques utilisées sont des glaces à faces parallèles, portant une émulsion orthochromatique à grain très fin, et sont développées dans un révélateur spécial pour grain fin. Pour les photographies destinées à la cartographie, on a renoncé aux films, malgré leurs avantages de poids et de maniabilité, pour deux raisons : d'abord, grande difficulté d'obtenir une planéité suffisante dans les appareils ; ensuite, à cause des déformations subies par la pellicule au cours des manipulations.

Avec les plaques à grain fin, judicieusement traitées et utilisées telles quelles en négatif, aucun détail ne peut échapper aux opérateurs, et la restitution est aussi précise que possible.

### Quelques applications de la photorestitution

Grâce à la précision exigée à chaque stade des opérations — depuis les objectifs de prises de vues, qui sont corrigés de toute distorsion et vérifiés au moyen d'appareils spéciaux après chaque sortie, jusqu'au contrôle sur le terrain de quelques données fournies par les appareils de restitution et choisis au hasard — on peut envisager par la méthode photographique l'établissement de n'importe quel plan ou carte. On peut dire que, désormais, on ne procède même plus autrement. Actuellement, la nouvelle carte de France du Service géographique de l'armée au 1/50 000 est en cours d'établissement, par les méthodes stéréoscopiques, et ce travail, qui, par triangulation, aurait demandé un siècle d'opérations sur le terrain, sera obtenu en moins de vingt ans et reviendra cinq ou six fois moins cher. (On compte tout de même par milliards.)

Dans certains cas particuliers, la photographie aérienne, conjuguée à la photographie terrestre, a autorisé le levé de cartes au 1/500 exactes à quelques centimètres près en planimétrie et altimétrie, travail pratiquement irréalisable par les anciennes

méthodes eu égard au prix de revient. Par exemple, lors de la construction du barrage de Maréges, une société de photorestitution a fourni aux ingénieurs un plan directeur au 1/100, avec courbes de niveaux espacées de 25 en 25 cm.

Une autre entreprise préparant une carte de la région du Bonhomme, dans les Alpes, où doit être tracée une route semi-touristique, semi-stratégique, prolongeant celle de l'Iseran, a pu dresser un plan rigoureusement exact de ce relief compliqué et faire apparaître certaines erreurs des cartes précédentes et démontrant *ipso facto* les avantages d'une modification du tracé primitivement arrêté, lequel réservait de désagréables surprises.

### Comment combler les « blancs » de la carte

Si, pour les contrées civilisées, on possède depuis longtemps des cartes qui, pour n'être pas parfaites, sont largement suffisantes, il n'en va pas de même pour les empires d'outre-mer, peu peuplés ou mal connus, trop récemment explorés ou difficilement accessibles. Déjà, depuis une vingtaine d'années, nos possessions coloniales ont été survolées par nos aviateurs militaires et des cartes exactes ont été dressées qui ont avantageusement remplacé les « blancs » figurant sur les documents plus anciens.

Pour faire, par la méthode photographique, la carte d'une région non encore levée, il suffit qu'une mission topographique relève par les moyens traditionnels quelques points seulement, choisis parmi les plus aisément identifiables et, naturellement, les plus accessibles. La photographie fait le reste. D'ailleurs, en procédant par sauts, de proche en proche, on peut partir de points connus, dans une région servant de base, pour avancer par couples de clichés successifs dans une région totalement inconnue.

Les vastes possibilités offertes à cette nouvelle branche montrent à quel point, de nos jours, toutes les sciences sont solidaires les unes des autres dans leurs rapides progrès. Qui aurait fait croire aux géographes d'autan que, pour établir la carte du monde, l'homme utiliserait une machine volante et un œil artificiel ayant le pouvoir de conserver les images ?

PIERRE KESZLER.

# L'OEUVRE DE GEORGES URBAIN

## CE QUE LES « TERRES RARES » NOUS ONT APPRIS SUR LA CONSTITUTION DE L'ATOME

Par Marcel BOLL

DOCTEUR ÈS SCIENCES — AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ  
PROFESSEUR A L'ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES COMMERCIALES

*Le nom de « terres rares » a été attribué à des oxydes de corps métalliques qui, mis à part le cérium (« pierres » à briquets et manchons à incandescence), sont demeurés jusqu'à aujourd'hui pratiquement dépourvus d'applications industrielles. Au point de vue théorique, le problème des terres rares compte cependant parmi ceux qui ont apporté une contribution décisive à notre compréhension de l'univers. C'est au grand chimiste français Georges Urbain, qui vient de disparaître, que nous devons l'étude minutieuse des propriétés des dix-sept terres rares existantes (1). Leur découverte a apporté une éclatante confirmation à la géniale classification de Mendeleïeff qui réunit les quatre-vingt-douze éléments dont est fait tout notre univers et qui est aujourd'hui une des pierres angulaires de notre conception du monde.*

**G**EORGES URBAIN faisait partie d'une admirable génération de savants français, dont l'autorité s'étendait sur le monde entier : Henri Poincaré (1854-1912), Pierre Curie (1859-1905), Paul Painlevé (1863-1933), Marie Curie (1867-1934), Georges Urbain (1872-1938), — trop tôt enlevés à la science, — Jacques Hadamard (né en 1865), Jean Perrin (né en 1870), Emile Borel (né en 1871), Paul Langevin (né en 1872),... pléiade d'esprits universels, animés d'idées généreuses, auxquels rien d'humain n'est étranger.

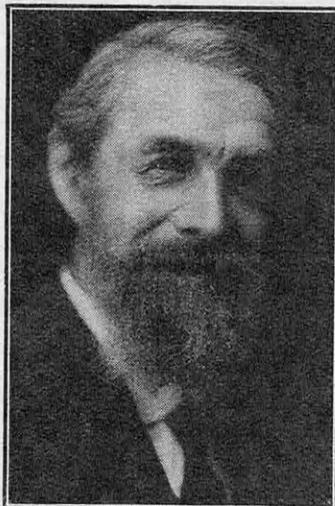
Georges Urbain, qui a été enlevé le 5 novembre dernier, après une courte maladie, en pleine puissance de production, était né à Paris le 12 avril 1872. Fils d'un répétiteur à l'École Centrale des Arts et Manufactures, qui lui insuffla la passion de la chimie, il fit de solides études à l'École Lavoisier, puis passa par l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris (1890-1894),

dont il sortit major. Et, tout de suite, commence une carrière exceptionnelle dans la recherche scientifique, carrière où domine un esprit critique hors pair, une rigueur scrupuleuse et une méthode positiviste qui ne fut jamais en défaut. En voici les consécra-

tions officielles : professeur de chimie à la Sorbonne (1908), membre de l'Académie des Sciences (1921), président de la Commission internationale des Poids Atomiques, directeur de l'Institut de Chimie de Paris (1927).

La recherche scientifique était vraiment l'âme de sa vie. Il sut néanmoins s'en distraire à diverses reprises, par exemple pour rédiger des mises au point remarquables, dont la plus accessible a pour titre : *Les disciplines d'une science, la chimie*. Pendant la guerre 1914-1918, il se dévoua aux questions intéressant la

défense nationale, et son *laboratoire des études chimiques de guerre* rendit des services considérables au pays. Plus tard, il consacra une partie de son temps à améliorer la culture générale et la formation technique des futurs ingénieurs chimistes dont il avait la charge ;



GEORGES URBAIN  
(1872-1938)

(1) Voir dans *La Science et la Vie*, n° 116, page 119, l'article de GEORGES URBAIN sur les terres rares et leurs applications industrielles.

il consentit à s'occuper de la grande encyclopédie *La science, ses progrès, ses applications*, dont il voulut bien m'offrir la codirection ; enfin, il accepta d'organiser la section de chimie du *Palais de la Découverte*, né à la faveur de l'Exposition de 1937. Comme le disait notre camarade Paul Lebeau, son collègue à l'Institut, lors de son *jubilé scientifique* (10 juin 1938), l'œuvre de Georges Urbain

oxydes métalliques : oxyde de calcium, oxyde d'aluminium, oxyde de magnésium.

A côté de ces terres communes se trouvent des oxydes bien plus rares, dont le premier exemple (la célite) fut découvert dès 1751 : depuis, deux cents chimistes se sont occupés de la question, parmi lesquels on trouve des savants réputés ; environ douze cents mémoires ont été publiés par eux. Nous tenons

à montrer que ce ne fut pas là « passe-temps pour mandarins oisifs », mais que le problème des terres rares compte parmi ceux qui ont apporté une contribution décisive à notre compréhension de l'Univers.

Lorsque Georges Urbain entreprit ses recherches, il régnait dans la chimie minérale une confusion extrême : des méthodes d'une efficacité douteuse et insuffisamment systématisées aboutissaient à la prétendue découverte d'éléments hypothétiques, qui se multipliaient comme à plaisir. La raison en était que les terres rares sont relativement nombreuses et que leurs propriétés sont presque identiques. Georges Urbain indiqua bientôt la nécessité

de suivre les séparations à l'aide de *plusieurs* caractères tant physiques que chimiques, et de continuer les expériences jusqu'à ce que ces caractères fussent constants.

Pendant plus de vingt années, il se livra à des « cristallisations fractionnées », dont il améliora la marche par l'emploi de méthodes nouvelles, telles que l'adjonction d'*agents séparateurs* (sels de bismuth, éthyl-sulfates) ; il utilisa également les coefficients d'aimantation et perfectionna la technique des spectres de phosphorescence. Le nombre des cristallisations effectuées à son laboratoire dépassa 200 000 ; il en déduisit les lois de la séparation des terres

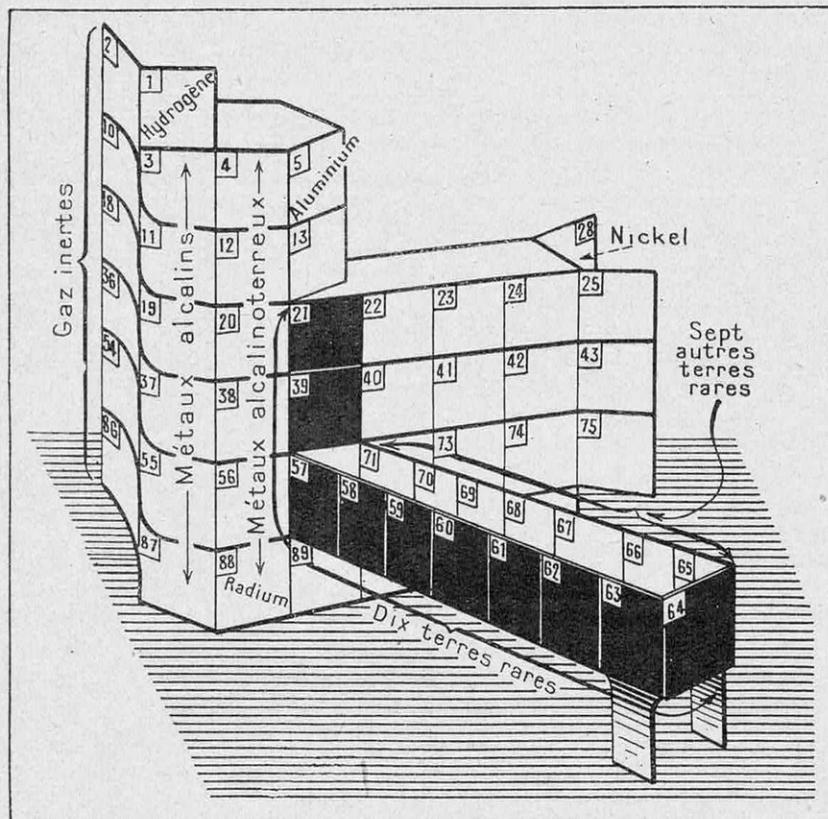


FIG. 1. — CONSTRUCTION DANS L'ESPACE DE LA CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DE MENDELEÏEFF

Les éléments des terres rares comprennent le n° 21, le n° 39 et les nos 57-71. On trouvera plus loin les noms et les structures de ces dix-sept éléments.

est considérable et d'une puissante originalité ; c'est celle d'un chercheur et d'un grand penseur ; il a travaillé avec l'indépendance d'un génie créateur.

### Qu'est-ce qu'une « terre rare » ?

Pendant longtemps, les chimistes ont englobé sous le nom de « terres » un certain nombre de substances qu'ils regardaient provisoirement comme simples (aucun des agents connus jusqu'alors n'ayant de prise sur elles), mais qu'on parvint ensuite à décomposer, à ramener à la classe des oxydes : la chaux, l'alumine, la magnésie rentraient dans cette catégorie ; ce sont des

rare, ainsi que la reconnaissance de l'existence de « limites de fractionnement ».

### Éléments et propriétés atomiques

De ce fait, les notions fondamentales de la chimie ont subi une rénovation qui n'est pas encore bien comprise aujourd'hui, même de ceux qui sont chargés d'enseigner cette science...

En particulier, Georges Urbain proposa, dès 1908, une distinction qui aurait dû devenir rapidement classique : c'est celle

Il convient d'ajouter que l'élément est aussi la matière qui passe d'un corps chimique (ou *corps pur*) à un autre au cours d'une réaction : quand on brûle du graphite dans l'air, il devient du gaz carbonique ; et le carbone est ainsi la matière qui se trouve soustraite au graphite pour contribuer à la formation du gaz carbonique. Du coup, il devient *absurde* de se demander si, dans le gaz carbonique, le carbone est « à l'état » de diamant ou « à l'état » de graphite : dans le gaz carbonique, il y a de l'élément

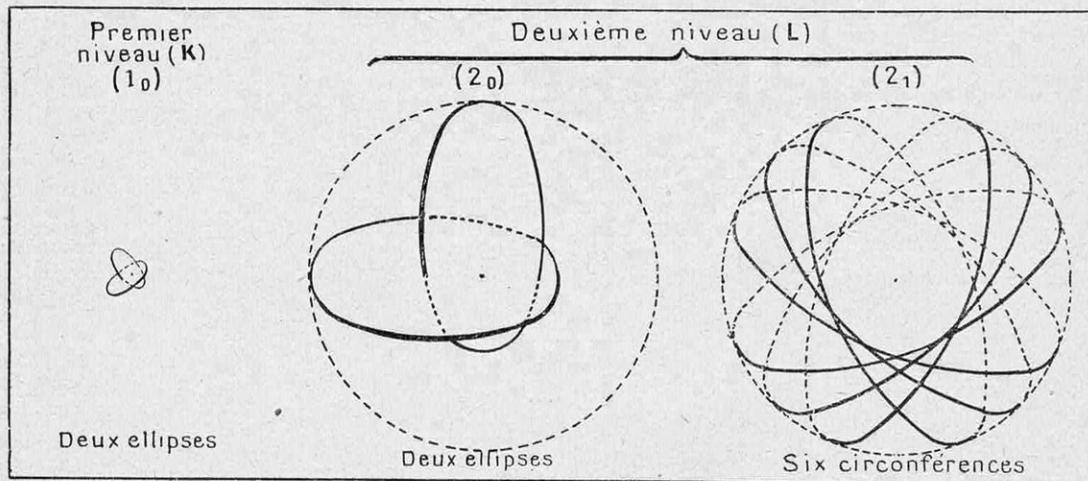


FIG. 2, 3 ET 4. — REPRÉSENTATION CONCRÈTE (ET TROP PRÉCISE) DE LA « BASSE ATMOSPHÈRE » DES NUAGES ÉLECTRONIQUES DES ATOMES

La figure 2 représente les trajectoires des deux électrons les plus internes, les plus voisins du noyau ; ce sont les électrons du niveau K, appelé encore niveau 1<sub>0</sub>. La figure 3 est relative à une partie du niveau L (partie désignée par 2<sub>0</sub>) ; les deux électrons décrivent chacun une ellipse. La figure 4 donne le reste de ce niveau L (deuxième partie désignée par 2<sub>1</sub>) ; les six électrons sont censés parcourir des circonférences. En superposant ces trois figures, de manière que les trois points centraux (noyau de l'atome) coïncident, on obtient un nuage électronique à dix électrons : c'est l'atome de néon (n° 10), que l'on voit également (à sa place) sur la classification périodique (figure 1).

entre *corps simple* et *élément*. Par exemple, on connaît deux carbones : le diamant et le graphite ; ce sont deux « corps simples » de propriétés très dissemblables. Le diamant est un solide incolore et dur, de densité 3,514 ; le graphite est un solide noir et mou, de densité 2,2 ; et le premier se transforme *intégralement* en graphite, quand on le maintient longtemps à 3 000° C. Eh bien ! l'élément carbone est la matière commune au corps simple diamant et au corps simple graphite ; c'est aussi la matière qui existe dans tous les corps carbonés : carbonates, sucres, graisses, albumine... Cette distinction, établie par Georges Urbain, paraît tellement évidente qu'on la tient fréquemment pour inutile. Négligence coupable, qui provoque bien souvent une regrettable incompréhension de la chimie.

carbone (et non un des corps simples carbone).

On peut même dire que la notion d'*atome*, qui est à la base de toute la microphysique contemporaine, n'est devenue parfaitement claire que le jour où fut élucidée — explicitement ou implicitement — l'idée d'*élément* : l'atome est la traduction microphysique de l'élément ; le corps simple, au contraire, est une association d'atomes. Association qui revêt tantôt la forme d'un *réseau cristallin* (comme dans le cas du diamant et du graphite), tantôt la forme d'une *molécule* : ainsi, la molécule du corps simple oxygène est constituée par la juxtaposition de deux atomes de l'élément oxygène ; la molécule du corps simple ozone est constituée par la juxtaposition, non plus de deux, mais de trois atomes de l'élément oxygène.

Mais, dira-t-on peut-être, puisque le car-

bone semble « disparaître » dans les carbonates ou dans les graisses, comment peut-on être sûr qu'il y subsiste réellement?

La réponse est simple : il existe certaines propriétés de l'élément qui se conservent intégralement, même quand il revêt les apparences les plus variées. Ces propriétés ont reçu le nom de *propriétés atomiques*; on connaît une dizaine de propriétés atomiques, mais nous nous contenterons de quelques exemples :

1° La masse est une propriété caractéristique de l'atome (*masse atomique*) ;

### La place des terres rares

Il y a dix-sept terres rares.

Pas une de plus, pas une de moins.

Nous verrons tout à l'heure pourquoi.

Toutes les mesures sérieuses de *masse atomique* sont l'œuvre de Georges Urbain il a, en outre, découvert l'élément qui porte le n° 71, le lutécium (1907); plus tard, en 1922, il caractérisa le n° 72, auquel il donna le nom de celtium et qui, en réalité, ne fait pas partie de la famille des terres rares.

Les lecteurs de *La Science et la Vie* savent

Eléments et numéros d'ordre	K		L			M			N				O					P						Q
	1 <sub>0</sub>	2 <sub>0</sub> 2 <sub>1</sub>	3 <sub>0</sub> 3 <sub>1</sub> 3 <sub>2</sub>	4 <sub>0</sub> 4 <sub>1</sub> 4 <sub>2</sub> 4 <sub>3</sub>	5 <sub>0</sub> 5 <sub>1</sub> 5 <sub>2</sub> 5 <sub>3</sub> 5 <sub>4</sub>	6 <sub>0</sub> 6 <sub>1</sub> 6 <sub>2</sub> 6 <sub>3</sub> 6 <sub>4</sub> 6 <sub>5</sub>	7 <sub>0</sub> ...																	
21. Scandium.....	2	2 6	2 6 1	2																				
39. Yttrium.....	2	2 6	2 6 10	2 6 1	2																			
57. Lanthane.....	2	2 6	2 6 10	2 6 10	2 6 1	2																		
58. Cérium.....	2	2 6	2 6 10	2 6 10 1	2 6 1	2																		
59. Praséodyme.....	2	2 6	2 6 10	2 6 10 2	2 6 1	2																		
60. Néodyme.....	2	2 6	2 6 10	2 6 10 3	2 6 1	2																		
61. Illinium (?).....	2	2 6	2 6 10	2 6 10 4	2 6 1	2																		
62. Samarium.....	2	2 6	2 6 10	2 6 10 5	2 6 1	2																		
63. Europium.....	2	2 6	2 6 10	2 6 10 6	2 6 1	2																		
64. Gadolinium.....	2	2 6	2 6 10	2 6 10 7	2 6 1	2																		
65. Terbium.....	2	2 6	2 6 10	2 6 10 8	2 6 1	2																		
66. Dysprosium.....	2	2 6	2 6 10	2 6 10 9	2 6 1	2																		
67. Holmium.....	2	2 6	2 6 10	2 6 10 10	2 6 1	2																		
68. Erbium.....	2	2 6	2 6 10	2 6 10 11	2 6 1	2																		
69. Thulium.....	2	2 6	2 6 10	2 6 10 12	2 6 1	2																		
70. Ytterbium.....	2	2 6	2 6 10	2 6 10 13	2 6 1	2																		
71. Lutécium.....	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 6 1	2																		

FIG. 5. — CONSTITUTION DES DIX-SEPT TERRES RARES

Le numéro d'ordre (à gauche du nom) est égal à la somme des nombres placés à droite. C'est par de telles considérations que la chimie devient une science exacte, participant à la rigueur de l'arithmétique.

2° Il en est de même pour la lumière émise par l'atome, quand on l'introduit dans un arc ou dans une étincelle, d'où l'importance de l'*analyse spectrale*, dont se servit souvent Georges Urbain ;

3° Les spectres de rayons X (émission et absorption) sont des propriétés atomiques, mises en évidence en 1913 par le jeune et regretté savant anglais Moseley ;

4° Dans certaines conditions, le magnétisme se conserve, et c'est pour cela que Georges Urbain y eut souvent recours ;

Etc., etc.

Ces prémisses étaient indispensables pour comprendre comment les terres rares — plus précisément : les éléments des terres rares — se sont intégrés dans le cadre de l'atomistique moderne, en lui apportant des renseignements de premier ordre.

que ce « numérotage » des éléments remonte à Dimitri Mendeleïeff (1834-1904).

La figure 1 évoque cette classification des quatre-vingt douze éléments naturels sous une forme particulièrement suggestive ; les éléments analogues y figurent dans diverses colonnes, que nous n'examinerons pas toutes (la perspective de cette sorte de « château fort » a été dessinée ici pour faire bien apparaître ce dont nous allons parler) :

1° Tout à gauche, on remarque la colonne des *gaz inertes* : hélium (n° 2), néon (n° 10), argon (n° 18), krypton (n° 36), xénon (n° 54), radon (n° 86). Beaucoup de ces corps ont des applications importantes ; nous verrons que les gaz inertes sont le pivot de la classification de Mendeleïeff (leur « valence » est zéro) ;

2° A côté, nous trouvons la colonne des

*métaux alcalins* : lithium (n° 3), sodium (n° 11), potassium (n° 19), rubidium (n° 37), césium (n° 55), alabame (?) (n° 87). Ces éléments se combinent, avec le chlore (n° 17), atome-à-atome ; on dit que leur « valence » est égale à un ;

3° On voit ensuite la colonne des *métaux alcalinoterreux* ; glucinium (n° 4), magnésium (n° 12), calcium (n° 20), strontium (n° 38), baryum (n° 56), radium (n° 88). Ce n'est plus un, mais deux atomes de chlore que chaque atome alcalinoterreux est capable de fixer ; on dit que la valence des alcalinoterreux est égale à deux ;

4° La quatrième colonne ne commence qu'au n° 21 ; elle comprend le 39 et tous les n°s de 57 à 71 : il a fallu prolonger le château fort par un « pont-levis » pour les loger tous ; c'est précisément la famille des dix-sept terres rares. Comme on pouvait s'y attendre d'après ce qui précède, ces dix-sept éléments sont tels que chacun de leurs atomes se combine à trois atomes de chlore : les éléments des terres rares sont trivalents.

### La structure des terres rares

Nous avons rappelé récemment (1) que tous les atomes comportent, en leur centre, un minuscule *noyau*, environné par un « nuage d'électrons » et que la population de ce nuage est comprise entre un seul électron (hydrogène, n° 1) et quatre-vingt douze électrons (uranium, n° 92).

Les nuages d'électrons ne peuvent être convenablement décrits que par des équations mathématiques extraordinairement compliquées, qui appliquent les principes de la nouvelle *mécanique ondulatoire*. Mais on peut s'en faire une idée approximative, en s'inspirant de la théorie de Niels Bohr (1913), qui reste valable, à la condition de ne pas la prendre au pied de la lettre.

Nous avons dû renoncer à représenter un atome de terre rare, comme le cérium (n° 58), mais le lecteur en comprendra tout de même la structure, en faisant appel à son imagination. Nos figures 2, 3 et 4 nous donnent une idée de ce qu'il y a autour d'un noyau de néon (n° 10) : il y a dix électrons, divisés en deux groupes, le niveau *K* (à deux électrons), le niveau *L* (à deux + six électrons).

Pour passer de là aux terres rares, il suffit d'admettre l'existence de niveaux (2) :

K L M N O P

lesquels se subdivisent, respectivement, en

1 2 3 4 5 6

sous-groupes. Ces niveaux, lorsqu'ils sont

*complets* (1), renferment respectivement :

2 8 18 32 50 72

électrons.

Ceci posé, nous donnons (fig. 5) les noms des dix-sept éléments des terres rares qui apparaissent sur la figure 1 ; et nous y joignons la constitution de leurs nuages électroniques, dont la « basse atmosphère » est indiquée par les figures 2, 3 et 4. Ce tableau appelle trois remarques essentielles :

1° Tous les éléments des terres rares ont la même constitution externe (par rapport au centre de l'atome, c'est-à-dire par rapport au noyau recouvert par le niveau *K*) : c'est pour cela que ces éléments sont très semblables, presque indiscernables ; c'est pour cela que tant de chimistes éminents n'avaient pu rien en tirer ; c'est pour cela qu'Urbain eut tant de peine à les isoler ;

2° A l'extérieur de sous-groupes compacts (à six électrons), tous les éléments des terres rares ont une périphérie de (un + deux) électrons *en l'air* : c'est pour cela que ces éléments ont tous la valence trois ;

3° Au lutécium (n° 71), le niveau *N* est complet avec ses 32 électrons. Puisque l'élément suivant, le celtium (n° 72), doit contenir un électron de plus, celui-ci se place en  $5_p$ , et c'est pour cela que le celtium n'est pas une terre rare. On comprend ainsi pourquoi il y a quinze terres rares entre le baryum (n° 56) et le celtium (n° 72).

Tels sont ces curieux éléments des terres rares, dont certains — comme le cérium — ont reçu d'intéressantes applications (alliages pyrophoriques, manchons à incandescence). Mais leur intérêt est surtout théorique. De cet angle, le gadolinium et le dysprosium sont aussi importants que le fer, le cuivre ou le plomb. Nous avons même laissé entendre que les terres rares ont fourni une documentation expérimentale de premier ordre, qui a beaucoup facilité l'étude de la structure de la matière.

Et nous concluons en ces termes avec le savant autrichien Arthur Haas : « Les progrès de ces dernières années ont été tels que, dans le nombre prodigieux des expériences qui concernent les nuages d'électrons, *il n'en reste plus une seule* qui présente une énigme non résolue. Le développement de notre connaissance des atomes illustre magnifiquement cette vérité, que tout progrès de la pensée consiste, en dernière analyse, dans le passage graduel d'une connaissance simplement qualitative à une connaissance mathématique quantitative. »

MARCEL BOLL.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 429.

(2) A partir du numéro 87 se forme un niveau *Q*.

(1) Mais ils ne le sont pas toujours.

# TÉLÉPHONIE, TÉLÉSIGNALISATION, TELÉCOMMANDE PAR « ONDES PORTEUSES » SUR LES RÉSEAUX DE TRANSPORT D'ÉNERGIE

Par Charles BRACHET

*Le réseau français d'interconnexion comprend l'ensemble des lignes de transport à haute tension qui réunissent entre elles les usines productrices thermiques et hydrauliques et permettent des échanges massifs d'énergie entre les centres de production et de consommation. Aux nœuds essentiels de ce réseau, commandant en maîtres absolus les usines et postes placés sous leurs ordres, les « dispatchers » coordonnent les programmes de production des diverses centrales et font exécuter les manœuvres nécessaires pour adapter la production à la demande instantanée et parer aux incidents d'exploitation et aux pannes. Pour surveiller des ensembles aussi complexes, c'est-à-dire connaître à chaque instant la valeur de la tension et de la fréquence sur le réseau ainsi que les puissances fournies par les usines, pour pouvoir ensuite contrôler à distance les disjoncteurs et sectionneurs des principales sous-stations, et faire connaître ses ordres aux centres de production, le central-dispatching doit disposer d'un réseau de télécommunications se superposant étroitement au réseau de distribution. De plus en plus, on fait appel aujourd'hui dans ce but aux liaisons par « ondes porteuses » qui utilisent pour la propagation des courants de télécommunication les conducteurs des lignes d'énergie eux-mêmes, d'où une économie appréciable résultant de la suppression des circuits spéciaux. Cette technique nouvelle s'applique aussi bien à la téléphonie entre les postes, qu'à la protection des lignes à haute tension contre les court-circuits, à la télécommande des centrales et sous-stations, à la télésignalisation et à la télémesure de toutes les grandeurs électriques (tensions, courants, puissances, etc.), et enfin au télé réglage des turbines et des génératrices des centrales. Ainsi peut être assuré, dans un laps de temps minimum, le secours mutuel des usines ou groupes d'usines en cas d'incident. En service normal, l'étroite collaboration obtenue entre centrales thermiques et hydrauliques assure à chaque instant le maximum d'économie dans la production de l'énergie électrique destinée à couvrir les besoins de tout le territoire qu'intéresse l'interconnexion, territoire qui, en France, ne couvre pas moins de 400 000 kilomètres carrés.*

**E**N ces vingt dernières années, tous les réseaux électriques des grands pays sont devenus des organismes formant un ensemble cohérent que le système nerveux d'un être vivant.

Une étroite « interconnexion » s'est établie entre les centrales thermiques et les hydrauliques. Suivant les conditions de leur exploitation, les unes remplissent auprès des autres l'office de « volants » régulateurs. D'autre part, les centrales hydrauliques remplissent des rôles saisonniers complémentaires, suivant que leurs réserves d'énergie sont : la houille blanche des glaciers, surabondante en été, ou les pluies hivernales des plateaux accumulées dans des barrages colossaux. L'ensemble grandiose d'un tel réseau, national, de distribution électrique exige, on le conçoit, un syn-

chronisme de fonctionnement parfaitement réglé. C'est pourquoi, toutes les usines productrices ont adopté la même fréquence de courant alternatif : 50 périodes/s.

Mais le synchronisme de fonctionnement entraîne encore la nécessité d'un ajustement quantitatif, permanent, aussi étroit que possible, exigeant le contrôle de la répartition et de la circulation de l'énergie sur toutes les artères du réseau. C'est la méthode du *dispatching* qui assure cet ajustement (1).

Le *dispatching* s'effectue par transmissions d'ordres de marche aux diverses usines à partir de postes centraux qui peuvent être considérés comme les « ganglions » du réseau, toujours par assimilation à un système nerveux. Mais il s'agit, cette fois, de la fonction « sensorielle » du système —

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 188, page 137.

sa fonction « motrice » demeurant le transport de l'énergie proprement dite. Il faut que le « dispatcher » soit à la fois capable de donner des *ordres* à toutes les centrales, et de recevoir de toutes les centrales les *renseignements utiles* préalables à ces ordres.

La *liaison téléphonique* est évidemment la première qui doive, dans ces conditions, être superposée au réseau d'énergie proprement dit, de centrale à centrale.

Mais encore, l'apport des renseignements techniques peut concerner la *mesure à distance* de toutes les grandeurs électriques concernant la situation aux divers centres du réseau — notamment la mesure des puissances échangées entre ces centres.

Le dispatcher peut encore avoir à *régler à distance* le fonctionnement des machines ; il doit pouvoir recevoir et donner certains « signaux ». La *télécommande* et la *télésignalisation* viennent superposer de la sorte leurs exigences à celle de la téléphonie.

Le *télé réglage* constitue, d'autre part, une télécommande spéciale qui s'impose pour agir à distance, non plus directement sur les machines et les disjoncteurs, mais sur les organes « régulateurs » de la vitesse des turbines par exemple.

Enfin, il y a lieu d'isoler, dans le plus bref délai, une ligne ou une machine subitement atteinte d'une défaillance. C'est le problème de la *protection sélective*. Cette protection doit s'effectuer quasi automatiquement au premier signal du danger. Et, ici, le danger ne peut être localisé d'avance.

Comment cet ensemble de problèmes a-t-il été résolu? Allait-on établir, parallèlement aux lignes de haute tension, un réseau supplémentaire de fils téléphoniques et, plus généralement, de conducteurs spéciaux pour les télémesures, les télécommandes, les télé réglages, la protection sélective ?

Heureusement, une merveilleuse technique, immédiatement dérivée de celle des ondes hertziennes, est venue répondre brillamment aux exigences que nous venons d'énumérer, en superposant toutes les fonctions de liaison précitées à la fonction même du transport d'énergie, *sur les mêmes conducteurs à haute tension*. C'est la technique générale des télécommunications sur *ondes porteuses*. On lance sur le réseau d'énergie autant d'ondes à *haute fréquence* qu'il est nécessaire : chacune équivaut à un « fil spécial ». L'une sert à téléphoner, une autre se charge des télémesures, une autre des télécommandes, une autre des télé réglages, une autre enfin de la protection sélective,

Le réseau canalise ces « ondes » — véritables ondes hertziennes *dirigées* — sans les brouiller le moins du monde, ni elles, ni les renseignements qui leur sont confiés.

### Le principe de l'« onde porteuse » sur ligne à haute tension

Que faut-il entendre par « onde porteuse » confiée à un câble conducteur? Rien de bien mystérieux : un *courant alternatif* exactement de même nature que tous les courants de ce genre. Seulement, le courant en question est, ici, de *haute fréquence*.

De par les lois les plus élémentaires qui régissent les courants alternatifs, deux courants de ce genre, *superposés* sur un même fil, se *composent* en un courant « résultant ». Mais cette composition ne modifie les caractères essentiels des courants composants que s'ils sont du même ordre de grandeur en *fréquence* d'abord et, ensuite, en *intensité*. Il est donc évident que la *très basse fréquence* (50 périodes/s) adoptée par le réseau de transport d'énergie ne saurait affecter de manière sensible un second courant alternatif de *très haute fréquence* (50 000 à 280 000 périodes/s) confié au même conducteur.

Ce courant de haute fréquence superposé dans ces conditions correspond à une « longueur d'onde » de 1 500 à 6 000 m, tandis que le courant normal de 50 périodes/s correspond à une onde de 6 000 km, en admettant que l'électricité se propage, sur le conducteur, à *la vitesse de la lumière*, ce qui n'est qu'approximativement exact. Cette comparaison montre, sans entrer dans aucun détail théorique, combien les deux sortes d'ondes sont éloignées des conditions d'un trouble mutuel.

Supposons le courant de haute fréquence établi, on conçoit dès lors qu'il puisse être *modulé* en fréquence « téléphonique » suivant les mêmes procédés que met en œuvre la téléphonie sans fil.

Imaginons encore que plusieurs courants de haute fréquence soient confiés *simultanément* au conducteur ; si leur différence de fréquence est suffisante, ils pourront être modulés séparément avec autant de netteté que les ondes émises par deux stations hertziennes différentes, dont les émissions sont sélectionnées avec aisance par les postes récepteurs les plus courants.

Ainsi, chaque « onde porteuse » équivaut bien à un fil téléphonique idéal et distinct, superposé au câble porteur d'énergie.

Le problème technique est, maintenant, d'assurer *l'émission* et la *réception* des « ondes porteuses modulées » sur le câble.

### Le problème fondamental du « couplage »

Il est évident que le réseau d'énergie, dont la tension peut atteindre 220 kilovolts, ne peut être relié à l'émetteur d'ondes par un simple contact.

Une première idée, qui fut appliquée à l'origine, sera d'opérer par *induction* au moyen d'une « antenne » de longueur suffisante, disposée parallèlement à la ligne d'énergie. Ce mode de « couplage » exige une grande puissance d'émission et pêche par défaut de stabilité.

Il vaut mieux assurer le couplage par l'intermédiaire d'un *condensateur*.

Les liaisons entre postes étant toujours bilatérales, nous supposons les postes d'*émission* et de *réception* provisoirement confondus en un seul appareil. Leur montage ne

diffère pas, en principe, des *émetteurs* et *récepteurs* à lampes utilisés par la radio. Il suffit de les relier à l'un des trois câbles de la ligne (celle-ci consistant toujours aujourd'hui en un circuit *triphase*) au moyen de *condensateurs* offrant une « impédance » suffisante pour obvier à une dérivation importante du courant principal. C'est ainsi qu'en adoptant des condensateurs de 0,001 *microfarad*, le courant dérivé de la ligne à 50 périodes/s atteint à peine 4 *centièmes d'ampère*. Les appareils émetteurs-récepteurs sont naturellement à la *terre* dans ce cas (fig. 2).

Mais on peut aussi brancher les postes émetteurs-récepteurs entre *deux* câbles porteurs chacun d'une *phase* différente de la ligne d'énergie. C'est le « couplage entre phases »,

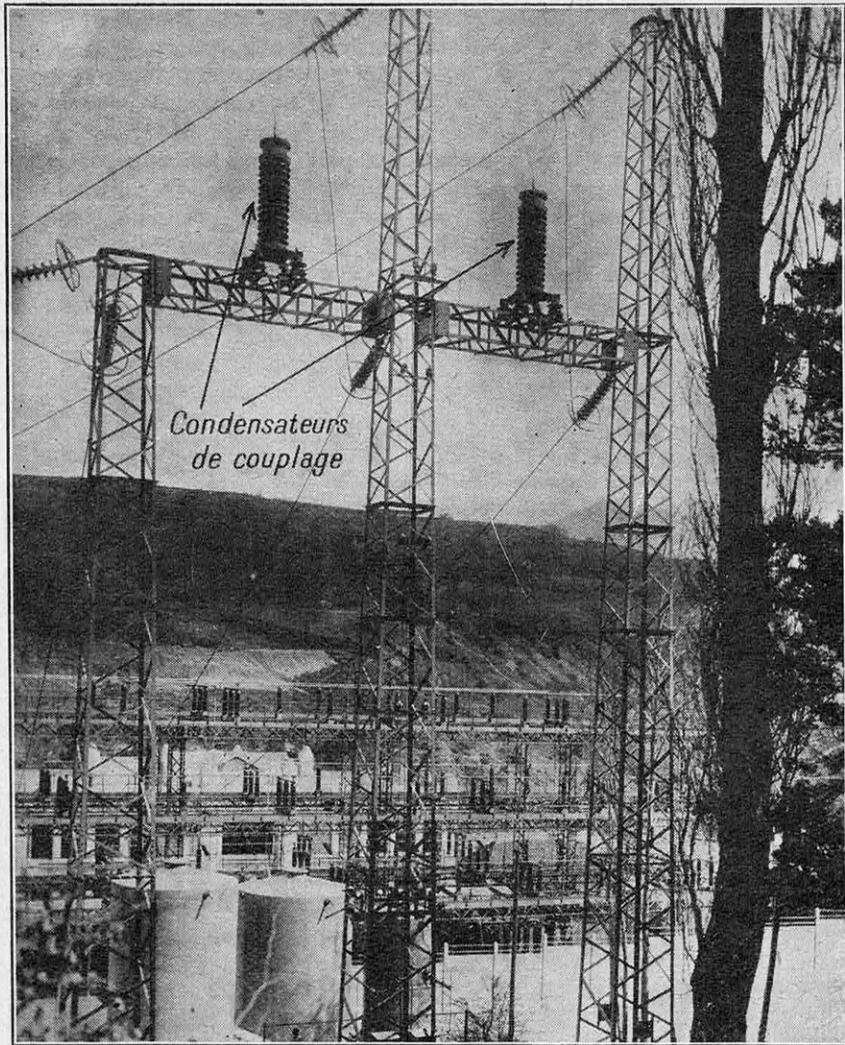


FIG. 1. — POSTE DE COUPLAGE ET D'ACCORD INSTALLÉ AU DÉPART DE LA LIGNE A 150 000 VOLTS DU BARRAGE DU SAUTET POUR LA TÉLÉPHONIE ET LA PROTECTION SÉLECTIVE PAR COURANTS PORTEURS

indiqué dans notre second schéma (fig. 3).

Ce montage théorique est encore trop simple. L'impédance du condensateur résulte à la fois de sa capacité électrostatique et de la résistance qu'il offre au passage du courant de haute fréquence. Il faut corriger l'effet de capacité par la compensation classique : une *bobine de self induction*. Cette bobine dite « bobine d'accord » est *réglable*. Le réglage de la self-induction de cette bobine permet d'atteindre un point où le système « condensateur-bobine » correspond à la *fréquence* de l'onde porteuse choisie.

D'autre part, lorsque l'accord se trouve réalisé au mieux, le système offre encore une « résistance » qui n'est pas annulée, car le courant de haute fréquence subit des

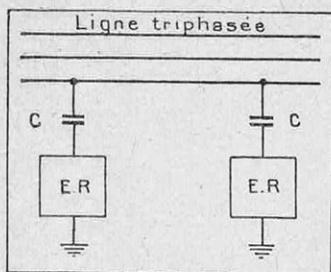


FIG. 2. — MONTAGE SIMPLIFIÉ DE DEUX POSTES ÉMETTEURS-RÉCEPTEURS (E. R.) SUR UNE PHASE

Les condensateurs C assurent le passage de l'onde porteuse et le barrage de toute dérivation importante d'énergie de la ligne.

« drainage », mise à la terre (fig. 4).

Les deux modes de couplage : a) entre une phase et la terre ; b) entre deux phases, offrent chacun leurs avantages et leurs inconvénients. Les techniciens adoptent l'un ou l'autre, suivant la nature du signal et la distance à parcourir.

### Le rôle des « filtres », des « circuits-bouchons » et des « ponts de passage »

Nous ne sommes pas au bout des obstacles à franchir, pour utiliser l'« onde porteuse » dirigée sur fil, avec la même aisance que l'onde hertzienne rayonnant dans l'espace.

Nous avons prévu la mise en jeu de plusieurs ondes porteuses simultanées, de fréquences différentes, sur le même circuit de haute tension. A l'émission comme à la réception, ces ondes doivent donc pouvoir être séparées, à volonté, sinon tous les signaux seraient confondus. La séparation des diverses ondes porteuses s'effectue au moyen de « filtres », c'est-à-dire de circuits oscillants strictement « accordés » avec l'onde qu'il s'agit de laisser passer, à l'exclusion des autres. Les filtres sont des circuits de « résonance ».

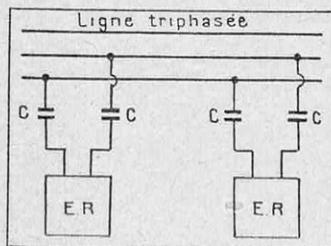


FIG. 3. — MONTAGE SIMPLIFIÉ DE DEUX POSTES ÉMETTEURS-RÉCEPTEURS ENTRE DEUX PHASES DE LA LIGNE TRIPHASÉE, SANS MISE À LA TERRE

perles à travers le diélectrique du condensateur, lequel n'est jamais parfait. Il faut, d'autre part, « drainer » le faible courant dérivé à la fréquence 50 pour éviter qu'il ne traverse le poste émetteur-récepteur. C'est l'office d'une seconde bobine dite de

ment à un secteur déterminé, afin d'éviter que l'énergie haute fréquence dépensée ne se perde inutilement au delà de ces limites. C'est le contraire d'un filtre qu'il faut donc installer aux points choisis comme limites, c'est-à-dire un « bouchon ». Le « circuit-bouchon » est, encore, un circuit oscillant « accordé » sur une fréquence déterminée, mais de telle manière que la résistance offerte au passage de l'onde atteigne une valeur maximum d'arrêt, quand l'accord est réalisé. Les bouchons sont des circuits « d'antirésonance ». Il faut placer des circuits-bouchons dans toutes les dérivations prises sur la ligne d'énergie. Dans le cas où la ligne se ferme sur elle-même, un circuit-bouchon est indispensable afin que l'onde porteuse n'entre pas en « interférence » avec elle-même.

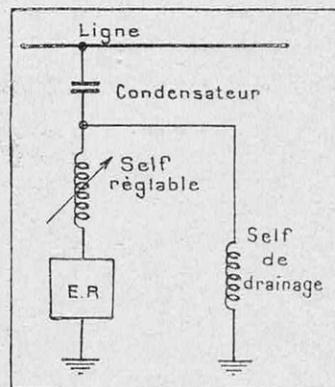


FIG. 4. — DÉTAIL DU MONTAGE D'UN POSTE ÉMETTEUR-RÉCEPTEUR SUR UNE LIGNE DE TRANSPORT D'ÉNERGIE

Ce montage montre le dispositif d'accord qui est nécessaire pour le bon couplage de l'émetteur-récepteur. A droite, la bobine chargée de drainer l'énergie dérivée provenant de la ligne.

Autre chose. La télétransmission n'intéresse qu'une partie du réseau général. Il faut donc pouvoir limiter son chemine-

Voici enfin un troisième problème. Il se peut qu'on ait à couper le courant principal, c'est-à-dire à ouvrir le circuit de la ligne, et qu'on désire néanmoins conserver la liaison de l'onde porteuse. A chaque disjoncteur susceptible d'opérer de telles coupures, il faut installer, en conséquence, des « ponts de passage » analogues à ces conducteurs qui assurent le contact entre les extrémités non jointives d'un rail (au niveau des éclisses) sur une voie électrifiée de chemin de fer.

Mais le « pont de passage » doit laisser passer l'onde tout en barrant le chemin au courant principal : le contraire du « circuit-bouchon » dont nous venons de parler. Le problème est alors d'offrir au courant principal une résistance suffisante, sans que cette résistance s'oppose au passage du courant de haute fréquence. La figure 6 indique le dispositif adopté : on s'en tire, ici encore, au moyen de condensateurs combinés avec des dispositifs d'accord,

### Le subtil obstacle de l'« atténuation » dans la transmission des signaux

Nous possédons maintenant l'essentiel des dispositifs qui vont permettre d'utiliser les ondes de fréquence hertzienne confiées au réseau d'énergie à haute tension.

Nous avons volontairement passé sous silence, comme une description superflue pour nos lecteurs, les procédés d'émission et de réception qui sont identiques à ceux

La puissance de l'onde porteuse s'amortit le long du fil en fonction de la distance parcourue et d'une certaine valeur caractéristique de la ligne, valeur dite « constante d'atténuation ». La loi qui régit cet amortissement est *très simple*, mais elle ne peut s'exprimer par une simple « proportion ». C'est une loi « logarithmique ». *Il s'ensuit que l'amortissement est très rapide.*

Comme, d'autre part, l'audition téléphonique est soumise, de par les lois natu-

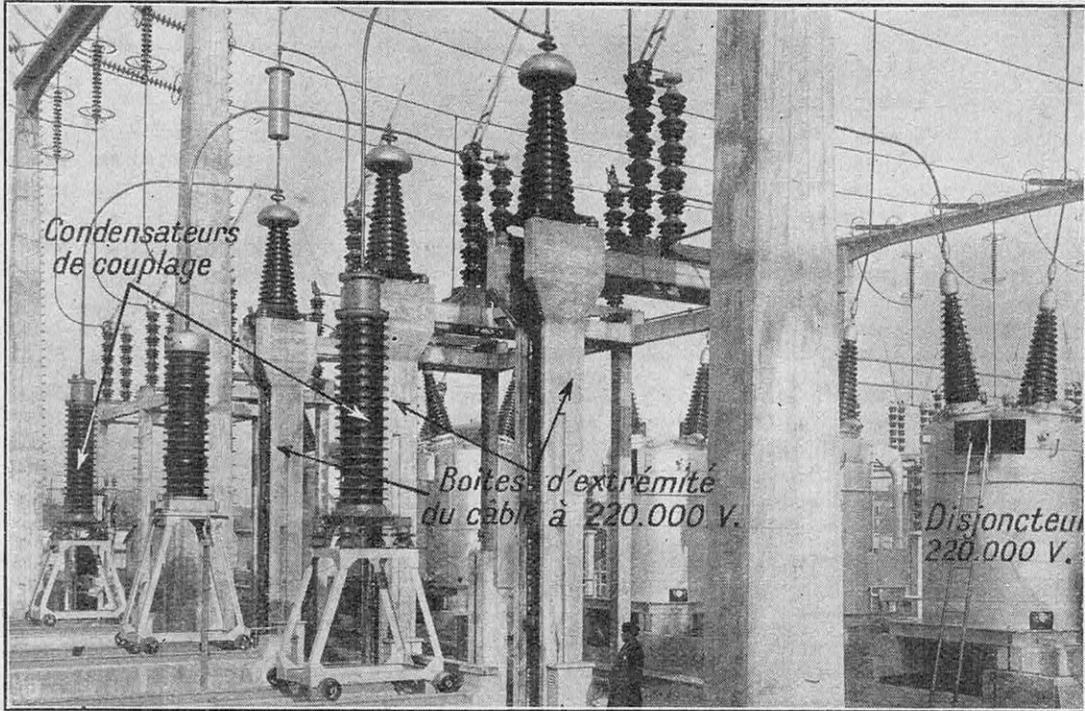


FIG. 5. — ARRIVÉE AU POSTE AMPÈRE, A SAINT-DENIS (SEINE), DU CÂBLE A 220 000 VOLTS APPORTANT L'ÉNERGIE DU RHIN ET DES ALPES

On voit les condensateurs de couplage permettant l'envoi de courants de haute fréquence sur la table, en vue de la téléphonie et de la protection sélective par ondes porteuses.

qu'utilise la T. S. F. Mais on pense bien que, pour téléphoner par exemple, sur nos ondes porteuses dirigées, il va falloir examiner très spécialement le problème des *parasites*, et celui de l'*amplification* : un réseau d'énergie en travail perpétuel n'a pas la pureté de l'espace déjà si sensible au voisinage des appareils d'utilisation d'un tel réseau. Mais le problème central est celui de l'« atténuation » de la *puissance* de l'onde porteuse, dans sa *progression le long de la ligne* — à une vitesse voisine de celle de la lumière.

Autrement dit, il s'agit de connaître la déperdition d'énergie due à la progression de l'onde de haute fréquence à travers le conducteur du réseau de transport d'énergie.

relles de la *sensibilité* de l'oreille, à une atténuation qui se mesure également par une fonction logarithmique de l'énergie sonore, les praticiens ont adopté, comme *mesure la plus naturelle* de l'atténuation d'un signal téléphonique, non pas le rapport des intensités (ou des puissances) du signal, mais son « logarithme », précisément représenté par les données que nous venons de signaler : *constante d'atténuation* et *distance parcourue*. Ainsi, la sensation auditive et les mesures de l'ingénieur téléphoniste se trouvent placées sur le même plan.

L'*unité d'atténuation*, ainsi conçue, se nomme le *neper*. On utilise également le *bel*, et son sous-multiple, le *décibel*.

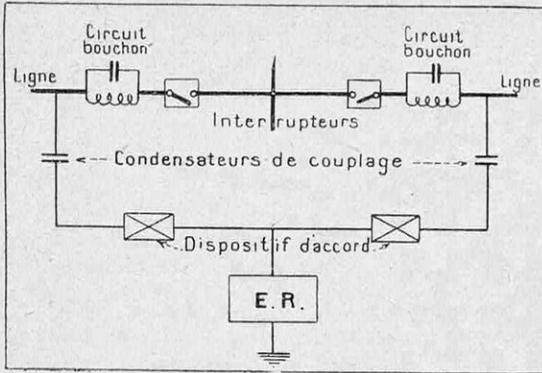


FIG. 6. — MONTAGE D'UN « PONT DE PASSAGE » ENTRE LES DEUX SECTIONS D'UNE LIGNE SUSCEPTIBLE D'INTERRUPTION

Or, la lutte contre l'atténuation résume tout l'effort des techniciens dans les courants de haute fréquence. Comme l'amortissement varie en raison géométrique de l'atténuation, ce fait indique à quel point les moindres gains obtenus dans le perfectionnement des lignes retentit sur leur rendement.

Le signal *atténué* dont on dispose à la réception peut, sans doute, et doit être *amplifié*. Mais les possibilités d'amplification, par les procédés courants de la radio, sont limitées par les *parasites* de la ligne. L'expérience montre que pour obtenir une audition convenable, l'intensité *non amplifiée* du signal à la réception doit égaler au moins *cent fois* l'intensité des parasites.

Il faut donc *émettre* une puissance très élevée en haute fréquence. Mais alors, en raison même de ce que nous avons dit, si, par exemple, on émet 10 watts pour faire face à une atténuation de 4 *nepers*, le calcul montre que 20 watts ne feront reculer l'atténuation que de 0,35 *nepers*. Autre exemple, en distance, cette fois : si l'atténuation de 4 *nepers* est relative à 200 km de ligne, le doublement de la puissance ne permet d'augmenter la distance de transmission que de 35 km.

Dans la pratique actuelle, on réalise des ensembles « émetteurs-récepteurs » qui permettent de faire face à des atténuations de 6 à 7 *nepers* (50 à 60 décibels) sur lesquels on n'utilise que 4 à 4,5 *nepers*.

En définitive, la portée maximum de la signalisation sur ondes porteuses dépend d'un grand nombre de facteurs : atténuation en ligne, atténuation dans les condensateurs, les dispositifs d'accord, les ponts de passage, les postes émetteurs-récepteurs. Il faut ajouter en outre que l'atténuation croît rapidement avec la fréquence.

L'accroissement de portée ne peut dès lors s'obtenir que par des « retransmissions » au moyen de *relais* installés par sections de ligne. Et ce « perfectionnement » ajoute un nouvel élément à tous les impedimenta dont nous avons vu que s'encombre la technique des ondes porteuses dirigées.

### La téléphonie « bi-ondes » et la téléphonie « mono-onde »

Il nous reste à dire un mot des différents systèmes utilisés.

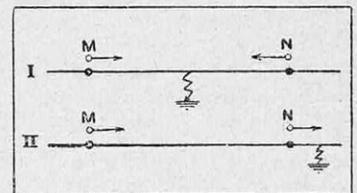
De même que la téléphonie ordinaire peut s'effectuer sur un fil ou sur deux, de même on peut faire de la téléphonie « bi-ondes » ou « mono-onde ».

Dans le système qui utilise deux ondes porteuses différentes, chacune des deux ondes est réservée au service de l'un de deux interlocuteurs. C'est très bien quand on ne veut lier que deux postes. Mais le procédé devient plus complexe dès qu'il s'agit d'établir des communications téléphoniques entre plus de deux postes.

La téléphonie « mono-onde » est plus logique. Une seule onde reçoit les demandes et les réponses de la conversation téléphonique. Dans ces conditions, un système de commutation entre en jeu qui empêche chacun des postes reliés d'émettre et de recevoir simultanément. Chaque interlocuteur « coupe » l'autre par un simple bouton lorsqu'il veut lui-même parler. C'est la téléphonie *mono-onde simplex*.

La téléphonie *mono-onde duplex* fait mieux : le blocage de l'interlocuteur qui ne parle pas s'effectue automatiquement par l'émission même de la voix qui parle. Que tous les deux parlent à la fois et plus rien ne va. Et le système se met en branle, naturellement, à chaque syllabe prononcée. En sorte

FIG. 7. — LES DEUX CAS D'ACCIDENTS SÉLECTIONNÉS AUTOMATIQUÉMENT PAR L'ONDE PORTEUSE



AFFECTÉE A LA PROTECTION DES LIGNES

Dans le cas I, l'énergie aux extrémités M et N de la section s'écoule vers l'intérieur où s'est produit l'accident. Dans le cas II, l'accident s'étant produit en dehors de la section, l'énergie s'écoule dans le même sens en M et N. En conséquence, l'onde porteuse déclenchée dans le cas II verrouille les disjoncteurs qui n'ont pas à fonctionner, tandis que, dans le cas I, l'onde porteuse ne joue pas et les disjoncteurs fonctionnent comme c'est nécessaire.

que le délai de commande automatique n'étant pas nul, il faut des dispositifs spéciaux pour donner au téléphone le temps d'attaquer la modulation de l'onde porteuse.

### La protection sélective des lignes

N'ayant pas l'intention de traiter ici, dans ses détails, la technique des ondes porteuses dirigées, nous n'entreprendrons pas la description des services spéciaux de télécommande, de télémessure, de téléajustage qu'elle comporte. La commande de relais ou l'enregistrement de signaux par des impulsions confiées à une onde porteuse est moins délicate que la téléphonie.

Il faut cependant signaler à part l'un des services les plus précieux que les ondes porteuses rendent aux lignes à haute tension : « la protection sélective », mise au point par un éminent ingénieur français, M. Fallou. Supposons qu'il vienne à se produire un défaut (court-circuit, etc.), aussitôt le sens de l'écoulement de l'énergie se trouve modifié par l'accident. C'est par la connaissance de ce sens d'écoulement de l'énergie aux deux extrémités de la ligne que le défaut se trouve « situé » : si celui-ci est intérieur à la ligne, l'énergie se dirige vers l'intérieur de la ligne, à partir de ses extrémités. Si le défaut est extérieur à la section, l'énergie est dirigée d'une part vers l'intérieur, d'autre part vers l'extérieur de la section. Ce sont ces différents cas que l'onde porteuse signale automatiquement en se déclenchant dès que l'une des puissances se dirige vers l'extérieur.

L'onde porteuse, par le moyen de relais,

bloque les interrupteurs. Dans les autres cas, la liaison par onde ne s'établit pas et les interrupteurs de protection peuvent déclencher.

Dans ces conditions, la section ne risque pas d'être immobilisée sans raison quand l'accident lui est extérieur.

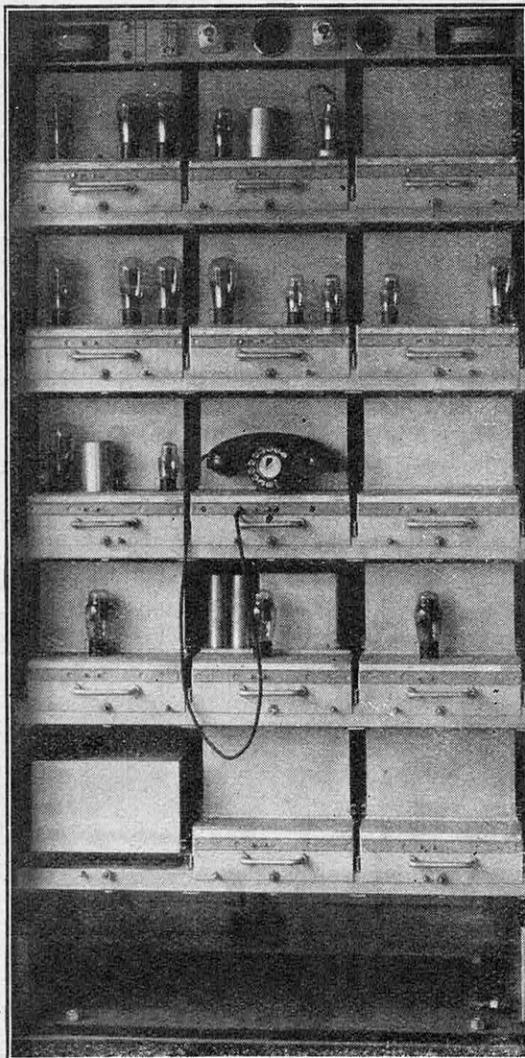


FIG. 8. — POSTE ÉMETTEUR-RÉCEPTEUR POUR TÉLÉPHONIE ET PROTECTION SÉLECTIVE DES RÉSEAUX PAR COURANTS PORTEURS

### Peut-on généraliser la télétransmission des signaux sur les réseaux d'énergie ?

Le bref aperçu que nous venons de donner permet d'entrevoir combien est délicate l'application des courants de haute fréquence à la télétransmission sur conducteurs. Et pourtant toute la diffusion de la télévision est suspendue à cette technique — avec une aggravation énorme : ce ne sont plus des kilohertz qui mesurent les fréquences exigées dans ce cas, mais des myriahertz et des mégahertz (millions de périodes par seconde). Or, nous l'avons dit, l'atténuation croît comme la fréquence. Ce sont donc seulement des câbles très spécialement étudiés qui peuvent seuls supporter les ondes porteuses de telles fréquences.

En l'état actuel, les « ondes porteuses » de haute fréquence peuvent-elles apporter aussi à domicile, par exemple par le secteur du quartier, des renseignements utiles,

d'ordre général ? Ce n'est pas impossible *a priori* ; déjà de très faibles impulsions, lancées dans le secteur à basse tension (1), peuvent actionner des signaux d'alarme. Et la synchronisation de la fréquence à 50 périodes équivaut, sur notre réseau, à un pendule de précision que les horlogers savent bien utiliser.

CHARLES BRACHET.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 218, page 103.

# VOICI LES MÉTHODES MODERNES D'ANALYSE PAR « VISUALISATION » DES PHÉNOMÈNES AÉRODYNAMIQUES

Par Henry GIRERD  
DOCTEUR ÈS SCIENCES

*Les phénomènes qu'étudie la mécanique des fluides, hydraulique ou aérodynamique, présentent une extrême complexité. Pour mettre en évidence les trajectoires des particules liquides ou gazeuses en mouvement relatif autour d'un obstacle solide, un certain nombre de méthodes ont été élaborées qui permettent soit d'observer directement à l'œil nu la forme et la répartition des filets fluides, soit, lorsque leurs variations sont trop rapides, de les photographier ou de les cinématographier. Ainsi a-t-on pu matérialiser en quelque sorte la distribution du courant d'air relatif autour d'une aile d'avion, expliquer par le décollement des filets d'air la diminution brusque de portance aux grandes incidences qui provoque la perte de vitesse, étudier la formation des tourbillons marginaux au bord des ailes, déterminer la forme la plus rationnelle des raccords aile-fuselage, tracer les « spectres aérodynamiques » des hélices, etc. L'ingéniosité des expérimentateurs permet par ces procédés de « visualisation » de vérifier et souvent de corriger les calculs des théoriciens de la mécanique des fluides, en même temps qu'elle fournit à l'ingénieur praticien des indications très précieuses en mettant à sa disposition des présentations graphiques précises des phénomènes aérodynamiques les plus rapidement variables, phénomènes dont il ne pouvait jusqu'ici qu'observer les effets indirects et confus.*

**L**ES physiciens qui se sont spécialisés dans l'étude des écoulements fluides ont cherché à mettre en évidence les mouvements mêmes des particules du fluide étudié. Depuis Marey, dont il faut encore citer le nom au début de cet article, très nombreux sont ceux qui ont mis au point des méthodes de « visualisation » ou de « révélation » de ces mouvements. Il faut entendre par ces termes la mise en évidence des lignes de courants ou des lignes de trajectoires d'un fluide en mouvement.

Cette « visualisation » présente un double intérêt : d'une part, devant des phénomènes aussi complexes que ceux de la mécanique des fluides, il semble, et ce n'est pas une vaine illusion, que la vue précise des phénomènes aidera à les comprendre et fera penser aux schématisations mathématiques nécessaires à leur mise en équation ; d'autre part, les équations mathématiques permettent bien souvent de tracer les trajectoires elles-mêmes et il importe de vérifier que l'écoulement réel est bien conforme à sa représentation graphique.

## La visualisation des écoulements liquides

Un des premiers soucis (1) des expérimentateurs fut de chercher à se rendre compte

(1) Nous cherchons à exposer l'ensemble des problèmes sans suivre l'ordre chronologique rigoureux.

pourquoi une aile d'avion présentait un maximum de portance alors que la théorie de Joukowski indiquait que la portance était une fonction croissante de l'incidence. La cuve à eau de MM. Toussaint et Carafoli a permis de préciser les mouvements d'un fluide autour d'un profil d'aile.

MM. Toussaint, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, directeur de l'Institut Aérotechnique de Saint-Cyr, et Carafoli, professeur à la Faculté des Sciences de Bucarest, ont mis au point un tunnel hydrodynamique utilisant le principe suivant : une cuve métallique rectangulaire d'environ 1 m de long sur 60 cm de largeur et de hauteur est remplie d'eau calme (fig. 1). Elle peut se vider par un tube situé à sa partie inférieure et dont l'ouverture est commandée par un robinet. L'eau, pour atteindre ce tube de sortie, est obligée de traverser un canal rectangulaire constitué par deux glaces sans tain, planes et horizontales, situées à quelques millimètres l'une de l'autre. Le canal est limité latéralement par les cales assurant l'écartement des glaces. Le canal a donc une section rectangulaire de 10 mm sur 300 mm par exemple. L'entrée du canal est réalisée en forme de convergent par des pièces de verre ou de métal convenablement étudiées pour éviter la formation de remous nuisibles. Entre les deux lèvres

de ce convergent se trouve disposé un émetteur de colorant constitué par un tube convenablement caréné et percé d'un nombre suffisant de trous de quelques dixièmes de millimètres de diamètre.

Cet émetteur est alimenté à ses deux extrémités par un réservoir en charge contenant une solution colorée d'un produit donnant une teinte suffisamment foncée aux filets fluides, et assez peu soluble dans l'eau pour ne pas se diluer trop rapidement.

Entre les deux glaces, avant le remplissage de la cuve, on dispose le modèle à étudier et on attend suffisamment longtemps après le remplissage pour que la masse d'eau soit complètement calme.

Le fond de la cuve est constitué par une vitre que l'on peut éclairer violemment, soit par une source continue constituée par des lampes à incandescence, soit, pour d'autres expériences, par un tube au néon dans lequel, à l'aide des dispositifs Seguin, on peut provoquer des étincelles extrêmement courtes, inférieures au millionième de seconde (1).

Il est possible alors, soit d'observer le phénomène à l'œil nu, soit, mieux, de le photographier ou de le

cinématographier. On obtient ainsi les lignes de courant autour du modèle expérimenté. Les photographies reproduites montrent qu'il est possible de se rendre compte de l'effet de la variation d'incidence d'une aile sur le courant relatif. Aux faibles incidences les lignes de courant contournent le profil sans décollement d'extrados appréciable, alors que pour un braquage important les filets décollent de l'extrados et forment un sillage tourbillonnaire important (fig. 2 et 3).

Il était ainsi démontré que le maximum de portance constaté expérimentalement provenait d'un phénomène que ne prévoyait pas la théorie, le décollement des

filets fluides à une certaine incidence de l'aile dans le courant d'air.

Les expérimentateurs cherchèrent donc à supprimer ce décollement des filets fluides sur l'extrados de l'aile. Ce fut la création des ailes à fentes destinées à diminuer l'importance de ce sillage (fig. 4 et 5).

On a cherché en somme à faire « coller » les filets à l'extrados du profil. Ceci peut s'obtenir soit en créant des fentes dans le profil, soit en aspirant la couche limite, soit en soufflant cette couche

dans une direction convenable.

La représentation de cette aspiration ou ce soufflage peuvent se réaliser aisément à la cuve à eau en utilisant un modèle creux muni d'une tubulure traversant la plaque de verre formant la paroi supérieure du tunnel. Par cette tubulure, on aspire ou on refole de l'eau qui, passant par des fentes convenablement aménagées dans le modèle, crée le phénomène cherché.

Les applications de la cuve à eau Toussaint-Carafoli sont multiples, et les images qu'elle fournit permettent de mieux comprendre les phénomènes si complexes de l'aérodynamique. L'influence de l'éclairage est considérable

et l'aspect d'un phénomène est tout différent, suivant qu'il est observé en éclairage continu ou au contraire en éclairage instantané donné par le stroborama Seguin. Dans ce dernier cas, on peut enregistrer sur la plaque photographique des détails des phénomènes tourbillonnaires extrêmement intéressants en aval de l'obstacle.

Les idées données par la cuve à eau Toussaint-Carafoli s'étant révélées profitables, d'autres expérimentateurs ont cherché à mettre en évidence les mouvements du fluide, en particulier, à la surface libre de l'eau.

Il suffit de saupoudrer cette surface avec de la poudre de licopode ou d'aluminium

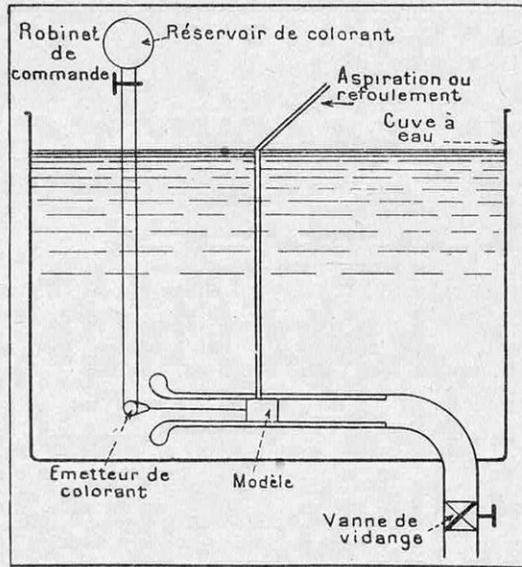


FIG. 1. — SCHÉMA DE LA CUVE A EAU DE MM. TOUSSAINT ET CARAFOLI

*Le modèle à étudier est placé dans un canal rectangulaire à parois de glace sans tain. Les lignes du courant d'eau autour du modèle sont rendues visibles par un colorant. La cuve étant éclairée par-dessous, on peut observer le phénomène et même le photographier en provoquant dans un tube au néon des étincelles extrêmement courtes de l'ordre de 1 millionième de seconde.*

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 259, page 62.

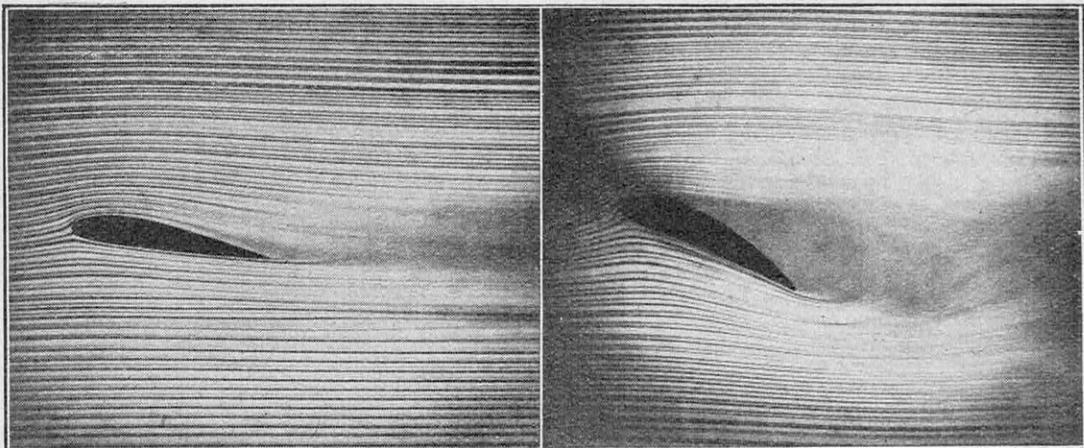


FIG. 2 ET 3. — FILETS FLUIDES AUTOUR D'UNE AILE D'AVION

*Aux faibles incidences (à gauche), les filets fluides suivent exactement le profil de l'aile. Si l'incidence croît (à droite), il y a décollement à l'extrados. Le sillage devient très important et il se forme des tourbillons alternés en arrière de l'aile. Le décollement des filets d'air diminue la portance.*

pour obtenir les « spectres » de l'écoulement autour de différents obstacles (fig. 6).

Le problème est plus complexe quand on cherche à étudier ce qui se passe au sein même du liquide et que les vitesses du liquide sont rapidement variables. On peut soit utiliser des particules solides de densité différente de celle de l'eau, comme l'a fait tout dernièrement M. Chartier dans un procédé de chronophotogrammétrie plane et stéréoscopique en se servant de poudre d'aluminium, soit utiliser des particules ayant la densité du liquide en mouvement. On a utilisé du lait condensé qui donne des filets continus qui ne se dissolvent qu'assez lentement dans la masse d'eau. Ces filets ont

l'inconvénient, s'ils donnent l'allure générale du phénomène, de ne pas permettre des mesures de vitesses.

Il est possible de réaliser des gouttes de liquide ayant la même densité que l'eau, et un indice de réfraction très différent. Ces gouttes, dont on peut régler la densité d'une façon très précise, sont alors rigoureusement entraînées par le fluide sans présenter aucun phénomène d'inertie.

Dans les cas où l'on peut travailler avec un liquide différent de l'eau et en petite quantité, la meilleure solution consiste à utiliser un mélange d'alcool et d'eau et à former des gouttelettes d'huile. Mais, si l'on désire utiliser l'eau comme fluide, il faut

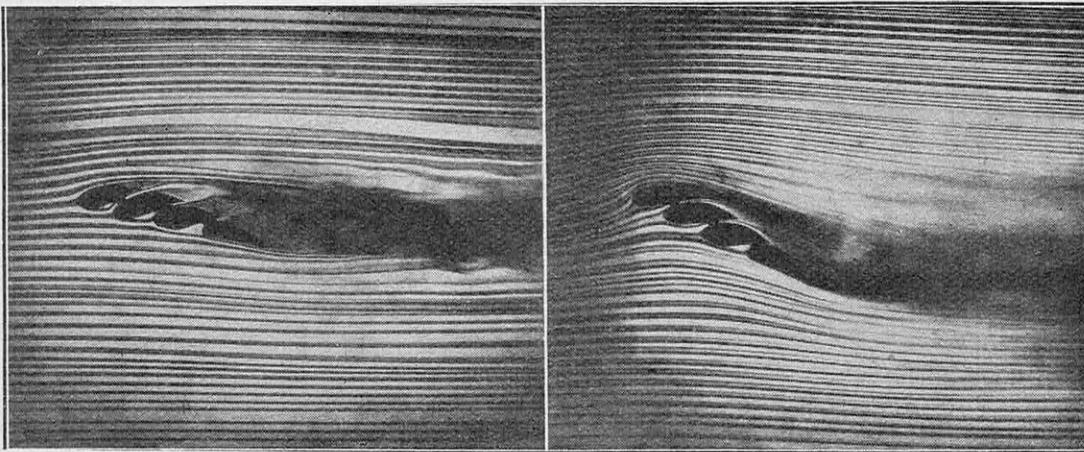


FIG. 4 ET 5. — FILETS FLUIDES AUTOUR D'UNE AILE D'AVION MUNIE DE FENTES

*A gauche, l'importance du sillage est plus grande, aux faibles incidences, qu'avec une aile ordinaire ; la traînée, ou résistance à l'avancement, est accrue. Par contre, aux grandes incidences (à droite), les fentes obligent les filets fluides à mieux « coller » sur l'extrados. Il y a « hypersustentation ».*

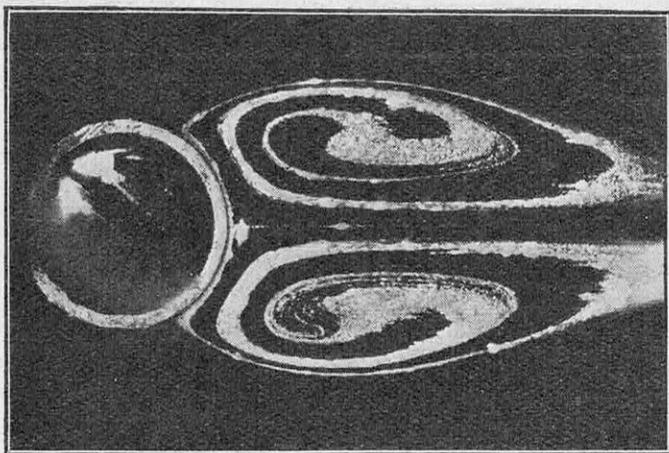


FIG. 6. — MATÉRIALISATION DE L'ÉCOULEMENT DE L'EAU PAR DES PARTICULES LÉGÈRES

*A très faible vitesse, un courant d'eau contourne l'obstacle. De la poudre de lycopode, de liège ou d'aluminium, permet de dessiner les « eaux mortes ». Quand la vitesse croît, apparaissent les tourbillons alternés de Bénard-Kármán.*

réaliser, comme Relf, un mélange d'huile et de nitrobenzène.

### La « visualisation » des écoulements gazeux

L'introduction de corps étrangers au sein du fluide à étudier est beaucoup plus compliquée quand il s'agit de « visualiser » les mouvements de l'air.

Les essais tentés en utilisant des poussières très fines ou des particules métalliques, oxydes

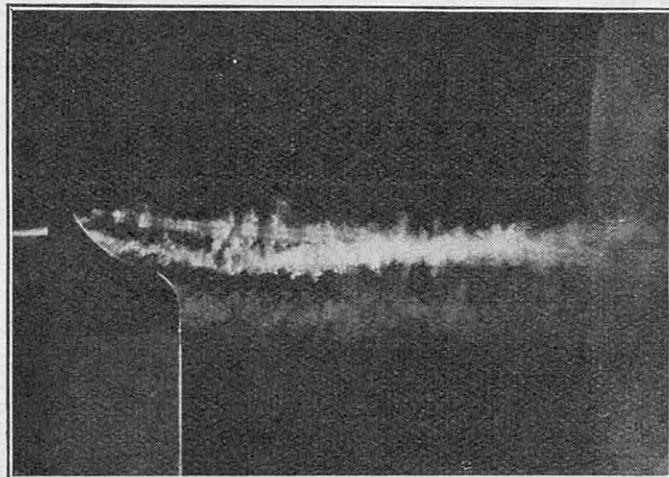


FIG. 7. — TOURBILLON MARGINAL D'UNE AILE D'AVION  
*L'aile est ici représentée en plan et le tourbillon marginal est rendu visible par des fumées de chlorhydrate d'ammoniac (Valensi).*

provenant de la combustion de métaux dans l'air, montrent qu'il n'est pas possible aux particules solides ainsi obtenues de suivre sans inertie les variations de vitesse de l'air.

La plupart des expérimentateurs ont utilisé des fumées ou des vapeurs. Je citerai après Marey, qui là encore fut un remarquable précurseur, Lafay, en 1912, et Piumatti, en 1911, qui réalisèrent des spectres aérodynamiques en utilisant un jet d'acétylène. La différence d'indice de réfraction entre le gaz acétylène et l'air permet de suivre aisément les variations d'orientation des lignes de courant.

Les fumées de tabac ont été utilisées par de nombreux expé-

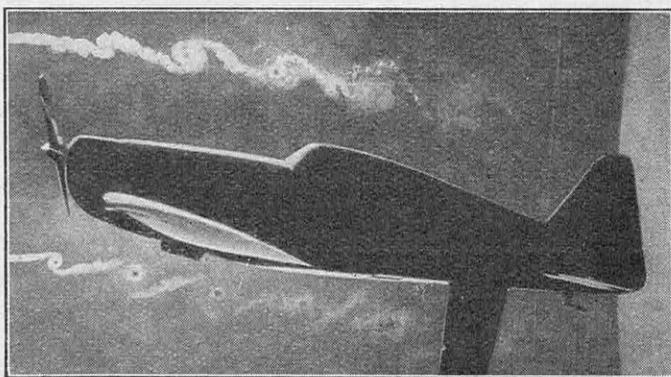


FIG. 8. — TOURBILLONS MARGINAUX D'UNE HÉLICE A DEUX PALES RENDUS VISIBLES PAR DE LA FUMÉE ET PHOTOGRAPHIÉS AU MILLIONIÈME DE SECONDE

*On remarque que les noyaux des spires sont plus rapprochés sur la ligne d'émission inférieure (sous le fuselage). Cela montre que les pales de l'hélice ont une traction plus élevée dans la partie supérieure de leur course, car la distance entre noyaux successifs mesure la vitesse moyenne de l'air à l'aval de l'hélice.*

rimentateurs parmi lesquels il faut citer le docteur Magnan, le docteur Perrilliat-Botonet, qui étudièrent ainsi l'écoulement de l'air autour d'un insecte.

J'ai déjà signalé (1), dans un article antérieur, qu'avec le docteur Perrilliat-Botonet j'avais,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 251, page 369.

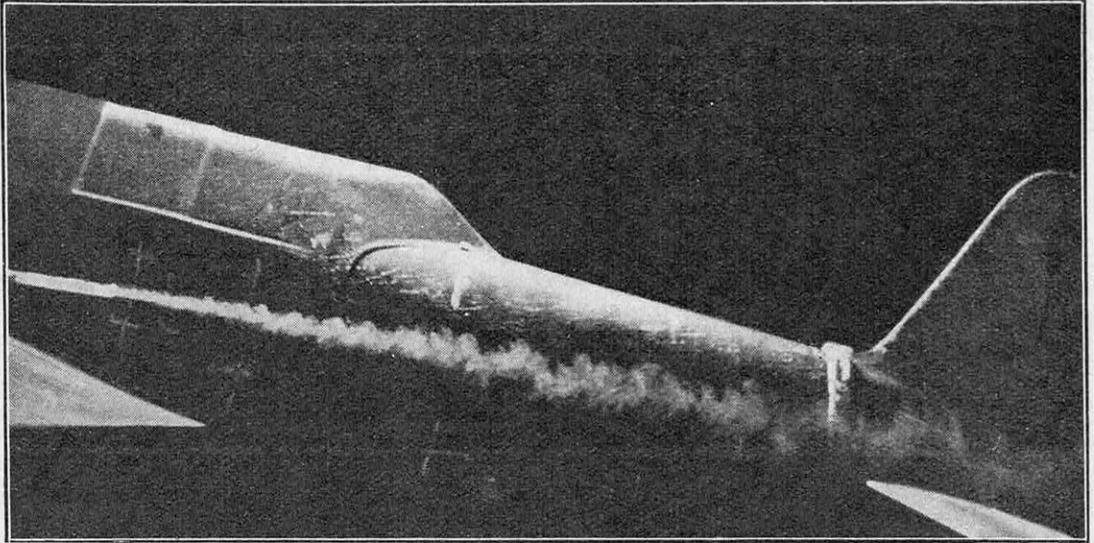


FIG. 9 — LA MÉTHODE DES FUMÉES PERMET ÉGALEMENT D'ÉTUДИER LA FORME OPTIMUM A DONNER AU RACCORDEMENT FUSELAGE-EMPENNAGE POUR RÉDUIRE AU MINIMUM DES TOURBILLONS ET ÉVITER LE DÉCOULEMENT DES FILETS D'AIR (VALENSI)

dans le laboratoire du docteur Magnan au Collège de France, utilisé des fumées de tabac pour étudier les mouvements de l'air autour d'un oiseau en vol et cinématographié ces mouvements dans trois directions perpendiculaires deux à deux.

La fumée de chlorhydrate d'ammoniac a été, par suite de sa grande opacité, utilisée par de nombreux expérimentateurs, parmi lesquels il faut citer M. Valensi, de l'Institut de Mécanique des Fluides de Marseille, qui a pu étudier le spectre aérodynamique d'une hélice et les phénomènes si complexes des tourbillons marginaux (provoqués par la limitation de l'envergure d'une aile ou les raccordements aile-fuselage, fig. 7).

Le même auteur préconise, dans le cas où la toxicité du chlorhydrate d'ammoniac

peut être gênante, l'utilisation des vapeurs émises par la neige carbonique s'évaporant à l'air libre. Ces vapeurs, très fortement chargées d'humidité, se prêtent parfaitement à l'observation.

Comme, en général, les mouvements à étudier sont beaucoup trop rapides pour être observés à l'œil nu, il est indispensable de les cinématographier ou de les photographier. Grâce au « stroborama » et aux étincelles ultra-courtes (moins d'un millionième de seconde), on a pu obtenir des photographies tout à fait remarquables (fig. 8).

Dans le cas de phénomènes périodiques, comme ceux qui se développent en aval d'une hélice, l'utilisation de méthodes stroboscopiques (1) permet de fixer le phéno-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 133, page 47.

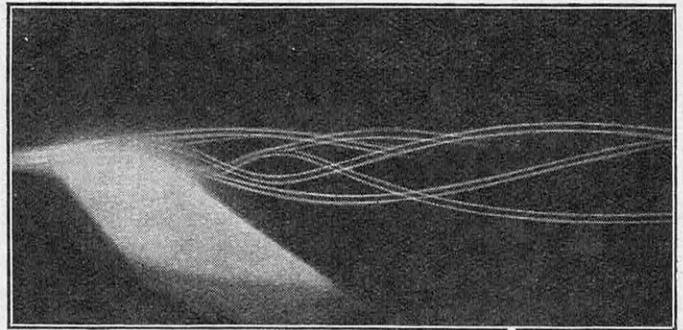
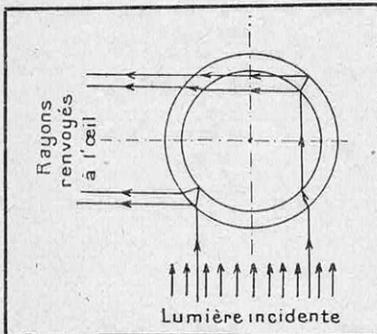


FIG. 10 ET 11. — MÉTHODE DES BULLES DE SAVON POUR LA DÉTERMINATION DES VITESSES DANS UN CHAMP AÉRODYNAMIQUE (REDON ET VINSONNEAU)

*A gauche, marche des rayons lumineux dans une bulle de savon éclairée par en bas et rendue lumineuse latéralement. A droite, visualisation d'un tourbillon marginal par cette méthode.*

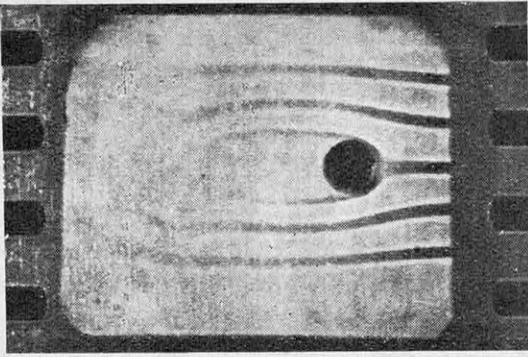


FIG. 12. — FILETS D'AIR CHAUD AUTOUR D'UN CYLINDRE, RENDUS VISIBLES PAR LEUR DIFFÉRENCE D'INDICE DE RÉFRACTION AVEC L'AIR AMBIANT (MARTINOT-LAGARDE)

mène ou de le faire se produire à une allure apparente suffisamment lente pour permettre une étude détaillée.

Enfin l'émission de bouffées de fumées permet, dans une certaine mesure, d'étudier la répartition de vitesses.

Pour pousser plus loin cette étude de la répartition des vitesses dans un champ aérodynamique, MM. Redon et Vinsonneau ont repris une méthode préconisée par Townend, qui utilisait des bulles de savon gonflées au gaz d'éclairage. M. Vinsonneau réalise des bulles de très faible diamètre qui sont très sensiblement de même densité que l'air, et il lui est possible non seulement de suivre ainsi leurs trajectoires mais, grâce à un éclairage par éclairs de très courte durée, de déterminer exactement les vitesses (fig. 11).

### L'aérodynamique de l'atmosphère

On ne peut abandonner un tel chapitre de l'aérodynamique expérimentale sans citer les remarquables travaux de M. Kampé de Fériet, professeur à la Faculté des Sciences de Lille et directeur de l'Institut de Mécanique des Fluides de Lille, qui a pu, en observant les nuages se former sur le mont Cervin, et en reproduisant les mêmes phénomènes à l'aide de fumées sur un modèle réduit en soufflerie, obtenir de saisissantes conclusions sur le si grave problème de la similitude en mécanique des fluides.

Cette incursion dans le domaine si particulier de l'aérodynamique qui traite des phénomènes relatifs à notre atmosphère, conduit à rappeler que les premiers essais de visualisation d'un courant d'air ont été conduits par les météorologistes qui, depuis fort longtemps, utilisent des ballons en équilibre dans l'atmosphère pour déterminer la direction du vent,

Si ces sondages sont, en général, destinés à une détermination moyenne de la vitesse du vent à différentes altitudes, certains expérimentateurs, comme MM. Huguenard, Magnan et Planiol (1), ont pu, en utilisant la cinématographie, déterminer avec précision la trajectoire d'un ballon parfaitement équilibré en air calme et mettre ainsi en évidence les ascendances dues à la présence d'obstacles : collines, maisons, falaises, dans le vent naturel.

Enfin il faut citer les remarquables enregistrements cinématographiques du regretté Idrac qui, en prenant une vue toutes les secondes ou toutes les dix secondes, d'une masse nuageuse, a pu mettre en évidence les mouvements si particuliers de cet océan aérien dont nous ne connaissons, en général, que le fond.

Il serait injuste enfin de ne pas citer ceux qui font de l'aérodynamique sans le savoir et qui apportent bien involontairement une contribution précieuse à l'observateur averti. Tout le monde connaît le phénomène, assez difficile à réaliser d'ailleurs, qui consiste à former des anneaux de fumées de tabac avec les lèvres. Tous les laboratoires de mécanique des fluides possèdent une « boîte

(1) Ce procédé d'étude cinématographique des courants atmosphériques a été repris par M. Kampé de Fériet.

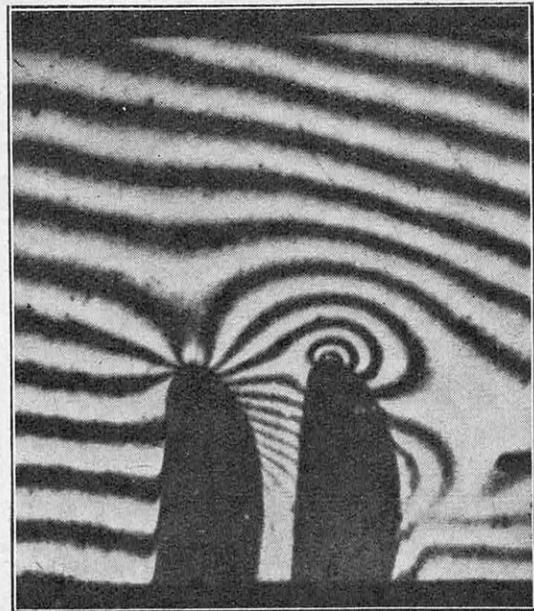


FIG. 13. — VISUALISATION DES VARIATIONS DE PRESSION AUTOUR D'UN OBSTACLE AUX VITESSES VOISINES DE CELLE DU SON

*Les lignes noires autour des ailes d'un biplan correspondent aux lignes de même pression et, par suite, de même vitesse (Sauton).*

à fumée », constituée par une boîte rectangulaire en bois ou en carton, dont une des faces est percée d'un trou et l'autre face est constituée d'une toile tendue. La boîte étant remplie de fumée de tabac, si on donne un choc sur la toile, on voit sortir un très bel anneau de fumée. Sans entrer ici dans la théorie d'un phénomène extrêmement curieux, signalons que si l'on émet successivement deux anneaux de fumée, le second rattrape le premier, le traverse, pour être ensuite rattrapé.

Par temps calme on peut assister sur la Seine — et j'en ai été personnellement le témoin le mardi 26 avril 1938, à 8 h 30 du matin, au viaduc d'Auteuil — au spectacle suivant : une péniche à moteur émet à une cadence de deux à trois par seconde des anneaux de fumées qui se livrent sans discontinuer à une course dont l'œil a peine à suivre les dernières péripéties, mais dont il saisit très bien les premières phases.

L'introduction de corps étrangers dans le fluide étudié a fait craindre à de nombreux chercheurs que cette introduction, si grandes que fussent les précautions prises, n'apportât des perturbations au phénomène lui-même.

Aussi, allons-nous passer en revue un

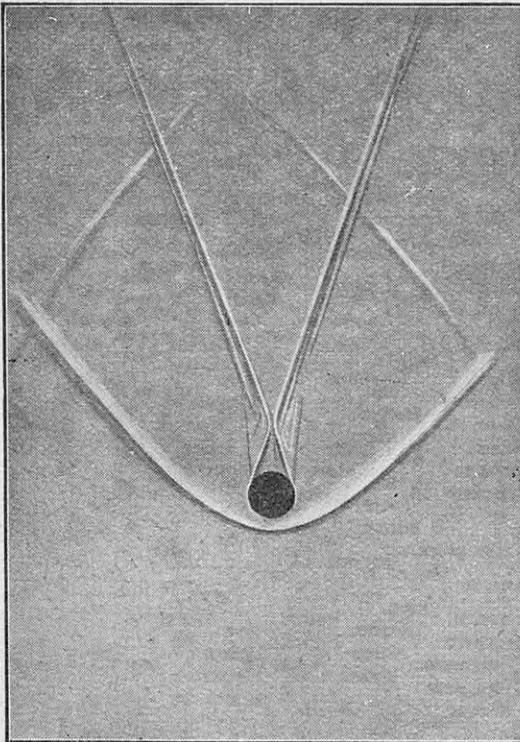


FIG. 14. — ONDES DE CHOC PRENANT NAISSANCE AUTOUR D'UN CYLINDRE PLACÉ DANS UN COURANT D'AIR A VITESSE SUPERSONIQUE

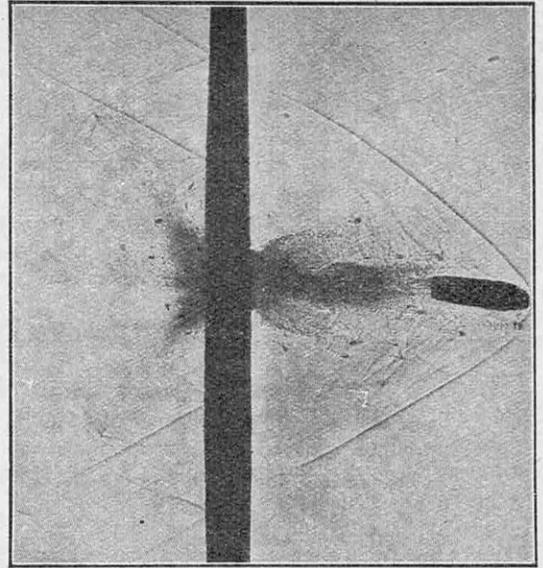


FIG. 15. — ONDES DE CHOC D'UNE BALLE DE FUSIL AVANT ET APRÈS LA PERFORATION D'UN BLINDAGE DE 3 MM

*L'onde de choc est d'autant plus ouverte que la vitesse est plus faible. La différence d'ouverture de cette onde, avant et après la perforation, permet de calculer la vitesse du projectile (680 m/s avant et 570 m/s après perforation).*

certain nombre de procédés dans lesquels on utilise les propriétés même du fluide pour déterminer les trajectoires.

### Comment on peut rendre visibles les mouvements des fluides gazeux sans adjonction de corps étrangers

Il semble que la première remarque faite à ce sujet le fut par sir Hiram Maxim, qui constata que les grands voiliers des Indes ne prennent leur essor que quand l'air est suffisamment chauffé par le sol pour s'élever. Les courants d'air chaud sont rendus visibles par le scintillement des objets éloignés.

En effet, l'indice de réfraction de l'air étant une fonction de la température, une colonne d'air chaud se manifeste par un scintillement caractéristique.

Pour permettre une précision plus importante dans les mesures, on a utilisé deux procédés. L'un consiste à éclairer très violemment le courant d'air chaud par une source ponctuelle et à étudier l'ombre portée sur un écran (1); l'autre utilise la méthode de Foucault pour la vérification des miroirs sphériques concaves.

(1) M. Lapresle, en particulier, a obtenu de très beaux spectres aérodynamiques par ce procédé qui a été repris par M. Martinot-Lagarde à l'Institut de Mécanique des Fluides de Lille,

On sait que si l'on éclaire un miroir sphérique concave avec une source ponctuelle et si l'on reçoit le faisceau réfléchi sur un écran qui n'est pas situé rigoureusement au point-image de la source, on obtient une plage lumineuse circulaire qui n'est uniforme que si le miroir est parfaitement sphérique. Tout défaut de sphéricité du miroir apparaît comme une tache et il est possible de rectifier ainsi par retouches locales le miroir étudié.

De même, si on introduit aux environs du miroir une variation de l'indice de l'air, cette variation sera amplifiée par le fait que les faisceaux lumineux seront réfractés deux fois et on observera sur l'écran une image du phénomène étudié.

Toute variation de l'indice de l'air peut être utilisée. L'indice de l'air est fonction, nous l'avons déjà dit, de la température. Il suffira de chauffer ou de refroidir l'air pour voir les filets d'air chauds s'élever devant le miroir ou les filets d'air froid descendre. Une très faible variation de température est suffisante et on constate qu'une main est une source de chaleur appréciable. De même un bloc de glace laisse descendre des effluves d'air froid.

L'introduction de gaz ou de vapeur dans l'air change aussi son indice de réfraction. Le chloroforme, l'éther, l'acétylène et la vapeur d'eau, pour ne citer que ceux-là, sont des gaz ou des vapeurs facilement maniables et permettant de mettre en évidence des phénomènes très particuliers. Comme exemple, je ne citerai que l'étude faite par le docteur Magnan au Collège de France, des phénomènes expiratoires dus à la parole. Le sujet expérimenté parle devant un miroir sphérique et sur l'écran on aperçoit très nettement le nuage formé par l'anhydride carbonique et la vapeur d'eau contenus dans l'air expiré.

La méthode de Foucault permet de mettre en évidence la très faible différence de réfraction qui existe entre l'air et les gaz que nous venons de citer. Il se trouve quelquefois des circonstances atmosphériques, froid humide, dans lesquelles la vapeur

d'eau se condensant donne un nuage qui permet de la même façon de suivre les variations des mouvements de l'air expiré.

Dans l'étude de certains phénomènes aérodynamiques où les variations de pressions sont très importantes, en particulier quand les vitesses sont supérieures à la vitesse du son, on peut observer directement ces variations d'indice de l'air. Ce phénomène, qui a été observé pour la première fois par Mach, a pu être étudié par de nombreux chercheurs qu'il serait trop long d'énumérer. Nous signalerons simplement que, soit en utilisant des phénomènes d'interférences, soit en projetant à l'aide d'une source lumineuse ponctuelle l'ombre de l'onde de choc sur un écran, il est possible d'obtenir des photographies.

En particulier, l'utilisation d'étincelles de très courtes durées, de l'ordre du milliardième de seconde, a permis au colonel Libessart et aux frères Seguin, les créateurs du « Stroborama » et les éminents spécialistes des photographies effectuées à un temps de pose inférieur au millionième de seconde, d'obtenir de remarquables photographies de balles se déplaçant à plus de 700 m/s. Sur ces photographies, il est possible de voir non seulement les ondes habituelles de Mach et le sillage tourbillonnaire en arrière de la balle, mais encore les perturbations apportées au sillage et aux ondes de Mach par la rotation de la balle (fig. 15).

Il est inutile d'insister sur l'intérêt que présente une méthode permettant une analyse aussi complète d'un phénomène aussi complexe que celui qui se développe autour d'un projectile en mouvement.

Cette rapide énumération des différents dispositifs utilisés pour « visualiser » les mouvements des fluides autour des obstacles montre la grande ingéniosité des chercheurs qui se sont intéressés à cette délicate question, et il est important de noter que tant de patientes recherches n'ont pas été inutiles, puisque les images obtenues ont bien souvent permis de mieux comprendre des phénomènes terriblement complexes.

HENRY GIRERD.

La fortune immobilière en France (propriété urbaine et propriété rurale), calculée en francs-or, était évaluée, en 1850, à 90 milliards ; en 1914, à 114 milliards, et, en 1930, à 120 milliards. A la fin de 1937, elle était tombée à 67,5 milliards, et elle ne dépasserait pas aujourd'hui, d'après certaines estimations, 47,5 milliards de francs-or. Ainsi, en moins d'un siècle, la France a perdu la moitié de sa fortune immobilière, qui constituait autrefois la fraction la plus importante de la fortune privée et l'armature financière et morale du pays.

# COMMENT LA PHYSIQUE MODERNE EXPLIQUE L'ACTION DU RAYONNEMENT SUR LES CELLULES VIVANTES

Par Jean LABADIÉ

*Le mécanisme de l'action des radiations (infrarouge, lumière visible, ultraviolet, rayons X « mous » et « durs », rayons gamma) sur les organismes vivants est demeuré totalement inexplicé jusqu'à ces dernières années. Il commence aujourd'hui à se préciser depuis que la radiophysologie fait appel, pour analyser et interpréter les phénomènes observés au laboratoire, aux conceptions les plus modernes sur la discontinuité du rayonnement. On sait que, pour le physicien, l'énergie rayonnante n'apparaît et ne disparaît que par « grains » ou photons. Lorsqu'un organisme vivant est soumis à une irradiation, tout se passe donc comme s'il éprouvait un véritable bombardement de photons, dont la dispersion et les effets doivent suivre les lois des probabilités, — comme pour un bombardement d'artillerie, — compte tenu du nombre et de l'énergie individuelle des projectiles, c'est-à-dire ici de l'intensité et de la longueur d'onde du rayonnement. L'examen des lésions ainsi provoquées dans les cellules « bombardées » permet d'évaluer mathématiquement les chances de survie de groupes de cellules, après une irradiation plus ou moins longue et plus ou moins intense. Sans doute, peut-on espérer voir appliquer un jour ces résultats — vérifiés expérimentalement sur certains microorganismes — au traitement des tumeurs cancéreuses par les rayons X ou les rayons gamma du radium, lorsque auront été surmontées les difficultés auxquelles se heurte inévitablement la généralisation dans le domaine thérapeutique des méthodes acquises au laboratoire.*

NÉE au laboratoire de Hertz en 1888, l'onde hertzienne vient de franchir son demi-siècle d'existence — tandis que le radium, venu au monde en 1898, chez les Curie, atteint la quarantaine. Entre-temps, Röntgen avait découvert les rayons X (1895) à partir de l'« émission cathodique » (nous disons aujourd'hui « électronique ») que William Crookes avait mise en évidence, quelques années plus tôt, dans son fameux tube à vide.

Ce faisceau de découvertes a marqué, nous le savons, le renouvellement total de la physique. A-t-il projeté quelque lumière nouvelle sur les sciences biologiques ?

Soigneusement informés, ici, de progrès aussi fondamentaux que la découverte des vitamines (1) et des hormones (2), l'analyse physiologique — chaque jour plus détaillée — des fonctions glandulaires « endocrines » (3), l'enregistrement des « ondes cérébrales » de Berger (4), la théorie géné-

tique des chromosomes (1), nos lecteurs ne peuvent que conclure de ces exemples : « Non, il n'est question, dans tout cela, ni de rayons X, ni de radioactivité, ni d'électrons, ni d'ondes hertziennes. Par contre, il y est souvent question, et presque uniquement, de chimie. »

En effet, même les « ondes nerveuses » se présentent comme une propagation « électrochimique » — nullement du type hertzien. Du reste, c'est la « formule chimique », seule, des corps « ternaires » (carbone, hydrogène, oxygène) ou « quaternaires » (carbone, hydrogène, oxygène, azote) constituant vitamines et hormones qui peut nous informer sur la nature et les propriétés de l'une et de l'autre de ces substances, dont quelques milligrammes suffisent à tenir notre vie en suspens.

Mieux — ou pire ! — c'est la « formule développée » d'un vulgaire hydrocarbure, corps binaire (carbone, hydrogène) qui, jusqu'à présent, apparaît comme dessinant avec une terrible précision le « germe » du cancer. Avec la découverte récente des

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 211, page 77.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 214, page 301.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 239, page 367.

(4) Voir *La Science et la Vie*, n° 243, page 217.

(1) Voir dans ce numéro, page 103.

« virus chimiques » (1), la *molécule* de protéine apparaît elle-même comme détentrice du secret de la vie et de la mort. Et cette molécule « protégée », multiforme, la plus grosse que connaisse le chimiste (son « poids moléculaire » peut atteindre 150 millions de fois celui de l'hydrogène), vient rejoindre, par sa taille, d'une part, l'organisme vivant « microbien » le plus petit qu'ait pu repérer le microscope « électronique » (2) : le *bactériophage* (3), et, d'autre part, les *corpuscules* inertes les plus fins que peut saisir le physicien : les « micelles », dont la suspension, dans un solvant, constitue les « colloïdes ». Or, sans état colloïdal, pas de vie ! Auguste Lumière l'a démontré (4).

Est-ce à dire que les pivots de la physique moderne, corpuscules radioactifs, rayons X et rayons *gamma* du radium, ondes hertziennes, enfin, doivent être dédaignées par les biologistes ?

Nous allons voir que non.

### Une grande science naissante : la radiophysologie

Grâce au travail concerté de physiologistes comme les docteurs Lacassagne, Nyka et d'un physicien comme M. Holweck (collaborant à l'Institut du Radium), une science nouvelle est en train de naître : la *radiophysologie*.

Comme toujours, cette science est issue du désir et de la nécessité de voir clair dans une technique spontanément établie par empirisme — en l'occurrence, l'application, jusqu'à présent tâtonnante et souvent téméraire, des divers « rayonnements » à la thérapeutique humaine.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 548.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 257, page 359.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 253, page 36.

(4) Voir *La Science et la Vie*, n° 249, page 183.

Cette précession de toutes les sciences « rationnelles » par une phase pratique spontanée constitue une loi absolument générale : la biologie est née de la médecine comme la physique de l'industrie, la géométrie à deux et trois dimensions de l'arpentage et de l'architecture, et l'arithmétique elle-même, des nécessités du commerce. Cette remarque nous met tout à fait à l'aise pour parler avec

liberté d'un sujet aussi neuf, dont nous ne pouvons savoir quelle forme précise lui assignera l'avenir.

### Du microscope électronique à la mesure « statistique » de l'invisible

Et d'abord distinguons bien les deux classes de relations qui peuvent exister entre les découvertes physiques et la biologie, classes qu'on pourrait discriminer : d'une part, en moyens de diagnostic pur et, d'autre part, en moyens thérapeutiques.

Le parallèle s'en trouvera clarifié par quelques exemples nets et rapides.

C'est ainsi que la « radioscopie » de Röntgen représente indiscutablement l'un des plus puissants moyens actuels de diagnostic et d'observation médicale. La « radiothérapie », tout

au contraire, fait passer les rayons X à l'action thérapeutique, ce qui est grave, parce que physiologiquement inédit, donc *inconnu dans ses effets*.

La physique électronique a permis d'établir ces merveilleux *microscopes* (1) grâce auxquels le « grossissement » mis à la disposition du savant se trouve multiplié par dix. Grâce à quoi le microbiologiste discerne des *virus microbiens* jadis inaccessibles à l'observation. Mais l'application intense d'un « bombardement » électronique aux tissus vivants, qui relève de la même physique de

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 257, page 359.

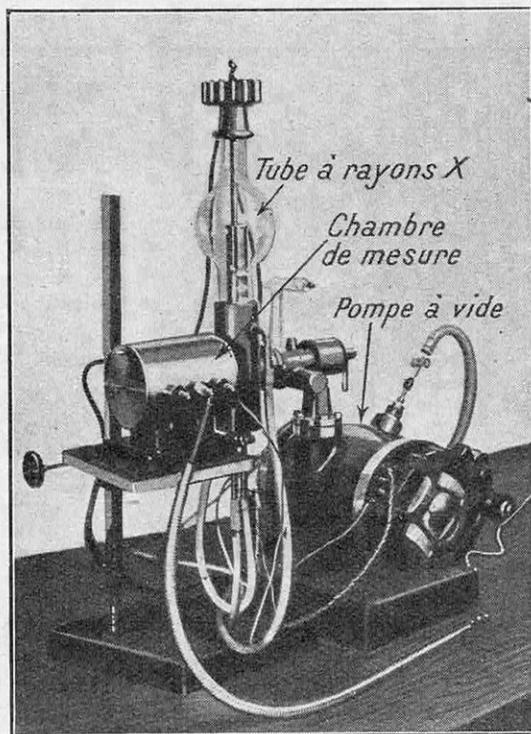


FIG. 1. — APPAREIL DE M. HOLWECK POUR L'IRRADIATION DES MICROORGANISMES PAR LES RAYONS X DE GRANDE LONGUEUR D'ONDE

*Une anode de métal léger, frappée par des électrons à grande vitesse, émet un faisceau intense de rayons X pratiquement monochromatiques. Ici, le métal choisi est le fer, et la longueur d'onde du rayonnement est de  $2 \text{ \AA}$ .*

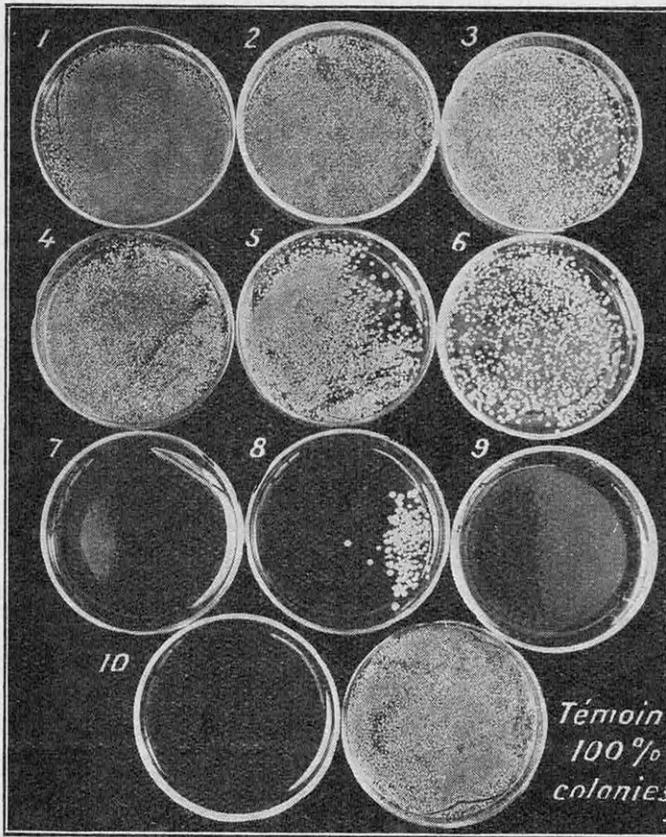


FIG. 2. — ACTION D'UN ANTISEPTIQUE (TRYPTAFLAVINE) SUR UNE LEVURE : LE « SACCHAROMYCES ELLIPSOÏDEUS »

Sur de mêmes quantités de levure en suspension dans l'eau, on fait agir des quantités croissantes d'antiseptique. Au bout d'un temps donné, on opère des prélèvements sur chaque culture et on ensemence, avec la suspension obtenue, qui contient les organismes vivants et les morts, une coupelle contenant du moût de bière gélosé. Au bout d'un ou deux jours on observe au microscope et on constate : 1° que certaines cellules ont été tuées sur le coup ; 2° que d'autres ont pu se dédoubler une ou plusieurs fois formant des doublets ou des chaînettes (c'est ce qu'on appelle la mort différée) ; 3° que d'autres enfin n'ont pas été atteintes, et ont donné naissance à des colonies. Ce sont ces colonies que l'on dénombre pour établir les courbes de probabilité de survie (fig. 3). Dans l'expérience ci-dessus, la coupelle n° 8 a été ensemencée accidentellement, et on ne tient pas compte de ses indications.

l'électron, soulève des problèmes très délicats. Or, l'impact sur les tissus vivants de tout rayonnement (lumineux, ultraviolet, X ou gamma) suscite précisément une émission interne d'électrons meurtriers au sein même des chairs. Si l'on désire « tuer » quelque chose, microbe ou cellule cancéreuse au cœur des tissus, les électrons issus de ce mécanisme « photoélectrique » seront les bienvenus. Encore la mitraille électronique

doit-elle se distribuer à bon escient, car les cellules saines sont touchées, elles aussi, comme les infectées.

Autre exemple : la physique dispose aujourd'hui d'un nouveau « corpuscule » de bombardement, le neutron. Il va falloir en surveiller les effets.

Et les photons, corpuscules lumineux discrets, qui sont les constituants des rayons X, les rayons ultraviolets, visibles et infrarouges, les photons eux-mêmes deviennent des projectiles d'une étonnante diversité suivant qu'ils représentent un rayonnement « dur » ou « mou », c'est-à-dire de faible ou de grande longueur d'onde. Leur dosage s'impose, donc, au même titre que celui des précédents corpuscules.

La mesure des « doses » d'irradiation, quelle que soit la longueur d'onde choisie, ne comporte aucune ambiguïté grâce aux nouvelles méthodes physiques : connaissant la fréquence et l'intensité du rayonnement appliqué, on dispose du temps d'application et c'est l'ensemble de ces facteurs qui mesure la « dose » — plus exactement le degré de concentration — de l'énergie rayonnante appliquée.

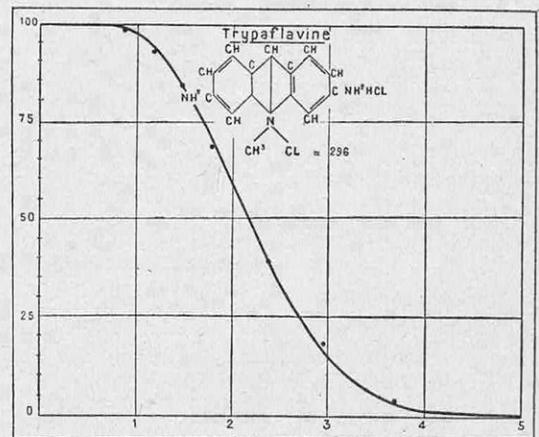


FIG. 3. — COURBE EXPÉRIMENTALE DE LA PROBABILITÉ DE SURVIE DE LA LEVURE, APRÈS ACTION DE LA TRYPTAFLAVINE

En abscisses, a été portée la concentration de l'antiseptique, et en ordonnées, le nombre de microorganismes demeurés indemnes.

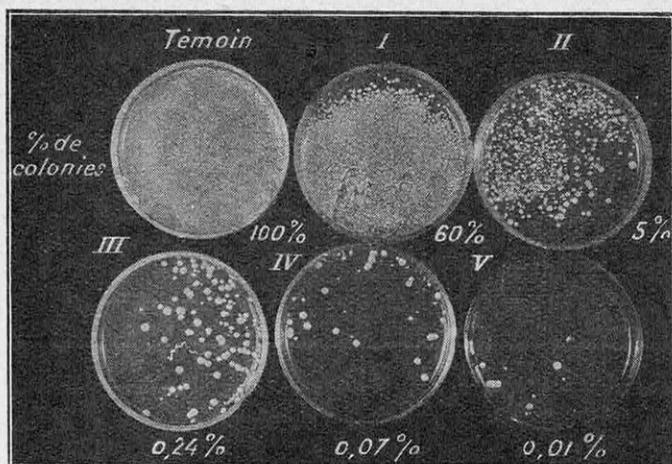


FIG. 4. — ACTION DU SUBLIMÉ CORROSIF (BICHLORURE DE MERCURE) SUR LE « SACCHAROMYCES ELLIPSOÏDEUS »

Le mode opératoire est identique à celui qui a été exposé pour l'étude de l'action de la tryptaflavine (fig. 2).

La dose d'irradiation étant chose acquise, ses effets physiologiques demeurent, par contre, très difficiles à saisir dans leurs variantes. C'est justement à la radiobiologie qu'il incombe d'explorer ce nouveau jeu d'effets et de causes.

Or, voici le caractère merveilleusement rationnel d'une telle entreprise : la cause (radiation dosée) étant, disons-nous, mesurable, l'effet l'est également, de par la nature des phénomènes biologiques.

La physiologie se ramène toujours, en effet, à l'étude de la vie « cellulaire » (dont la vie « microbienne » n'est qu'une variante). La cellule elle-même se résout, d'autre part, en « zones » et « organites » d'importance physiologique nettement hiérarchisée. Son « noyau », par exemple, présente une substance noble, la *chromatine* (1), dont la sensibilité et le rôle biologique sont absolument capitaux.

Grâce aux données microscopiques, ces éléments de la structure des tissus vivants sont mesurables *en grandeur propre* et *statistiquement dénombrables* dans une masse de tissu déterminée. Cela suffit pour que le mathématicien s'empare de ces données et les offre au « radiophysioiogiste ». Celui-ci possède de la sorte : d'un côté, la mesure d'une irradiation qui se ramène toujours, dans tous les cas, à un tir de projectiles discontinus et, de l'autre côté, la mesure de l'objectif — mesure qui apparaît tantôt géométrique si on considère les données du

microscope, et tantôt sous forme statistique, si l'on considère cet objectif à l'échelle macroscopique, comme une troupe, la troupe des cellules constituant un tissu.

La « mise en équation » des relations existant entre le nombre et la masse individuelle des projectiles tirés, d'une part, et, d'autre part, le nombre, la nature et les dimensions des organites diversement vulnérables, cette mise en équation devient possible. Elle permettra peut-être un jour, suivant la méthode préconisée par M. Holweck, d'apprécier mathématiquement les chances de récidive d'un cancer de « volume » donné, après « stérilisation » par une irradiation (X ou gamma) dosée comme

nous venons de dire.

Mais il y a plus : la radiophysioiogie ainsi comprise se sert des nouvelles mesures statistiques, établies sur organismes microscopiques visibles, et mesurables, pour découvrir la taille et la nature de microorganismes virulents demeurés jusqu'ici réfractaires à toutes les techniques microscopiques, même l'électronique ; pour étudier, enfin, dans le même sens, jusqu'à ces grosses molécules protéiques, qui assument les fonctions de relation les plus profondes entre la Vie et la Matière chimique brute. Et

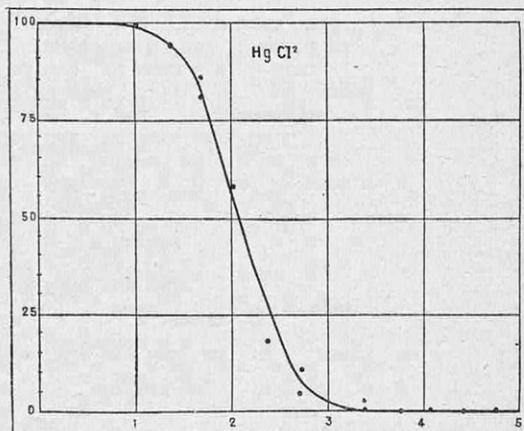


FIG. 5. — COURBE EXPÉRIMENTALE DE LA PROBABILITÉ DE SURVIE DU « SACCHAROMYCES » APRÈS ACTION DU SUBLIMÉ CORROSIF. Toutes ces courbes (fig. 3, 5 et 7) ont la même allure : ce sont des courbes dites de Poisson que l'on pourrait tracer (à un coefficient près) en appliquant directement une formule mathématique donnée par la théorie des probabilités.

(1) Dont les « chromosomes » sont les aspects microscopiques. Nous connaissons l'importance de ces organites.

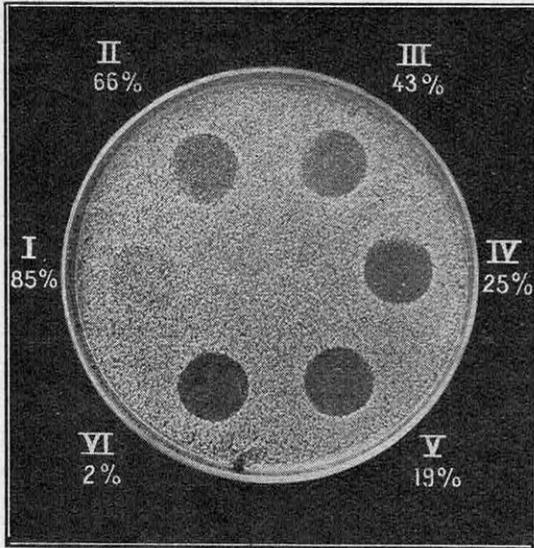


FIG. 6. — ACTION DES RAYONS X SUR LE « SACCHAROMYCES ELLIPSOÏDEUS »

On fait varier la « dose » de rayons X administrés à la levure, c'est-à-dire le temps d'irradiation, et on évalue au microscope le pourcentage des colonies engendrées par les levures survivantes.

c'est pourquoi les mêmes molécules géantes semblent détenir non seulement le secret de la « cancérisation » des cellules, mais encore celui de l'« hérédité », puisque les *gènes* constituant la chaîne d'un chromosome (1) ne semblent pas dépasser en grosseur cette unité moléculaire.

En d'autres termes, le plus petit élément *biologique* scientifiquement et simultanément observable par le physiologiste et par le physicien se trouve aujourd'hui « descendre » à l'échelle moléculaire — où il rejoint précisément le quantum mesurable d'énergie *physique*.

C'est la biologie rationnelle du « discontinu » qui commence.

Nous allons prendre connaissance de ses premiers succès.

### L'arsenal des projectiles dont dispose le radiophysiologiste

Pour cela, nous devons recenser, tout d'abord, les projectiles, extrêmement variés, que l'arsenal du physicien met à la disposition du radiophysiologiste. Nous recenserons ensuite, par rang de taille, les « individus » microbiologiques, non moins variés, qui doivent constituer la « cible », soit individuelle, soit statistique.

Voici la liste *hiérarchisée* des projectiles :  
Les particules *alpha* (noyaux d'hélium)

(1) Voir dans ce numéro, page 103.

sont les plus gros, les plus lourds, et ceux qui donneront les plus violents effets au point d'impact. En style d'artilleur, ce sont des obus de gros calibre. Ne nous étonnons pas si le radiophysiologiste les élimine en thérapeutique : ils ne peuvent lui servir que pour ses recherches.

Les rayons X représentent des coups de poignard — dont la lame serait plus ou moins longue, plus ou moins acérée, selon la « fréquence » adoptée. Les rayons X provoquent effectivement, autour de leur impact, une émission électronique d'autant plus énergique qu'ils sont eux-mêmes de longueur d'onde *plus courte*. C'est l'effet « photoélectrique ».

Avec les rayons *ultraviolets*, l'effet photoélectrique sur la matière vivante est beaucoup moins important : c'est donc le « photon » qui agit à peu près seul ; en tant que « projectile », son *absorption* ponctuelle par l'élément vivant ressemble à celle d'un grain de plomb par un animal.

Moins encore, le rayonnement thermique (*infrarouge*) ne saurait provoquer d'émission d'électrons. Le choc des « photons » de ce rayonnement est toutefois suffisant pour produire l'« activation » chimique de certaines molécules. Il résulte de là, encore, certaines *lésions* physiologiques.

Et puisque nous voici conduits, le plus naturellement du monde, au mécanisme intime de l'*activité chimique*, profitons-en

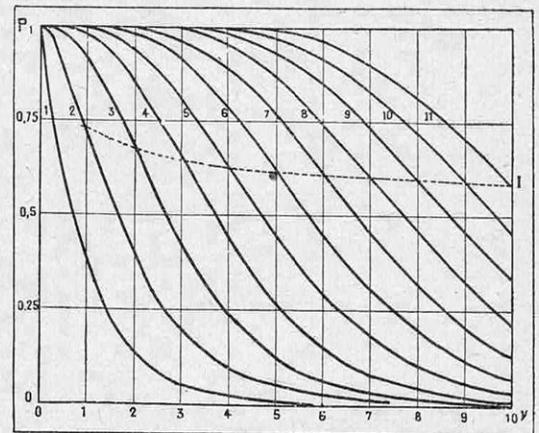


FIG. 7. — RÉSEAU DES COURBES DE PROBABILITÉ DE SURVIE DES LEVURES, APRÈS ACTION DE DIVERS RAYONNEMENTS

Le numéro de ces courbes est en relation avec le nombre minimum de « photons » (grains d'énergie lumineuse) nécessaires pour obtenir la mort d'une cellule. Ce nombre est plus petit pour les radiations de faible longueur d'onde tels que les rayons X. Pour celles de longueur d'onde plus grande (*ultraviolet*), il peut atteindre 40 et plus.

pour entrer dans ce domaine. Aux yeux du physiologiste, les molécules *plus ou moins actives* d'un « antiseptique » se comportent en « projectiles » plus ou moins meurtriers, exactement comme les corpuscules des rayons physiques.

En effet, ces molécules (ou groupements de molécules) diffusent à travers le cytoplasme constituant la matière cellulaire. Elles peuvent, dès lors, atteindre la *chromatine* du noyau et ont chance de la blesser, en vertu des lois *statistiques* qui sont classiques depuis longtemps pour les chimistes. Mais il s'agira, dans ce cas, de lésions *ponctuelles* de l'élément vivant par l'élément physique (molécule) (1).

En résumé, seul le rayonnement X fournit l'effet de « schrapnell » — par émission électronique indirect. Seules, les lésions provoquées, dans ce cas, ne sont pas « ponctuelles ».

### La variété des « objectifs » et leurs « zones sensibles »

Et, maintenant, voici les « objectifs » vivants que le radiophysio- logiste peut étudier. La taille des cellules normales varie entre de très grandes limites. Les mêmes cellules cancérisées présentent une taille pouvant atteindre le double de la taille normale. Les globules rouges du sang de l'homme ont, pour fixer les idées, un diamètre moyen de 7 500  $\mu$ . (2).

Des objectifs de premier intérêt seront, naturellement, les microbes. Leurs dimensions sont assez loin au-dessous de celles de la cellule. Le tableau (fig. 9) présente la variété décroissante des principaux microorganismes. Alors que le *bacillus prodigiosus*, un géant, révèle un diamètre de 750  $\mu$ , celui

(1) On a comparé aussi très heureusement l'action des molécules chimiques sur les cellules vivantes à celles de torpilles ou de mines flottantes sur une flotte de bâtiments de guerre.

(2) Le milliè- me de  $\mu$ , ou millionième de millimètre s'écrit :  $m\mu$ .

de la vaccine accuse environ 150  $m\mu$ ; le virus de l'encéphalite, 30 à 40  $m\mu$ . Puis viennent les virus filtrants, les « virus protéines », d'échelle moléculaire, et, finalement, la molécule elle-même qui termine l'échelle avec 6 à 7  $m\mu$  pour la molécule d'hémoglobine et 4  $m\mu$ , pour la molécule d'albumine.

Mais si telles sont les dimensions des objectifs élémentaires, on ne saurait, en vertu de ce qui précède, les confondre avec celles des *zones sensibles*, qui doivent être distinguées à l'intérieur même de chaque élément. Il n'est pas indifférent, pour un soldat, de recevoir une balle dans le mollet ou dans le

foie. Il n'est pas indifférent pour la cellule d'être touchée dans son cytoplasme ou dans sa chromatine. Mais encore, il n'est pas indifférent au soldat de recevoir une balle explosive ou une balle simple, dont l'« absorption » n'est que « ponctuelle ». Tout de même, il n'est pas indifférent à la cellule d'être mitraillée par des projectiles d'absorption ponctuelle tels

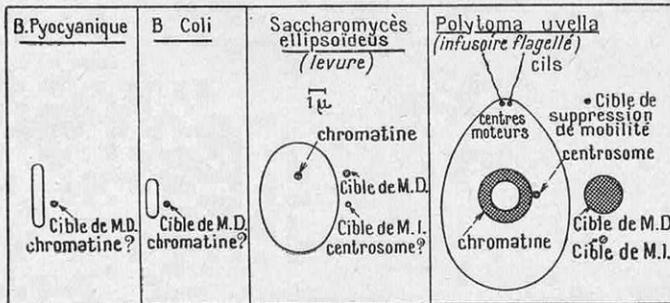


FIG. 8. — LES DIFFÉRENTES « ZONES SENSIBLES » DE DIVERS MICROORGANISMES

Les projectiles (photons) ont, sur les microorganismes, une action différente suivant les organes qu'ils atteignent. C'est ainsi que l'on a pu identifier la zone sensible de mort immédiate (M. I.) avec le centrosome, et celle de la mort différée (M.D.) avec la chromatine; celle de la suppression de la mobilité avec les centres moteurs. Pour les bacilles pyocyanique et coli, le volume de la chromatine est indiqué sous toute réserve. Le polytoma uvella (infusoire flagellé), organisme qui se déplace au moyen de deux fouets moteurs, peut être immobilisé complètement, ou tourner sur lui-même, ce qui correspond à la destruction de deux ou d'un seul des organes moteurs.

que les photons ultraviolets ou par des projectiles-schrapnells, tels que sont toujours, plus ou moins, les photons X.

Ces considérations conduisent le radiophysio- logiste à établir le volume relatif de ses « cibles » théoriques (c'est-à-dire calculées par statistique) en fonction des projectiles choisis. Ce que nous appelons une « cible », en l'occurrence, ne représente plus, dès lors, que le résultat mesuré d'un tir dont on connaît toutes les données physiques. Or, ce résultat n'a de sens que par les observations physiologiques qui le caractérisent. La « cible statistique » le mesure, avec précision, en grandeur. C'est tout.

C'est ainsi qu'un « tir » de rayons X de ( $\lambda = 4 \text{ A}^\circ$ ) équivalant à celui de schrapnells (par l'émission d'électrons au point d'impact) saccage tout, zone sensible et le reste; la statistique d'un tel « tir » ne peut fournir

qu'une « cible » globale, c'est-à-dire le volume à l'intérieur duquel « tout » a été touché — volume qui, dans le concret, correspond évidemment à celui de l'élément biologique tout entier.

Abaissons la fréquence des rayons X utilisés, par exemple jusqu'à  $\lambda = 8 \text{ \AA}$ . La nouvelle « cible » statistique ainsi obtenue (par conjugaison des données physiques du tir et des constatations physiologiques correspondantes, atténuation de virulence d'une culture microbienne, par exemple) se réduit alors à la seule zone sensible — ou, du moins, tend à cette limite.

Donc la mesure statistique appelée « cible » peut varier, dans les expériences de radiophysiologie, depuis une valeur-seuil jusqu'à une valeur de saturation, au delà de laquelle l'irradiation ne s'acharne plus que sur un cadavre. S'il s'agit d'un milieu microbien, la culture se trouve « stérilisée ». Un « tissu cellulaire » est détruit.

### Le cas du cancer

Et s'il s'agit d'un tissu cancéreux ? Le radiophysiologiste se trouve en présence d'un mélange de cellules saines et de cellules malades. Il s'agit de tuer le plus possible de celles-ci et le moins possible de celles-là.

Il faut donc établir l'irradiation de manière à obtenir des « cibles » minima en cellules normales et des « cibles » maxima en cellules cancéreuses. Le problème n'est pas insoluble, puisque les deux ordres de cellules diffèrent de taille et même de structure.

Nous n'entrerons pas dans la discussion

des meilleures irradiations. Observons seulement que si la radiation est dure (gamma du radium ou X de haute fréquence), on se trouve aussitôt en présence du cas de destruction totale. La cible n'est plus sélective. Le cancer pris à son début, ou étalé en surface (épidermique ou sur muqueuse interne accessible), peut se trouver bien d'une telle irradiation. Il n'en irait pas de même pour un cancer tumoral profond que la radiation ne

saurait atteindre sans traverser les tissus sains.

Quoi qu'il en soit, le radiophysiologiste peut désormais se poser le problème théorique suivant : soit un *carcinome* (tumeur cancéreuse) de un centimètre, dont les cellules malades présentent une zone sensible deux fois plus grande que la zone sensible des cellules saines ; acceptons de sacrifier 50 % de ces dernières, au moyen d'une irradiation déterminée, si elle existe. Quelle est la chance de rechute ?

Réponse : le centimètre cube

de carcinome contient  $10^9$  cellules. La probabilité de survie des cellules malades, dans les conditions d'irradiation ci-dessus, est  $10^{-10}$ . Donc, un malade sur dix gardera, après traitement, une cellule cancéreuse vivante — c'est-à-dire le germe d'une rechute, par prolifération de ce germe. Et la statistique clinique confirme cette probabilité, dans les cas classés comme des « guérisons ».

### Les courbes de probabilité, qui sont à la base de la radiophysiologie

Quoiqu'il en soit, nous concevons maintenant la valeur immense des courbes sta-

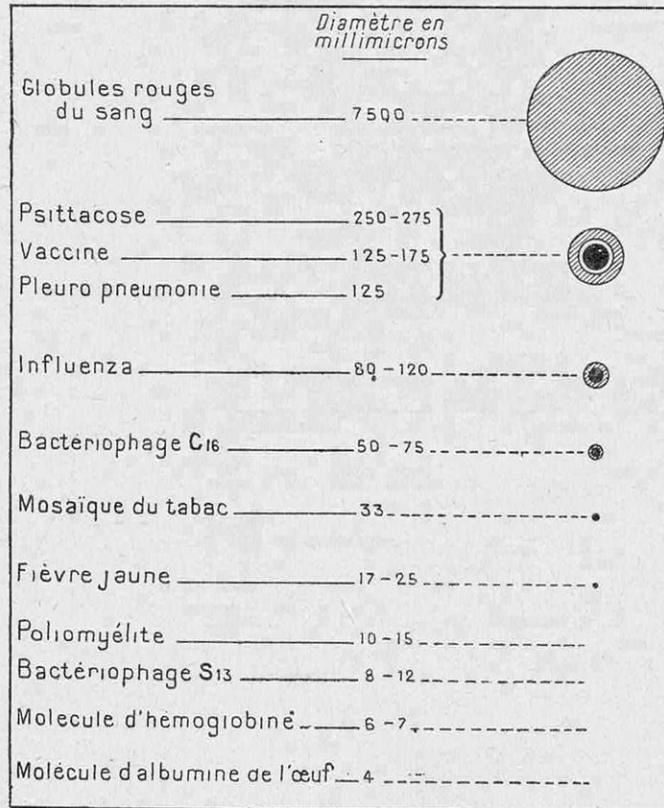


FIG. 9. — ÉCHELLE DES DIMENSIONS DE DIVERS MICROORGANISMES ET GROSSES MOLÉCULES ÉTABLIE D'APRÈS LEUR VULNÉRABILITÉ AUX RADIATIONS (LE PREMIER CERCLE DEVRAIT ÊTRE PROPORTIONNELLEMENT GROSSI 10 FOIS)

tistiques dressées par M. Holweck, en collaboration avec M. Husson, dont nous donnons quelques exemples. Ces courbes ont été tracées en étudiant l'action des divers rayonnements, des divers antiseptiques, sur une levure, le « *Saccharomyces ellipsoïdeus* » (levure du Chambertin), car on ne peut évidemment songer à opérer sur la cellule humaine.

En abscisses, ces graphiques indiquent la concentration du « tir », c'est-à-dire la dose soit de l'énergie rayonnante, soit de l'agent chimique (antiseptique) utilisés. Les ordonnées mesurent la probabilité de survie des éléments biologiques visés.

Chaque rayonnement, chaque produit chimique donne lieu à une courbe spéciale. Mais toutes les courbes ont ceci de commun qu'elles sont de la même famille (ce sont des courbes de probabilité de Poisson).

La forme de ces courbes dépend d'un coefficient qui, dans le cas du rayonnement, est en relation avec le nombre minimum de quanta nécessaires et, dans le cas d'un antiseptique avec le nombre minimum de molécules à faire agir pour obtenir l'effet désiré, quantités qu'on appelle « seuil » de sensibilité pour l'agent considéré.

Les « doses » d'agents aussi divers sont mesurées suivant des repères physiques indiscutables.

### L'avenir de ces méthodes

Si, en vertu des graphiques précédents, le radiophysiologue se trouve à même de calculer la probabilité de survie (d'une cellule ou d'un élément biologique de dimensions données) en fonction de la dose croissante de radiations ou d'antiseptique appliquée, il est

évident que l'opération inverse devient possible. De la concentration de l'agent physique appliqué à une culture microbienne, on peut déduire, par dilutions comparées de celle-ci et de celle-là, la grosseur de l'élément ensemené et même le rapport entre sa « zone sensible » et son volume total.

Nous n'entrerons pas dans le détail de tels calculs. Disons seulement qu'ils ont permis de calculer les dimensions exactes du microbe de la vaccine : d'après les « limites de filtration », celui-ci accusait un diamètre de 120  $m\mu$ . Or, les nouvelles méthodes assignent seulement 60  $m\mu$  à sa « zone sensible ». On peut être amené à conclure qu'il s'agit bien d'un être individuel, différencié, donc organisé.

Le même problème a été tranché pour le bactériophage, invisible, dont nous avons dit ici qu'il touchait aux limites des critères de la vie élémentaire microbienne. Or, en traitant deux espèces de bactériophages : C-16 et S-13, des différences de sensibilité énormes sont apparues entre les deux éléments. Il en résulte que le premier possède une zone sensible de 50 à 75  $m\mu$ , tandis que le second n'est sensible que sur 8 à 12  $m\mu$ .

Dans cette voie, la méthode n'a pas de limite théorique ; les virus « moléculaires » ou « protéines », tels que celui de la mosaïque de la vigne et du tabac, pourront peut-être se mesurer par radiosensibilité.

Mieux encore et répétons-le pour finir : la métrique « radiophysiologique » doit conduire à discerner, à l'échelle moléculaire elle-même, les agents, soit étrangers, soit autochtones mais dégénérés, qui causent le cancer.

JEAN LABADIÉ.

L'homme moyen ordinaire, ignorant à la fois les problèmes et les perplexités de la Science, s'était fait de sa situation une idée fortement influencée, sans aucun doute, par sa vanité et sa propre importance, mais basée, dans l'ensemble, sur son expérience pratique de la vie quotidienne. Il croyait, entre autres choses, qu'il était libre de choisir entre le haut et le bas, entre le bien et le mal, entre le progrès et la décadence. Pour beaucoup de savants, la Science de la fin du siècle dernier sembla récuser toutes ces croyances. Elle ne reconnaissait ni haut ni bas, ni progrès ni décadence : elle ne connaissait qu'une vaste machine fonctionnant automatiquement, par sa propre inertie, telle qu'elle avait été déclenchée au premier jour de la création. Et elle continuerait à marcher, suivant sa course prédestinée, jusqu'à la fin des temps. Nous commençons à penser que cette récusation était une erreur ; l'univers peut s'accorder davantage avec la conception de sens commun de l'homme sans culture que cela n'eût semblé possible il y a une génération, et l'humanité peut ne pas s'être trompée en se croyant libre de choisir entre le bien et le mal, de décider la direction de son développement et, dans certaines limites, de sculpter son propre futur.

SIR JAMES JEANS (*Le Progrès Scientifique*).

# LA « LUMIÈRE NOIRE » ET LES ARTS DÉCORATIFS MODERNES

Par Maurice DÉRIBÉ

INGÉNIEUR E. B. P.

*La fluorescence excitée dans certains corps lorsqu'ils sont soumis à l'action d'un rayonnement ultraviolet (lumière de Wood ou, improprement, « lumière noire ») a reçu de très nombreuses applications industrielles. La richesse et la diversité des coloris et la facilité avec laquelle on les obtient depuis que l'industrie a réalisé des sources de rayons ultraviolets à la fois puissantes et économiques, ont été mises à profit dans les diverses branches des arts décoratifs modernes. C'est ainsi que les pigments fluorescents, dérivés des pâtes qui recouvraient il y a quelques dizaines d'années les cadrans de nos montres, trouvent des emplois chaque jour plus nombreux, non seulement pour la signalisation (cinémas, abris de défense passive) et pour la publicité (vitrines, étalages), mais aussi pour des réalisations purement artistiques telles que la décoration des habitations et la confection des décors de théâtre.*

LES phénomènes de luminescence ont reçu récemment d'importantes applications industrielles (1) : analyse et contrôle des colorants et des fibres textiles, des huiles minérales et végétales, des farines, laits et produits alimentaires les plus divers, etc. Ce n'est là qu'une partie des multiples usages actuels des pigments luminescents. Avant d'en étudier quelques autres, nous allons rappeler brièvement en quoi consistent du point de vue physique les phénomènes de luminescence.

Sous l'action de la lumière, certains corps, organiques ou minéraux, ont la curieuse propriété d'émettre à leur tour des radiations lumineuses — jouant ainsi le rôle de transformateurs d'énergie : on dit qu'ils sont *fluorescents*. Lorsque disparaît la lumière excitatrice, certains corps continuent à émettre de la lumière, restituant ainsi une certaine quantité d'énergie qu'ils avaient accumulée pendant la période d'excitation : on dit qu'ils sont *phosphorescents*. Phosphorescence et luminescence sont deux aspects de la même propriété que l'on appelle *luminescence*. Chaque corps luminescent émet une lumière ayant une couleur particulière, caractéristique du corps considéré, et la collection des corps luminescents actuellement connus fournit une gamme de couleurs extrêmement riche et variée.

Toutes les radiations n'ont pas au même degré le pouvoir de produire la luminescence, et il existe dans le spectre de l'ultraviolet une bande étroite, de longueur d'onde

comprise entre 3 650 et 3 663 Å, qui est particulièrement apte à l'excitation de la fluorescence, sans être dangereuse au point de vue physiologique. On l'appelle lumière de Wood, ou (très improprement d'ailleurs) « lumière noire », et on la produit à l'aide de lampes spéciales, constituées d'une source lumineuse riche en ultraviolets et d'un écran qui filtre cet ultraviolet ne laissant passer que la lumière de Wood. Ces lampes sont généralement à vapeur de mercure, et les plus récents modèles sont d'une grande commodité d'emploi, ce qui explique leur rapide diffusion dans trois domaines particuliers : signalisation, arts décoratifs, publicité.

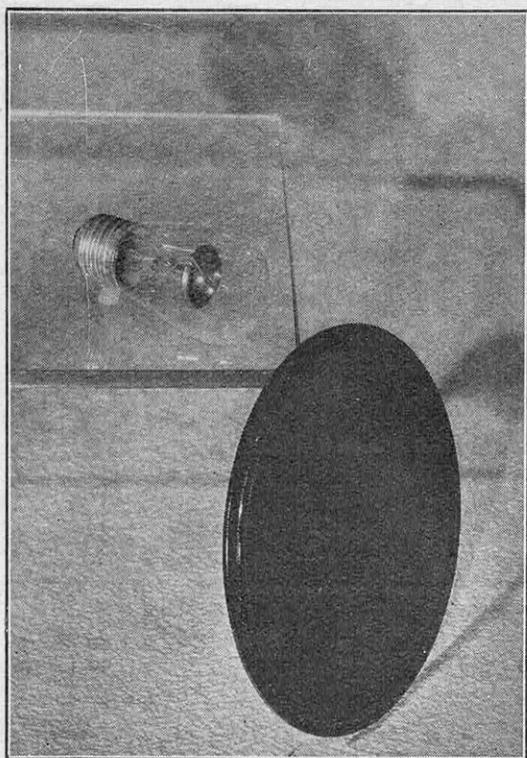
## La « lumière noire » et la signalisation

Il y a déjà longtemps que l'on connaît et que l'on utilise le phénomène de la phosphorescence, puisque le cordonnier Vincencius Casciarolus faisait au xv<sup>e</sup> siècle l'admiration de ses contemporains en fabriquant ses fameuses « pierres de Bologne » en sulfure de baryum. Plus tard, l'Anglais Balmain prépara un pigment phosphorescent qui eut grand succès à la fin du xix<sup>e</sup> siècle. C'est le Français Becquerel qui, le premier, établit les lois scientifiques de la phosphorescence (1).

On a pensé de bonne heure, pour rendre visible la nuit le cadran et les aiguilles des montres, à utiliser des préparations à base de sulfure de zinc et de strontium, activées par des impuretés dosées et choisies (dites

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 257, page 404.

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



(Compagnie des Lampes Mazda.)

FIG. 1. — LAMPE ARGON DE 2 WATTS, AVEC SON FILTRE, POUR LA PRODUCTION DE LA LUMIÈRE DE WOOD

« phosphorogènes »). Mais ces préparations présentent un grave défaut : leur luminosité décroît très vite lorsqu'elle n'est plus excitée par un rayonnement incident et devient pratiquement insuffisante au bout de quelques heures. On a donc cherché, pour les applications de la luminescence à la signalisation, à remplacer la lumière du jour par un activateur permanent, et on fut amené à essayer dans ce but des substances radioactives (sels de radium ou de mésothorium) mêlées à la peinture luminescente. Cependant, l'activation n'était encore pas suffisante et la durée d'émission se trouvait seulement prolongée. Par ailleurs, malgré les indéniables progrès de la fabrication des peintures phosphorescentes, cette solution était relativement coûteuse. Actuellement, la solution adoptée pour les installations fixes, beaucoup plus simple et plus économique, consiste à utiliser pour l'activation une source extérieure de « lumière noire », rayonnement invisible, puisque dans l'ultraviolet.

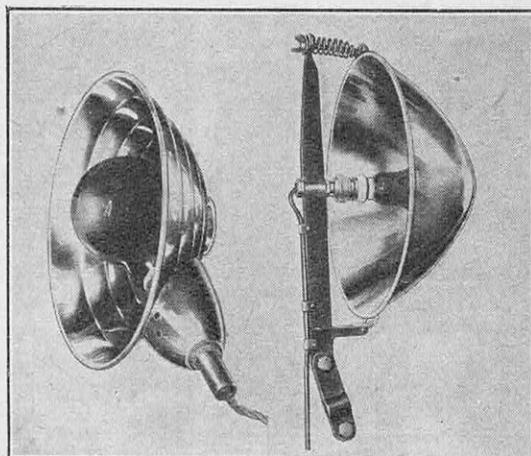
Lorsque la « lumière noire » frappe certains pigments fluophosphorescents, ceux-ci restent encore lumineux un temps appré-

ciable après le moment où l'irradiation a cessé, par exemple à la suite d'une panne de courant (ceci est important pour les abris de défense passive).

Les sources de lumière de Wood utilisées doivent être adaptées aux cas particuliers envisagés. Bien souvent, il suffit de faire appel à des lampes veilleuses à argon de consommation insignifiante (2 ou 3 W). C'est ainsi que l'on a équipé récemment avec de telles lampes des cabines de conduite d'automotrices et des tableaux de bord pour avions. De tels dispositifs pourront être utilisés dans les centrales électriques, dans certains recoins noirs d'ateliers pour rendre lumineux les cadrans des appareils de mesure. La lecture de tableaux souvent très compliqués est rendue aisée et sûre par l'emploi de couleurs différentes.

La signalisation par lettres ou plaques irradiées peut recevoir aussi nombre d'applications intéressantes dans les salles de cinéma, de théâtre, dans les abris de défense passive, etc. Mais nous ne prétendons pas avoir épuisé la liste des applications de la « lumière noire » dans le domaine de la signalisation ; un dernier exemple montrera combien elles sont variées et inattendues : le marquage du linge chez le blanchisseur se fait avec des encres qui sont souvent difficiles à enlever ensuite, et cette opération est souvent une source de discussions entre le blanchisseur et sa clientèle. Supposons que les marques soient faites en substances invisibles, mais fluorescentes : le blanchisseur fera sans peine son tri en « lumière noire ».

La même méthode pourra être appliquée dans un but de contrôle à des objets destinés à être repris par le fournisseur et suscep-



(Compagnie des Lampes Mazda.)

FIG. 2. — LAMPES PRODUCTRICES DE LUMIÈRE DE WOOD AVEC LEUR RÉFLECTEUR

tibles d'être changés par la clientèle.

### La « lumière noire » et les arts décoratifs

La douceur de la lumière émise par les corps luminescents, la grande richesse des gammes de couleurs obtenues ont tenté les artistes qui en ont tiré les effets les plus inattendus.

Et, tout d'abord, ils lui ont demandé d'embellir la demeure de l'homme moderne. C'est ainsi qu'on peut disposer, dans un vestibule un peu sombre, un bouquet de fleurs artificielles, dont les pétales et les fleurs de matière plastique s'allument sous le rayonnement invisible de l'ultraviolet ; dans une vitrine, on placera des statuettes et des cristaux fluorescents ; au fond d'un aquarium, des minéraux luminescents, la « lumière noire » qui active cette propriété étant par ailleurs favorable à la vie des plantes et des poissons.

Les tableaux qui décorent les appartements

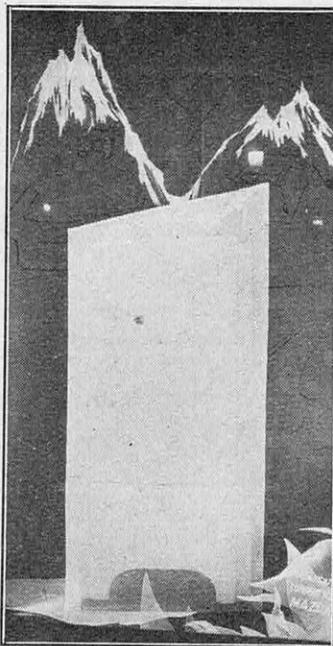
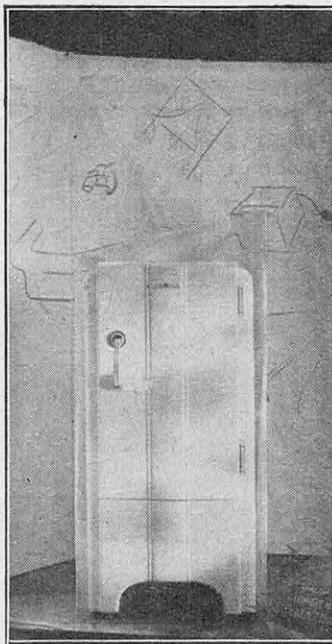
ne sont pas faits pour être regardés à la lumière des lampes électriques, trop riches en radiations jaunes et qui, pour cela, dénaturent leurs coloris. Aussi a-t-on eu l'idée d'imprégner leur peinture de pigments qui, le soir, devenus lumineux, font une merveilleuse symphonie de couleurs. Et un paysage d'automne, de tons jaunes et bruns à la lumière du jour, fait place, la nuit venue, à un paysage d'été, le ciel devenant bleu vif, les arbres et les prairies d'un vert brillant, tandis que s'épanouissent des fleurs multicolores. Dans le même ordre d'idées, le peintre Ch. Blanc-Gatti a composé, durant ces dernières années, des tryptiques et des vitraux à la fois fluorescents et phosphorescents, qui présentent trois aspects différents, suivant qu'on les examine à la lumière ordinaire, à la « lumière noire », ou dans l'obscurité.

Mais c'est la maison tout entière qui peut être baignée de cette lumière reposante : en combinant plusieurs lumières colorées convenablement choisies, on fait la synthèse de la lumière blanche. MM. Servigne, G. et A. Claude ont réalisé cette synthèse par l'emploi de tubes luminescents à gaz rares recouverts d'enduits fluorescents. Les rayons ultraviolets, émis par ces tubes, rendent les enduits lumineux. Ces dispositifs d'éclairage ont l'avantage d'être assez largement étalés et leur lumière est, par conséquent, moins brutale et plus



(Compagnie des Lampes Mazda.)

FIG. 4. — UNE VITRINE DE MAGASIN ÉCLAIRÉE EN « LUMIÈRE NOIRE »  
*Les bouquets de rhodoïd, les mannequins et les tissus sont fluorescents.*



(Compagnie des Lampes Mazda.)

FIG. 3. — DEUX ASPECTS D'UNE MÊME VITRINE

*A gauche, elle est éclairée en lumière ordinaire ; à droite, en lumière de Wood ; l'aspect a totalement changé.*

facile à diffuser que celle des lampes à filament. On les a utilisées à Paris pour l'éclairage de certaines stations de métro. Ce sont les mêmes tubes luminescents dont on a pu voir les arabesques le long de la Tour Eiffel lors de l'Exposition de 1937. Mais, puisque nous parlons d'éclairage, mentionnons encore cette application ingénieuse de la luminescence : des postes de distribution d'essence avaient été éclairés en lumière jaune de sodium. Le soir, les pompes rouges apparaissaient d'une teinte rose très laide. En les peignant avec un vernis rouge fluorescent en rouge (rhodamine), sous l'action des ultraviolets, elles ont retrouvé leur bel aspect.

Il est enfin un art qui emprunte à la lumière ses féeries : c'est le théâtre, dont les décors et les costumes ont besoin de teintes brillantes. Les décors luminescents permettent non seulement des effets décoratifs nouveaux, mais encore des changements complets de décors par simple modification de l'éclairage. L'aspect irréel et les magnifiques coloris que prennent les tissus imprégnés de pigments ont permis de renouveler les fameux « ballets de la Loïe Fuller ». Sur une scène obscure, dont le fond est tendu de velours noir, les danseuses, habillées de velours noirs, évoluent. Des voiles fluorescents qu'elles laissent flotter autour d'elles de-

viennent papillons, libellules, flammes quand les projecteurs de lumière de Wood viennent les arracher à la nuit.

### La « lumière noire » et la publicité

Ce qui est beau, brillant, étrange, attire l'attention ; l'art publicitaire est parent de l'art décoratif et il est des étalages qui sont de véritables chefs-d'œuvre. La « lumière noire », outre la beauté un peu mystérieuse qu'elle confère aux objets qu'elle pare, permet de varier l'aspect d'un même étalage qui pourra être éclairé successivement en lumière visible et en lumière de Wood. On n'a pas encore utilisé toutes les possibilités que donnerait son emploi dans ce domaine, mais un récent concours d'étalages les a mises en évidence.

Tous les jours on imagine de nouvelles et ingénieuses applications de la luminescence. On a réalisé même des jets d'eau fluorescents, et, tout dernièrement, n'a-t-on pas imaginé d'illuminer avec la « lumière noire » certaines parties de grottes et d'avens, dont les concrétions calcaires, stalactites, stalagmites deviendraient d'un blanc bleuâtre ! On voit que nous sommes loin d'avoir décrit tous les services que peut rendre à l'art cette lumière de Wood, sans laquelle « les choses ne seraient que ce qu'elles sont ».

MAURICE DÉRIBÉRÉ.

## POURRA-T-ON, EN AMÉRIQUE, EXTRAIRE LE MAGNÉSIUM DE L'EAU DE MER ?

Par André GUILLAUMIN

INGÉNIEUR CHIMISTE

Nous avons signalé récemment (1) que, bien que l'extraction du gramme et demi de magnésium que contient en moyenne, par tonne, l'eau des océans, conduise à des prix de revient prohibitifs, cette question est suivie de très près dans divers pays ; c'est ainsi que, tout récemment, le Bureau des Mines des Etats-Unis vient d'allouer une nouvelle subvention de 25 000 dollars pour la construction d'une usine d'essai pouvant produire, par jour, 5 t de magnésie (nous ne disons pas « de magnésium »).

Les essais poursuivis en Amérique portent parallèlement sur les deux méthodes possibles de concentration : l'évaporation et la précipitation ; la première méthode est mise

en œuvre par la « California Chemical Company », et la figure 1 en donne un aperçu ; bien qu'il ne s'agisse ici que d'un schéma très simplifié, on voit que les opérations sont assez compliquées, et il n'est pas besoin d'être grand clerc pour comprendre que les dépenses de chauffage et de force motrice sont nécessairement fort élevées ; on remarquera que le produit final est de la magnésie calcinée, autrement dit de l'oxyde de magnésium ; il ne semble pas que l'on envisage, pour l'instant du moins, de l'utiliser à la préparation du magnésium métallique ; le principal débouché serait plutôt la fabrication de briques réfractaires.

Dans la seconde méthode, adoptée par la « Marine Chemicals Company », on part directement de l'eau de mer, et non plus

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 257, page 385.

des eaux-mères de marais salants ; les dérivés magnésiens sont concentrés à l'état solide, par précipitation fractionnée au moyen d'un lait de chaux ; ici encore, les opérations successives sont assez complexes ; la séparation de la magnésie se fait dans un

lesquels on envisage surtout des usages pharmaceutiques et chimiques classiques.

Dans tout ceci, il n'est pas encore question de magnésium métallique ; il semble bien que la nature des impuretés présentes dans les produits ainsi obtenus exige une

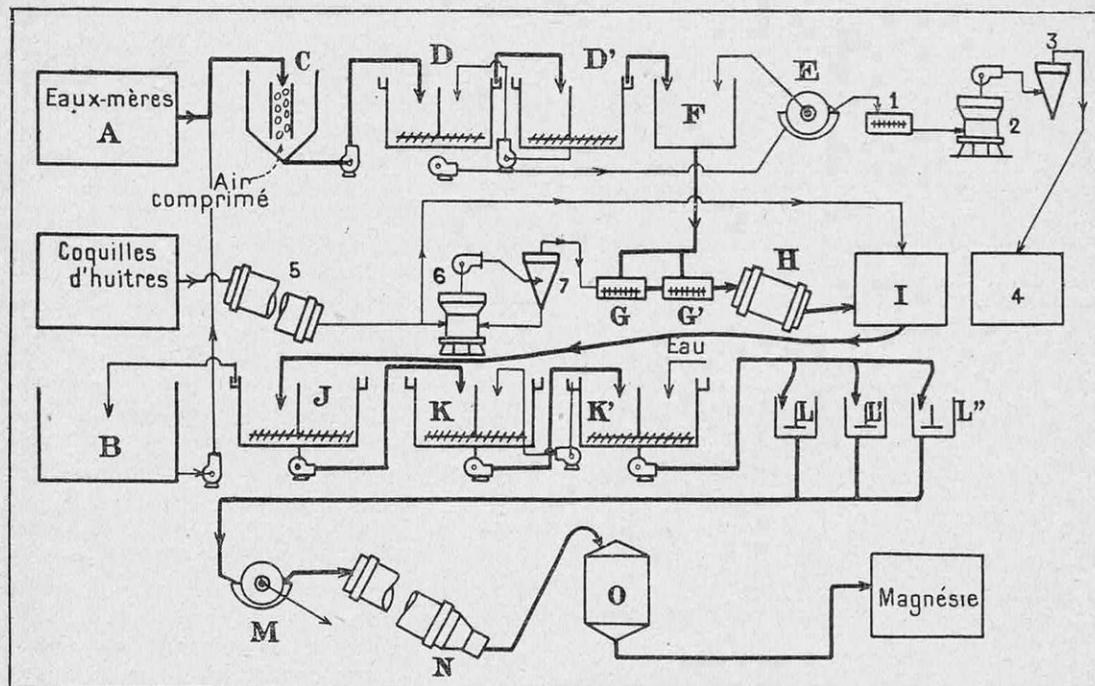


FIG. 1. — EXTRACTION DES COMPOSÉS MAGNÉSIEUX DES EAUX-MÈRES DES MARAIS SALANTS

Les eaux-mères de marais salants, déjà très riches en sels de magnésium, sont traitées par un léger excès d'acide sulfurique, qui transforme le tout en sulfates ; le brome des bromures est récupéré de la façon habituelle, et la solution de sulfate A est envoyée, en même temps qu'une solution de chlorure de calcium B, dans un bac C où leur mélange est assuré au moyen d'une arrivée d'air comprimé ; une double décomposition se produit, donnant du chlorure de magnésium, très soluble, et un précipité boueux de sulfate de calcium hydraté (plâtre) ; le tout subit une première séparation dans des épaisseurs D, D', la séparation finale ayant lieu dans le filtre rotatif E (le plâtre est séché en 1, broyé et tamisé en 2 et 3, et finalement stocké en 4 pour être envoyé à une usine de ciment) ; les solutions claires, provenant du dernier épaisseur et du filtre rotatif, sont rassemblées dans le bac F, d'où elles parviennent aux mélangeurs rotatifs G, G', alimentés d'autre part en lait de chaux (la chaux est fabriquée à partir de coquilles d'huîtres, extrêmement abondantes dans la baie de San-Francisco, qui sont cuites en 5, broyées et tamisées en 6 et 7) ; la réaction (déplacement de la magnésie par la chaux) s'achève dans le tambour H et dans le bac I, où débouche une arrivée complémentaire de lait de chaux ; la séparation a lieu dans l'épaisseur J, d'où la solution de chlorure de calcium retourne en B, tandis que la magnésie est lavée dans les épaisseurs-laveuses K, K', rassemblée dans les décanteurs à agitateurs L, L', L'', filtrée en M, calcinée en N, tamisée dans une installation complexe schématisée en O, et finalement entreposée.

appareil spécialement conçu dans ce but, et qui n'a pas son équivalent dans les autres industries chimiques : c'est un grand réservoir en béton, de 30 mètres de diamètre et 6 mètres de hauteur, comportant des surfaces de dépôt formées de voiles verticales en béton de très faible épaisseur.

Les produits obtenus sont l'oxyde, l'hydroxyde et le carbonate de magnésium, pour

remise en étude des méthodes actuelles, qui n'ont, elles-mêmes, été mises au point qu'après de longues et pénibles recherches ; il est donc probable que l'eau de mer restera pendant longtemps un minerai de magnésium « en puissance », et que les riverains d'un même océan ne trouveront pas là, de sitôt, nouvelle matière à querelles.

ANDRÉ GUILLAUMIN.

# POUR LA NAVIGATION AERIENNE, VOICI UN PILOTE AUTOMATIQUE DE CAP

Par Jean MARIVAL

**T**OUT dispositif qui assume automatiquement une partie de la tâche du pilote d'avion concourt évidemment à la sécurité de la navigation aérienne. S'il s'agit du vol en aveugle par temps de brume ou de vols nocturnes, par exemple, le maintien automatique d'une direction donnée procure notamment au pilote une liberté d'esprit qui lui permet d'observer ses nombreux appareils de bords ou les signaux lumineux qui jalonnent sa ligne. De même pour les vols à longue distance, toute diminution de la fatigue physique constitue encore un facteur de sécurité.

Maintenir un cap donné sur un avion, c'est agir sur le gouvernail de direction de manière que l'angle formé par l'axe de l'appareil et

la ligne nord-sud soit constant. Comme tout problème d'automatisme, celui-ci exige la matérialisation du cerveau qui conçoit la manœuvre, du bras qui l'exécute, de la source d'énergie qui la rend possible; nous devons donc trouver ici successivement le dispositif indiquant toute variation du cap suivi par l'avion, l'appareillage de commande du gouvernail pour corriger cette variation, enfin la source d'énergie grâce à laquelle est effectuée cette opération.

Fixer une direction dans l'espace sur un mobile susceptible de se déplacer en tous sens est une question à laquelle l'aiguille aimantée, l'axe d'un gyroscope suspendu à la cardan, ont apporté depuis longtemps une réponse satisfaisante. Dès 1914, Sperry,

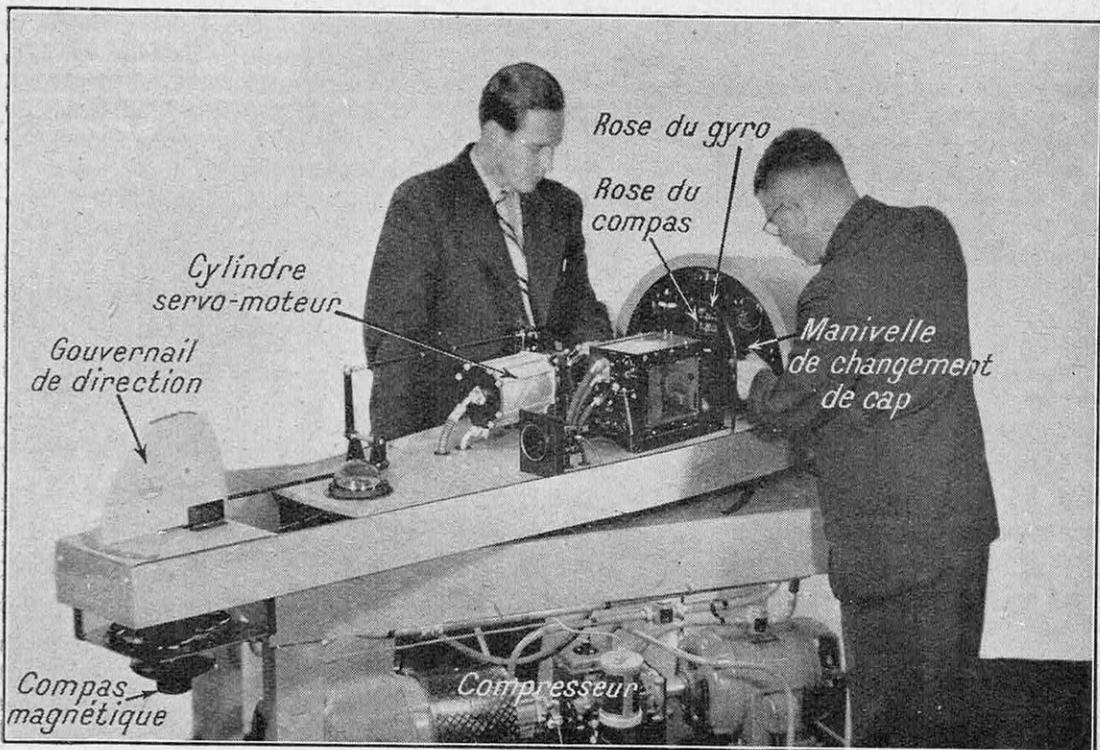


FIG. 1. — VUE D'ENSEMBLE DE L'APPAREIL DE MAINTIEN AUTOMATIQUE DE CAP INSTALLÉ, POUR UNE DÉMONSTRATION, SUR UN MODÈLE RÉDUIT D'AVION

Lorsqu'on manœuvre la manivelle de changement de cap, le châssis de l'avion pivote immédiatement jusqu'à ce que son axe fasse, avec la ligne nord-sud, l'angle voulu, et conserve automatiquement ce cap.

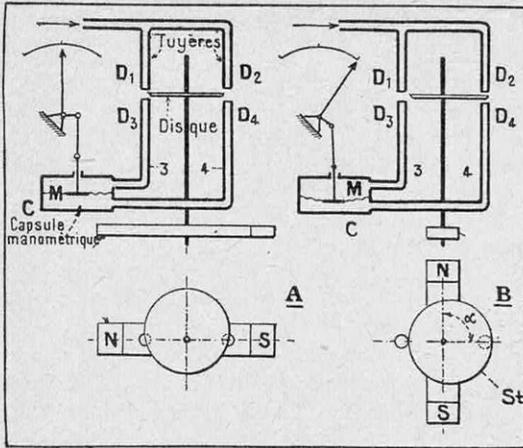


FIG. 2. — SCHÉMA DU DISPOSITIF DE TRANSMISSION A DISTANCE DES INDICATIONS DU GYROSCOPE DE CAP

Position A : position moyenne pour laquelle l'avion suit le cap voulu. L'air comprimé, amené par les tuyères  $D_1, D_2$ , frappe également les bords d'un disque fixé sur une tige traversant le cadre du gyroscope. Les pressions transmises par  $D_3$  et  $D_4$  à la capsule manométrique sont égales de chaque côté de la membrane M. — Position B : l'avion a tourné de  $90^\circ$  entraînant les tuyères  $D_1, D_2$ . Le disque étant excentré, la tuyère  $D_1$  n'est pas obturée par le bord du disque. La membrane M s'infléchit par suite de la surpression qu'elle supporte. Elle agit alors (fig. 5) sur le gouvernail pour ramener l'avion dans la position moyenne A.

le grand spécialiste du gyroscope, avait monté sur un hydravion un dispositif dit de pilotage automatique. Mais si cet appareil remplaçait le pilote pour assurer la stabilité longitudinale et la stabilité transversale, il ne résolvait pas le problème qui nous occupe ici : maintien automatique d'un cap donné, auquel il faut ajouter celui du changement possible et également automatique de cap sous les ordres du pilote.

### Les organes de contrôle automatique

C'est encore l'immuabilité de l'axe d'un gyroscope qui a permis de mettre au point un nouveau dispositif de cap automatique. La direction de son axe horizontal, que n'influence pas la proximité de masses magnétiques, matérialise donc la ligne de repère avec laquelle l'axe de l'avion doit faire un angle donné. Il s'agit alors de transformer en déplacements convenables du gouver-

naïl de direction toute variation de cet angle. D'ailleurs, dans le système « Askania » que nous allons décrire, un compas magnétique placé en un endroit convenable de l'avion, en général à l'extrémité du fuselage, loin de masses métalliques, permet de contrôler les indications du gyroscope qui peuvent varier lentement, comme nous le verrons.

Pour contrôler le cap, le gyroscope et l'aiguille aimantée sont munis d'un dispositif de transmission à distance utilisant les différences de pressions de part et d'autre de la membrane élastique d'une capsule manométrique. Imaginons, en effet, que le cadre du gyroscope soit traversé par une tige portant à son extrémité un disque circulaire excentré par rapport à cette tige (fig. 2). Ce disque n'est animé d'aucun mouvement de rotation, puisque l'axe du gyroscope conserve une direction fixe. Dans sa position moyenne le disque intercepte également les jets d'air s'échappant des tuyères  $D_1, D_2$ . Les pressions transmises par les conduites  $D_3, D_4$  de chaque côté de la membrane M de la capsule C sont donc égales et la membrane est en équilibre. Cette position moyenne est celle qui correspond au cap à suivre. Que l'avion vienne à changer de direction, les tuyères  $D_1, D_2$  qui tournent avec lui, quittent cette position moyenne. Le disque étant excentré par rapport à sa tige, les tuyères prennent donc une position dissymétrique (fig. 2, B) de sorte que l'air intercepté en  $D_2$  ne l'est plus en  $D_1$ ,

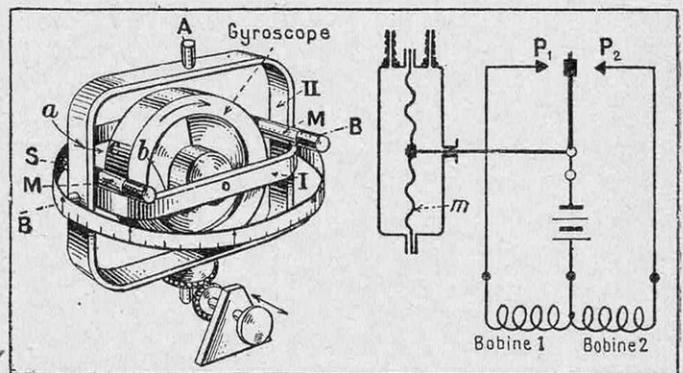


FIG. 3. — DISPOSITIF DE CORRECTION DU MOUVEMENT DE PRÉCESSION DU GYROSCOPE (A DR., SCHÉMA ÉLECTRIQUE)

Lorsque le gyroscope change de position, le cadre II tourne dans la direction a ; mais le compas à distance maintenant sa direction, indique la déviation de l'avion par rapport au cap fixé (voir fig. 4). Il agit sur le dispositif ci-dessus en envoyant un courant dans les bobines 1 et 2 à enroulement inverse. Ainsi le cadre I est entraîné par les aimants M autour de l'axe B B. Le mouvement rappelle le cadre II dans la direction c (opposée à a) vers sa position d'origine.

par exemple, et la membrane *M* s'incurve. Ainsi sont transmises à distance les indications du gyroscope. Un système analogue (fig. 4) permet également de transmettre à distance les indications du compas magnétique. Le pilote voit donc sur le tableau de bord si les caps indiqués par le gyroscope et le compas coïncident.

Avant d'étudier comment ces indications sont transformées en commandes du gouvernail, une remarque s'impose. Un gyroscope, comme toute création de l'homme, n'est pas parfait ; il n'est jamais mathématiquement équilibré. Son axe réagit donc inégalement sur les paliers qui le supportent. Il en résulte un couple qui tend à faire basculer cet axe. Mais on sait qu'un tel couple engendre une force perpendiculaire à son plan, qui anime le gyroscope d'un mouvement dit de précession (l'axe du gyroscope décrit un cône) d'autant plus lent que l'appareil est mieux équilibré. Ce mouvement risquerait donc de fausser à la longue les indications du gyroscope et le pilote devrait corriger, de temps en temps, l'ajustement du gyroscope pour que les roses du « gyro » et du compas coïncident. On a pu cependant remédier à cet incon-

véniement en utilisant la différence de pression qui se produit sur la membrane lorsque le gyroscope exécute son mouvement de précession pour envoyer un courant électrique dans l'une des deux bobines (enroulées en sens inverse) produisant dans deux barreaux de fer une aimantation convenable ramenant le gyroscope à sa position exacte (fig. 3).

### Comment s'opère un changement de cap

Sur le tableau de bord, le pilote dispose d'une petite manivelle. La manœuvre-t-il

pour amener, par exemple, l'indication de la rose du gyroscope de 15° à 30° ? Ce faisant, il fait pivoter le système des tuyères du « gyro » et du compas. Celles-ci n'étant plus dans leur position moyenne, les pressions sur les membranes des capsules manométriques ne s'équilibrent plus et le gouvernail est sollicité jusqu'à ce qu'il ait pris une orientation telle que les tuyères viennent

occuper la position moyenne d'équilibre. L'avion, obéissant à cette commande, prend donc exactement la direction du nouveau cap.

### La commande du gouvernail

Les déplacements de la membrane seraient insuffisants pour commander le gouvernail. Ils doivent agir sur un relais mettant en action un servo-moteur chargé de ce travail. La solution est à la fois ingénieuse et simple (fig. 5). De l'air comprimé est dirigé vers une tuyère pouvant osciller autour d'un axe et ce sont les oscillations limitées de cette tuyère qui sont régies par la membrane manométrique. Selon que son ajustage est dirigé d'un côté ou d'un autre, l'air comprimé à 1,5 kg/cm<sup>2</sup> s'écoule vers l'une ou l'autre de deux conduites aboutissant sur cha-

que face d'un piston, et c'est celui-ci qui commande enfin la tringlerie du gouvernail. Ajoutons que des dispositifs d'amortissement et d'asservissement évitent la production d'une oscillation pendulaire de la tuyère. De même en cas de changement voulu de cap, la vitesse de rotation de l'avion est limitée à 2 degrés par seconde, à l'aide d'un gyroscope amortisseur construit comme un indicateur de virage dans le vol en aveugle.

Le fonctionnement de l'appareil est, on l'a

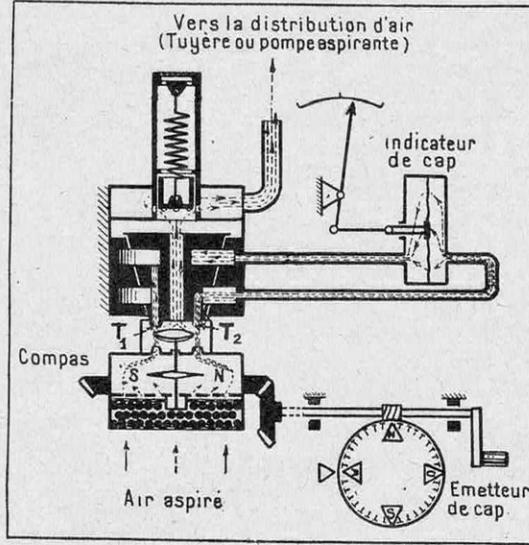


FIG. 4. — SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DU COMPAS A DISTANCE

*Ce compas magnétique est muni d'un dispositif de transmission à distance, fondé sur un principe analogue à celui du gyroscope (fig. 2). On reconnaît, sur la figure, les tuyères T<sub>1</sub> T<sub>2</sub> par lesquelles passe l'air aspiré avant de se rendre dans la capsule manométrique indicateur de cap. Si l'avion est dévié, ces tuyères ne sont plus symétriquement obturées par le disque solidaire de l'aiguille aimantée, et la membrane de la capsule fléchit. La manivelle, émetteur de cap, permet de fixer un nouveau cap à l'avion en modifiant la position des tuyères par rapport à son axe. Automatiquement, l'indicateur de cap agit sur le gouvernail pour faire tourner l'avion jusqu'à ce qu'il vole suivant le nouveau cap déterminé. Cet ajustement se fait simultanément avec le gyroscope de cap.*

vu, fondé sur l'emploi d'air comprimé pour assurer non seulement la commande, dans un sens ou dans l'autre, du servo-moteur actionnant le gouvernail de direction, mais encore pour matérialiser les déviations de l'avion par rapport à un cap donné et agir en conséquence.

L'installation d'approvisionnement d'air comprend donc : le compresseur d'air, la pompe de dépression qui sert notamment

l'appareil aux altitudes élevées, où la densité de l'air aspiré diminue considérablement, le compresseur, comme aussi la pompe de dépression, ont été prévus pour pouvoir produire, au voisinage du sol, un débit double de celui qui est réellement nécessaire.

Ainsi l'air, utilisé aujourd'hui à bord des avions, soit à haute pression ( $30 \text{ kg/m}^2$ ) pour le lancement pneumatique des moteurs, le réarmement des mitrailleuses, la synchro-

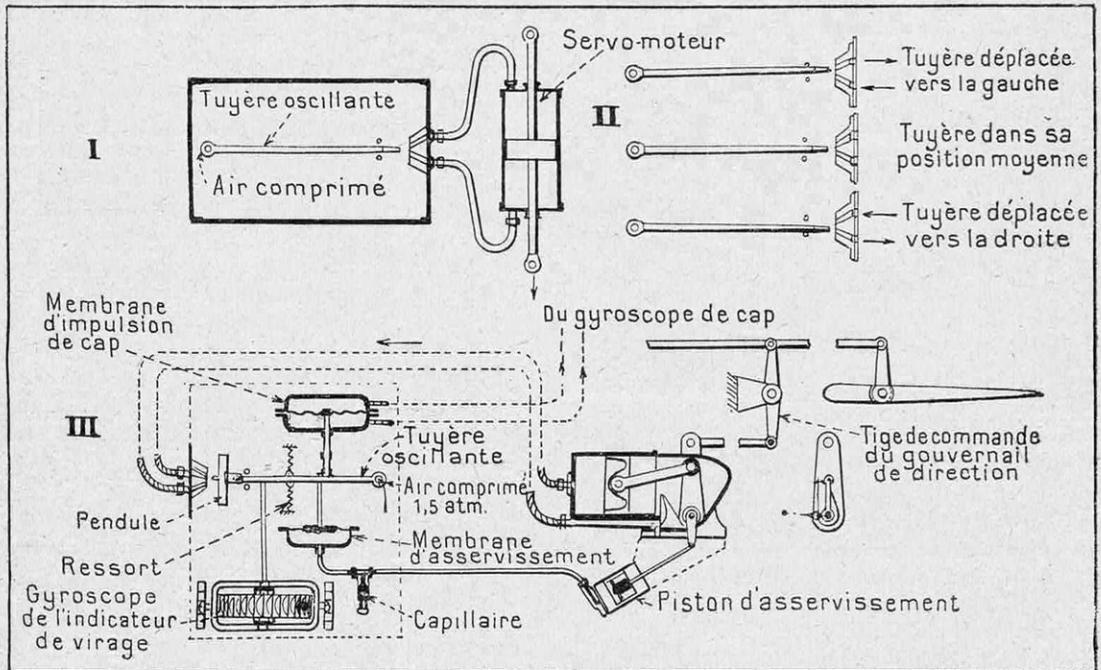


FIG. 5. — SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT DU PILOTE AUTOMATIQUE DE CAP

En III est représenté le schéma d'ensemble. La membrane indicatrice de cap du gyroscope (fig. 2) agit sur une tuyère oscillante recevant de l'air comprimé à  $1,5 \text{ kg/cm}^2$ . On voit en I et II le rôle de cette tuyère : suivant qu'elle est déplacée vers la gauche ou vers la droite, elle envoie l'air comprimé sur une face ou l'autre d'un piston servo-moteur qui actionne enfin la commande du gouvernail de direction. Les dispositifs d'asservissement ont pour but d'éviter les oscillations de l'avion de part et d'autre de la direction suivie. En outre, la vitesse de rotation de l'avion, en cas de changement de cap, est limitée à  $2^\circ$  par seconde au moyen d'un gyroscope amortisseur construit comme un indicateur de virage.

pour la télétransmission des indications fournies par le compas magnétique, un filtre, un indicateur de pression.

Pour la production d'air comprimé à  $1,5 \text{ kg/cm}^2$  et d'air déprimé à  $1800 \text{ mm}$  d'eau, le compresseur et la pompe comportent un piston rotatif tournant dans un cylindre par rapport auquel il est excentré. Le principe en est bien connu. Diviser l'espace entre piston et cylindre en capacités variables pendant un tour du piston — puisque celui-ci est excentré par rapport au cylindre — et comprimer l'air aspiré pendant que les capacités croissent. Bien entendu, pour assurer un fonctionnement correct de

nisation de la vitesse de tir des mitrailleuses avec la rotation du moteur pour le tir à travers l'hélice, soit à moyenne pression ( $2,5 \text{ kg/cm}^2$ ) pour le pilotage automatique, soit à basse pression ( $0,5 \text{ kg/cm}^2$ ) pour le dégivrage des bords d'attaque des ailes et du plan stabilisateur, soit déprimé pour l'entraînement des gyroscopes, l'air, disons-nous, se révèle (comme l'électricité et les transmissions hydrauliques) (1) un agent d'une extrême souplesse capable de libérer le pilote d'une partie matérielle de sa tâche, et de lui permettre de se consacrer plus entièrement aux manœuvres de sécurité.

J. MARIVAL.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 255, page 236.

# LA T. S. F. ET LA VIE

Par André LAUGNAC

## Les détecteurs modernes

UNE des opérations primordiales de la technique radiophonique est la « détection », dont dépend, pour une grande part, la qualité musicale des récepteurs. La figure 1 montre un exemple de courant haute fréquence tel qu'on peut en rencontrer dans les circuits haute fréquence d'un récepteur, et dont l'allure générale est identique à celle de l'onde radiophonique qu'il a captée. A gauche, la modulation est absente et l'onde porteuse reste seule, avec son amplitude constante ; à droite, l'onde porteuse est modulée suivant une onde de fréquence beaucoup moins grande, correspondant à un son musical audible, et que, pour simplifier, nous choisissons sinusoïdale. Tout le problème de la détection consiste à mettre en évidence cette composante basse fréquence et à éliminer l'onde porteuse de haute fréquence.

Pour y arriver, on introduit, dans le circuit de détection, une *résistance variable* (le *détecteur*), qui a pour mission de favoriser

le passage du courant dans un sens et de le gêner dans l'autre. Cette dissymétrie donne naissance à une composante basse fréquence correspondant à la modulation. L'opération de la détection ainsi réalisée ne doit introduire aucune distorsion si l'on veut que les sons soient restitués aussi purs qu'ils ont été émis. C'est là que réside la difficulté.

A l'heure actuelle, les détecteurs à cristaux, galène, zincite, carborundum, ont disparu des récepteurs modernes et ont fait place à peu près complètement aux tubes électroniques, sous leurs formes les plus variées.

Les premiers détecteurs à lampes, appelés communément *détectrices-grille*, utilisaient comme résistance variable la courbure de début de la caractéristique de grille des triodes (fig. 2) où l'on se maintenait en intercalant dans le circuit-grille une résistance très élevée (de l'ordre de plusieurs mégohms). Suivant l'amplitude du signal haute fréquence (qui varie avec la modulation), la tension moyenne appliquée sur la grille varie et, du fait de la courbure, il s'introduit une dissymétrie dans le fonctionnement de l'ensemble. La plaque recueille en amplifiant le produit de la détection.

Ce procédé fut longtemps le seul utilisé. Il offrait l'avantage, du fait de la présence d'une résistance élevée, de ne pas amortir le circuit oscillant aux bornes duquel la lampe était connectée ; de plus, cette même lampe jouait à la fois le rôle de détectrice et d'amplificatrice ; ce dispositif était, par suite, très sensible et convenait aux signaux faibles. On reproche

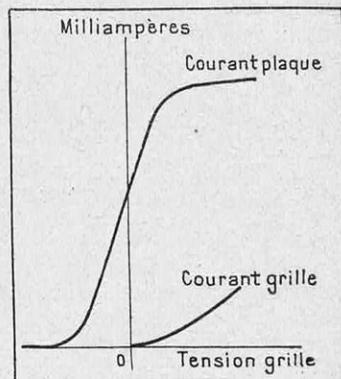


FIG. 2 — VARIATIONS DU COURANT-PLAQUE EN FONCTION DE LA TENSION-GRILLE

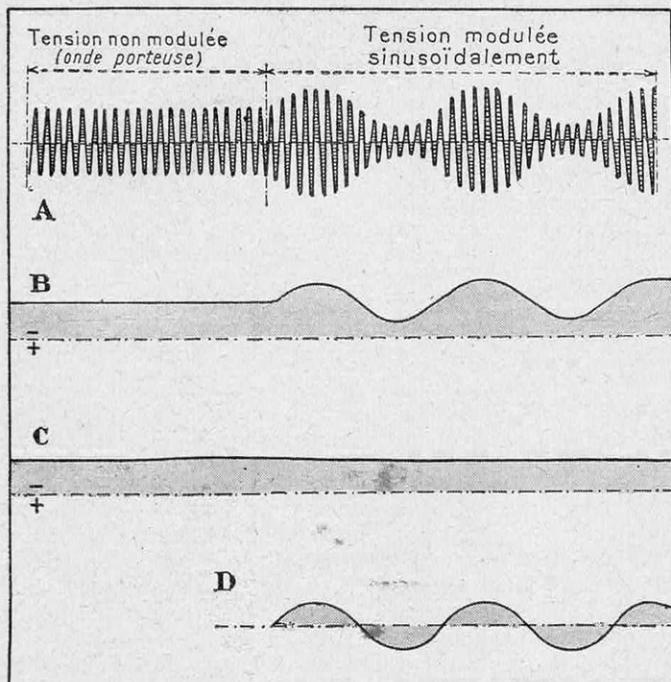


FIG. 1. — EN QUOI CONSISTE LA DÉTECTION

A, tension haute fréquence aux bornes du circuit oscillant ; B, tension détectée aux bornes de CR (fig. 3) ; C, composante continue proportionnelle à l'onde porteuse aux bornes de  $C_2$  ; D, composante basse fréquence aux bornes de  $R_1$ .

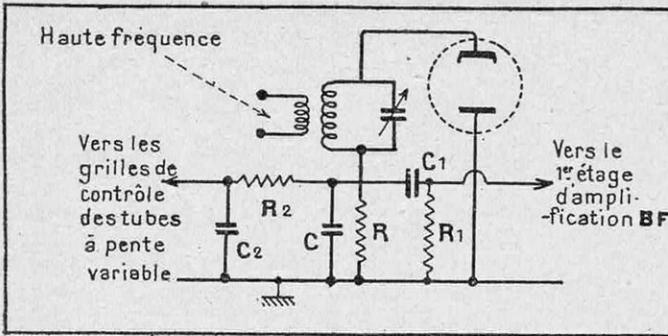


FIG. 3. — SCHÉMA DE LA DÉTECTION-DIODE

La tension détectée est recueillie aux bornes de CR; la composante BF subsiste seule aux bornes de R<sub>1</sub>; tandis que la valeur moyenne est utilisée aux bornes de C<sub>2</sub> (voir la figure 1).

avec juste raison à la détection-grille d'introduire (puisque l'on utilise une courbure) une « distorsion ».

Pendant de nombreuses années, un circuit connu sous le nom de *détectrice à réaction* remporta un succès considérable en raison de sa sensibilité accrue : cette détectrice à réaction est constituée par une détectrice-grille, avec couplage, ou « réaction », entre les circuits-plaque et grille. Dans un tel montage, l'énergie perdue par le circuit oscillant de grille en raison de son amortissement lui est restituée à chaque oscillation par le circuit-plaque. Le « désamortissement » qui en résulte augmente encore la sensibilité et la sélectivité de la détectrice-grille.

Lorsque l'on a su amplifier facilement les courants haute et moyenne fréquence, le problème de la détection changea d'aspect, puisqu'on disposait de moyens efficaces pour accroître la sensibilité des récepteurs et qu'on pouvait porter toute son attention sur la qualité, ou « linéarité », de la détection. C'est alors qu'apparurent de nouveaux circuits détecteurs, tels que la *détention-grille de puissance*, la *détention-plaque* et la *détention-diode*. La première diffère de la détection-grille primitive par les valeurs des capacités et résistance de détection ; la détection-

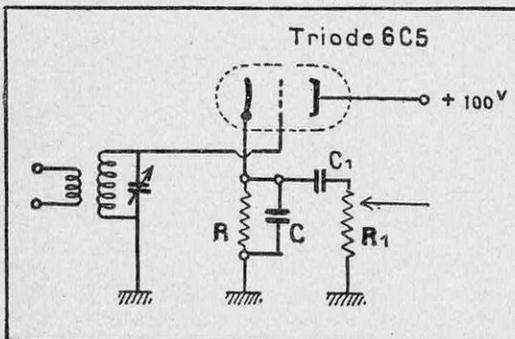


FIG. 4. - SCHÉMA DE DÉTECTION CATHODIQUE

La composante basse fréquence est recueillie aux bornes de R<sub>1</sub>.

plaque présente plusieurs variantes : la plus connue utilise une triode dans laquelle la grille est polarisée à une valeur telle qu'en l'absence de signal, aucun courant ne circule dans le circuit-plaque. Ainsi, seules, les alternances positives donneront lieu à un courant-plaque dont la valeur moyenne représente la modulation ; enfin la détection-diode utilise la conductibilité unilatérale des diodes.

La détection-grille a disparu complètement des récepteurs modernes de radiodiffusion ; cependant son aptitude à détecter les signaux très faibles est encore très appréciée par les techniciens.

La détectrice à réaction, sous ses formes les plus diverses, restera longtemps encore le procédé le plus simple et surtout le plus sensible pour la réception des ondes courtes et très courtes. La détection-diode, dès son apparition, fut considérée comme parfaite ; elle admet, en effet, des tensions haute fréquence beaucoup plus élevées que la détection-grille.

Cette très intéressante propriété est mise à profit dans nos récepteurs modernes pour la commande du contrôle automatique de sensibilité, ou système antifading. La valeur moyenne de la tension détectée étant proportionnelle à l'amplitude de l'onde porteuse, elle peut être utilisée pour polariser plus ou moins les grilles de contrôle des lampes à pente variable, de sorte que la sensibilité du récepteur diminue d'autant plus que l'émission reçue est plus puissante.

L'examen approfondi de la détection-diode fait apparaître certains défauts qu'une étude trop superficielle n'avait pas permis de mettre en évidence. Les signaux faibles étant détectés par le « coude inférieur » de la caractéristique de la diode (fig. 5), subissent une distorsion notable ; de plus, la diode, telle qu'elle est utilisée actuellement, amortit beaucoup le circuit aux bornes duquel elle est placée et ainsi nuit à la sélectivité et à la sensibilité du récepteur, du fait de la résistance relativement faible (quelques centaines de mille ohms) placée en dérivation

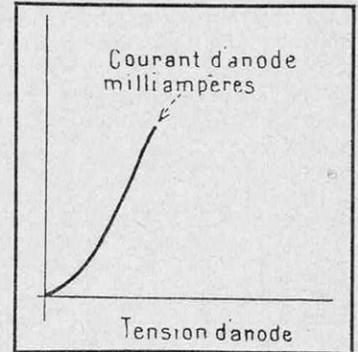


FIG. 5 — CARACTÉRISTIQUE DE DIODE (COURANT D'ANODE EN FONCTION DE LA TENSION D'ANODE)

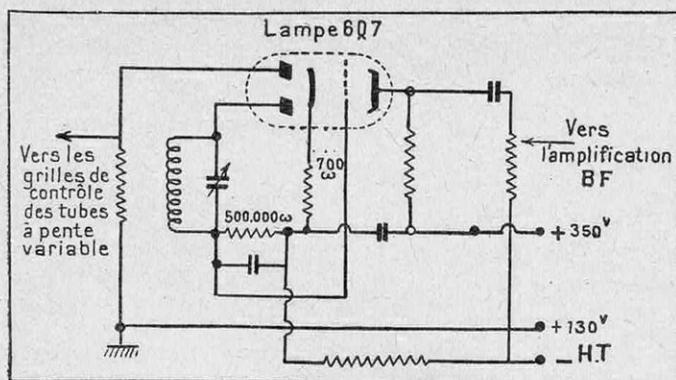


FIG. 6. — SCHÉMA DE DÉTECTION « GLORIE » A LIAISON DIRECTE ET COMMANDE ANTIFADING AMPLIFIÉ

sur le circuit oscillant. Si l'on cherche à éliminer le premier défaut en évitant les signaux faibles par une amplification haute fréquence ou moyenne fréquence plus élevée (pour sortir en permanence du coude de la caractéristique), on tombe souvent dans un autre défaut aussi grave : en effet, le dernier étage d'amplification précédant la diode se trouve surchargé par les signaux de grande amplitude, d'où introduction de distorsion. On démontre, de plus, que la détection-diode introduit systématiquement de la distorsion pour les grandes profondeurs de modulation.

Plusieurs systèmes ont été récemment préconisés afin d'éliminer tous ces défauts. Il faut, tout d'abord, citer la *détection cathodique* connue souvent sous le nom de détection « *Sylvania* ». Le circuit d'accord se trouve dans le circuit-grille d'une triode polarisée, même en l'absence de signal, à la naissance du courant-plaque. La tension détectée est recueillie aux bornes d'une résistance de forte valeur, placée dans le circuit « cathodique » (fig. 4). Malheureusement, la valeur moyenne de la tension ainsi recueillie n'est pas utilisable pour commander un système antifading. (La tension recueillie est positive par rapport à la masse.) Il faut, pour cette opération, adjoindre à la détection cathodique une détection-diode indépendante ; cette petite complication est compensée par l'amélioration de la qualité de la musique qui en résulte. Cette détection cathodique judicieusement utilisée est beaucoup plus fidèle que la détection par courbure de caractéristique de plaque, avec laquelle elle présente une certaine analogie ; elle n'apporte aucun gain d'amplification ; la qualité exceptionnelle qu'elle permet d'atteindre est due à un effet de « contre-réaction ».

Depuis quelques mois, un nou-

veau procédé de détection semble connaître, en France surtout, un essor particulièrement considérable : nous voulons parler de la détection « *Glorie* ». Cette dernière utilise une double diode-triode (fig. 6) ; elle tire son origine de la remarque suivante : les défauts de la détection-diode étant principalement imputables au procédé par lequel la composante basse fréquence est appliquée à l'étage suivant, M. Glorie réalise cette liaison par un système direct. Ce circuit, tout en améliorant ainsi la qualité de la détection, introduit un perfectionnement particulièrement intéressant : il agit en « antifading amplifié », la valeur moyenne de la tension détectée étant, elle aussi, amplifiée par la triode avant d'être appliquée sur les grilles de contrôle des lampes à pente variable.

### Les présélecteurs de programmes

LE succès considérable rencontré en Amérique par le réglage automatique des récepteurs à l'aide de boutons-poussoir, a conduit certains constructeurs à perfectionner encore ce nouveau mode de réglage en y adjoignant en particulier la présélection des programmes. Beaucoup de personnes, en effet, n'écoutent exclusivement que quelques stations de leur choix et déterminent à l'avance, chaque jour, le programme de leurs auditions. Le « présélecteur de programmes », réglé une seule fois par vingt-quatre heures, leur assurera dorénavant la mise en marche, le changement de stations et l'arrêt de leur récepteur aux instants prédéterminés, sans aucune intervention de leur part.

Dans certains de ces présélecteurs, un petit moteur synchrone actionne à la fois une pendule et entraîne un dispositif mécanique, permettant, chaque quinze minutes,

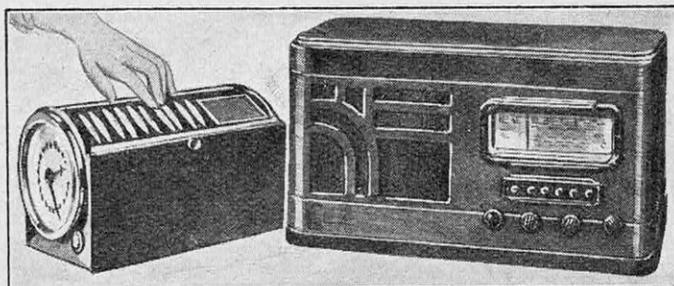


FIG. 7. — PRÉSÉLECTEUR DE PROGRAMME ADAPTABLE A TOUS LES POSTES A RÉGLAGE PAR BOUTONS-POUSOIRS  
Ce présélecteur choisit à volonté une station parmi les 10 prévues d'après le réglage des boutons. Il met en marche, règle et arrête le récepteur à n'importe quel instant déterminé par les index.

une des manœuvres suivantes : mise en marche, changement de programme ou arrêt du récepteur. L'appareil possède, à cet effet, 96 petits leviers que l'utilisateur dispose à son choix sur une des positions prévues : neutre, émetteur 1, 2, 3, 4, 5, et arrêt, de telle sorte que chaque quinze minutes le mécanisme entraîné par le moteur pourra établir ou couper un circuit comme le ferait directement un bouton-poussoir de commande.

Ces présélec-

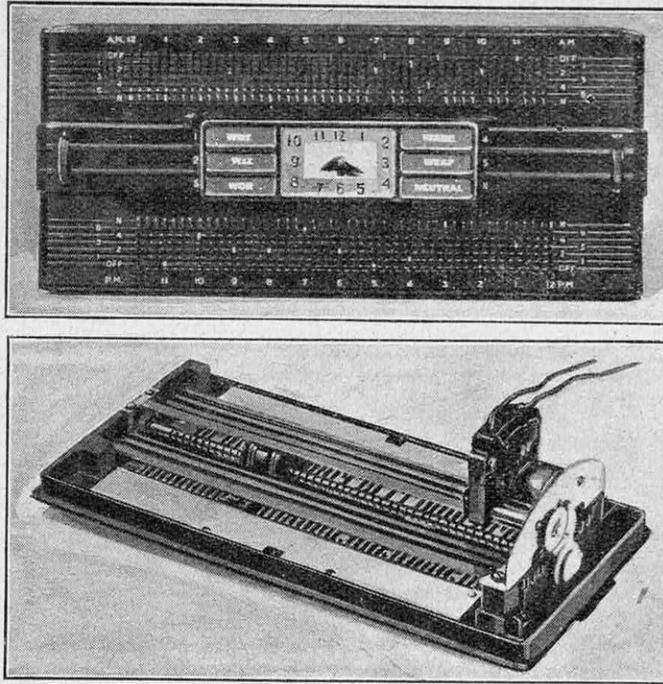


FIG. 8. — EN HAUT : VUE DE FACE D'UN PRÉSÉLECTEUR MONTRANT LES LEVIERS PERMETTANT LA SÉLECTION D'UNE STATION DÉTERMINÉE TOUTS LES QUARTS D'HEURE. EN BAS, VUE ARRIÈRE DU PANNEAU DU PRÉSÉLECTEUR MONTRANT LE MOTEUR SYNCHRONE ET LES CONTACTS DES LEVIERS

teurs ont été spécialement conçus pour fonctionner en liaison avec des récepteurs dans lesquels l'accord automatique est obtenu par rotation des condensateurs variables au moyen d'un petit moteur électrique accouplé à l'axe de ces derniers. La fermeture de chaque contact du présélecteur provoque le démarrage du moteur; l'arrêt dans la position désirée est automatiquement assuré par une came solidaire de l'axe des condensateurs variables.

A. LAUGNAC.

## QUELQUES IDÉES AMÉRICAINES SUR L'AVENIR DU PROGRÈS TECHNIQUE

**L**A gestion d'un Etat ou d'une entreprise pose des problèmes de prévision dont les solutions sont le plus souvent le produit des qualités d'intuition du chef. C'est la vie même de l'entreprise ou la prospérité de l'Etat qui sont alors en jeu ; ainsi l'Angleterre doit une grande partie de sa puissance actuelle aux importantes réserves de pétrole qu'elle possède dans le monde. Si elle n'avait pas compris à temps l'importance de ce précieux liquide dont son sol ne produit pas une seule goutte, il lui manquerait un des principaux éléments de sa prospérité. Et pourtant la rapidité et la déconcertante variété du progrès technique rendent assez hasardeuses de telles prévisions : M. A. Siegfried n'a-t-il pas déclaré tout dernièrement que « ce qui commence n'est sans doute rien moins qu'un âge nouveau de l'humanité ; il faut en parler comme on ferait, par exemple, du passage du paléolithique au néolithique ».

Pour l'industriel, la prévision intervient

dans l'investissement des capitaux et dans leur amortissement. Il y a lieu de prévoir l'usure des machines et leur remplacement en temps utile. Un mode un peu archaïque de cet amortissement est celui du couteau dont on remplace successivement le manche, puis la lame. Il est aujourd'hui périmé, car la machine s'use de deux façons : par le travail et aussi par le progrès scientifique, et cette deuxième usure est parfois plus importante que la première. Une machine peut, du jour au lendemain, devenir démodée, et, sans avoir jamais tourné peut-être, ne plus rien valoir. Comme les compagnies d'assurances ne protègent pas contre ce genre de risque, il serait très intéressant de le réduire dans une certaine mesure.

Est-il possible de prévoir, ne serait-ce que quelques années à l'avance, le développement futur de la technique ? En examinant ce développement pendant les trente dernières années, on peut dégager certaines règles, apercevoir un certain enchaînement

des faits. Entre une nouvelle découverte scientifique et sa réalisation pratique, il s'écoule généralement plusieurs années, parfois même plusieurs décades — cinq ans normalement entre le dépôt du brevet et la fabrication industrielle de l'objet d'invention.

Utilisant ces remarques, les Américains ont les premiers envisagé un essai en grand de ce genre de prévision avec le concours des personnalités les plus qualifiées de la science, de la technique et de la politique, et ont borné « modestement » leur enquête aux trente années à venir. A l'issue de ce travail, ils ont remis au Président des Etats-Unis un volumineux rapport dont voici les lignes essentielles : la recherche constante du confort conduira à des perfectionnements notables dans le domaine de l'habitation et des transports ; pour mettre ces perfectionnements à la portée de tous, on cherchera de nouveaux matériaux plus économiques, plus légers, et on poussera plus loin la standardisation des objets fabriqués. Enfin, la question la plus importante à résoudre dans l'avenir est celle de l'énergie puisque, d'une part, on prévoit une augmentation continue du nombre des moyens de locomotion et, d'autre part, l'épuisement des réserves de pétrole, exploitées jusqu'ici d'une façon un peu anarchique.

Les enquêteurs américains constatent que l'habitation, si l'on excepte l'invention du béton armé, n'a pas énormément progressé depuis le siècle écoulé. Le béton permet la construction d'énormes « buildings », d'édifices publics, mais ce n'est que depuis quelques années que l'on a tenté de fabriquer en grande série à l'usine ces maisons métalliques à bon marché. En 1936, on a construit une maison de cinq pièces sans fondations, dont le coût était de 3 000 dollars (110 000 f), dotée de tout le confort, y compris le chauffage central. Bien des progrès pourraient être réalisés dans cette industrie qui est le baromètre de l'activité économique, au même titre que l'industrie des transports. Celle-ci est en perpétuelle évolution depuis le début du siècle, et son développement s'est effectué au hasard des inventions, chacun des modes de locomotion, aérien, automobile, ferroviaire, cherchant à tuer les autres. Quel sera l'avenir des transports ? Il semble tout d'abord que, sauf peut-être sur des continents, tout à fait neufs, comme l'Asie, on ne construira pas de nouvelles lignes de chemins de fer. Le trafic ferroviaire sera réservé aux parcours rapides, sur des distances moyennes. Sur les grandes distances, l'avion doit conquérir

une véritable suprématie, et l'existence des immenses palais flottants, comme le *Normandie*, paraît menacée. Sur les petites distances, la construction de nouveaux autostrades devrait donner un immense essor à l'industrie automobile ; son marché est loin d'être saturé, et ne le sera que lorsqu'on aura construit une voiture pour deux personnes environ. Des voitures remorques d'habitation offrirait aux voyageurs le confort auxquels ils seraient habitués. Mais l'autogire, qui sera peut-être prochainement au point, pourrait bien auparavant concurrencer sérieusement l'automobile.

Aux matériaux qui permettent de construire ces engins, on demande de plus en plus des qualités diverses : résistance mécanique, légèreté, bas prix de revient ; 5 000 alliages métalliques sont employés actuellement dans l'industrie pour répondre le mieux possible à ces exigences, mais l'âge du fer n'est pas encore révélé : 7 % seulement de la production mondiale des métaux sont constituées par des métaux non ferreux. Enfin les matières artificielles : bakélite, caoutchouc synthétique, fibre, sont appelées à un brillant avenir comme le montre le projet de la voiture populaire allemande.

Enfin, pour résoudre le problème de l'énergie, des méthodes rationnelles seront cherchées. On prévoit une collaboration plus étroite entre producteurs d'énergie électrique, de chaleur, de gaz d'éclairage et les usines chimiques. Le gaspillage sera éliminé le plus possible. Le pétrole sera de plus en plus transporté par pipe-line. Le charbon ne sera plus brûlé directement, mais on récupérera le gaz, les goudrons et tous les produits précieux qu'il contient, et qui sont libérés lors de sa carbonisation ; le coke sera utilisé à produire soit du carburant synthétique, soit de l'énergie électrique facilement « transportable ».

On voit quel immense effort d'organisation il reste à faire, effort qui réclamera la collaboration de tous : savants, techniciens, administrateurs. Mais le tableau que nous tracent les enquêteurs américains peut ne jamais se réaliser. Des événements politiques peuvent entraver ou accélérer la marche du progrès, et la science n'a pas dit son dernier mot : trouvera-t-elle de nouvelles sources d'énergie qui permettront de faire tourner les moteurs sans souci du lendemain, ou bien s'apercevra-t-on, comme certains médecins le proclament déjà, que cette recherche exagérée du confort est nuisible au bon équilibre de l'organisme humain qu'elle rend plus fragile ?

## LES A COTÉ DE LA SCIENCE

### INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

#### *Pour faciliter le dessin de précision*

Tous les dessinateurs ont souvent déploré que l'emploi avec une seule main du té, de la règle et de l'équerre soit si incommode lorsqu'il faut, avec l'autre main, manœuvrer le crayon ou le tire-ligne, et tous redoutent à juste titre les erreurs qui en résultent et l'attention soutenue dont il faut faire preuve pour les éviter.

Jusqu'à présent, seuls remédiaient à cet inconvénient les appareils de grande précision que les industries françaises et étrangères mettent en vente à des prix élevés variant des environs de 1.000 jusqu'à 2 000 francs et plus.

Le *Dessigraphe*, de construction cent pour cent française, remédie à cet inconvénient en mettant à la portée de tous un appareil à dessin bon marché, simple, précis et solide, lequel, dans de nombreux cas, grâce à ses deux tailles, est suffisant pour faire tous les dessins désirés.

Son principe général est bien connu ; il se compose de deux parallélogrammes déformables, reliés entre eux par un croisillon et dont l'extrémité de l'un est fixé à la planche par une patte d'attache mobile, et l'autre extrémité est terminée par une tête rapporteur portant les règles et qui permet de manœuvrer celles-ci dans toutes les orientations sur toute la surface de la planche.

En dehors du prix extrêmement réduit de cet appareil, celui-ci comporte deux perfectionnements importants et d'ailleurs brevetés : la patte d'attache de fixation de l'appareil à la planche est mobile et permet de déplacer l'instrument et de le fixer rapidement à n'importe quel endroit de la planche, et cela sans la dété-

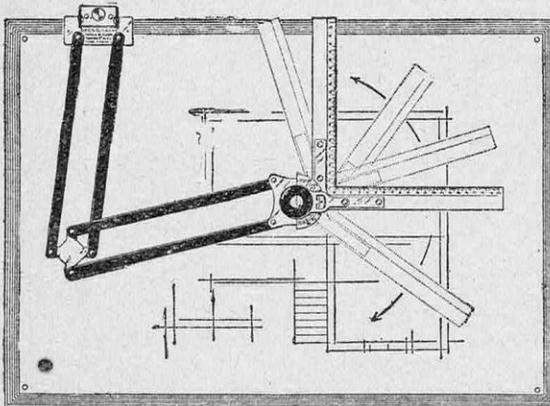


FIG. 1. — VUE D'ENSEMBLE DU « DESSIGRAPHE » MONTÉ SUR LA PLANCHE A DESSIN

Les deux parallélogrammes déformables et la tête rapporteur permettent de manœuvrer la règle dans toutes les orientations sur toute la surface de la planche.

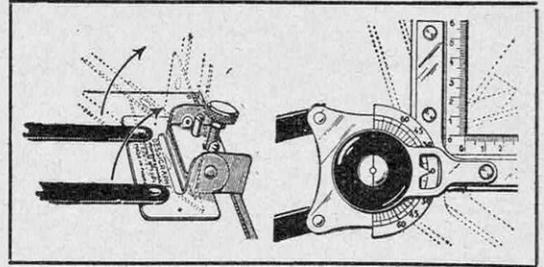


FIG. 2 ET 3. — DEUX DÉTAILS INTÉRESSANTS DU « DESSIGRAPHE »

A gauche : dispositif permettant de déplacer et de fixer instantanément l'appareil sur toute la hauteur de la planche sans la détériorer, et de soulever l'appareil à volonté. A droite : le rapporteur à enclenchement automatique, qui permet d'orienter et d'immobiliser les règles dans toutes les orientations.

riorer ; cette patte d'attache permet également de soulever entièrement l'appareil de la planche par simple rotation afin de changer le papier, gratter, gommer, etc.

Quant à la tête rapporteur, dans le *Dessigraphe* sa graduation a pu être placée à droite ; il en résulte une lecture très facile, ce qui n'est pas toujours le cas ; enfin, en faisant en même temps du système comportant l'index de lecture l'organe d'entraînement des règles, le constructeur a pu, grâce à ce système simple et également breveté, éviter d'avoir recours aux axes d'entraînement carrés qui auraient considérablement augmenté le prix de revient.

Le *Dessigraphe* s'adresse donc à tous les dessinateurs d'études, aux architectes, aux ingénieurs, aux étudiants, aux élèves des écoles professionnelles, etc., et à tous ceux qui veulent rapidement mettre sur papier les idées techniques qu'ils désirent approfondir ; son prix de lancement très bas en fait un bel appareil de vulgarisation technique.

BERVILLE, 18, rue La Fayette, Paris (9<sup>e</sup>).

### *La technique moderne dans la T.S.F.*

LES secteurs alternatifs ne sont pas universellement répandus et l'obligation de recourir aux postes à batteries est plus générale qu'on le croie habituellement. Aujourd'hui, d'ailleurs, le perfectionnement des postes-batteries les rend comparables aux meilleurs postes-secteurs de même classe.

C'est ainsi que la « Pile Hydra » construit maintenant des postes-batteries du plus haut intérêt. Entendons par là : poste équipé avec lampes 2 volts à faible consommation, montage à changement de fréquence, haut-parleur électrodynamique à aimant permanent.

Actuellement, trois modèles ont la faveur du public : PH 470-5 lampes, PVH 4-4 lampes, et MH 4-4 lampes.

Ces trois postes sont à changement de fréquence obtenu par les nouvelles octodes 2 volts bien connues pour leur sensibilité.

Le PH 470 est conçu avec montage final en push-pull. Présenté dans une ébénisterie de luxe à l'intérieur de laquelle sont logés batterie (150 volts) et accumulateur (2 volts), ce poste est le parfait compagnon de tout intérieur, privé du courant électrique.

Le PVH 4 est un poste-valise aisément transportable. C'est le poste rêvé pour le week-end, pour le camping.

Le MH 4 est un superhétérodyne 4 lampes comportant une gamme d'ondes courtes en plus des P. O. et G. O. Il est d'une grande sensibilité et fort élégamment présenté. Grâce à une polarisation automatique, sa consommation est réduite à une valeur sensiblement constante et voisine de 11 m A. Cela permet ainsi l'emploi d'une batterie 120 V de 15 mA seulement, tout en conservant une marge de surcharge.

La PILE HYDRA, 125, rue du Président-Wilson, Levallois (Seine).

« Tableaux panoramiques » pour l'étude du latin et de l'allemand

VÉRITABLES atlas mnémotechniques, les tableaux mis au point par M. Emile Fallek rassemblent, sous une forme condensée et imagée, l'ensemble de la grammaire et les difficultés les plus usuelles de chaque langue.

D'un coup d'œil sur les tableaux, l'élève peut embrasser toutes les connaissances dont il a besoin, qu'il s'agisse de connaissances acquises ou de connaissances à acquérir. Ces tableaux permettent donc une révision facile et constituent un plan très net qui facilite l'étude de la langue.

Ils présentent la grammaire, sans énoncer les règles, mais en les évoquant, en les suggé-

rant d'une façon à la fois très concise et très vivante. En cela, ils diffèrent des tableaux synoptiques connus jusqu'ici, qui récapitulaient simplement les formes grammaticales dans une disposition aride et peu frappante.

Par l'emploi des couleurs ou plutôt d'un système de repérage par signes conventionnels en couleurs choisies une fois pour toutes et classées dans un ordre toujours le même, l'élève est pour ainsi dire automatiquement guidé à travers les difficultés grammaticales. L'attrait même des couleurs constitue une aide précieuse pour tous les étudiants, petits et grands.

Les Tableaux panoramiques d'Emile Fallek ont d'ailleurs recueilli l'approbation des plus grands savants et des plus grands maîtres de l'Université.

Il convient de souligner que ces tableaux ne constituent pas, à proprement parler, une méthode, mais un véritable outil de travail s'adaptant, sans aucune difficulté, à toutes les méthodes existantes et simplifiant dans tous les cas la tâche de l'élève comme celle du maître.

La Science et la Vie peut adresser ces tableaux aux lecteurs qui en feront la demande. Leur prix est de 30 f franco pour le latin, 25 f franco pour l'allemand.

Appareil à dessiner en relief pour aveugles

GRACE à l'invention de Braille, les aveugles peuvent lire et écrire depuis un siècle. Mais le dessin, le tracé d'un itinéraire, d'un plan, l'explication d'un travail d'architecture, l'enseignement des notions élémentaires de la géométrie, nécessitaient le recours à des moyens de fortune peu pratiques.

L'appareil à dessiner en relief apporte une heureuse solution à ce problème. D'apparence compliquée, il est cependant constitué par le matériel classique du dessinateur : planche, té, équerre.

La planche est en métal et comporte des alvéoles en nids d'abeilles. Elle est montée à pivots sur un châssis dont deux côtés sont munis

CONSTRUCTION DE LA PROPOSITION	Nom / Sujet (Rouge)	Verbe (Vert)	Infinitif / Participe (Violet)
1° Principale ....	 der <u>Fischer</u> ..... <u>er</u> ..... die <u>Stimme</u> .....	 ging am Sonntag ist..... lud.....	 spazieren angekommen ihn..... ein
2° Subordonnée...	 Als der <u>Fischer</u> am Sonntag Nachdem .. <u>er</u> ..... Die <u>Stimme</u> ..	 spazieren..... gehört..... unterzugehen.....	 ging hatte einlud

FIG. 4. — DEUX EXEMPLES DE REPRÉSENTATIONS COLORÉE ET IMAGÉE DES « TABLEAUX PANORAMIQUES » POUR LA CONSTRUCTION DE LA PHRASE DANS LA LANGUE ALLEMANDE

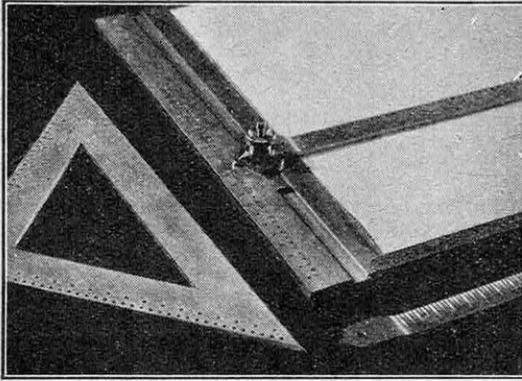


FIG. 5. — L'APPAREIL DE M. COUSIN PERMETTANT AUX AVEUGLES DE DESSINER

d'une mâchoire pour la fixation du papier, et une troisième, plus large, porte une graduation en relief pour le repérage d'un té, lui-même en relief. Ce té est orientable de  $10^\circ$  en  $10^\circ$ , ce qui permet, avec la combinaison de l'équerre (également graduée en relief) de tracer des traits dont l'inclinaison varie de  $5^\circ$  en  $5^\circ$ . Le té glisse dans une rainure et peut être bloqué à l'angle voulu. Le tracé est effectué au moyen d'un styilet ou d'un compas à pointes sèches.

Cet appareillage classique a été mis au point pour être utilisé par les aveugles, grâce aux alvéoles spécialement étudiées. L'aveugle peut ainsi tracer en relief des lignes droites ou courbes en tous sens. En touchant le dessous de la feuille, ce qui est facile en faisant basculer la planche, l'aveugle peut contrôler son dessin. Cet appareil a été imaginé par un aveugle, M. Cousin, 20, rue d'Alésia, Paris, et mis au point avec la collaboration de M. Berthe, ancien officier de marine, un « voyant », mais... sourd !

## 124 chevaux par litre de cylindrée

Ce résultat extraordinaire a été fourni par un moteur à explosions, d'une conception originale, dans lequel la distribution est assurée par un organe tournant, ce qui autorise notamment les grandes vitesses de rotation ; c'est le moteur « Aspin ». On sait que l'accroissement de rendement d'un moteur a fait surtout l'objet de recherches concernant la forme et la dimension des cylindres et des pistons, et le mode de distribution des gaz dans la chambre de combustion (soupapes, chemises coulissantes, etc.).

Voici comment le problème a été résolu dans le moteur « Aspin ». Le fond du cylindre (fig. 6) présente une forme conique où aboutissent les tubulures d'admission et d'échappement et portant également la bougie d'allumage. Dans ce fond du cylindre tourne une pièce en alliage léger présentant une cavité excentrée constituant la chambre de combustion (voir la coupe selon AB, fig. 6). Dès lors, si, pour un moteur à 4 temps, cette pièce est entraînée par un engrenage à une vitesse égale à la moitié de celle du moteur, le cycle se présentera de la façon suivante. Le piston étant en haut de sa course, la cavité se trouve en face l'admission et les gaz pénètrent dans le cylindre tant que cette lumière n'est pas masquée ; pendant sa descente, le

piston produit l'aspiration. Pendant la remontée du cylindre, la cavité de l'organe tournant est en face un « plein » du fond du cylindre ; les gaz sont comprimés. Le piston revenant en haut de sa course, la cavité se trouve en face de la bougie, l'étincelle éclate : c'est l'explosion suivie de la détente. Enfin, la chambre est mise en communication avec la tubulure d'échappement et, en remontant, le piston chasse des gaz brûlés.

La suppression de tout mouvement alternatif pour le distributeur autorise des régimes très rapides, et on a pu ainsi dépasser 14 000 tours/mn sans suralimentation, par suite aussi du bon remplissage du cylindre. De plus, l'adoption du mouvement rotatif pour le distributeur élimine les points chauds et permet de réaliser une grande turbulence, ce qui retarde le phénomène de la détonation. On a pu ainsi, avec un taux de compression très élevé (14), alimenter un tel moteur avec un carburant à faible nombre d'octane (68). La suppression des soupapes et le grand rapport de détente permettent de marcher sans danger avec des mélanges très pauvres. Enfin, la température d'échappement est basse ; la fatigue thermique de la bougie est très réduite, puisqu'elle n'est en contact avec la chambre de combustion que pendant un court instant à chaque tour, et le rendement volumétrique est excellent en raison des grandes sections des lumières. Tels sont les avantages théoriques qui

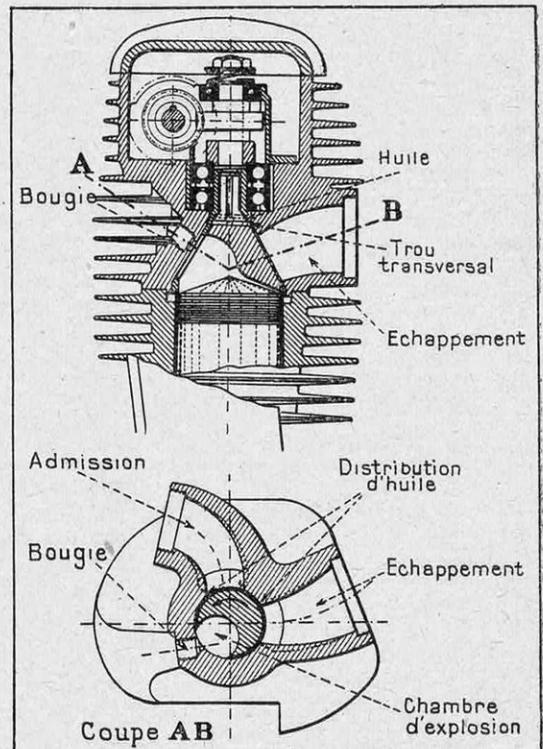


FIG. 6. — LE MOTEUR « ASPIN », EN COUPE VERTICALE EN HAUT, ET EN COUPE SUIVANT AB, EN BAS

On voit nettement en bas l'organe distributeur qui met successivement la chambre de combustion en communication avec l'admission, la bougie d'allumage et l'échappement. L'absence de pièces en mouvement alternatif permet d'atteindre des vitesses de rotation considérables : 14 000 tours par minute et plus.

ont permis à un moteur monocylindrique de ce type de développer 124 ch par litre à 10 000 tours avec une consommation d'essence, à 68 d'octane, de 114 g seulement au ch. h. Le rendement thermique ressort à 50,8 !

Par contre, certaines difficultés sont également à considérer. Ainsi la chambre de combustion tournant dans la partie la plus chaude des gaz et recevant la pression maximum, il est particulièrement délicat de lubrifier convenablement les surfaces frottantes qui sont considérables. Dans le moteur d'essai (249 cm<sup>3</sup>), ce cône tournant était supporté par deux roulements à billes à la partie inférieure et par un autre roulement en bout d'arbre. Un ressort tendait constamment à appliquer le cône sur son siège. La lubrification était obtenue par de l'huile sous pression aboutissant aux roulements et, par une dérivation transversale, aux rainures ménagées sur le fond fixe du cylindre.

Un autre moteur de 4 cylindres, de 1,731 litres de cylindrée, tournant à 5 000 tours, a développé 80 ch pour un taux de compression de 10,2 (consommation 145 g par ch. h). Enfin, un moteur de 8 cylindres (4,75 litres) est à l'étude et pourrait s'appliquer à la traction automobile.

SOCIÉTÉ ASPIN, à Bury (Lancashire), Angleterre.

### *Pour relever aisément des tracés topographiques*

**L**E relevé topographique d'un terrain consiste à tracer sur le papier la direction des divers cheminements avec les longueurs correspondantes, réduites, bien entendu, à l'échelle du plan, et aussi certains profils destinés à faire ressortir la pente du terrain en des points déterminés.

En somme, pour la planimétrie, le problème serait immédiatement résolu si l'on pouvait, en se tenant à une altitude suffisante, tracer le plan sur un papier transparent, à travers lequel on verrait le terrain, l'échelle variant avec l'altitude d'observation. Deux remarques permettent cependant de rester à terre pour exécuter ce plan : 1<sup>o</sup> les directions ne sont pas modifiées par l'échelle ; 2<sup>o</sup> toutes les distances sont réduites dans une même proportion. Il suffit donc de trouver un moyen pratique de reporter sur le papier les angles mesurés et les longueurs réduites à l'échelle.

C'est précisément ce que permet la planchette ci-contre imaginée par M. Chaix. Elle se compose, en effet, d'un bâti portant dans sa partie centrale un graphique se déplaçant longitudinalement et de deux rouleaux latéraux sur lesquels s'enroule la feuille de papier transparent où doit être tracé le plan. La combinaison de ces deux déplacements — du graphique et de la feuille — permet donc de faire coïncider par superposition un point quelconque de la feuille avec un point quelconque du graphique. Le graphique formant un rapporteur complet, on peut donc, à partir d'un point quelconque du plan, tracer une ligne dans la direction voulue et, comme les circonférences que comporte le graphique sont équidistantes de 1 mm, il est aisé de limiter la portion de droite à la longueur voulue, calculée d'après l'échelle du plan. L'opération est certainement plus rapidement exécutée que décrite.

Un autre appareil, la boussole-clisimètre Chaix, permet de mesurer facilement les angles

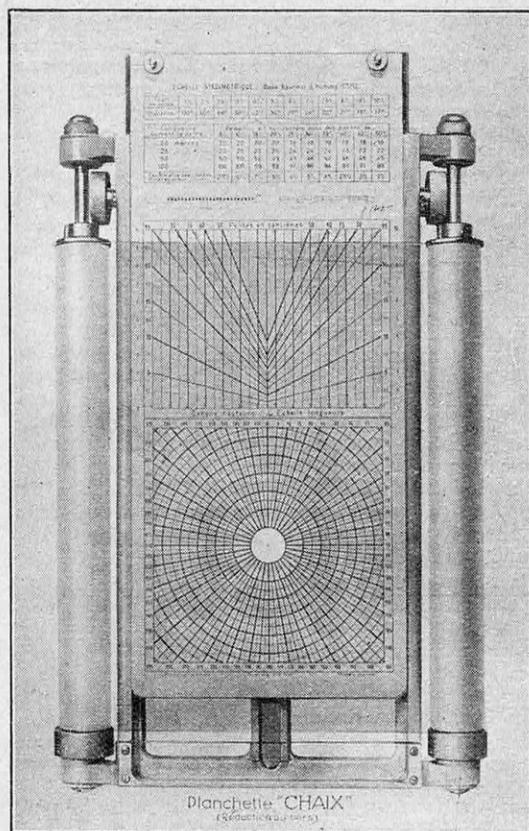


FIG. 7. — ENSEMBLE DE LA PLANCHETTE TOPOGRAPHIQUE « CHAIX »

*Le papier transparent sur lequel on dessine peut être déplacé latéralement en l'enroulant sur les rouleaux situés à droite et à gauche. Comme le graphique gradué peut être déplacé longitudinalement, on peut faire coïncider un point quelconque du papier avec un point quelconque du graphique et tracer à partir de ce point une droite de longueur donnée suivant un angle donné.*

sans avoir recours à des instruments d'optique compliqués.

Quant au tracé d'un profil ou d'une pente, il s'effectue également au moyen de la planchette, la pente étant mesurée au moyen de la boussole qui comporte un niveau d'eau et une graduation où l'observateur voit le point visé en face la valeur de la pente cherchée. Il pourra donc le tracer sur la planchette et, grâce au tableau donnant les distances réduites à l'horizontale, tracer le profil d'un cheminement.

TOPOCHAIX, 5, rue Boudreau, Paris (9<sup>e</sup>).

### *Une peinture qui tient... même sur le ciment*

**O**N sait que les peintures utilisées sur le ciment sont victimes des réactions — encore mal connues — qui se produisent au sein même de ce matériau et ne « tiennent » pas. Ce problème important d'architecture vient cependant d'être résolu par une de nos lectrices, médaillée des Beaux-Arts, qui, ayant conclu, des études auxquelles elle s'est livrée, qu'une peinture inaltérable devait résister

à tous acides et à toutes bases, et rester souple afin de se plier au travail du ciment, a réussi à mettre au point une formule entièrement nouvelle. Sa peinture, dont nous regrettons de ne pas pouvoir divulguer la composition, est d'une préparation facile et son prix de revient serait peu élevé. Les essais entrepris ont démontré son efficacité vis-à-vis des acides, des bases et des agents atmosphériques. Seule, une chaleur de 65 à 70° C serait susceptible de la faire écailler.

M<sup>me</sup> VIDAL-GUÉNET, 6, impasse Cabellec, Lorient.

### Un poisson qui se noie

IL n'est pas rare d'observer, sur les racines des palétuviers qui bordent les côtes marines tropicales, un poisson étrange, dont l'organisme a ceci de particulier qu'il lui est impossible de respirer dans l'eau. On sait que, chez les poissons, l'oxygénation du sang se fait par les branchies, appendices absorbants qui renferment le liquide nourricier dans leur intérieur et reçoivent le fluide respirable par leur surface externe. Donc ce poisson, le *périophthalmé*

(ainsi appelé à cause de la position de ses yeux, plantés sur le dessus de la tête, et mobiles en tous sens, de sorte qu'ils peuvent regarder dans toutes les directions), s'il n'hésite pas à plonger dans l'eau pour fuir un danger, par exemple, ne saurait y vivre ; on le trouve notamment sur les berges marécageuses. C'est à terre qu'il cherche sa nourriture et qu'il se repose. Lorsqu'il nage, c'est en surface, et il ne peut le faire bien longtemps, ainsi que l'ont montré des expériences faites en aquarium. Dès qu'il est fatigué d'agiter ses nageoires, il se laisse couler et meurt asphyxié. Par contre, il lui suffit d'un support quelconque, morceau de bois, par exemple, pour qu'il puisse s'y reposer.

UNE semaine de cours à titre gracieux est offerte par le Cours Nadaud (scientifique et littéraire), 1, place Jussieu, Paris (5<sup>e</sup>), à qui se recommandera de *La Science et la Vie*. Organisation à tarif modéré de cours oraux ayant lieu les samedis et de cours par correspondance préparant notamment au brevet élémentaire et B. E. P. S.

V. RUBOR.

## CHEZ LES ÉDITEURS (1)

**La police scientifique**, par Marc Bischoff.

Prix franco : France et colonies, 38 f ; étranger, 42 f.

Les romans policiers connaissent depuis de nombreuses années un succès difficilement explicable lorsque l'on constate, sauf de trop rares exceptions, l'invraisemblance matérielle des circonstances du crime qui y est minutieusement décrit, et des méthodes auxquelles font appel les policiers, professionnels ou amateurs, qui sont chargés, à l'avant-dernière page du volume, de confondre théâtralement le criminel et de restituer à leur propriétaire les documents ou les bijoux dérobés. Nous ne saurions trop conseiller aux auteurs de ces œuvres « commerciales » la lecture du volume de M. Marc Bischoff. Ils apprendront du savant professeur à l'Université de Lausanne, directeur de l'Institut de Police scientifique, président de l'Académie internationale de Criminologie, quels sont les procédés dont dispose aujourd'hui le spécialiste pour mener scientifiquement une enquête, identifier un récidiviste, relever les empreintes de toute nature aux abords du lieu du crime, analyser les objets qui ont pu y être abandonnés, déterminer la marque de fabrique des pistolets automatiques et identifier des armes à feu à l'aide du projectile et de la douille qui ont été tirés. Homicides, vols, incendies criminels, faux, fausse monnaie, sont les divisions principales de cet ouvrage que la technicité et la précision feront apprécier du praticien sans rebuter cependant le profane par trop d'aridité. L'auteur est un spécialiste hautement qualifié pour exposer en particulier les méthodes modernes utilisées au laboratoire pour déceler les faux (par altération, grattage, gommage, lavage, addition ou imitation d'écriture), pour évaluer l'âge des encres, pour déterminer les procédés d'imitation du papier des billets de banque, leur filigrane et l'impression des faux billets. De nombreuses et

suggestives illustrations accompagnent le texte nourri. Avocats, médecins légistes, magistrats, experts près les tribunaux, policiers, praticiens et aussi non spécialistes curieux trouveront là une synthèse des progrès qu'a réalisés jusqu'à ces dernières années la police scientifique moderne.

**Les araignées**, par Lucien Berland. Prix franco : France, 17 f ; étranger, 19 f.

La collection des *Livres de nature* vient de s'enrichir d'un très intéressant ouvrage de vulgarisation par un des plus savants entomologistes français, M. Lucien Berland. Il résume d'une façon parfaite, à l'usage des profanes curieux d'histoire naturelle, ce que nous devrions tous savoir aujourd'hui des mœurs des araignées, en laissant de côté toutes références arides qui ne peuvent s'adresser qu'au naturaliste spécialisé et rebutent le lecteur moyen. Sait-on qu'il existe, rien qu'en France, 1 500 espèces d'araignées sur 30 000 actuellement connues à la surface de la terre ? Comme on en découvre chaque jour de nouvelles dans les pays tropicaux, on est en droit de penser qu'il doit exister au total au moins 100 000 espèces, de sorte que les araignées, par leur nombre, constituent un élément considérable de la matière vivante terrestre. A ce titre, on peut s'étonner qu'elles soient aussi mal connues et jouissent parfois d'une aussi injuste réputation auprès du grand public, d'autant plus que ce petit monde si varié et si captivant possède des mœurs surprenantes, un art de construire très particulier, des amours étranges, un instinct maternel très développé : Certaine comme l'*argyronète*, a inventé, depuis un temps immémorial, la cloche à plongeur ; d'autres mettent à profit les principes de l'aérostatique, lancent des ponts suspendus, voyagent en utilisant les courants aériens à des distances considérables et dans les couches élevées de l'atmosphère puisqu'on a pu en capturer jusqu'à 7 000 m d'altitude. M. Lucien Berland cite également des exemples frap-

(1) Les ouvrages annoncés peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE au reçu de la somme correspondant aux prix indiqués, sauf majoration.

pants et peu connus de véritables sociétés d'araignées des tropiques vivant au nombre de plusieurs milliers dans des poches de soie pouvant atteindre 1 mètre de diamètre et exploitant, comme de véritables territoires de chasse, leur voisinage immédiat. Rares sont les savants qui acceptent de mettre eux-mêmes à la portée du plus grand nombre les résultats de leurs observations et les conséquences de leurs découvertes. Nul n'est plus qualifié sans doute dans le monde scientifique que M. Lucien Berland pour parler d'araignées aux entomologistes spécialisés ; il faut le féliciter d'avoir su rassembler en un court volume l'essentiel de ce qu'un « honnête homme » doit en connaître.

**La conquête de la Sibirie**, par *Youri Semionov*. Prix franco : France et colonies, 48 f 50 ; étranger, 52 f.

Rares sont ceux qui, en France, ont fixé leur attention sur ces immenses territoires, à peu près inexplorés il y a quelque cent ans et qui constitueront demain peut-être les centres de l'activité économique mondiale. Sait-on que la Sibirie est un pays immense où plusieurs Europe tiendraient à l'aise? Qu'elle possède en fait toutes les variétés de richesses minérales? Sa réserve d'or est sans doute la plus grande du monde. Ses gisements métallifères et carbonifères sont inépuisables. L'énergie hydraulique non utilisée de ses fleuves est énorme. Le pétrole se trouve en réserves considérables aux portes mêmes de la Sibirie, sur les contreforts de l'Oural et les côtes de la mer Caspienne.

M. Youri Semionov écrit ici l'épopée de la Sibirie et l'histoire des héros de sa conquête, marchands, aventuriers, brigands, saints qui colonisèrent et bâtirent — volontairement ou involontairement — la partie septentrionale de l'immense continent asiatique. L'histoire du passé fera comprendre les événements de demain, car la Sibirie est un pays d'avenir.

**Recueil de plans de pose et schémas d'électricité industrielle**, par *Alfred Soulier*, ingénieur-électricien, expert près la Cour d'Appel de Paris. Prix franco : France et colonies, 20 f ; étranger, 23 f.

Dans cet ouvrage, très clairement rédigé et illustré, se trouvent rassemblés la plupart des schémas des installations électriques courantes : sonneries, téléphones, lumière, dynamos et moteurs à courant continu, alternateurs, transformateurs, moteurs diphasés et triphasés, postes de transformation, commande à distance des moteurs par contacteurs, schémas de montage de cuisinières électriques, équipements électriques de voitures automobiles. Il est certain que la réalisation pratique de ces installations peut varier à l'infini suivant chaque cas particulier, mais les règles générales qui président à leur établissement sont nettement indiquées dans ce volume et, quelle que soit sa complication, on pourra sans peine la rattacher à l'un des plans figurant dans ce volume.

**La grande industrie chimique et ses récents progrès**, par *Paul Baud*. Prix franco : France et colonies, 21 f 50 ; étranger, 23 f 50.

Les industries chimiques sont parmi les industries les plus frappées par les crises économiques. La baisse des cours du blé, par exemple, et l'arrachage des vignes se traduisent par une mévente des superphosphates et du sulfate de cuivre ; la production des engrais azotés éprouve

également de fortes restrictions. Les progrès considérables enregistrés par les diverses techniques entre 1920 et 1930 marquent un temps d'arrêt, nécessaire pour amortir les vastes installations et le puissant matériel acquis pendant les années de prospérité. Dans cet ouvrage, M. Paul Baud passe en revue les recherches de laboratoire qui contribueront, lorsqu'elles auront fait la preuve de leur « valeur industrielle », à l'amélioration des rendements, à l'abaissement des prix de revient, ou à une connaissance plus exacte de certaines réactions. Il passe ainsi en revue successivement les industries de l'acide sulfurique et des oléums, de l'acide chlorhydrique, de l'ammoniac et de l'acide azotique, des soudes et des potasses commerciales, des engrais azotés, potassiques, phosphatés, etc.

**Nouvelle photographie moderne : petits clichés, grandes épreuves**, par *A. Planès-Py*. Prix franco : France et colonies, 29 f 50 ; étranger, 33 f.

Le débutant dans la technique photographique a vite fait de se familiariser avec les manœuvres et les procédés élémentaires. Il acquiert rapidement le désir de faire mieux, et les traités élémentaires lui paraissent alors insuffisants. L'ouvrage ci-dessus (qui en est à sa troisième édition) constitue, en quelque sorte, le second degré de l'art photographique ; il traite, en particulier, des négatifs de petit format, si en faveur aujourd'hui, et du corollaire indispensable de leur emploi : l'agrandissement. Pour le réussir à tout coup, sans perte d'argent ni de matériel, le densitosemètre à coin, que chacun peut réaliser facilement, rendra les plus grands services. On trouvera également, dans ce traité du petit format, d'utiles conseils pratiques pour la préparation des révélateurs grain fin, la reproduction des petits objets, le repiquage, le remontage et la retouche des épreuves. Amateurs et professionnels tireront un égal profit de cette lecture.

**Le diabète**, par les docteurs *Henry Chabanier et C. Lobo-Onell*. Prix franco : France, 20 f ; étranger, 22 f 50.

Cet ouvrage, fort complet, a pour but non pas de faire de chaque diabétique son propre médecin, mais de le mettre à même de collaborer avec lui de la façon la plus fructueuse. Les auteurs, avertis par une longue pratique du traitement de cette maladie, combattent des notions désuètes, ancrées dans l'esprit des malades, telles que la fausse sécurité résultant d'un faible taux de sucre urinaire et la répugnance à l'égard de la médication visulinique. C'est un livre qui sera lu avec profit non seulement par les diabétiques, mais aussi par nombre de médecins traitants.

**Guide du chauffeur d'automobiles**, par *M. Zérolo*. Prix franco : France et Colonies, 30 f ; étranger, 33 f.

L'ouvrage de M. Zérolo connaît aujourd'hui sa quatrième édition. Il constitue une véritable mise au point de tous les progrès enregistrés par la construction automobile du point de vue de la sécurité de marche, de l'agrément de conduite de l'économie de carburant, de la facilité d'entretien. Le lecteur y trouvera donc une description complète de la voiture moderne, faisant ressortir les perfectionnements apportés aux divers éléments qui la constituent. Rédigé sous une forme élémentaire, il laisse de côté les considérations

purement théoriques et les exposés mathématiques qui ne sont nullement nécessaires à l'automobiliste praticien. Il accorde, au contraire, la plus grande place aux questions pratiques, décrivant minutieusement, avec de nombreux schémas clairement exécutés, les différents organes des voitures modernes. Signalons spécialement à l'attention des propriétaires de voitures déjà anciennes le chapitre des pannes, heureusement de plus en plus rares sur les modèles récents, celui consacré au moteur à gaz pauvre de gazogène, et celui qui contient la description de quelques voitures parmi les plus répandues. Enfin, un appendice synthétise les tendances nouvelles de la technique automobile. Un index alphabétique termine le volume qui rendra les plus grands services à tous ceux qu'intéresse la mécanique automobile.

**La vie du chameau, le vaisseau du désert,** par *Eliau-J. Fiubert*. Prix franco : France et colonies, 25 f ; étranger, 28 f 50.

Le deuxième volume des « Scènes de la vie des bêtes » (le premier s'intitulait *Mon Caméléon*, par Francis de Miomandre) est consacré au chameau. L'auteur a connu les caravaniers et les bergers des grands troupeaux de l'Arabie, et il décrit, avec des détails abondants, la vie authentique de cette bête extraordinaire, inséparable du Bédouin qui en est étroitement solidaire.

**Electricité et magnétisme,** par *G. Jochmans et F. Descans*. Prix franco : France et colonies, 153 f 50 ; étranger, 161 f.

Cet ouvrage est destiné à servir de guide aux élèves qui poursuivent des études conduisant au grade d'ingénieur électricien. Il passe en revue successivement : l'électrostatique, le magnétisme, l'électrocinétique, l'électromagnétisme, les phénomènes d'induction et, dans leur aspect le plus général, les applications de la théorie de l'électricité. Il fait un abondant usage du lan-

gage mathématique, dans le but de donner aux théories exposées leur forme la plus précise et la plus concise.

**Schiffe erobern die Luft** (Les aéronefs conquièrent l'air), par *Heinz Lueddecke*. Williams et Co, éditeurs, Potsdam. Prix : 4,50 RM.

Histoire romancée de la conquête de l'air par l'homme, écrite pour des jeunes lecteurs de dix à quatorze ans.

**La collectivité de demain,** par *André Mony*. Prix franco : 6 f 50 ; étranger, 8 f.

Cette brochure, très concise, expose quelques idées de son auteur sur l'édification de la société future qu'il espère pouvoir mettre à l'abri des convulsions politiques et économiques dont nous ressentons aujourd'hui les effets.

**Enquête préliminaire sur les mesures d'ordre national et international visant à relever le niveau d'existence.** Prix : 2 f suisses. Ouvrage édité par le Comité économique de la Société des Nations (Genève).

**De l'organisation des caisses de retraites,** par *Henri Galbrun*. Prix franco : France et colonies, 73 f 50 ; étranger, 75 f 50.

**Essai sur la conjoncture et la prévision économiques,** par *Alfred Sauvy*. Prix franco : France et colonies, 20 f ; étranger, 23 f.

**Annuaire statistique 1937-1938 édité par la Société des Nations (Genève).** Prix : 10 f suisses.

Cet ouvrage rassemble les principales statistiques mondiales concernant la population, la main-d'œuvre, la production, le commerce, les transports et les finances.

**N. D. L. R.** — Les appareils Stroborama pour la photographie au millionième et au cent-millionième de seconde, décrits dans notre numéro 259 de janvier, sont construits sous les brevets SEGUIN FRÈRES.

## TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

### FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 55 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an..... 65 fr.
	{ 6 mois... 28 fr.		{ 6 mois... 33 fr.

### BELGIQUE

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an .. 75 f. (français)	Envois recommandés....	{ 1 an . 96 f. (français)
	{ 6 mois .40 f. —		{ 6 mois 50 f. —

### ÉTRANGER

Pour les pays ci-après : *Australie, Bolivie, Chine, Danemark, États-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Îles Philippines, Irlande, Islande, Italie et Colonies, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Rhodésia, Suède.*

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 100 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an.... 120 fr.
	{ 6 mois... 52 fr.		{ 6 mois.. 65 fr.

Pour les autres pays :

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 90 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an.... 110 fr.
	{ 6 mois... 46 fr.		{ 6 mois.. 56 fr.

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-X<sup>e</sup>

CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS



# ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL DE NAVIGATION ÉCOLE

placés sous  
le haut patronage  
de plusieurs Ministères

152, avenue de Wagram, PARIS-17<sup>e</sup>  
Tél. : Wagram 27-97

## COURS PAR CORRESPONDANCE

### MÉCANIQUE

**Apprenti :** Notions d'Arithmétique, Algèbre, Géométrie - Technologie - Dessin - Ajustage.

**Contremaitre :** Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Notions de Physique - Mécanique pratique - Constructions mécaniques - Technologie - Croquis coté et dessin.

**Technicien :** Arithmétique - Algèbre - Géométrie - Notions de Trigonométrie - Physique - Chimie - Mécanique - Règle à calcul - Résistance des matériaux - Technologie - Constructions mécaniques - Croquis coté et dessin.

**Ingénieur-adjoint :** Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Mécanique théorique - Règle à calcul - Mécanique appliquée - Electricité - Statique graphique - Machines et moteurs - Dessin.

**Ingénieur :** Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique industrielle - Mécanique rationnelle - Résistance des matériaux - Thermodynamique - Chimie industrielle - Machines motrices - Electricité - Usinage - Machines-outils - Construction d'usines.

### CONSTRUCTIONS AÉRONAUTIQUES

**Apprenti :** Notions d'Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Technologie - Dessin - Notions d'aviation.

**Dessinateur :** Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Notions de Physique - Mécanique pratique - Technologie - Croquis et dessin - Aviation.

**Technicien :** Arithmétique - Géométrie - Algèbre - Trigonométrie pratique - Physique - Chimie - Mécanique - Résistance des matériaux - Règle à calcul - Constructions mécaniques - Aviation (moteur et avion) - Croquis coté et dessin.

**Ingénieur-adjoint :** Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Mécanique - Règle à calcul - Constructions mécaniques - Statique graphique - Mécanique appliquée - Outillage - Electricité - Construction d'avions - Aérodynamique - Dessin.

**Ingénieur :** Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique industrielle - Chimie industrielle - Mécanique - Thermodynamique - Résistance des matériaux - Electricité - Const. d'avions.

### ÉLECTRICITÉ

**Monteur :** Notions d'Arithmétique, Algèbre, Géométrie - Electricité pratique - Dessin électrique.

**Desinateur :** Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Physique - Mécanique - Electricité industrielle - Dessin - Danger des courants - Eclairage électrique.

**Conducteur :** Arithmétique - Algèbre - Géométrie - Notions de Trigonométrie - Physique - Mécanique - Chimie - Règle à calcul - Technologie - Moteurs industriels - Electricité industrielle - Dessin électrique.

**Ingénieur-adjoint :** Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Règle à calcul - Mécanique - Résistance des matériaux - Electricité - Mesures - Eclairage - Bobinage.

**Ingénieur :** Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique - Applications mécaniques - Hydraulique - Electrotechnique - Essais - Calculs - Mesures - Production et distribution - Appareillage électrique - Electrochimie.

### CHIMIE

**Aide-chimiste :** Notions d'Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Dessin - Chimie : métaux, métalloïdes.

**Préparateur :** Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Physique - Chimie : métaux, métalloïdes, chimie organique - Manipulations chimiques.

**Chef de laboratoire :** Arithmétique - Géométrie - Algèbre - Notions de Trigonométrie - Physique - Electricité - Chimie : métaux, métalloïdes, chimie organique - Manipulations chimiques - Analyse chimique.

**Ingénieur-adjoint :** Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Chimie générale : métaux, métalloïdes, chimie organique - Electricité - Métallurgie - Analyse chimique.

**Ingénieur :** Mathématiques supérieures - Electricité - Chimie - Physique - Electrometallurgie - Chimie industrielle - Chimie du bâtiment - Chimie agricole - Chimie des parfums - Analyse qualitative et quantitative.

### SECTION SPÉCIALE DE RADIOTECHNIQUE COURS GRADUÉS DE MATHÉMATIQUES

Programme gratuit sur demande  
Joindre un timbre pour la réponse.



# CIGARETTES WEEK-END GOÛT ANGLAIS

Leurs étuis d'une forme pratique et élégante sont enveloppés d'une pellicule imperméable et transparente qui conserve au Tabac de Virginie toute sa fraîcheur et son arôme.

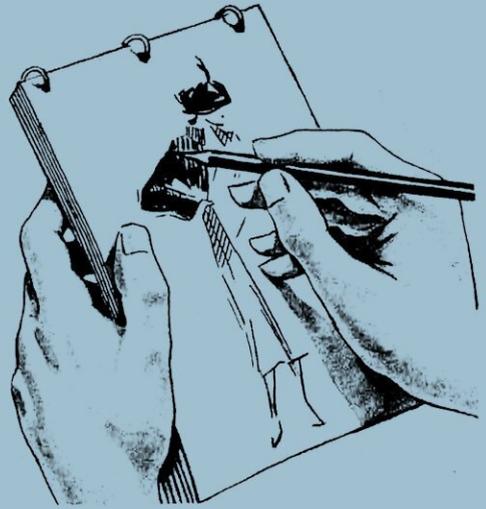
RÉGIE FRANÇAISE  
CAISSE AUTONOME D'AMORTISSEMENT

# Dites bientôt : "Moi aussi, je sais dessiner"...

DÈS la première leçon, même si vous n'avez jamais tenu un crayon, le dessin deviendra pour vous une distraction passionnante, et vos tâtonnements timides des croquis vivants. Pouvez-vous imaginer un passe-temps plus fascinant que de suivre vos progrès constants dans cette branche de l'activité humaine qu'est l'art de dessiner ?

C'est dans les étonnants progrès du débutant que réside le secret de la réussite de la méthode A. B. C. C'est par cette méthode que des milliers d'hommes et de femmes comme vous ont appris très vite et très facilement à enlever d'un coup de crayon un coin pittoresque, un geste harmonieux, l'allure élégante d'une silhouette entrevue.

Tout un monde nouveau s'est ouvert devant eux. Vous n'avez plus le droit aujourd'hui de vous priver encore de la joie de créer, d'augmenter votre culture, d'acquérir une nouvelle valeur sociale.



## C'est si facile maintenant d'apprendre à dessiner

C'est aussi facile que d'écrire. Si vous avez déjà dessiné, ce sera pour vous le moyen sûr et certain de progresser dans votre art, de vous perfectionner, et même de vous spécialiser, car à votre gré l'École A. B. C. vous conduira, vers l'Illustration, la Publicité, la Mode, la Décoration.

Sinon, ayez confiance en vous-même. Le dessin n'est pas un don surnaturel accordé à quelques privilégiés. Etes-vous capable de vous représenter mentalement un objet ? Oui. Alors vous êtes à mi-chemin de la dessiner. Que faut-il encore ? du goût et des idées. Vous en avez ! Ce qui vous manque, le métier, la technique, le coup de crayon, l'École A. B. C. vous l'apporte.

La Méthode A. B. C. apprend d'abord « à voir ». Elle apprend à distinguer à travers la confusion des détails, les lignes essentielles du sujet et vous fournit un moyen ingénieux et

pratique de les transcrire sur le papier. Lorsque vous avez bien compris ses principes et que vous les avez pratiqués jusqu'à ce qu'ils deviennent pour vous une habitude, ce qui est vite fait, vos progrès sont extraordinairement rapides et vous êtes capable de passer de l'objet le plus simple au sujet le plus compliqué. Dès ce moment, vous êtes vraiment un artiste.

## Des Références Probatantes

L'École A. B. C. est le plus important organisme du monde pour l'enseignement du dessin par correspondance. Elle jouit d'une réputation méritée, et elle y fait honneur.

50.000 élèves formés, des milliers d'attestations enthousiastes. 25 années d'expérience, voilà des preuves péremptoires.

## ... une véritable leçon GRATUITE

Reclamez notre brochure illustrée par les élèves, c'est un ouvrage captivant qui forme à lui seul une véritable leçon de dessin. Il vous documentera de façon attrayante sur l'activité de l'École A. B. C., sa méthode particulière, et sur le programme général du cours.

Vous y trouverez, de nombreuses attestations, un exposé des cours de spécialisation, qui font suite au cours de dessin, et des carrières qu'ils ouvrent. Écrivez-nous aujourd'hui même, nous nous ferons un plaisir de vous envoyer cette belle plaquette, soigneusement éditée. Aucun engagement, aucun frais.

## LES AVANTAGES DU COURS PAR CORRESPONDANCE

— Vous bénéficiez, où que vous soyez, de l'enseignement complet de l'École A. B. C. et des conseils des meilleurs artistes de Paris ;

— Vous travaillez chez vous, à vos heures, à votre gré, au rythme de vos occupations ;

— Vous êtes corrigé et guidé pendant toutes vos études par le même professeur ;

— Votre personnalité artistique se développe plus vite, parce que vous ne subissez pas d'influence extérieure ;

— Les cours, les corrections vous restent acquis, et vous pouvez toujours vous y référer.

## Postez ce BON de suite

Il vous sera envoyé gratuitement ce luxueux album illustré contenant tous renseignements sur le cours de l'École A. B. C.



Veillez m'envoyer gratuitement et sans engagement votre brochure contenant tous renseignements sur la méthode et le programme de l'École A. B. C.

Nom .....

Profession .....

Age .....

Adresse .....

# ...et voici l'opinion des maîtres du Dessin

**J.-G. DOMERGUE.**



Le prestigieux artiste qui est assez heureux pour connaître à la fois la vogue du grand public et la faveur de l'élite actuelle.

« Je trouve magnifique l'œuvre que vous poursuivez : enseigner le dessin !

« Tout le monde devrait savoir dessiner. Ainsi peut-être arriverions-nous à nous débarrasser de ces balbutiements impuissants qu'on essaie, à cette époque, de faire passer pour des chefs-d'œuvre. Et si vous créez de nouveaux artistes... quel bonheur ! »

*J.-G. Domergue*

**Paul COLIN.**



Le célèbre maître affichiste et décorateur, qui lui-même dirige une école de dessin.

« Le dessin est en chacun de nous, et la méthode A. B. C. le prouve qui révèle au néophyte que ce paysage, cette silhouette, à première vue si difficiles à « rendre » ne sont que des composés de lignes telles qu'il en trace sur le papier depuis qu'il écrit ».

*Paul Colin*

**Jean CARLU.**



L'auteur de tant d'affiches remarquées, chargé de cours à l'École des Arts Décoratifs.

« La tradition décorative millénaire de la Chine s'inspire directement de la richesse idéographique de son écriture. La méthode A. B. C., basée sur des principes analogues, se justifie donc pleinement par ce noble exemple. Elle conduit l'élève vers cette économie souveraine, cette « simplicité toute puissante » qui, selon Bossuet est à la base de l'Art le plus pur ».

*Jean Carlu*

**Ce sont là des Avis autorisés, mieux : de bons Conseils, à vous de les suivre :** Il y a deux sortes de gens : les actifs, les passifs. L'avenir est à celui qui crée, qui sort quelque chose de lui-même. Pour vous cela est facile, donnez-vous la jouissance, le bonheur de bâtir de vos mains. Le dessin, c'est une situation, c'est une distraction, c'est un plaisir... et encore bien plus que cela.

**DÉCOUPEZ CE COUPON** et mettez-le à la poste aujourd'hui même. Nous vous enverrons gratuitement et sans engagement l'album de dessin illustré par les élèves. — Essayez, dans quinze jours vous serez étonné et vos amis le seront encore plus.

CARTE POSTALE



Monsieur le Directeur

de l'ÉCOLE A.B.C. de DESSIN

12, rue Lincoln, 12

PARIS (8<sup>e</sup>)

**... et vos enfants ?**

Pensez à tous les services que vous eût rendus le dessin, si vous l'aviez su plus tôt !... L'École A. B. C. a créé un cours spécialement pour les enfants.

Simple, attrayant, comme celui des adultes, mais plus adapté à leurs goûts et à leurs capacités.

Spécifiez donc dans votre demande le cours qui vous intéresse.

Ce croquis, où perce déjà le talent, a été exécuté par un élève de l'École A. B. C., M. G. BOUSSU.



# Vous devez parler au moins une langue de plus



**C'est si facile aujourd'hui  
d'apprendre les langues !**

Une langue de plus, mais c'est pour vous un capital formidable ! C'est la possibilité de « percer » dans votre profession, de représenter votre entreprise à Londres ou à Berlin, à Chicago ou à Buenos-Ayres ! C'est l'occasion de voyager partout comme en pays conquis, de lire avec plus de profit les auteurs étrangers, d'écouter toutes les émissions ou de comprendre tous les films...

Et c'est si facile avec LINGUAPHONE ! C'est tout de suite, en 60 heures d'attrayantes études, que vous allez doubler votre standing, votre valeur intellectuelle, comme votre « valeur marchande » : pas de métier, pas de carrière où parler plusieurs langues ne se monnaie en billets de banques !...

**Savoir une langue, deux langues, pourquoi pas plus ?**

C'est si facile, si attrayant et si rapide : assis dans votre fauteuil, ou le soir dans votre lit, vous écoutez sur un phonographe les disques enregistrés par les meilleurs professeurs de chaque pays. Les voix sont masculines ou féminines, pour vous habituer aux différentes prononciations. Pendant ce temps vous suivez sur un livre illustré la conversation que vous entendez.

**LINGUAPHONE  
existe  
en 23 langues**

Portugais,  
Allemand,  
Italien,  
Polonais,  
Espagnol,  
Tchèque,  
Russe,  
Chinois,  
etc...

**FAITES UN ESSAI GRATUIT DE HUIT JOURS  
CHEZ VOUS.**

**Vous pouvez avoir chez vous pendant 8 jours,  
sans aucun engagement, le cours entier — méthode et  
disques, dans la langue qui vous intéresse.**

**Venez nous voir, nous vous ferons entendre une de  
nos leçons ; sinon écrivez-nous ou téléphonez à Élysées 30-74.**



**Postez ce bon tout de suite**

**Institut Linguaphone  
12, rue Lincoln, Paris (8<sup>e</sup>)  
(Champs-Élysées) Tél. ELY. 30-74**

*Monsieur le Directeur,*

Veuillez m'envoyer gratuitement,  
et sans aucun engagement pour moi,  
votre brochure de renseignements et  
toutes précisions sur votre offre d'un  
essai gratuit de 8 jours, chez moi

Langue choisie.....

Nom.....

Adresse.....

**RÉCLAMEZ  
NOTRE BROCHURE**

Retournez-nous cette  
carte aujourd'hui même ;  
nous vous adresserons  
notre luxueuse brochure  
illustrée contenant tous  
renseignements sur LIN-  
GUAPHONE et sur  
notre offre d'essai gra-  
tuit. — Aucun enga-  
gement, aucun frais.



**BERNARD G. SHAW** fut  
tout de suite séduit par la Mé-  
thode Linguaphone. Il témoi-  
gna son enthousiasme en écri-  
vant tout exprès pour Lingua-  
phone des pages qu'il enregis-  
tra lui-même. Un exemplaire  
de ces disques, autographié, est  
conservé au British Museum.



# Cet hiver, vous saurez parler l'Anglais

*ou n'importe quelle autre langue*

ÉPROUVEZ enfin la satisfaction profonde de comprendre une langue nouvelle ! Armez-vous pour saisir les plus belles occasions qui se présentent seulement à ceux qui connaissent les langues étrangères.

Avec Linguaphone, vous pouvez le faire chez vous, tranquillement, sans effort, exactement comme un enfant apprend sa langue maternelle.

Les plus grandes personnalités furent enthousiasmées par la Méthode Linguaphone, dès qu'elles la connurent. Elles-mêmes l'utilisent. Mentionnons, entre autres, Jean Ajalbert, Maurice Dekobra, Maeterlinck, Rosny aîné, Bernard Shaw, Titayna, H. G. Wells, etc.

Les plus éminentes autorités de l'Enseignement, plus de 11.000 Universités, Lycées ou Collèges ont adopté la Méthode Linguaphone.

**LINGUAPHONE vous offre l'essai gratuit d'un cours complet, chez vous**

Sur simple demande de votre part, sans aucun frais ni aucun engagement, nous vous enverrons un cours complet dans la langue qui vous intéresse. Les Cours existent en 23 langues.

Servez-vous de notre Méthode aussi souvent que vous le pourrez durant cette période d'essai, qui est de 8 jours.

**Détachez immédiatement la carte postale ci-dessous, pour profiter de l'offre qui vous est faite. — Ceci ne vous engage absolument à rien.**

*Le jour où Sinclair Lewis, le populaire auteur américain de Babbitt, Main Street, etc., apprit qu'il était l'heureux bénéficiaire du Prix Nobel, il commanda sans perdre un instant un cours Linguaphone de langue suédoise. Et quelques semaines plus tard, il stupéfia le Comité Nobel en prononçant son speech de remerciements dans un suédois non seulement correct, mais recherché.*



Photo G.-L. Manuel.

SINCLAIR LEWIS



Photo G.-L. Manuel.

S. E. le Cardinal  
BAUDRILLART

*S. E. le Cardinal Baudrillart, Recteur de l'Institut Catholique de Paris : « D'après le témoignage de plusieurs de nos professeurs, le Linguaphone rend, effectivement, d'importants services pour l'enseignement des langues. »*

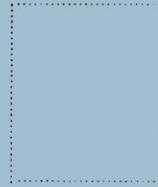


Photo G.-L. Manuel.

Maurice DEKOBRA

*« La langue parlée, l'accent, l'intonation ne s'apprennent pas dans une grammaire. Quand j'écoute le Linguaphone, je sais que Worcester se prononce Wousteur et qu'on dit Teuff pour Tough. L'oreille est l'organe essentiel pour apprendre une langue... Pour moi, utiliser le Linguaphone, c'est faire preuve d'intelligence. »*

CARTE POSTALE



Monsieur le Directeur

de l'INSTITUT LINGUAPHONE

12, Rue Lincoln (Champs-Élysées),

PARIS (8<sup>e</sup>).