

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

Notice du Volume	
Auteur(s) volume	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Volume	Tome 47. n. 214. Avril 1935
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1935
Collation	1 vol. (XXII p.-p.[265]-350) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 214
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.214

France et Colonies : 4 fr.

N° 214 - Avril 1935

LA SCIENCE ET LA VIE



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

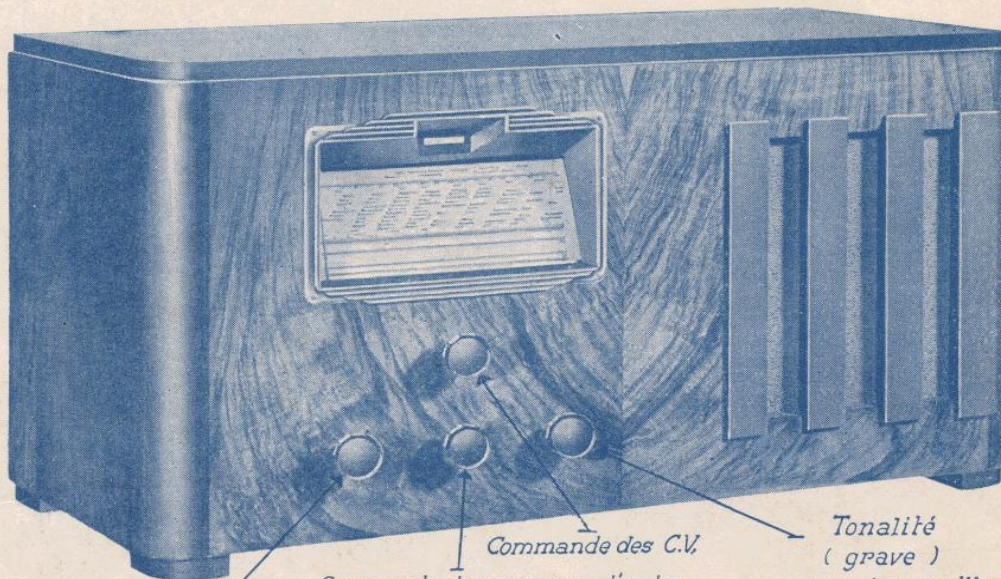
LES ÉTABLISSEMENTS RADIO-SOURCE

attirent l'attention des lecteurs de " La Science et la Vie " sur

le véritable **SUPER** **TOUTES ONDES P.B. - 3**

Push-pull cathodyne à 9 lampes dont 1 valve

APPAREIL DÉCRIT DANS CE NUMÉRO



*Mise en marche et réglage
de la puissance*

*Commande des gammes d'ondes
et de passage en pick-up*

*Tonalité
(grave)
sens des aiguilles
d'une montre*

Ce récepteur de grande classe donne des résultats excellents en ondes courtes, petites ondes et grandes ondes et couvre réellement la gamme de 11 à 2000 mètres.

APPAREIL FRANÇAIS
ÉTUDIÉ POUR LA FRANCE
ET LES COLONIES

Ce superhétérodyne de 9 lampes obtient de plus en plus un gros succès en raison de son **rendement musical parfait** et sa construction particulièrement robuste. Demandez notice technique et prix bas aux

ÉTABLISSEMENTS RADIO-SOURCE

82, avenue Parmentier, 82 - PARIS (11^e)

Chèques Postaux Paris 664-49

R. C. Seine 291.975

Téléphone Roquette 62-80 et 62-81



ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL DE NAVIGATION ÉCOLE

placées sous
le haut patronage
de plusieurs Ministères

19, Rue Viète, PARIS - 17^e
Tél. : Wagram 27-97

Cours sur place ou par correspondance

COMMERCE & INDUSTRIE

Obtention de Diplômes et
accès aux emplois de

**SECRÉTAIRES
DESSINATEURS
CHEFS DE SERVICE
INGÉNIEURS
DIRECTEURS**

**CERTIFICATS D'ÉTUDES
BREVETS
BACCALAURÉATS**

Examens et Concours
**P. T. T. — CHEMINS DE FER
PONTS ET CHAUSSÉES
VILLE DE PARIS, etc.**

MARINE MILITAIRE

Préparation aux Ecoles
des **ÉLÈVES-INGÉNIEURS MÉCANICIENS (Brest)**
SOUS-OFFICIERS MÉCANICIENS et PORT
MÉCANICIENS : Moteurs et Machines (Lorient)
ÉCOLE NAVALE — BREVET DE T. S. F.

AVIATION

**NAVIGATEURS AÉRIENS
AGENTS TECHNIQUES - T. S. F.
INGÉNIEURS ADJOINTS
ÉLÈVES-INGÉNIEURS
OFFICIERS MÉCANICIENS
ÉCOLES de ROCHEFORT et d'ISTRES
ÉCOLE DE L'AIR**

MARINE MARCHANDE

Préparation des Examens
**ÉCOLES DE NAVIGATION
ÉLÈVES-OFFICIERS
LIEUTENANTS, CAPITAINES
MÉCANICIENS
COMMISSAIRES, T. S. F.**

ÉCOLE DE NAVIGATION MARITIME de NICE - VILLEFRANCHE-s-MER

QUAI COURBET (Villefranche-sur-Mer)

Cours théoriques pour tous les examens de la marine marchande.
Exercices d'embarcation dans la rade.
Visites de navires.

PROGRAMMES GRATUITS
(Joindre un timbre pour toute réponse)

UBIETEV

E. Taracini



Le signe de la santé une bouche saine!

Le DENTOL, eau, pâte, poudre, savon, est un dentifrice à la fois souverainement antiseptique et doué du parfum le plus agréable. Créé d'après les travaux de Pasteur, il est tout particulièrement recommandé aux fumeurs. Il laisse dans la bouche une sensation de fraîcheur très persistante.

Le DENTOL se trouve dans toutes les bonnes Maisons vendant de la Parfumerie et dans toutes les Pharmacies.

CADEAU Pour recevoir gratuitement et franco un échantillon de DENTOL, il suffit d'envoyer son adresse exacte et bien lisible à la **Maison FRÈRE, 19, rue Jacob, Paris**, en y joignant la présente annonce de *La Science et la Vie*.

Dentol

LE
303...

CONTIENT
4 FOIS
PLUS d'ENCRE
que votre stylo
de même taille

Breveté et
usiné par

STYLOMINE

2, Rue de Nice - PARIS, XI^e

Envoi
gratuit

Choisissez
la montre à
votre goût sur
le superbe Album
n° 35-65, présentant :

**600 MODÈLES
DE MONTRES
DE BESANÇON**

tous les genres pour Dames et
Messieurs qualité incomparable
Adressez-vous directement aux
Ets SARDA
les réputés
fabricants
installés
depuis
1893.

SARDA
BESANÇON
FABRIQUE D'HORLOGERIE DE PRECISION

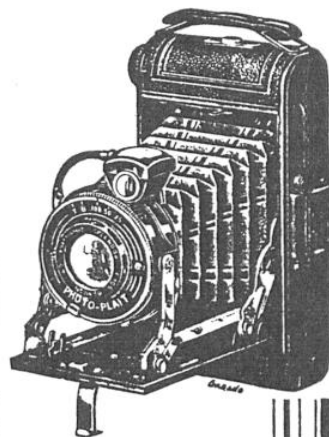
vous
aurez
pour

35 frs

LE VOLTEX PRIX 260^f

MODÈLE 1935

Automatique 6×9. - ANASTIGMAT "SPLENDOR"
1:4,5. - Obturateur 1/100^e à retardement, nouveau
modèle, se chargeant en plein jour avec des pellicules
de 8 poses, de n'importe quelle marque.



GARANTIE : 2 ANS

Le solde payable en 7 mensualités de 35 frs sans aucune majoration
ou bien le même, format 6 1/2×11 c/m. PRIX : 310 francs
ou 8 mensualités de 42 francs.

EN VENTE SEULEMENT AUX ÉTABLISSEMENTS

PHOTO-PLAIT

35, 37, 39, RUE LA FAYETTE - PARIS-Opéra

SUCCURSALES

142, rue de Rennes, PARIS-Montparnasse
104, rue de Richelieu, PARIS-Bourse
15, Galerie des Marchands (rez-de-ch.), Gare St-Lazare
6, place de la Porte-Champerret, PARIS-17^e

CADEAU Tout acheteur d'un "VOLTEX" payé au comptant
recevra GRATUITEMENT un SUPERBE SAC en cuir

ADOPTÉ LA PELLICULE 8 POSES ULTRA RAPIDE			et la dernière nouveauté		
"HÉLIOCHROME" 26° Sch.			La "SUPER-HÉLIOCHROME" 30° Sch.		
4 × 6 1/2	6 × 9	6 1/2 × 11	4 × 6 1/2	6 × 9	6 1/2 × 11
4.50	4.50	6.50	6. »	6.50	7.80

VOUS SEREZ ÉMERVEILLÉS !

CATALOGUE PHOTO-CINÉMA 1935-SV — GRATUIT —
SUR DEMANDE
Véritable répertoire de tout ce qui concerne la PHOTO et le CINÉMA

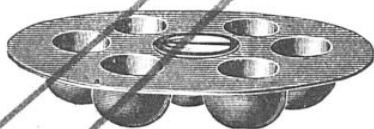
KODAK - ZEISS IKON - AGFA
VOIGTLANDER - LEICA - ROLLEIFLEX
LUMIÈRE - PATHÉ-BABY, ETC...

Maison vendant 20 à 25 0/0 meilleur marché que partout ailleurs les Appa-
reils, Plaques, Pellicules, Papiers, Produits et Accessoires de sa marque.

SPÉCIALITÉ DE TRAVAUX PHOTO D'AMATEURS

Expéditions en province à domicile, franco de port et d'em-
ballage, même par unité et à partir de n'importe quel prix.

Le rond de fourneau NERO



double la vitesse de chauffe et peut se transformer, en le retournant, en réchaud à alcool.

Prix imposé : 15 francs En vente dans les Grands Magasins, Bazar et Quincailleries

Demandez la notice gratuite et explicative n° 31 à Soc. NERO, 4, rue Poinot, Paris-14^e

"DESSINEZ"

d'après nature ou d'après documents

Vous le pouvez facilement et exactement, sans savoir dessiner, à l'aide de nos appareils :

La Chambre Claire Universelle de précision (2 modèles) : 190 ou 280 francs

Le Dessineur (1 modèle) : 110 francs qui agrandissent, réduisent photos, plans, paysages, objets, etc.



NOUVEAUX
PRIX

Demandez le catalogue n° 12 et liste de références officielles

Maison BERVILLE, 18, rue Lafayette, PARIS

AUTOPIC se taille lui-même

Le problème de la mine toujours bien taillée est enfin résolu, grâce à la fraise logée dans le cône.

Le Crayon Mécanique "AUTOPIC", petite merveille de mécanique de précision, est seul à pouvoir tailler sa mine, rapidement et convenablement, que ce soit en biseau ou en pointe fine comme une aiguille, si nécessaire. C'est l'outil indispensable à tous ceux qui écrivent ou qui dessinent : ingénieurs, architectes, dessinateurs, comptables, professeurs, représentants, etc. Entièrement construit en pièces de haute précision, il utilise la mine longue, d'un gros diamètre courant de 2 $\frac{3}{4}$ mm, qui, en position de fonctionnement, reste fixe et se change instantanément contre une autre de couleur ou de graduation différente. Une simple pression, elle tombe ou se remet en place. Malgré tous ses perfectionnements, l'"AUTOPIC" ne coûte pas plus cher qu'un porte-mine ordinaire.

EN VENTE DANS LES BONNES MAISONS
Modèles de poche 35 fr. et 40 fr.
Modèles longs 40 fr. et 45 fr.

A DÉFAUT ÉCRIRE :

MÉCANISME
INTÉRIEUR

◆ **AUTOPIC** ◆
124, av. Parmentier, Paris-XI^e

PRÉSENTATION

TÉL. : OBERKAMPF 55-98



Tél. : LABorde 32-20 et la suite (13 lignes groupées)

LA MARQUE la plus ancienne...
LA MACHINE la plus moderne...

ÉCRIT

à la perfection dans le silence

MACHINES GARANTIES A PARTIR DE

1.250 fr.

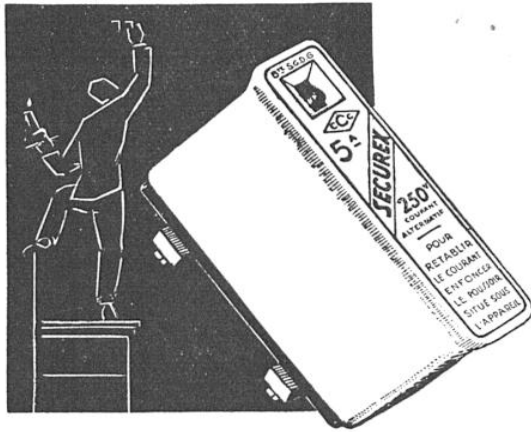
Toute la gamme des machines de bureau ou portatives en valise

facilités de paiement

NOTICES ILLUSTRÉES ENVOYÉES FRANCO SUR SIMPLE DEMANDE A

SMITH PREMIER
26 et 28, rue de la Pépinière — PARIS-8^e

*Au diable
les fusibles !*



Plomb sauté...

Plomb à changer...

Travail à tâtons dans le noir..
Temps perdu... argent gâché..
Erreurs parfois dangereuses.

*Qui connaît SECUREX,
met les "plombs" à l'index.*

SECUREX remplace les fusibles une fois pour toutes.

Il reste toujours prêt, en cas de panne, à rétablir le courant immédiatement, par simple pression du bout du doigt.

Utilisez sans crainte ni restrictions tous appareils électriques, portatifs ou non, SECUREX sauvegardera votre sécurité en accroissant votre confort et vos commodités.

Prix modiques et imposés, fabrication garantie. Pose instantanée sans aucune modification d'installation.

COUPE-CIRCUITS



Fabriqué par la C^e Continentale pour la Fabrication des Compteurs

Vente : tous électriciens ou à défaut S.A.V.A.N.

Société Anonyme au capital de 500.000 Francs
17, rue d'Astorg, Paris 8^e - Tél. : A 1705 05.30 et la suite

PUBL. ELVINGER

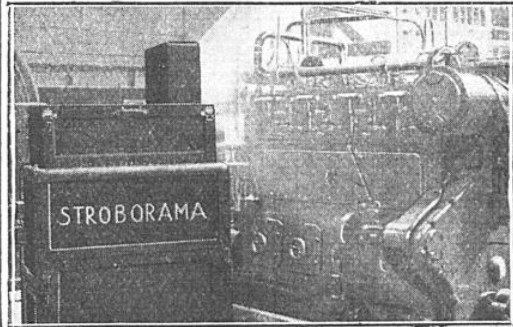
Recherches Mécaniques et Physiques

(BREVETS SEGUIN FRÈRES)

40, Rue de l'Echiquier, PARIS

Téléphone : Provence 18-35 à 37

Appareils stroboscopiques **STROBORAMA** à grande puissance



STROBORAMA TYPE A

Examen d'un moteur. — Office des Inventions, Bellevue.

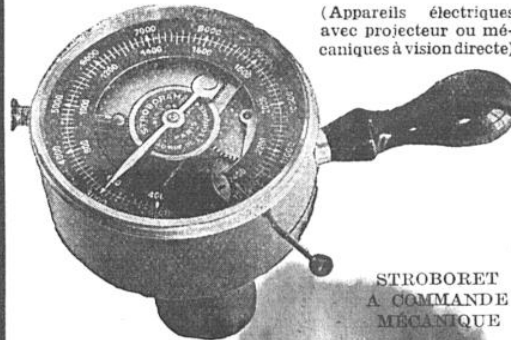
PHOTOGRAPHIE et CINÉMATOGRAPHIE au millionième de seconde

ÉTUDES STROBOSCOPIQUES A FORAÎT

Télétachymètres Stroborama

pour MESURE et CONTRÔLE des VITESSES
à distance et sans contact

(Appareils électriques
avec projecteur ou mé-
caniques à vision directe)



STROBORET
A COMMANDE
MECANIQUE

RÉGULATEURS SÉPARÉS pour Moteurs électriques et

MOTEURS A RÉGULATEUR

donnant sans rhéostat une parfaite
constance de vitesse à tous les régimes

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 28 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 des brochures** qui vous intéressent parmi celles qui sont énumérées ci-après. Vous les 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° 90.801, 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*, etc.

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

BROCHURE N° 90.809, concernant toutes les *classes complètes* de l'**Enseignement secondaire** officiel jusqu'au *Baccalauréat* inclusivement — concernant, en outre, 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*.

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

BROCHURE N° 90.812, 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° 90.821, 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° 90.827, 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° 90.832, 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° 90.839, 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° 90.845, 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° 90.851, 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° 90.856, concernant la préparation aux métiers de la Couture, de la Coupe, de la Mode et de la Chemiserie : Petite-Main, Seconde-Main, Première-Main, Couturière, Vendeuse, Vendeuse-retoucheuse, Modéliste, Modiste, Coupeuse, Lingère, Brodeuse, Coupeur-Chemisier, Coupe pour hommes, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs officiels et par des Spécialistes hautement réputés.)

BROCHURE N° 90.860, concernant la préparation aux carrières du Cinéma : Carrières artistiques, techniques et administratives.
(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

BROCHURE N° 90.867, concernant la préparation aux carrières du Journalisme : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

BROCHURE N° 90.875, 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° 90.881, concernant l'étude des Langues étrangères : Anglais, Espagnol, Italien, Allemand, Russe, Portugais, Arabe, Esperanto. — Tourisme (Interprète).
(Enseignement donné par des Professeurs ayant longuement séjourné dans les pays dont ils enseignent la langue.)

BROCHURE N° 90.888, concernant l'enseignement de tous les Arts du Dessin : Cours universel de dessin, Dessin usuel, Illustration, Caricature, Décoration, Aquarelle, Peinture à l'huile, Pastel, Fusain, Gravure, Décoration publicitaire — concernant également la préparation à tous les Métiers d'art et aux divers Professorats de Dessin, Composition décorative, Peinture, etc.
(Enseignement donné par des Artistes réputés, Lauréats des Salons officiels, Professeurs diplômés, etc.)

BROCHURE N° 90.893, 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 des Grands Prix de Rome, Professeurs membres du jury et Lauréats du Conservatoire national de Paris.)

BROCHURE N° 90.897, 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.)

Ecrivez aujourd'hui même, comme nous vous y invitons à la page précédente, à
MESSIEURS LES DIRECTEURS de

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS (16^e)



L'Institut Moderne du Dr Grard à Bruxelles vient d'éditer un traité d'Électrothérapie destiné à être envoyé gratuitement à tous les malades qui en feront la demande. Ce superbe ouvrage médical en 5 parties, écrit en un langage simple et clair, explique la grande popularité du traitement électrique et comment l'électricité, en agissant sur les systèmes nerveux et musculaire, rend la santé aux malades, débilités, affaiblis et déprimés.

1re Partie : SYSTÈME NERVEUX.

Neurasthénie, Névroses diverses, Névralgies, Névrites, Maladie de la Moelle épinière, Paralyties.

2me Partie : ORGANES SEXUELS ET APPAREIL URINAIRE.

Impuissance totale ou partielle, Varicocèle, Pertes Séminalles, Prostatite, Écoulements, Affections vénériennes et maladies des reins, de la vessie et de la prostate.

3me Partie : MALADIES de la FEMME

Métrite, Salpingite, Leucorrhée, Écoulements, Anémie, Faiblesse extrême, Amenorrhée et dysménorrhée.

4me Partie : VOIES DIGESTIVES

Dyspepsie, Gastrite, Gastralgie, Dilatation, Vomissements, Aigreurs, Constipation, Entérites multiples, Occlusion intestinale, Maladies du foie.

5me Partie : SYSTÈME MUSCULAIRE ET LOCOMOTEUR

Myalgies, Rhumatismes divers, Goutte, Sciatique, Arthritisme, Artério-Sclérose, Troubles de la nutrition, Lithiase, Diminution du degré de résistance organique.

La cause, la marche et les symptômes de chacune de ces affections sont minutieusement décrites afin d'éclairer le malade sur la nature et la gravité de son état. Le rôle de l'électricité et la façon dont opère le courant galvanique sont établis pour chaque affection.

L'application de la batterie galvanique se fait de préférence la nuit et le malade peut sentir le fluide bienfaisant et régénérateur s'infiltrer doucement et s'accumuler dans le système nerveux et tous les organes, activant et stimulant l'énergie nerveuse, cette force motrice de la machine humaine.

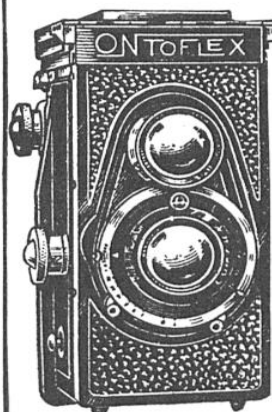
Chaque ménage devrait posséder cet ouvrage pour y puiser les connaissances utiles et indispensables à la santé, afin d'avoir toujours sous la main l'explication de la maladie ainsi que le remède spécifique de la guérison certaine et garantie.

C'EST GRATUIT

Hommes et femmes, célibataires et mariés, écrivez une simple carte postale à Mr le Docteur L. P. GRARD, 30, Avenue Alexandre-Bertrand, BRUXELLES-FORST, pour recevoir par retour, sous enveloppe fermée, le précis d'électrothérapie avec illustrations et dessins explicatifs. Affranchissement pour l'Étranger: Lettre 1,50. Carte 0,90.

ONTOFLEX

NOUVEAUTÉ 1935



Format : 6 × 9 cm.
Pellicules et Plaques

Une conception nouvelle de l'appareil REFLEX à pellicules en rouleaux par le format rationnel 6 × 9.

Appareil photographique de grand luxe

BROCHURE S SUR DEMANDE



Des représentants sont demandés à l'étranger par les
Etablissements G. CORNU, Constr.
175, rue des Pyrénées, PARIS - XX^e

Concessionnaire exclusif pour la France :

CENTRAL-PHOTO
112, rue La Boétie, PARIS-VIII^e

"MICRODYNE"

LE PLUS PETIT MOTEUR INDUSTRIEL DU MONDE

MOTEURS UNIVERSELS
de 1/100 à 1/10 ch.

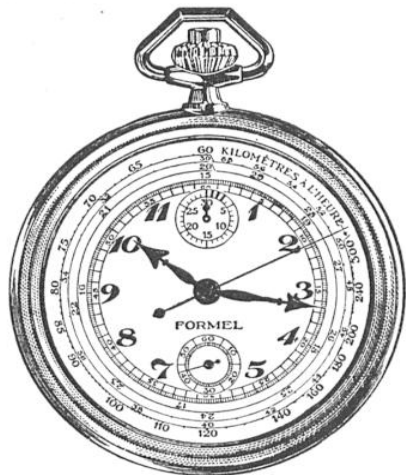
L. DRAKE
CONSTRUCTEUR
240 bis
Bd Jean-Jaurès
BILLANCOURT

Tél. :
MOLITOR
12-39



ASSURANCE GRATUITE CONTRE LA CASSE

LE CHRONOGRAPHE FORMEL EST VENDU AVEC LES AVANTAGES SUIVANTS



VENTE EXCLUSIVE
E. BENOIT, 60, r. de Flandre, PARIS
 Références : ETAT, CHEMINS DE FER DE L'EST,
 P. O., VILLE DE PARIS, ETC.

Un ESSAI de 8 JOURS

Une GARANTIE de 10 ANS
 contre tous vices de construction.

2 ANS D'ASSURANCE GRATUITE

pendant lesquels le Chronographe FORMEL est garanti, même contre la CASSE. Toutes les pièces brisées à la suite d'un accident sont remplacées gratuitement par nos soins. En un mot, toutes les réparations sont à notre charge pendant 2 ans.

NOTICE A FRANCO SUR DEMANDE

PRIX FRANCO EN ÉCRIN

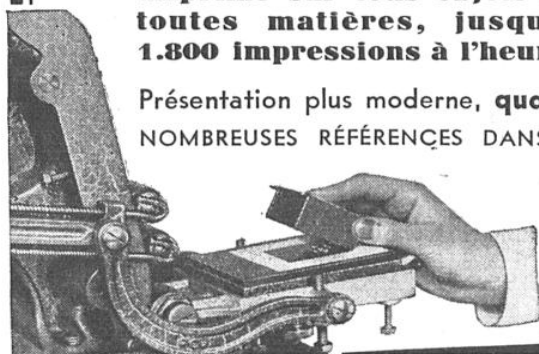
Chromé, **270 fr.** - Argent, **335 fr.** - Or, **1.400 fr.**

CHÈQUE POSTAL PARIS 1373.06

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

L'AUTOMATIQUE DUBUIT

imprime sur tous objets en
 toutes matières, jusqu'à
 1.800 impressions à l'heure.



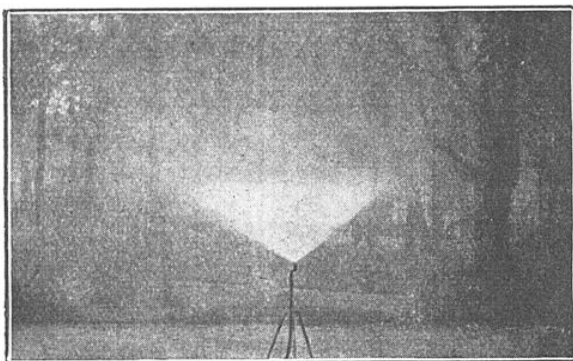
Présentation plus moderne, **quatre fois** moins chère que les étiquettes.
 NOMBREUSES RÉFÉRENCES DANS TOUTES LES BRANCHES DE L'INDUSTRIE



MACHINES DUBUIT

62 bis, rue Saint-Blaise, PARIS

TÉL. : ROQUETTE 19-31



L'Arroseur IDEAL E. G.

BREVETÉ S. G. D. G.

Ne tourne pas et donne l'arro-âge en rond,
carré, rectangle, triangle et par côté;
il est garanti inusable et indé réglable.

L'Arroseur rotatif IDEAL

est muni de jets d'un modèle nouveau,
réglables et orientables, permettant
un arrosage absolument parfait.

Eug. GUILBERT, Const^r

160, avenue de la Reine
BOULOGNE-SUR-SEINE
Tél. : Molitor 17-76

POUR LA SCIENCE
ET L'INDUSTRIE

LES APPAREILS Jules Richard

sont appréciés dans
le monde entier

PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE
Homéos Glyphoscope
VÉRASCOPE

AVIATION
Tous les Appareils de Contrôle
Enregistreurs et Indicateurs

BAROMÈTRES	ANÉMOMÈTRES
MANOMÈTRES	CINÉMOMÈTRES
DYNAMOMÈTRES	AMPÈRÈMÈTRES
VOLTMÈTRES	SOLARIMÈTRES

JUMELLES de THÉÂTRE et de TOURISME

E. Jules RICHARD

25, rue Mélingue, PARIS

« C'est par ce qui est à César,
... la précision aux appareils J. Richard ! »

BON à découper
pour recevoir gratui-
tement le catalogue K

"Publicis" R. 77

un ensemble unique...

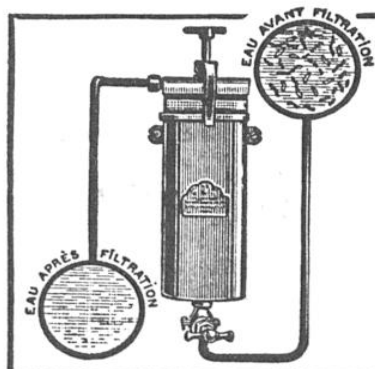
PHOTOGRAVURE
CLICHERIE
GALVANOPLASTIE
DESSINS
PHOTOS
RETOUCHES

pour
illustrer vos
Publicités

Établissements

Laureys Fr^{es}

17, rue d'Enghien, Paris



FILTRE CHAMBERLAND SYSTÈME PASTEUR

sans emploi d'agents chimiques

donne l'eau vivante et pure avec tous ses sels digestifs et nutritifs.

FILTRES A PRESSION FILTRES DE VOYAGE
ET SANS PRESSION ET COLONIAL

BOUGIES DE DIVERSES POROSITÉS POUR LABORATOIRES

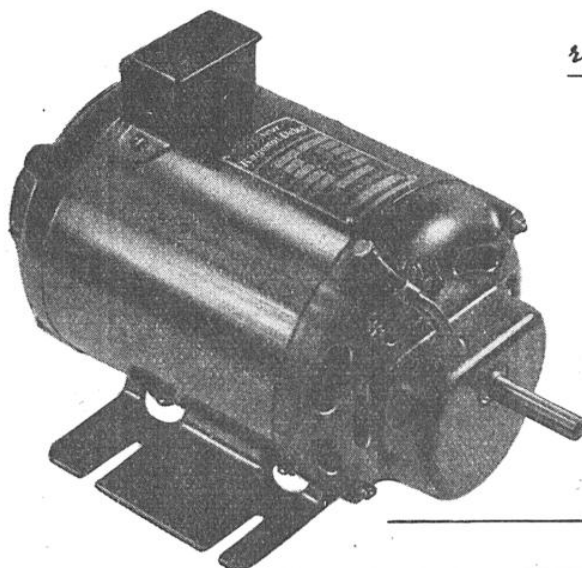
80 bis, rue Dutot, PARIS - Tél. : Vaugirard 26-53

LE MOTEUR Ragonot-Delco

(Licence Delco)

à RÉPULSION-INDUCTION

Pub. R.-L. Dupuy

réalise ce que vous désiriez :

- 1° - Démarrage en pleine charge sur courant lumière, sur simple fermeture d'un interrupteur.
- 2° - Faible appel de courant.
- 3° - Relevage automatique des balais, donc ni usure, ni parasites.
- 4° - Dispositif de graissage "3 ans".
- 5° - Puissance largement calculée.
- 6° - Fonctionnement silencieux sur 110 et 220°.
- 7° - Suspension élastique.
- 8° - Adopté par les principaux constructeurs d'armoires frigorifiques.

E^{TS} RAGONOT*les grands spécialistes des petits moteurs*

15, Rue de Milan - PARIS - Tél. Trinité 17-60 et 61



le gaz où tu peux!...

BUTAGAZ

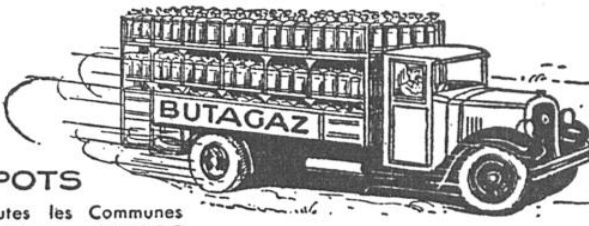
LE GAZ BUTANE

où tu veux!

5000 DÉPOTS

Service à domicile dans toutes les Communes
FRANCE - ALGÉRIE - TUNISIE - MAROC

Notice explicative gratuite sur demande




BUTAGAZ, 44, rue Washington, Paris.

L'INFRA-ROUGE

— A DOMICILE —
**PAR LE PROJECTEUR
 THERMO-PHOTOTHERAPIQUE
 DU DOCTEUR ROCHU-MERY**

*Soulage
 les douleurs*

RHUMATISMES

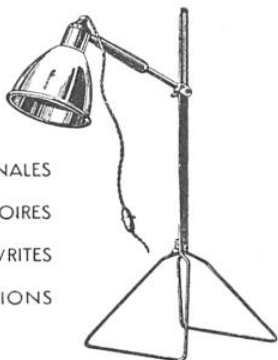
DOULEURS ABDOMINALES

TROUBLES CIRCULATOIRES

NEURALGIES - NEVRITES

PLAIES - ULCÉRATIONS

ETC., ETC.



LA VERRERIE SCIENTIFIQUE
 12, AV. DU MAINE, PARIS, XV^e T. Littré 90-13

PROPULSEURS HORS-BORD
ARCHIMÈDES
 27, Quai Victor Augagneur, LYON

POUR
tous bateaux:
 PLAISANCE
 PÊCHE
 VOILIER
 SPORT
 TRANSPORT

DEMANDEZ CATALOGUE
 GRATUIT N° 23

GARANTIS UN AN

CONSERVATION parfaite des ŒUFS
 PAR LES
COMBINÉS BARRAL
*Procédé reconnu le plus simple
 et le plus efficace
 par des milliers de clients.*
**5 COMBINÉS BARRAL
 pour conserver 500 œufs**
11 francs

Adresser les commandes avec un mandat-
 poste, dont le talon sert de reçu, à
 M. Pierre RIVIER, fabricant des Combi-
 nés Barral, 8, villa d'Alésia, PARIS-14^e.
 PROSPECTUS GRATIS SUR DEMANDE



c'est une bobine FERRIX,
 dit l'automobiliste avisé :
 elle allume mieux et ne
 grille pas inopinément :
 c'est la bobine de
 sécurité.

Prix. **60 frs**

c'est une super-bobine FERRIX,
 dit le sportif : aux gran-
 des vitesses et aux fortes
 compressions de mon
 moteur, elle seule donne
**des étincelles
 chaudes, sans défail-
 lance.**

Prix **100 frs**

FERRIX

98, aven. Saint-Lambert, NICE
 2, r. Villaret-de-Joyeuse, PARIS
Notice N° 18 sur demande

Pub. R.-L. Dupuy

Situation lucrative

agréable, indépendante et active

dans le Commerce ou l'Industrie, sans Capital

Pour faire travailler un ingénieur dans une usine, il faut vingt représentants apportant des commandes : c'est pourquoi les bons représentants sont très recherchés et bien payés, tandis que les ingénieurs sont trop nombreux. Les mieux payés sont ceux qui ont des connaissances d'ingénieur, même sans diplôme, car ils sont les plus rares et peuvent traiter les plus grosses affaires.

Pour une situation lucrative et indépendante de **représentant industriel**, **ingénieur commercial** ou, si vous préférez la vie sédentaire, de **directeur commercial**, pour vous préparer rapidement, tout en gagnant, il faut vous adresser à

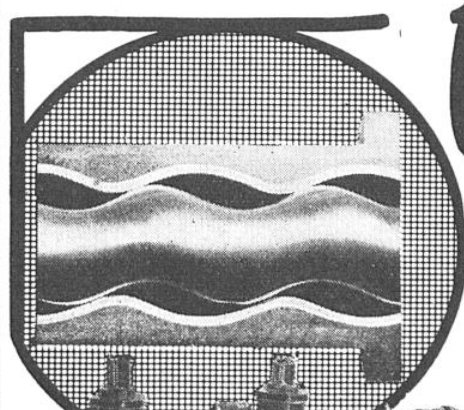
L'Ecole Technique Supérieure de Représentation et de Commerce

Fondée et subventionnée par "l'Union Nationale du Commerce Extérieur"
pour la formation de négociateurs d'élite.

Tous les élèves sont pourvus d'une situation

L'Ecole T. S. R. C. n'est pas universelle, elle est spécialisée, c'est la plus ancienne, la plus importante en ce genre, la seule fondée par des hommes d'affaires qui sont les premiers intéressés à faire gagner de l'argent à leurs élèves en les utilisant comme collaborateurs, et qui, seuls, sont qualifiés pour décerner un diplôme efficace ; la seule de ce genre qui enseigne d'abord par correspondance les meilleures méthodes et qui perfectionne ensuite facultativement l'élève sur place en le faisant débiter sous la direction de ses professeurs, avec des gains qui couvrent ses frais d'études. Avant toute décision, demandez la brochure n° 66, qui vous sera adressée gratuitement avec tous renseignements, sans aucun engagement, à l'Ecole T. S. R. C.

3 bis, rue d'Athènes, PARIS



Un Succès LA POMPE EN CAOUTCHOUC

Pompes P. C. M. LICENCE R. MOINEAU

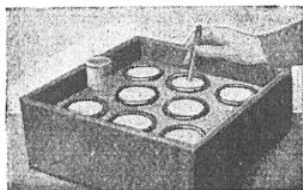
SES AVANTAGES :

- **SILENCIEUSE**
- EAU ▪ MAZOUT ▪ ESSENCE
- LIQUIDES ÉPAIS ET ABRASIFS
- LIQUIDES ALIMENTAIRES
CRAIGNANT L'ÉMULSION
- AUTO-AMORÇAGE
- NE GÈLE PAS

*tous débits
toutes pressions*

Soc. POMPES, COMPRESSEURS, MÉCANIQUE

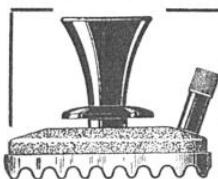
63-65, rue de la Mairie, VANVES (Seine) - Tél. : Michelet 37-18



YOGOURT
Le POT à
0 fr. 15

Se fait chez soi facilement, sans feu ni électricité, ni ferment chimique, avec l'appareil **LABANA** vendu bon marché.

Demandez la notice **S** aux Etabl. **LABANA**
43, boulevard Saint-Martin, PARIS-3^e — Téléphone : Archives 00-27



Le cuiseur SAPEC

PRIX : 50 FRANCS

BREVETÉ S. G. D. G.

Fabrics. : SAPEC, 24, rue Tourville, Lyon

Dépôt : Etabl. HELBE
6, rue Beaurepaire, Paris-10^e

NOTICE SUR DEMANDE

REMORQUES

à 2 et 4 roues • Tous modèles • Toutes charges
Transformation de tous véhicules sur roues à pneus

NOUVEAU FREIN | **NOUVELLE ROUE**
breveté S. G. D. G. | pour pneumatiques
à double mâchoire | (facilité de montage)

ESSIEUX - ROUES - PNEUMATIQUES - BANDAGES



Emile DURAND, 80, avenue de la Défense, 82
COURBEVOIE (Seine) - Tél. : Défense 06-03

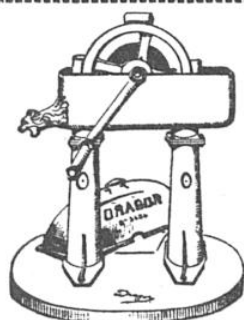
DES IMPRIMÉS SOIGNÉS
DES DÉLAIS RESPECTÉS
DES PRIX INTÉRESSANTS



Imprimerie R. DELAUD

Cours National -- SAINTES (Char.-Inf.)

Composition mécanique — Machines automatiques



DRAGON

Élévateur d'eau à godets pour puits profonds et très profonds
À la main et au moteur. — Avec ou sans refoulement. — L'eau au 1^{er} tour de manivelle. Actionné par un enfant à 100 m. de profondeur. — Incongélabilité absolue. — Tous roulements à billes. — Contrairement aux autres systèmes n'utilise pas de poulie de fond. Donné 2 mois à l'essai comme supérieur à tout ce qui existe. — Garanti 5 ans.

Élévateurs DRAGON
LE MANS (Sarthe)
Pour la Belgique :

Voir l'article, n° 83, page 446.

39, allée Verte - Bruxelles

Pourquoi rester

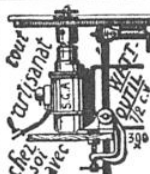


SOURDS

puisque AUDIOS présente pour 1935

L'EXTRA-PLAT MAGNÉTIQUE
et le **SUPER-MAGNÉTIQUE**
merveilles de la technique moderne

Demandez le livre illustré du Docteur RAJAU
DESGRAIS, 140, rue du Temple, PARIS
(Joindre 3 francs en timbres)



Pour Amateurs et Professionnels:

VOLT-OUTIL +++++

+++ **VOLT-SCIE** +++

+++++ **WATT-OUTIL**

sur courant lumière, sans apprentissage.

3.000 références :: Notices franco

S. G. A. S., 44, rue du Louvre, Paris-1^{er}

Recherches des Sources, Filons d'eau
Minerais, Métaux, Souterrains, etc.

par les

DÉTECTEURS ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

L. TURENNE, ING. E. C. P.
19, RUE DE CHAZELLES, PARIS-17^e

Vente des Livres et des Appareils
permettant les contrôles.

POMPES - RÉSERVOIRS
ÉLECTRICITÉ - CHAUFFAGE

INVENTEURS

Pour vos

BREVETS

Adr. vous à: **WINTHER-HANSEN, Ingénieur-Conseil**
35 Rue de la Lune, PARIS (2^e) *Brochure gratuite!*

SPÉCIALISTES DES MÉTHODES
MODERNES

les Etablissements

JAMET-BUFFEREAU

sont les mieux organisés pour vous apprendre

la **COMPTABILITÉ**

la **STÉNO-DACTYLO**

Brochure grat. S : 96, rue de Rivoli, PARIS

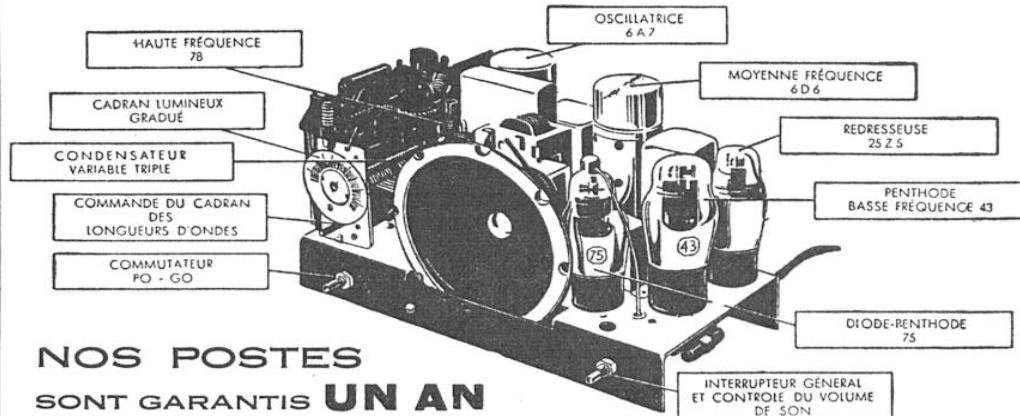
Lecteurs de *La Science et la Vie*!

N'ATTENDEZ PAS D'AVANTAGE SI VOUS VOULEZ PASSER D'AGRÉABLES SOIRÉES

achetez un

PYGMY

LE POSTE MINIATURE TECHNIQUEMENT PARFAIT



**NOS POSTES
SONT GARANTIS UN AN**

PYGMY, le modèle des postes miniatures, élégant, pratique, économique, sera le compagnon fidèle de tous vos déplacements.

Demandez les conditions spéciales accordées aux lecteurs de *La Science et la Vie*, et la notice S. V.

Vente à crédit en 12 mensualités au même prix qu'au comptant.

POSTE 5 LAMPES : tous courants, antifading à cadran lumineux.

Équipé avec lampes 25 Z 5, 6 A 7, 78, 6 B 7, 43.

Sensibilité : réception de 50 à 60 stations environ.

Sélectivité : 9 kilocycles environ.

Musicalité et fidélité de reproduction d'un grand poste de classe.

Rendement d'un poste 7 lampes de grandes dimensions.

POSTE 6 LAMPES : 1° Une 25 Z 5 ; 2° Une 78 penthode ; 3° Une 6 A 7 heptode ; 4° Une 75 duodiode penthode, lampe double ; 5° Une 6 D 6 penthode ; 6° Une 43 basse fréquence penthode.

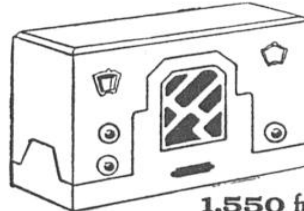
Sensibilité : réception de 100 stations environ.

Sélectivité : 8 kilocycles.

Musicalité et fidélité de reproduction égales à celles d'un grand poste de qualité parfaite.



1.250 fr.



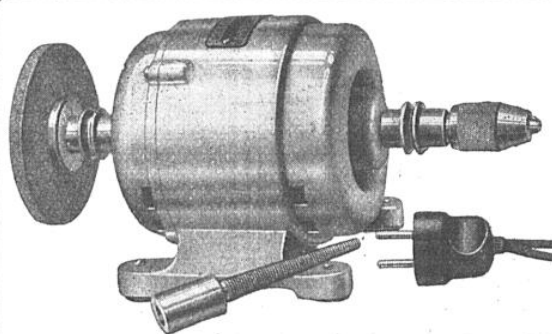
1.550 fr.



**SOCIÉTÉ CENTRALE DES
INVENTIONS PRATIQUES**

31, rue La Boétie, PARIS - Tél.: Elysées 15-56 et 57

AGENTS : QUELQUES BONNES RÉGIONS SONT ENCORE DISPONIBLES



UN COLLABORATEUR MODÈLE...

Toujours prêt à rendre service en silence
Capable d'effectuer tous petits travaux de perçage, de meulage, de polissage, etc. Fonctionne sur le courant lumière monophasé (50 périodes). Pas de collecteur ; pas de parasites ; aucun entretien. Tension de 100 à 125 volts (220 volts sur demande). Vitesse : 1.400 tours-minute.

Deux puissances différentes : 1/100 cv. et 1/25 cv.
Moteur avec poulie..... 125 fr. 195 fr.
Le jeu d'accessoires..... 50 fr. 65 fr.
Supplément pour cône fileté.. 18 fr. 20 fr.
Supplément pour 220 volts... 10 fr. 15 fr.

Expéditions franco gare française

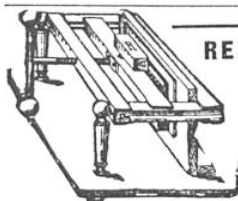
PRODUCTION DE LA

Soc. Anon. de CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES MINICUS
5, r. de l'Avenir, GENNEVILLIERS (Seine)



TRÉSORS CACHÉS

Tous ceux qui désirent connaître le secret du pendule et des corps radiants nous demanderont la notice du "MAGNETIC REVEALATOR" contre 2 francs en timbres. Permet de découvrir sources, gisements, trésors, minéraux etc.....
SWEETS FRÈRES Dep. 52
36^{me} RUE DE LA TOUR D'AUVERGNE, PARIS 9^e



RELIER tout SOI-MÊME

avec la *Relieuse-Méridieu* est une distraction à la portée de tous

Outillage et Fournitures générales
Notice illustrée franco : 1 franc
V. FOUGERE & LAURENT, à ANGOULÊME

— Aucune surveillance —

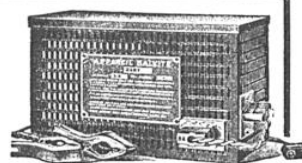
Entièrement automatique

Insensibilisé aux variations

du secteur

Entretien nul — Economie

TELLES sont les QUALITÉS du



BALKITE-BABY

GARANTI 2 ANS

CHARGE : 6 volts à 3 a, 5 — 12 volts à 2 a, 5

PRIX : 110 et 130 volts, 295 fr. — 220 volts, 315 fr.

Et. BALKITE, 6, r. des Ternes, Paris (17^e)

ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES

◀ **FILTRE** ▶

MAISONS D'ARTICLES DE MÉNAGE
et 155, faubourg Poissonnière, Paris

MALLIÉ

CHEMINS DE FER DU NORD

Services les plus rapides
vers

I'ANGLETERRE

DE JOUR : par CALAIS et BOULOGNE.

Traversées les plus courtes ; quatre services quotidiens dans chaque sens.

DE NUIT : par DUNKERQUE

La route qui fait gagner du temps.

Trains rapides de grand
lux (voitures Pullman)

" LA FLÈCHE-D'OR "

Paris-Londres par Calais, en 6 h. 40

Paris-Calais sans arrêt : 300 km. en 3 h. 07.

" L'ÉTOILE-DU-NORD "

Paris-Amsterdam en 6 h. 50.

Paris-Bruxelles sans arrêt.

" L'OISEAU-BLEU "

Paris-Anvers en 4 h. 05.

Paris-Bruxelles sans arrêt.

Train de luxe " NORD-EXPRESS "

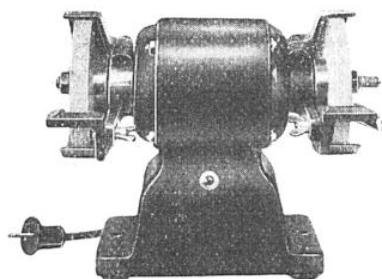
Paris-Liège-Cologne-Berlin-Varsovie-Kovno-Riga.

MOTEURS ÉLECTRIQUES MONOPHASÉS

1/200^e à 1/2 CV

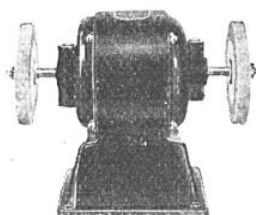
POUR TOUTES APPLICATIONS
INDUSTRIELLES ET DOMESTIQUES

Démarrant en charge — Sans entre-
tien — Silencieux — Vitesse fixe —
Ne troublant pas la T. S. F.



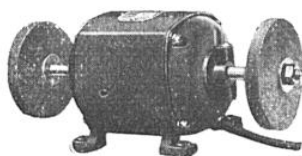
MODÈLE 1/4 HP

Touret pour affûtage et polissage
Usage horloger-mécanicien



MODÈLE 1/8 HP

Touret pour affûtage et polissage
Usage horloger-mécanicien



MODÈLE 1/20 HP

Touret pour affûtage et polissage
Usage horloger-mécanicien

R. VASSAL

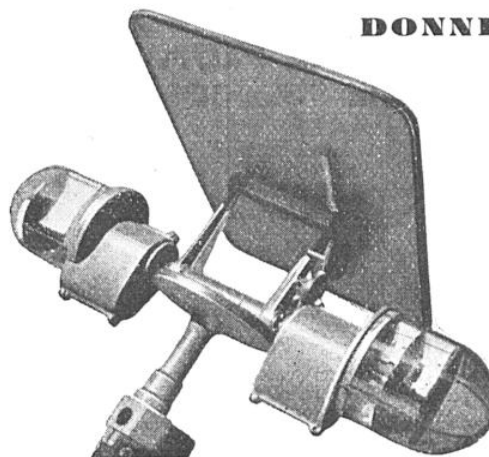
INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR

13, rue Henri-Regnault, SAINT-CLOUD

Tél. : Val d'Or 09-68 (S.-et-O.)

ARTHEL...

DONNE



LE SOLEIL LUI-MÊME CHEZ VOUS

ARTHEL-BABY VOUS DONNERA LES RAYONS
SOLAIRES SUR LES PLAFONDS DES PIÈCES,
SUR DES LUSTRES, OU DANS DES LAMPES
SOLAIRES ET VOUS FERA BÉNÉFICIER, TOUS
LES JOURS DE SOLEIL, D'UNE MAGNIFIQUE
LUMIÈRE INDIRECTE SANS CHALEUR

● ÉCONOMIE D'ÉLECTRICITÉ :

Dans tous les lieux obscurs : hôtels, cafés, res-
taurants, magasins, bureaux (30 à 80 % suivant
les latitudes).

● HYGIÈNE :

Le soleil, c'est la vie.

● GAÏÉTÉ ET BEAUTÉ :

Le beau temps, la « féerie solaire » dans les
maisons, jusque dans les coins les plus obscurs,
les plus reculés.

● SANTÉ DES YEUX :

Profitez de la lumière naturelle solaire, douce
aux yeux.

ARTHEL-BABY A REMONTAGE A MAIN

2.400 francs

ARTHEL-BABY A REMONTAGE ÉLECTRIQUE

3.000 francs

GRANDS APPAREILS, DEVIS SUR DEMANDE

Tous renseignements sur demande à la

Société ARTHÉL, S. A.

(Ensoleillement central des maisons)

CAPITAL 6.000.000 DE FR.

29, Rue d'Artois, PARIS (8^e)

TÉL. : BALZAC 26-68

1001 SPLENDEURS

UNE PROFUSION FANTASTIQUE DE FLEURS UNE SURABONDANCE ININTERROMPUE DE FLEURS

les plus belles, vous apportera la collection d'oignons à fleurs sousmentionnée. Ce sont des hommes de métier qui ont composé cette collection et si bien que les bulbes prospéreront dans n'importe quel sol. C'est justement un des avantages de l'achat « par collection » ; maintenant, vous savez qu'elles fleuriront CERTAINEMENT AUSSI dans VOTRE jardin. Et non seulement dans votre jardin, mais aussi en pots ou en jardinières, pour décorer votre appartement, véranda vitrée ou appui d'une fenêtre. Cette collection, sans égale en diversité, beauté et couleurs, vous coûterait beaucoup plus si vous commandiez les oignons à fleurs « séparément ». **Le menu est meilleur marché que la carte.** Et la qualité est **de premier ordre.**

Garantie jusqu'après la floraison. Floraison : encore cette année à partir du mois de mai jusqu'à la fin de novembre ou mi-décembre.

1001 Oignons à fleurs — 1001 Splendeurs :

- | | |
|---|---|
| 30 Glaïeuls à fleurs grandes « Fleur Orange », orange pur. | 40 Esculepta Orientalis à fleurs de Myosotis, violet doux. |
| 30 Glaïeuls à fleurs grandes « Impératrice des Indes », brun rouge foncé. | 40 Esculepta Orientalis à fleurs de Paquerettes, mauve avec jaune. |
| 30 Glaïeuls à fleurs grandes « Baron Hulot », violet-bleu foncé. | 40 Esculepta Orientalis à fleurs de Pensée, couleurs mélangées. |
| 30 Glaïeuls à fleurs grandes « Rose Précoce », beau rose clair. | 40 Esculepta Orientalis à fleurs de Violette, couleurs mélangées. |
| 30 Glaïeuls à fleurs grandes « Canna Rouge », rouge sanguin. | 40 Esculepta Orientalis à fleurs de Rose, couleurs mélangées. |
| 25 Glaïeuls à fleurs liliacées « Géant blanc », blanc neigeux. | 6 Lis Tigrées (Lilium Tigrinum) rouge moucheté de noir. |
| 25 Glaïeuls à fleurs primevère « Souvenir », jaune pur, très élégant. | 6 Lis Orange (Lilium Umbellatum), orange foncé. |
| 40 Montbrétias « Bouquet Parfait », brun-rouge clair. | 6 Lis Chinois (Lilium Régale), à fleurs jaunes-dorées, en forme de trompette. |
| 40 Montbrétias « Etoile de Feu », vermillon ardent. | 6 Lis Argenté, couleur crème, très haut. |
| 40 Montbrétias « Etoile de l'Orient », orange jaune. | 6 Lis Auratum, « Lis bande jaune dore », le Lis doré bien connu du Japon. |
| 40 Montbrétias « Roi Soleil », à fleurs extra-grandes, orange lustré. | 2 Arum « Monarque de l'Orient » (Calla Richardia). La spathe colorée d'orange est mouchetée de pourpre à l'intérieur. Le grand et gros pistil se trouve comme une chandelle jaune dorée dans le calice. Une plante d'ornement par excellence. |
| 40 Montbrétias « Rosea Parfait », rose soyeux magnifique. | 6 Bégonia Pendula. Plante en suspension pour appartement ou véranda vitrée. Les longues et frêles tiges disparaissent sous une profusion de fleurs. Traitement très simple. Cette plante fleurit de nouveau chaque année. |
| 40 Anémones simples à fleurs grandes, mélange de couleurs magnifique. | 1 Plante d'appartement, fleurissant de nombreuses et longues panicules (blanc, rouge ou lilas). |
| 40 Anémones doubles à fleurs grandes, mélange de couleurs magnifique. | 6 Dahlias pivovins Le dernier cri des variétés d'exposition, dont les fleurs ont un diamètre de 30 centimètres au moins. |
| 40 Anémones doubles à fleurs chrysanthèmes, mélange de toutes les couleurs. | |
| 40 Anémones à fleur de tulipe écarlate. | |
| 40 Anémones à fleur de Camélia, violet bleu doux. | |
| 30 Renoncules doubles à fleurs grandes, jaune doré. | |
| 30 Renoncules doubles à fleurs grandes, rouge carmin. | |
| 30 Renoncules doubles à fleurs grandes, blanc argenté. | |
| 30 Renoncules « Turban » turques, à fleurs grandes, orange chaud, la fleur favorite des femmes de harem oriental. | |
| 30 Renoncules doubles « Bouton de Rose », rose pur. | |

Cette grande « Collection-type pour 1935 », contenant 1.001 oignons à fleurs, s'expédie FRANCO et EXEMPTÉ de tous frais en France, Belgique, Luxembourg, Monaco et Algérie, pour seulement.....

La demi-collection (de toutes sortes, la demi-quantité plus la plante d'appartement), également franco et exempté de tous les frais, ne coûte que

Fr. 72

Fr. 42

Toute la collection en Tunisie et au Maroc : **80 francs.**) Franco et exempté de tous droits.
La demi-collection en Tunisie et au Maroc : **50 francs.**)

La livraison se fera **immédiatement** après réception de la commande, le paiement dès réception de notre facture ou en même temps que la commande. Comme les paiements anticipés, c'est-à-dire en même temps que l'ordre, simplifient beaucoup notre administration, nous donnerons, en ce cas, une double quantité de Dahlias GRATUITEMENT, donc 12 Dahlias pivovins et 12 Dahlias cactus au lieu de 6 de chaque sorte.

Notre guide de culture détaillé, composé spécialement pour les amateurs, est ajouté gratuitement à chaque commande.

KAREL DE GROOTE

GRANDES CULTURES D'OIGNONS A FLEURS

VOGELENZANG - lez - Haarlem, Hollande

RÉGIE DE PUBLICITÉ « EFGÉE », WEERESTEINSTRAT, 65, HILLEGOM-HOLLAND



Vous serez heureusement surpris, dès le premier jour, des superbes photos que vous obtiendrez avec "votre" Brillant. Même vos films d'essai seront des films de maître; car l'insuccès est impossible avec le Brillant, tant est simple sa manœuvre, impeccable la réalisation technique de ses moindres détails.

Viseur. - Grâce à l'image droite et brillante du sujet que reflète son grand viseur clair, vous obtiendrez toujours des clichés parfaitement mis en plaque.

Mise au point. - D'une simplicité extrême par rotation de la lentille frontale: trois repères - PAYSAGE, GROUPE, PORTRAIT - dans les modèles F: 7,7 et 6,3; échelle métrique dans le modèle F: 4,5.

Optique. - Objectifs de haute qualité: l'anastigmat VOIGTAR (3 lentilles) dans le F: 7,7 et 6,3, l'anastigmat SKOPAR (4 lentilles) dans le F: 4,5.

Format. - La netteté fouillée des 12 clichés 6x6 que vous obtiendrez sur bobine 6x9 normale, autorise les plus forts agrandissements. Mais les épreuves 6x6 sont suffisamment grandes et vous apprécierez vite ce format très pratique et particulièrement économique.



F : 7,7 — Anast. VOIGTAR pose et instantané 1/50^e : **115 fr.**

F : 6,3 — Anast. VOIGTAR sur Embezet 1/100^e : **195 fr.**

F : 4,5 — Anast. SKOPAR :

Compur 1/300^e, **275 fr.**

Compur 1/500^e, **350 fr.**

Voigtländer

Renseignez - vous chez les marchands d'articles photo ou demandez la notice gratuite N° 32 à MM. SCHÖBER & HAFNER, 3, rue Laure-Fiot Asnières (Seine).

CAINES Anatomie

MARQUE

DÉPOSÉE

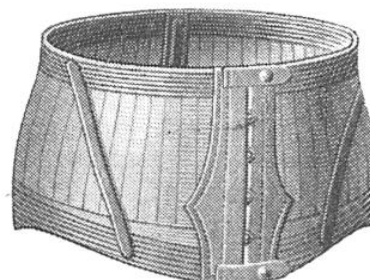
Monsieur,

Vous devez porter une gaine « **ANATOMIC** » ! **POUR VOTRE SANTÉ** car elle combat ou prévient les affections de l'estomac, des reins et de l'abdomen en maintenant parfaitement les organes sans les comprimer.

POUR VOTRE ÉLÉGANCE car elle supprime immédiatement et définitivement l'embonpoint grâce à son action corrective et guérissante et vous permet d'acquérir une ligne jeune et une allure souple, avec un bien-être absolu.

ELLE EST INDISPENSABLE à tous les hommes qui « fatiguent » (marche, auto, moto, sport) dont les organes doivent être soutenus.

ELLE EST OBLIGATOIRE aux « sédentaires » qui éviteront « l'empatement abdominal » et une infirmité dangereuse : l'obésité.



N°	TISSU ÉLASTIQUE BUSE CUIR	Hauteur	Prix
101	Non réglable.....	20 ^c / _m	69
102	Réglable.....	20 ^c / _m	89
103	Non réglable.....	24 ^c / _m	109
104	Réglable.....	24 ^c / _m	129

RÉCOMMANDÉ : N°s 102 et 104 (réglables au dos), pouvant se serrer à volonté indéfiniment.

COMMANDE : Nous indiquer votre tour exact de l'abdomen (endroit le plus fort).

ÉCHANGE par retour si le modèle ou la taille ne convient pas.

PAIEMENTS par mandats, chèques ou contre remboursement (port : 5 frs).

CATALOGUE général (dames et messieurs) avec échantillons tissus et feuilles de mesures franco.

BELLARD - V - THILLIEZ
SPÉCIALISTES

22, F^e MONTMARTRE — PARIS (9^e)
(Grands Boulevards)

Magasins ouverts de 9 h. à 19 h. — (Salon d'essayage)
Maison de confiance fondée en 1906.

MÊME MAISON : 55, RUE N.D. de LORETTE, PARIS-9^e.

30°



30°

FILM HYPERCHROMATIQUE **BAUCHET**

Le plus rapide du monde
100 % français

EXIGEZ-LE DE VOTRE FOURNISSEUR

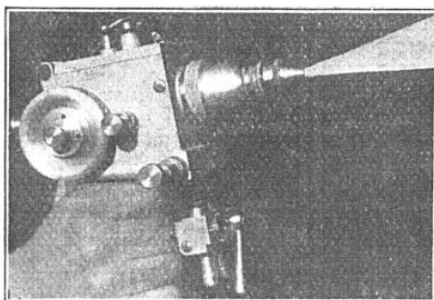
HUET
PARIS
MARQUE DÉPOSÉE

Rien n'échappe aux jumelles Huet

**TOURISME
CHASSE
SPORT**

En vente dans toutes les
bonnes maisons d'Optique
Catalogue franco sur demande
(Mentionner le nom de la Revue)

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



PROJECTION AU PISTOLET DE MÉTAL FONDU

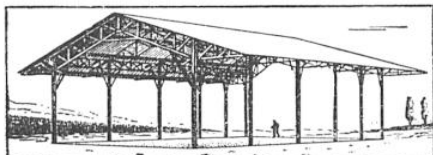
Tous revêtements métalliques
Vente de pistolets métalliseurs

SOCIÉTÉ NOUVELLE DE MÉTALLISATION, 26, rue Clisson, PARIS-13°

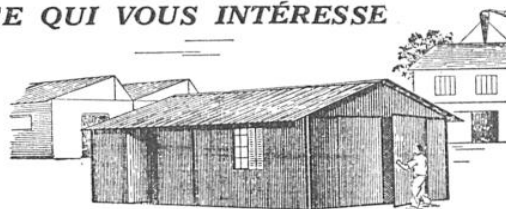
TÉLÉPHONE : GOB. 40-63 ET 24-69

Quelques-unes de nos Constructions métalliques

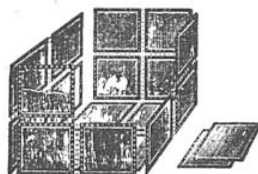
DEMANDEZ LA NOTICE QUI VOUS INTÉRESSE



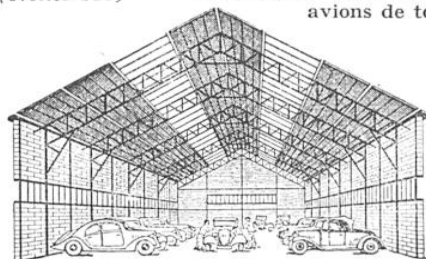
HANGAR AGRICOLE SIMPLE
5 à 22 mètres de portée. (Notice 144)



GARAGES MÉTALLIQUES pour voitures et avions de tourisme. (Notice 192)



RÉSERVOIRS MÉTALLIQUES
DÉMONTABLES
pour eau et gas oil.
1.000 à 27.000 litres.
Plus de 460 modèles
différents. (Notice 187)



GARAGES ET ATELIERS
Si vous voulez être prêt pour Pâques ou la Pentecôte, occupez-vous aujourd'hui même de votre agrandissement ou nouvelle construction. (Notice 212)



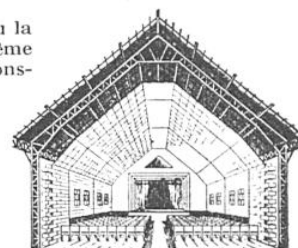
Utilisez vos murs en y adossant des
APPENTIS EN ACIER
(Notice 123)



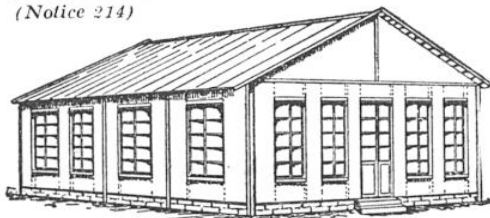
ÉGLISES ET TEMPLES COLONIAUX avec toiture en pente de 80 centimètres au mètre.
(Notice 214)



NOUVEAU MODÈLE DE
HANGAR pour avion de
tourisme. (Notice 210)

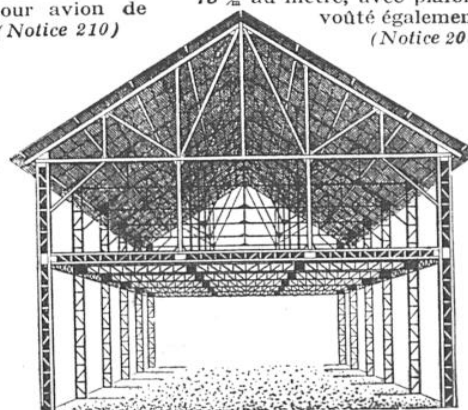


SALLE DE PATRONAGE
ET CINÉMA. — Pente de
75 % au mètre, avec plafond
voûté également.
(Notice 208)



PAVILLONS D'HABITATION A ÉDIFIER
COMPLÈTEMENT SOI-MÊME. — 77 modèles
distincts. — Fabrication en série. (Notice 205)

NOUS INVITONS NOS HONORÉS
LECTEURS A NOUS ÉCRIRE AU SUJET
DE LA CONSTRUCTION SUSCEPTIBLE
DE LES INTÉRESSER.



GRAND HANGAR de 28 m. x 9 m., à grenier
calculé pour 500 kilos au mètre carré. La char-
pente coûtait 29.000 francs.

Etablissements JOHN REID, Ingénieurs-Constructeurs
6 bis, rue de Couronne, PETIT-QUEVILLY-LEZ-ROUEN (Seine-Inférieure)

Apprenez à dessiner

NE refoulez plus vos dons personnels, qui ne demandent qu'à se manifester !

Le don du dessin se rencontre beaucoup plus fréquemment qu'on ne le suppose. Bien des personnes sont douées, mais elles n'ont pu tirer parti de leur talent.

On ignore trop que ces dons peuvent être rapidement mis au point. En faisant appel à une méthode éprouvée, avec un peu d'initiative et des dispositions moyennes, vous pouvez acquérir cette magnifique formation qui ajoutera tant de joies et de profits à votre existence.

Par la méthode A. B. C. de Dessin, vous apprendrez à dessiner chez vous, à vos heures de loisir, vite et facilement. Vous recevez l'enseignement strictement individuel des meilleurs maîtres de Paris. Dès le début, vous apprenez à créer par vous-même croquis, portraits, paysages. Vingt ans d'expérience ont permis à l'Ecole A. B. C. de rejeter toute théorie

inutile, toute perte de temps. Aussi même avant la fin du cours, selon votre degré d'habileté et d'enthousiasme, vous pourrez augmenter vos revenus en vendant vos travaux.

L'Ecole A. B. C. de Dessin vient de créer un album merveilleusement moderne. Procurez-vous ce beau volume, attrayant comme un magazine, qui vient de sortir des presses. Vous le recevrez gratuitement.

Il vous apporte déjà une première leçon de Dessin, par l'exposé que vous y trouverez de la Méthode A. B. C. — Page par page, parmi les illustrations les plus variées, vous constaterez dans cet album comment les élèves de l'Ecole A. B. C. sont conduits très vite du gribouillage de l'amateur aux certitudes, aux joies, aux profits du dessinateur et de l'artiste.

Quelle que soit votre profession, quel que soit le genre de votre activité, le dessin vous sera utile, sinon nécessaire, à un moment de votre carrière. N'attendez pas de vous trouver pris au dépourvu. Renseignez-vous.

Il faut connaître les chances offertes dans ce domaine. Il faut avoir lu l'attrayant album gratuit de l'Ecole A. B. C. qui vient d'être édité. Remplissez et envoyez sans retard le coupon ci-dessous.



Cette attitude enfantine si naturelle n'est-elle pas prise sur le vif avec un rare bonheur ? Croquis d'une de nos élèves à son 6^e mois d'études.



Vigoureux portrait de lui-même fait par M. Gaston Foubert, lauréat du Prix Gustave-Doré, durant ses études à l'A. B. C.

..... EXPÉDIEZ CE COUPON AUJOURD'HUI MÊME

**Ecole A. B. C. de Dessin — Studio B 4
12, rue Lincoln (Champs-Élysées), PARIS-8^e**

Je vous prie de m'envoyer, gratuitement et sans aucun engagement pour moi, votre album entièrement illustré m'apportant des détails complets sur la méthode A. B. C.

NOM.....

Profession..... Age.....

Rue..... N°.....

LOCALITÉ.....

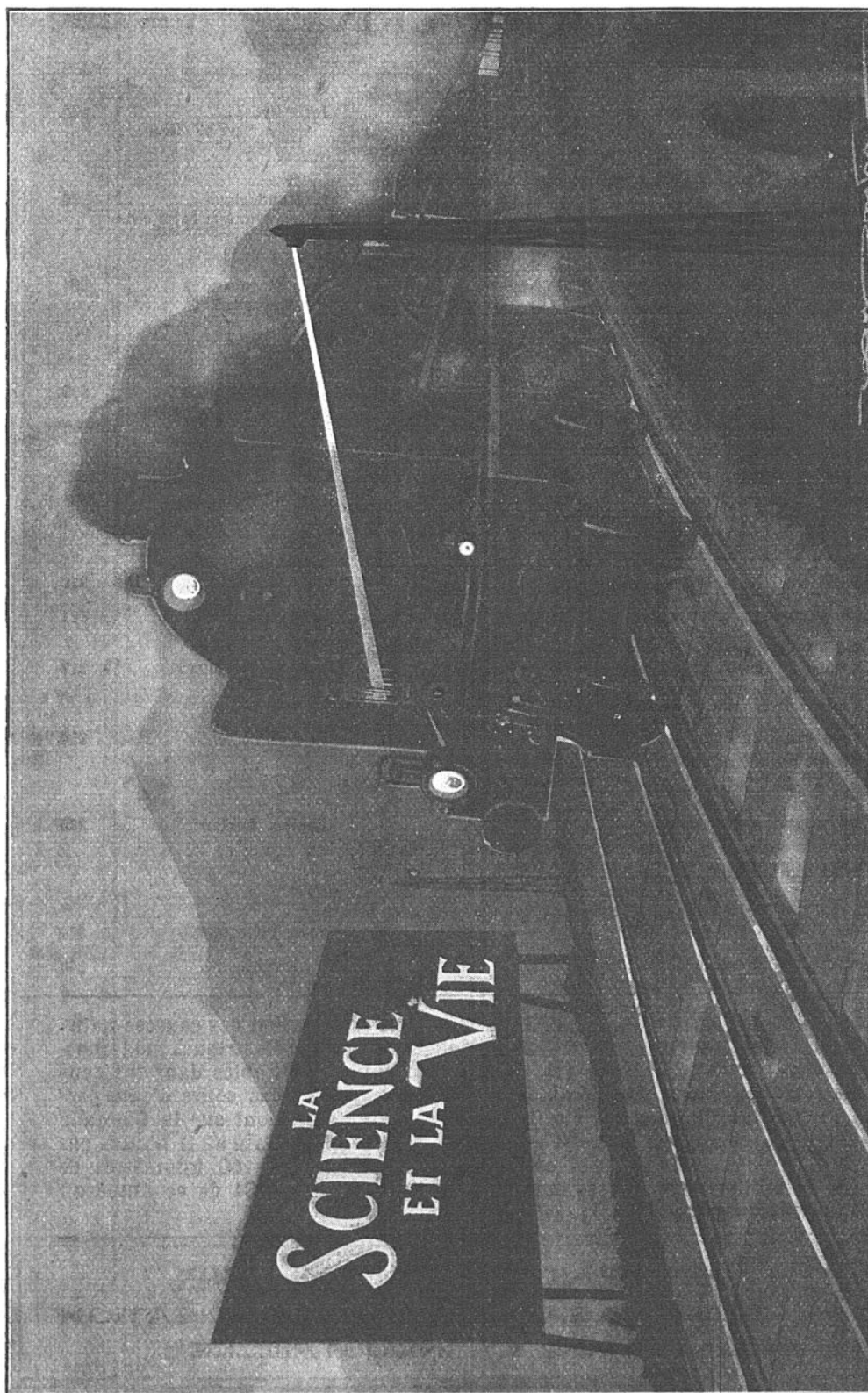
Département.....

Le merveilleux essor de la cellule photoélectrique.	Jean Bodet	265
<i>Nous en dressons ici l'inventaire des applications les plus récentes et les plus modernes : cinéma, télévision, automatisme, œil électrique.</i>		
Comment la science explique aujourd'hui l'évolution des étoiles nouvelles (Novæ)	L. Houllévigüe	275
<i>On admet aujourd'hui que les Novæ se produisent par un cataclysme sidéral (collision d'un astre obscur avec une nébuleuse obscure).</i>		
Voici les barrages géants que la technique vient de mettre au monde. . .	Jean Marchand	281
<i>Dans tous les pays, des plans d'équipement national ont fait naître les gigantesques travaux que nous exposons ici dans le domaine des aménagements hydroélectriques.</i>		
Comment les physiciens envisagent aujourd'hui la constitution de l'atome.	Léon Brillouin	293
<i>D'après les théories les plus récentes, l'atome est formé d'un noyau entouré de « nuages » électroniques. On verra ici comment on est arrivé à cette conception moderne.</i>		
Voici des facteurs essentiels de notre vie organique et psychique : les « hormones »	Jean Labadié	301
<i>Les hormones, comme les vitamines, sont en quelque sorte les « catalyseurs » des phénomènes biologiques. C'est une branche de la thérapeutique qui n'a pas dit son dernier mot.</i>		
La locomotive anglaise « Coq du Nord »		310
Notre poste d'écoute.	S. et V.	311
L'hydravion « Lieutenant-de-vaisseau-Paris » constitue une nouvelle formule dans la construction des géants de l'air.	José Le Boucher	317
<i>Ce véritable navire volant doit ouvrir la voie à la construction de grands hydravions transatlantiques.</i>		
Une nouvelle étape du cinéma : le relief	Jean Labadié	324
<i>Voici enfin un procédé véritablement pratique de cinéma en relief mis au point par le savant français Louis Lumière. Quand aurons-nous le cinéma en couleurs ?</i>		
Dix ans de progrès photographiques	Charles Leblanc.	335
<i>Grâce aux appareils de précision et aux émulsions nouvelles, l'amateur peut aisément réaliser aujourd'hui de véritables chefs-d'œuvre techniques et artistiques.</i>		
Il faut apprendre à parler correctement les langues étrangères avec le minimum d'effort	Jean Puyraud	344
Les « A côté » de la science	V. Rubor	347

En Europe comme en Amérique, la recherche de l'exploitation des sources naturelles d'énergie a conduit aux merveilleux aménagements hydroélectriques modernes. A leur base se trouve le barrage (1), créateur de chutes utilisables dans les centrales, de retenues d'eau considérables, régulateur du débit des cours d'eau, permettant l'irrigation de contrées stériles. On achève actuellement sur le Colorado (Etats-Unis) le plus grand barrage du monde, le « Boulder Dam ». Il n'aura pas moins de 230 mètres de haut et créera un lac artificiel de 160 kilomètres de long et de 34 milliards de mètres cubes. (Voir l'article, page 281 de ce numéro.)

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 175, page 49.

LA SCIENCE ET LA VIE
EST LE SEUL MAGAZINE DE VULGARISATION
SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE



LA CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE ET LE DÉCLENCHEMENT DE L'ILLUMINATION DES PANNEAUX LUMINEUX LE LONG DES VOIES FERRÉES
(D'après ALBERT DE ROSE.)
Depuis longtemps, on cherche à utiliser la publicité lumineuse le long des voies, mais une illumination continue coûte cher. L'occultation d'un mince faisceau éclairant par un train permet aujourd'hui, grâce à la cellule, de ne provoquer cette illumination que pendant le passage. (Procédé S. C. A. D.)

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

Voir le tarif des abonnements à la fin de la partie rédactionnelle du numéro

(Chèques postaux : N° 91-07 - Paris)

RÉDACTION, ADMINISTRATION et PUBLICITÉ : 13, rue d'Enghien, PARIS-X* — Téléph. : Provence 15-21

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

Copyright by La Science et la Vie, Avril 1935, R. C. Seine 116.544

Tome XLVII

Avril 1935

Numéro 214

LE MERVEILLEUX ESSOR DE LA CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE Cinéma — Télévision — Automatisme — Œil électrique

Par Jean BODET

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE — INGÉNIEUR E. S. E.

La cellule photoélectrique qui, il y a quelques années seulement, était une curiosité de laboratoire, a aujourd'hui pénétré dans tous les domaines de la Science, dans ses applications les plus variées. Nos lecteurs n'ignorent plus (1) qu'elle forme la pierre angulaire du cinéma sonore et de la télévision (2), et qu'elle constitue, en général, l'un des organes essentiels des dispositifs automatiques (3) de toute nature, surtout dans l'industrie. D'autre part, ses applications s'étendent chaque jour davantage et nous en indiquons ci-dessous les plus récentes. On peut dire sans exagérer que la cellule photoélectrique a enfanté des merveilles. Nous en dressons ici l'inventaire.

IL y a seulement dix ans, la cellule photoélectrique était complètement ignorée du grand public. Ce n'était qu'un instrument de laboratoire, objet de curiosité surtout, auquel nul n'aurait songé à prédire un avenir aussi brillant dans le domaine des applications pratiques. Ces dernières sont aujourd'hui innombrables et l'« œil électrique », comme on dit couramment, joue un rôle de plus en plus important dans la vie moderne.

Personne n'ignore que c'est à lui que nous devons la réalisation de la téléphotographie, du cinéma sonore sous sa forme actuelle, et que c'est grâce à lui aussi que, dans un avenir prochain, la télévision connaîtra un succès égal, sinon supérieur, à celui de la radiodiffusion.

D'autre part, les applications industrielles de l'« œil électrique » ne sont, comme nous allons le voir, ni moins nombreuses ni moins importantes, et elles se multiplient chaque

jour. Dans presque toutes les branches de la technique, l'emploi des cellules photoélectriques a permis de réaliser des perfectionnements extraordinaires dans le domaine de l'automatisme. Des mécanismes de toute sorte, commandés par un « œil électrique », accomplissent maintenant, sans surveillance, des opérations « intelligentes », depuis les plus simples, telles que le comptage des objets ou des personnes, jusqu'aux plus compliquées ou aux plus délicates, telles que le tri des cigares ou des grains de café d'après leur couleur (aux Etats-Unis), ou même la vérification de la qualité d'épuration de l'eau potable.

L'œil électrique est, au point de vue industriel, supérieur à l'œil humain : d'abord, parce que s'il n'ignore pas entièrement la fatigue, il peut répéter un très grand nombre de fois la même opération sans risque de se tromper par inattention ; sa sensibilité, d'autre part, est bien plus grande et lui permet de déceler, au laboratoire, des nuances ou des variations d'intensité très faibles, et même, en choisissant convenablement la

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 156, page 443.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 213, page 179.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 186, page 439.

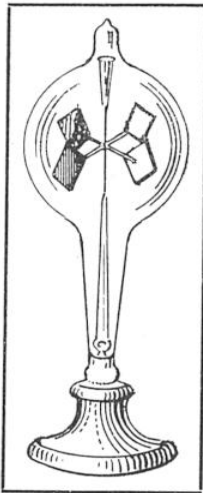


FIG. 1. — LE RADIO-
MÈTRE DE CROOKES MET EN
ÉVIDENCE L'AC-
TION CALORIFI-
QUE DE L'ÉNER-
GIE TRANSPOR-
TÉE PAR LES
ONDES ÉLECTRO-
MAGNÉTIQUES

En échauffant la mousse de platine recouvrant une face des palettes, la lumière provoque des différences de pression qui font tourner la palette.

électromagnétiques qui constituent la lumière visible et invisible se retrouve soit sous une forme électrique, dans les cellules photo-électriques, soit sous forme de chaleur.

La célèbre et curieuse expérience du radiomètre de Crookes met en évidence cette action calorifique, même pour des éclaire-

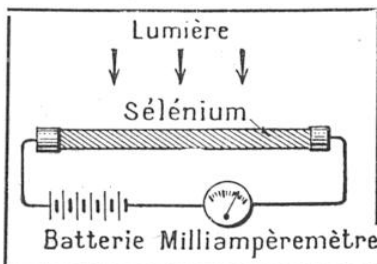


FIG. 2. - REPRÉSENTATION SCHE-
MATIQUE D'UNE CELLULE PHO-
TORÉSISTANTE AU SÉLÉNIUM

cellule photoélectrique qui le constitue, d'obéir à des radiations auxquelles l'œil humain demeure insensible : l'infrarouge ou l'ultraviolet. Il serait impossible pratiquement d'énumérer toutes les applications scientifiques ou industrielles des cellules photoélectriques ; aussi nous bornerons-nous à en décrire quelques-unes, choisies parmi les plus importantes et les plus caractéristiques. Il est indispensable de dire auparavant quelques mots de leur constitution et de leurs propriétés.

Les appareils sensibles à l'action calorifique de la lumière

Comme leur nom l'indique, les cellules photo-électriques sont des appareils sensibles à l'action de la lumière. Ce ne sont d'ailleurs pas les seuls, et les laboratoires scientifi-

ques, comme l'industrie, font un large emploi d'une autre catégorie d'appareils utilisant l'action calorifique des rayons lumineux. L'énergie transportée par les radiations

constitué par quatre petites plaques métalliques. Une des faces de chaque plaque est argentée et l'autre recouverte de mousse de platine. Les rayons lumineux qui tombent sur la face argentée sont réfléchis, tandis que ceux tombant sur l'autre face sont complètement absorbés en dégageant de la chaleur. Entre les deux faces existe alors une faible différence de température, qui se traduit par une différence entre les pressions du gaz de l'ampoule sur les deux faces de la plaque, également très faible, mais suffisante pour mettre le tourniquet en rotation plus ou moins rapide. Cette expérience saisissante donne l'impression fautive que le tourniquet est mis en rotation par la pression qu'exercerait la lumière sur les branches.

Industriellement, on utilise couramment,

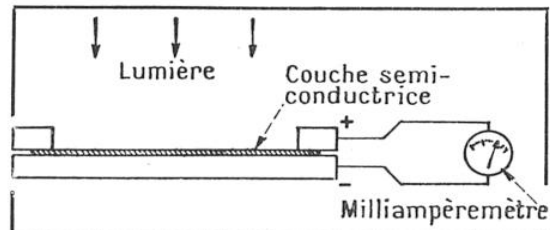


FIG. 3. — SCHÉMA D'UNE CELLULE A COUCHE SEMI-CONDUCTRICE OU A COUCHE D'ARRÊT

pour la mesure des températures des fours, des thermoéléments, ou des bolomètres, qui reçoivent seulement la lumière émise par l'intérieur du four. Avec les thermoéléments, cette lumière tombe sur une soudure, fer-constantan par exemple, et l'échauffe ; une autre soudure identique étant maintenue froide, il suffit de mesurer la force électromotrice qui prend naissance entre les deux soudures. Avec les bolomètres, c'est une bande métallique fine, généralement en platine, noircie pour absorber toutes les radiations, qui reçoit la lumière. Sa résistance électrique, mesurée avec une grande précision, varie d'une manière sensible pour des élévations de température de l'ordre du centième de degré.

D'autres appareils, d'un maniement moins délicat et aussi moins sensibles, simples thermomètres à dilatation, sont utilisés par les météorologues pour mesurer les durées d'insolation, et même pour commander automatiquement des installations d'éclairage dans les pays tropicaux où l'action calorifique du soleil est beaucoup plus violente que dans nos régions.

Les cellules photoélectriques diffèrent des

appareils précédents en ce que, comme nous l'avons dit, l'énergie des radiations lumineuses se retrouve non sous forme calorifique, mais sous forme électrique. L'action de la lumière sur la couche photosensible se traduit par la libération d'électrons provenant de l'édifice moléculaire de la couche. Suivant les cas, ces électrons peuvent : soit rester dans le métal (cellules photorésistantes) soit passer dans un conducteur voisin (cellules à couche d'arrêt ou cellules à couche semi-conductrice), soit même être complètement arrachés au métal et passer dans l'espace environnant (cellules photoémettrices). A ce phénomène, qui paraît assez simple, mais qui est loin de l'être en réalité, peuvent se superposer d'autres effets d'un mécanisme plus compliqué et parfois mal élucidé, que nous signalerons en passant.

Les cellules photorésistantes

Les cellules photorésistantes actuellement utilisées par l'industrie sont les cellules au sélénium et les cellules au thallium. La couche sensible de ces dernières est constituée par un mélange d'oxyde de thallium et de sulfure de thallium. On applique à ces cellules une tension électrique convenable et, même dans l'obscurité, elles sont traversées par un courant électrique appréciable. Lorsqu'on les soumet à l'action de la lumière, la résistance de leur couche sensible diminue dans de très fortes proportions, jusqu'à tomber, pour certaines cellules au sélénium, par exemple, à la moitié ou même au cinquième de sa valeur primitive. Cette augmentation de la conductibilité électrique sous l'action de la lumière s'explique par la libération, dans la masse de la couche sensible, d'un certain nombre d'électrons, qui viennent augmenter celui, relativement fai-

ble, des électrons normalement en liberté. D'après les idées modernes, la conductibilité électrique d'un corps

est précisément en rapport étroit avec le nombre de ces électrons libres. Tous ne sont d'ailleurs pas, dans le cas qui nous intéresse, libérés par les radiations lumineuses. Le plus grand nombre proviennent d'un effet secondaire encore mal connu, et seraient libérés par les chocs des électrons primaires sur des édifices moléculaires instables.

Les cellules photorésistantes, construites comme le montre la figure 2, sont particulièrement sensibles aux radiations de grandes longueurs d'onde, de l'ordre de 7.000 à 8.000 angströms (1) — rouge et rouge sombre (fig. 4). Avec les cellules au thallium, et grâce à certains artifices, on est parvenu à placer le maximum de sensibilité vers 11.000 angströms, soit dans l'infrarouge que l'œil humain ne peut percevoir.

Les cellules à couche d'arrêt ou à couche semi-conductrice

Il y a une centaine d'années, le physicien français Becquerel avait observé qu'en soumettant à l'action de la lumière deux électrodes métalliques plongées dans un électrolyte approprié, on pouvait obtenir, entre les deux électrodes, une force électromotrice qui disparaissait lorsque l'ensemble se retrouvait dans l'obscurité. C'est sur cette observation que repose le fonctionnement des cellules dites photolytiques, construites surtout jusqu'ici en Amérique. Ces cellules à électrolyte liquide sont de moins en moins employées, depuis que l'on connaît les cellules semi-conductrices sèches.

Ces dernières, dont le principe de fonctionnement est le même, sont construites, avec des variations de détail, suivant le schéma de la figure 3. On voit qu'entre deux électrodes conductrices est disposée une couche d'un semi-conducteur, généralement à base d'oxyde de cuivre. Entre la couche semi-conductrice et l'électrode conductrice existe un contact imparfait, et, pour des raisons assez mal connues, des électrons

(1) L'angström vaut 1 dix-millionième de millimètre.

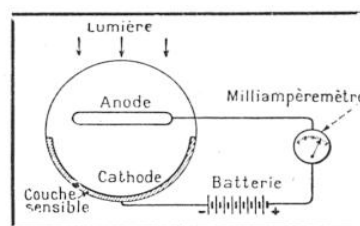


FIG. 5. — SCHÉMA D'UNE CELLULE PHOTOÉMETTRICE

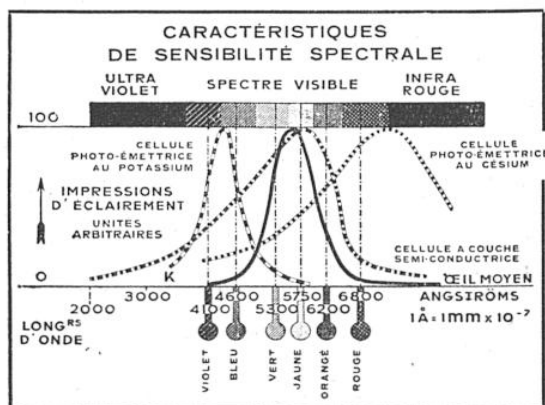


FIG. 4. — SENSIBILITÉS DES DIVERSES CELLULES SUIVANT LES RADIATIONS

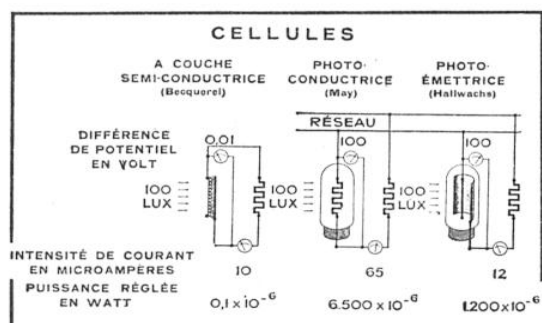


FIG. 6. — SCHÉMA DE MONTAGE DE DIVERSES CELLULES PHOTOÉLECTRIQUES

peuvent passer avec beaucoup plus de facilité du semi-conducteur au conducteur qu'inversement. Par conséquent, lorsque la lumière vient frapper le semi-conducteur, les électrons qui y sont libérés vont s'accumuler sur le conducteur, qui prend une charge négative.

Ces cellules à couche semi-conductrice, appelées aussi à couche d'arrêt, peuvent donc donner naissance à une force électromotrice sans emploi de tension auxiliaire, ce qui n'était pas le cas pour les cellules photorésistantes. Il convient même d'éviter de leur appliquer une tension extérieure, car on risque de détériorer la couche semi-conductrice très fragile. Leur température ne doit également pas dépasser une cinquantaine de degrés, ce qui exige, si la cellule doit rester exposée au soleil, de prévoir un dispositif de refroidissement.

Parmi ces cellules à couche d'arrêt, certaines, dont le semi-conducteur est à base de sélénium, présentent un intérêt particulier, car elles ont à peu près la même sensibilité spectrale que l'œil humain, avec un maximum, dans le jaune, entre 5.500 et 6.000 angströms. Elles pourront donc être utilisées avantageusement en photométrie, pour la comparaison et l'étude des sources lumineuses (fig. 4).

Les cellules photoémettrices

Les cellules photoémettrices constituent, à l'heure actuelle, la classe la plus importante de cellules photoélectriques. Il en existe une infinie variété de formes, qui peuvent toutes se ramener au schéma de la figure 5. Sur une paroi d'une ampoule de verre est étalée une couche photosensible, émettrice d'électrons lorsqu'elle reçoit une radiation lumineuse. Elle joue le rôle de cathode, et les électrons libérés sont évacués par une anode qui prend la forme d'un

simple fil, d'un anneau, d'une grille, etc.

Certaines cellules photoémettrices convenablement construites peuvent fonctionner sans tension auxiliaire ; on ne les emploie guère que dans les laboratoires, pour des mesures. D'une manière générale, on leur applique une tension de 50 volts ou plus. Dans l'ampoule en verre peut régner le vide, mais on préfère généralement introduire dans l'ampoule un gaz inerte raréfié. Les électrons libérés de la cathode par le rayonnement lumineux sont accélérés par le champ électrique qui règne dans l'ampoule, et, rencontrant les molécules du gaz, les ionisent en leur arrachant d'autres électrons. Il peut même arriver que les ions ainsi formés tombent sur la cathode avec une vitesse suffisante pour en arracher encore des électrons. Dans l'ensemble, le courant électrique qui traverse la cellule peut se trouver ainsi décuplé et même exceptionnellement centuplé.

La sensibilité des cellules photoémettrices, qui varie avec la longueur d'onde de la lumière, dépend essentiellement de la nature de la couche sensible. Elle diffère toujours beaucoup de celle de l'œil humain. Ainsi les cellules au potassium ont leur maximum de sensibilité dans le bleu, celles au césium dans le rouge et l'infrarouge (fig. 4). La position de ce maximum semble dépendre surtout de la présence d'impuretés dans la couche sensible, surtout des gaz qu'elle peut fixer et, en particulier, de l'hydrogène. Actuellement, on soumet les cathodes de métaux alcalins à une décharge lumineuse dans l'hydrogène. Il se forme alors des hydrures plus ou moins compliqués, la couche de potassium prenant une couleur bleu-vert, celle de sodium une couleur marron-noir, etc.

La sensibilité de la cellule est considérablement accrue par ce procédé et peut se trouver multipliée par 10, 20, et même par 50. On utilise également beaucoup les couches sensibles composées à base d'oxydes recouverts de

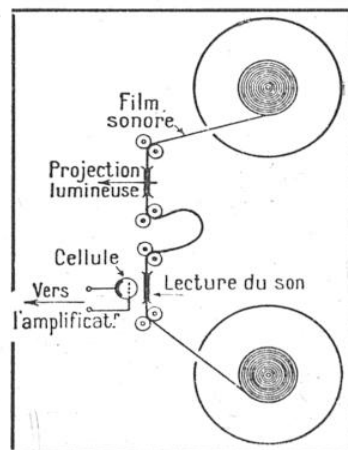


FIG. 7. — FONCTIONNEMENT D'UN APPAREIL DE PROJECTION D'UN FILM SONORE

métaux purs — par exemple d'oxyde d'argent recouvert de césium ou de potassium, d'oxyde de cuivre recouvert de potassium, etc. — qui sont plus résistantes que les couches d'hydrures.

On construit aujourd'hui des cellules photoémettrices de toutes formes et de toutes dimensions, depuis les cellules géantes de 60 centimètres de hauteur et plus employées pour des démonstrations et aussi en télévi-

de quelques microampères lorsqu'elles sont éclairées. Il est donc impossible de les faire agir directement sur un mécanisme. C'est pour cette raison que les cellules — bien qu'on en connût le principe depuis fort longtemps — étaient demeurées des instruments de laboratoire, et que les montages ingénieux imaginés par d'innombrables inventeurs pour utiliser les propriétés des cellules n'avaient pu recevoir d'application pratique,

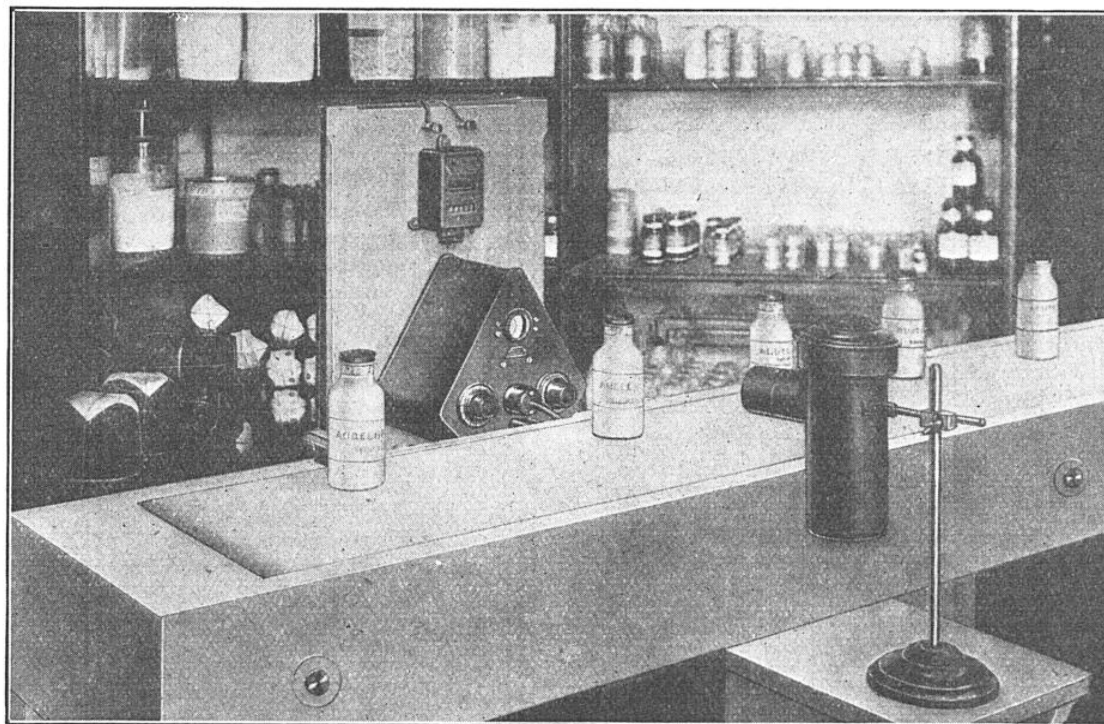


FIG. 8. — LA CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE PERMET DE COMPTER AUTOMATIQUÉMENT LES OBJETS

Les flacons, posés sur un tapis roulant, interceptent le faisceau lumineux émis par le projecteur du premier plan et qui, normalement, tombe sur la cellule placée de l'autre côté des objets. Chaque interception, c'est-à-dire chaque passage d'un flacon, est ainsi électriquement enregistrée.

sion — où la couche sensible doit recevoir le plus grand flux lumineux possible — jusqu'aux cellules naines pour le cinéma parlant, dont certaines n'ont pas plus de 1 centimètre de diamètre. On peut encore citer l'iconoscope de Zvorykine (1) où, sur une surface de 130 cm² se trouvent assemblées plus de 150.000 cellules élémentaires. La figure 9 montre le schéma d'utilisation d'une cellule percée d'un trou central, ce qui lui donne la forme d'un anneau, employée pour la transmission des images à distance.

Les cellules photoélectriques, de quelque type qu'elles soient, ne donnent pas plus

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

faute d'un moyen commode d'amplifier le courant fourni. Ce moyen, nous l'avons aujourd'hui : c'est la lampe à trois électrodes de la T. S. F. Les amplificateurs et les relais qui accompagnent les cellules sont d'une grande variété. Dans leur construction, on fait appel non seulement à la lampe à trois électrodes ordinaire, mais à ses dérivés, bigrilles, pentodes, etc., ainsi qu'aux valves les plus diverses, lampes à décharge lumineuse, thyatron, etc. Par des combinaisons de ces éléments, on sait obtenir des relais de propriétés très diverses, parfaitement adaptés aux problèmes à résoudre.

Parmi les plus importantes applications

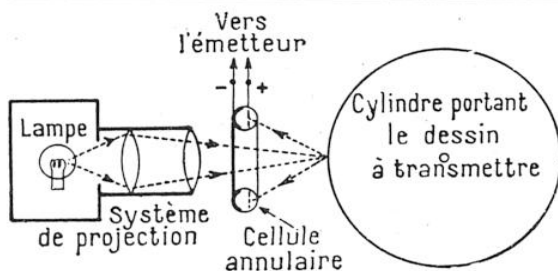


FIG. 9. — SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA TRANSMISSION DES IMAGES A DISTANCE

Le cylindre portant le dessin à transmettre est animé d'un mouvement hélicoïdal. Le dessin, ou la photographie, éclaire la cellule photoélectrique annulaire par réflexion. Celle-ci est traversée par un courant variable suivant la teinte de la partie du dessin frappée par la lumière.

des cellules photoélectriques, il faut citer tout d'abord le film sonore, la transmission à distance des dessins et des photographies, et aussi la télévision, bien que cette dernière n'ait pas encore pris jusqu'à présent une grande extension. Nous ne nous étendrons pas ici sur les solutions qu'ont reçues ces trois problèmes ; leur intérêt est si grand qu'ils mériteraient chacun une étude spéciale. *La Science et la Vie* n'a pas manqué, d'ailleurs, de tenir ses lecteurs au courant des progrès successifs acquis dans ces différents domaines (1). Nous nous bornons à reproduire ici (fig. 7) le schéma d'un appareil de projection d'un film sonore. La figure 9 montre, d'autre part, comment s'opère l'exploration d'une image à transmettre par téléphotographie.

Les applications industrielles des cellules photoélectriques

Elles sont, comme nous l'avons dit, infiniment intéressantes et variées. Il est possible, du seul point de vue du fonctionnement des cellules, de les classer en deux catégories. Dans l'une, les relais commandés par les cellules entrent en fonctionnement dès que la cellule est éclairée, si elle est normalement dans l'obscurité, ou bien dès que le faisceau lumineux est interrompu, si elle est normalement éclairée. La cellule, dans ce cas, n'a pour mission que de faire la différence entre la pleine lumière et l'obscurité. Dans la deuxième catégorie, son rôle est plus délicat. Elle doit apprécier tantôt des différences d'intensité (2), tantôt des différences dans la composition de la lumière, et le relais qu'elle

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 213, page 179.

(2) La mesure directe des éclaircissements s'obtient, grâce à la cellule photoélectrique, au moyen d'appareils très simples, tel que le luxmètre, que chacun peut utiliser sans difficulté pour étudier un éclairage.

commande est construit en conséquence.

Les applications de la première catégorie sont très nombreuses. La plus simple est le comptage des objets (fig. 8). Dans ce cas, la cellule fait face à un projecteur et les objets à compter défilent entre les deux, sur une bande transporteuse, par exemple, interrompant chacun à son tour le faisceau lumineux. Par l'intermédiaire d'un relais, la cellule actionne un compteur qui enregistre automatiquement le nombre d'occultations. On arrive, ainsi, en les faisant défiler rapidement, à compter plus d'un millier d'objets par minute : c'est là, évidemment, un maximum. Pour que le fonctionnement de la cellule soit correct, dans ce cas comme dans tous ceux qui vont suivre, il ne faut pas qu'elle soit gênée par les autres appareils d'éclairage aux alentours, ni par la lumière du jour. Le procédé le plus simple et le plus répandu consiste à munir la cellule d'un « viseur » qui concentre sur elle la lumière venant d'une direction bien déterminée, à

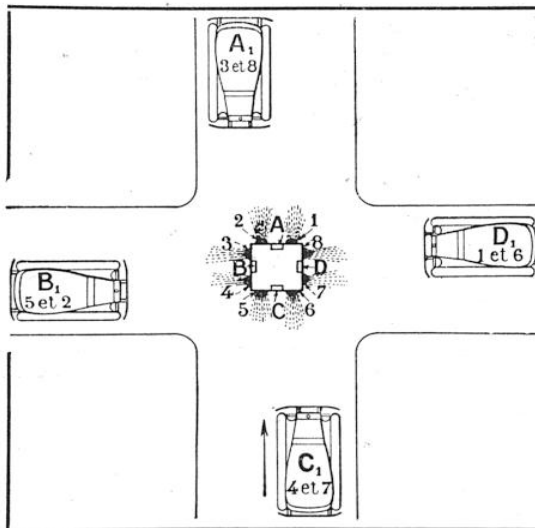


FIG. 10. — REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE D'UN DISPOSITIF DE SIGNALISATION AUTOMATIQUE DES CARREFOURS ROUTIERS

Au centre du carrefour est située une borne (représentée ici fortement agrandie) qui porte, sur chacune de ses faces, une cellule photoélectrique (A, B, C, D) et deux signaux rouges (1-2, 3-4, 5-6, 7-8). Chaque voiture arrivant au carrefour allume ses phares pour impressionner la cellule placée en face d'elle. Ainsi la voiture C₁ illumine la cellule C, ce qui a pour effet d'actionner les signaux rouges 4 et 7. Ces signaux indiquent immédiatement, d'après leur position sur la borne, à la voiture B₁ qu'une voiture vient sur sa droite, et à la voiture D₁ qu'une voiture vient sur sa gauche. Le système est surtout utile en plein jour.

l'exclusion de toutes les autres. On peut aussi « moduler » le faisceau émis par le projecteur, en l'interrompant périodiquement au moyen d'un disque perforé et munir l'amplificateur de la cellule d'un dispositif sélectif arrêtant toutes les fréquences autres que la fréquence de modulation du projecteur. Le principe du comptage des objets peut être

four, pour y régler automatiquement la signalisation (fig. 10). Le relais qu'actionnent les deux cellules n'entre en fonctionnement que lorsque toutes les deux sont obscurcies à la fois, avec, en plus, la condition que celle qui est la plus éloignée du carrefour soit touchée la première, ceci déterminant la direction suivie par le véhicule. Le relais provoque

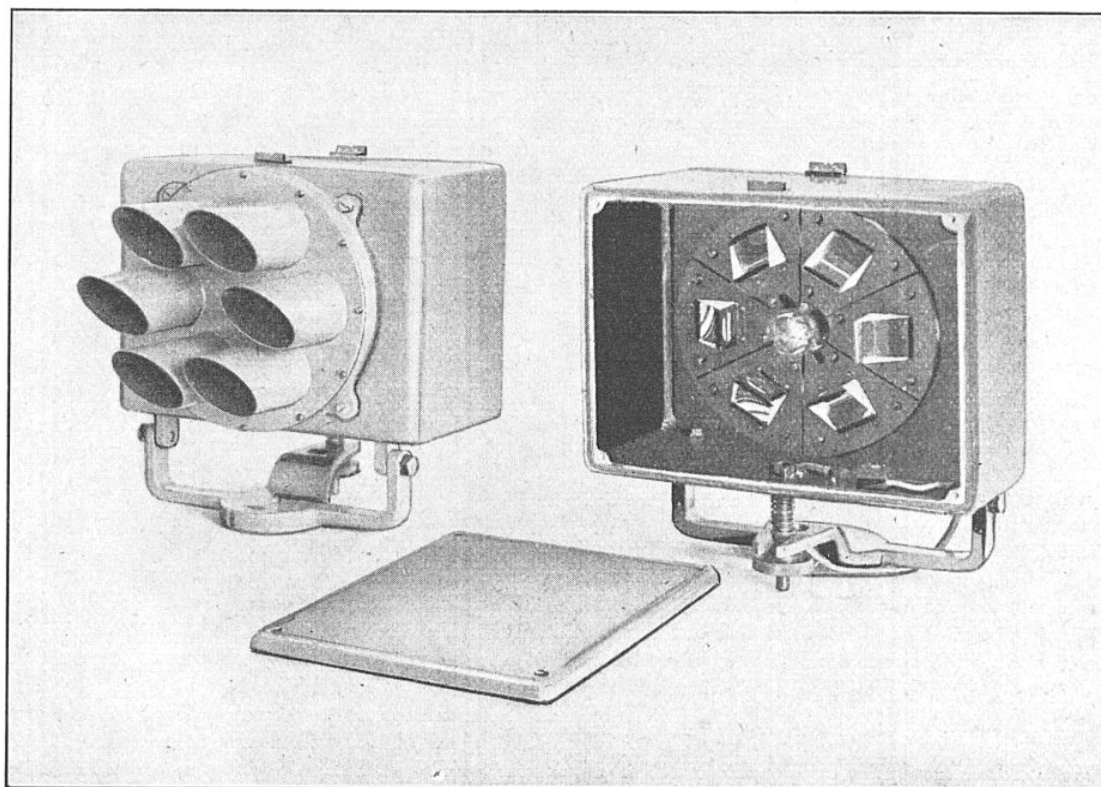


FIG. 11. — « ŒIL ÉLECTRIQUE » ULTRASENSIBLE POUVANT ÊTRE IMPRESSIONNÉ PAR UN PHARE SPÉCIAL A RAYONS INFRAROUGES DISPOSÉ A 1.500 MÈTRES DE DISTANCE (PAR TEMPS CLAIR)

Cet « œil électrique », que l'on voit ici sous ses deux faces, comporte une seule cellule placée au centre, mais sur laquelle sont concentrés, au moyen de prismes, les rayons infrarouges arrivant par six organes optiques récepteurs protégés des rayonnements venant d'autres directions.

appliqué sans modification à la mesure de l'intensité du trafic dans les artères d'une grande ville, sur une route, sur un pont, etc. Il suffit de disposer le projecteur et la cellule de part et d'autre de la chaussée. Piétons et véhicules peuvent même être comptés séparément en disposant deux cellules à une distance convenable l'une de l'autre ; un relais spécial entrera en fonctionnement quand les deux cellules seront obscurcies simultanément par le passage d'un véhicule.

On pourrait utiliser un dispositif semblable, installé à quelque distance d'un carre-

alors l'allumage de lampes rouges sur la voie transversale, jusqu'à ce que le véhicule considéré l'ait franchie.

La cellule photoélectrique peut encore rendre d'autres services dans la signalisation sur route, comme on l'a récemment proposé (fig. 12). Montée avec son amplificateur sur l'aile d'un camion et dirigée vers l'arrière parallèlement à un projecteur, elle recevrait la lumière émise par celui-ci par réflexion sur des miroirs que porteraient les véhicules plus rapides désirant doubler le camion. Le relais actionnerait alors l'avertisseur du

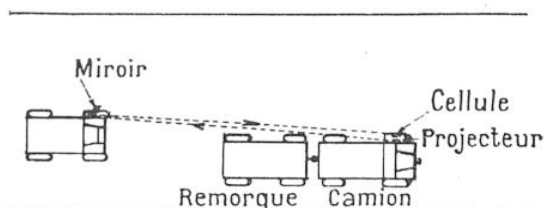


FIG. 12. — SCHÉMA D'UN DISPOSITIF DE SIGNALISATION AUTOMATIQUE PAR CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE INSTALLÉ SUR UN CAMION

camion, et le conducteur ainsi prévenu pourrait aussitôt livrer passage à l'autre véhicule. Pour éviter des fonctionnements intempestifs de l'avertisseur, dus à la présence de lumières diverses, le faisceau du projecteur serait « modulé », comme nous l'avons expliqué précédemment.

Un dispositif analogue installé sur une locomotive permettrait d'obtenir l'arrêt automatique d'un train au passage d'un signal fermé. Ce dernier pourrait, en effet, porter un miroir qui réfléchirait sur la cellule le faisceau lumineux « modulé » émis par le projecteur.

Une autre application importante et bien connue de l'œil électrique est la protection contre les voleurs. Grâce à une combinaison de miroirs, on peut faire parcourir au faisceau lumineux émis par un projecteur spécial un trajet parfois très long, avant d'aboutir à la cellule, et réaliser ainsi un barrage lumineux aussi serré qu'on veut ; dès que le faisceau est coupé en un point quelconque, l'alarme est donnée. La sécurité est accrue lorsque au lieu de lumière visible, on fait appel aux rayons infrarouges, invisibles à l'œil humain, mais détectés par des cellules spéciales, ou encore lorsque, au lieu d'un projecteur, on utilise une cellule qui, grâce à un viseur précis, reçoit, après réflexions sur

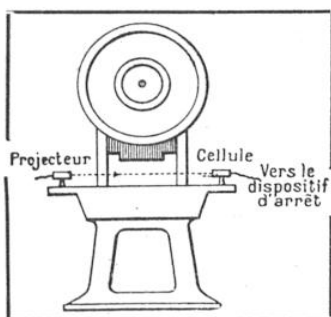


FIG. 13. — SCHÉMA D'UN DISPOSITIF DE PROTECTION PHOTOÉLECTRIQUE INSTALLÉ SUR UNE PRESSE

des miroirs, la lumière émise par une lampe ordinaire allumée au milieu de la pièce. Le trajet des rayons ne peut être décelé par le cambrioleur et la sécurité est aussi grande de jour que de nuit. Enfin, pour éviter que l'on puisse aveugler la cel-

lule avec une simple lampe de poche, et mettre ainsi toute l'installation en défaut, on utilise avec succès la lumière « modulée » suivant le même principe que précédemment.

Des installations du même genre ont été réalisées, sur une beaucoup plus grande échelle, dans certains pays, pour surveiller des régions frontalières de plusieurs kilomètres de long.

L'allumage automatique des vitrines est un problème voisin du précédent. Un œil électrique muni d'un viseur et placé dans la vitrine fixe un quelconque appareil d'éclairage de la rue. Lorsqu'un passant vient la lui cacher, un relais est mis en action et la vitrine s'illumine.

Suivant le même principe, on peut réaliser des dispositifs pour l'ouverture et la fermeture automatique des portes, ou l'arrêt automatique des ascenseurs lorsqu'une personne s'avance imprudemment. Plus de quatre-vingts de ces derniers appareils sont installés dans les gratte-ciel de Radio-City, à New York (1).

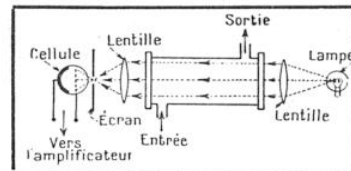


FIG. 14. — DISPOSITIF UTILISÉ POUR MESURER LA TRANSPARENCE D'UN LIQUIDE

Signalons enfin les dispositifs simples et ingénieux pour la protection des ouvriers conduisant les machines-outils (fig. 13) ; un simple rayon lumineux tendu devant la machine, entre un projecteur et un œil électrique, s'oppose à ce que l'ouvrier puisse introduire la main à un endroit dangereux.

Les machines automatiques modernes font un emploi de plus en plus fréquent des cellules photoélectriques. Parmi les plus simples, citons les coupeuses automatiques pour étiquettes, dont le couteau est mis en fonctionnement par un relais qui obéit à une cellule au moment précis où la bande, imprimée à l'avance, présente sous le couteau l'intervalle entre deux étiquettes.

Dans les machines automatiques à emballer les cigarettes, l'œil électrique est chargé de vérifier la position de la marque sur chaque cigarette et de veiller à ce qu'elle soit toujours bien apparente sur le dessus de la boîte. Il reçoit, pour cela, la lumière réfléchie par la cigarette, qui est moins intense lorsque la marque se trouve sur le dessus que sur le dessous. Dans ce dernier cas, le relais agit sur un mécanisme

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 192, page 497.

approprié qui retourne la cigarette et la place dans la bonne position. Signalons encore, parmi les machines automatiques les plus compliquées, celles à trier les fiches pour cartothèques et celles à confectionner les « cartons » pour métiers à tisser.

Il nous reste à dire quelques mots, pour en avoir fini avec les applications de la première catégorie, des dispositifs de poursuite utilisés aussi bien pour la commande automatique des machines-outils que pour la pesée automatique et la lecture à distance des instruments de mesure. Bien qu'à première vue très dissemblables, tous ces dispositifs ont le même principe de fonctionnement. Pour la pesée automatique, par exemple, un disque percé d'une fente est lié au fléau de la balance. De part et d'autre de ce disque, fixés sur un équipement mobile entièrement indépendant, se trouvent un œil électrique et un projecteur se faisant face. Lorsque le fléau de la balance s'incline, la fente se

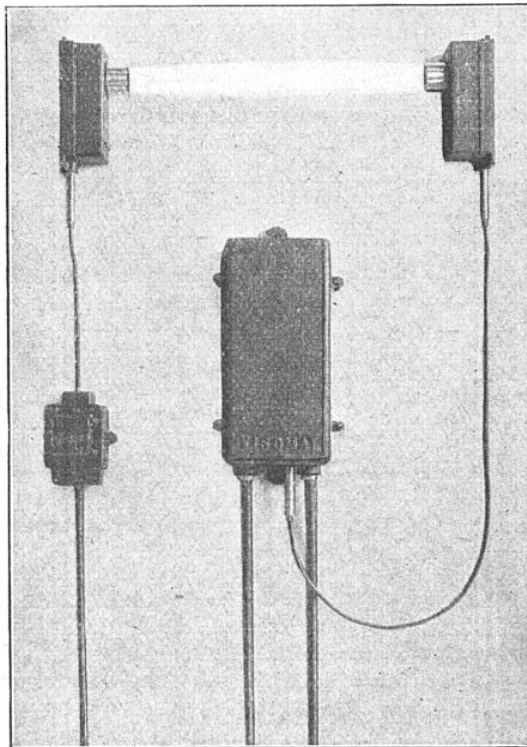
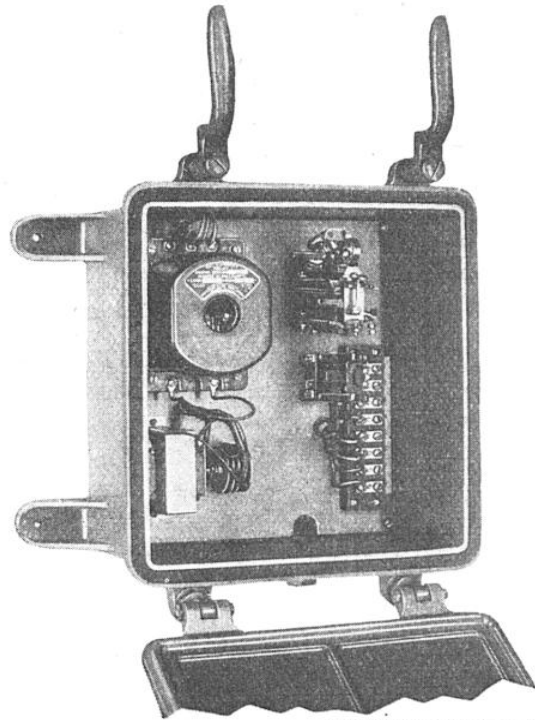


FIG. 15. — ŒIL ÉLECTRIQUE TEL QU'IL EST UTILISÉ POUR LE COMPTAGE DES OBJETS, LA DÉFENSE CONTRE LES MALFAITEURS, ETC.

En haut, à gauche, le projecteur; à droite, la cellule. Au centre, l'amplificateur à relais qui est actionné dès que le faisceau issu du projecteur, et qui frappe la cellule, vient à être coupé.



(Matériel téléphonique.)

FIG. 16. — COFFRET DE COMMANDE MÉCANIQUE AUTOMATIQUE, BASÉ SUR LE FONCTIONNEMENT DE LA CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE

déplace et le courant dans la cellule est interrompu. Un relais met alors un moteur électrique en marche, et l'équipage mobile se met à la poursuite de la fente jusqu'à ce que l'œil électrique soit de nouveau en face d'elle. Le compte-tours fixé au moteur indique alors exactement le poids. Sur le même principe, on a pu réaliser les appareils les plus divers, tels qu'indicateurs de niveau d'eau dans les chaudières tubulaires, commandes automatiques de fraiseuses, etc.

Les applications des cellules photoélectriques que nous avons rangées dans la deuxième catégorie ne sont ni moins nombreuses, ni moins importantes que celles de la première. Elles sont, d'une manière générale, plus délicates à réaliser, car on ne demande plus seulement à l'« œil électrique » de faire la différence entre la lumière et l'obscurité, mais d'effectuer une mesure de l'intensité de la lumière qu'il reçoit, ceci souvent avec une très grande précision.

Ainsi, pour la commande automatique d'un éclairage par la lumière du jour, la cellule ne doit pas seulement faire la différence entre le jour et la nuit, mais choisir l'instant précis du crépuscule où les appareils d'éclairage doivent s'allumer, et aussi celui où, à

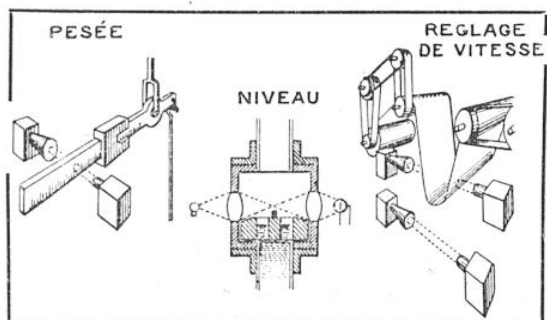


FIG. 17. — TROIS UTILISATIONS DIFFÉRENTES DE LA CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE

Pesée automatique : lorsque le fléau de la balance devient horizontal, il occulte le faisceau lumineux frappant la cellule. — De même, lorsqu'un flotteur arrive au niveau à ne pas dépasser. — On peut aussi régler la longueur d'une boucle interposée entre un rouleau dévideur et un rouleau renvideur.

l'aube, ils doivent s'éteindre (1). Dans des installations importantes, comme celle des villes, ce problème présente un intérêt particulier, car un allumage prématuré entraîne de très gros frais, et un allumage tardif risque de provoquer des accidents de circulation. Actuellement, de nombreuses villes, surtout aux Etats-Unis, possèdent de telles installations automatiques qui fonctionnent parfaitement.

Le problème de la détection des fumées est parent du précédent. Il suffit de faire passer les gaz, où l'on veut surveiller la présence de fumées, devant une cellule, pour que celle-ci mette en marche un signal d'alarme lorsqu'elle est obscurcie. On pourra ainsi, dans l'industrie, contrôler constamment la marche des foyers et régler en conséquence le tirage. La défense contre l'incendie à bord des navires utilise des dispositifs analogues d'une grande sensibilité (fig. 18). D'un poste central, un œil électrique décèle le moindre changement dans la transparence de l'air aspiré en divers endroits, cabines ou cales du navire, et signale la provenance de la moindre trace de fumée.

Toujours dans le même ordre d'idées, l'œil électrique sert, dans l'industrie, à la

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 190, page 301.

surveillance des fabrications : par exemple, dans les teintureries, papeteries, etc., une cellule photoélectrique convenablement choisie vérifie d'une manière continue soit la coloration d'une étoffe, soit la rugosité du papier, et en signale aussitôt les variations. L'industrie chimique fait un large emploi des cellules photoélectriques pour déceler les changements de coloration les plus faibles, souvent insensibles à l'œil humain, dans les liquides (fig. 14). L'œil électrique permet, en quelque sorte, une analyse continue des produits fabriqués. On l'emploie avec succès autant pour évaluer le degré de pollution des eaux usées que pour contrôler le degré de pureté de l'eau potable, au moyen d'un réactif coloré qui disparaît plus ou moins rapidement.

Nous arrêtons là cette nomenclature des plus importantes applications des cellules photoélectriques. Elle suffit à donner une idée de la variété des ressources nouvelles dont disposent les techniciens pour résoudre, d'une manière toujours élégante, les problèmes les plus divers. Grâce à l'œil électrique, l'automatisme surtout a fait, depuis cinq ans, des progrès extraordinaires. Cette évolution — qu'on pourrait qualifier de bouleversement, tellement elle est rapide

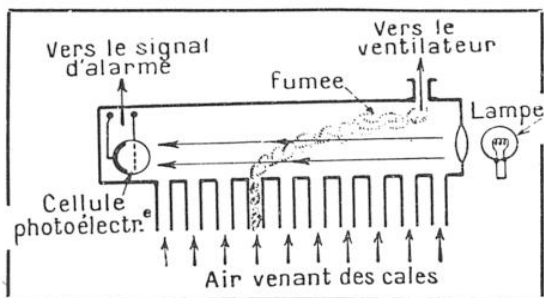


FIG. 18. — SCHÉMA D'UN APPAREIL POUR LA DÉTECTION DES FUMÉES A BORD D'UN NAVIRE

— n'en est encore probablement qu'à son début, et il est difficile de prévoir quel rôle de premier plan jouera, dans toutes les branches de la technique, ce petit appareil de laboratoire qu'était, il y a dix ans, la cellule photoélectrique. JEAN BODET.

Le programme naval italien, avec ses cuirassés de 35.000 tonnes, ses croiseurs légers et rapides, dénote, évidemment, une politique qui ne doit pas se limiter au bassin méditerranéen. Le croiseur *Diaz* ne vient-il pas d'accomplir, au cours d'une croisière, 24.000 milles, un voyage jusqu'aux rivages australiens ?

Rappelons-nous cette formule lapidaire : « La politique cachée des peuples est écrite en caractères indélébiles dans leur flotte ».

UNE NAISSANCE AU CIEL

COMMENT

LA SCIENCE EXPLIQUE AUJOURD'HUI

L'ÉVOLUTION

DES ÉTOILES NOUVELLES (NOVÆ)

Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

L'apparition des étoiles nouvelles (Novæ) — telle que la Nova Herculis, qui s'est manifestée au firmament à la fin de 1934 — est certainement un des phénomènes les plus curieux du ciel. De nombreuses hypothèses ont été émises, depuis des siècles, par les astronomes, pour lui donner une explication rationnelle. On admet aujourd'hui que les Novæ sont produites par la collision d'un astre obscur avec une nébuleuse également obscure, collision ayant pour effet de porter l'ensemble à l'incandescence. Cette interprétation a, en outre, l'avantage d'expliquer comment le ciel est encore constellé d'étoiles malgré leur évolution (1), qui tend peu à peu à les transformer en des astres morts. Une telle hypothèse, si elle se vérifiait, serait une menace pour notre globe terrestre... dans 200 millions d'années !

LES étoiles vieillissent parce qu'elles rayonnent ; lentement, elles tendent vers le stade « obscur », où leur surface s'entoure d'une croûte isolante et relativement froide ; les astronomes estiment que le nombre de ces étoiles mortes, c'est-à-dire invisibles, ne doit pas dépasser la moitié du nombre des astres visibles, ce qui représente quand même, pour notre Galaxie, un chiffre impressionnant, voisin du milliard.

En compensation, il apparaît, de temps à autre, des astres nouveaux au firmament ; ce sont les *Novæ* ; l'un d'eux vient précisément de naître, en décembre dernier, dans la constellation d'Hercule, placée entre le Dragon et Ophiucus, non loin de l'admirable Wéga de la Lyre. Cette Nova, signalée par un observateur anglais, grand familier du Ciel, était alors de troisième grandeur, mais son éclat

a diminué depuis lors ; au moment où j'écris, l'astre, encore visible sans instruments, est en train de passer de la quatrième à la cinquième grandeur ; bientôt, sans doute, il ne pourra plus être aperçu qu'au moyen d'une lunette ou d'un télescope.

Ces apparitions, en somme assez rares (une tous les dix ans en moyenne), d'étoiles nouvelles visibles à l'œil nu, évoquent un des problèmes les plus captivants que le Ciel pose aux astronomes ; l'occasion est donc favorable

pour exposer la solution, encore hypothétique, qui est actuellement admise. Mais cette solution ne peut procéder que d'une étude minutieuse du phénomène lui-même ; heureusement, depuis le début de ce siècle, les astronomes ont pu, avec de puissants moyens, suivre l'évolution de très belles Novæ, en particulier celles de Persée en 1901, des Gémeaux en 1912, de l'Aigle en 1918

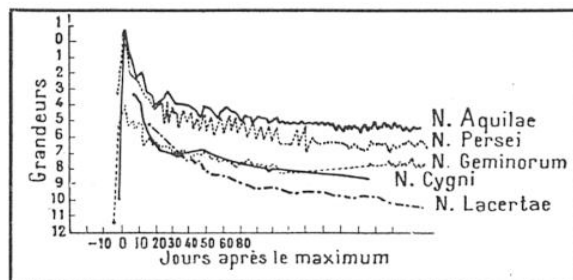


FIG. 1. — COURBES DES VARIATIONS DES GRANDEURS STELLAIRES DE CINQ NOVÆ

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 213, page 189.

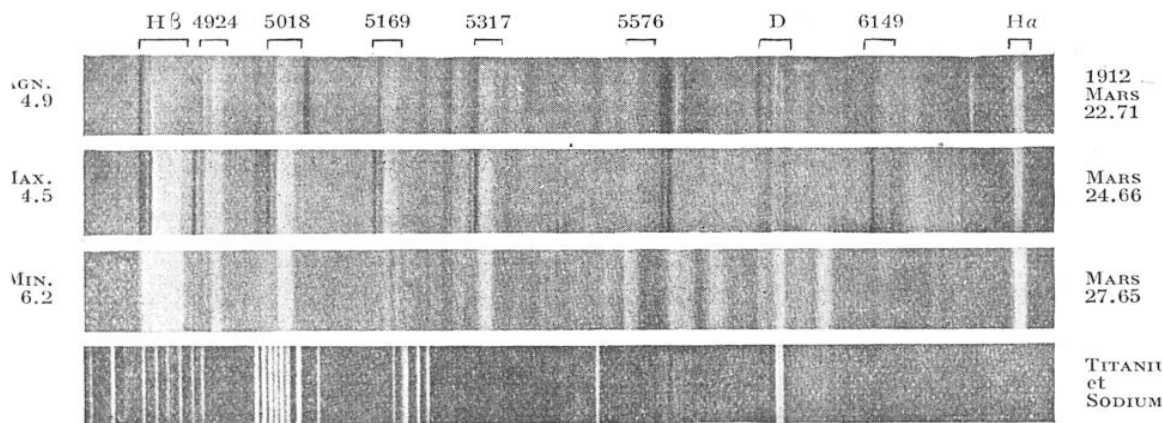


FIG. 2. — ÉVOLUTION SPECTRALE DE LA NOVA « GEMINORUM II » PENDANT LA PHASE DU MAXIMUM D'ÉCLAT, QUI A EU LIEU PEU APRÈS LA NAISSANCE DE L'ÉTOILE

et du Cygne en 1920. Ils ont ainsi retrouvé et précisé les observations qu'en 1572 le grand astronome danois Tycho-Brahé avait pu faire de la célèbre *Pèlerine*, admirable étoile nouvelle née dans la constellation de Cassiopée. Toutes ces études ont établi que l'apparition et l'évolution d'une Nova est, à quelques détails près, un phénomène qui se reproduit pareil à lui-même, de telle sorte qu'une même explication doit s'appliquer à toutes les Novæ.

La loi d'évolution des Novæ

Reportons-nous aux graphiques de la figure 1, qui représentent, pour les étoiles nouvelles que j'ai dites, la variation de leur grandeur stellaire (1), c'est-à-dire de leur éclat lumineux ; pour toutes, la marche est la même : au début, un accroissement très rapide de l'intensité, qui peut, en quelques jours, devenir dix mille fois et même (cela s'est vu), cent mille fois plus grande qu'au début ; bientôt, l'état maximum est atteint ; il se maintient pendant quelques jours, puis il commence à décroître ; mais cette décroissance est beaucoup plus lente que n'avait été la montée, et, d'autre part, elle se fait en « dents de scie », c'est-à-dire avec des reprises partielles et momentanées d'activité lumineuse ; puis, finalement, l'astre décline, il cesse d'être visible à l'œil nu ; mais on peut continuer à l'observer, à condition d'employer des instruments de grande ouverture.

Ici, une question se pose : à la place où apparaissait une nova, n'existait-il rien dans le

(1) Les étoiles de première grandeur sont, en moyenne, deux fois et demie plus brillantes que celles de la seconde ; celles-ci sont ce même nombre de fois plus lumineuses que celles de la troisième grandeur, et ainsi de suite.

Ciel ? Et, quand de longues années ont passé, cette étoile disparaît-elle complètement sans laisser aucune trace ? Il est difficile de répondre avec une entière certitude à cette double question ; pourtant, dans un assez grand nombre de cas, en étudiant attentivement les photographies du Ciel, on a pu constater l'existence d'un petit point rayonnant à l'endroit précis où devait s'allumer une Nova ; et, d'autre part, avec les instruments dont on dispose actuellement, il n'est pas d'étoile nouvelle qui ait disparu sans laisser de traces. D'ailleurs, notre esprit se refuse à admettre qu'un pareil phénomène puisse naître du néant et disparaître intégralement ; ainsi, l'opinion générale des astronomes met en cause l'inflammation soudaine d'un astre préexistant, qui s'éteint ensuite progressivement, mais sans disparaître ; c'est sur cette donnée que devront s'organiser nos explications.

Examinons maintenant le phénomène en complétant la lunette ou le télescope par l'adjonction d'un spectroscopie. Au début, le spectre qu'on observe est tout pareil à celui du Soleil et des étoiles ordinaires, c'est-à-dire qu'il est constitué par un fond lumineux continu, traversé par de fines raies noires de l'hydrogène, du calcium et du fer. Bientôt, l'éclat général augmentant rapidement, le fond continu s'atténue, mais des raies brillantes apparaissent et s'exaspèrent ; en même temps, les raies obscures sont déplacées du côté du violet, comme elles devraient l'être, en vertu de l'effet Doppler-Fizeau, si, autour de l'astre lumineux, s'étendait une couche de gaz plus froids qui s'en éloigneraient dans toutes les directions, à la manière d'une onde explosive et avec une vitesse

considérable ; jamais ce phénomène n'a été observé avec plus de netteté qu'il ne le fut, sur la Nova de Persée, par le grand astronome américain G.-W. Ritchey ; il vit (et les photographies qu'il a prises attestent qu'il ne s'agit pas d'une illusion d'optique) que la lueur brillante partie de l'étoile s'en éloignait avec une vitesse qui, autant qu'on peut la mesurer à pareille distance, paraît voisine de celle de la lumière. Cette observation, qui a été renouvelée en 1918 avec la Nova de l'Aigle, nous fait peut-être assister à la propagation de l'onde lumineuse dans un milieu nébuleux, qu'elle illumine par son passage.

Après cette crise dramatique, l'éclat de la Nova diminuant par paliers, le fond spectral s'atténue et on y voit apparaître de nouvelles raies brillantes ; l'astre se rapproche peu à peu du type spectral auquel appartiennent les « nébuleuses planétaires » de Wolf-Rayet, c'est-à-dire qu'on y voit, au télescope, autour d'un point central brillant, une sorte d'atmosphère ou de cocon nébuleux ; à partir de ce moment, l'éclat de l'astre varie peu ; le cataclysme est terminé.

Essais de théories

C'est sur ces données qu'il faut essayer de vous représenter ce qui a pu advenir. Les observateurs du moyen âge, témoins de ces apparitions, étaient bien en peine pour les expliquer sans risquer le bûcher : on était alors convaincu de « l'incorruptibilité des Cieux » et la Genèse enseignait la création du firmament, faite une fois pour

toutes : ces doctrines semblaient malaisément conciliables avec l'apparition des Novæ ; les esprits subtils, à l'instigation du géomètre Cardan, imaginaient que certaines étoiles s'approchaient brusquement de nous pour s'en éloigner ensuite plus lentement ; ainsi avait fait la Pèlerine de Tycho-Brahé, lorsqu'elle avait guidé les rois mages à Bethléem. Mais la palme de l'ingéniosité doit revenir à Riccioli, qui soutint, en 1651, que les étoiles n'étaient lumineuses que sur une moitié de leur surface ; alors, dit-il, « quand Dieu veut montrer aux hommes quelques signes extraordinaires, il fait tourner brusquement une de ces étoiles sur son centre. »

Ces exemples montrent que les hommes, plutôt que d'avouer simplement leur ignorance, préfèrent se satisfaire par les plus mauvaises raisons. Mais venons à des explications plus modernes. Celle qui, pendant longtemps, a gardé la faveur du monde savant, imaginait un choc brutal, un « télescopage » céleste entre deux astres obscurs. Elle a été défendue avec talent par Arrhénius, mais il faut avouer qu'elle se heurte à deux graves objections. La première est tirée du calcul des probabilités : en évaluant les chances de collision entre deux astres, tous les calculateurs trouvent des nombres beaucoup trop faibles pour rendre compte de la fréquence des apparitions observées. Mais, surtout, la théorie du choc ne cadre pas avec la variation des grandeurs stellaires : après un aussi formidable accident, qui réduirait les deux astres à l'état de vapeur

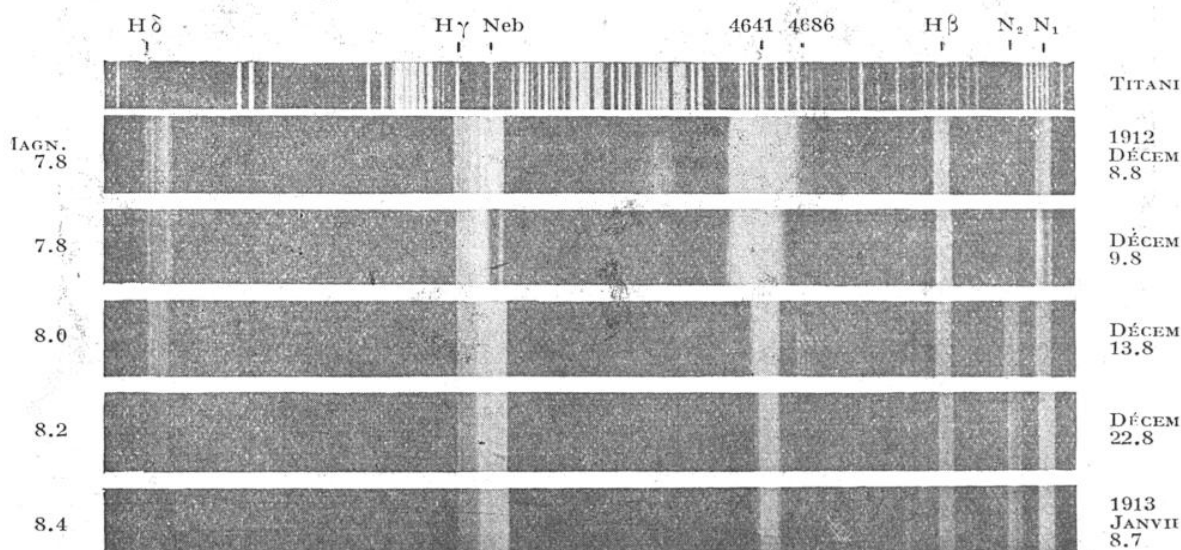


FIG. 3. - ÉVOLUTION SPECTRALE DE LA NOVA « GEMINORUM II » PENDANT LA PHASE NÉBULAIRE

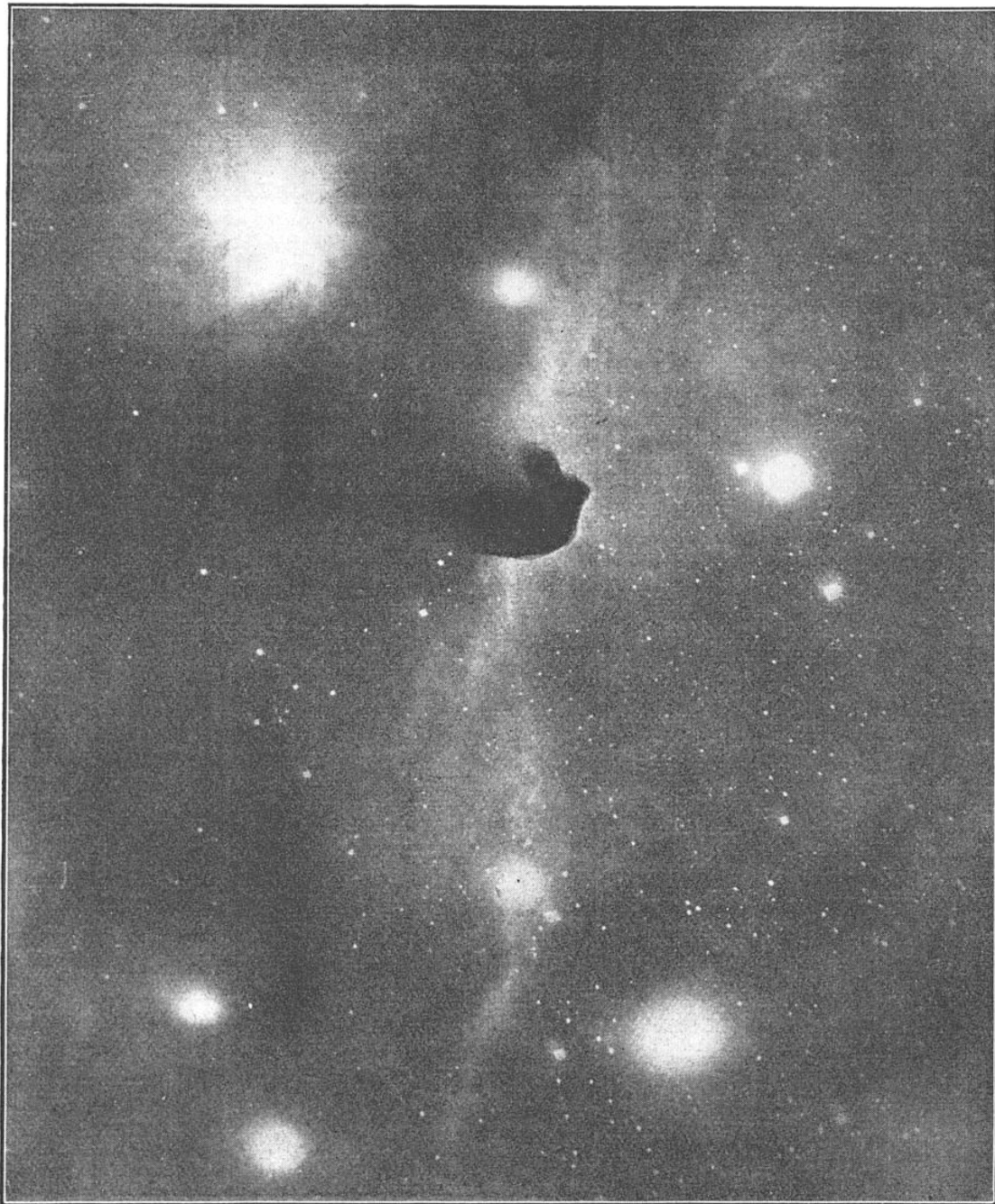


FIG. 4. — NÉBULEUSE OBSCURE PHOTOGRAPHIÉE AU MONT WILSON

incandescente, il serait inconcevable que l'éclat d'une pareille masse s'atténuat, en quelques mois, à l'allure constatée pour toutes les Novæ.

Frappés par cette objection, certains astronomes ont suggéré une action à distance de

deux astres passant dans le voisinage l'un de l'autre ; dans ces conditions, il doit se produire des marées gigantesques qui soulèvent l'écorce des astres obscurs et laissent dégager des laves intérieures, accompagnées de gaz incandescents.

En vérité, il est bien malaisé de discuter une théorie aussi imprécise, et il vaut mieux exposer, pour conclure, celle qui reçoit aujourd'hui l'assentiment presque unanime des astronomes ; suggérée par von Seeliger, en 1892, reprise et développée par J.-C. Kapteyn, elle attribue l'apparition des Novæ à la rencontre d'un astre obscur et presque éteint avec une de ces nébuleuses obscures que les astronomes anglo-saxons désignent sous le nom de *coal sacks*, ou « sacs

les nébuleuses obscures étant immensément plus grandes que les étoiles, les chances de collision sont très supérieures à celles qu'on pouvait calculer dans le cas du choc de deux étoiles ; ainsi, les lois de probabilité ne sont plus offensées par la nouvelle explication comme elles l'étaient par la première.

Dès lors, le phénomène dont nous sommes témoins ressemblerait, en gros, à celui qui se présente, beaucoup plus près de nous, lorsqu'un bolide pénètre dans les couches

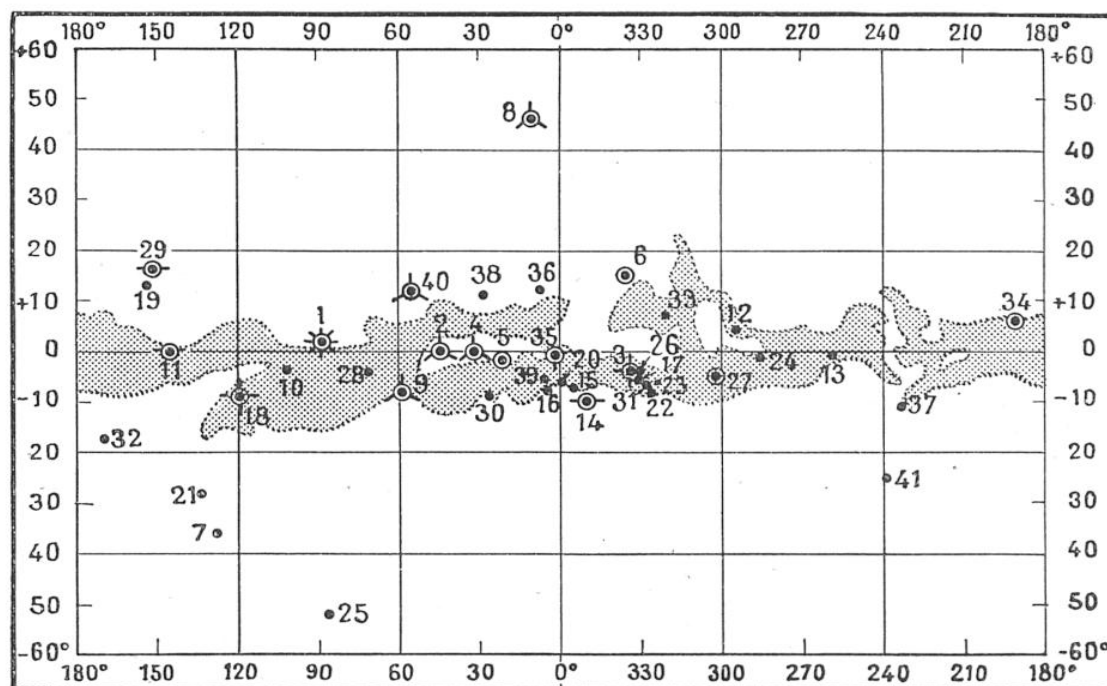


FIG. 5. — DISTRIBUTION DES NOVÆ DANS LA GALAXIE

Les Novæ, qui abondent plus particulièrement dans la Voie Lactée, sont désignées suivant leur ordre d'apparition, depuis la Pélérine (n° 1) jusqu'à Nova Pictoris 1925 (n° 41).

à charbon ». Ces nébuleuses — dont la figure 4 nous présente un beau spécimen, photographié au grand télescope du Mont Wilson — sont formées par des grains de poussière cosmique, dont les dimensions sont probablement voisines d'un dix-millième de millimètre ; elles abondent dans la Voie Lactée ; c'est donc dans cette région du Ciel que les chances de collision sont les plus grandes. C'est effectivement ce qui a lieu, ainsi qu'on peut le vérifier sur la figure 5, où on a marqué la place des quarante et une principales Novæ observées depuis la fameuse Pélérine ; on voit que presque toutes ces naissances se placent à l'intérieur du nuage galactique ; pourtant, la Nova Herculis 1934 fait exception à cette règle. D'autre part,

supérieures de notre atmosphère : le frottement contre les gaz, pourtant très dilués, suffit alors pour porter sa surface à l'incandescence et pour produire un spectre où on retrouve les raies brillantes sur fond continu qui caractérisent les Novæ. Les étoiles possèdent des vitesses qui sont voisines, en moyenne, de 30 kilomètres par seconde, et les nébuleuses obscures sont, elles aussi, entraînées avec des vitesses au moins aussi grandes ; si ces deux vitesses sont en sens contraires, lorsque l'étoile pénètre dans la nébuleuse, le frottement porte à l'incandescence la croûte refroidie de l'étoile obscure, et cette lumière se propage à l'intérieur de la nébuleuse en l'illuminant progressivement. Puis, comme l'échauffe-

ment a été purement superficiel, il s'affaiblit rapidement, mais avec des alternatives de reprise qui tiennent sans doute à la rencontre de nouvelles trainées nébuleuses.

Fréquence des Novæ

Telle est la représentation la plus vraisemblable qu'on puisse donner actuellement de l'apparition des Novæ. Revenons maintenant à l'observation des faits, pour tirer au clair un des aspects de ce passionnant problème. Jusqu'à ces dernières années, le seul procédé mis en œuvre pour déceler ces apparitions consistait à surveiller, à l'œil nu ou à la lunette, les diverses constellations ; certains amateurs, spécialisés dans ces études, ont fait ainsi des trouvailles sensationnelles.

C'est ainsi qu'ont été découvertes les principales Novæ ; mais les naissances célestes sont bien plus nombreuses qu'on n'en pourrait juger d'après ces résultats ; la plupart des Novæ sont, ou trop éloignées, ou trop peu brillantes pour être ainsi dépistées. Heureusement, la photographie stellaire fournit un procédé méthodique, applicable même aux étoiles invisibles à l'œil nu, c'est-à-dire dépassant la sixième grandeur.

Supposons qu'on prenne, à un an d'intervalle, deux photographies d'une même région du Ciel ; on pourra superposer le cliché positif de l'une d'elles avec le cliché négatif de l'autre ; si les deux photographies sont identiques, au signe près, elles se compensent exactement, et la double surface, examinée par transparence, paraîtra teintée uniformément ; il n'en serait pas de même si une étoile nouvelle, photographiée sur le dernier cliché, était absente du premier.

En fait, il est plus pratique de superposer les deux clichés *négatifs*, pris à un an d'intervalle, en les décalant légèrement l'un par rapport à l'autre ; alors, chaque étoile apparaît sous forme d'un doublet, sauf, bien entendu, la Nova, qui figure sur un seul des deux clichés. Ainsi, dans la figure 6, on a représenté la partie du Ciel où se trouve la constellation d'Hercule, et la Nova y apparaît en N. Un autre avantage de cette méthode, c'est qu'elle permet, en même

temps, de déceler les étoiles variables, dont l'étude présente un puissant intérêt ; ainsi, la constellation d'Hercule ne compte pas moins de six de ces étoiles variables.

En procédant ainsi, et en étendant à l'ensemble du firmament les sondages effectués dans diverses parties, on trouve que le nombre annuel des apparitions de Novæ ayant dépassé la dixième grandeur est, en moyenne, de neuf. Et ce résultat a permis à M. Landmark une curieuse remarque : supposons, ce qui est vraisemblable, que ces apparitions se soient toujours poursuivies au même rythme ; alors, en 300 millions d'années, le nombre des naissances célestes s'est élevé à 2 milliards 700 millions, c'est-à-dire qu'il est égal au nombre total des

étoiles, jusqu'à la vingt et unième grandeur, qui peuplent notre firmament. Or, 300 millions d'années est un laps *extrêmement court* parmi ceux qu'envisage l'astronomie ; il est donc probable que la plupart des étoiles qui brillent aujourd'hui au firmament sont d'anciennes Novæ, et nous saisissons là, sur le vif, le mécanisme par lequel s'ef-

fectue d'une manière continue le rajeunissement du Ciel.

Voici, pour conclure, une autre conséquence de ces statistiques. Comme la Pèlerine, comme la Nova d'Hercule, notre Soleil et notre système planétaire tout entier peuvent, un jour ou l'autre, rencontrer une nébuleuse obscure et subir le même avatar ; ce sera, bien entendu, la suppression brutale et définitive de notre humanité. Si nous appliquons à cette hypothèse le calcul des probabilités, nous voyons que cette probabilité, constituée, comme on le sait, par le rapport des cas « favorables » au nombre des cas possibles, est précisément égale à $9 : 2.700.000.000$, soit 1 deux cent-millionième. Il y a donc une chance sur deux cents millions pour que, l'année prochaine, nous subissions pareille catastrophe. Heureusement, cette probabilité est extrêmement faible, et comme, d'ailleurs, cet événement, s'il doit se produire, est absolument inévitable, le plus sage est de n'y pas penser.

L. HOULLEVIGUE.

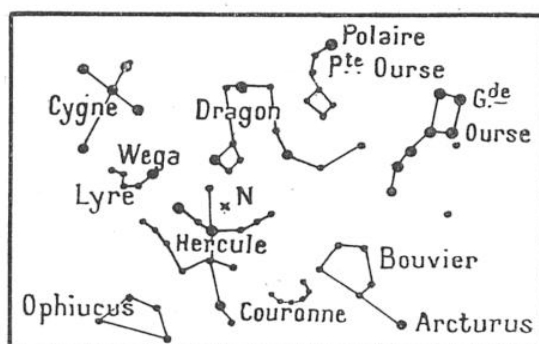


FIG. 6. — SITUATION DE LA NOVA « HERCULIS », MARQUÉE EN N, DANS LE CIEL

VOICI LES BARRAGES GÉANTS QUE LA TECHNIQUE VIENT DE METTRE AU MONDE

Par Jean MARCHAND

INGÉNIEUR I. E. G.

Le progrès industriel et agricole dépend, en grande partie, de l'électrification, elle-même conditionnée par la mise en valeur des richesses naturelles en houille blanche. A la base de tout aménagement hydroélectrique, nous trouvons le barrage, qui permet de créer les chutes nécessaires aux centrales électriques. Son rôle ne se borne pas là, d'ailleurs : les retenues d'eau formées par les barrages servent également à la régularisation des cours d'eau, à l'irrigation des régions stériles et à l'alimentation en eau potable. Depuis quelques années, de gigantesques travaux ont été entrepris dans ce domaine à travers le monde entier. En France, où nous avons déjà signalé l'aménagement hydroélectrique récent de la Truyère (1), on termine actuellement les barrages du Sautet, sur le Drac, et du Chambon, sur la Romanche, tous deux dans la région de Grenoble. En Suisse, le barrage de la Dixence sera à l'origine de la plus haute chute du monde : 1.750 mètres (2). Toutefois, c'est l'Amérique qui — là encore — détient le record avec le Boulder Dam, sur le Colorado, dont la hauteur atteint 230 mètres. Non seulement, il permettra de produire 2 millions de chevaux, mais encore il assurera l'irrigation de plusieurs milliers de kilomètres carrés de terrains et approvisionnera en eau potable plus de 5 millions d'habitants, grâce à un aqueduc de 400 kilomètres de long. Dans son programme de rénovation économique des Etats-Unis, le président Roosevelt considère d'ailleurs que ces gigantesques travaux font partie de l'ensemble de l'exploitation rationnelle des richesses naturelles du pays. Dans cet ordre d'idées, une nouvelle expérience est tentée dans la vallée de Tennessee, où on établit un nouveau barrage, le Norris Dam, pour créer dans cette vaste région certaines industries et y assurer l'irrigation nécessaire au développement de l'agriculture. Le barrage, dans l'économie moderne, constitue un facteur déterminant de prospérité.

Si l'électricité est à la base de la vie moderne, à tel point que l'on a voulu mesurer le degré de civilisation d'un peuple à sa consommation d'énergie électrique, la production de cette énergie a fait les progrès les plus considérables grâce à la mise en œuvre de la houille blanche. Nous sommes loin, aujourd'hui, de l'antique roue de moulin utilisant une chute d'eau de faible débit et de faible hauteur. Grâce à la turbine hydraulique d'une part, grâce aux travaux réalisés pour capter des débits énormes et des chutes de plusieurs centaines de mètres de hauteur, le technicien moderne a su créer les imposantes centrales qui distribuent aujourd'hui l'énergie électrique à des pays tout entiers.

A l'origine de toute installation de captation d'énergie hydraulique, nous trouvons toujours un barrage. Réduit à sa plus simple

expression lorsqu'il s'agit de capter un torrent de montagne dont on veut profiter de la grande pente (hautes chutes, faibles débits), il prend, au contraire, l'aspect le plus imposant quand il a la charge de créer lui-même la chute d'eau devant alimenter les turbines.

Il faut d'ailleurs reconnaître immédiatement que, à son origine, le barrage fut tout d'abord conçu pour assurer l'alimentation en eau d'une région, grâce à la masse liquide considérable qu'il permet d'emmagasiner. De même, l'irrigation de certaines contrées est assurée par des barrages. Enfin, la présence d'un barrage constitue un régulateur du débit des fleuves et, par suite, peut rendre navigables des voies d'eau importantes. Ainsi, à Sennar, sur le Nil Bleu (Egypte), un barrage de 3.025 mètres de long régularise le cours du Nil, qui, on le sait, est soumis à de grandes et rapides variations.

Nous avons déjà signalé, à propos du bar-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 196, page 332.

(2) Ne pas confondre hauteur de chute et hauteur de barrage.

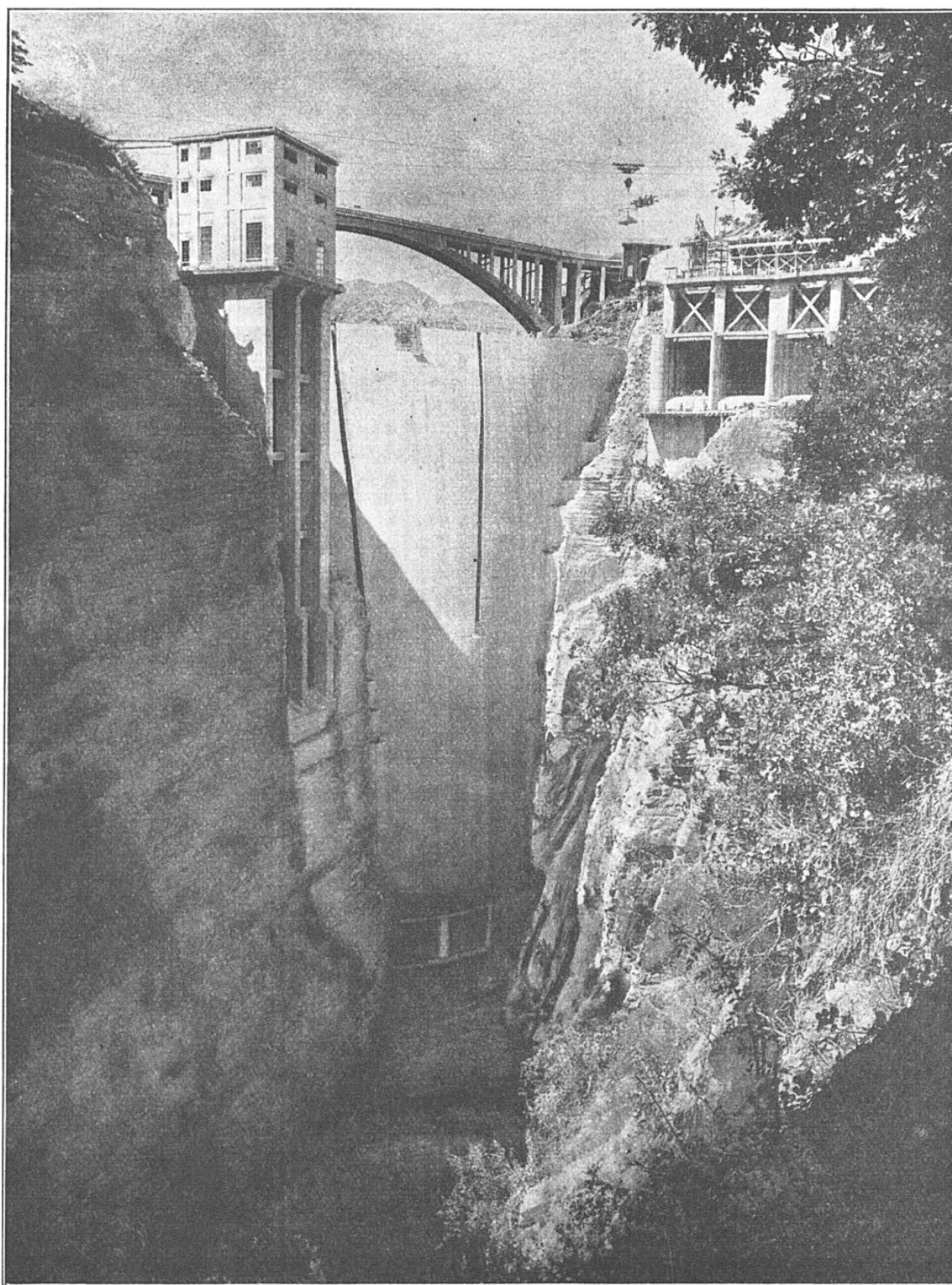


FIG. 1. — LE BARRAGE DU SAUTET, SUR LE DRAC (ISÈRE), A 70 KILOMÈTRES DE GRENOBLE, MESURE 126 MÈTRES DE HAUT. LA PUISSANCE INSTALLÉE SERA DE 67.500 KILOWATTS ET L'ÉNERGIE PRODUITE ANNUELLEMENT SERA DE 175 MILLIONS DE KW-HEURE

rage établi sur le Dniepr, en U. R. S. S. (1) [qui crée un lac artificiel de 160 kilomètres de long et alimente une centrale de 810.000 ch], que ce grand fleuve est ainsi rendu navigable sur une longueur de 2.200 kilomètres. Ainsi la mer Baltique se trouve reliée à la mer Noire : la houille du Donetz peut alimenter les régions industrielles de l'U. R. S. S. ; le bois, cargaison principale, peut être transporté à peu de frais des régions forestières du Nord vers le Sud ; inversement, le pétrole, le blé, les métaux du Sud sont économiquement acheminés vers les régions du Nord.

Les grands barrages en construction en France

Nous avons exposé déjà ici les travaux exécutés en France, à Eguzon (1), à Coindre (2), pour la captation de la houille blanche du Massif Central, qui, grâce à une ligne à 220.000 volts (3), contribue à l'alimentation électrique de la région parisienne. De même, deux barrages ont permis l'aménagement hydroélectrique de la Truyère et de la Bromme (4), également dans le Massif Central. Rappelons que le barrage de Sarrans, à l'entrée des gorges de la Truyère, mesure

DÉSIGNATION DES CHUTES		Hauteur de chute brute en mètres	Capacité de dérivation en m ³ /sec.	Puissance installée en kW	Energie brute annuelle en millions de kW-heure
En exploitation.	Avignonet.....	25	40	7.500	60
	Champ.....	39	25	6.000	50
	Drac-Romanche.....	18,50	80	14.000	75
En voie d'aménagement.....	Sautet.....	93	90	67.500	175
	Cordéac.....	93	75	50.000	190
	Saint-Pierre.....	62	140	75.000	150
	Rondeau.....	18,50	80	10.500	75
En instance de concession.....	Saint-Jean-d'Hérans.....	71	70	40.000	200
	Marcieu.....	38,50	80	25.000	105
	Saint-Georges-de-Commiers.....	68	50	25.000	175
	Drac-Isère.....	18,50	80	10.500	75
TOTAUX.....				331.000	1.330

TABEAU DES CHUTES EXPLOITÉES OU EN PROJET D'EXPLOITATION SUR LE DRAC

Rappelons les principales caractéristiques de ce barrage. Edifié entre Dniepropetrovsk et Zaprogie, juste à la fin des rapides du fleuve, il surélève le niveau des eaux à 37 mètres au-dessus du niveau moyen. Entièrement en béton et fondé sur le granit, ce barrage présente la forme d'un arc de cercle de 600 mètres de rayon et de 760 m 50 de long, occupant toute la largeur du lit du fleuve. Il est composé de 47 travées de 13 mètres de largeur chacune et de 46 contreforts de 3 m 25 d'épaisseur. Des vannes mobiles, genre Stoney, coulissant verticalement entre les contreforts, mesurant 13 m 25 sur 10 mètres, pesant chacune 70 tonnes, peuvent laisser passer les eaux en cas de crue.

On le voit, la recherche de l'utilisation de la houille blanche pour la production de l'électricité n'a pas fait oublier les autres avantages inhérents à l'établissement des grands barrages.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 176, page 91.

105 mètres de haut. Sa longueur à la crête atteint 220 mètres. Un réservoir de 300 millions de mètres cubes d'eau est ainsi créé. L'usine qu'il alimente, fonctionnant sous une chute de 67 à 90 mètres, comprend trois groupes turboalternateurs principaux de 30.000 à 46.000 ch, soit une puissance totale de 64.200 à 102.000 kilowatts.

Mais si le Massif Central, longtemps méconnu au point de vue de la houille blanche en faveur des Alpes et des Pyrénées, a été le théâtre, au cours de ces dernières années, de grands travaux hydroélectriques, les ingénieurs n'en poursuivent pas moins l'aménagement de nos grandes montagnes. C'est ainsi que sur le Drac et la Romanche, rivières alpestres de la région de Grenoble, on exécute actuellement d'intéressants tra-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 110, page 108.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 118, page 269.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 188, page 119.

(4) Voir *La Science et la Vie*, n° 196, page 332.

vaux sur la construction desquels nous allons donner quelques détails.

Le barrage du Sautet

Le Sautet est un canyon de 200 mètres de profondeur et d'environ 1 kilomètre de longueur que le Drac a creusé dans les terrasses du Beaumont, entre les massifs du Dévoluy et du Pelvoux, à 70 kilomètres de Grenoble. Ce n'est qu'en 1921, au cours d'une étude d'aménagement de chute d'eau, que

la retenue d'Avignonnet, sur une longueur de 40 kilomètres et sur une hauteur de chute de 360 mètres.

Le débit moyen annuel, au Sautet, est d'environ 33 mètres cubes par seconde, le débit d'étiage de 7 à 8 mètres cubes par seconde.

Entre l'embouchure du Drac, dans l'Isère (à Grenoble), et le niveau supérieur de la retenue du Sautet, soit sur une longueur de 75 kilomètres, le dénivellement est de

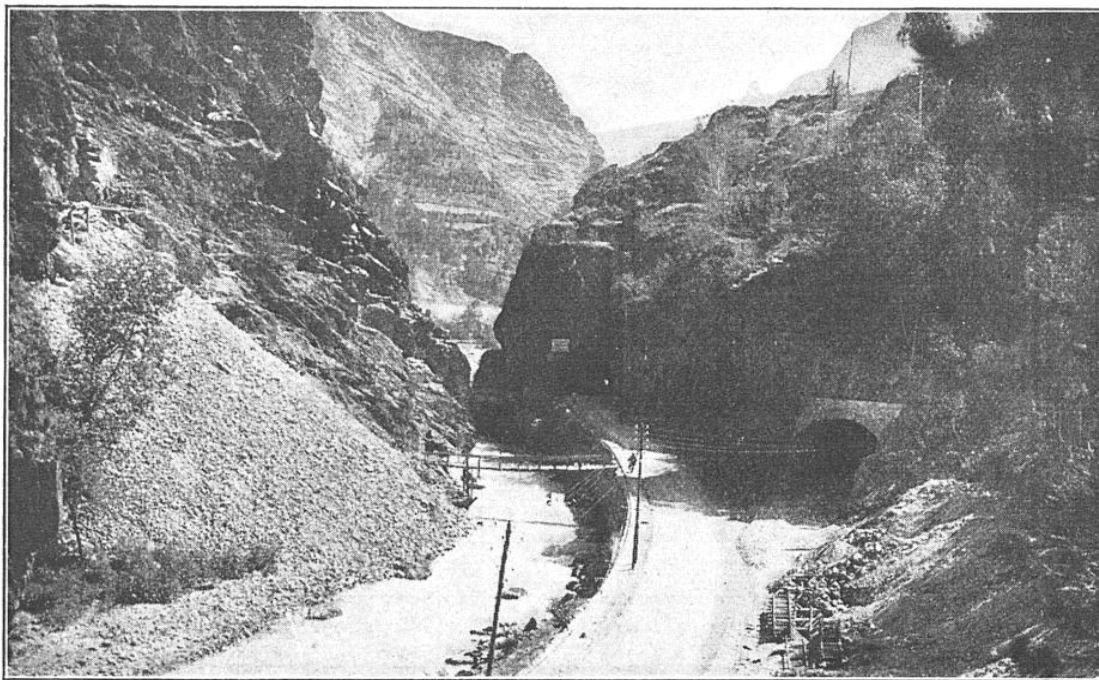


FIG. 2. — LA ROMANCHE ET LA ROUTE DE GRENOBLE A BRIANÇON AVANT LES TRAVAUX DU BARRAGE DU CHAMBON, DESTINÉ A RÉGULARISER LE COURS DE CE TORRENT

naquit l'idée d'explorer la partie aval de cette gorge, encore inconnue, et que l'on s'aperçut combien la configuration du terrain était propice à la construction d'un barrage de grande hauteur, capable de créer, dans la cuvette de Saint-Brême, un vaste lac artificiel de 350 hectares de superficie et de 130 millions de mètres cubes de capacité.

Ainsi se révélaient d'un seul coup la possibilité d'améliorer considérablement le régime du Drac et, par suite, la valeur industrielle des chutes aménagées ou aménageables à l'aval du Sautet.

C'est à cette époque que l'on étudia non seulement l'aménagement du barrage et du réservoir du Sautet, mais encore celui de la section du cours d'eau de ce réservoir jusqu'à

560 mètres. Il y a place pour onze chutes : trois sont en exploitation, quatre en voie d'aménagement, quatre en instance de concession. Le tableau de la page 283 en montre les caractéristiques. Les chiffres de ce tableau montrent combien le Drac, amélioré par le barrage du Sautet, est un magnifique générateur d'énergie.

Nous avons dit aussi que le réservoir du Sautet régulariserait le débit du Drac. Voici comment est conçue l'utilisation des eaux ainsi retenues. Une tranche supérieure de 40 mètres d'épaisseur (100 millions de mètres cubes) sera consacrée à l'accumulation des eaux. Dans la tranche inférieure (30 millions de mètres cubes) seront immergés les apports du Drac et de la Souloise, son affluent. L'altitude du plan d'eau variera

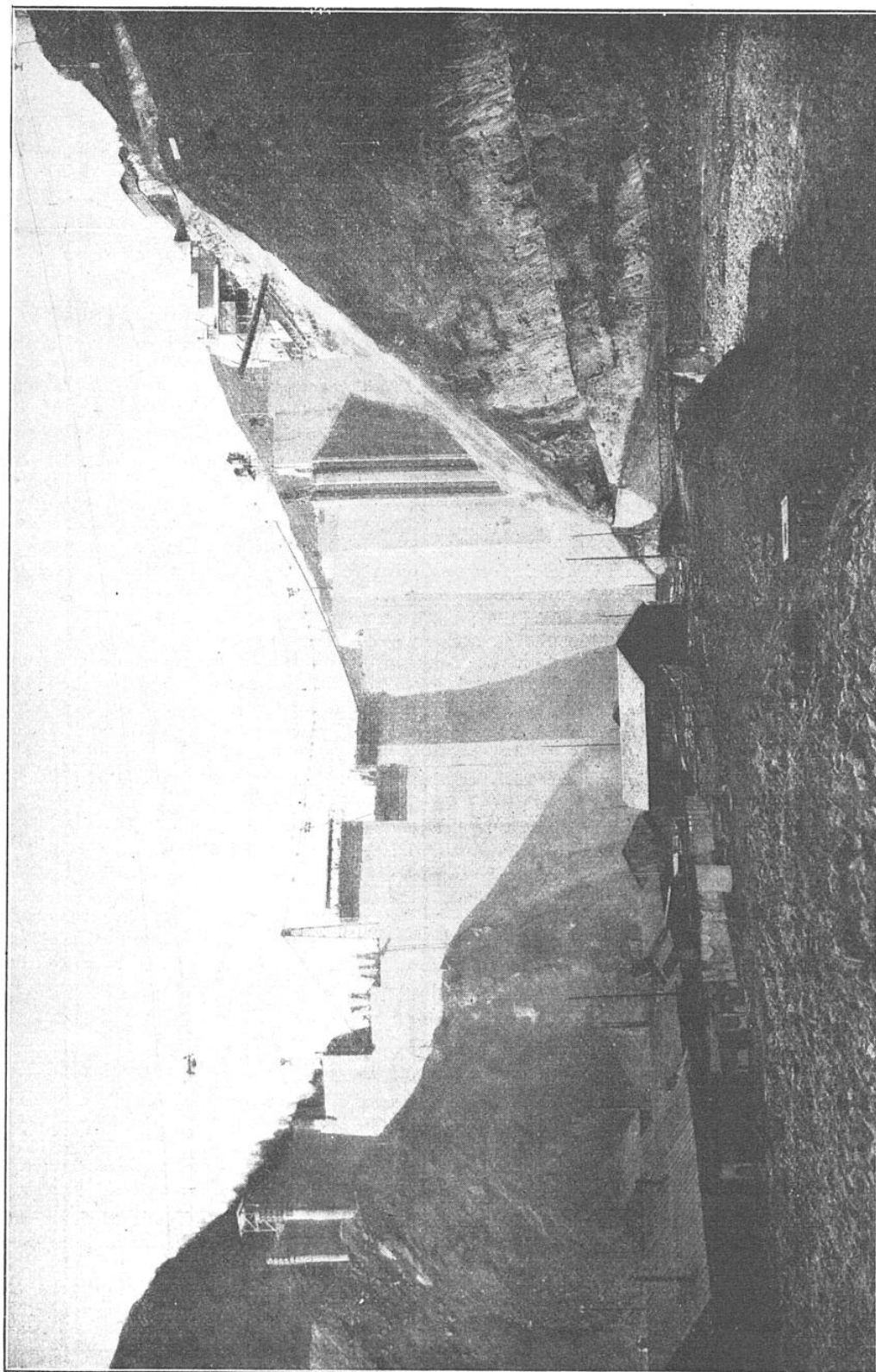


FIG. 3. — LE BARRAGE DU CHAMBON AU COURS DE SA CONSTRUCTION. A DROITE, LE LIT ASSÉCHÉ DE LA ROMANCHE
Avec ses 130 mètres de haut, c'est un des plus importants ouvrages de ce genre construits en France pour l'utilisation de la houille blanche.

ainsi entre les cotes 765 et 725 mètres, et son niveau moyen s'établira à 747 mètres au-dessus du niveau de la mer, soit à 542 mètres au-dessus du confluent Drac-Isère. L'énergie potentielle de la tranche utile atteindra donc 150 millions de kilowatts-heure au niveau de la mer et 110 millions de kilowatts-heure par rapport au confluent Drac-Isère.

Ayant reconnu les bienfaits que l'on pouvait retirer de l'aménagement du Sautet, de nombreux travaux furent entrepris pour l'étude de la sécurité du barrage projeté. De nombreuses galeries et puits permirent d'explorer la roche (calcaire noir du lias) sur plus de 500 mètres de longueur, et même sous le lit du Drac. Aucune faille, aucun lit mineur ne fut constaté : le banc rocheux offrait donc une assise solide. Plus de 1.000 mètres de sentiers en encorbellement, 400 mètres d'échelles métalliques, un câble transporteur de 250 mètres permirent d'explorer minutieusement les parois du canyon.

De même, pour l'établissement du barrage, le maximum de précautions ont été prises. Lorsque le Drac fut dévié, on vit combien il avait creusé et que de fortes masses rocheuses en encorbellement existaient dans le fond de la gorge, en aval du barrage. On décida de combler ce fond par un socle en béton riche d'une quarantaine de mètres d'épaisseur. De même, on décida de ramener à la base même de la voûte active une masse de béton coulé destinée à la protéger efficacement contre toute action extérieure. Ainsi, la longueur du socle, dans le sens du lit (épaisseur du barrage), fut portée de 40 à 75 mètres. Au-dessus de celui-ci, le béton fut réparti par épaisseurs décroissantes jusqu'au sommet de la voûte active, ce qui donne à l'ensemble le profil d'un barrage-poids (1). En se reportant à la maquette du projet primitif du barrage du Sautet, exposé dans cette revue (n° 175, page 54), on verra comment il a été modifié en vue d'accroître la sécurité.

La hauteur totale du barrage est de 126 mètres, dont 30 mètres de socle, et sa largeur en crête de 80 mètres. Le volume des maçonneries est de 100.000 mètres cubes, dont 27.500 mètres cubes pour le socle, 35.000 mètres cubes pour la voûte active et 37.500 mètres cubes pour le massif additionnel.

Pour assurer l'étanchéité de l'ouvrage, on s'est appliqué à la fabrication d'un béton de grande compacité (85%). Le long de la

1) Voir *La Science et la Vie*, n° 175, page 51.

surface d'appui, sur les parois rocheuses, on a pratiqué, au fur et à mesure du bétonnage, des injections de serrage rapprochées, à la pression de 5 à 6 kilogrammes par centimètre carré.

Deux réseaux d'injections pratiquées dans les surfaces d'appui et en profondeur assurent l'étanchéité de la roche elle-même. Dans l'ensemble, 6.000 forages, qui ont absorbé 3.000 tonnes de ciment, ont été effectués.

Pendant tous ces travaux, le Drac est dérivé dans une galerie entièrement revêtue de 6 mètres de diamètre et de 380 mètres de longueur. C'est dans cette galerie, à 150 mètres de l'orifice amont, que sont situés les ouvrages de vidange de fond qui doivent permettre l'obturation de la galerie au moment où l'on voudra procéder à la « mise en eau » du barrage.

Après cette opération, l'écoulement du Drac vers l'aval se fera, jusqu'à concurrence de 90 mètres cubes par seconde, par les deux galeries d'alimentation de l'usine génératrice du Sautet, placée au pied même du barrage.

Pour ne pas troubler le fonctionnement des usines inférieures, en cas d'arrêt de celle du Sautet, un ouvrage spécial de vidange, capable de débiter 80 mètres cubes par seconde, a été prévu.

Signalons également des dispositifs de dragage destinés à amener, dans la tranche inférieure du réservoir, prévue pour cela, les apports solides du Drac.

Quant à la centrale électrique, c'est une sorte de vaisseau en béton armé, de 50 mètres de long sur 25 mètres de large, plongé dans le bief aval. Elle comprend six groupes à axe horizontal, de 13.250 kvA chacun. Ainsi, la chute du Sautet, dont l'achèvement est prévu pour le cours de cette année, pourra produire annuellement 175 millions de kilowatts-heure sous la puissance installée de 67.500 kilowatts.

Le barrage du Chambon

Il y a déjà plusieurs années qu'a été commencé l'aménagement hydroélectrique de la Romanche, affluent à régime torrentiel du Drac. Les chutes les plus importantes utilisées jusqu'ici sont celles de Livet, de Rioupéroux, des Roberts, de Gavet et de Saint-Guillaume : 90.000 ch, telle est la puissance installée actuellement.

Cependant, le régime de la Romanche est très variable. Il varie de 2 mètres cubes par seconde à l'étiage d'hiver (pas de fonte des neiges) à 50 mètres cubes par seconde

en été. Ainsi que nous l'avons signalé, seul un barrage convenablement conçu est susceptible de régulariser ce débit et de faciliter l'utilisation de l'énergie représentée par le cours de ce torrent. C'est dans ce but qu'a été prévu le barrage du Chambon, dont les travaux s'achèvent et qui créera une retenue de 50 millions de mètres cubes d'eau. Dans ces conditions, le débit d'étiage restera voisin de 6 mètres cubes par seconde. Cette régularisation se fera d'ailleurs sentir sur le Drac

méable, formé de gneiss, ce qui supprime les dangers d'infiltrations. Il est constitué par du béton de ciment auquel sont incorporés des blocs. Sa hauteur totale, y compris les fondations (42 mètres), atteint 130 mètres. C'est un des plus importants que l'on ait construit en France. Plusieurs villages (Chambon, Dauphin, Parizet) seront submergés par les eaux de l'immense réservoir ainsi créé.

En plan, le barrage affecte la forme d'une

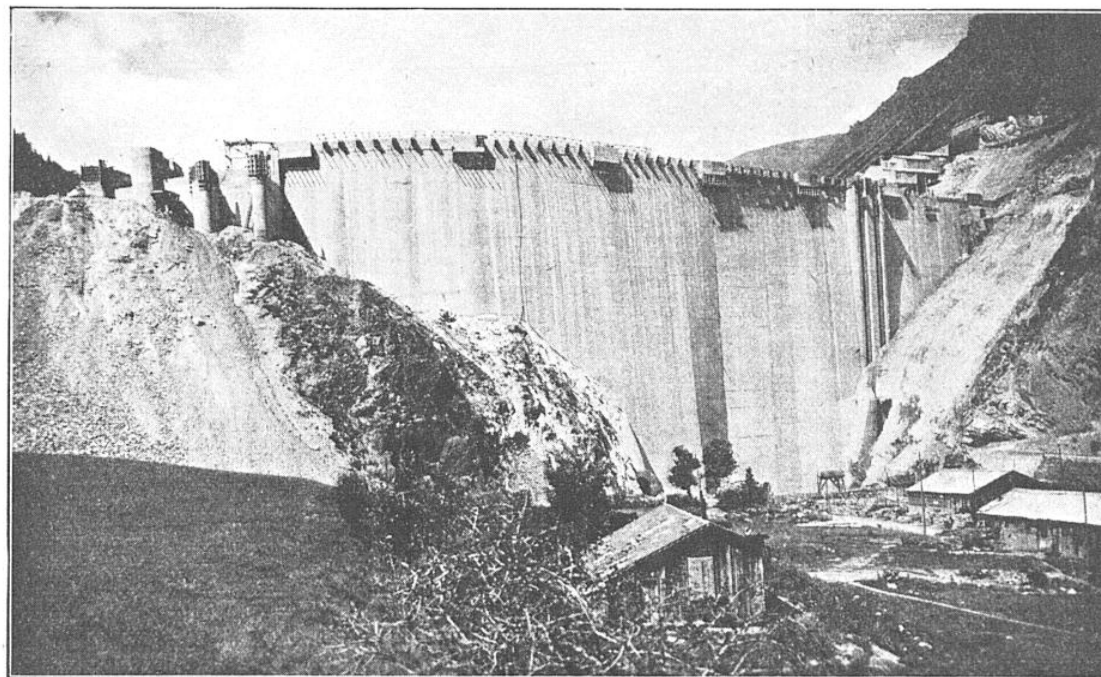


FIG. 4. — LE BARRAGE DU CHAMBON, SUR LA ROMANCHE, TERMINÉ

Cet ouvrage, destiné à régulariser le cours torrentiel de la Romanche, est constitué par une digue de 130 mètres de haut. La retenue ainsi créée atteindra 50 millions de mètres cubes.

jusqu'au confluent Drac-Isère. La chute totale de 800 mètres aura une énergie potentielle de 110 millions de kilowatts-heure, et le barrage fournira un supplément de 70 millions de kilowatts-heure par an. Il faut signaler également que ce barrage, en réduisant fortement les crues de la Romanche, retiendra les 100.000 mètres cubes d'alluvions divers charriés par le torrent. Il ne faudra d'ailleurs pas moins de cinq cents ans pour combler le lac formé. Enfin, l'usine alimentée par le barrage servira d'appoint au moment de l'étiage.

Etabli au voisinage de la route de Grenoble à Briançon, à 1.500 mètres environ à l'amont du village de Freney-d'Oisans, ce barrage est construit sur un terrain imper-

ligne à double courbure de 120 mètres et 90 mètres de rayon. A la crête, située à 2 mètres au-dessus du niveau normal de la retenue d'eau, sa longueur atteint 293 mètres, son épaisseur 5 mètres. La route nationale n° 91, qui sera submergée, a été déviée pour emprunter la crête même du barrage. Quant au profil du barrage, il est triangulaire, c'est-à-dire qu'il se classe dans la catégorie des barrages-poids. Ainsi, l'épaisseur à la base atteint 68 mètres ; 300.000 mètres cubes de maçonneries ont dû être mis en œuvre pour mener à bien cette construction.

Comme ouvrages annexes, il faut mentionner : une prise d'eau aboutissant à des vannes pour l'utilisation de l'eau ; des

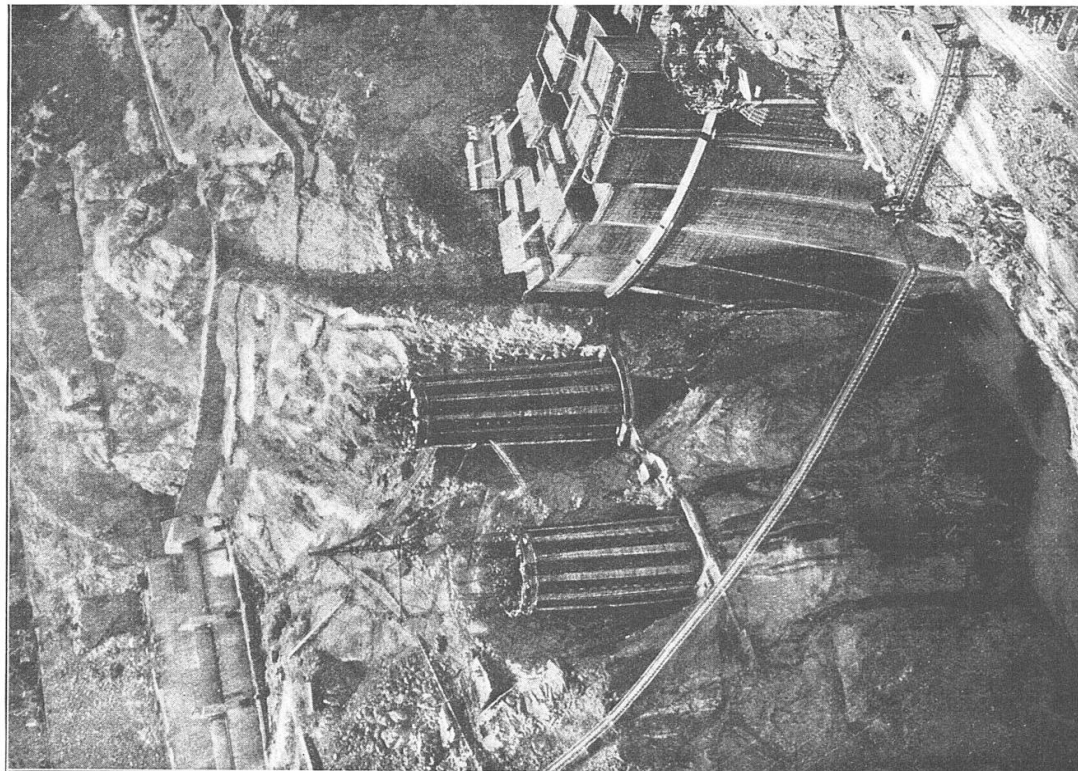
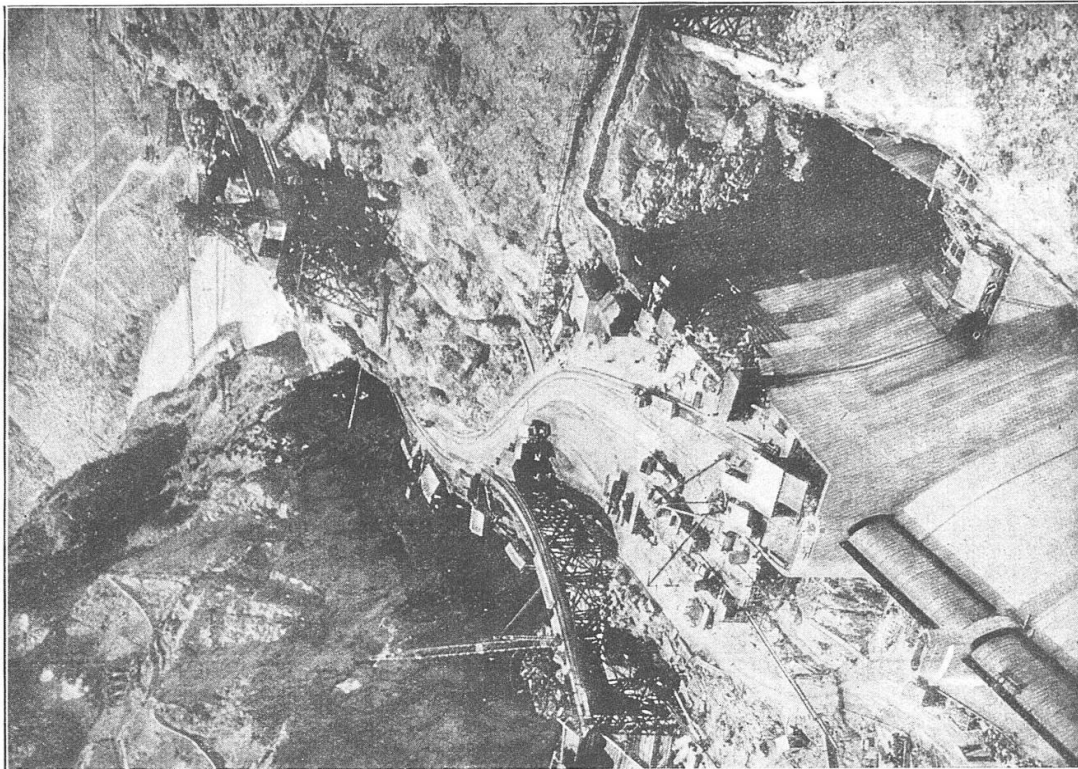


FIG. 5. — TRAVAUX EFFECTUÉS SUR LE COLORADO (ÉTATS-UNIS), POUR LA CONSTRUCTION D'UN BARRAGE. On voit ici le côté amont du barrage, dont la hauteur atteint 230 mètres, et qui créera un lac artificiel de 2 millions d'hectares. Les conduites forcées amenant l'eau aux turbines de la centrale de 2 millions de kilowatts, qui serviront à alimenter les conduites forcées amenant l'eau aux turbines de la centrale de 2 millions de kilowatts, à travers quatre tunnels de 15 mètres de diamètre. Le lac artificiel formé permettra d'irriguer



DU « BOULDER DAM », EN TRAVERS D'UNE DES CÉLÈBRES GORGES (CANYONS) DE CE FLEUVE. Le barrage a une longueur de 160 kilomètres de long (34 milliards de mètres cubes). À gauche, deux des quatre tours de prise d'eau de la centrale. Au fond, on aperçoit le Colorado qui, pendant les travaux, a été dévié de son cours naturel. Plusieurs milliers de kilomètres carrés et d'alimenter 5 millions d'individus en eau potable.

organes de vidange permettant d'évacuer 100 mètres cubes d'eau par seconde ; quatre systèmes d'évacuation des crues (770 mètres cubes par seconde), soit neuf fois le débit de la plus forte crue de la Romanche enregistré depuis 1928.

Cet imposant barrage, qui a nécessité 60.000 tonnes de ciment (amenées par un transporteur aérien de 10 kilomètres de long), est actuellement terminé. La mise en eau est prochaine. Contrairement aux barrages déjà mentionnés, celui-ci n'est pas destiné à alimenter une centrale électrique, mais uniquement à régulariser le cours de la Romanche. Ce faisant, il facilitera néanmoins l'aménagement hydroélectrique de cette région. N'oublions pas que l'Italie a installé 6 millions de ch sur 7 millions disponibles, la Suisse 2 millions et demi, l'Allemagne 2 millions et la France 3 millions sur 5 et demi disponibles. L'effort fourni dans la région alpestre doit donc être poursuivi.

En Suisse, le barrage de la Dixence permettra d'utiliser la plus haute chute du monde

Le val des Dix, sur la rive gauche du Rhône, aride et haute vallée du Valais située à plus de 2.000 mètres d'altitude, était, naguère, un véritable désert de rochers. Soudain, un village fut établi à 2.200 mètres, pour abriter les ingénieurs et ouvriers à qui on avait confié la tâche d'édifier un barrage sur la rivière Dixence.

Placé à l'extrémité aval de la plaine de la Barmaz, où le niveau du lit de la rivière est à la cote 2.165 mètres, ce barrage créera une retenue de 50 à 55 millions de mètres cubes, en élevant le niveau à la cote 2.240 m 50, c'est-à-dire en créant une tranche utilisable de 60 m 50 d'épaisseur. Ces eaux travailleront dans les turbines de l'usine située à Chandoline, sous une chute brute de 1.750 mètres. Sous cette formidable chute, l'eau atteindra les turbines à la vitesse de 185 mètres à la seconde. De là, elle rejoindra le Rhône par un canal de fuite, à 260 mètres en aval du pont de la route Sion-Vex.

Le barrage, légèrement incurvé en plan, est du type des barrages-poids, allégé cependant par des évidements. Sa longueur à la crête est de 450 mètres, sa plus grande hauteur atteint 85 mètres. Son épaisseur à la base mesure 70 m 30. Le volume total de la maçonnerie est de 400.000 mètres cubes. Depuis le mois d'août dernier, on a pu « mettre en eau » le lac-réservoir ainsi créé. L'usine électrique a été récemment mise en service. La prise d'eau du barrage, située

à 150 mètres en amont de celui-ci, communique avec une chambre souterraine comportant une vanne-papillon de 2 mètres de diamètre.

Le canal d'amenée, de 12 kilomètres de long, — dont les 400 derniers mètres sont constitués par une conduite métallique de 2 mètres de diamètre intérieur, — conduit l'eau, à la pression de 89 centimètres d'eau, aux chambres et cheminée d'équilibre. De là, deux conduites forcées parallèles de 5.476 mètres de long chacune, dont le diamètre varie de 1 m 42 à 0 m 985 à la base, aboutissent aux turbines. Il faut signaler que, pour résister aux formidables pressions auxquelles elles sont soumises vers leur base, ces conduites sont constituées, sur 3.886 mètres, par des tuyaux frettés. Tous les joints sont assurés par soudure électrique.

La centrale sera équipée de cinq groupes principaux de 30.000 kilowatts, entraînés par turbines Pelton (1) à un seul jet. Actuellement, trois groupes sont en service.

Cet aménagement hydroélectrique remarquable est un des plus beaux qui aient été réalisés et fait honneur à la Suisse, qui a su le mener à bien avec des ressources nationales.

En Amérique s'achève le plus grand barrage du monde

Nous devons cependant traverser l'Atlantique pour trouver l'ouvrage le plus gigantesque réalisé dans le domaine hydroélectrique. C'est sur le fleuve Colorado, de 2.200 kilomètres de long, prenant sa source dans les Montagnes Rocheuses, que s'achève, en effet, le *Boulder Dam*, dont la hauteur totale n'est pas inférieure à 230 mètres. On a utilisé pour cela les merveilleuses gorges (canyons) que le fleuve a creusés dans la traversée du plateau du Colorado et qui formaient un terrain éminemment favorable à la réussite d'une telle entreprise. Les études, commencées en 1918, ont abouti à la création de ce monumental barrage, qui créera un lac artificiel de 160 kilomètres de longueur sur 192 mètres de profondeur et d'une capacité de 34 milliards de mètres cubes, représentant le débit moyen du fleuve pendant dix-huit mois. Il ne faudra donc pas moins d'un an et demi pour le remplir. Sur ces 34 milliards, 11 milliards et demi de mètres cubes sont prévus pour assurer la régularisation du cours du fleuve, le reste devant servir pour l'irrigation, l'alimentation en eau des villes de Californie et la production d'énergie électrique.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 58, page 225.

Le *Boulder Dam* mesurera 360 mètres de long sur, nous l'avons dit, 230 mètres de haut. Son épaisseur à la base sera de 214 mètres, et au sommet, de 15 mètres. Nous avons dit déjà (1) quelle méthode on avait mise en œuvre pour le construire et comment avait été organisé le travail, notamment grâce à un téléphérique de 150 tonnes, le plus puissant du monde.

La centrale électrique qu'il alimentera, située à son pied, comprendra quinze génératrices de 55.000 kilowatts. Après achèvement des travaux, la puissance installée sera voisine de 2 millions de ch !

Mais les bienfaits de ce barrage seront aussi d'un autre ordre. L'Etat américain de Californie ne reçoit que très peu d'eau de pluies, au maximum 120 millimètres par an, qui tombent surtout en janvier et février. Seule, l'irrigation artificielle, grâce au Colorado, peut assurer la fertilité de cette région. Depuis cinquante ans, la région la plus stérile du bassin du Colorado a été transformée en jardins fruitiers et maraîchers ; 10.000 kilomètres carrés ont été fertilisés, mais il en reste encore 2.000 où il faut amener l'eau artificiellement.

En outre, la région sud de la Californie a vu sa population s'accroître d'un million d'habitants attirés par le climat de ce pays. Le problème de l'alimentation en eau potable s'est donc posé d'une façon aiguë, à tel point que la ville de Los Angeles transforme ses eaux usées en eau potable. Pour trouver de nouvelles ressources, il fallait faire appel au fleuve Colorado. L'énergie électrique produite par l'usine du *Boulder Dam* permettra, en effet, d'installer les usines élévatoires rendues nécessaires par le profil du terrain. Un aqueduc de 385 kilomètres de long est alimenté par une retenue d'eau (réservoir Parker) située à 250 kilomètres en aval du *Boulder Dam*. Le nouveau barrage établi à cet effet mesure 100 mètres de haut ; sa longueur de crête est de 225 mètres. La retenue créée est de 885 millions de mètres cubes. Son devis est de 13,5 millions de dollars, non compris la station électrique de 80.000 kilowatts qui lui est adjointe. Près de 4 millions de mètres cubes d'eau sont envoyés chaque jour dans l'aqueduc, dont le débit atteint 45 mètres cubes par seconde. Cinq stations de pom-

page assurent l'acheminement de l'eau dans l'aqueduc, qui est tantôt à ciel ouvert (120 kilomètres), tantôt souterrain (29 galeries de 146 kilomètres de long au total).

Du dernier réservoir part le réseau d'alimentation en eau potable de Los Angeles, Long Beach et onze autres villes. Deux millions et demi d'habitants seront ainsi assurés de disposer de l'eau nécessaire. On prévoit que ce chiffre atteindra 7 millions et demi en 1980. La mise en eau est prévue pour 1939 : 65 millions de dollars, tel est le coût de cette entreprise.

La portée des grands travaux américains : le « Norris Dam »

Dans un récent message au Congrès américain, le président Roosevelt a exposé la nature, l'objet et le coût des grands travaux qu'il avait mentionnés dans un discours. Il considère ces travaux non comme un élément de richesse isolé, grâce à la mise en œuvre des ressources naturelles du pays, mais comme dépendant étroitement des autres facteurs économiques (industrie, travail, agriculture, finances, etc.). C'est pourquoi il a obtenu un crédit de 4 milliards de dollars pour une première période de dix-huit mois. Ils serviront au reboisement, à l'exploitation méthodique des richesses forestières, à la création et au développement des routes et voies de transport par eau, à l'irrigation, à l'électrification rurale, etc.

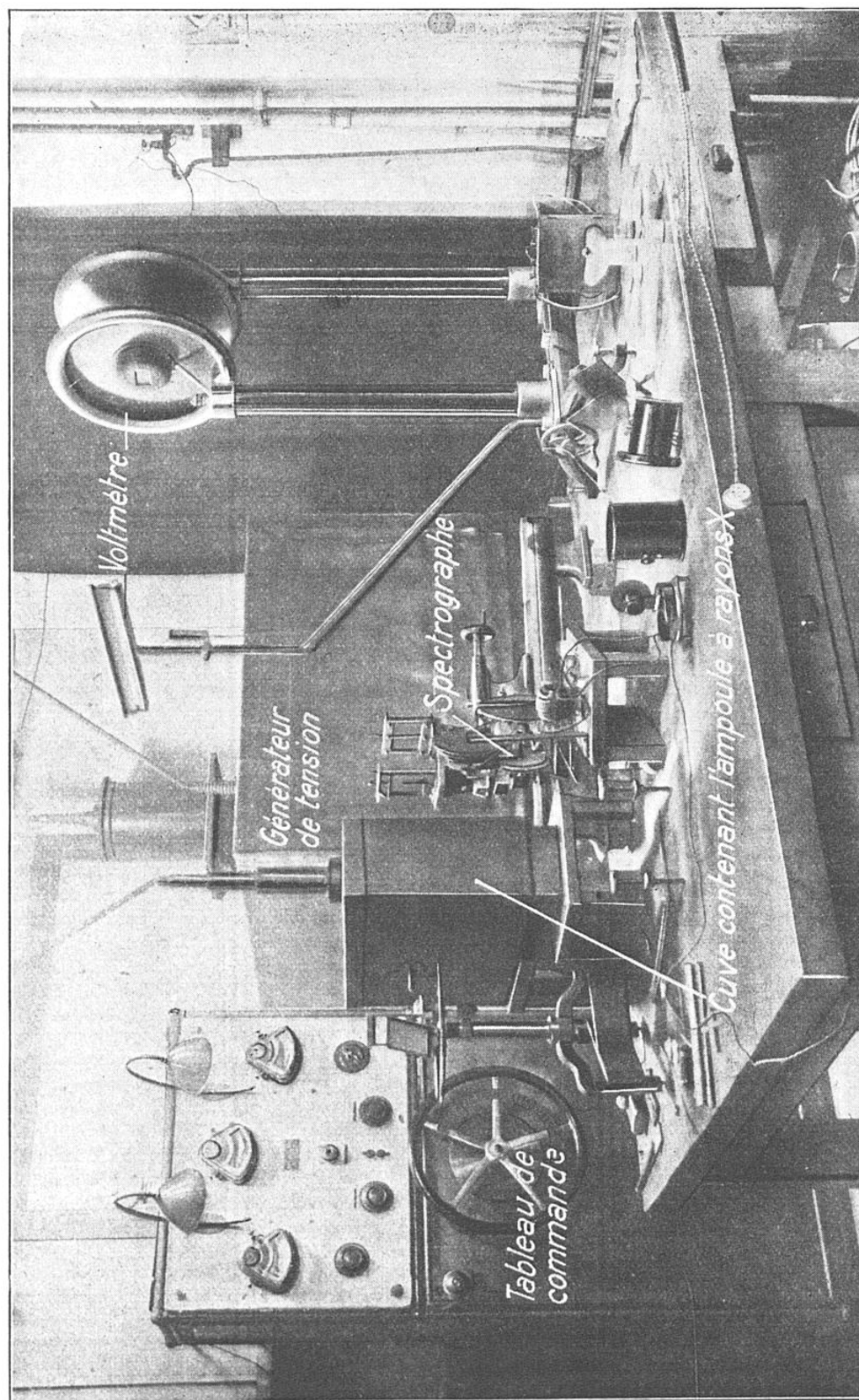
Dans cet ordre d'idées, une première série de travaux sont entrepris dans la vallée du Tennessee. Un nouveau barrage, le *Norris Dam*, sur la Clinch River, permettra de distribuer la force motrice dans la région qui se prête parfaitement à l'expérience du président Roosevelt. Elle est, en effet, surpeuplée, peu développée industriellement, ne comporte que des terrains impropres à la culture et à l'élevage.

Les Etats-Unis ont donc compris qu'il ne suffit pas de construire des ouvrages imposants et coûteux, uniquement dans le but d'occuper de la main-d'œuvre et d'émerveiller le monde. Tous les travaux entrepris doivent faire partie d'un plan d'ensemble longuement étudié, et conçu pour donner au pays l'outillage national le mieux adapté à ses besoins en vue d'accroître sa prospérité.

JEAN MARCHAND.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 191, page 61.

N. D. L. R. — Signalons également le barrage Waitaki, en Nouvelle-Zélande, base d'un nouvel aménagement hydroélectrique. C'est un barrage-poids de 500 mètres de long environ, dont la hauteur au-dessus du niveau de l'eau est de 36 mètres. Son épaisseur est de 16 mètres à la crête et de 44 mètres à la base. Son coût est évalué à 2.297.000 livres, soit 160 millions de francs.



VOICI UNE INSTALLATION POUR L'ÉTUDE DES SPECTRES DE RAYONS X, AU LABORATOIRE MAURICE DE BROGLIE

La spectrographie (étude des spectres optiques et des spectres de rayons X) est à la base de toutes les études sur la constitution interne des atomes. C'est en interprétant les résultats qu'elle nous fournit que l'on est arrivé peu à peu, après de multiples tâtonnements, aux représentations données sur les figures ci-après. Les atomes sont aujourd'hui considérés comme formés par des noyaux entourés de « nuages électroniques ».

COMMENT LES PHYSICIENS ENVISAGENT AUJOURD'HUI LA CONSTITUTION DE L'ATOME

Par **Léon BRILLOUIN**

PROFESSEUR AU COLLÈGE DE FRANCE

Depuis vingt ans, les physiciens les plus réputés du monde s'efforcent de résoudre le délicat problème de la structure interne de l'atome. Mais les données expérimentales, fournies en particulier par les spectres optiques et les spectres de rayons X, sont extrêmement difficiles à interpréter et constituent un véritable langage chiffré que les savants s'efforcent de traduire. En outre, pour pouvoir coordonner les résultats ainsi obtenus, il leur a fallu rebâtir complètement la mécanique sur de nouvelles bases. A l'heure actuelle, on est arrivé, après de nombreux tâtonnements, à la conception de l'atome formé d'un noyau entouré de « nuages » électroniques. C'est cette évolution dans les théories de la physique que présente ici notre éminent collaborateur, dont les travaux sur la matière sont universellement estimés.

Les éléments chimiques et leurs parentés

La chimie nous apprend à distinguer les corps simples et les produits composés. Un corps simple ne contient qu'une seule sorte d'atomes : hydrogène, oxygène, fer... C'est un produit ultime, indécomposable ; mais plusieurs corps simples peuvent s'unir pour former un composé ; celui-ci est constitué par des molécules, dont chacune représente un assemblage d'atomes. En étudiant les réactions de formation ou de décomposition, le chimiste arrive à deviner la structure de ces molécules, à savoir comment les divers atomes constituants sont attachés les uns aux autres. Les formules de constitution sont de véritables portraits des molécules, et nous permettent d'imaginer l'aspect qu'aurait une molécule isolée, si nous pouvions la voir au travers de quelque formidable microscope.

Mais les atomes eux-mêmes, qui jouent le rôle des briques, pierres ou moellons dans ces édifices moléculaires, pouvons-nous les imaginer, et nous en faire une image ? Question bien hardie, à laquelle les physiciens cherchent une réponse. Nous essayerons d'expliquer par quelle voie détournée ils ont tenté cette étude, et quels résultats ont pu être obtenus.

Tout d'abord, les atomes ne sont pas des êtres isolés, chacun différant totalement de son voisin ; ils se laissent grouper par familles ; des parentés se devinent : le chlore, le brome et l'iode sont des cousins germains, et le fluor s'apparente étroitement à eux ;

les métaux alcalins (lithium, sodium, potassium, etc.) ou les alcalino-terreux (magnésium, calcium, strontium), se ressemblent comme des frères ; quant aux terres rares, elles forment une belle famille de jumeaux, et les chercheurs ont eu bien du mal à les identifier ! Toutes ces parentés sont admirablement illustrées par le tableau de Mendeleïeff (1), qui range les atomes, dans l'ordre des poids atomiques, sur une série de lignes et colonnes ; les éléments situés dans une même colonne forment une famille chimique.

Qu'un tel classement soit possible, cela nous incite à croire que les atomes sont eux-mêmes de petits mondes, constitués à partir d'un nombre restreint d'éléments fondamentaux ; et notre curiosité nous poussera à rechercher la structure des atomes.

L'électron, atome d'électricité négative, et les noyaux positifs des atomes

C'est vers la fin du siècle dernier que fut découvert l'atome d'électricité, l'électron ; ce petit corps, dont la masse est 1.800 fois plus faible que celle de l'atome d'hydrogène, possède une charge électrique négative ; et les physiciens s'amusèrent à jouer avec ces légères particules, si merveilleusement mobiles sous l'influence de forces électriques ou magnétiques. Leur enthousiasme gagna les techniciens ; ceux-ci bâtirent les lampes à trois électrodes, puis à quatre, cinq ou six ; toutes ces grilles chargées différemment filtrent et règlent le flot d'électrons émis par un filament chaud, et réalisent les

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 140, page 101.

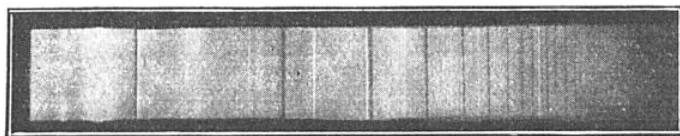


FIG. 1. - SPECTRE DU LITHIUM DANS LE DOMAINE VISIBLE

étonnants systèmes de transmetteurs, de récepteurs et d'amplificateurs qui ont permis les miracles de la radiophonie et de la télévision.

D'une découverte scientifique, toute une industrie formidable est née.

Ces électrons, nous le savons, peuvent s'extraire de tous les corps chimiques ; ils sont donc un des constituants essentiels des atomes. L'autre constituant doit être évidemment chargé positivement, puisque chaque atome est un système électriquement neutre. On hésita longtemps sur la structure à imaginer pour ce reste positif. Ce furent les belles expériences de Rutherford qui montrèrent la nécessité de supposer cette charge positive concentrée, au centre de l'atome, en un *noyau positif* ; chaque atome est donc composé d'un centre très lourd, qui porte presque toute la masse de l'atome, et possède une charge positive représentée par un nombre entier Z ; c'est dire que le noyau a une charge égale à Z fois celle d'un électron (mais positive au lieu de négative) ; pour former un atome neutre, on complètera l'atome par Z électrons, formant une sorte d'atmosphère, une série de couches entourant le noyau ; le nombre Z caractérise un atome donné, et l'on a trouvé qu'il était justement égal au numéro d'ordre attribué à cet atome dans la table de Mendeleïff.

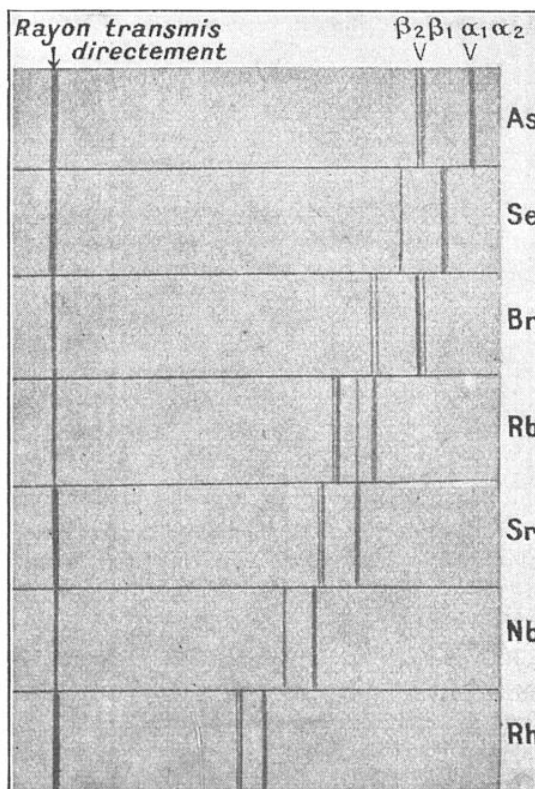
Comment sont eux-mêmes construits ces noyaux, c'est ce que l'on essaye maintenant de deviner (1). Il est sûr que ce sont eux-mêmes des édifices complexes, car on peut les transformer les uns dans les autres ; c'est ce qui s'observe naturellement chez les corps radioactifs, et ce que le physicien a pu faire artificiellement, sur un grand nombre d'atomes réputés stables, en les soumettant à un formidable bombardement de rayons « alpha » émis par des corps radioactifs.

Ces noyaux, il faut avouer que nous connaissons encore assez mal leur constitution ; mais ce qui nous est devenu déjà plus familier, c'est la structure des couches extérieures d'électrons, de cette sorte d'atmosphère négative qui entoure le noyau central.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 200, page 105 ; n° 208, page 281.

Comment connaître la structure de l'atome ?

Chaque atome possède un spectre lumineux qui le caractérise ; le sodium, pur ou à l'état de composé, colore en jaune la flamme d'un bec de gaz ; cette même couleur se retrouve dans les nouvelles lampes électriques au sodium ; les tubes lumineux nous ont rendu familières la couleur bleue des lampes à mercure et la luminescence rouge des tubes au néon, etc. ; analysons ces radiations au spectromètre, nous constatons qu'elles se composent d'une série de lumières simples, superposées ; chaque rayonnement simple donne une *raie* nette dans le spectre du spectromètre, et possède une fréquence très exactement déterminée. Ce sont toutes ces raies du spectre qui doivent nous renseigner sur la structure de l'atome, puisqu'elles correspondent à toutes les vibrations possibles de l'édifice électronique qui entoure le noyau. A toutes les raies du spectre visible, ajoutez celles de l'infrarouge, puis tout l'ultraviolet et les

FIG. 2. — SPECTRES K (1^{er} ÉLECTRON LIBRE) DES RAYONS X POUR DIVERS ÉLÉMENTS

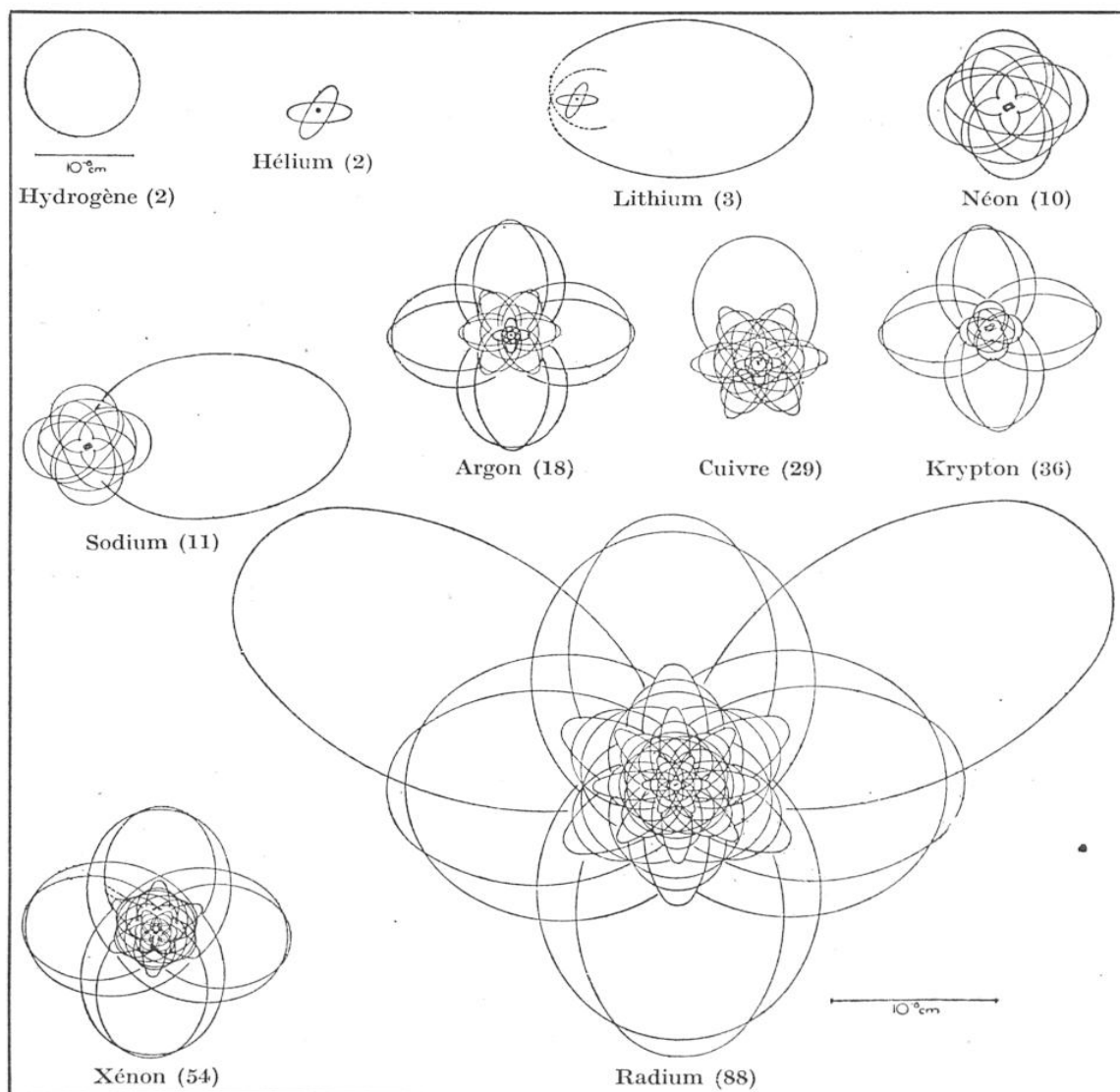


FIG. 3. — SCHÉMAS DE DIVERS ATOMES, REPRÉSENTÉS D'APRÈS LA THÉORIE DE BOHR
 On y voit tracées les deux orbites des deux électrons de l'hélium, les trois orbites du lithium ; les gaz rares (néon, argon, krypton, xénon) ont une structure assez compacte ; les métaux monovalents (lithium, sodium, cuivre) ont un électron sur une orbite toute extérieure : cet électron joue un rôle essentiel dans la valence chimique. L'atome de radium offre un dessin fort embrouillé avec ses quatre-vingt-huit trajectoires différentes. L'échelle des dessins est indiquée en dix-millionièmes de millimètre (10^{-8} cm).

rayons X, et vous conviendrez que nous sommes richement dotés ; mais toutes ces données constituent un véritable langage chiffré, et il a fallu des efforts inimaginables pour classer, coordonner, et interpréter cette masse de faits. Pendant longtemps, les spectroscopistes ont accumulé des travaux qui se résumaient en une longue série de nombres : toutes les fréquences des raies caractéristiques d'un atome ; ces centaines,

parfois ces milliers de raies, nous arrivons maintenant à connaître leur origine, à les rattacher à la structure intime de l'atome, mais ce merveilleux résultat nous a coûté une peine infinie !

Les difficultés d'interprétation des spectres

Il serait trop long d'entrer dans le détail de ces études, mais je voudrais dire quelques

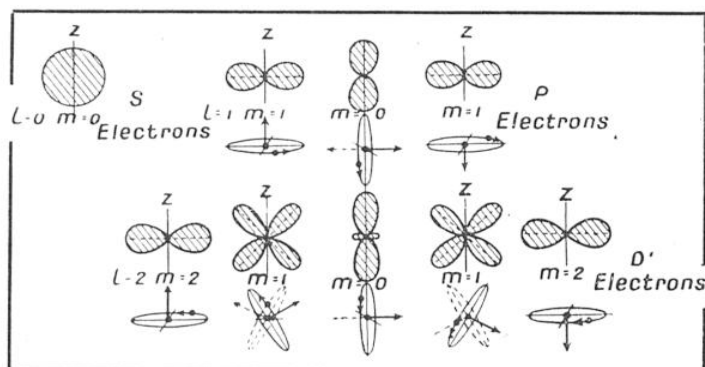


FIG. 4. — L'ATOME D'HYDROGÈNE, D'APRÈS SCHRÖDINGER

Ces diagrammes représentent la répartition du nuage électronique suivant la direction; cette répartition angulaire dépend seulement de deux nombres entiers l et m . Au-dessous du diagramme angulaire, on a dessiné l'orientation de l'orbite de Bohr correspondante; le parallélisme saute aux yeux. Les indications s, p, d, correspondent à un vieil usage des spectroscopistes, et signifient qu'il s'agit de structures où l est égal à 0, 1, etc.

mots de la nature des obstacles qu'il a fallu surmonter. Une première constatation s'imposa : l'absence d'harmoniques. Lorsque nous jouons d'un instrument de musique, et donnons une certaine note, cette note n'est jamais pure; elle a un certain timbre, dû à la superposition des harmoniques au son fondamental; si le fondamental a la fréquence 1.000, les harmoniques correspondent à 2.000, 3.000, 4.000 (octave, quinte, deuxième octave, etc.); c'est là un fait général en acoustique, en mécanique et en électricité; pour qu'une station de T. S. F. n'émette qu'une fréquence unique, sans harmoniques, il a fallu que les ingénieurs l'étudient avec grand soin et établissent des filtres qui suppriment ces harmoniques gênants. Dans les spectres optiques, on ne trouve jamais d'harmoniques et cela seul suffit à nous prouver que toute structure, tout modèle d'atome basé sur la mécanique classique est à rejeter à priori.

Lorsqu'on a commencé à déchiffrer les spectres, ce fut au moyen de formules tout à fait imprévues; chaque raie du spectre a une fréquence donnée par la différence de deux termes spectraux; avec un petit nombre de termes de ce genre, dont il prend toutes les différences deux à deux, le spectroscopiste arrive à retrouver toutes les fréquences

des spectres les plus complexes. Ce simple fait apparut, au premier abord, comme un véritable paradoxe : dans toute la mécanique et l'électricité, les fréquences de vibration sont toujours données par des racines carrées : la fréquence d'oscillation d'un pendule est proportionnelle à la racine carrée inverse de sa longueur; la fréquence d'un circuit oscillant varie comme la racine carrée de l'inverse de la capacité; la règle est générale; voilà donc une nouvelle preuve de l'impossibilité d'interpréter les spectres avec les lois de la mécanique classique.

Il fallait donc, de toute nécessité, remanier profondément les bases de la mécanique, et reconstruire entièrement ce merveilleux édifice logique, pour l'adapter à ces faits nouveaux.

Cette œuvre gigantesque s'est faite en deux étapes : la mécanique quantifiée de Niels Bohr constituait une première approximation, qui se révéla bientôt insuffisante. La nouvelle mécanique ondulatoire (1), créée par L. de Broglie, Schrödinger, Heisenberg et Dirac (tous prix Nobel maintenant), nous a dotés d'un système cohérent, parfaitement logique, mais fort difficile à traduire en langage courant, car toute notre éducation, notre mode de pensée ont été formés d'après les vieilles conceptions de Newton. Il nous faudra une longue et pénible

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 191, page 369.

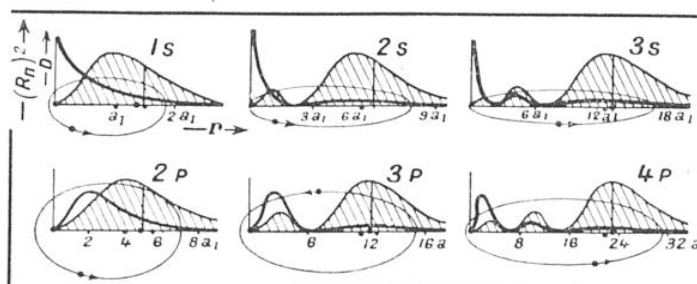


FIG. 5. — L'ATOME D'HYDROGÈNE, D'APRÈS SCHRÖDINGER : VARIATION DE DENSITÉ DU NUAGE, EN FONCTION DE LA DISTANCE, POUR DIFFÉRENTS NIVEAUX DE L'HYDROGÈNE

On a pris pour unité de distance le rayon a , que l'ancienne théorie de Bohr attribuait à la plus petite orbite; à côté sont dessinées les orbites anciennes; les notations ont le sens suivant :

	1 s	2 s	3 s	2 p	3 p	4 p
$n =$	1	2	3	2	3	4
$l =$	0	0	0	1	1	1

adaptation, pour nous familiariser avec les nouvelles doctrines. J'essayerai, au moyen d'illustrations, d'expliquer certains des résultats sur la structure des atomes, et de donner quelques « portraits » de ces constituants ultimes de la matière.

La relation entre énergie et fréquence

C'est dans l'étude de l'effet photoélectrique qu'apparut tout à fait nettement un des caractères essentiels des nouvelles théories ; les lecteurs de *La Science et la Vie* connaissent bien le merveilleux outil, la cellule photoélectrique (1), dont les applications sont

reusement, l'énergie fournie par la radiation, dans chaque processus individuel, est proportionnelle à sa fréquence, tandis que le nombre de ces processus (nombre d'électrons extraits) est proportionnel à l'intensité du rayonnement incident.

Cette relation est, elle aussi, tout à fait déconcertante ; transposons-la dans un autre domaine, pour en mieux comprendre l'aspect paradoxal ; pensons aux vagues et aux rides sur la mer : de grosses vagues, de grande longueur d'onde et faible fréquence, seraient incapables d'arracher les pierres d'une digue ; au contraire de petites rides,

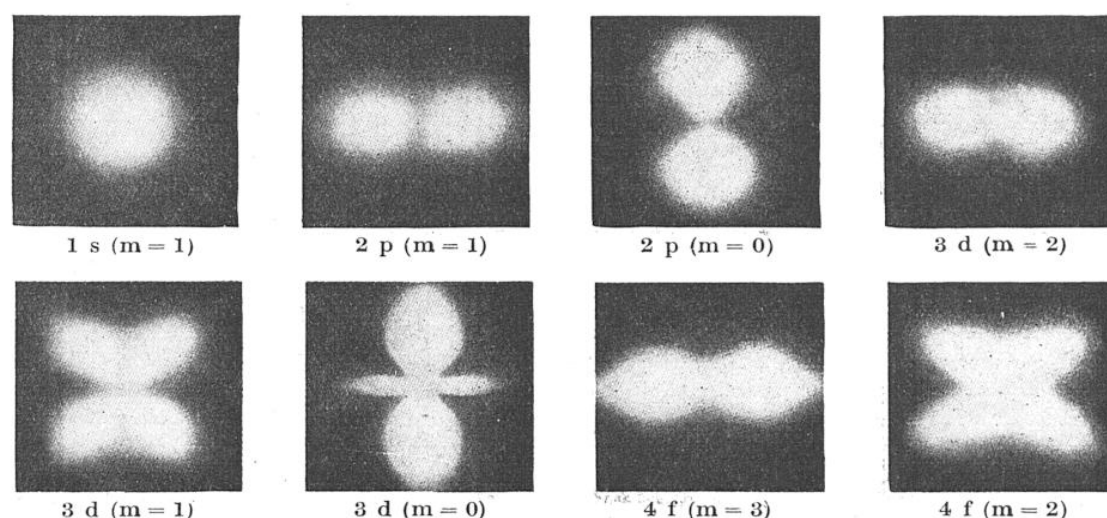


FIG. 6. — NUAGES ÉLECTRONIQUES CORRESPONDANT AUX DIVERS ÉTATS DE L'HYDROGÈNE. Les notations sont les mêmes que sur la figure 5. On a obtenu ces photographies en faisant tourner une aiguille en diverses positions devant un appareil photographique constamment ouvert.

innombrables : cinéma parlant, télévision. Dans une de ces cellules, la lumière, tombant sur une surface de métal, en extrait des électrons ; plus la lumière est intense et plus le flux d'électrons s'accroît ; la cellule transforme donc une intensité lumineuse en un courant électrique, et c'est ce qui en fait l'étonnante importance pratique.

Mais, voyons maintenant l'influence de la couleur, c'est-à-dire de la fréquence de la lumière ; un rayonnement infrarouge ou rouge (faible fréquence) sera sans action ; une lumière visible (fréquence moyenne) extrait des électrons de faible énergie ; des radiations violettes ou ultraviolettes (haute fréquence) nous fournissent des électrons de grandes énergies, et les rayons X ou γ (très hautes fréquences) donnent des électrons extrêmement rapides. Plus rigou-

(1) Voir page 265 de ce numéro.

de faible longueur d'onde, pourraient arracher ces pierres et les projeter avec grande énergie ; si les rides étaient peu intenses, elles arracheraient peu de pierres — mais toujours avec la même puissance ; si les rides étaient intenses, elles arracheraient un grand nombre de pierres. Traduisez « vagues » ou « rides » par « lumière » et remplacez « pierres » par « électrons », et vous saurez comment se manifeste l'effet photoélectrique.

Dans les phénomènes produits par les radiations, il y a proportionnalité entre la fréquence et l'énergie mise en jeu dans un processus élémentaire. Le coefficient de proportionnalité, c'est le fameux *quantum* h de Planck, constante universelle, qu'on retrouve avec la même valeur dans tous les phénomènes les plus divers. Tout se passe comme si la lumière transportait l'énergie par grains, de grandeur $h\nu$, où h est le

quantum de Planck et ν la fréquence ; aussi parle-t-on souvent d'un retour à une conception corpusculaire de la lumière ; on a même donné un nom à ces particules bien hypothétiques ; on les appelle des « photons ».

La première règle de Bohr et les niveaux d'énergie

Dans tout échange d'énergie entre matière et lumière, on retrouve ces photons $h\nu$; mais, revenons à notre loi générale des spectres : la fréquence d'une raie lumineuse est donnée par la différence de deux termes spectraux. Bohr nous explique ce résultat :

correspondent. Bohr avait inventé, dans ce but, une règle qui venait s'ajouter à la mécanique classique et faisait jouer un rôle essentiel à la constante h de Planck ; aussi a-t-on appelé cette théorie la *mécanique quantifiée* ; c'était un compromis qui, après avoir rendu de grands services, a dû être abandonné ensuite pour une forme plus précise, plus cohérente, qui est la mécanique ondulatoire.

A quoi ressemblait un atome, dans la théorie de Bohr ?

Dans l'idée de Bohr, chaque électron de l'atome devait décrire une de ces orbites

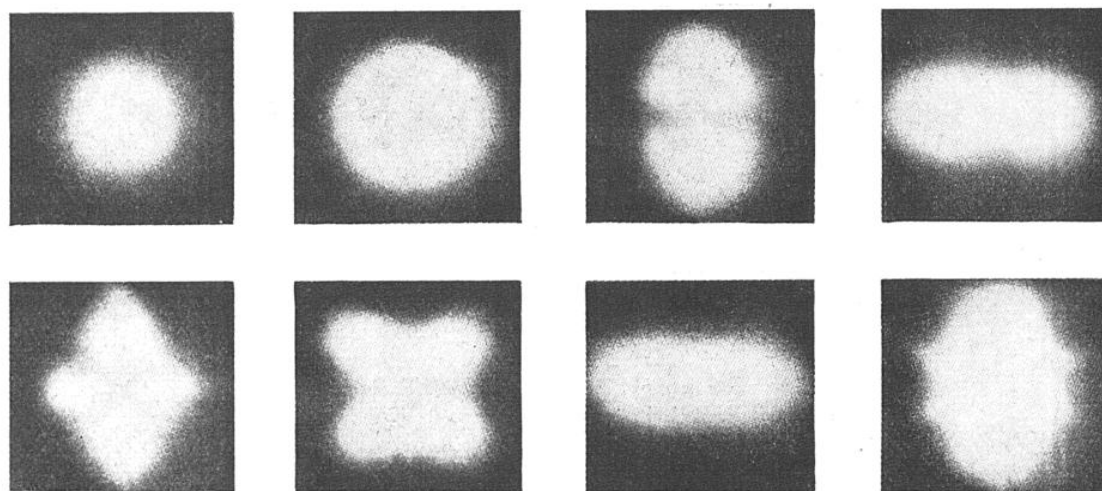


FIG. 7. — NUAGES ÉLECTRONIQUES DE L'ATOME D'HYDROGÈNE, D'APRÈS DIRAC

Les notations représentant les divers états sont ici plus complexes que dans la théorie de Schrödinger.

l'émission de lumière, nous dit-il, est la conséquence d'une brusque transformation de l'atome, qui saute d'un certain état à un autre ; la différence des deux énergies apparaît sous forme de lumière, et la fréquence ν de celle-ci est donnée par la règle générale de Planck ; chaque *terme* spectral, déduit des mesures spectroscopiques, nous donne la mesure d'un *niveau d'énergie* de l'atome, dans une de ses multiples configurations possibles.

Tout se résume en une relation fort élémentaire : l'atome peut prendre toute une série de configurations différentes, correspondant à des énergies $E_1, E_2, E_3, \dots$; quand l'atome saute de l'état E_2 à l'état E_1 , il émet une radiation de fréquence ν ; et cette fréquence est fixée par la condition que le produit $h\nu$ soit justement égal à la différence $E_2 - E_1$ des énergies de l'atome.

Reste à trouver la série des configurations possibles de l'atome, et des énergies qui leur

quantifiées. Prenons le cas de l'hydrogène qui possède un seul électron ; cet électron devait se trouver sur une trajectoire caractérisée par deux nombres entiers n et k ; le premier déterminait le diamètre de l'orbite elliptique et le second fixait l'aplatissement de l'ellipse : k égal à n donnait une orbite circulaire (exemple : orbites 1_1 ou $2_2, 3_3, 4_4$), tandis que $k = 1$ déterminait une ellipse allongée (2_1 ou $3_1, 4_1$). En sautant d'une orbite à une autre, l'électron perdait de l'énergie et émettait une raie lumineuse. A l'état normal, non excité, l'électron de l'hydrogène se trouve sur l'orbite la plus petite, 1_1 .

Pour les atomes plus compliqués, il fallait attribuer une orbite à chaque électron, ce qui fut fait assez empiriquement en tenant compte de tous les renseignements tirés de l'optique et des spectres de rayons X ; les divers électrons se trouvaient répartis en une série de couches successives : deux électrons

sur la couche K , la plus intérieure, formée de deux orbites 1_1 ; puis huit électrons sur la couche L , composée d'orbites 2_2 et 2_1 ; ensuite, dix-huit électrons composaient la couche M (orbites $3_3, 3_2, 3_1$), etc. Un résultat très satisfaisant était que les divers atomes d'une même famille chimique se trouvaient dotés d'une structure analogue : les gaz rares, à structure très serrée, puis les métaux monovalents, avec chacun un électron extérieur, les métaux bivalents (alcalino-terreux) avec deux électrons extérieurs, etc. Tous ces schémas donnaient satisfaction sous de nombreux rapports; mais on sentait que ces dessins étaient encore fort arbitraires. L'enchevêtrement des trajectoires, dans les atomes lourds, devenait vite inextricable; après quelques beaux succès initiaux, la théorie rencontra des difficultés insurmontables, et, lorsqu'on voulut serrer de trop près les résultats, on trouva des discordances irréductibles.

Un pas important avait été fait, mais il restait une seconde étape à franchir.

La mécanique ondulatoire, ou mécanique quantique

La nouvelle mécanique se caractérise par une refonte complète des postulats et des méthodes; au lieu de superposer à la mécanique classique des conditions supplémentaires, on a complètement incorporé la notion du quantum dans les définitions essentielles, — mais ce qu'on gagne ainsi en homogénéité, on le perd du côté descriptif. La notion de trajectoire disparaît dans la nouvelle mécanique; on admet qu'il est impossible de suivre dans le détail le mouvement d'un électron; une analyse minutieuse, faite par Bohr et Heisenberg, des conditions physiques d'observation d'un

électron justifie ce point de vue. Aucune méthode physique connue ne peut nous permettre d'observer l'orbite d'un électron; pas un microscope existant, ni même imaginable, n'aura le pouvoir séparateur nécessaire; et, puisque ces trajectoires sont absolument inobservables, mieux vaut n'en plus parler et supprimer de la théorie ces images invérifiables.

Que nous reste-t-il alors? Nous obtenons des renseignements sur la moyenne des positions que peut occuper l'électron; nous pouvons dessiner des sortes de nuages, plus ou moins épais, et dire : l'électron se trouve quelque part dans ce nuage, plus souvent là où le nuage est dense, et plus rarement là où il se résout en brouillard léger. Les portraits de l'atome ont du flou, comme des photographies mal mises au point; mais, telles quelles, ces images sont précieuses, car elles nous renseignent déjà fort utilement sur les formes et les dimensions des atomes; ce sont ces schémas que je veux commenter maintenant.

A quoi ressemble un atome ?

Lorsqu'on établit ces croquis, on constate une grande ressemblance entre les

nuages de la mécanique nouvelle et les anciennes orbites de Bohr; une orbite était caractérisée par deux nombres entiers, n et k fixant sa forme (fig. 3); un troisième nombre entier m déterminait l'orientation de l'orbite dans l'espace. Une onde de Schrödinger (ou le nuage que l'on en déduit) se définit de même par trois nombres entiers, dont le premier, n , détermine les dimensions générales, tandis que les deux autres, l (analogue au k de Bohr) et m , précisent l'orientation. Sur la figure 4, on a représenté des diagrammes qui indiquent la variation de la

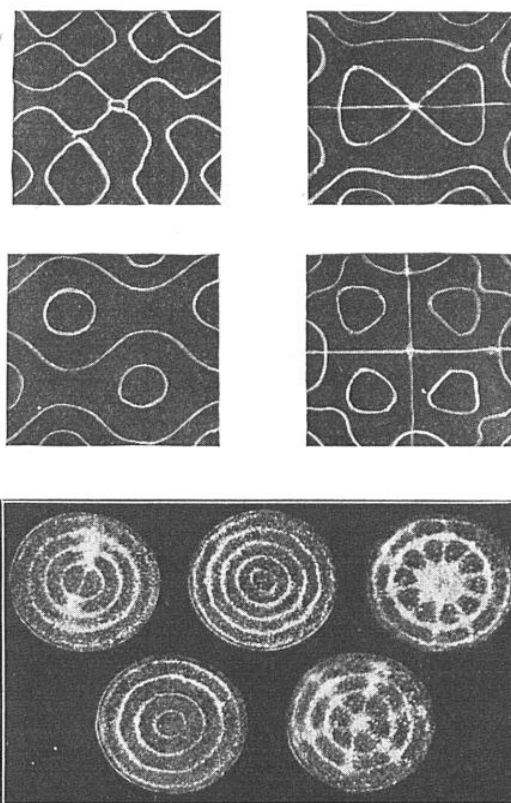


FIG. 8. — VIBRATIONS DE PLAQUES, RONDDES OU CARRÉES, OBSERVÉES PAR L'ACCUMULATION DES GRAINS DE POUSSIÈRES

Ces images sont analogues à celles des nuages électroniques dans les figures précédentes.

densité du nuage suivant la direction ; cet effet de direction ne dépend que des nombres l et m ; au-dessous des diagrammes, on voit le tracé des orbites que dessinait Bohr ; l'analogie des résultats est frappante.

La variation d'épaisseur du nuage, en fonction de la distance au noyau, dépend des nombres n et l , mais ne contient plus le nombre m . Les diagrammes de la figure 5 illustrent cet aspect du problème, et nous y voyons réapparaître une ressemblance avec les orbites que nous avions tracées.

Quelle idée se faire de l'ensemble du nuage ? C'est ce que l'on peut voir sur la figure 6, qui nous présente une série de photographies de l'atome d'hydrogène. Leur auteur, un jeune physicien américain, a découpé une série d'aiguilles ou d'ailettes, de formes convenables ; il les a placées devant un appareil photographique et, en les faisant tourner rapidement, il a obtenu ces clichés, dont l'éclat représente très correctement la densité des nuages. Où est l'électron, dans un atome d'hydrogène excité à l'état $3d, m = 2$ (c'est-à-dire $n = 3, l = 2, m = 2$) ? Je ne puis vous le dire, mais consultez le cliché en haut et à droite de la figure, et vous en aurez une idée ; l'électron est quelque part, dans ce nuage en forme d'anneau ; c'est tout ce que nous en pouvons savoir actuellement.

Sur les mêmes idées générales, Dirac a construit une variante remarquable de la théorie ondulatoire ; son grand mérite est d'avoir pu concilier la méthode des ondes avec celle de la relativité d'Einstein. Les ondes de Dirac, comme celles de Schrödinger, forment des nuages, dont la densité nous renseigne sur la position des électrons (fig. 7) ; ces nuages sont un peu plus flous que ceux de la figure 6, mais l'aspect général est le même.

D'où proviennent ces nuages, avec leur structure caractéristique, où des parties blanches et floues sont séparées par des lignes obscures, assez nettes ? Ils sont fournis par un système « d'ondes stationnaires ». La mécanique nouvelle raisonne sur des ondes ; ces ondes guident les électrons ; là où l'onde est intense, les électrons s'assemblent et le

nuage est épais ; là où l'onde s'annule, aucun électron ne peut venir passer. Au total, il s'agit d'un problème tout à fait analogue à celui des vibrations d'une membrane ou d'une plaque. La figure 8 reproduit des dessins bien connus, obtenus en saupoudrant une plaque d'une poussière fine, et la faisant ensuite vibrer en moyen d'un archet. Là où la plaque vibre énergiquement, les poussières sont chassées ; elles s'assemblent suivant les lignes qui restent au repos. De telles figures sont analogues (mais complémentaires) à celles que nous avons dessinées

pour les atomes, et je puis affirmer que l'analogie est assez profonde : dans les deux cas, il se forme un réseau de vibrations, qui guide la répartition des particules.

Comment imaginer un atome complexe ?

Un atome lourd porte un certain nombre d'électrons ; chacun d'eux se place sur un de ses nuages, et tous ces nuages s'enchevêtrent intimement. Nous pourrions nous représenter la structure de l'atome en nous reportant aux beaux dessins de Bohr (fig. 3) ; mais nous supprimerons les arabesques compliquées ; nous estomperons le tracé, pour ne voir que son aspect général. La figure 9 représente la variation de densité, en fonction de la distance au centre, pour l'ion cuivre et l'ion potassium ; ce diagramme présente une série de maxima extrêmement nets, qui correspondent aux couches K, L, M , dont nous parlions plus haut.

Ces diagrammes sont fort intéressants, d'abord à titre de curiosité, puis, surtout, par les renseignements pratiques qu'on en peut tirer. Lancez des électrons ou des rayons X sur un atome ; ils seront arrêtés et déviés ; l'opacité de l'atome pour ces rayons X se déduit directement de l'épaisseur du nuage d'électrons ; on a multiplié les expériences et les calculs avec de très bonnes concordances.

Je crois donc pouvoir affirmer que les dessins représentés sur ces figures sont corrects ; ces portraits d'atomes doivent être très ressemblants et ne pourront guère subir, par la suite, que des retouches de détail.

LÉON BRILLOUIN.

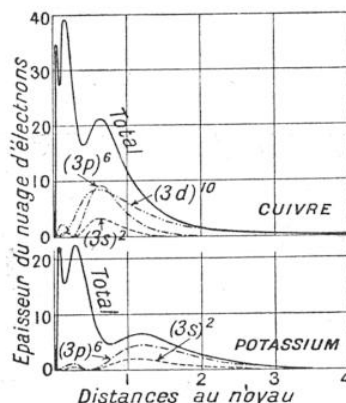


FIG. 9. — CES DIAGRAMMES DONNENT L'ÉPAISSEUR DU NUAGE D'ÉLECTRONS, EN FONCTION DE LA DISTANCE AU NOYAU

Les courbes pointillées sont des résultats partiels ; la courbe en trait plein donne le total ; on y voit des maxima correspondant aux couches K, L, M .

VOICI DES FACTEURS ESSENTIELS DE NOTRE VIE ORGANIQUE ET PSYCHIQUE : LES « HORMONES »

Par Jean LABADIÉ

Les hormones, comme les vitamines (1), sont des corps chimiques qui, à doses appelées — improprement d'ailleurs — « infinitésimales » (de l'ordre du millième de milligramme) exercent sur les êtres vivants une action telle que leur absence se traduit par des troubles fonctionnels pouvant occasionner la mort. Mais alors que les vitamines sont contenues dans les aliments, les hormones sont produites dans l'organisme même par la sécrétion des glandes endocrines (glandes à sécrétion interne). La découverte du rôle biologique des hormones a eu, au point de vue thérapeutique, une influence au moins égale à celle des vitamines. Elle a donné, en effet, naissance à cette branche de « l'art de guérir » que l'on appelle l'opothérapie (traitement par les extraits glandulaires). En outre, les méthodes toutes récentes de greffe des glandes, permettant une sécrétion plus abondante d'hormones chez les êtres fatigués ou précocement vieillis, sont susceptibles d'apporter une solution véritablement efficace au problème du rajeunissement.

L'INFINITÉSIMAL !... C'est le mot certainement le plus évocateur de la science moderne. Les anciens soupçonnaient l'infinitésimal mais n'en faisaient pas objet de science. Au XVIII^e siècle, le calcul « infinitésimal » envahit les mathématiques : cette méthode traite les problèmes dans leurs éléments « infiniment petits », au sens rigoureux du terme. Mais au XIX^e siècle, les chimistes se donnent, sous une autre acception, bien entendu, un « infinitésimal » particulier : l'atome, notion dont l'analyse, approfondie sans cesse, aboutit à ces « infinitésimaux » encore plus subtils dont traite la physique contemporaine sous le nom de corpuscules (électrons, protons, neutrons) et de quanta d'énergie. Ces « quanta » des physiciens remettent, d'ailleurs, en question l'infinitésimal des mathématiciens, qui ne s'applique plus à la nature.

Le XX^e siècle a vu naître et se développer une nouvelle science de l'infinitésimal, et c'est la biologie qui, cette fois, en a le bénéfice. De l'infinitésimal biologique, le rôle des vitamines dans la nutrition nous a fourni un passionnant exemple : ces corps agissent par doses « infinitésimales », c'est-à-dire à partir du millième de milligramme (2). Les vitamines sont des éléments apportés à l'organisme, de l'extérieur. Mais il existe d'autres infinitésimaux, non moins vitaux pour l'organisme, que celui-ci sécrète pour son propre

compte et qu'il utilise, pour ainsi dire, en circuit fermé : ce sont les hormones.

Les hormones, que sécrètent les glandes « à sécrétion interne », — ou endocrines, — ont ceci de commun avec les vitamines qu'elles sont, comme elles, des substances parfaitement déterminées dans leurs formules chimiques. Quelques hormones ont même été reproduites par synthèse. Mieux encore, hormones et vitamines seraient non seulement cousines germaines, mais encore, dans certains cas, des sœurs jumelles indiscernables ainsi qu'il semble résulter de certaines remarques dues à M^{me} Randoin et à H. Simonnet.

Voilà donc forgé un nouveau maillon de la chaîne qui relie la biologie à la chimie, c'est-à-dire à la science infinitésimale de la matière (1). C'est un exposé d'ensemble de la question des hormones que nous allons

(1) A ce propos, on relira avec fruit (*La Science et la Vie*, n° 200, p. 97) la relation de la découverte faite en Amérique touchant ce que j'ai appelé les « vaccins artificiels », de laquelle il résulte que la toxicité ou la non-toxicité d'un virus pneumococcique dépend de la dissymétrie d'une formule chimique, celle du « sucre » sécrété par le microbe.

D'autre part, l'œuvre de « biophysique moléculaire » de M. Lecomte du Nouy (*La Science et la Vie*, n° 212, page 151) nous fait toucher du doigt le mécanisme physique, à l'échelle moléculaire, par lequel s'explique l'activité des toxines des vaccins, — infinitésimaux biologiques, s'il en fut, puisque 2 dixièmes de milligramme de toxine diphtérique suffisent pour tuer un cobaye et 20 grammes de venin de cobra, cristallisé, pour tuer 40.000 kilogrammes de chair humaine.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 158, page 149.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 211, page 77.

tenter aujourd'hui, sans omettre les conséquences thérapeutiques qu'en tirent d'ores et déjà médecins et chirurgiens.

Qu'est-ce qu'une glande « endocrine » ?

Jusqu'à la fin du siècle dernier, on croyait que l'organisme vivait et fonctionnait sous l'influence d'un « souffle vital », ou tout au moins d'un « influx » nerveux, sorte de courant analogue au courant électrique. Le cerveau qui pense, le système sympathique, le plexus solaire étaient les conducteurs de cet influx. Mais on ne parvenait pas à trouver la source de ce courant, dont le réseau nerveux ne pouvait être, de toute évidence, que le porteur. Aujourd'hui, on a repéré cette source : les impulsions nerveuses ont une origine clinique. Et même, on a découvert les usines centrales *régulatrices* du chimisme nerveux : ce sont les glandes endocrines (à sécrétions internes). De même que le courant électrique dérive spontanément d'une réaction chimique dans la pile, de même c'est une action chimique et particulièrement celle des sécrétions glandulaires qui règle l'équilibre et le *fonctionnement* du système nerveux. Toutefois, nous ne pousserons pas plus loin cette analogie, et nous nous en tiendrons aux faits observés, qui offrent un champ immense se suffisant à lui-même.

Pour comprendre en quoi consiste la fonction « endocrinienne » des glandes, il convient de rappeler d'abord ce qu'est une glande. L'organisme en comporte un très grand nombre : glandes salivaires, foie, pancréas, glandes thyroïde et parathyroïdes, glande hypophyse, glandes surrénales, etc. La dimension de ces organes est telle que même les plus petits d'entre eux (les surrénales sont de la grosseur d'un petit pois) n'ont pu échapper à la science anatomique la plus rudimentaire. Autrement grande était la difficulté de pénétrer leurs fonctions. Sommairement, c'est la figuration donnée par Malpighi au XVII^e siècle qui demeure le schéma général exact de toute glande : une grappe de raisin, dont les ramifications figurent les « canaux excréteurs », tandis que les « grains » représentent de vastes surfaces de tissus plissés en « culs-de-sac ». Ces tissus sont formés de cellules « épithéliales ». Ce sont ces cellules qui « fabriquent » *des substances particulières, différentes pour chaque glande*.

D'où les cellules épithéliales tirent-elles ces substances ? Si c'était uniquement de leur propre corps, toutes les cellules pourraient constituer des glandes, ce qui est évidemment inexact. En réalité, les cellules

épithéliales extraient ces substances du *sang* (qui alimente la glande par l'ordinaire réseau des vaisseaux artériels et veineux) en même temps qu'elles élaborent d'autres substances propres chimiquement définies.

Et ceci nous conduit à la définition précise des glandes qu'en a donnée le grand théoricien de ces organes, E. Gley, professeur au Collège de France : « *Les glandes sont des organes épithéliaux de forme variable, qui, par des opérations physico-chimiques, séparent du sang des matières diverses ou élaborent, aux dépens de leur propre substance, des produits doués d'une action chimique spéciale qu'elles déversent hors d'elles-mêmes.* »

La cellule épithéliale « choisit » donc dans le sang et en sépare certains matériaux : c'est la *phase physique*. Puis elle transforme ces matériaux : c'est la *phase chimique*.

Si la glande (il en existe d'ainsi spécialisées) se borne à la première phase (physique), elle ne joue qu'un rôle de *filtre* destiné à séparer de l'organisme les produits inutiles ou nuisibles : les reins, par exemple, ou encore les glandes sudoripares, ne jouent pas d'autre rôle.

Quant aux glandes qui travaillent « chimiquement », que font-elles des produits élaborés ? Ou bien elles les rejettent à l'extérieur de l'organisme par la voie des canaux excréteurs (c'est ce que font, par exemple, les glandes salivaires dont les produits vont se mêler aux aliments) ; ou bien elles les déversent directement dans l'organisme, *sans même passer par aucun canal* (c'est ainsi que fonctionnent à l'échelle cellulaire la glande thyroïde et tant d'autres). Les premières sont dites « glandes à sécrétion externe », ou *exocrines* ; les secondes : « glandes à sécrétion interne », ou *endocrines*.

Cette distinction capitale des deux espèces de fonctions glandulaires est due à CLAUDE BERNARD (1855, 1859, 1867) et, surtout, à BROWN-SÉQUARD (1889, 1891).

Les « hormones », produits chimiques, spécifiques des glandes endocrines

Nous avons placé les « hormones », produits chimiques des glandes à sécrétion interne, sous le signe de « l'infinitésimal ». On sera donc étonné d'apprendre que la première découverte des fonctions endocriniennes fut la fonction glycogénique du foie par Claude Bernard. L'illustre savant montra que le foie doit être considéré comme « fabrique de sucre », ou, plus exactement, comme l'usine centrale chargée de maintenir *constante* la teneur du sang en sucre. La quantité de sucre contenue dans le sang est

loin d'être « infinitésimale ». Faut-il qualifier le sucre d'*hormone* ?

Ce mot, d'étymologie grecque (*ορμω*), signifie « excitant », et nous verrons qu'en effet c'est là son rôle d'infinitésimal. Mais le sucre est un aliment. La fonction endocrine du foie est donc essentiellement « nutritive ». Outre l'équilibre de la teneur en sucre, on a démontré que le foie maintient (par la même fonction endocrinienne) la composition du sang en hématies, en fer, en fibrogène, en anticoagulant, etc. De même, le *pancréas* est une glande nutritive par le déversement (endocrinien) dans le sang de produits sans lesquels il serait impossible à l'organisme d'assimiler certains glucoses (l'ablation du pancréas entraîne un *diabète* très spécial). Mais voici qu'au sein du pancréas, Langerhans découvre des « îlots », véritables glandes autonomes de petite taille qui, elles, fournissent la sécrétion interne d'une hormone isolée, en ces dernières années, par Mac Leod et ses collaborateurs Banting et Bert, l'*insuline*. Et l'on a reconnu que c'est l'insuline qui, à très petites doses, suffit à écarter le diabète.

Cet exemple doit nous suffire à comprendre combien est complexe et encore mal explorée la fonction endocrinienne des grosses glandes. Celles-ci, d'ailleurs, fonctionnent également en *sécrétion externe* : le foie sécrète la bile dans l'intestin, auquel le pancréas, de son côté, fournit un suc digestif indispensable.

Ceci dit, comment peut-on identifier scientifiquement les hormones ?

Exactement comme les vitamines, par les troubles que provoque leur carence, — cette carence étant provoquée par l'ablation ou par la mise hors circuit de la glande intéressée. Ce n'est qu'exceptionnellement (comme, d'ailleurs, pour les vitamines) que l'on est parvenu à isoler à l'état pur l'hormone correspondant à une glande déterminée.

Voici les principales glandes à sécrétion purement interne et les troubles que provoque leur ablation ou leur atrophie :

Les glandes thyroïde et parathyroïdes

L'appareil glandulaire thyroïdien comprend deux parties : la *glande thyroïde proprement dite*, volumineuse, qui comporte deux lobes plaqués sur le cartilage du larynx, et *quatre petites glandes* presque invisibles, du volume d'une tête d'épingle.

En 1859, un chirurgien, Schiff, ayant opéré un goître (infirmité provenant de l'hypertrophie de la thyroïde), en extirpant la totalité de la glande, enregistra toute une série d'accidents caractéristiques et, finalement, la mort du patient. Reprenant son expérience sur des animaux, il démontra que la même opération produirait toujours les mêmes effets : troubles nerveux de la nutrition, affaiblissement musculaire. L'ablation de l'appareil thyroïdien chez les enfants arrête leur développement *physique et mental*, en sorte que les opérés prennent l'aspect de *crétins* de naissance.

Pour que ces effets se produisent, il faut que l'extirpation soit totale. Si on laisse le tiers seulement de l'un des deux lobes de la thyroïde avec l'une des quatre parathyroïdes, les opérés survivent : cette portion restante suffit à assurer la fonction endocrine.

Si l'on doutait que les troubles provinssent de l'ablation du tissu glandulaire proprement dit, et qu'on essayât de les provoquer par section des nerfs de la région, on constaterait que ces lésions n'apportent pas l'effet pathologique attendu.

Par contre, si on se contente de ligaturer les lobes de la glande, de façon à empêcher la sécrétion interne, les troubles apparaissent jusqu'à la mort incluse.

Les quatre glandes parathyroïdes, minuscules, secrètent des hormones distinctes de celles de la thyroïde, et, d'ailleurs, leur ablation donne lieu aux accidents aigus consécutifs à l'ablation de l'appareil thyroïdien tout entier. E. Gley en a conclu que les substances sécrétées par la thyroïde sont probablement indispensables à la nutrition du système nerveux et du système osseux

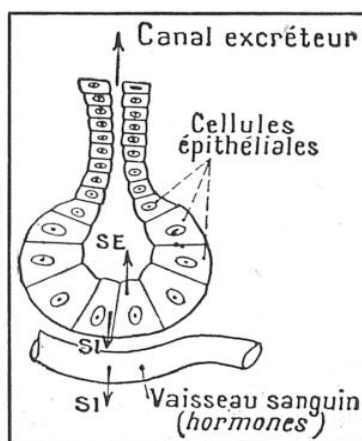


FIG. 1. — SCHÉMA GÉNÉRAL DU FONCTIONNEMENT D'UNE GLANDE, D'APRÈS LE PROFESSEUR E. GLEY

Le vaisseau artériel (ramifié en capillaires) apporte aux cellules épithéliales le sang, d'où, par filtration physique, celles-ci extraient la sécrétion externe. Réciproquement, les vaisseaux veineux du même réseau remportent, dans le *circulus sanguin*, les « hormones » fournies par la sécrétion cellulaire. Cette sécrétion « interne » ne comporte pas de canal excréteur — lequel est, au contraire, nécessaire à la sécrétion externe.

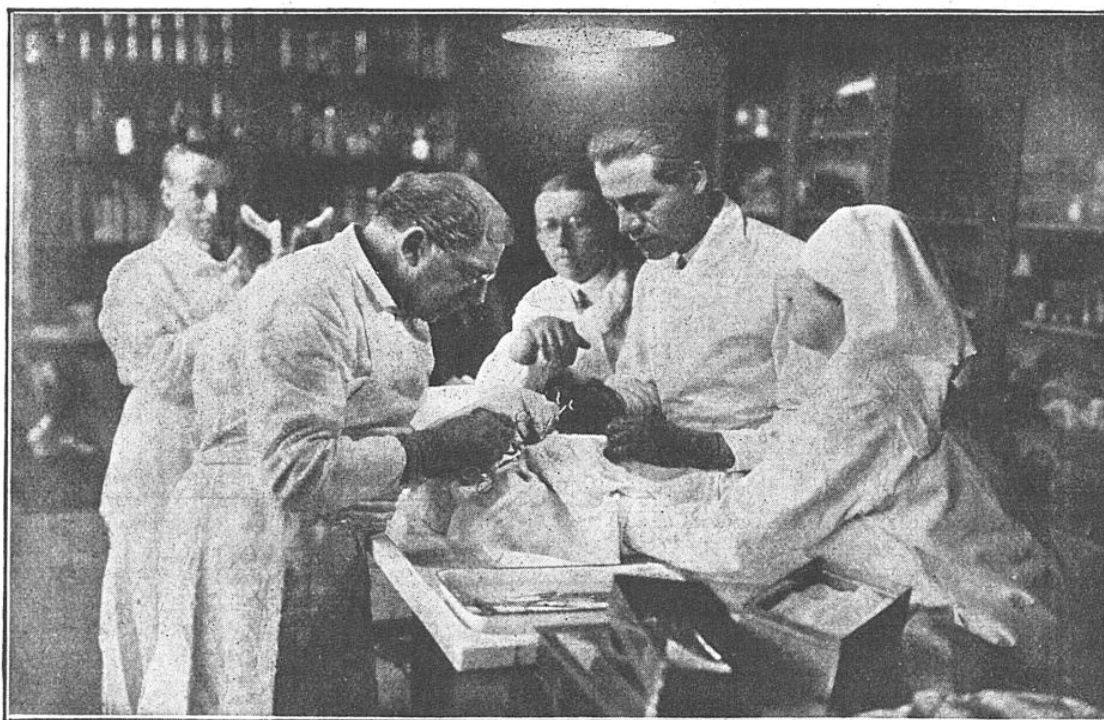


FIG. 2. — LE CHIRURGIEN DOCTEUR LOUIS DARTIGUES ET LE DOCTEUR PHILIPPE KFOURI OPÉRANT UNE GREFFE EXPÉRIMENTALE DE GLANDES SUR PETIT ANIMAL, AU LABORATOIRE

chez les jeunes animaux, tandis que les hormones des parathyroïdes présideraient au « métabolisme » (1) du calcium dans l'organisme, avec, peut-être, une fonction antitoxique. On ne peut s'empêcher de penser aux effets de la vitamine D (dont la carence détermine aussi le crétinisme), dont la présence infinitésimale est également nécessaire au métabolisme du calcium.

Ce qui est absolument certain, c'est l'influence des sécrétions thyroïdiennes sur le cerveau : l'insuffisance thyroïdienne déprime le cerveau ; la surabondance anormale de sécrétion thyroïdienne surexcite le cerveau.

Que sait-on de précis sur la composition chimique des sécrétions thyroïdiennes ? Peu de chose. On constate que la thyroïde de l'homme contient, en moyenne, de 2 à 6 milligrammes d'iode. Il a paru que le fonctionnement de l'appareil thyroïdien est lié à la production et à l'action de sa substance iodée. L'on est parvenu, toutefois, à définir

(1) Les physiologistes résument sous le nom de *métabolisme* l'ensemble des échanges internes de l'organisme, en vertu desquels les substances venant du milieu extérieur (par l'ingestion nutritive ou la respiration) se *consument* pour entretenir les divers phénomènes vitaux ou se *fixent* pour constituer les divers organes.

approximativement la formule de constitution d'une hormone thyroïdienne, la *thyroxine*, corps cyclique azoté et iodé.

Les glandes surrénales

Les capsules surrénales (du volume d'un pois chiche) contiennent des glandes endocrines dont la sécrétion est indispensable à l'entretien des battements du cœur et au battement des artères. Ainsi, de même que le *cerveau* est excité par la sécrétion des infimes parathyroïdes, le *cœur* ne pourrait vivre sans le secours de deux glandes minuscules. Et le cœur bat cent mille fois par jour jusqu'à la fin d'une vie qui peut durer cent ans.

Addison, qui découvrit l'importance des surrénales en 1855, et Brown-Séquard, qui fit des expériences méthodiques sur leur ablation, constatèrent que celle-ci entraîne la mort en trente heures. Tel est le laps de temps que demande le « balancier » du cœur pour « s'amortir » définitivement.

Par contre, il suffit de conserver *un dixième* d'une surrénale pour assurer la survie chez le chien.

Une particularité des surrénales, c'est qu'on a récemment distingué une fonction dépen-



FIG. 3. — LE DOCTEUR KFOURI OPÉRANT, A L'ÉCOLE VÉTÉRINAIRE DE MAISONS-ALFORT, UN PRÉLÈVEMENT DE SANG SUR UN BÉLIER « HYPERHORMONISÉ » PAR GREFFE SUPPLÉMENTAIRE DE GLANDE THYROÏDE EMPRUNTÉE A UN AUTRE ANIMAL DE MÊME ESPÈCE

dant de la partie « corticale » de la glande et une fonction qui dépend de sa partie « médullaire ». L'opinion qui prévaut actuellement est que c'est la corticale qui assume la fonction régulatrice du cœur. Mais alors l'*adrénaline* (1), substance isolée en 1901 dans la zone médullaire, — et dont on a constaté les effets certains sur la tension artérielle (0 gr 000.001.3 suffisent à modifier cette tension chez le chien), — l'*adrénaline*, que l'on considérerait comme « l'hormone » des surrénales, n'assume pas le rôle que l'on pensait. Les travaux de Gley ont débrouillé la question sans la résoudre. Cet exemple montre quelles difficultés se rencontrent pour déterminer chimiquement les hormones.

Comment la très petite glande hypophyse peut créer des géants

La *glande hypophyse* (ou pituitaire) située à la base du cerveau est composée de deux lobes, antérieur et postérieur, auxquels on a trouvé des fonctions endocriniennes différentes.

Le lobe postérieur stimule la sécrétion

(1) L'*adrénaline* est une « base » aromatique très oxydable.

lactée et rénale ainsi que la contraction des fibres lisses de certains viscères, notamment de l'utérus. La dégénérescence de ce lobe entraîne également certain engraissement local observé à un certain âge.

Quant au lobe antérieur, son hypertrophie provoque chez un être jeune, quand la croissance n'est pas terminée, un allongement démesuré des os : c'est l'*acromégalie*, autrement dit le « gigantisme ». Tel est le secret de la taille de Primo Carnera, ou encore de ce Jean-Pierre de Montastruc, paysan lutteur, dont le pouce couvrait totalement une pièce de 5 francs ; mâchoire de gorille, force colossale. L'insuffisance de ce même lobe entraîne, c'était à prévoir, le « nanisme ».

Si l'on observe que ces derniers effets n'ont rien de morbide, « qui nous dit, remarque le docteur Dartigues, que certaines races humaines, pour leur taille et leur force, ne devraient pas leurs caractères au plus ou moins grand développement de leur glande pituitaire ».

Les principes fournis par le lobe postérieur de l'hypophyse, ou *sécrétine*, « semblent de nature protidique » ; ceux du lobe antérieur s'apparentent aux « lipoides ». Tout cela est

vague, mais nous rappelle les deux espèces de vitamines : « hydrosolubles » et « liposolubles ».

Vue d'ensemble du système endocrinien

J'emprunte à l'éminent chirurgien, le docteur Dartigues, l'essai d'une classification glandulaire endocrinienne d'ensemble que voici, et dont la synthèse montre clairement que le système endocrinien n'est pas un « accessoire physiologique ».

En récapitulant, il faut classer les glandes en deux catégories :

1^o LES GLANDES ENDOCRINES, HERMÉTIQUES :

Dans la tête : la *pituitaire* et la *pinéale* (de fonction encore obscure) ;

Dans le cou : la *thyroïde*, les *parathyroïdes*, le *thymus* (résidu de la vie embryonnaire) ;

Dans l'abdomen : la *rate* (fonction sanguine), les *surrénales* ;

Dans la sphère génitale : l'*ovaire*, agissant physiologiquement non seulement au point de vue de la reproduction, mais aussi au point de vue des caractères sexuels secondaires.

2^o LES GLANDES ENDO-EXOCRINIENNES, OU OUVERTES :

Nous avons exposé comment le *foie* et le *pancréas* avaient double fonction *endo* et *exo*-crinienne. En réalité, toutes les glandes à sécrétion externe ont une fonction endocrine et l'on peut appeler glandes des organes bien éloignés en apparence de toute « sécrétion ». Par exemple, les *poumons*, « glande aérifère », agissant par échanges chimiques, principalement l'oxygénation, et qui, d'après le professeur Roger, peuvent être considérés comme une glande endocrinienne agissant sur le métabolisme des graisses.

Dans la sphère génitale : la *prostate* et le *testicule*, qui se divise en glande *séminale*, à sécrétion externe et en glande *intersticielle*, à sécrétion interne, dont les hormones régissent sur l'équilibre anatomique et morphologique du corps. Pas plus que les hormones thyroïdiennes, celles-ci ne sont étrangères au fonctionnement cérébral.

Tel est le tableau d'ensemble du système glandulaire, dont les « hormones » demeurent, en très grande majorité, à l'état mystérieux et seulement identifiables par les conséquences physiologiques de leur carence ou de leur présence.

Certitudes acquises sur les hormones

Deux certitudes existent toutefois à l'égard de ces corps énigmatiques :

1^o Ce sont des *excitants fonctionnels* assurant la coordination et l'équilibre des

diverses fonctions vitales. On avait cru longtemps que les « corrélations fonctionnelles » étaient d'ordre purement nerveux ; or, les corrélations fonctionnelles assurées par les hormones sont d'ordre *chimique*, — tout comme celles qu'assurent les vitamines. M^{me} Randoïn et M. Simonnet considèrent certaines vitamines comme des *exhormones*, afin de bien marquer la parenté chimique des deux « infinitésimaux » biologiques ;

2^o Quoi qu'il en soit, du point de vue pratique — thérapeutique — qu'il nous reste à examiner, la seconde certitude est celle-ci : *les hormones sont identiques, pour une même glande, à tous les échelons de la série animale. Leur action transportée à un autre animal est donc la même.*

« Mais ce qu'il faut comprendre, précise le docteur Dartigues, — et cela est très important, — c'est que *cette action est limitée*, suivant l'état de plus ou moins grand perfectionnement de l'animal qui reçoit l'hormone étrangère. »

En tenant compte de cette restriction, nous apercevons aussitôt quel immense horizon s'ouvre à la thérapeutique endocrinienne. Il suffira d'emprunter à l'animal les hormones dont la carence est révélée chez un sujet humain, pour revivifier ce dernier par cet apport. C'est le thème bien connu de la revitalisation de l'organisme, de son *rajeunissement*.

Nous allons exposer rapidement les diverses méthodes existant pour tenter cette revitalisation, — ainsi que les derniers progrès réalisés, qui sont tout récents.

De l'opothérapie à la greffe des glandes

Une première méthode, empirique mais efficace, — quoique d'effets toujours temporaires, — est connue sous le nom d'*opothérapie médicale*, par opposition à l'*opothérapie chirurgicale*. Elle consiste à administrer, soit par ingestion stomacale, soit par injection sous-cutanée, des « extraits » de glandes. Tout de même, il n'était pas besoin de connaître, ni, moins encore, d'avoir isolé la vitamine G pour combattre le scorbut avec du jus de citron. Il est évident que, quelle que soit l'hormone contenue dans la glande animale ainsi mise à contribution pour corriger la déficience de la glande humaine correspondante, elle est contenue dans l'extrait administré, et son effet est proportionnel, en intensité et en durée, à la dose administrée. Ces procédés thérapeutiques ont été imaginés dès l'origine même de la science endocrinienne. Malheureusement, l'opothérapie médicale n'apporte à

l'organisme que des hormones très altérées par la préparation pharmaceutique.

Il était naturel de chercher à obtenir une correction plus exacte, et si possible permanente, des déficiences glandulaires, en *imposant au sujet humain des greffons prélevés sur les glandes animales correspondantes*. Les travaux d'Alexis Carrel sur les greffes animales autorisent, à ce point de vue, tous les

C'est le docteur Serge Voronoff, qui, le premier, a réussi cette dernière espèce de greffe. Le docteur Voronoff prélève, sur de grands singes anthropoïdes, les greffons interstitiels destinés à l'homme. L'originalité de sa technique, qui constitue aussi le secret des réussites indéniables obtenues par ce praticien, peut se résumer par les particularités suivantes : le *greffon animal est*

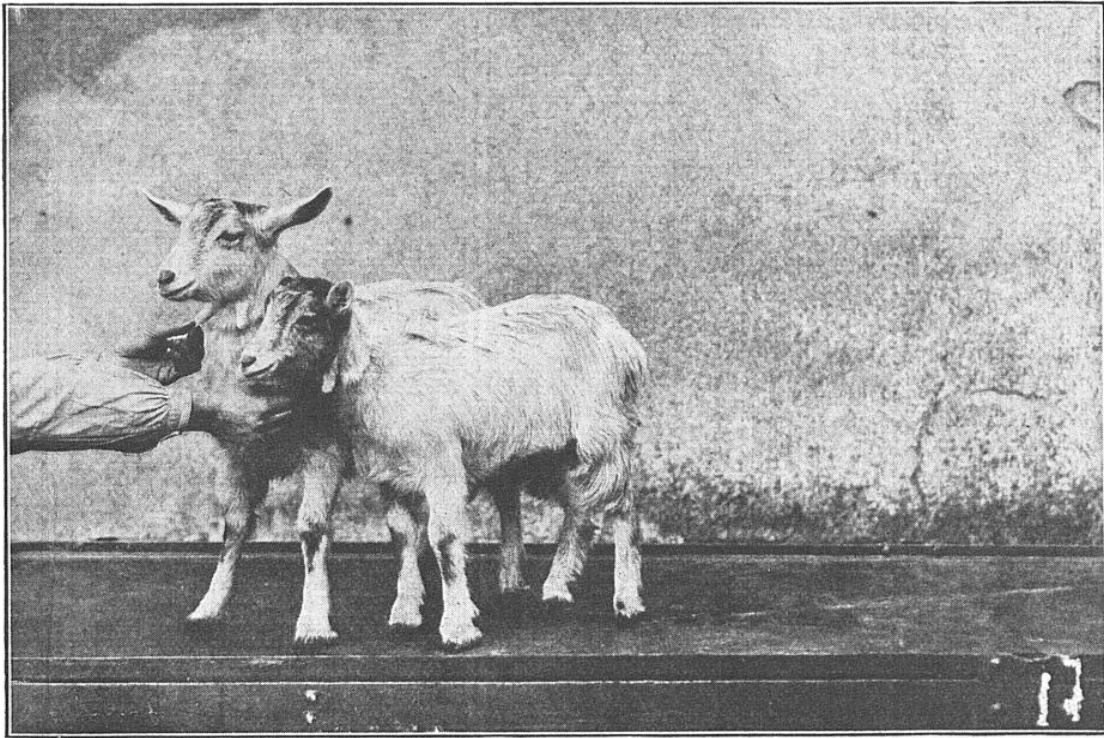


FIG. 4. — DEUX CHEVREAUX DE LA MÊME PORTÉE, TOUS DEUX PRIVÉS DE GLANDE THYROÏDE DANS LEUR JEUNE AGE (TECHNIQUE DES DOCTEURS DARTIGUES ET KFOURI)

Celui du second plan a reçu périodiquement des injections de sang « hormonisé ». Le second n'en a pas reçu. On aperçoit l'énorme différence de vitalité et de développement qui distingue les deux animaux.

espoirs. En cas de réussite, le tissu glandulaire greffé doit, en principe, continuer à vivre et à sécréter l'hormone. Tel sera le but de l'*opothérapie chirurgicale*.

Naturellement, toutes les glandes ne se prêteront pas également bien à ce genre de transplantation. Nul chirurgien du cerveau n'oserait aller remplacer, ou seulement surgreffer, la glande pinéale dont la seule atteinte par le scalpel ne peut s'effectuer sans hémorragies. Aucun n'oserait davantage greffer des surrénales. Par contre, la glande thyroïde, les glandes ovariennes et interstitielles semblent anatomiquement disposées pour tenter l'opération.

placé sur le tissu humain le plus apte à le recevoir (feuillet de la membrane vaginale, très riche en vaisseaux sanguins) et le plus proche du siège naturel de l'organe greffé ; *le tissu porte-greffe est « nidifié »*, c'est-à-dire scarifié au scalpel, en vue de la réception du greffon ; *le greffon est fragmenté* en petits blocs, car un greffon massif meurt par inanition, les surfaces de contact avec le tissu vivant étant insuffisantes ; *les fragments du greffon* sont répartis assez loin les uns des autres, ce qui donne à chacun une aire de nutrition plus vaste ; *la transplantation du singe à l'homme* est faite dans le minimum de temps, les amarres n'étant rompues qu'au

dernier moment. Enfin, le choix de l'animal donneur est capital pour la réussite de la greffe : le singe anthropoïde est cousin de l'homme par son embryologie. C'est ainsi qu'entre animaux, il ne faudrait pas chercher à greffer du cheval sur du cochon ou du cochon sur du lapin ; il faudrait traiter des

serait pas un allégement des frais. La suggestion, rationnelle mais socialement bien scabreuse, a été faite de prélever à temps, sur les cadavres humains, tous les greffons nécessaires : les méthodes de Carrel pourvoieraient à leur conservation physiologique en vue d'opérations ultérieures.

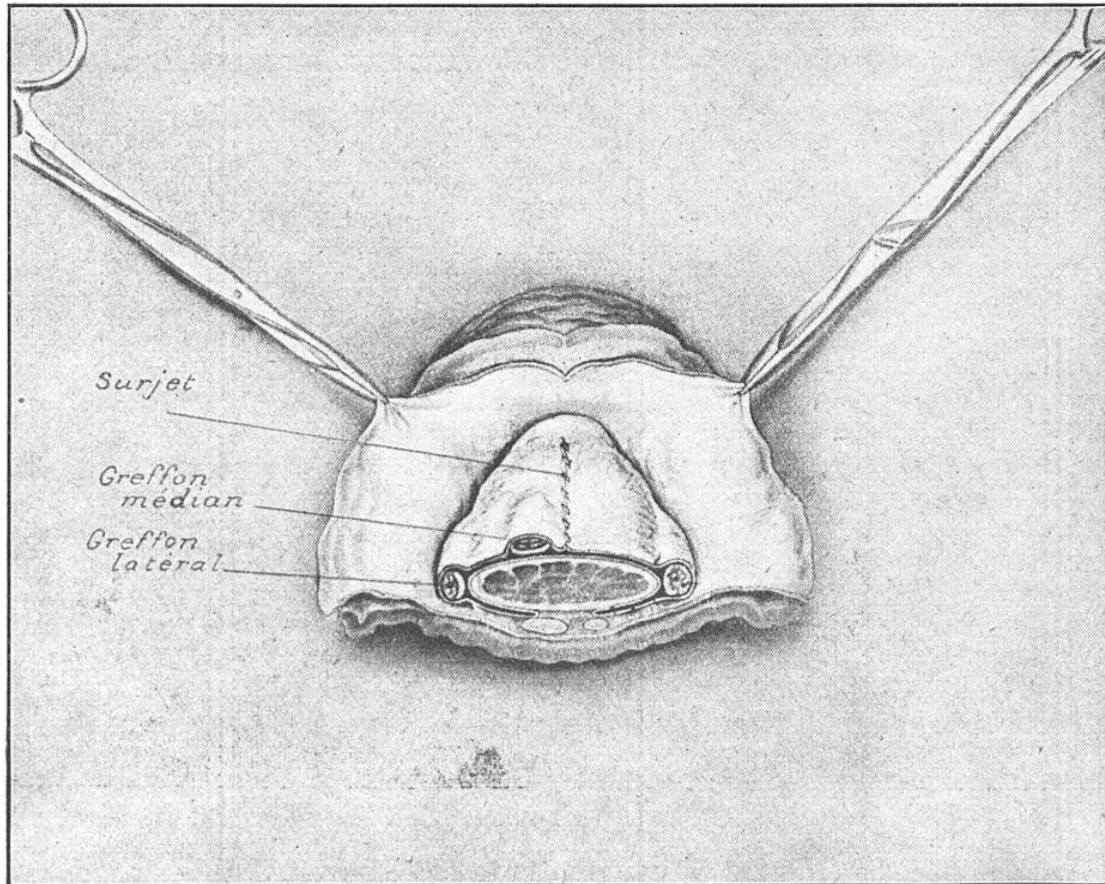


FIG. 5. — TECHNIQUE DE LA GREFFE DES GLANDES INTERSTITIELLES SUIVANT VORONOFF
Les greffons, petits, parcellaires, au nombre de quatre, sont confiés à la membrane vaginale, riche en vaisseaux sanguins, condition absolument nécessaire à la survie du greffon.

couples ainsi formés : cheval-âne, sanglier-cochon, lièvre-lapin.

Bien que les cynocéphales aient donné des résultats remarquables, bien que ces singes soient moins près de l'homme que le chimpanzé et beaucoup plus faciles à obtenir, on ne peut s'empêcher de remarquer que l'opération Voronoff demeure un véritable luxe. On a proposé aux gens désireux de bénéficier du rajeunissement par greffe d'aller se faire opérer sur place, c'est-à-dire aux pays peuplés de singes idoines. Ce ne

La greffe endocrinienne humaine de toute provenance animale

Malgré d'incontestables réussites, et des plus brillantes, qui donnèrent, pour quelques années, un regain de jeunesse aux sujets traités, la méthode Voronoff ne pouvait manquer de se heurter au grand obstacle biologique, à l'obstacle majeur de la séparation des espèces animales, quelques voisins qu'on les choisisse. Les caractères qui apparentent les grands singes à l'homme

(dans les embryons plus que dans les individus adultes) n'empêchent pas que le caractère probablement le plus distinctif des deux espèces n'est autre que la *dissemblance de leurs « milieux internes » humoraux*. Autrement dit, les deux sortes de sérums sanguins sont éminemment différents. Dès lors, comment un greffon de singe pourrait-il s'accommoder indéfiniment du sang humain et prospérer à ses dépens ? En fait, le greffon, au bout d'un certain temps, s'atrophie.

C'est devant cet obstacle, majeur en apparence, que deux médecins : l'éminent chirurgien-docteur Louis Dartigues, et le docteur Philippe Kfourî, spécialisé depuis longtemps dans des recherches de sérums (antituberculeux) ont imaginé la vraie solution du problème — en tout cas, la seule que puisse suggérer l'état actuel de la science. Ils ont résolu de ne pas tenir compte de l'hétérogénéité de l'espèce, en matière de greffe, et d'imposer à l'homme, par exemple, des greffons de lapin — en prenant les mesures de préservation que nous allons préciser.

Pour rendre possible cette adaptation à l'homme d'un tissu aussi étranger que celui du lapin — alors que le tissu-singe lui-même s'y refuse — il fallait trouver un moyen biologique de faire accorder les tissus de l'homme futur receveur avec les greffons endocriniens de l'animal domestique, de façon à assurer : la *tolérance* de l'organisme humain vis-à-vis du greffon ; l'*innocuité* du greffon pour l'organisme humain ; la *viabilité* du greffon et, par suite, la *persistance de sa fonction sécrétoire hormonique*, qui est le but final à atteindre.

Le premier point — faire que l'organisme humain receveur ne tue pas son hôte, le greffon — s'obtient par le procédé que les auteurs appellent « antihumanisation » du lapin. Durant un mois, des doses quotidiennes progressives de sérum prélevé sur l'homme futur receveur sont inoculées au lapin, jusqu'à ce que le sang du lapin résiste à l'épreuve bien connue de la séroprécipitation. Remarque essentielle : si le lapin est traité par le sérum d'un homme autre que le futur opéré, mais appartenant au IV^e groupe sanguin, dit (en matière de transfusion sanguine) *donneur universel* (1), la préparation du lapin sera valable pour tout « futur receveur », sans distinction ; aucun sang humain ne sera plus capable d'*histolyser* (de détruire par action lytique) le tissu glandulaire. Celui-ci pourra donc être transplanté sans risquer de mourir.

Mais un second point importe : c'est de

préparer l'homme à recevoir le tissu-lapin, sans dommage pour lui-même. Ceci est tout simple : il suffit de deux injections de sérum-lapin au futur opéré dans les quarante-huit heures qui précèdent l'opération.

L'avenir de l'opothérapie chirurgicale

Poursuivant leurs travaux, ces auteurs cherchent à rendre encore plus simple la transfusion à l'homme des hormones fabriquées par des organismes animaux.

Par des hypergreffages « homogènes », c'est-à-dire au moyen de greffons *prélevés sur des animaux de même espèce*, on obtient une sécrétion hormonique accélérée, une « hypercrinie » chez l'animal ainsi traité. Il ne reste plus qu'à prélever les hormones ainsi créées en excès dans le torrent sanguin de l'animal pour les transfuser au patient humain. Mais, hâtons-nous de dire que, si les expériences effectuées sur des chevreux préalablement privés de thyroïde et « revitalisés » par ce procédé sont concluantes, on est encore assez loin de l'application de cette thérapeutique à l'homme.

En résumé, la greffe des glandes, ou *endocrinothérapie chirurgicale*, constitue une technique à peine naissante. Les régions capables de servir de porte-greffe, chez l'homme, ne sont heureusement pas limitées au voisinage immédiat des glandes elles-mêmes. C'est ainsi que l'hypophyse, les surrénales, la pinéale, peut-être, et d'autres glandes fines, placées en des régions difficilement accessibles, pourront venir, de l'animal, se loger, par exemple, dans l'abdomen de l'homme receveur.

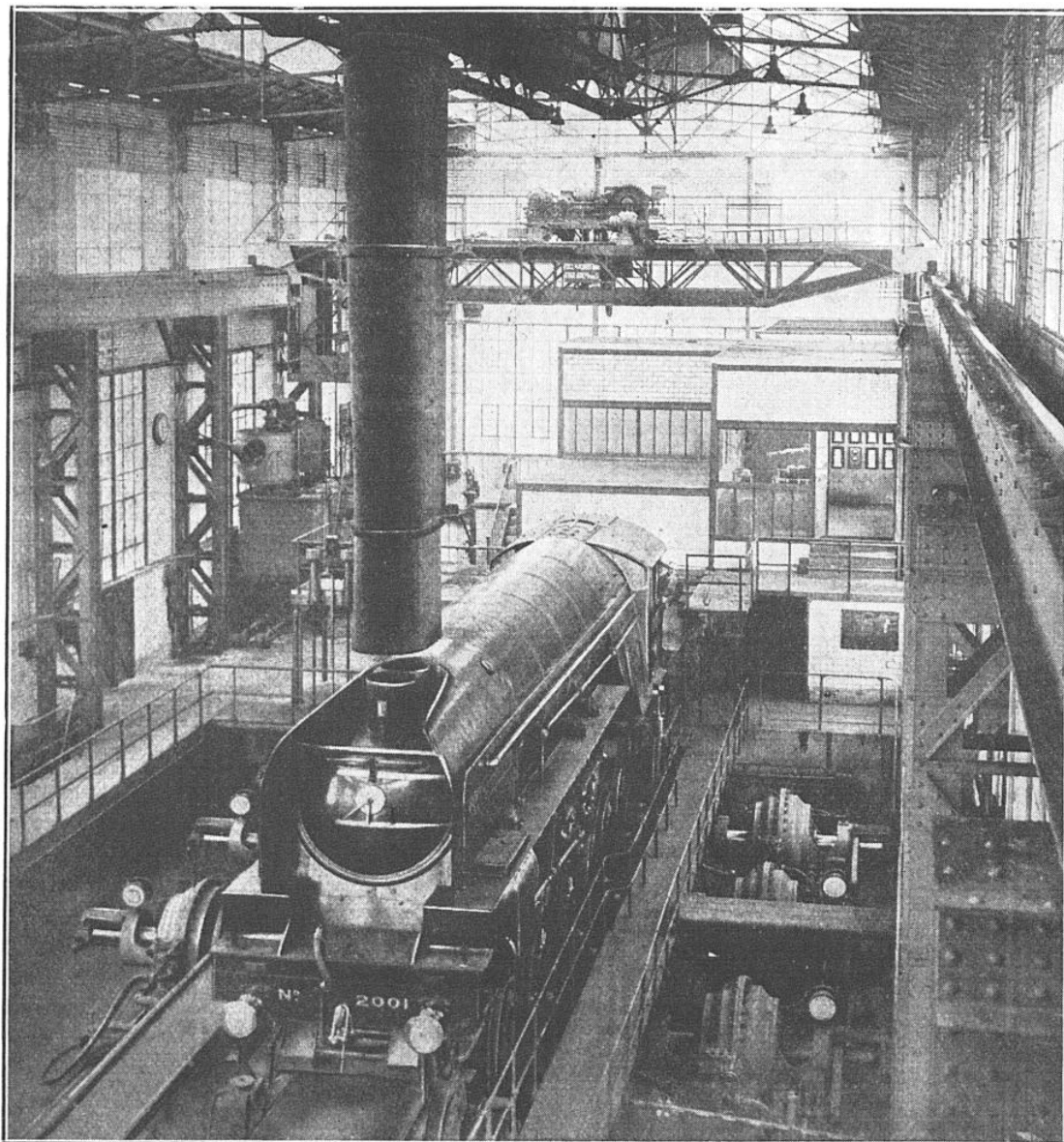
Puisque la vie tout entière de l'organisme est excitée, réglée, harmonisée par les sécrétions internes, la technique chirurgicale endocrinienne doit être logiquement capable de réparer, ou plutôt de retarder les déficiences apparaissant d'ordinaire avec l'âge. Ce ne sera pas là, insistons-y bien, le fameux *rajeunissement* de toutes pièces que les poètes ont personnifié dans cette fontaine de Jouvence dont l'humanité s'est enivrée de tout temps, au moins en rêve. On ne répare pas ce qui est mort ; on n'empêche pas de mourir ce qui *doit* mourir.

Mais on peut freiner cette mort lente qu'est la vieillesse au point de rendre harmonieuse son évolution. La science des hormones aura, dès cet instant, permis à la machine humaine non de tourner indéfiniment (ce qui est aussi utopique que le mouvement perpétuel), mais de fournir son maximum de rendement. Et ce sera très beau.

JEAN LABADIÉ.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 193, page 7.

LA LOCOMOTIVE ANGLAISE « COQ DU NORD »



La locomotive à vapeur se transforme sans cesse pour assurer la traction à grande vitesse de charges de plus en plus lourdes. La machine anglaise « Coq du Nord », du London and North Eastern railway, exposée récemment à Paris, après avoir subi de minutieux essais au banc de Vitry-sur-Seine, — le plus moderne du monde, que La Science et la Vie a présenté en août 1932 (n° 182, page 102), — est destinée à la traction de trains rapides de 600 à 700 tonnes sur la ligne d'Edimbourg à Aberdeen. Un train de 650 tonnes a été remorqué à 91 kilomètres à l'heure sur une rampe de 5 mm 6 par mètre et 5 kilomètres de long ; c'est un résultat vraiment remarquable. Pour franchir les fortes et longues rampes de cette ligne, il fallait une grande adhérence. C'est pourquoi le modèle choisi a été du type « Mikado » (1 bissel avant, 4 essieux moteurs couplés, 1 bissel arrière). Il convient de remarquer à ce propos que l'adoption d'un bissel à l'avant (c'est-à-dire un seul essieu pivotant), au lieu d'un boggie, ne paraît admissible aux grandes vitesses (140 km à l'heure) que sur des voies bien entretenues. Cette locomotive, qui pèse 112 tonnes, comporte trois cylindres à simple expansion et à surchauffe. La distribution est assurée par soupapes et arbre à cames. L'empattement total est de 11 m 566, le poids adhérent de 82 tonnes, le timbre de la chaudière de 15 kg 4. Cette machine, de formes vraiment aérodynamiques, est accouplée à un tender à quatre essieux contenant 8 tonnes de charbon et 22 mètres cubes d'eau. Cette faible contenance de liquide s'explique parce que les réseaux anglais utilisent couramment les systèmes de prise d'eau en marche.



PRENONS L'ÉCOUTE

A PROPOS DU SALON DE L'AUTOMOBILE DE NEW YORK DE 1935

Le Salon de l'Automobile de New York (janvier 1935) a marqué une tendance très nette à la « conservation » des modèles existants depuis déjà un an. Seules, des modifications de carrosseries et d'équipement ont encore augmenté l'attrait de la présentation. Du point de vue technique, notons que l'adoption des roues indépendantes de la part de nouvelles grandes marques (« Studebaker » et « Packard ») a confirmé le succès de ce dispositif, — d'essieux composés, — qui présente notamment l'avantage d'une étude plus aisée de la direction et de la suspension qu'avec le système classique d'essieux ordinaires. Par contre, d'autres marques américaines sont revenues au système classique (essieux fixes), en perfectionnant celui-ci sans entrer dans la voie des solutions nouvelles. Le ressort à lames pour la suspension était, l'an dernier, concurrencé par le ressort à boudin (« General Motors ») ; cette année, cette concurrence ne s'est pas développée.

Le changement de vitesse à « présélection » a été installé sur les voitures de grande série (« Hudson », « Essex » [1]). Ce système fonctionne à la fois par commande électrique et par dépression.

Enfin, une nouvelle diminution des prix (d'environ 10 %) a été enregistrée sur certaines voitures que nous qualifierons « à bas prix » (*low-price*). Par exemple, la « Willis-77 » — seule voiture américaine à 4 cylindres avec l'« Austin » — coûte, cette année, 415 dollars au lieu de 445 l'an dernier. Il en est de même pour des voitures de puissance moyenne (2), telle la « Buick », qui est vendue 795 dollars en carrosserie transformable deux places (soit moins de 12.000 francs). Cette firme peut, en effet, vendre par an plus de 70.000 véhicules, et cela lui permet de fabriquer sa « grande série » à bon compte. Ce n'est pas, hélas ! le cas pour les voitures françaises de qualité correspondante, qui sont fabriquées en nombre beaucoup plus restreint, étant donné l'exiguïté de notre marché intérieur et notre infériorité pour l'exportation. L'Angleterre, à ce dernier point de vue, nous a nettement devancés depuis la baisse de la livre sterling.

Parmi les modèles les plus remarquables figure la nouvelle « Ford » (V 8-48), qui se particularise par un nouveau centrage des masses (passagers entre les essieux, moteur reporté vers l'avant, bagages et roues de rechanges à l'arrière). C'est ce que l'on peut désigner sous le terme de centrage « Chrysler », depuis le « lancement » du châssis *airflow*, qui fit sensation dans les milieux techniques du monde. C'est la première fois que Ford emprunte une « solution de tendance » à un autre constructeur, lui qui, par ses conceptions personnelles, sut s'imposer aux autres. Renault fut le premier, en France, à comprendre les conceptions américaines et à les inter-

(1) La voiture « Essex », dénommée encore « Terraplane », réalise un rapport puissance-poids vraiment exceptionnel, d'où reprises particulièrement brillantes, analogues à celles de la « Ford ».

(2) Voici les puissances réelles et prix des voitures de puissance moyenne aux États-Unis : 80 ch « Plymouth-6 », conduite intérieure 5 places, 615 dollars ; 75 ch « La Fayette-6 », conduite intérieure 5 places, 620 dollars ; 87 ch « Dodge-6 », conduite intérieure 5 places, 690 dollars. Voitures populaires : « Chevrolet » 74 ch, « Ford » 88 ch (8 cylindres), dont les prix avoisinent 500 dollars. En France, pour fixer les idées, la puissance réelle d'une 10 ch (puissance dite fiscale) correspond à 35 ch seulement. La puissance moyenne n'est pas, comme on le voit, interprétée de même façon des deux côtés de l'océan. Il ne faut donc pas identifier « puissance moyenne » en Amérique avec « puissance moyenne » en France. Aux États-Unis, 90 ch représentent une « puissance moyenne » ; chez nous, la moitié.

prêter « à la française » pour réaliser des modèles adaptés aux exigences de notre marché (exemples : « Primaquatre » à 4 cylindres, voiture de surpuissance, et « Nervasport » à 8 cylindres, voiture d'extrême souplesse). Signalons encore, sur la nouvelle « Ford », une étude des ressorts, nécessitée par le nouveau centrage des masses, et le refroidissement du carter du vilebrequin, grâce à un dispositif par refoulement d'air qui a l'avantage d'évacuer rapidement les vapeurs d'huile surchauffée du carter. Il nous semble enfin que l'activité productrice des automobiles aux États-Unis se manifeste à nouveau, et les récentes statistiques que nous avons déjà publiées (1) le prouvent catégoriquement.

OU EN EST LE PROJET D'AMÉNAGEMENT DU RHONE ?

La question de l'aménagement du Rhône préoccupe, à juste titre, de nombreux économistes et techniciens, qui se demandent si le programme établi par la Compagnie Nationale du Rhône répond bien à l'intérêt général du pays et, en particulier, à celui des régions traversées par cette grande voie fluviale. Un débat récent à la Chambre nous a montré que l'accord n'était pas unanime sur ce point. Nous avons l'intention d'exposer ici prochainement, dans un article consacré à ce grand problème d'équipement national, quels sont les résultats que l'on doit obtenir en aménageant le Rhône depuis la frontière suisse jusqu'à la mer. D'ores et déjà, nous pouvons affirmer que les propagandistes de cette réalisation grandiose se sont plutôt placés au point de vue de la production d'énergie électrique qu'à celui des transports par voie d'eau. C'est pour cette raison que la Compagnie a tout d'abord prévu la construction du fameux barrage de Génissiat, près de Bellegarde (2), pour établir une usine génératrice d'électricité. Nous allons sans doute revoir les erreurs de Kembs (3), qui consistent à créer des usines productrices géantes pour fabriquer de l'électricité en telle quantité qu'on ne peut en trouver l'écoulement. Ajoutons à cela que ces usines, proches de nos frontières, sont particulièrement vulnérables.

À notre point de vue, lorsque nous avons assisté à la formation de la Compagnie du Rhône pour équiper cette grande artère fluviale, nous avons pensé que la navigation retiendrait au même titre que l'énergie électrique l'attention des dirigeants, pour pouvoir drainer, dans un trafic plus intense, les marchandises qui, provenant d'Allemagne, de Suisse et de nos régions de l'Est, s'acheminent vers la Méditerranée (4). Combien d'industries — dans ces régions traversées par le Rhône, depuis sa source jusqu'à notre grand port de Marseille — auraient intérêt à s'adresser aux transports fluviaux plutôt qu'aux transports ferroviaires si onéreux ! C'était, du reste, l'un des points de vues qui avait été développé au Parlement par certain économiste, lorsqu'il s'était agi de créer la Compagnie pour l'aménagement du Rhône. Nous savons bien que le projet actuellement arrêté concerne aussi les améliorations à apporter au port de Lyon, mais nous n'y avons rien vu concernant la partie comprise entre Lyon et Arles. Certains prétendent que, pour réaliser ce programme, il faudrait 3 milliards, d'autres estiment que 1.200 millions suffiraient. Lesquels croire ?

Mais ce qui est certain, c'est que, pour le moment, on ne fait rien. Qu'importe aux fabricants de ciments de l'Ardèche et de l'Isère, par exemple, que les sommes employées à Lyon profitent aux pétroliers ! Ce sont toutes les industries locales qui doivent bénéficier de cette magnifique voie fluviale.

Il est probable que, prochainement, des décisions interviendront, qui nous fixeront définitivement sur le programme officiel à réaliser rapidement.

Depuis 1921 (5), les études et les projets se multiplient, et la Compagnie nous a promis de nous faire connaître les conditions d'exécution de son programme que nous exposerons ici, en toute impartialité.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 213, page 227.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 6, page 289.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 181, page 67.

(4) Voir *La Science et la Vie*, n° 175, page 58.

(5) Voir *La Science et la Vie*, n° 198, page 479.

A PROPOS DU SALON DE LA MACHINE AGRICOLE DE PARIS

Le Salon de Paris de la Machine agricole (janvier 1935) a démontré que notre agriculture — dépourvue de plus en plus de capacité d'achat — s'en tenait aux solutions anciennes et se montrait indifférente aux modèles nouveaux d'un prix élevé. Quelques solutions heureuses sont cependant à signaler : l'emploi des pneumatiques sur les tracteurs mécaniques et aussi sur les voitures à traction animale, ceci dans le but de diminuer l'effort, d'augmenter la charge utile et de supprimer les ornières qui tassent le sol au détriment de la culture. Les appareils puissants et lourds destinés aux grandes exploitations sont, par contre, montés sur « chenilles », ce qui présente l'avantage, par rapport aux roues, de réaliser le maximum d'adhérence et le minimum de tassement du sol. Enfin, nous avons constaté l'apparition d'une méthode nouvelle de préparation des terres, au moyen d'un « gyrotiller », qui comporte des griffes rotatives, mises en mouvement par une transmission auxiliaire du moteur, pour émietter la terre à un degré approprié selon la vitesse de rotation du système. Ce « gyrotillage » s'inspire des procédés de culture pasteurienne que certains spécialistes envisagent comme pleins d'avenir (rendement, prix de revient abaissés, réduction de l'emploi d'engrais onéreux). Qu'il nous soit permis de constater qu'il y a un manque de coordination chez les constructeurs pour mettre au point ces méthodes nouvelles qui s'imposent, en tenant compte des circonstances économiques exigeant la diminution des prix de revient. Il nous faut une rationalisation agricole, comparable à celle tentée dans toutes les industries. C'est une question de vie ou de mort pour l'économie paysanne. Ajoutons que celle-ci ne se sauvera, là comme ailleurs, que par l'initiative privée.

L'INDUSTRIE DES TRANSPORTS ROUTIERS

Si on avait dit, il y a seulement dix ans, qu'un véhicule industriel (à essence ou à huile lourde) parviendrait à transporter, sur route, voyageurs ou marchandises à 70 kilomètres à l'heure, avec la régularité d'un horaire de chemins de fer, on aurait certainement constaté, chez les exploitants de nos grands réseaux, un scepticisme plein d'ironie. Or, aujourd'hui, toute notre politique ferroviaire est à refaire, parce que le « poids lourd » a conquis la route. Ce n'est pas seulement en France que nous assistons à cette révolution qui bouleverse nos mœurs. En Allemagne, aux Etats-Unis, la concurrence routière s'est manifestée aux dépens du rail, avec peut-être un peu moins d'acuité que chez nous, en raison du développement intensif de la camionnette (1.500 kilogrammes). Il est curieux de constater qu'en France, sur 100 véhicules automobiles, il y a seulement 75 % d'automobiles de tourisme. [Nous enregistrons une tendance opposée aux Etats-Unis et en Angleterre (1)]. C'est une conséquence, chez nous, de l'importance de la classe moyenne dans le commerce et l'industrie, et du morcellement de la propriété agricole. Quoi qu'il en soit, en Amérique, les réseaux ferrés ont eu à réagir pour lutter contre le trafic routier. Ils ont dû accélérer la marche de leurs trains, en augmenter le confort, chercher, en un mot, à attirer le client. En outre, les automotrices Diesel électriques ont contribué à rendre plus agréables les parcours en chemins de fer. Les « vieux » chemins de fer ont maintenant à lutter contre le « car » et l'avion. Ne nous a-t-on pas dit que le nouveau train de luxe *Zephyr*, qui traverse le continent américain, avait été construit pour détourner à son profit la clientèle « luxueuse » et exigeante, qui se tournait vers les lignes aériennes ? C'est le duel entre l'avion et le train, du moins pour les grandes distances. Le P.-L.-M. n'a-t-il pas créé son automotrice ultra-rapide « Paris-Lyon dans la matinée » pour, précisément, répondre au goût du jour ? Mais le progrès engendre le progrès : chaque mode de locomotion tend à se perfectionner sans cesse,

(1) En 1932, il y avait en effet, en France, 1.298.119 automobiles de tourisme et 433.766 véhicules industriels. Aux Etats-Unis, on trouvait 21.505.097 voitures à voyageurs pour 3.421.088 véhicules à marchandises.

et on cherche à conquérir la clientèle à coups de tarifs, de confort, de rapidité, de régularité, sans oublier, bien entendu, la sécurité. Quant aux marchandises, elles sont aussi des mieux partagées, grâce à la route : elles payent moins, elles sont acheminées plus vite et roulent sur « pneu », confortablement et directement, de la porte de l'expéditeur à celle du destinataire. Qui peut hésiter, dans le commerce et l'industrie, à acquérir un véhicule industriel, de 80.000 francs par exemple, qui marche à 70-80 km-heure, est assuré de n'avoir besoin d'aucune réparation et révision avant d'avoir parcouru au moins 100.000 kilomètres ? Certaines maisons tablent sur 350.000 kilomètres de parcours pour calculer l'amortissement. Voilà des faits susceptibles d'impressionner l'usager et de le détourner de la voie ferrée dans bien des cas. Nous montrerons, dans un prochain article, les progrès techniques réalisés dans la construction des châssis et carrosseries industriels, progrès qui ont déterminé cette véritable révolution économique dans la locomotion. Souhaitons, par contre, que les prix des carburants (écrasés de taxes par les Etats, qui trouvent là matière facile à imposer, et par les distributeurs, abusant d'un monopole de fait pour la vente) ne ralentissent pas ce magnifique mouvement d'équipement national, dû à l'essor des moteurs à explosions (Beau de Rochas) et à combustion (Diesel).

LE TRAIN LE PLUS RAPIDE D'AMÉRIQUE EST A VAPEUR

Dans un récent article (1), nous avons émis des réserves sur la politique actuellement suivie par les grands réseaux ferrés, tant en France qu'à l'étranger, en ce qui concerne les *autorails lourds* (destinés à remplacer les trains rapides sur les grandes lignes). Nous avons souligné, en particulier, que le gain de vitesse obtenu par l'emploi d'autorails — à moteurs à explosions ou à huile lourde (genre Diesel) — pourrait bien être plus apparent que réel, et que la locomotive à vapeur ne tarderait pas à prendre sa revanche. Voici une éclatante confirmation de nos prévisions. Aux États-Unis, malgré les résultats remarquables obtenus par des autorails tels que le *Burlington Zephyr* (2), — qui constitue très certainement un des plus beaux modèles du genre, — c'est un train à vapeur qui détient aujourd'hui le record de vitesse. Ce train, muni de tout le confort désirable (conditionnement de l'air, etc.), a été mis en service entre Chicago et Minneapolis (distance : 408 milles, soit 657 kilomètres), le 2 janvier dernier, et il a permis de réaliser un gain de 2 heures 50 minutes sur les précédents horaires. En particulier, il parcourt les deux premières étapes Chicago-Milwaukee et Milwaukee-Adams, soit au total 210 milles (338 kilomètres), à une vitesse moyenne de 103 kilomètres à l'heure. Sur cette distance, c'est — nous l'avons dit — le train le plus rapide d'Amérique.

LA FRANCE DOIT INSTALLER DES CABLES DE RADIODIFFUSION

On sait l'importance que représente, pour la radiodiffusion, l'établissement d'un réseau de câbles spéciaux destinés à la retransmission des émissions. L'Allemagne a déjà posé plus de 10.000 kilomètres de câbles, l'Angleterre, 7.500, et l'Italie, près de 4.000. En France, nous n'avons encore qu'un tronçon reliant Paris à Lyon ; en outre, on procède, actuellement, entre Paris-Lille et Paris-Rennes, à l'installation de « paires » spéciales de radiodiffusion, et il est probable qu'elles entreront bientôt en service. Faute de mieux, on utilise encore en France les câbles téléphoniques déjà existants dans le réseau normal. C'est du reste un pis-aller, car les résultats sont bien médiocres. Il importe donc que la France rattrape, à ce point de vue, le retard qu'elle a par rapport aux grandes nations, qui ont su développer la radio. Des travaux d'ensemble s'imposent pour permettre, dans un temps plus ou moins rapproché, d'obtenir un véritable réseau de retransmission utilisant les derniers perfectionnements de la technique radioélectrique qui ont fait leurs preuves à l'étranger.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 211, page 3.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 211, page 12.

LA TÉLÉVISION EN ANGLETERRE

L'Angleterre va, cette année, réaliser pratiquement — pour la première fois chez elle — une installation de télévision par le procédé Baird, décrit ici (1), simultanément avec le système Marconi, qui a, lui aussi, donné des résultats satisfaisants. Mais c'est à l'Allemagne que revient l'honneur d'avoir mis au point les procédés de télévision les plus perfectionnés, et son organisation actuelle, décrite ici en détail (2), marque une étape décisive dans cette nouvelle application de la radio. On peut dire, sans exagérer, qu'en 1935 la télévision allemande est de beaucoup en avance sur ce qui a été fait ailleurs. Espérons que la France — qui, elle aussi, possède des inventeurs (Barthélémy notamment) ayant fait leurs preuves dans ce domaine — saura suivre l'exemple que lui offrent l'Allemagne, l'Angleterre, l'Italie, en donnant une conclusion prochaine aux expériences probantes actuellement en cours dans nos laboratoires privés. En France, nos chercheurs ne restent pas inactifs ; nous le démontrerons prochainement. Malheureusement, entre l'inventeur et le réalisateur se dresse un budget de dépenses vraiment impressionnant. Pour la mise au point du brevet Barthélémy, la Compagnie des Compteurs a déjà engagé 5 millions.

LES TEXTILES ARTIFICIELS EN ALLEMAGNE

Le développement de la politique économique de l'Allemagne — tendant de plus en plus vers l'autarchie — a conduit le Reich à une pénurie de matières premières importées de l'étranger, qui, jusqu'ici, étaient payables par versements de devises. Parmi celles-ci figure, au premier rang, le coton provenant d'Égypte et d'Amérique. Aussi, le gouvernement allemand encourage-t-il actuellement la construction de fabriques de textiles artificiels, pour livrer de plus en plus des produits de remplacement (ainsi que l'enquête de *La Science et la Vie* le démontrera prochainement). Un consortium vient d'être récemment créé à cet effet, mettant à la disposition de ces industries un crédit de près de 170 millions de marks pour une durée de cinq années. Douze usines seraient mises en marche pendant ce délai, afin de produire en grand le textile artificiel (*visstra*), susceptible de remplacer ainsi plus de 10 % de la consommation totale de l'Allemagne en coton naturel. Partout, l'autarchie fait appel à la science créatrice pour substituer le produit de synthèse au produit naturel qu'on ne possède pas, ou en trop faible quantité, afin de ne pas vider la nation de sa substance financière. C'est l'histoire du Reich, de l'U. R. S. S., de la Turquie même, et de tant d'autres pays.

LES BENZOLS ET LES SUPERCARBURANTS

Depuis le développement des carburants en France, les benzols (provenant des usines à gaz) n'ont joué, jusqu'ici, qu'un rôle d'appoint dans la consommation, à côté des essences de pétrole qui accaparent le marché français. Cependant, les benzols ont un pouvoir calorifique plus élevé que celui de l'essence et offrent une résistance plus grande à la détonation. Dans les moteurs à taux de compression élevé, de plus en plus recherchés pour améliorer le rendement, on est évidemment limité par le phénomène de la détonation avec les essences qui, au lieu de brûler dans le moteur, explosent (d'où cliquetis, usure, efforts anormaux du moteur). C'est pour ce motif qu'on a cherché à classer les carburants d'après leur *indice d'octane* (3). Plus celui-ci est élevé, plus le carburant est apprécié pour les moteurs à explosions à moyenne et forte compression (un bon indice pour un carburant oscille autour de 80). Mais, précisément, le benzol est encore plus antidétonant que ce mélange et, par conséquent, convient très bien aux carburants destinés aux moteurs précités. Ajoutons qu'une autre qualité réside dans sa capacité dissolvante vis-à-vis de l'essence, de l'alcool.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 162, page 441.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 213, page 179.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 195, page 229.

Pour toutes ces raisons, l'emploi des benzols dans la fabrication des supercarburants (carburants ternaires, par exemple) est tout indiqué. D'autre part, ils payent des droits inférieurs à ceux de l'essence, dans certains cas prévus par la loi de septembre 1934. Leur régime fiscal est, du reste, des plus compliqué, par suite de l'emploi des benzols dans d'autres industries très importantes : explosifs (1), produits de synthèse (colorants, aspirine, saccharine, etc.), et aussi dans celles où le benzol sert de solvant (caoutchouc, vernis, teinturerie, etc.). Quoi qu'il en soit, il est certain que les benzols sont appelés à jouer un rôle important dans notre politique des carburants, sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir. Malheureusement, nos ressources en benzols sont limitées, ce qui explique son emploi en quantités restreintes dans la composition de nos supercarburants.

LA POLITIQUE NAVALE FRANÇAISE

Le ministre de la Marine française a décidé la construction d'un cuirassé de 35.000 tonnes, conformément à la Conférence de Washington (se terminant seulement en 1936), qui nous en donne le droit (tonnage maximum de 35.000 tonnes fixé en 1922). C'est en vertu de cette clause que l'Italie a mis en chantiers deux bâtiments de ligne de ce tonnage : le *Vittorio Veneto* et le *Littorio*, soit, au total, 70.000 tonnes de bâtiments *les plus fortement protégés*. C'est pour répondre à cette nouvelle situation que l'état-major de la marine française a adopté la politique navale des « unités également fortement protégées », la protection étant l'une des qualités primordiales du bâtiment de ligne. L'Allemagne, de son côté, — réclamant l'égalité des droits, — ne manquera pas, elle aussi, d'accroître le tonnage de ses *Deutschland*, de sorte que la France, avec ses unités de 26.500 tonnes actuellement en chantier (*Dunkerque* et *Strasbourg*), se trouverait en état d'infériorité aussi bien en Méditerranée que dans la mer du Nord. Nous examinerons, dans ces conditions, si le tonnage de 26.500 tonnes était bien opportun. On doit donc s'attendre à ce que le Parlement autorise maintenant la construction immédiate d'un premier bâtiment de 35.000 tonnes et d'un second au début de 1937 (alors que les engagements de Washington seront périmés depuis la fin de 1936).

POUR LES LIGNES AÉRIENNES TRANSATLANTIQUES

Le gouvernement américain, d'accord avec le docteur Eckener, a décidé de mettre en service une ligne Allemagne-Etats-Unis exploitée par dirigeable, pour concurrencer les paquebots transatlantiques. Comme il possède le monopole de la production de l'hélium (2) pour gonfler les aérostats, cela lui permet d'aboutir à des accords avantageux avec la compagnie allemande. En outre, un budget imposant est actuellement à l'étude pour permettre aux Etats-Unis de développer leur flotte aérienne. On envisagerait de porter le nombre des appareils à 2.300 avions pour l'armée et à 1.900 pour la marine. Une somme atteignant 100 millions de francs serait, en plus, réservée à l'établissement de nouvelles lignes transatlantiques et transpacifiques.

LA PRODUCTION AUTOMOBILE DANS LE MONDE

La *Motor Car Manufacture Association* américaine vient de publier les chiffres suivants : production des véhicules automobiles aux Etats-Unis, pour 1934, 1.888.000, ce qui représente un accroissement de 25 % sur 1933. Pendant la même année, la production automobile dans le monde s'est élevée à 3.600.000 voitures (exercice de douze mois, de septembre 1933 à septembre 1934), contre 2.600.000 seulement pendant l'exercice précédent correspondant.

(1) En vertu de la loi de juillet 1933, l'extraction des benzols peut être obligatoire pour les usines à gaz. On sait qu'ils sont, en effet, à la base de la fabrication de puissants explosifs tels que : mélinite, tolite, crésylite, xylite, etc.

LA CARRIÈRE D'INSPECTEUR DU CONTRÔLE DE L'ÉTAT SUR LES CHEMINS DE FER ⁽¹⁾

ORGANISATION GÉNÉRALE DU CONTRÔLE DES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT GÉNÉRAL

L'Etat exerce sur les réseaux d'intérêt général un contrôle qui est actuellement réparti en cinq directions, savoir :

- 1^o Direction du contrôle de l'exploitation ;
- 2^o Direction du contrôle de l'exploitation technique ;
- 3^o Direction du contrôle de la voie et des bâtiments et des lignes nouvelles ;
- 4^o Direction du contrôle du matériel et de la traction ;
- 5^o Direction du contrôle du travail.

Ces cinq directions de contrôle exercent chacune leur action sur l'ensemble des réseaux.

Les Inspecteurs du Contrôle de l'Etat sont à la base de la hiérarchie ; seul le contrôle du travail échappe complètement à leur compétence. Leurs chefs sont des Ingénieurs ordinaires et des Ingénieurs en Chef des Ponts et Chaussées ou des Mines pour ce qui concerne la partie technique. En matière commerciale, ils dépendent des Inspecteurs principaux et Contrôleurs généraux de l'Exploitation Commerciale.

ATTRIBUTIONS DE L'INSPECTEUR DU CONTRÔLE

Au sujet des attributions générales, il n'y a pas lieu de faire de distinction entre l'Inspecteur adjoint du Contrôle de l'Etat et l'Inspecteur du Contrôle de l'Etat. En fait, ces appellations correspondent à une différence de classe et non à une différence de grade, les postes étant attribués indifféremment à un Inspecteur ou à un Inspecteur adjoint du Contrôle.

L'Inspecteur du Contrôle est chargé d'une circonscription comprenant une longueur de lignes variant de 50 à 400 kilomètres suivant l'importance du trafic. Il y a aujourd'hui 200 Inspecteurs (1).

L'Inspecteur est chargé de faire appliquer les dispositions générales de la législation des chemins de fer ou des cahiers des charges des Compagnies ; il instruit les incidents d'exploitation et au premier degré les accidents ainsi que les vœux relatifs à la marche des trains, à la création et à l'amélioration des gares, stations ou haltes et de leurs annexes, au service des passages à niveau ; il surveille la composition et la circulation des trains, l'entretien des locaux et du matériel ; il reçoit les plaintes du public et leur donne la suite qu'elles comportent, etc...

En sa qualité d'officier de police judiciaire, il constate par ses procès-verbaux les accidents d'une certaine gravité, ainsi que les infractions à la police des chemins de fer. Il recueille la documentation nécessaire à l'examen des propositions relatives aux tarifs ; il porte son attention sur l'application des taxes, sur l'observation des règlements en matière de répartition et d'utilisation du matériel ; il renseigne son service sur les besoins de l'Industrie, du Commerce et de l'Agriculture et sur les mesures prises ou à envisager pour faire face à ces besoins, etc...

NATURE ET CARACTÈRE DE LA FONCTION

L'Inspecteur du Contrôle n'est pas astreint à des heures fixes de bureau ; une partie de son temps est d'ailleurs consacrée aux tournées qu'il organise librement en groupant au mieux les affaires qu'il a à traiter. Il ne lui est imposé de délai relativement court que pour les enquêtes sur les accidents très graves.

Les questions confiées à son examen sont des plus variées. Il lui est, du reste, laissé beaucoup d'initiative. Tout ce qu'il remarque dans ses tournées peut être consigné dans ses rapports. Il a la charge délicate de donner la suite définitive aux plaintes déposées dans les gares, ainsi que de préparer l'avis à donner au parquet au cas de procès-verbal dressé par lui.

Son service l'appelle à entrer en relations avec les Chambres de Commerce, les Chambres consultatives des Arts et Manufactures, les Syndicats patronaux, etc... En contact quasi permanent avec les agents et avec les usagers des chemins de fer, il jouit auprès d'eux d'une considération certaine.

Lorsqu'il débute dans un poste à plusieurs titulaires, il n'est en rien subordonné aux autres Inspecteurs. Il est leur collègue purement et simplement. S'il est nommé à un poste unique, il trouve en ses voisins des conseillers expérimentés qui lui épargnent tâtonnements ou erreurs.

Ses déplacements dans sa région lui sont rendus faciles grâce à une **carte de libre circulation** qui lui permet d'emprunter non seulement tous les trains de voyageurs, mais aussi les trains de marchandises et même les machines en cas de besoin, et de pénétrer dans tous les établissements du chemins de fer.

A noter que la plupart des postes sont placés dans des **villes importantes**. Enfin, détail qui n'est pas négligeable, l'Inspecteur a un **bureau convenablement installé**.

En résumé, fonction intéressante, occupations très variées, service mi-actif, mi-sédentaire, grande indépendance et de la considération.

(1) Pour les limites d'âge, les traitements, les programmes et toutes autres conditions à remplir, s'adresser, de la part de *La Science et la Vie*, à l'Ecole Spéciale d'Administration, 28, Boulevard des Invalides, Paris-7^e.

SUR SIMPLE DEMANDE, VOUS RECEVREZ GRATUITEMENT
LE DERNIER NUMÉRO PARU DU MEILLEUR JOURNAL
D'INFORMATIONS ADMINISTRATIVES

LE CANDIDAT FONCTIONNAIRE

28, Boulevard des Invalides, PARIS-7^e

qui publie tous les concours de l'Etat et des Colonies : dates, délais d'inscriptions, matières demandées, etc. Certains emplois peuvent être obtenus jusqu'à l'âge de 40 et 45 ans.

L'abonnement annuel n'est que de DIX francs.

Il est entièrement gratuit pour ceux qui envoient une liste d'adresses de cinq personnes susceptibles d'être intéressées par le journal. Le service d'un numéro du journal serait fait à ces adresses, sans indication, bien entendu, de l'origine du renseignement.

Si vous voulez un conseil gratuit sur n'importe quelle carrière de l'Etat, en France et aux Colonies, écrivez à la direction du journal

LE CANDIDAT FONCTIONNAIRE

28, Boulevard des Invalides, PARIS-7^e

vous serez exactement renseigné sur les Carrières purement administratives et sur les Carrières techniques : Aviation, Ponts et Chaussées, Contrôle des Chemins de Fer, Contrôle des Poids et Mesures, etc.

Au surplus, le journal peut vous envoyer, contre **2 francs** en timbres, le **memento n° 39 des Fonctions Publiques**, qui contient en cent vingt pages la documentation la plus complète qui existe sur toutes les carrières de l'Etat, en France et aux Colonies, avec ou sans diplôme.

POUR VOTRE PRÉPARATION ÉGALEMENT, DEMANDEZ CONSEIL AU JOURNAL

EN QUOI L'HYDRAVION « LIEUTENANT-DE-VAISSEAU-PARIS » CONSTITUE UNE HEUREUSE INITIATIVE

Par José LE BOUCHER

La construction d'un hydravion géant pose des problèmes particulièrement délicats à résoudre : un tel appareil doit, en effet, posséder non seulement d'excellentes qualités de vol, mais aussi de sérieuses qualités nautiques, indispensables aussi bien au décollage qu'à l'amerrissage. A cet égard, le Latécoère-521 (Lieutenant-de-vaisseau-Paris) semble parfaitement au point et ses premiers essais ont été des plus encourageants. Ils ont, en effet, prouvé une énorme supériorité de cet hydravion sur ses devanciers à bien des points de vue. Cependant, il convient de se demander à quelles fins un tel paquebot aérien pourra être pratiquement utilisé. Tout le problème, du point de vue engin de transport, est là. Il est question de lui faire transporter des passagers soit sur l'Atlantique-Sud, soit sur la Méditerranée. Mais, étant donné les prix qu'il faudrait demander à chacun d'eux, croit-on, économiquement parlant, qu'une telle solution soit viable ? Toutefois, les considérations économiques ne diminuent en rien l'œuvre de l'ingénieur, et cette belle réussite technique que constitue le Lieutenant-de-vaisseau-Paris contribue à dégager la formule de l'aviation future en ce qui concerne, notamment, les hydravions géants.

La première impression du visiteur venu à Biscarosse pour visiter et voir évoluer le Latécoère-521, baptisé *Lieutenant-de-vaisseau-Paris*, du nom d'un très grand pilote aujourd'hui disparu, n'est pas l'immensité de son envergure. Il s'agit, cependant, du plus grand hydravion du monde. Depuis que M. Claude Dornier a lancé son *Do. X* (1) sur l'eau ; depuis que M. Sikorsky, aux Etats-Unis, a construit et fait voler le *S.-42*, le regard s'est évidemment un peu fait à l'énormité de ces masses volantes de plus en plus gigantesques.

Question d'accoutumance ? Non. Question de proportions. Il y a de belles machines, et il en est d'affreuses. Or, c'est un fait d'expérience que les premières volent bien et les autres mal.

Si le *Lieutenant-de-vaisseau-Paris*, à première vue, est beaucoup plus séduisant, c'est précisément que tout, chez lui, apparaît beaucoup plus harmonieux : son poids, sa puissance, sa ligne générale.

M. Claude Dornier essayait les plâtres. C'était presque une gageure de construire un appareil de la dimension du *Do. X* à une époque où le constructeur ne pouvait trouver, sur aucun marché, des moteurs d'une puissance supérieure à 500 ch (2).

On connaît la solution qu'il adopta. Les

douze moteurs furent placés sur l'aile, logés deux par deux dans des fuseaux-moteurs.

Cette solution se révéla désastreuse, surtout quand M. Claude Dornier utilisa des moteurs à air. La disposition en tandem ne permettait pas un rendement mécanique intéressant, car les moteurs arrière refroidissaient mal ; elle se révéla mauvaise dans tous les cas, car la portance de l'aile devait beaucoup souffrir de ce montage des groupes moteurs.

Toute la partie alaire, occupée par les groupes motopropulseurs, était perdue pour la sustentation, en raison des poches d'air créées par les interactions dues au souffle des hélices.

L'hydravion *Lieutenant-de-vaisseau-Paris* n'utilise que six moteurs, ce qui est déjà un gros avantage qui a été autorisé par les progrès considérables acquis, au cours de ces dernières années, dans le domaine mécanique.

D'autre part, les douze moteurs du *Do. X* étaient, comme nous l'avons rappelé, disposés sur l'aile. Les six moteurs « Hispano-Suiza 12 Y-B. R. S. » du Latécoère sont disposés sous l'intrados de l'aile, et en partie noyés dans l'épaisseur de celle-ci.

Il en résulte que la portance de l'aile ne se trouve pas terriblement diminuée. En revanche, les résistances le sont dans d'intéressantes proportions.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 148, page 335.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 155, page 355.

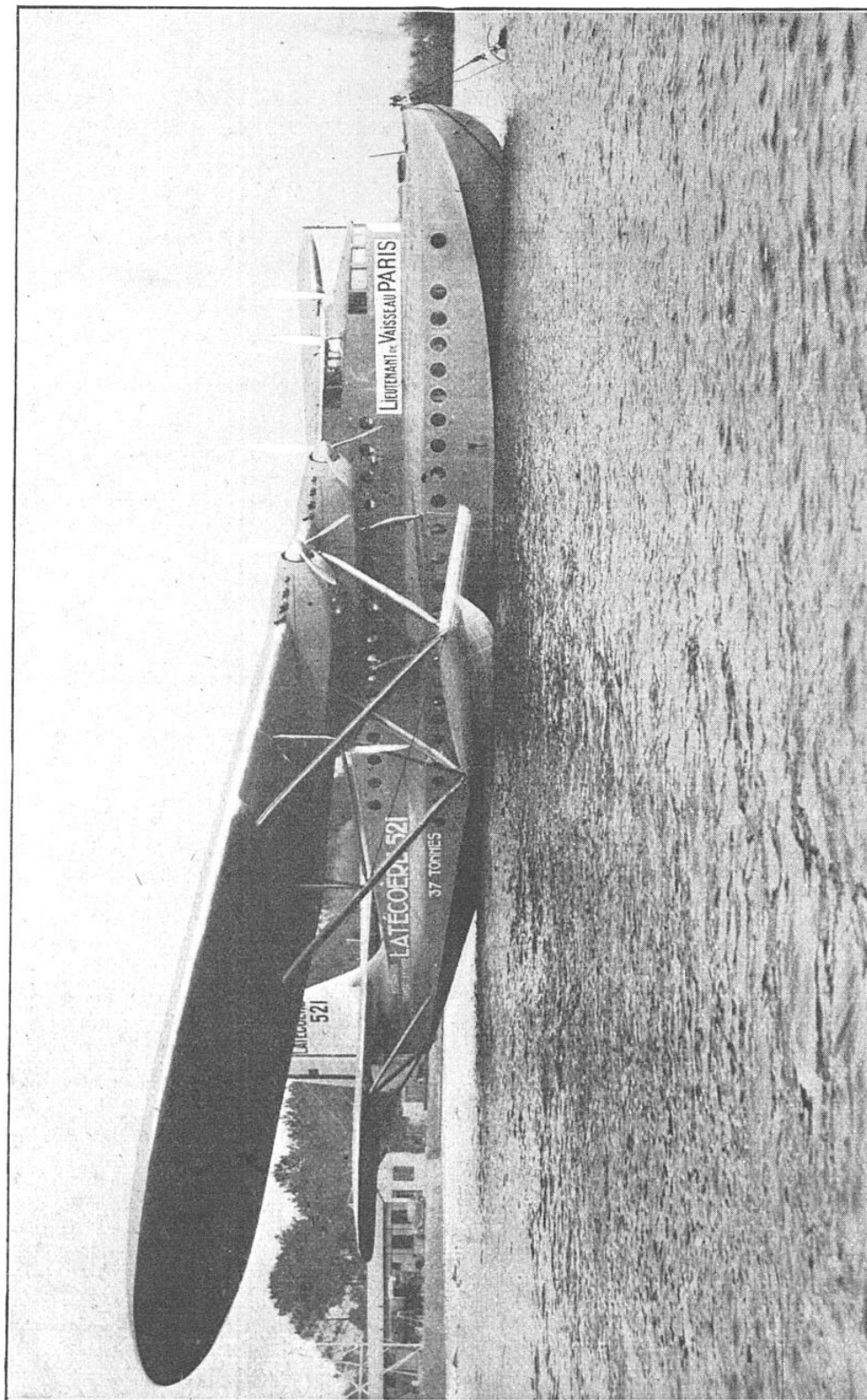


FIG. 1. - VOICI L'HYDRAVION LATÉCOÈRE-521 « LIEUTENANT-DE-VAISSEAU-PARIS », QUI EST ACTUELLEMENT LE PLUS GRAND HYDRAVION DU MONDE. Cet hydravion de transport, pouvant emmener 70 passagers, est mû par six moteurs de 850 ch chacun. Il est destiné à assurer soit la traversée de l'Atlantique-Sud (en n'emmenant alors que 15 à 20 passagers), soit la traversée de la Méditerranée : Marseille-Alger. Son poids total en charge est de 37 tonnes.

La mise à flot, opération délicate

L'énormité du vaisseau aérien se révèle brusquement au moment où il s'agit de procéder à la mise à flot.

L'appareil, dans son hangar, repose sur un berceau de fortune qui épouse, vaille que vaille, les formes de la coque. Le berceau est solidaire d'un chariot (quatre roues) de 12 tonnes monté sur rails. Il s'agit de faire glisser, par l'intermédiaire d'un *treuil à main*, l'énorme masse de l'hydravion, — l'appareil pesait 27 tonnes quand nous l'avons vu, — plus celle du chariot, 12 tonnes, sur un plan incliné qui conduit au lac de Biscarosse.

Nous avons ressenti des émotions analogues à celles éprouvées lors du lancement d'un navire en voyant la masse du *Lieutenant-de-vaisseau-Paris* glisser sur son « slip ».

La manœuvre délicate à laquelle nous avons assisté nous a paru symboliser toute la somme de compromis que représente la construction d'un hydravion d'abord, et d'un hydravion de cette taille ensuite.

L'aile à 49 m 514 d'envergure. La coque a 31 m 580 de longueur et 4 m 80 de largeur au maître-couple. Il s'agit donc d'un yacht très important, dans lequel quatre-vingts personnes environ trouveraient place. A pleine charge la machine pèsera 37 tonnes.

Tout aussi délicate est la manœuvre du *Lieutenant-de-vaisseau-Paris* à flot. Ce n'est pas diminuer les grands mérites du chef pilote Crespy que dire l'extrême prudence avec laquelle il opère ses prises de bouée.

C'est là qu'on voit qu'il s'agit réellement d'un navire, mais d'un navire *qui ne dispose pas de marche arrière*. Il est admis par les marins que, pour stopper un bateau marchant à demi-vitesse, il faut disposer de trois fois la longueur du bateau, après avoir fait « en arrière toute ». Comme cette manœuvre n'est pas possible au pilote du *Lieutenant-de-vaisseau-Paris*, il importe de calculer ses moindres gestes, les moindres « coups de sauce ».

Faisons remarquer que cette énorme inertie, néfaste à flot, est, au contraire, favorable en vol. C'est le commandant Bonnot qui a le premier, croyons-nous, après ses retentissantes traversées transatlantiques, fait remarquer les bienfaits de l'inertie d'un hydravion comme la *Croix-du-Sud*. Dans les coups de tabac, le « pot au noir », — et surtout quand il devient nécessaire de piloter sans voir, en se fiant uniquement aux instruments, — un appareil doté d'une forte

inertie est plus agréable qu'une machine nerveuse.

Pour donner une idée de l'importance de cette inertie, rien ne vaut peut-être que de donner les poids de la machine. Nous avons vu que son envergure est de 49 m 514 et sa longueur de 31 m 620 ; sa hauteur maximum est de 9 m 070 ; le poids à vide est de 17.750 kilogrammes ; le poids utile, de 19.250 kilogrammes ; enfin, le poids total, à pleine charge, ressort à 37 tonnes.

Devant la machine à flot

Une belle impression de puissance se dégage de la machine à flot. La coque centrale comporte deux redans de forme très amortie. Deux nageoires sont articulées sur la coque et appuyées sur les mâts de cellule.

Le genre de construction est un système en radier résistant aux chocs locaux. Les nervures jouent le rôle de quille et transmettent l'effort du revêtement aux faux longerons. Ceux-ci s'appuient sur les nervures principales, qui reportent les efforts sur trois longerons. Les efforts sur le longeron central sont ramenés sur les longerons avant et arrière par deux nervures maîtresses.

L'évolution d'une théorie

L'idée de remplacer les ballonnets classiques par des nageoires, appliquée, en premier lieu, par M. Claude Dornier, reprise par M. Latécoère, qui la réalisa sur la *Croix-du-Sud*, a subi une évolution intéressante.

Pour M. Dornier, la nageoire devait, avant tout, remplacer les ballonnets, assurer la stabilité statique et, d'autre part, faciliter le déjaugage de la machine.

Il résultait de la théorie générale et première conçue par M. Claude Dornier que la nageoire devait permettre la suppression absolue des ballonnets, et que l'appareil équipé de nageoires devait reposer sur celles-ci. Il n'en est plus de même avec la nageoire du type employé sur le *Latécoère-521*.

Tout d'abord, on constate qu'un véritable ballonnet a été ajouté à l'extrémité inférieure de chaque nageoire, et qu'ainsi l'appareil, même chargé, ne repose plus sur ses nageoires, mais sur ses ballonnets.

Que donneront ces ballonnets à l'usage ? Il faut attendre d'avoir vu l'appareil décoller à pleine charge pour se rendre compte si cette innovation est heureuse.

Une seule explication semble plausible. Sur la *Croix-du-Sud*, à pleine charge, nous croyons que les pilotes éprouvaient de très grosses difficultés à décoller pour peu qu'il y

eût une houle un peu forte. Celle-ci, passant sur la nageoire, avait tendance à enfoncer l'appareil.

C'est, vraisemblablement, pour remédier à cet inconvénient que les nageoires du *Lieutenant-de-vaisseau-Paris* sont nettement au-dessus de l'eau; les ballonnets seuls plongent dans l'onde. Par temps calme, l'effet hydrodynamique des nageoires est donc nul, ou à peu près; il ne se révélera

A cet égard, la solution hybride adoptée sur le *Lieutenant-de-vaisseau-Paris* nous apparaît discutable.

Aucun des meilleurs projets d'hydravions transatlantiques de 17 tonnes retenus à la dernière Cepana (commission d'études des projets d'appareils nouveaux) ne comporte de nageoires. Tous utilisent des ballonnets de bouts d'ailes.

Evidemment, les nageoires du *Lieutenant-*

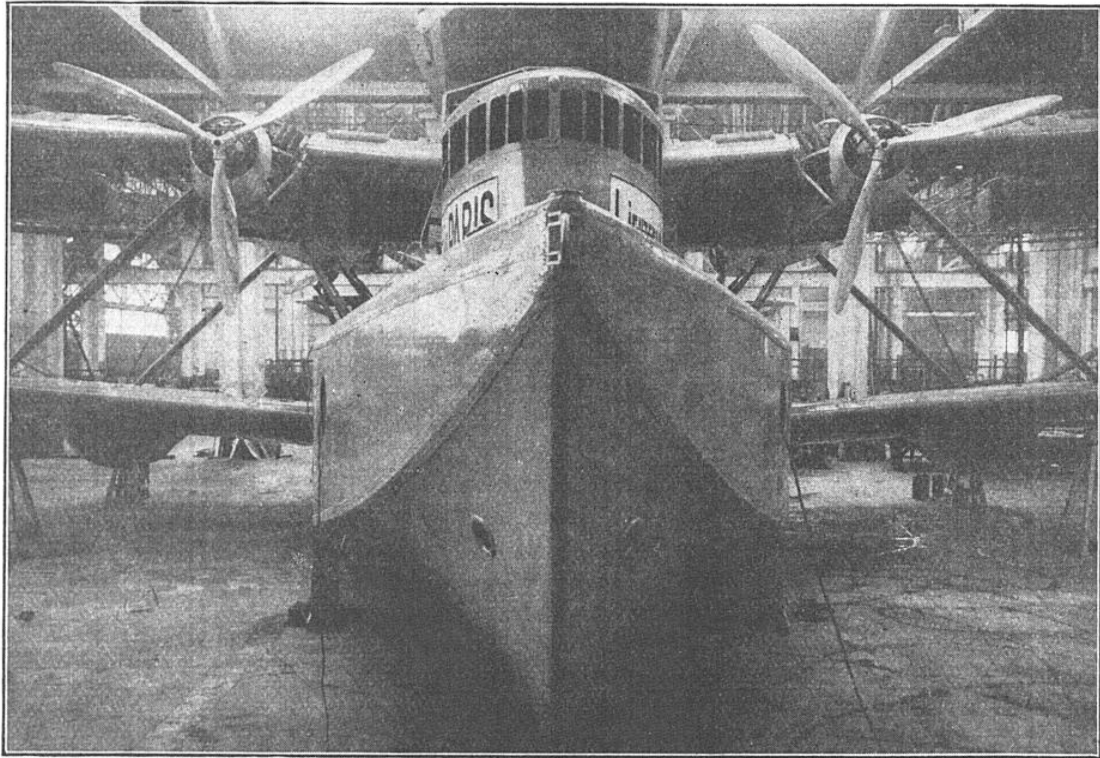


FIG. 2. — CETTE VUE AVANT DU « LIEUTENANT-DE-VAISSEAU-PARIS » FAIT BIEN RESSORTIR LA FINESSE AÉRODYNAMIQUE DE LA COQUE ELLE-MÊME, MAIS MONTRE ÉGALEMENT LA FORME GÉNÉRALE EN T RENVERSÉ, QUI EST SOUMISE AU SOUFFLE DES HÉLICES

que par temps de houle. Mais s'il n'y a pas de houle ? Et si l'appareil est à pleine charge, le décollage ne risque-t-il pas d'être laborieux ? Emprasons-nous d'ajouter que, sur l'étang de Biscarosse, au poids de 27 tonnes, la machine a décollé avec une étonnante facilité. Si cette nouvelle disposition pose quelques points d'interrogation, auxquels l'expérience se chargera de répondre, il se peut qu'elle augmente légèrement les qualités sustentatrices des nageoires. Tandis que nous observions le *Lieutenant-de-vaisseau-Paris*, nous nous demandions si la nageoire est vraiment un dispositif d'avenir. Ballonnets ou nageoires ? Mais pas les deux.

de-vaisseau-Paris sont bien utiles comme réservoirs de combustibles. Chacune de ces nageoires est divisée en trois réservoirs. L'ensemble contient 24.000 litres d'essence.

En regardant l'aile

L'aile du *Latécoère-521* rappelle irrésistiblement celle du *Do. X*. Elle laisse dans la rétine une impression de parallélogramme. C'est dire qu'elle présente un faible allongement. Le profil est un profil semi-épais « Latécoère ». La construction est du type classique à deux longerons.

La poutre horizontale est formée par des entretoises en tubes rectangulaires « L 2 R »

et un croisillonnement en haubans ronds en acier à haute résistance.

La partie centrale, seule, est à revêtement métallique. Tout le reste est entoilé. Quel avantage de poids ! Et aussi quelle nécessité à la mer ! Si l'on suppose un amérissage forcé *par gros temps*, ce qui évidemment, en raison du grand nombre de groupes moto-propulseurs, — six — a bien peu de chance de se produire, il sera urgent de désentoiler. Le revêtement métallique, comme le revêtement en bois d'ailleurs, interdit cette opération cependant indispensable, ne serait-ce que pour un remorquage de quelque durée.

Les ailerons

Un simple regard sur les ailerons montre que, de ce côté, les premiers essais ont conduit à une révision du projet initial. Primitivement, les ailerons étaient divisés en trois tronçons pour chaque demi-aile. Ils étaient compensés aérodynamiquement, l'axe d'articulation se trouvant à 30 % de leur profondeur.

Or, l'expérience a démontré qu'à ce coefficient de compensation, le *Lieutenant-de-vaissseau-Paris* avait « trop d'ailerons ». Il était trop sensible : on s'est donc contenté de garder les deux parties extrêmes des ailerons. Que faire de la troisième ? Un dispositif hypersustentateur ? Des volets de courbure ? D'intrados ? Comme la machine n'est chargée qu'à 95 kilogrammes au mètre carré, la nécessité des volets hypersustentateurs ne s'impose pas nécessairement. Nous ne croyons pas qu'une décision ait encore été prise à ce sujet.

Les empennages

Monoplans et haubannés, les empennages sont portés par l'arrière de la coque ; ossature métallique ; entoilage de lin normal.

Le stabilisateur et le gouvernail sont compensés aérodynamiquement, compensation étonnante qui rend très douces les commandes de cette énorme machine. Avouons que nous sommes resté bien perplexe quand, appuyant sur l'une des pédales du gouvernail de direction et relevant le pied aussitôt, moteurs éteints, les deux pédales revinrent d'elles-mêmes et seules sur le même plan. L'aimable M. Rescagnières, devant notre ahurissement, voulut bien nous tirer d'embarras et nous faire remarquer que deux barres de renvoi disposées verticalement, produisaient, en s'équilibrant, ce petit miracle.

Le stabilisateur, comme le gouvernail, comporte, en outre, un volet mobile de

faible dimension, commandé par le pilote et jouant le rôle de correcteur.

Dans la coque

La coque est en alliage « L 2 R ». La largeur au redan n'a été maintenue que sur la hauteur de la cabine inférieure, qu'on pourrait plus logiquement d'ailleurs appeler pont inférieur. Cette disposition donne à la coupe de la coque une forme générale en T renversé. Certes, cette construction en deux ponts n'est pas idéale au point de vue de la finesse aérodynamique. Il est hors de doute que le souffle des hélices produit sur cette carène, si joliment fuselée qu'elle soit, des interactions néfastes. La construction de l'avenir tendra nécessairement à réduire de plus en plus, croyons-nous, l'importance du raccordement de la coque à l'aile.

La coque est divisée, par des seuils, en sept compartiments étanches. La hauteur de ces seuils est telle que la ligne de flottaison, considérée avec *un compartiment envahi par l'eau*, est au-dessous du seuil.

En se promenant dans l'appareil

Visiter, comme nous l'avons fait, cette grande machine de la proue à l'étambot, ou presque, laisse une expression extraordinaire.

Nous voici tout à fait à la proue. Par un vaste trou d'homme, nous émergeons d'un poste de manœuvre. Des appareils en quantité considérable. Deux ancres de forme étonnante (à la fois pelle et pioche) sont destinées à crocher aussi bien sur fonds rocheux que sur fonds de vase. Une ancre flottante, des filins en quantité, un treuil commandé par un petit moteur auxiliaire, un treuil à main en cas de panne du moteur, des leviers de guidage pour enrouler le câble correctement sur son treuil. Derrière ce poste de manœuvre, qui nous a paru remarquablement conçu et équipé, le poste de radiotélégraphie, puis celui du navigateur.

A la vérité, si le premier est très bien installé, l'emplacement du second ne nous paraît pas très heureux. Ses vues sont trop limitées. Nous croyons savoir qu'il ne s'agit que d'une installation provisoire nécessitée par le navigraphe utilisé à bord et qui ne permet pas de visées obliques. Dans peu de temps, quand le commandant Bonnot aura à sa disposition un autre navigraphe, le poste sera déménagé et installé à l'étage supérieur, immédiatement devant la cabine de pilotage, légèrement en contre-bas, et tout à l'avant du carénage vitré qui constitue l'avant de la cabine. Pour le moment, ce

poste est réservé au chef de bord et pourra être aménagé en chambre de veille. Il y aurait plus d'avantages à disposer celle-ci en bas, là où se trouvent en ce moment les appareils de navigation : navigraphe, chronomètres, boussoles.

Après avoir traversé les postes de radio, celui du navigateur (tel qu'il est actuellement placé), on débouche dans un espace qui nous a paru énorme : vingt fauteuils et tables pourront largement y trouver place. Puis, toujours en nous dirigeant vers l'étambot, seront aménagées six cabines de luxe avec deux couchettes et cabinets de toilette ; puis une immense cabine pour vingt-deux passagers assis, que nous pourrions considérer comme des passagers de deuxième classe ; de cette cabine-salon part un escalier en duralumin qui permet d'accéder à l'étage supérieur. Mais continuons notre visite à

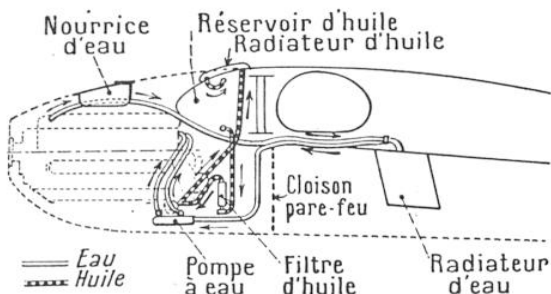


FIG. 3. — SCHÉMA DE LA CIRCULATION DE L'HUILE ET DE L'EAU DANS L'HYDRAVION GÉANT « LIEUTENANT-DE-VAISSEAU-PARIS »

l'étage inférieur. On trouve un emplacement très vaste destiné à recevoir un bar, un autre qui sera aménagé en cuisine, puis un lavabo, enfin une soute à bagages.

Passons au pont supérieur en nous servant de l'échelle intérieure qui relie le poste actuel du navigateur à celui du chef de bord. C'est là que se tiendra le capitaine de corvette Bonnot, commandant du bord. Nous passons ensuite, en gravissant quelques échelons, dans la cabine vitrée des pilotes. Installation classique et pratique. Vues bien dégagées ; deux sièges réglables à la main ; double commande naturellement. Demivolant et pédales de direction. En face des pilotes, une planche de bord simple : six compte-tours, deux altimètres.

Tous les thermomètres, manomètres sont disposés sur un tableau placé derrière les pilotes. Il y a là, à notre avis, une anomalie. Ne serait-il pas plus logique, puisqu'on ne saurait disposer devant eux un tableau aussi important, de placer celui-ci dans la chambre

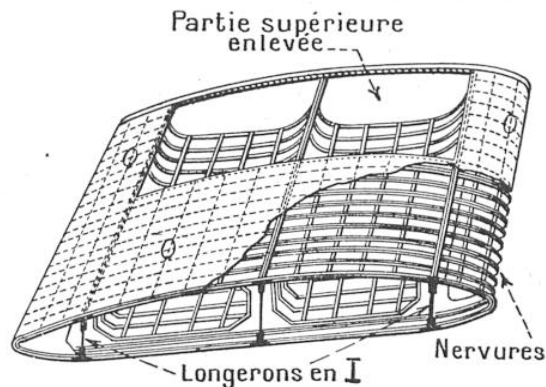


FIG. 4. — DÉTAIL DE CONSTRUCTION D'UNE NAGEOIRE DU « LATÉCOÈRE-521 »

des mécaniciens, située derrière le poste de pilotage ?

Parmi les mille et une « astuces » que comporte la construction d'un bâtiment de cette dimension, il en est une qui nous a paru remarquable.

Rassembler les commandes de six moteurs dans une même main constitue un petit problème délicat. La Maison Jaccotet a réalisé celui-ci de fort élégante façon. Les six manettes de gaz des moteurs peuvent naturellement être actionnées une par une, mais elles peuvent devenir solidaires à volonté d'une manette principale, levier en duralumin qui se trouve entre les deux pilotes. Celui-ci, pris à pleine mains, permet, en poussant d'arrière en avant ou inversement, de mettre les gaz ou de les réduire ; mais, si le même mouvement d'arrière en avant et inversement s'accompagne d'une torsion du poignet, les commandes des moteurs de bâbord et de tribord agissent différemment. Pour les manœuvres à flot en particulier, cette remarquable ingéniosité se révèle très précieuse.

Du poste de pilotage, on débouche dans celui du chef mécanicien. Poste vaste,

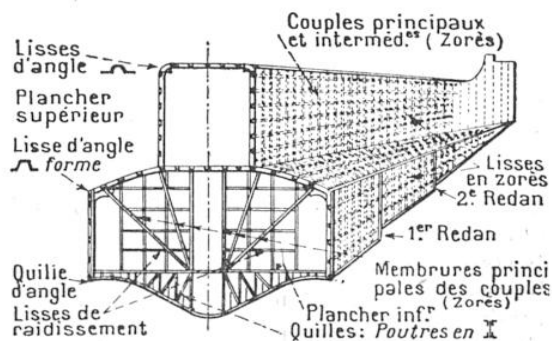


FIG. 5. — STRUCTURE DE LA COQUE DE L'HYDRAVION « LATÉCOÈRE-521 »

équipé de nombreuses pompes d'alimentation d'essence.

Des groupes motopompes à moulinet puisent l'essence dans les nageoires-soutes et alimentent, en marche, des nourrices situées dans l'aile. Le combustible passe ensuite dans des collecteurs, d'où il est distribué aux moteurs. Une pompe à main à gros débit (5.000 litres à l'heure) double les pompes auto régulatrices.

Dans un coin du poste, un petit moteur auxiliaire assure la mise en route des six « Hispano Y-B. R. S. » de 850 ch.

A droite et à gauche du poste débouchent deux couloirs ménagés dans l'épaisseur de l'aile et permettant d'accéder aux fuseaux moteurs.

Nous avons déjà dit que les moteurs sont disposés sous l'intrados de l'aile. Les deux groupes extrêmes comportent chacun un moteur tractif à l'avant du bord d'attaque ; les deux groupes centraux comportent chacun deux moteurs en tandem.

Le refroidissement de l'eau est assuré par six radiateurs fixés sous l'intrados de l'aile, contre les parois des bâtis-moteurs. Les réservoirs à huile sont disposés dans l'aile ; sur le bord d'attaque, pour les moteurs avant, entre les longerons d'aile, pour les moteurs arrière. Le refroidissement de l'huile est assuré par des radiateurs fixés sur l'extrados de l'aile, entre le réservoir d'huile et le moteur.

Sortant du poste des mécaniciens, on pénètre dans une vaste cabine qui peut être aménagée pour dix-huit passagers ; enfin, on se trouve dans une énorme soute à bagages.

L'envol

Au poids de 27 tonnes, déjaugeage et décollage s'effectuent avec une remarquable facilité, au milieu d'une gerbe d'eau impressionnante. Au régime de 1.700 tours, la

machine évolue très aisément. En principe, sa vitesse maximum au ras de l'eau doit être de 245 km-heure et sa vitesse de croisière de 230. A 2.000 mètres, altitude à laquelle la puissance des moteurs « 12 Y-B. R. S. » se trouve rétablie grâce au compresseur, la vitesse devait être de 262 km-heure. Il semble bien que les prévisions de vitesse seront dépassées, au moins en ce qui concerne la vitesse de croisière, 230 kilomètres. A 1.700 tours, les « 12 Y-B. R. S. » ont encore plus de 600 tours à donner pour fournir leur puissance maximum.

De l'amérissage, il n'y a rien à dire de particulier. L'appareil, moteurs fortement réduits, se pose relativement doucement.

En somme, essais très prometteurs et qui constituent, pour l'industrie aéronautique française, un véritable succès.

Les difficultés du retour

Si la délicatesse des manœuvres à l'eau prend, avec le *Lieutenant-de-vaisseau-Paris*, une importance considérable, que dire de la remontée sur le « slip » ?

Il faut placer le chariot, qui demeure au fond de l'eau, sous la coque et hisser le tout. Comme l'arrière de la coque (on hale l'appareil par la queue) pèse de tout son poids sur le chariot, alors que l'extrémité avant de la coque est encore dans l'eau, le chariot se cabre et... déraile. Il faut alors remettre la machine à flot et recommencer. Nous avons bien plaint M. Rescagnières et ses hommes, au cours de ces manœuvres si délicates réalisées avec des moyens de fortune.

En quittant Biscarosse, nous cherchions quel judicieux emploi on pourrait faire de ce bel instrument de propagande, trop grand pour l'Atlantique-Sud. La traversée de la Méditerranée ? L'Atlantique-Nord en deux étapes ? Ce seul problème mériterait toute une étude.

J. LE BOUCHER.

Un aviateur de guerre, le commandant Perrin de Brichambaut, vient de déclarer à un grand quotidien qu'en France nous manquons de masques inhalateurs pour les grandes altitudes (8.000 à 14.000 mètres), altitudes où demain combattront les avions. A de telles hauteurs, le baromètre n'accuse plus que 10 centimètres de mercure, le thermomètre marque — 55° C, et surtout — ce qui est grave pour l'organisme — la tension de l'oxygène est abaissée de 16 à 2 ! C'est alors qu'interviennent les inhalateurs d'oxygène. Or, nos masques actuels sont insuffisants : il faudrait porter leur débit de 350 litres-heure (à 10.000 mètres d'altitude) à au moins 600 litres (comme en Allemagne, en Italie, en Angleterre). Mais, en 1935, il est encore interdit à nos aviateurs de monter à plus de 7.500 mètres, et pour cause... Un jour viendra où nous aurons le scaphandre aérien et la cabine étanche ; mais, en attendant, ayons de bons masques inhalateurs pour nos pilotes.

UNE NOUVELLE ÉTAPE DU CINÉMA : LE RELIEF

Par Jean LABADIÉ

La projection cinématographique, depuis son origine (1895) jusqu'à ce jour, a certainement enregistré des perfectionnements appréciables. Par contre, jusqu'ici nous ne percevions que des images plates composées d'ombres échelonnées du blanc au noir. Parmi les deux grands problèmes qui restaient à résoudre, — le relief et la couleur, — le premier vient de recevoir une solution pratique, grâce à l'invention de M. Louis Lumière. Celle-ci s'apparente de la méthode des « anaglyphes » que nous avons décrite ici (1). Elle nécessite l'emploi de lunettes colorées, dont le spectateur doit se munir pour percevoir dans son cerveau (cellules sensorielles) l'image en relief. Certains objecteront que la nécessité de « chausser » des lunettes constitue une gêne qu'il aurait été évidemment préférable d'éviter, mais nous n'avions pas le choix. Ou bien il fallait faire sur l'écran la synthèse des images stéréoscopiques — ce qui aurait entraîné une complication pratiquement irréalisable, — ou bien il fallait faire la synthèse dans les yeux du spectateur, grâce à l'emploi de verres filtrants. C'est ce dernier procédé, le plus pratique, que l'éminent inventeur du cinéma, M. Louis Lumière, a choisi. Ce n'est peut-être qu'une étape, mais c'est certainement un remarquable progrès. Nous verrons mieux un jour, en attendant le film en couleurs qui n'est pas encore au point.

PEU de savants, sans doute, ont eu le bonheur de parfaire un cycle aussi harmonieux que la carrière d'inventeur de M. Louis Lumière. Le père incontesté du cinématographe vient, en effet, de rénover la technique de la prestigieuse lanterne magique. Il a doté sa projection lumineuse d'une troisième dimension, d'une perspective. L'image, qui, jusqu'à présent, n'était que plane malgré ses riches contrastes, va donc apparaître réellement « en relief ».

M. Lumière ayant bien voulu nous recevoir dans son laboratoire de Neuilly et nous offrir, quelques jours avant leur présentation à l'Académie des Sciences, une projection des films qu'il avait préparés pour cette démonstration, nous devons tout d'abord assurer nos lecteurs de la pleine réussite pratique obtenue par le savant. L'effet est réellement saisissant. Sous le projecteur cinématographique, l'écran prend l'aspect d'une fenêtre subitement ouverte, dans le mur, sur un paysage extérieur. Les chambranles de cette baie demeurent absolument noirs et la seule chose que l'œil ne comprenne pas, c'est qu'aucun rais de lumière ne pénètre de l'extérieur dans la salle. Mais ce désaccord de l'illusion perspective avec la réalité n'est que passager. Bientôt, on oublie la salle pour voler, par la pensée, à travers la troisième dimension de l'écran, la profondeur.

Voici venir, du lointain de cette profon-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 55, page 279.

deur, une locomotive. Nous sommes sur le quai d'une gare. Les voyageurs vont et viennent. Nous nous levons et marchons vers l'écran : la perspective persiste. Nous allons nous mêler à cette foule aimable en mal de départ sur la Côte d'Azur. Les personnages qui entrent dans le champ de projection semblent jaillir de l'ombre où nous sommes plongés ; ils nous ont frôlés sans s'excuser. Le train stoppe. On se précipite : une voyageuse nous heurte de sa valise. Mais cette valise ne laisse d'autre trace qu'une ombre fugitive sur notre main tendue à travers le faisceau de lumière. Nous sommes au pays des fantômes.

Ces fantômes, vêtus à la mode de 1935, nous nous souvenons de les avoir déjà vus, exactement dans le même cadre, mais habillés comme en 1895, dans le premier film qui fut présenté au public, en décembre, dans les sous-sols du Café Anglais, à Paris. Les visages n'étaient pas les mêmes, ni la locomotive, ni le train, ni le chef de gare ; seul, l'opérateur était le même, M. Louis Lumière « tournant » en personne, sur le quai de la gare de La Ciotat, la manivelle de l'appareil qu'il a mis au monde et dont est née la seconde industrie du globe, après celle de l'acier.

L'image de 1895 était plate et sautillante. Celle de 1935 présente, en plus de tous les autres perfectionnements, le relief, la perspective. Tel est le cycle parfait de la carrière du savant, que j'évoquais en débutant :



FIG. 1. — LE FILM DU CINÉMATOGRAPHE STÉRÉOSCOPIQUE « LOUIS LUMIÈRE »

Le film défile horizontalement devant le double objectif. Les deux images constituant le « couple stéréoscopique » (c'est-à-dire destinées à l'œil droit et à l'œil gauche) sont superposées dans le sens de la largeur. Ceci, qui peut gêner la production cinématographique standard, peut être aisément corrigé par un redressement optique au moyen du « prisme de Wollaston », qui fait tourner de 90° les images vues à travers sa masse.



FIG. 2. — DEUX IMAGES SUPERPOSÉES D'UN MÊME COUPLE STÉRÉOSCOPIQUE, EXTRAITES D'UN FILM « LUMIÈRE » DONNANT LA SENSATION DU RELIEF

La distance de deux points homologues de l'une et de l'autre image est d'environ 1 cm 1/2. Mais cette distance n'est pas agrandie par la projection. Elle reste, au contraire, la même jusque sur l'écran de la salle, où elle ne dépasse pas l'ordre de la « définition » admise pour un « point » d'image cinématographique.

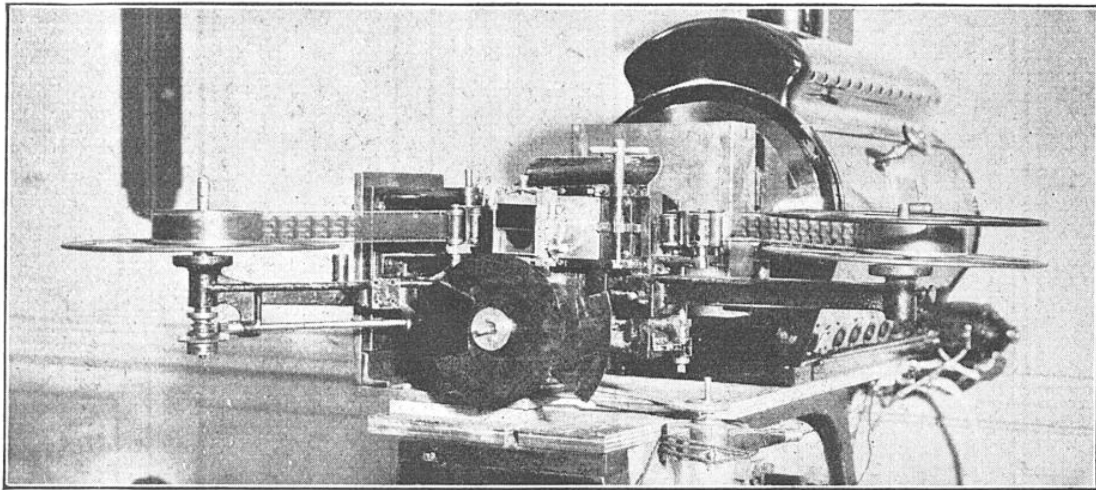


FIG. 3. — L'APPAREIL DE PROJECTION CINÉMATOGRAPHIQUE « LOUIS LUMIÈRE »

On aperçoit le film à déroulement horizontal, ainsi que l'écran bicolore (petits rectangles noirs masquant les deux objectifs jumelés au centre de la photographie). Le reste de l'appareil est classique.

son invention maîtresse rénovée à quarante ans de distance. Il ne reste plus qu'à revoir tout ceci en couleurs. Nous en reparlerons.

Pour l'instant, le mirage a cessé ; le film est terminé. Le laboratoire s'illumine. Alors seulement, nous apercevons l'écran à 2 mètres de notre nez... De notre nez chaussé d'un lorgnon bicolore, auquel nous ne pensions plus guère, tant il était léger, peu fatigant pour notre rétine.

Tel est le résultat pratique. Nous verrons quelles difficultés spéciales, d'ordre scientifique, ont dû être surmontées pour l'obtenir. Toutefois, comme nos lecteurs désirent certainement prendre une vue générale de la question des projections cinématographiques en relief, il nous faut exposer ce problème dans son ensemble, afin de délimiter ses possibilités.

Deux voies seulement sont ouvertes à la recherche des projections stéréoscopiques

Ainsi que le disait récemment le docteur Herbert-E. Ives, dans une conférence faite à des spécialis-

tes américains, il n'y a place que pour deux ordres de recherches en matière de projection stéréoscopique. Expliquons-nous.

Le problème consiste à distribuer deux images distinctes à un grand nombre d'yeux. Ces deux images, qui forment le « couple stéréoscopique » classique, doivent correspondre : l'une à la vision de l'objet par l'œil droit, et l'autre à la vision simultanée du même objet par l'œil gauche. Ainsi se trouve reconstituée l'illusion de la *vision binoculaire réelle*, hors de laquelle il est vain de rechercher autre chose que des *pseudo-sensations* de relief. Il est inutile

d'imaginer des écrans courbes, avec ou sans échelons ; l'impression de relief donnée aux spectateurs par ces moyens — et seulement pour certaines vues particulières (notamment quand les premiers plans coïncident avec les bords de l'écran, s'il est concave ; avec son centre, s'il est convexe) — ne dépassera jamais en exactitude, ni surtout en esthétique, celle qu'obtiennent aujourd'hui les studios par leur science

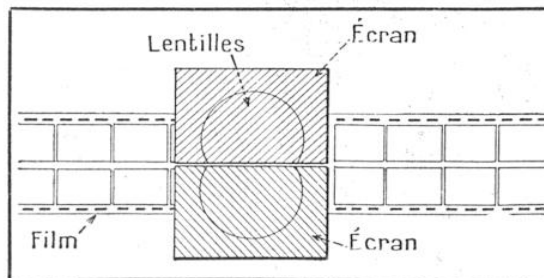


FIG. 4. — LA FORME DES DEUX OBJECTIFS JUMELÉS MASQUÉS PAR LEURS ÉCRANS, BLEU ET JAUNE, ET LE FILM TEL QU'IL DÉFILE DERRIÈRE CHACUN D'EUX

Les deux écrans colorés sont figurés par les rectangles couvrant chacun l'une des deux lentilles. Celles-ci sont réduites à des trois quarts de cercle, afin de rapprocher leurs axes optiques en vue de l'effet signalé dans le schéma ci-après.

des contrastes lumineux. Science qui relève, nous l'avons vu ici, de la « sensitométrie » appliquée aux émulsions photographiques (1). Quoi qu'on fasse, quoi qu'on invente, la sensation de relief ne sera jamais totale que si le procédé employé restitue à chaque œil l'image qui lui revient en propre dans la vision à trois dimensions. Le problème se résume bien, comme le dit le docteur Herbert-E. Ives, à distribuer deux images distinctes à autant de paires d'yeux que l'on compte de spectateurs dans la salle.

Ce problème, il n'y a que deux moyens de le résoudre. Comme les « couples d'images stéréoscopiques » distribuées sont, par définition, innombrables, il faut choisir. Ou bien établir l'écran de telle manière qu'il offre directement à chaque œil de chaque spectateur celle des deux images couplées qui lui est destinée, — et, dans ce cas, les yeux demeurent libres, tandis que c'est l'écran qui doit être chargé du « truquage ». Ou bien projeter sur l'écran un seul couple d'images que chaque spectateur devra sélectionner par des moyens individuels, c'est-à-dire par un *binocle sélecteur*. Le dilemme est donc

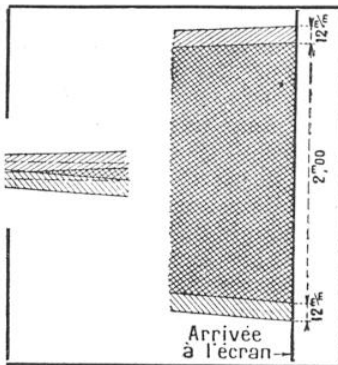


FIG. 5. — LES DEUX FAISCEAUX COLORÉS (JAUNE ET BLEU) CONSERVENT, SANS L'ACCENTUER, LE DÉCALAGE MINIMUM ET INÉVITABLE QUI LEUR EST ASSIGNÉ AU DÉPART PAR LA DISTANCE SÉPARANT LES AXES OPTIQUES PRINCIPAUX DES DEUX OBJECTIFS UTILISÉS

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 166, page 297.

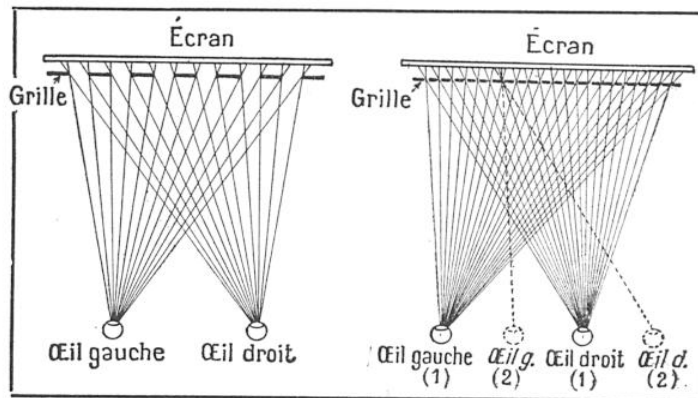


FIG. 6. — LE PRINCIPE DU PANORAGRAMME « A PARALLAXE » DU DOCTEUR AMÉRICAIN HERBERT-E. IVES

A droite : l'effet de « photographie intégrale » inventé par Lippmann ; par des trous d'épingles, il se forme, sur l'écran sensible, une infinité d'images que chaque œil du spectateur analyse ensuite pour son propre compte, ne prenant en principe qu'un seul point par image élémentaire, l'ensemble de ces points réalisant, sous toutes les incidences, le couple stéréoscopique. — A gauche : l'effet de vision panoramique sur l'écran de Ives ; les espaces ménagés à la vision ne sont plus des trous d'épingles, mais les larges intervalles d'une grille à bandes simplement verticales (voir schéma suivant).

thode, par laquelle il obtient des résultats indéniables, mais qui ne dépasseront vraisemblablement pas les murs du laboratoire.

Le « panoragramme à parallaxe » du docteur Herbert-E. Ives, ou le cinéma en relief sans binocles

Le dilemme posé en principe par le docteur Ives se posait également pour la simple photographie en relief, dont la solution « stéréoscopique » (binoculaire) est vieille d'un siècle. Mais le savant français Gabriel Lippmann, premier inventeur de la photographie chromatique, rechercha également et réalisa la photographie en relief, qu'il baptisa d'« intégrale ». Il divisait la plaque sensible en une multitude de lentilles cellulaires dont la face postérieure était recouverte d'émulsion sensible.

Chaque lentille forme pour son compte une image complète de l'objet. Regardée dans n'importe quel sens, à une certaine distance, la plaque ainsi préparée (et transformée en cliché positif par des moyens que nous laisserons de côté) restitue à l'œil l'illusion du contour et de l'épaisseur de l'objet. L'œil n'aperçoit, en effet, dans chaque lentille, qu'un seul point de l'image individuelle « contenue » dans cette cellule. Et le déplacement de l'œil relativement à la plaque a pour effet de varier les points aperçus, — variation dont l'ensemble cor-

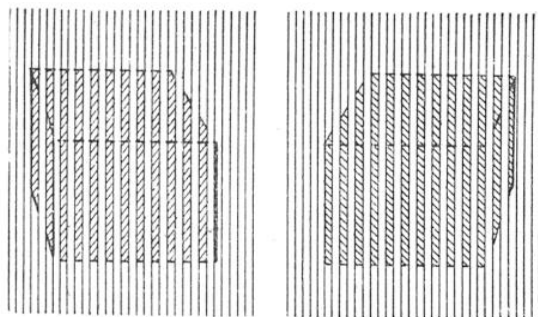


FIG. 7. — UN « COUPLE STÉRÉOSCOPIQUE » DESTINÉ A L'ÉCRAN « IVES »

A gauche : un cube vu par l'œil gauche. A droite : le même cube vu par l'œil droit. Cet ensemble forme le « couple stéréoscopique ». L'une et l'autre images sont découpées en un grand nombre de minces bandes verticales complémentaires.

respond précisément à celle qu'éprouve un spectateur tournant autour de l'objet qu'il regarde dans un secteur limité.

Puisant dans cette technique une idée remarquable, le docteur Ives considère qu'un écran mural, visant à donner la même illusion de relief que la photographie intégrale, peut remplacer les lentilles cellulaires par de longs prismes verticaux juxtaposés dont les faces antérieures et postérieures seront courbées cylindriquement. L'écran « côtelé » ainsi réalisé, peut être utilisé par transparence, de manière que chaque prisme reçoive, sur sa face postérieure, les éléments d'une image qui sera vue, en forme de « panorama », par les divers spectateurs placés devant l'autre face de l'écran. Mais les yeux de ces spectateurs forment des couples de « points de vue ». Chaque œil jouit d'un rayon visuel propre dont l'incidence sur l'écran diffère de celle de l'autre rayon visuel. Cette différence d'incidence des deux regards permet, en conséquence, d'attribuer à chacun d'eux une image spéciale et de reconstituer par conséquent, à leur intention, le couple d'images stéréoscopiques.

Le fait d'avoir remplacé les lentilles cellulaires de Lippman par des baguettes prismatiques transparentes interdit de songer à fournir une image complète par baguette, — cela n'aurait pas de sens en optique. Par

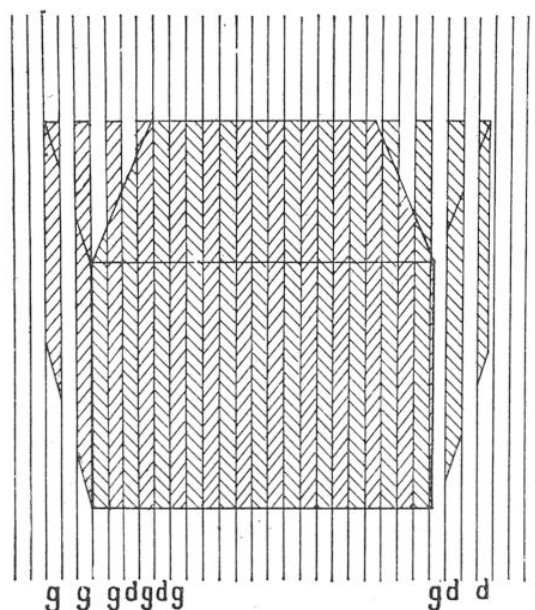


FIG. 8. — LES DEUX IMAGES DU COUPLE PRÉCÉDENT SUPERPOSÉES SUR L'ÉCRAN « IVES »

Si le spectateur regarde l'écran à travers une grille convenablement disposée, celle-ci masque à l'œil gauche les images destinées à l'œil droit et réciproquement. La séparation des deux images par cette grille entraîne la vision stéréoscopique.

contre, on peut très bien obtenir une seule image couvrant l'ensemble de l'écran, et une image dont l'aspect varie pour chaque « point de vue », c'est-à-dire suivant l'incidence du regard sur la face cylindrique de chaque prisme. Pour cela, il suffira (au moins en théorie simplifiée) de découper les images

du couple stéréoscopique en une multitude de lanières verticales et de faire alterner, derrière les baguettes cristallines hémicylindriques, une bande de l'image droite et une bande de l'image gauche. Un spectateur borgne se déplaçant latéralement à l'écran ainsi monté, verra l'image totale « tourner », comme disent les peintres, pour exprimer la sensation de « volume ». Et les deux yeux d'un spectateur normal et immobile verront deux images différentes suivant la distance du spectateur à l'écran et l'écartement de ses yeux. L'ensemble de ces facteurs constitue la « paral-

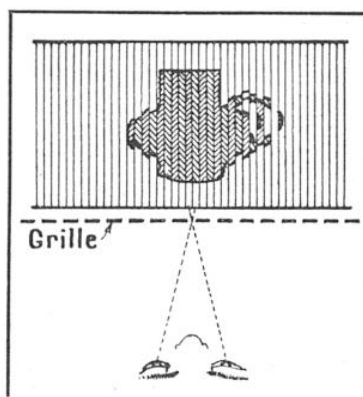


FIG. 9. — SYNTHÈSE DES SCHÉMAS PRÉCÉDENTS : LE SPECTATEUR, LA GRILLE ET L'ÉCRAN (THÉORIQUES) DANS LE SYSTÈME « IVES »

laxe » stéréoscopique du spectateur considéré.

Nous n'entrerons pas dans la description des procédés optiques employés pour obtenir ces images et les projeter (1). Nous nous contenterons de présenter des schémas simplifiés (empruntés au docteur Ives lui-même), dans lesquels des *grilles* remplacent le système optique des baguette réfringentes. Ces schémas suffisent pour bien comprendre le mécanisme du « panoramagramme à parallaxe » de l'inventeur américain, et en quoi il diffère (tout en s'en inspirant) de la photographie intégrale de Lippmann.

Mais, parvenus à ce point, nous ne possédons que la théorie de la projection en relief

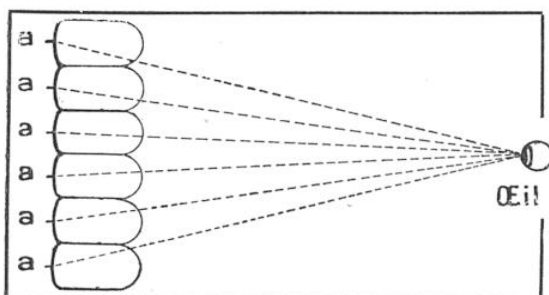


FIG. 10. — LA RÉALISATION DU DOCTEUR IVES EN PROJECTION FIXE

Au lieu de grilles, il utilise des baguettes de cristal dont voici la coupe et les trajets schématisés qu'elles imposent aux différents rayons visuels d'un même œil. L'effet de « séparation » des bandes photographiques élémentaires confiées à chaque baguette verticale équivaut (sous certaines conditions de préparation optique de l'image totale) à celui que procurent théoriquement les grilles.

d'une image *fixe*. Il faut atteindre à la projection cinématographique, c'est-à-dire réaliser une succession rapide de projections fixes.

Le problème est ardu. On peut imaginer un premier schéma comportant toute une série d'appareils de projection éclairant simultanément un écran translucide à travers une première grille, tandis que le spectateur contemple l'écran par l'autre face, et à travers une seconde grille. Si les caméras de prise de vue, en même nombre que les appareils de projection, ont fourni à chacun de ceux-ci le film dont la perspective correspond à sa position devant l'écran, et si l'on projette simultanément tous ces films, la première grille divise cette projection glo-

(1) Rappelons, pour mémoire, que le docteur Herbert-E. Ives photographie l'objet à travers une grosse lentille superposée à un écran côtelé semblable à l'écran de projection. Ensuite, des remaniements optiques complexes lui permettent de projeter le cliché.

bale en une multitude de bandes verticales qui iront alimenter à travers l'autre grille placée sur l'autre face de l'écran panoramique du docteur américain Herbert-E. Ives

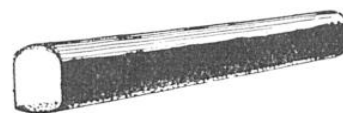


FIG. 11. — L'UNE DES BAGUETTES DE CRISTAL QUI, JUXTAPOSÉES VERTICALEMENT, FORMENT L'ÉCRAN PANORAMIQUE DU DOCTEUR AMÉRICAIN HERBERT-E. IVES

translucide : les unes, l'œil droit, les autres, l'œil gauche du spectateur. Celui-ci éprouvera donc la vision « tournante » dont nous avons expliqué le mécanisme optique en vue fixe, et comme cette fois, l'ensemble des films change cette vue fixe de 16 à 20 fois par seconde, l'effet cinématographique est obtenu en même temps que celui du relief.

En disposant sur un disque en rotation rapide un certain nombre de clichés cinématographiques convenablement établis, le docteur Ives a réussi l'exécution du cinéma en relief sans avoir à mettre en jeu plusieurs projecteurs. Inutile de dire que cette exécution est limitée à un écran très exigü.

Simple curiosité de laboratoire.

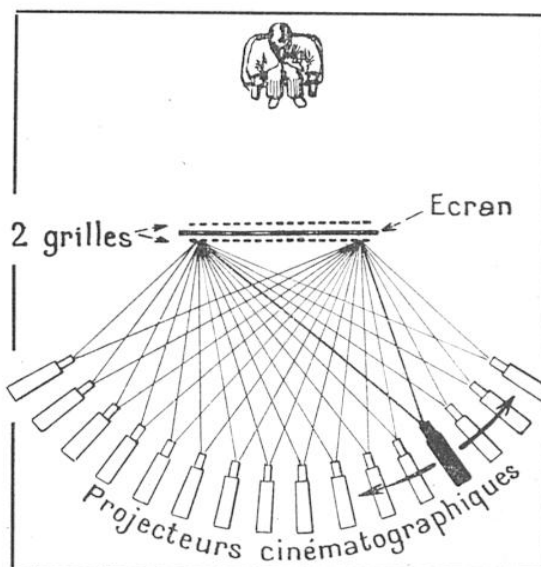


FIG. 12. — PRINCIPE DE LA PROJECTION CINÉMATOGRAPHIQUE EN RELIEF DU DOCTEUR IVES

Cette réalisation exige l'intervention d'un grand nombre d'appareils projetant, sur un écran translucide, à travers une grille, autant d'images filmées en synchronisme et en homothétie spatiale au studio. Derrière l'écran translucide, le spectateur rétablit la distinction d'une image stéréoscopique (droite et gauche) pour chacun de ses yeux, quelle que soit sa position, d'après l'ensemble des vues « circulaires » obtenues au moyen de caméras multiples.

Le cinéma en relief avec binocles

La seconde méthode prévoit, avons-nous dit, la *projection simultanée*, sur un écran ordinaire, des deux images formant le couple stéréoscopique, et leur séparation par un système binoculaire individuel.

Signalons seulement les principales tentatives effectuées à ce jour.

On peut faire alterner sur l'écran, la première et la deuxième image du couple. Dans ce cas, un système obturateur, *synchrone de l'alternance assignée à la projection*, obture tour à tour l'un et l'autre des regards droit et gauche, afin d'interdire à chacun d'eux l'image qu'il ne doit pas voir. Système théoriquement impeccable, mais qui oblige à équiper toute une salle à la manière d'une usine. MM. Gaumont et de Lostalot ont, jadis réalisé, dans cette voie, une expérience très réussie.

Autre méthode de sélection des images : celles-ci sont projetées simultanément, mais en *lumière polarisée*. L'œil droit (grâce à un analyseur convenable) ne reçoit que la lumière polarisée suivant un axe horizontal. L'œil gauche reçoit seulement la lumière polarisée, suivant un axe vertical. Chaque œil ayant sa lumière propre, il semble que chacun puisse recevoir, de la sorte, une seule image. Hélas ! la réflexion sur un écran non métallique « dé-polarise » la lumière. Et la confusion des images s'ensuit.

Il ne reste plus qu'à mettre en jeu des couleurs complémentaires afin de projeter, sans les confondre, les images du couple stéréoscopique. Muni d'un binocle à filtres colorés, également complémentaires, le spectateur recevra dans chacun de ses yeux l'image qui lui revient. C'est la méthode que M. Louis Lumière vient de porter à un degré de perfectionnement que l'on peut juger définitif. Il nous reste à l'exposer avec quelque détail.

Le procédé de M. Louis Lumière

Retournons donc au studio de l'inventeur. Nous tenions en mains le binocle à deux

verres (l'un bleu, l'autre jaune) grâce auquel nous avons eu l'inoubliable vision animée dans l'espace à trois dimensions.

Appliqués aux deux objectifs qui projettent, en *superposition*, les images du couple stéréoscopique, les filtres bleu et jaune additionnent, sur l'écran, leurs lumières colorées en une lumière résultante *blanche*.

Appliqués aux deux yeux, les mêmes écrans restituent à chacun l'image qui lui revient dans le couple. Les centres nerveux font jaillir de cette double sensation l'illusion de perspective recherchée.

Ce n'est pas là le procédé des « anaglyphes », comme toute la presse l'a écrit au lendemain de la présentation officielle du film. M. Louis Lumière, en ce qui me concerne, a particulièrement insisté pour éviter cette erreur (capitale à ses yeux) aux lecteurs de *La Science et la Vie*. La projection par *anaglyphes* — dont le principe fut énoncé pour la première fois par Ducos de Hauron (1891) et pratiqué par Vuibert pour faire « voir dans l'espace », aux étudiants, les figures de géométrie — procède par encrage coloré de deux clichés destinés à la double projection simultanée. Les encres étant de couleurs complémentaires, les deux images couplées se projet-

tent donc, elles aussi, en couleurs complémentaires. Mais, lors de son retour à l'œil qu'elle concerne, chaque image apparaît *en noir*, parce que cet œil doit être masqué par un verre de la couleur complémentaire inverse de celle affectée à l'image. En d'autres termes, les *images anaglyphiques se construisent par soustraction* (à travers les écrans oculaires) *des lumières colorées sous lesquelles sont projetées les images*.

Le processus de la synthèse stéréoscopique, dans le procédé Lumière, est exactement inverse. L'image jaune figurant, par exemple, la projection stéréoscopique gauche, parvient intégralement à l'œil gauche placé du côté jaune du binocle. Et, de même, l'image bleue, figurant la projection stéréoscopique droite, arrive bien en bleu à l'œil masqué de bleu.

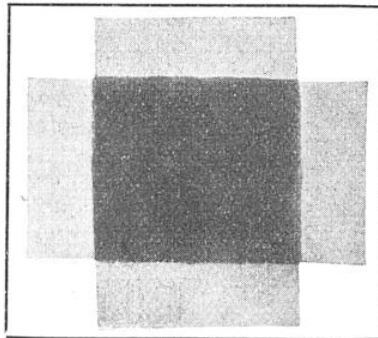


FIG. 13. — LA QUALITÉ PARFAITEMENT « COMPLÉMENTAIRE » DES DEUX COULEURS ATTRIBUÉES AUX ÉCRANS « LUMIÈRE »

Elle est démontrée par l'absorption mutuelle totale des lumières qu'ils filtrent respectivement. Utilisés en binocle bicolore, les écrans restituent donc à la perception du spectateur une synthèse de la lumière « blanche » utilisée dans le projecteur. L'intensité de cette lumière est seulement amoindrie, ce qui n'est qu'un petit inconvénient.

— Ce n'est qu'une question d'inversion, objecterez-vous. Pourquoi l'expression « anaglyphes », inventée par Ducos de Hauron à propos du premier procédé, ne s'appliquerait-elle pas aussi bien au second, qui fut indiqué par Almeida dès 1855 ?

— Sans doute. Et M. Louis Lumière est le premier à faire observer (dans son brevet) que l'inversion est *théoriquement* valable. Mais, si l'on veut rendre hommage au labeur du savant et honorer en connaissance de cause les résultats *pratiques* qu'il a obtenus et qui nous vaudront bientôt le cinéma stéréoscopique dans les salles publiques, il faut préciser que son succès, *d'ordre chimique, et uniquement chimique*, permet de réaliser la conception d'Almeida, bien qu'elle soit la plus ancienne, tandis que la conception de Ducos de Hauron reste, jusqu'à nouvel ordre, dans le domaine théorique — après un succès éphémère et très limité, relevant de la simple curiosité. Le procédé chromatique *physique* de reconstitution des images stéréoscopiques dans les yeux du spectateur est, d'ailleurs, une banalité à laquelle M. Louis Lumière ne saurait attacher aucune importance.

Voici, par contre, l'essentiel du travail de l'éminent chimiste spécialiste (doublé, naturellement, d'un non moins savant physicien) auquel nous devons déjà la photographie autochrome.

Chimie et lumière

Mieux que la discussion théorique, un exemple concret fera ressortir les insuffisances du procédé jusqu'ici connu sous le nom d'« anaglyphes » — et qu'il s'agissait précisément de tourner.

Si nous exceptons les figures géométriques tracées à l'encre rouge et verte par Vuibert, pour nous en tenir aux tentatives réellement *photographiques*, on peut dire que la réussite la plus remarquable en la matière, nous fut offerte, il y a quelques années, par *L'Illustration*. Grâce à l'emploi de deux sortes d'encre aux couleurs complémentaires, dont la préparation n'alla pas sans peine, notre grand confrère put offrir à ses lecteurs quelques pages d'anaglyphes, sous forme d'images doubles superposées dont le *décalage* présentait à peu près l'aspect de celui qui ressort de la superposition (représentée fig. 2) d'une paire de clichés stéréocinématographiques actuels, de M. Lumière. Muni d'un binocle rouge et vert, le lecteur parvenait à voir, *dans l'espace*, la profondeur d'un boîtier de montre garni de tous ses rouages, la distance qui sépare les

ailes des pattes d'une mouche posée sur un grain de sucre agressif d'altitude (car le procédé permet d'exagérer à plaisir le relief en accroissant la « parallaxe », ou, si vous préférez, l'écartement des deux objectifs photographiques). Mais l'effet n'était pas obtenu sans quelque effort d'adaptation visuelle. En attendant que cet effort réussît à donner l'illusion attendue, on apercevait les deux images chevauchant. Pourquoi ?

Parce que les teintures choisies pour les encres et pour les écrans visuels n'étaient pas suffisamment « sélectives » (1). En langage scientifique, leurs *spectres d'absorption* respectifs chevauchaient, en sorte que l'œil gauche recevait un peu (en intensité) de l'image destinée à l'œil droit, et, réciproquement, l'œil droit, un peu de l'image destinée à l'œil gauche. Un sérieux effort de « volonté » — c'est-à-dire d'attention dirigée — arrivait à parfaire la *sélection insuffisante des images* et le relief apparaissait brusquement. Le tour de force n'en était pas moins remarquable pour des maîtres-imprimeurs.

Mais, fût-il à la portée des techniciens du film, le public d'une salle ne saurait s'en contenter. D'ailleurs, s'il n'existe pas d'encre de couleurs complémentaires à spectres d'absorption nettement tranchés, il n'existe pas davantage de « teintures » répondant à ces mêmes conditions, pour colorer les images photographiques d'un film dont les contours et les ombres dépendent, en fin de compte, des sels d'argent de l'émulsion sensible. Des projections réalisées par cette méthode, qui serait alors strictement celle des anaglyphes, aboutiraient à un fiasco spectaculaire évident : l'illusion du relief, à supposer que le spectateur y atteignît par l'attention forcée serait fugace. On comprend mieux, dans cette voie, cette réalisation, tout épisodique, des music-hall qui se contentent de projeter les ombres chinoises bicolores d'un objet placé à l'intersection de deux faisceaux projecteurs de lumières complémentaires. Le spectateur, muni de son binocle bicolore, voit alors réellement une *silhouette noire* suspendue *dans l'espace*. Mais ce n'est là qu'un jeu, une « attraction ».

D'ailleurs, une séance de cinéma dure plus ou moins longtemps, et cette circonstance aggrave les insuffisances de toute projection chromatique, anaglyphique ou non. Une difficulté supplémentaire apparaît, en effet,

(1) La sélection ne pouvant d'ailleurs jamais donner son effet intégral dans le cas d'une impression sur papier. Ceci dérive de la différence théorique fondamentale qui sépare les couleurs pigmentaires des couleurs transparentes.

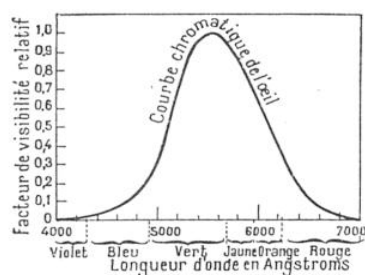


FIG. 14. — LA COURBE DE GIBSON ET TYNDALL, QUI EXPRIME LA SENSIBILITÉ DE L'ŒIL AUX DIFFÉRENTES LONGUEURS D'ONDES DU SPECTRE

partenaire doté de la vision verte.

En résumé, la projection bicolore doit : 1° être aussi parfaitement *sélective* que possible, et cela dépend du « spectre » d'absorption des matières colorantes utilisées ; 2° procurer une vision *équilibrée*, en distribuant à chaque œil une bande spectrale représentant la même quantité d'énergie lumineuse. Et par « énergie lumineuse », nous entendons, non le mot au sens purement objectif des physiciens (qui, d'ailleurs, sont bien en peine de définir l'énergie absolue de la lumière), mais, en l'espèce, le « travail » physiologique de l'œil, en vertu des réactions de la rétine à la lumière, réactions qui diffèrent avec les diverses longueurs d'ondes du spectre visible.

La courbe empirique de ces réactions a été tracée, voilà bien longtemps, par Gibson et Tyndal. Elle montre (voir le schéma ci-dessus) que la sensibilité de l'œil passe par un maximum quand la lumière excitatrice est un jaune de 5.500 angströms. Elle décroît ensuite, de part et d'autre de ce maximum, jusqu'aux limites du spectre visible, — mais cette décroissance n'est pas symétrique, en sorte que l'aire du diagramme (représentant l'énergie utilisée par la rétine) est sensiblement plus grande du côté bleu que du côté rouge.

Cette simple considération montre que, si l'on désire distribuer l'énergie d'un faisceau de lumière blanche par quantités égales à chacune des deux rétines (condamnées, l'une au rouge, l'autre au vert, ou l'une au bleu, l'autre au jaune, les couleurs complémentaires offrant un choix illimité), il convient de recher-

cher des filtres colorés qui, tout en respectant la condition de complémentarité, essentielle en l'espèce, distribuent à chacun des deux yeux une égale portion du diagramme de Gibson et Tyndall.

Les spectres d'absorption de ces deux substances devront couvrir, ensemble, toute la surface de Gibson, tout en la divisant suivant des frontières aussi nettes que possible. Autrement dit, les substances répondant à la condition précédente devront posséder un grand pouvoir sélectif. Le problème est géométriquement déterminé comme l'indique la figure ci-dessous.

Après plusieurs années de recherches, jouant une sorte de puzzle chimique, sans cesse défait et rajusté, avec un très grand nombre de substances colorantes (dont il devait calculer la concentration, tout en ayant l'œil sur le spectroscope), M. Louis Lumière est parvenu à ajuster son puzzle de manière définitive. Les substances choisies sont, « du côté bleu » (soit dit par abréviation) : le cyanol et une solution de saccharéine du diathylmétamidophénol, l'un et l'autre colorant étant supportés par un verre (gélatiné) distinct, afin de les garantir d'une décomposition qu'amènerait leur affinité chimique mutuelle. « Du côté jaune » (longues ondes du spectre), M. Lumière a composé un mélange d'éosine, de tartrazine et de vert naphthol.

Le résultat pratique apparaît sous la forme de deux écrans dont l'un est *bleuâtre*, l'autre *jaune*. Leur complémentarité est aisée à vérifier ; placés devant l'un et l'autre œil, ils fournissent une vision des couleurs en leur état naturel, grâce à la synthèse psychologique bien connue.

En réalité, les bandes d'absorption afférentes à chacune de ces substances sont plus

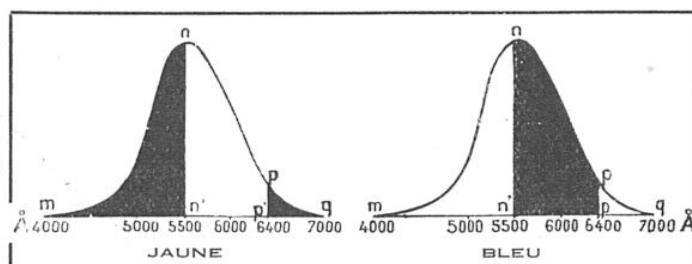


FIG. 15. — COMMENT LES MÉLANGES CHIMIQUES DE M. LOUIS LUMIÈRE ASSURENT L'ÉGALE RÉPARTITION DE L'ÉNERGIE LUMINEUSE A CHACUN DES DEUX YEUX. Chacun des deux écrans masque l'aire de la courbe de Gibson et Tyndall, comme l'indique la disposition ci-dessus du noir et du blanc. Sur la figure de gauche, l'aire blanche correspond à l'écran jaune. A droite, elle correspond à l'écran bleu.

complexes que ne le laisserait croire le *résultat global* atteint par leur répartition sur les écrans colorés, résultat que matérialisent les graphiques figure 15 communiqués par l'inventeur. On comprend que celui-ci ne divulgue pas les *spectrogrammes détaillés*, dont la juxtaposition constitue la solution proprement dite du problème de la vision stéréoscopique physiologiquement équilibrée.

Au bout d'une demi-heure de spectacle sous le lorgnon bicolore de M. Lumière, nos yeux n'éprouvaient aucune fatigue. Nous avions oublié cet accessoire.

D'autre part, à aucun moment, la vision n'est troublée par le chevauchement des images. Donc, le pouvoir sélecteur des substances utilisées assure convenablement la séparation du couple stéréoscopique.

La nouvelle fantasmagorie du cinéma en relief ne procède pas, on le voit, de l'ingéniosité mécanique ni même, comme dans les tentatives pénibles du docteur Ives, que nous avons signalées, d'une ingéniosité opticienne. Elle est tout entière due, comme celle des parfums et des couleurs, à la science subtile du chimiste.

La chimie a créé l'automobile et l'aviation modernes, par ses matériaux spéciaux, et même le phonographe et le film sonore, par les supports offerts à leurs enregistrements. Elle créera la télévision par les électrodes sans cesse plus sensibles qu'elle donne à la cellule photoélectrique.

Ainsi, grâce à la chimie moderne, « Les formes, les couleurs et les sons se répondent. »

La grossière mécanique passe à l'arrière-plan. L'homme ne peut plus se contenter d'agencer la matière. Il faut maintenant qu'il la « pense » à travers des formules qu'irise, d'autre part, l'arc-en-ciel du spectroscope.

Aurons-nous bientôt le cinéma en relief et en couleurs ?

Les écrans de M. Louis Lumière laissent intacte, disons-nous, la vision des couleurs. Mais le filtrage du faisceau projecteur devant les objectifs, aggravé du filtrage des rayons réfléchis retournant aux yeux, se traduit par une perte de lumière d'environ 75 %.

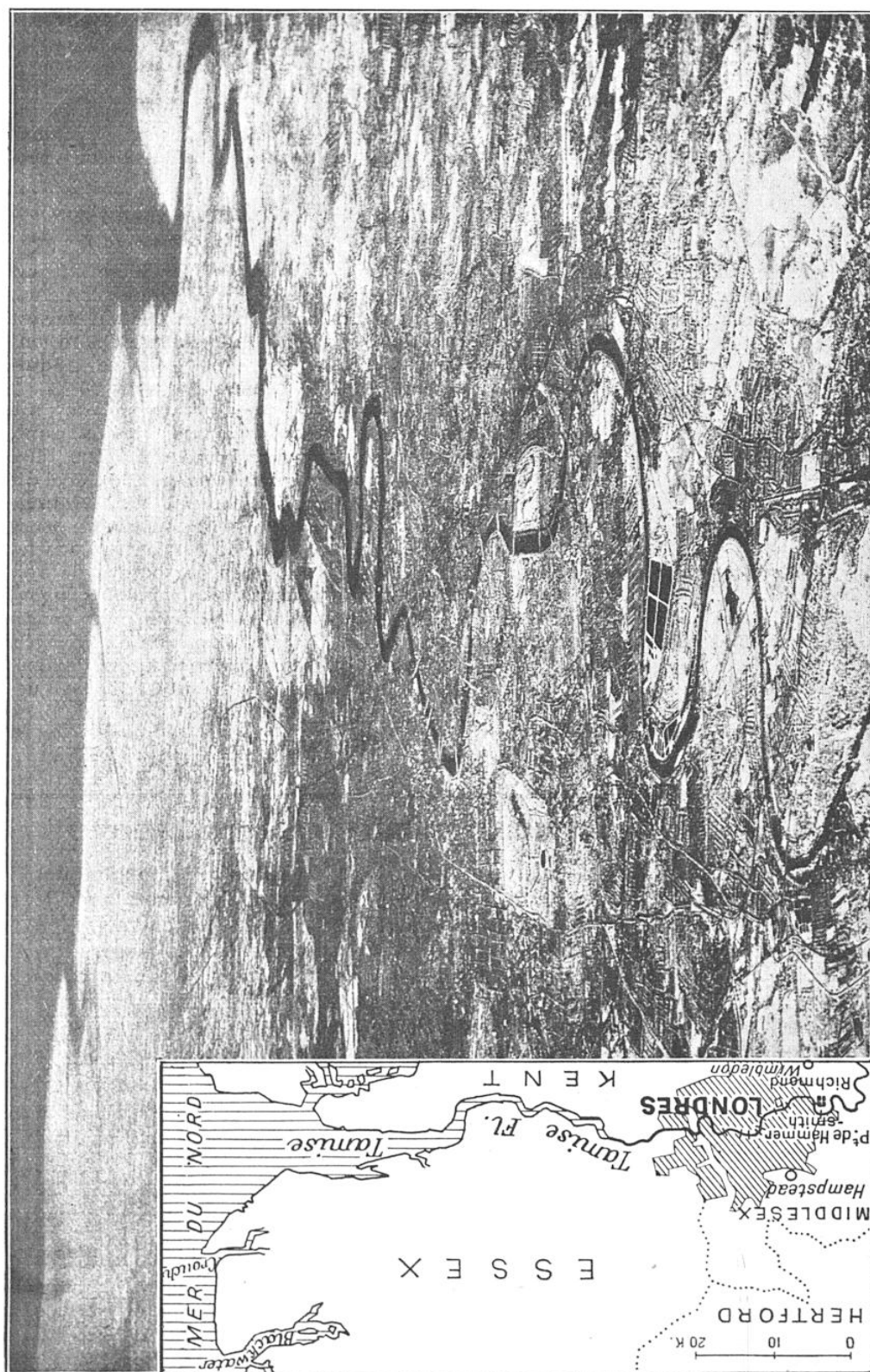
Il n'est que de forcer l'intensité de l'arc projecteur. Les écrans de cinéma sont, actuellement, trop lumineux (100 lux suffisent ; on en donne souvent 150). Ceci dit pour montrer que l'intensité de l'éclairage n'est pas un obstacle — surtout si l'on pense que la lumière *froide* se concentre dans les tubes Claude, qu'il m'a été permis de voir fonctionner au laboratoire à 2.000 bougies, sous des dimensions touchant aux conditions de l'utilisation « optique » envisagée.

Donc, et ce sera notre conclusion, l'avènement du cinéma en couleurs doit logiquement entraîner celui du cinéma coloré en relief. Nous aurons bientôt à revenir sur ce sujet.

JEAN LABADIÉ.

ESSAIS DE MOTEURS A HUILE LOURDE POUR L'AVIATION

Nous avons maintes fois insisté ici sur les possibilités techniques et économiques qu'offre le moteur à huile lourde en aviation. Les résultats déjà obtenus avec le moteur allemand « Junkers » et le moteur français « Clerget » sont concluants. Non seulement l'emploi de l'huile lourde (gas oil) élimine pratiquement les causes d'incendie, non seulement la suppression de l'allumage électrique à bord diminue les perturbations pour la radio, mais, surtout, ce carburant autorise une économie importante dans la consommation. Aux derniers essais, sur Villacoublay-Tours, deux avions militaires équipés l'un avec un moteur « Clerget » à huile lourde, l'autre avec un moteur à essence, marchant à la même vitesse, ont donné les résultats suivants : consommation du moteur à huile lourde 43 % de moins que celle du moteur à essence. Le rayon d'action s'est donc trouvé accru de 75 % environ. Cet accroissement de « l'autonomie » intéresse particulièrement nos appareils lourds (bombardement, transports à grande distance au-dessus des océans, des déserts, etc.). Actuellement, un hydravion transatlantique, de 22 tonnes environ, par exemple, pour transporter 1 tonne de charge utile, est obligé d'emporter à son bord près de 7 tonnes d'essence. On voit le « gain » qu'il pourrait réaliser en utilisant l'huile lourde (gas oil). L'Allemagne a déjà équipé ses avions commerciaux avec des « Junkers » à huile lourde, sur certaines lignes régulières de la *Luft Hansa*. Les uns sont en service depuis un an, les autres depuis plus de deux années.



QUATRE MILLE KILOMÈTRES CARRÉS DE TERRAIN, SOIT LA SUPERFICIE D'UN DÉPARTEMENT FRANÇAIS, SUR UNE SEULE PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE. Cette splendide photographie de la région londonienne a été prise avec une plaque spéciale sensible aux rayons infrarouges (voir *La Science et la Vie*, n° 189, page 187), qui, comme on le sait, traversent facilement la brume. On remarquera les déformations des méandres de la Tamise, dues à l'effet de perspective.

DIX ANS DE PROGRÈS PHOTOGRAPHIQUES

Par Charles LEBLANC

La photographie a fait, depuis dix ans, des progrès sensationnels. Les appareils de prise de vues à « petit format », véritables instruments de haute précision, à mise au point automatique, permettent maintenant d'obtenir des images que l'on peut agrandir presque indéfiniment (200 fois en surface par exemple) sans nuire à la qualité de la reproduction, qui est comparable à celle de l'épreuve directe. D'un autre côté, les émulsions possèdent, à l'heure actuelle, des qualités de sensibilité et de « rendu » jusqu'ici inatteintes. Enfin, grâce aux posomètres, dont l'emploi est devenu courant, il n'y a plus à craindre des erreurs d'exposition qui étaient si souvent à l'origine des clichés « ratés ». L'amateur peut donc aujourd'hui réaliser aisément, au point de vue technique, de véritables chefs-d'œuvre, autrefois apanage des professionnels. L'étude ci-dessous constitue une véritable « mise au point » de ces progrès techniques. Mais, là comme ailleurs, la qualité se paie : il y a même des trousseaux dont le prix dépasse 20.000 francs !

Au cours des dix années qui viennent de s'écouler, la photographie d'amateurs a subi une transformation plus profonde que pendant les trente années précédentes. On a été amené, en effet, à délaisser peu à peu les appareils à « grand format » (9×12 , 13×18 , etc.) au profit des appareils à petit format ($2,4 \times 3,6$, 4×4 , 6×6 , 6×9 , etc.), dont on agrandit ensuite les épreuves.

Une telle évolution, il faut le dire, est due en grande partie à l'influence du cinéma. Les photographes amateurs ne se contentent plus, en effet, de fixer de simples souvenirs de famille ou de voyage. Ils cherchent de plus en plus à saisir des scènes animées, un éclairage, un mouvement, etc. Toutes choses qui exigent des appareils maniables, peu encombrants et rapides.

Le premier appareil courant de petit format ($4 \times 6 \frac{1}{2}$) apparut en 1912. Il connut, au cours de la guerre, une vogue immense, à cause de ses faibles dimensions qui en faisaient véritablement l'appareil passe-partout, seul utilisable par les soldats. Mais, dès la fin des hostilités, il fut peu à peu délaissé : sans dispositif de mise au point, avec un objectif de faible ouverture, il ne donnait, en général, que des clichés assez médiocres, supportant mal l'agrandissement, et ce ne fut que quelques années plus tard, grâce aux progrès techniques dûs également au cinéma (grande luminosité des objectifs, précision dans la mécanique, finesse des émulsions), que le « petit format » — dominant enfin des images pouvant être agrandies sans perdre de leur netteté — a repris l'essor que nous connaissons aujourd'hui.

Les avantages du petit format : l'emploi des objectifs à grande luminosité

Les appareils de petit format sont — c'est l'évidence même — moins encombrants et plus maniables que les grands. En outre, ils consomment moins de pellicule. Mais surtout, ils ont l'avantage de permettre l'emploi d'objectifs à grande ouverture et, par suite, à grande luminosité (1). (Voir fig. 1.)

En voici la raison : on est arrivé à atteindre aujourd'hui des ouvertures de $F: 1,5$, contre $F: 4,5$ (2) il y a seulement dix ans.

Mais, à cause des dimensions exigées, ces objectifs ne sont pratiquement pas applicables aux grands formats. Pour un 9×12 , par exemple, un objectif $F: 2$ devrait avoir 7,5 centimètres de diamètre et pèserait à lui seul 2 kilogrammes. Il n'y a donc pas à y songer. Or, la luminosité, qui a pour corollaire une diminution correspondante du temps de pose, est indispensable pour les instantanés rapides et les vues d'intérieur.

(1) Nous rappelons que l'ouverture relative d'un objectif est caractérisée par l'inverse du rapport entre sa distance focale (distance entre le centre de l'objectif et l'image du point « à l'infini ») et le diamètre de ses lentilles (ou de son diaphragme, quand il est diaphragmé). Ainsi, dire que l'objectif a une ouverture $F: 6,3$ signifie que le diamètre de ses lentilles est égal à la fraction $1/6,3$ de sa distance focale. Plus l'ouverture relative est grande, plus la quantité de lumière admise dans l'appareil pour impressionner la plaque, ou pellicule, sera grande (elle varie d'ailleurs comme le carré de l'ouverture relative). C'est cette propriété que l'on appelle, assez improprement d'ailleurs, la « luminosité », qui permet de réduire les temps de pose.

(2) Un objectif $F: 1,5$ est dix fois plus lumineux qu'un $F: 4,5$.

Nous n'entrerons pas dans les détails techniques concernant les caractéristiques de ces objectifs. Signalons simplement que les « anastigmats » classiques, jusqu'à $F: 3,5$, sont généralement à trois ou quatre lentilles, tandis que les objectifs à plus grande ouverture comportent des combinaisons plus compliquées.

Par ailleurs, les progrès réalisés par les fabricants d'objectifs n'ont pas seulement porté sur l'accroissement de la luminosité, mais également sur la réalisation d'anastigmats très bon marché, qui permettent des agrandissements acceptables jusqu'à trois ou quatre diamètres.

Autre progrès : la réalisation des *téléobjectifs*, soit à amplification variable, soit à amplification fixe.

On sait qu'un téléobjectif est un objectif qui, avec un faible tirage, permet d'obtenir une image de grandes dimensions, qui exigerait autrement l'emploi d'un objectif à très long foyer, évidemment avec un *champ* réduit proportionnellement. Le téléobjectif présente un grand intérêt pour photographier des objets dont on ne peut se rapprocher, même quand ils ne sont pas très éloignés. Or, on est arrivé à réaliser des appareils de ce genre qui n'exigent qu'un faible tirage et qui, par suite, n'augmentent pas l'encombrement de l'appareil (voir fig. 2).

Signalons enfin, à titre de curiosité, des objectifs spéciaux à très grand « champ », qui donnent, sur les plaques, une vue panoramique des objets placés devant eux. C'est en quelque sorte l'opposé des téléobjectifs qui rétrécissent le champ de l'image. Eux, au contraire, l'élargissent démesurément et arrivent même à « voir » des objets placés derrière eux légèrement en retrait. Il ne semble pas, d'ailleurs, que ces instruments puissent avoir des applications véritablement pratiques à l'heure actuelle.

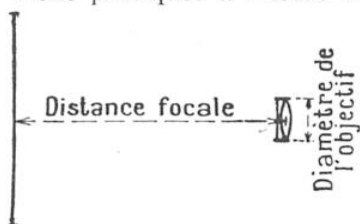


FIG. 1. — QU'EST-CE QUE L'OUVERTURE RELATIVE D'UN OBJECTIF ?

C'est l'inverse du rapport entre sa distance focale (distance de l'objectif à l'image du point à l'infini) et le diamètre de l'objectif (ou du diaphragme).

La précision mécanique des appareils

L'augmentation de l'ouverture relative des objectifs a eu pour conséquence d'obliger les fabricants à concevoir les appareils

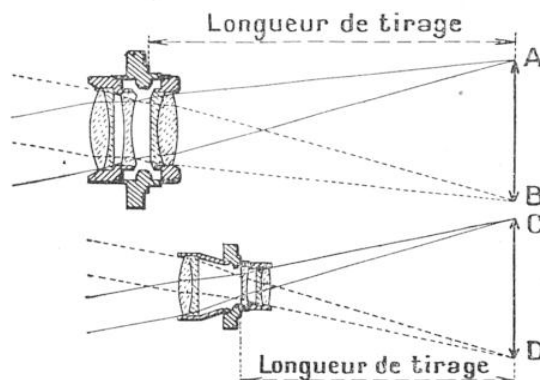


FIG. 2. — LES TÉLÉOBJECTIFS PERMETTENT D'AVOIR DES IMAGES DE MÊME GRANDEUR POUR UNE MOINDRE LONGUEUR DE TIRAGE ET, PAR SUITE, POUR UN ENCOMBREMENT SENSIBLEMENT MOINDRE

En haut, un objectif ordinaire donne une image A B. En bas, un téléobjectif Télé-Dynar, de longueur de tirage notablement inférieure.

photographiques comme de véritables instruments de précision. Il est, en effet, indispensable, avec les appareils à court foyer (petit format) et grande ouverture, d'avoir une mise au point *absolument exacte*. En effet, la profondeur de foyer — c'est-à-dire la latitude de déplacement en profondeur de la couche sensible, par rapport à l'objectif, pour que l'image garde une netteté suffisante — est d'autant plus faible que l'ouverture est plus grande. D'autre part, la netteté exigée est d'autant plus grande que l'image devra être, par la suite, plus amplifiée. Si l'on veut, par exemple, avoir une netteté égale au trentième de millimètre, — ce qui est nécessaire pour pouvoir obtenir de forts agrandissements, — la profondeur de foyer, pour un objectif $F: 3,5$, sera seulement de 2 dixièmes de millimètre. Seule, une fabrication très soignée permettra d'assurer une mise au point avec cette précision. Conséquence : les appareils doivent être très rigides, et, généralement, les « petits formats » seront constitués par une petite chambre non pliante, en métal, avec un objectif monté mécaniquement avec une précision atteignant le centième de millimètre. Bien entendu, les anciens systèmes de mise au point par simple échelle graduée ne conviennent plus. La nécessité d'avoir un dispositif à la fois simple et extrêmement précis a donc conduit à la réalisation des systèmes de mise au point automatique. La technique a d'ailleurs parfaitement résolu ce problème, tout en simplifiant sa solution.

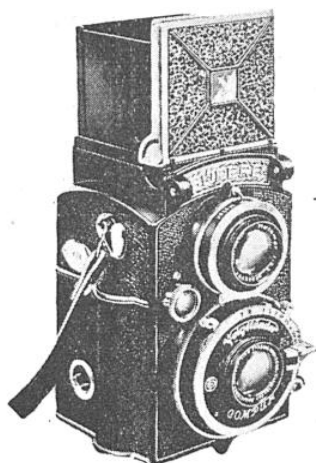


FIG. 3. — UN APPAREIL « REFLEX » A OBJECTIF AUXILIAIRE (LE « SUPERB », DE VOIGTLANDER), QUI DONNE AUTOMATIQUEMENT LA MISE AU POINT SUR L'ÉMULSION LORSQUE ELLE EST RÉALISÉE SUR LE VERRE DÉPOLI

sur la couche sensible. Signalons d'ailleurs que l'objectif de visée a une ouverture plus grande que l'objectif principal et, par suite, une profondeur de champ plus faible, ce qui assure encore plus de rigueur dans la mise au point. Il existe également, d'ailleurs, d'autres appareils « reflex » sans objectif de visée — c'est alors l'objectif principal lui-même qui donne l'image sur le verre dépoli. Au moment de la prise de vue, le miroir s'efface et l'objectif peut alors impressionner directement la couche sensible.

Les appareils à télémètres. — Les télémètres utilisés sont, en modèles réduits, identiques à ceux employés dans la marine de guerre, ou l'artillerie, pour apprécier les distances (voir fig. 6). On sait que ceux-ci sont constitués par un système optique donnant, de l'objet visé, deux images superposées, décalées l'une par rapport à l'autre d'une quantité qui dépend de la distance de l'objet. Un dispositif à commande manuelle permet de ramener en coïncidence les deux images, et, dans les appareils d'artillerie ou de marine, la lecture du déplacement de ce dispositif donne la distance à l'objet visé. Dans les télémètres montés sur les appareils photographiques, le système de commande est relié directement à l'objectif par un dispositif mécanique approprié,

Les systèmes de mise au point automatique

Il en existe de deux sortes : les systèmes « reflex » et les systèmes à télémètres.

Les appareils « reflex ». — En plus de l'objectif proprement dit, existe un second objectif de visée qui renvoie l'image, par un miroir, sur un verre dépoli placé sous les yeux de l'opérateur. L'objectif de visée est, d'autre part, accouplé mécaniquement à l'objectif principal, de telle sorte que, lorsque la mise au point est faite sur le verre dépoli, elle est réalisée *ipso facto*, par l'objectif principal,

de telle sorte que, lors de la mise en coïncidence des deux images, la mise au point soit réalisée automatiquement.

Les obturateurs à grande vitesse

Un autre complément indispensable de l'objectif à grande luminosité est l'obturateur à grande vitesse. Il existe toujours les deux systèmes principaux d'obturateur d'objectif (obturation se faisant, devant ou dans l'objectif lui-même, par de petits panneaux qui s'écartent, puis se rapprochent — vitesse maximum $1/300^e$ de seconde) et d'obturateur de « plaque » (fente ménagée entre deux rideaux, se déplaçant devant la couche sensible, dont elle découvre successivement toute la surface). Les obturateurs de plaque permettent aujourd'hui d'atteindre facilement le millième de seconde, et l'emploi des petits formats facilite évidemment l'obtention de ce résultat, puisque le déplacement de la fente est moindre. La précision mécanique des obturateurs, véritables mouvements d'horlogerie, permet de régler avec une grande exactitude la durée exacte d'exposition.

Par ailleurs, de nombreux perfectionnements de détail ont été apportés aux appareils photographiques eux-mêmes, pour rendre, en particulier, la mise en action plus commode et l'utilisation plus rapide : ouverture automatique à la position de l'infini des appareils pliants ; simultanéité des opérations d'armement et d'avancement de la pellicule, rendant impossible toute superposition d'image ; contrôle visuel des conditions opératoires (diaphragme, vitesse d'obturation) jusqu'au moment même du déclenchement, réduisant le risque d'erreurs, etc.

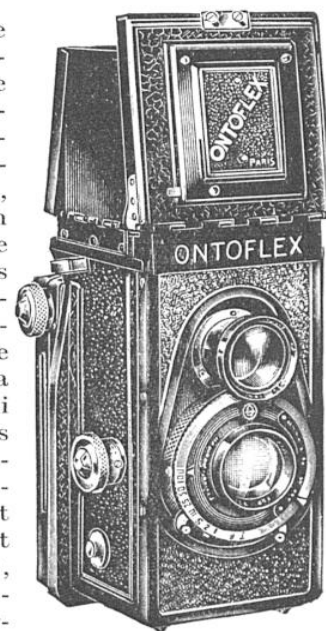


FIG. 4. — VOICI UN AUTRE APPAREIL « REFLEX » DONNANT ÉGALEMENT UNE MISE AU POINT AUTOMATIQUE. C'EST L'« ONTOFLEX »

Grâce à une disposition spéciale, il permet de prendre des clichés allongés et non carrés (6×9).

Tous ces perfectionnements sont réalisés par différents moyens mécaniques sur lesquels nous n'insisterons pas.

Nous avons ainsi passé en revue les principaux progrès réalisés par l'appareil photographique depuis dix ans. Mais ces progrès n'auraient qu'une valeur médiocre s'ils n'avaient pas été suivis par des progrès correspondants de la couche sensible, car, à quoi bon réaliser des images d'une finesse incomparable, si l'on ne peut les enregistrer fidèlement et au besoin les agrandir.

Plaques ou pellicules

Examinons d'abord le « support » : à l'heure actuelle, presque tous les appareils d'amateurs sont à pellicule ou même à film perforé de 35 millimètres. Les plaques, trop encombrantes, sont presque complètement délaissées.

Tout le monde connaît d'ailleurs les avantages de la pellicule : commodité d'emploi, légèreté, possibilité de réaliser un grand nombre de vues sans recharger l'appareil. Autrefois, les pellicules présentaient souvent l'inconvénient d'un manque de planéité, qui pouvait nuire à la qualité de l'image lors de la prise de vue. On y remédie aujourd'hui par des dispositifs placés dans les appareils et qui assurent une planéité parfaite : presse-film pour les appareils à pellicule, constitué, par exemple, par une plaque à ressort appuyant sur le film, ou bien système de tension par griffes d'entraînement pour les appareils utilisant du film perforé.

En ce qui concerne la couche sensible

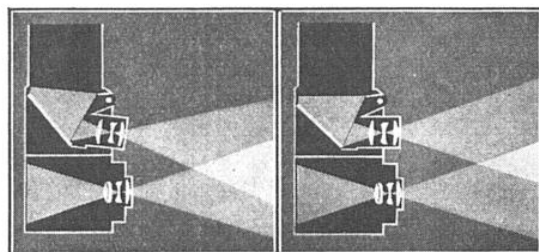


FIG. 5. — COMMENT ON CORRIGE LA « PARALLAXE » DANS CERTAINS APPAREILS « REFLEX » (« SUPERB », DE VOIGTLANDER)

Les deux objectifs ne voient évidemment pas exactement l'image de la même façon, sauf quand celle-ci est à l'infini (fig. de droite). Quand elle se rapproche, pour corriger l'erreur qui se produirait du fait que l'objectif auxiliaire se trouve légèrement au-dessus de l'autre, on fait basculer légèrement cet objectif auxiliaire, afin qu'il embrasse le même champ. Ce basculement se fait automatiquement avec la mise au point.

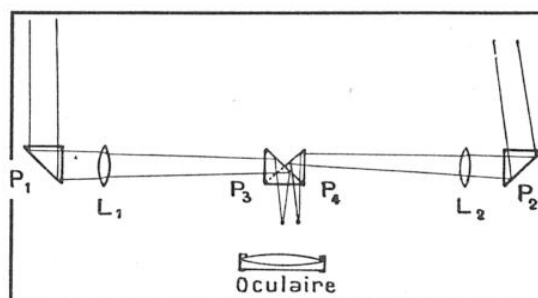


FIG. 6. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN TÉLÉMÈTRE UTILISÉ EN PHOTOGRAPHIE

Deux images de l'objet sont reçues respectivement par les lentilles L_1 , L_2 , grâce aux prismes (formant miroirs) P_1 et P_2 . Deux autres prismes (formant miroirs) P_3 et P_4 , situés l'un au-dessus de l'autre, réfléchissent à leur tour les deux images données par les lentilles et qui viennent se former devant l'oculaire. Supposons que le prisme P_1 soit placé juste en face de l'objet. L'image de celui-ci se formera devant le centre de l'oculaire. Mais, dans ce cas, le prisme P_3 n'est pas exactement en face de l'objet. Les rayons lumineux émanant de celui-ci viennent le frapper obliquement, et l'image formée ne se trouve plus juste au centre de l'oculaire, mais légèrement décalée à droite. La distance entre les deux images formées par L_1 et L_2 est d'ailleurs fonction de la distance de l'objet au télémètre. Or, on peut, en faisant tourner le prisme P_4 , par exemple, amener en coïncidence les deux images. La rotation donnée au prisme étant évidemment, elle aussi, fonction de la distance de l'objet, on conçoit donc facilement qu'il soit possible, en asservissant le mécanisme de mise au point à la rotation du prisme, d'assurer automatiquement une mise au point exacte lorsque les deux images sont en coïncidence.

elle-même, elle a fait d'énormes progrès, tant au point de vue rendu des couleurs que sensibilité.

La traduction correcte des couleurs : orthochromatisme, panchromatisme

On sait que l'œil est sensible à une gamme de vibrations lumineuses dont les longueurs d'ondes sont comprises entre 0,4 et 0,8 microns (1) environ. En deçà et au delà de ces limites, l'œil ne perçoit pas les vibrations, et à l'intérieur, il les perçoit, mais avec des intensités variables avec les longueurs d'ondes. La plaque photographique, elle aussi, est impressionnée par les vibrations lumineuses, mais ne l'est pas, en général, de la même manière que l'œil humain. Ainsi, les premières plaques utilisées étaient très sensibles aux rayons ultraviolets, qui n'impressionnent pas l'œil, et ne « voyaient » pas,

(1) On sait qu'un micron vaut un millième de millimètre.

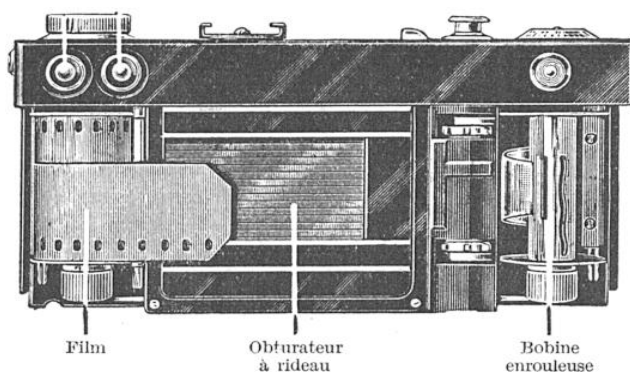


FIG. 7. — VOICI L'APPAREIL « CONTAX », DE ZEISS, QUI UTILISE LA PELLICULE CINÉMATOGRAPHIQUE

Cet appareil de haute précision, à mise au point automatique, télémètre, et à obturateur à rideau, donne des clichés d'une finesse extrême.

par contre, les rayons rouges, orangés, et même jaunes. D'où il s'ensuivait que les images photographiques n'offraient pas à l'œil les mêmes contrastes que les objets photographiés eux-mêmes. Les efforts des chercheurs ont donc tendu à préparer des émulsions dont la courbe de sensibilité se rapprochât, autant que possible, de celle de l'œil. On est ainsi arrivé récemment à réaliser des émulsions dites « orthochromatiques » et « panchromatiques », nécessaires à la reproduction fidèle d'un sujet (1). Les premières sont sensibles au jaune, tandis que les autres sont impressionnées par le rouge lui-même (voir fig. 11), ce qui exige d'ailleurs des précautions spéciales pour leur manipulation à la chambre noire.

Parmi les émulsions ortho et panchromatiques, signalons les films « studio-ortho » et « studio-panchro », ainsi que les pellicules « radio-éclair », « super-éclair » et « panchro-éclair » (Guilleminot).

Les films studio-ortho et studio-panchro sont utilisés surtout pour le portrait à l'atelier. Ils ont une gradation très étendue, qui donne une grande latitude de pose dans la majorité des cas, et un grain très pur, permettant de forts agrandissements.

En ce qui concerne les pellicules radio-éclair et super-éclair, elles permettent un

(1) Rappelons que l'on a mis au point également, depuis quelques années, des émulsions sensibles aux rayons infrarouges (voir *La Science et la Vie*, n° 189, p. 197). Grâce aux propriétés des rayons infrarouges qui traversent facilement la brume, ces émulsions sont intéressantes pour la photographie à grande distance (voir fig. page 334). En outre, elles ont certaines applications techniques curieuses : par exemple en archéologie, où elles permettent de déceler certaines inscriptions non visibles à l'œil nu. Par contre, elles n'offrent, pour l'instant, que peu d'intérêt pour l'amateur.

excellent rendu des tonalités colorées, rendu qu'on peut améliorer, quand besoin est, au moyen de l'écran jaune spécial *Guilleminot*.

La pellicule panchro-éclair, elle, est sensible à toutes les couleurs, rouge compris.

Par ailleurs, la *Société Bauchet et C^{ie}* a mis au point une nouvelle pellicule « hyperchromatique », tenant le milieu entre les orthochromatiques et les panchromatiques et possédant une sensibilité poussée jusqu'à l'orangé inclus, sans toutefois aller jusqu'au rouge. Grâce à cette pellicule, il est possible de réussir parfaitement toutes les photos à la lumière artificielle : scènes d'intérieur, photos de monuments le soir, d'illuminations, etc. Rapidité extrême de 30 Scheiner (1), *facilités de manipulation à la lumière rouge*, grain extra-fin, emploi de tous les appareils sans modification, telles sont les principales qualités de ces nouveaux produits français présentés, comme nous l'avons dit, par la *Société Bauchet et C^{ie}*.

(1) L'échelle Scheiner est une des échelles utilisées pour caractériser la sensibilité des émulsions.

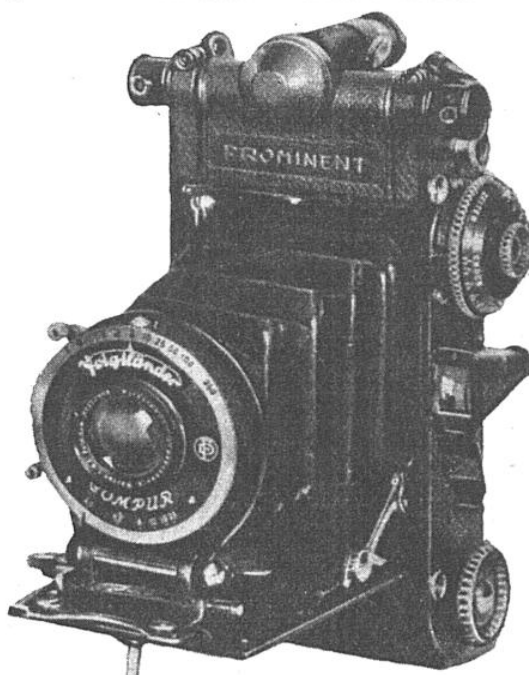


FIG. 8. — L'APPAREIL « PROMINENT », DE VOIGTLANDER, EST UN DES PLUS COMPLETS QUI EXISTENT À L'HEURE ACTUELLE

Muni d'une mise au point automatique par télémètre, il comporte, en outre, un posomètre très exact monté directement sur lui.

Par ailleurs, la « sensibilité » — c'est-à-dire la rapidité avec laquelle la couche est impressionnée — a fait, elle aussi, des progrès considérables, si bien qu'une pellicule très sensible, alliée à un objectif à grande ouverture, permet de faire des photographies instantanées, rapides, très bonnes, dans des conditions de mauvais éclairage (intérieur, tombée de la nuit, etc.).

Les émulsions modernes sont souvent d'ailleurs à plusieurs couches, de sensibilité et de caractéristiques chromatiques différentes, présentant ainsi une grande tolérance de pose, une meilleure aptitude à rendre fidèlement les couleurs et à enregistrer correctement les sujets à très forts contrastes.

A côté des qualités de sensibilité et de chromatisme, il y a lieu de parler de la finesse du grain des différentes émulsions. On sait, en effet, que celles-ci sont constituées par de petits cristaux de bromure d'argent maintenus en suspension dans de la gélatine. Après exposition et traitement chimique, ce bromure d'argent est décomposé et laisse précipiter, aux endroits exposés, des petits cristaux d'argent. La finesse de ceux-ci — qui constitue le « grain » — a une importance considérable, car c'est elle qui limite la netteté et, par suite, les possibilités d'agrandissement des clichés. Or, avec les anciens procédés de développement, la finesse des cristaux d'argent déposés dépendait de celle des cristaux de sels d'argent contenus initialement dans l'émulsion. Comme celle-ci, à son tour, est en raison inverse de la rapidité de l'émulsion, le grain des clichés était d'autant plus gros que l'émulsion était plus sensible. On est arrivé toutefois, récemment, à sortir de cette impasse et à obtenir des cristaux d'argent d'une finesse très grande, malgré l'emploi

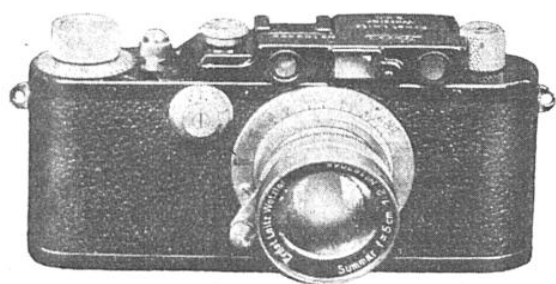


FIG. 9. — LE « LEICA », DE LEITZ, APPAREIL DE HAUTE PRÉCISION UTILISANT LA PELLICULE CINÉMATOGRAPHIQUE

Cet appareil, sur lequel on peut monter indistinctement différents objectifs, comporte une mise au point automatique par télémètre.

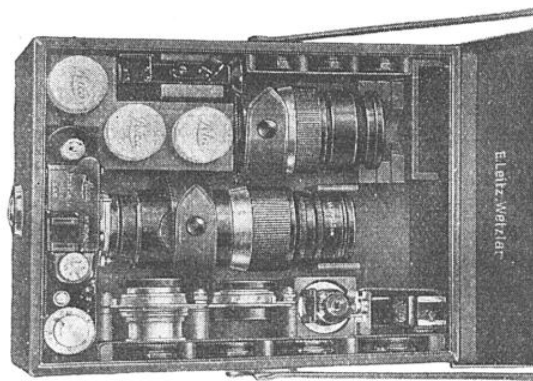


FIG. 10. — TROUSSE CONTENANT LES DIFFÉRENTS OBJECTIFS QUI PEUVENT ÊTRE MONTÉS SUR LE « LEICA »

Grâce à ces différents objectifs, le Leica est un instrument véritablement universel, pouvant être utilisé pour toutes applications non seulement par l'amateur, mais même par le professionnel.

d'émulsion à grain initial assez grossier. Ce résultat a été obtenu grâce aux révélateurs « à grain fin ».

Les méthodes modernes de développement

Ces méthodes sont inspirées de celles qui sont pratiquées depuis longtemps pour le développement des films cinématographiques : à la cuve, en bain lent ou demi-lent, avec des révélateurs à grain fin. Elles ont été rendues possibles à l'amateur par la réalisation de cuves permettant d'enrouler sur un cadre ou un tambour la pellicule, ou le film, dans des conditions de protection parfaite de la couche sensible, tout en utilisant une quantité assez réduite de révélateur. Ces cuves permettent d'opérer à la lumière du jour — le chargement seul se faisant dans l'obscurité — et d'effectuer, sans avoir à toucher au négatif ni même à ouvrir la cuve, toutes les opérations de développement, fixage et lavage.

Les meilleures d'entre elles sont entièrement en bakélite et, de ce fait, insensibles à l'action des révélateurs et des acides, et d'un emploi très pratique. Les révélateurs employés sont dilués dans une proportion déterminée pour assurer le développement en un temps variant, selon la formule, de quelques minutes à une heure. Le développement lent a, en effet, sur les clichés une action compensatrice et corrige — dans une certaine mesure et d'une façon variable suivant la composition du révélateur — la surexposition ou la sous-exposition légère : il fournit

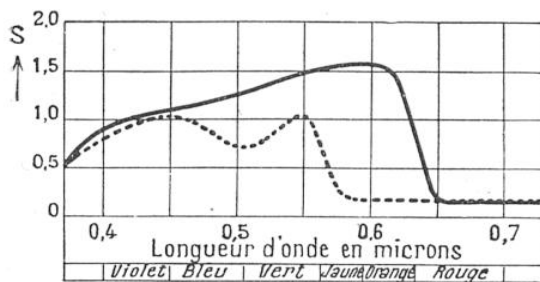


FIG. 11. — SCHÉMA MONTRANT LA SENSIBILITÉ DES ÉMULSIONS ORTHO ET PANCHROMATIQUES AUX DIFFÉRENTES VIBRATIONS LUMINEUSES DU SPECTRE DE LA LUMIÈRE BLANCHE

On voit que les émulsions orthochromatiques (pointillé) sont sensibles au jaune, mais non à l'orange, ni au rouge. Par contre, les émulsions panchromatiques (courbe en trait plein) sont sensibles à certaines radiations rouges.

des clichés légers, bien modelés et convient le mieux pour l'agrandissement, présentant, grâce à la faible action réductrice du révélateur, la propriété précieuse d'atténuer la granulation, tout au moins pour les clichés posés correctement.

Dans cet ordre d'idées, et sans vouloir entrer dans le détail des formules, nous devons signaler la mise au point récente d'un nouveau révélateur, à base de paraphénylènediamine, qui réduit dans des proportions considérables la granulation, *quelle que soit la grosseur initiale des cristaux de bromure d'argent*. Ce révélateur agit à la fois chimiquement (comme un révélateur normal) et physiquement, produisant une véritable argenteure à la surface des grains de bromure d'argent impressionnés.

Le développement comporte deux phases : pendant la première, se forme une faible image due au développement chimique et, en même temps, se produit une dissolution de bromure d'argent dans le révélateur ; pendant la seconde, le développement chimique est renforcé par un développement physique, qui produit un dépôt d'argent sur l'image déjà développée. Le paraphénylènediamine n'est pas nouveau et est utilisé depuis longtemps pour le développement des films cinématographiques. Toutefois, il était, jusqu'ici, très peu pratique à l'amateur, car, en raison de son très faible pouvoir réducteur, il nécessitait un développement très long (d'au moins une heure), fournissait des images trop peu contrastées, qui devaient être obligatoirement renforcées, et, en outre, exigeait une large surexposition des clichés lors de la prise de vue. On est arrivé à accroître ces propriétés réductrices en l'asso-

ciant à un autre réducteur, tel que le génol, l'hydroquinone ou le glycin, dans des proportions bien déterminées. Les formules actuelles fournissent, en quelques minutes, des négatifs d'un contraste normal, sans exiger des surexpositions préalables, et d'une granulation extrêmement fine permettant des agrandissements jusqu'à 15 diamètres (plus de 200 fois en surface).

Les agrandisseurs modernes

L'agrandissement des épreuves est évidemment une nécessité inéluctable pour les « petits formats », non seulement pour que les détails soient visibles, mais également pour restituer la perspective initiale au sujet. Des constructeurs ont donc été amenés à créer des agrandisseurs simples et aussi faciles à manipuler qu'une simple tireuse.

Ces agrandisseurs sont construits, comme les appareils photographiques eux-mêmes, avec une grande précision, de manière à assurer un parallélisme parfait entre la plaque et le papier sensible. Certains d'entre eux comportent même un dispositif de liaison assurant une mise au point constante pour tous les rapports d'agrandissement. Par ailleurs, l'un des points les plus importants pour obtenir un bon agrandissement de qualité est d'avoir un éclairage aussi uniforme que possible du cliché. On obtient généralement ce résultat en utilisant une source de lumière diffuse (lampe opaque), dont on concentre les rayons sur le cliché au moyen d'un condensateur (système optique à lentilles convergentes). Ainsi obtient-on des épreuves agrandies de même valeur que les épreuves par contact. Signalons, par ailleurs, que les agrandisseurs offrent également l'avantage d'être réversibles, c'est-à-dire qu'on peut les utiliser comme appareils photographiques pour la reproduction de documents plans.

Les progrès dans la fabrication des papiers

La fabrication des papiers au bromure et au chlorobromure a fait, elle aussi, des progrès con-



FIG. 12. — CUVE « CORREX » EN BAKÉLITE, PERMETTANT À L'AMATEUR DE DÉVELOPPER TRÈS FACILEMENT LES FILMS PERFORÉS

sidérables, en ce sens que l'on a établi des gammes entières de papiers de « gradations » différentes, si bien que, suivant la qualité du cliché, on peut utiliser un papier ayant le contraste approprié. On sait, en effet, qu'une épreuve n'est correcte que si la gradation correspond exactement au contraste du négatif (différente de ses densités extrêmes). Or, jusqu'à ces dernières années, la plupart des papiers n'existaient qu'en une ou deux gradations au plus, ce qui rendait souvent nécessaire l'affaiblissement ou le renforcement du cliché. Cette opération n'est généralement plus nécessaire aujourd'hui, grâce aux papiers à gradations multiples.

Voici, par exemple, la gamme des papiers *Dinox-Guillemot*. Elle comporte les gradations suivantes :

- N° 1, doux, pour négatif vigoureux ;
- N° 2, normal, pour négatifs normaux ;
- N° 3, dur, pour négatifs légers ;
- N° 4, extra-dur, pour négatifs gris et voilés,

qui permettent, dans chaque cas particulier, d'obtenir les meilleurs résultats.

Signalons en outre, également chez *Guillemot*, la nouvelle carte « Riviera-Crème » au gélatino-bromure d'argent. Cette carte est discrètement teintée en crème et sa surface est veloutée. Elle convient parfaitement aux épreuves à grande marge.

Comment on calcule aujourd'hui le temps de pose

La détermination du temps de pose juste présente, pour l'amateur, un des problèmes

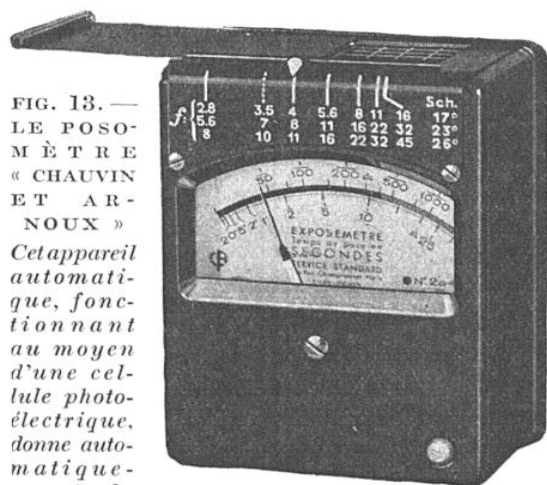


FIG. 13. —
LE POSO-
MÈTRE
« CHAUVIN
ET AR-
NOUX »

Cet appareil
automati-
que, fonc-
tionnant
au moyen
d'une cel-
lule photo-
électrique,
donne auto-
matique-
ment le

temps de pose en fonction de l'ouverture de l'ob-
jectif. A cet effet, il comporte une règle mobile
qui découvre plus ou moins l'ouverture permettant
l'admission de la lumière vers la cellule.

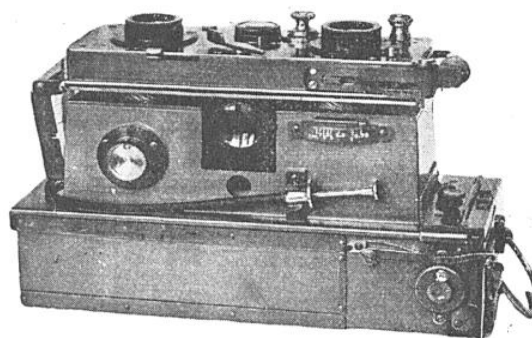


FIG. 14. — LE VÉRASCOPE « RICHARD »

Pour les amateurs de photographie stéréoscopique, le vérascope Richard est toujours l'appareil parfait.

des plus importants. On a donc cherché à substituer à l'appréciation, toujours hasardeuse à l'œil, de la quantité de lumière réfléchi par un sujet la mesure de cette quantité de lumière, soit par un procédé photométrique, soit en influençant une cellule photoélectrique.

Les posophotomètres normaux. — Les posophotomètres comportent un filtre gris neutre, ou bleu foncé, dégradé, au travers duquel l'opérateur vise le sujet, en déplaçant le filtre dans un sens ou dans l'autre jusqu'à disparition des contours. Il lit alors, sur la graduation solidaire du filtre, le numéro caractérisant l'éclairement du sujet. Sur ce principe sont construits des appareils très nombreux, différant par des détails de fabrication ou de présentation. Ils présentent toutefois l'inconvénient d'être sujets aux variations d'appréciation de l'opérateur, à sa plus ou moins grande acuité visuelle, parfois influencée par des circonstances locales, et comportent donc un coefficient d'erreurs personnelles qui peut être parfois important.

Les posophotomètres genre « luxmètres ». — Certains modèles sont établis selon le principe des photomètres ordinaires et donnent des résultats généralement plus précis. Ils comportent une source lumineuse de comparaison à éclat constant. Par le jeu d'un filtre gris neutre dégradé, on établit l'égalité d'éclairement de la source et d'une région déterminée du sujet en choisissant, de préférence, une région de luminosité moyenne ou faible (on sait, en effet, qu'il faut poser pour les ombres et qu'il y a moins à redouter de la sousexposition que de la surexposition).

Les posomètres à cellule photoélectrique. — A l'heure actuelle, on voit se généraliser les posomètres à cellule photoélectrique (1),

(1) Voir, dans ce numéro, à la page 265.

beaucoup plus pratiques pour l'amateur courant, puisqu'ils suppriment presque complètement le coefficient d'erreur personnelle, à condition que la visée du sujet se fasse dans des conditions correctes, c'est-à-dire en protégeant la cellule des sources de lumière directe (ciel très lumineux, projecteurs, etc...), susceptibles de fausser les indications.

Dans tous ces types d'appareils, la cellule est reliée à un milliampèremètre dont l'aiguille se déplace sur un cadran gradué : le chiffre indiqué donne aussitôt, par simple lecture sur un tableau comportant une échelle de sensibilité et une échelle de diaphragmes, le temps de pose exact pour les conditions opératoires choisies. Certains modèles perfectionnés sont même munis de graduations spéciales, qui permettent de tenir compte du contraste du sujet ou, mieux, de son intervalle de luminosité, en fonction de la latitude de pose de l'émulsion. Dans le cas de sujets à trop fort contraste, on peut ainsi choisir le temps de pose optimum, selon que l'on désire rendre d'une façon exacte les détails des grandes ombres ou des hautes lumières.

La détermination du temps de pose peut aussi se faire, dans tous les cas, d'une manière absolument précise, qui nous permet d'obtenir de bons clichés avec tous les éclairages, même et surtout pour les « photos d'intérieur ». Nous avons montré précédemment que l'emploi des objectifs à haute luminosité permettait, dans certains cas, de réaliser en instantané des photographies de ce genre. Il est, néanmoins, souvent nécessaire d'avoir recours à une lumière artificielle pour certaines prises de vues et, dans cet ordre d'idées, bien des progrès ont aussi été accomplis depuis dix ans.

Les lampes à combustion et les lampes électriques

Pendant longtemps, le seul procédé pratique utilisé par les photographes pour obtenir une lumière intense consistait à brûler du magnésium à l'air libre. Mais ce procédé dangereux avait, par ailleurs, l'inconvénient de provoquer une fumée intense. Aujourd'hui, on utilise encore la lumière produite par la combustion du magnésium ou de certains alliages spéciaux, mais cette combustion a lieu à l'intérieur d'une ampoule fermée remplie d'oxygène, ce qui supprime les inconvénients indiqués.

Par ailleurs, le dosage exact du métal et de l'oxygène employés permet de mesurer exactement les quantités de lumière produite. La mise à feu se fait électriquement,

au moyen d'une simple pile dont le courant chauffe suffisamment une partie de l'alliage combustible.

Par ailleurs, il existe un autre procédé d'éclairage qui consiste à employer des lampes électriques spéciales que l'on adapte aux prises de courant ordinaires des réseaux urbains (110 ou 220 volts), et qui produisent une lumière très supérieure à celle des ampoules demi-watts de même consommation (1.000 bougies au lieu de 400, pour une consommation de 200 watts).

Ces lampes « survoltées » n'ont d'ailleurs qu'une vie très courte de quelques heures seulement, ce qui est, en fait, très suffisant pour l'objet cherché.

La photographie stéréoscopique et la photographie en couleurs

Nous ne saurions terminer cette étude sur les progrès de la photographie d'amateurs sans parler de la stéréoscopie et de la photographie en couleurs.

En ce qui concerne la stéréoscopie, il n'y a pas de modifications profondes apportées aux procédés utilisés. Les appareils ont évidemment profité des perfectionnements apportés aux appareils photographiques en général. Certains d'entre eux comportent un système de visée et de mise au point à « réflex » comportant un objectif auxiliaire logé entre les deux objectifs au stéréo. Le fonctionnement est le même que pour les autres « réflex ».

La photographie en couleurs n'a pas, elle non plus, subi des modifications profondes. On utilise toujours le procédé trichrome (1), aux grains de fécule colorés, inventé par Louis Lumière, il y a vingt-sept ans. Néanmoins, une firme allemande est arrivée à préparer des émulsions dont la sensibilité n'est plus que quatre fois moindre que celle des émulsions ordinaires (au lieu de soixante fois). En outre, il n'est plus nécessaire d'employer d'écrans jaunes, si bien que l'on peut, dans de bonnes conditions d'éclairage, réussir des instantanés au 1/50^e de seconde, résultat vraiment remarquable.

Quoi qu'il en soit, les progrès dans ce domaine ont été certainement moins rapides qu'ailleurs, et la photographie en couleurs n'est encore, en fait, — il faut bien le dire, — qu'une curiosité. Souhaitons que les perfectionnements de la technique permettent bientôt de lui donner un essor comparable à celui de la photographie en noir, au cours de ces dernières années.

CH. LEBLANC.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 48, page 51.

L'ENSEIGNEMENT DES LANGUES

IL FAUT APPRENDRE A PARLER CORRECTEMENT LES LANGUES ÉTRANGÈRES AVEC LE MINIMUM D'EFFORT

LA théorie est nécessaire. Sans théorie, c'est-à-dire sans la grammaire, la syntaxe, sans l'étude des textes d'auteurs classiques, on ne parviendrait pas à connaître à fond une langue étrangère.

Mais la grande erreur dans l'étude des langues fut, jusqu'à ces dernières années, de faire passer la charrue avant les bœufs, la théorie avant la pratique de la langue. On exerce l'élève aux plus difficiles tournures d'une langue qu'il ne sait pas encore, alors que ceux mêmes qui parlent couramment cette langue parce qu'elle est leur langue maternelle, n'abordent presque jamais de pareilles tournures, littéraires et même livresques. Mais on ne lui a pas même enseigné la langue courante de manière à la lui faire parler sans effort.

Lanceriez-vous un enfant sur des skis ou sur des patins à roulettes avant qu'il ait acquis, en apprenant à marcher, des jambes assez fortes et des réflexes suffisants pour se tenir debout ?

En toute langue, il faut d'abord apprendre à se sentir à l'aise dans une conversation courante. D'ailleurs le véritable génie de la langue est là, dans les expressions simples, coutumières. Les meilleurs écrivains sont justement ceux qui s'en rapprochent le plus. L'élève à qui vous n'aurez pas donné cette aisance de la conversation coutumière pourra devenir un héros des acrobaties grammaticales : ses aptitudes resteront peu pratiques.

Dans leur propre langue, les abstrakteurs de quintessences ne sont-ils pas réduits au pénible bégaiement, faute d'un exercice suffisant dans la langue parlée ? Pourquoi les orateurs sont-ils si rares ? Parce qu'on ne fait nulle part l'éducation de la parole.

Il n'est pas un seul étudiant d'anglais, d'allemand, d'espagnol, d'italien, de chinois même, qui consentirait de gaité de cœur à se dire : « J'étudierai cette langue pendant des années ; mais quand je rencontrerai ceux qui la parlent, je ne les comprendrai pas. Mon interlocuteur sera obligé d'écrire ce qu'il veut me dire, et je devrai, pour lui

répondre, faire des petits billets, comme le plus déshérité des sourds-muets ! »

Nul n'accepterait ce principe ! Et pourtant la tendance générale est encore, trop souvent, de donner uniquement les connaissances théoriques d'une langue et de laisser l'élève se débrouiller tout seul s'il veut utiliser pratiquement ce savoir muet.

Qu'il se destine à être professeur, traducteur, industriel ou commerçant, qu'il vise le haut enseignement ou les plus simples métiers d'interprète, rien ne vaudra pour lui d'avoir bien commencé, d'avoir, dès le début, appris la bonne prononciation des milieux cultivés, l'aisance des jolies tournures.

Quels efforts ne fait-on pas, dans les écoles de sourds-muets, pour rendre la parole à ceux qui ne peuvent reproduire les sons parce qu'ils ne peuvent les entendre ! On leur fait toucher les lèvres de leurs professeurs, on leur fait mimer tous les gestes de la parole, le mouvement d'air du gosier, pour les doter tant bien que mal de la parole humaine, dont la nature les avait privés en leur refusant un tympan sensible.

Et nous, qui avons des oreilles à ne savoir qu'en faire, nous oublions de nous en servir quand il s'agit d'apprendre les langues, et nous nous concentrons sur la parole écrite, comme des sourds-muets !

Les progrès modernes dans l'enseignement

L'enseignement a trouvé récemment de puissants auxiliaires dans les sciences mécaniques. La radiophonie et le cinématographe se sont triomphalement imposés.

Qui oserait soutenir que les vieux tableaux muraux de botanique et de zoologie, qui n'ont d'ailleurs pas perdu leur emploi, sont préférables à la représentation vivante des animaux et des plantes sur l'écran ? Une vision cinématographique de la faune et de la flore sous-marine, de leurs étonnantes adaptations au milieu salé des profondeurs, sera plus efficace pour informer vraiment

les élèves sur ce sujet, qu'une longue série de leçons écrites et parlées. Tous les élèves se laisseront passionner par la vision cinématographique, alors que beaucoup d'entre eux suivraient bien distraitemment des leçons arides.

Pour l'éducation musicale, l'audition radiophonique de programmes choisis vaut cent fois les dissertations théoriques, bien qu'il importe de remarquer que, sans les commentaires du professeur, cet enseignement manquerait de précision.

Pour les buts scolaires, radio et cinéma ne sont que des auxiliaires. Ils ne peuvent, ni ne doivent être employés seuls, pour le simple plaisir de l'œil et de l'oreille. Mais quels aides incomparables pour le professeur, qui captive et renseigne les élèves les moins doués, les moins appliqués.

Aussi tous ceux qui dans l'enseignement utilisent le cinématographe et la radiophonie s'en déclarent pleinement satisfaits. Ils ne sauraient plus s'en passer. Revenir aux vieux systèmes pédagogiques, basés exclusivement sur la parole et sur le livre — et bien rarement sur l'image imprimée — leur paraîtrait aussi absurde que substituer la diligence aux modernes moyens de transport.

Le phonographe pour l'enseignement des langues

Et pourtant on constate un grand retard dans l'adoption de la « parole parlée » (qu'on nous permette ce mot, par opposition à « parole écrite ») pour l'enseignement des langues.

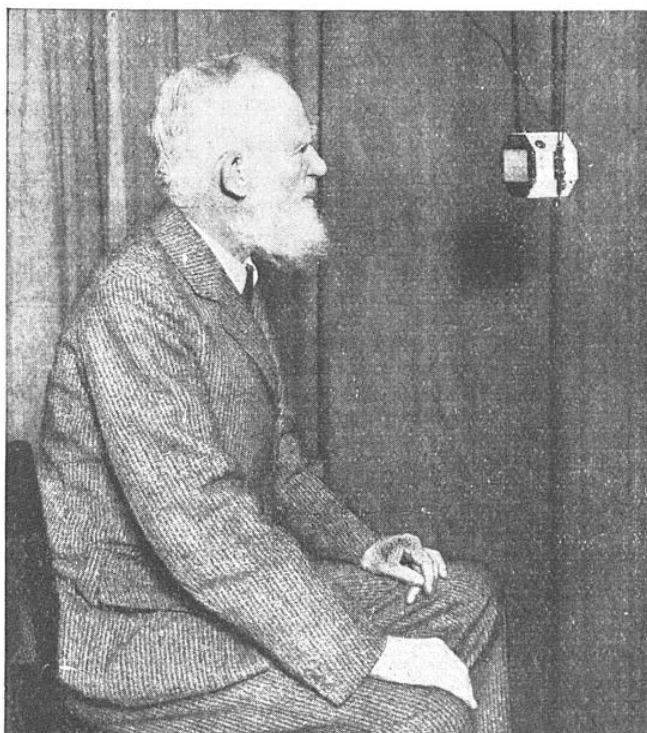
Il reste encore beaucoup à faire pour l'utilisation, dans cet enseignement, des

moyens mécaniques mis à notre disposition par la science moderne, et il est grand temps de procurer aux étudiants la facilité, l'allègement des programmes que permettent aujourd'hui les méthodes basées sur l'utilisation du phonographe, parmi lesquelles la Méthode Linguaphone forme en elle-même, dans chaque langue, un tout complet.

Il ne s'agit plus là d'essais mais d'expérience acquise, sûre. On compte par milliers les écoles, les universités et les collèges où quotidiennement les professeurs utilisent le phonographe pour communiquer l'accent exact, l'atmosphère du pays, à leurs nombreux élèves.

Tous apprennent les langues aujourd'hui non seulement pour les lire et les écrire, mais aussi et surtout pour les parler. Les contacts internationaux, dans la vie pratique et dans tous les domaines imaginables, deviennent quotidiens. Il faut parler et parler bien, car de plus en plus, grâce au phonographe, on voit des étrangers qui parlent parfaitement, et il n'est plus permis de parler mal.

L'étranger qui parle une langue avec un accent épouvantable fait partie à présent du vieux répertoire. Aujourd'hui, dans les films qui reprennent le thème de l'étranger en visite, le riche Américain, la nonchalante beauté slave, la girl anglaise ont en français un accent léger, charmant, et l'on sent bien que Maurice Chevalier force, en anglais, l'accent du « Français-qui-parle-anglais », pour rester dans la peau de ce personnage. Au naturel, il a beaucoup moins d'accent que ça : quand on parle une langue étrangère aujourd'hui, on la parle bien. Il faut la parler bien.



BERNARD SHAW DEVANT LE MICRO

L'auteur de Sainte Jeanne, enthousiasmé par la création du Linguaphone, écrit tout exprès quatre étincelantes causeries sur l'étude des langues. Il les enregistra lui-même, de sa propre voix, et cet important document artistique, dont un exemplaire paraphé par l'auteur, est conservé au British Museum, à Londres. Ces quatre intéressantes causeries constituent, dans l'immense collection que Linguaphone met à la disposition du public, l'Album Bernard Shaw.

C'est dès le début que l'on prend l'accent

Chacun de nous pratique une langue qui lui est propre et qui se moule sur ses habitudes d'esprit. Chacun emploie toujours les mêmes mots, jusqu'à en faire des tics comme les écoliers se plaisent à en relever chez leurs professeurs.

Quand vous débutez dans une langue, si vous adoptez une prononciation défectueuse, des tournures incorrectes, vous aurez toutes les peines à vous en défaire par la suite, parce que la langue ainsi forgée d'erreurs et de fautes sera devenue votre langage, profondément enraciné dans la mémoire, dans les réflexes verbaux.

Ceci explique pourquoi tant d'étrangers vivant en France conservent toute leur vie le même accent contracté au début par négligence, alors que d'autres « mieux partis » dans leur étude du français, montrent dès les premiers mois un accent si pur qu'on les croit nés dans le pays.

Ils ont appris le vrai français, parce qu'ils n'ont entendu que des paroles bien prononcées. Les autres qui parlent et prononcent mal, ont appris un charabia que déparent toutes les fautes dont ils ont pris l'habitude au contact d'autres étrangers, ou, tout seuls, par leur propre répétition fautive des sons corrects trop rarement entendus.

Correction, politesse, prestige

Il faut donc entendre parler bien, écouter souvent les mêmes mots bien prononcés, les tournures correctes, n'entendre jamais mal parler une langue que l'on apprend, pour se former dans cette langue un vocabulaire élégant, poli, utile.

Dans une langue que nous abordons, nous en sommes au même point que l'enfant qui parle mal s'il entend parler mal, qui dit des gros mots s'il entend des gros mots ; et cela permet à des gens très réfléchis de prétendre que ce n'est pas dans le pays même que l'on apprend le mieux une langue, parce que trop peu de gens s'efforcent à parler correctement devant vous. Ils préfèrent que l'élève n'écoute au début et ne puisse écouter que la langue la plus correcte, parfaitement prononcée.

Il est certain qu'il vaut mieux avoir une solide connaissance de la langue avant d'aller dans un pays, pour n'éprouver au début aucun isolement, pour discerner lesquels ont un accent défectueux et ne pas les imiter.

Le 24 février 1935, nous avons entendu M. Schuschnigg, premier ministre d'Autriche, puis le maire de Vienne et plusieurs autres personnalités autrichiennes, nous parler par T. S. F. dans un excellent français de bonne compagnie. Ils n'auraient pu acquérir cette élégante élocution dans n'importe quelle province, dans n'importe quel milieu. Le miracle apporté depuis quelques années par la Méthode Linguaphone c'est d'avoir fixé sur disques, d'avoir mis à la disposition de tout auditeur l'accent des meilleurs professeurs du monde, réputés pour la beauté de leur élocution. Songez que, grâce à l'initiative de M. Roston qui créa le Linguaphone, des milliers de personnes, à cette minute même, apprennent par le monde entier la langue française, prennent toutes le bel accent des grands professeurs d'élocution de nos universités, deviennent curieuses de connaître la France, ses monuments, ses arts, sa littérature !

Pour tous les élèves le même accent, celui des élites, élément capital ! Vous arrivez à l'étranger et, rien que par votre manière habituelle de prononcer, vous produisez la meilleure impression sur ceux qui vous écoutent.

Un pays qui sera représenté, dans le monde entier, par tous ces étudiants qui débutent chaque année dans l'apprentissage des langues, ne doit pas négliger cet élément de prestige. Il lui faut des polyglottes parlant bien, aisément, élégamment, qui fassent dire en tous pays : « Ces Français sont vraiment raffinés. » C'est là un avantage moral de premier ordre.

Tous les moyens sont aujourd'hui à notre disposition pour ne plus enseigner les langues étrangères comme des langues mortes. L'époque du progrès mécanique, qui a mis Londres à moins de deux heures de Paris, a mis aussi la possession courante d'une langue comme l'anglais à quelques semaines à peine du jour où nous l'abordons sérieusement. Sachons utiliser des circonstances aussi favorables.

JEAN PUYRAUD.

LE TOURISME FRANÇAIS MENACÉ

Les restrictions apportées, par la plupart des nations, à la « sortie » de leurs devises équivalent, en fait, à la suppression des touristes étrangers en France. Notre pays recevait encore quelque 15 milliards de francs, vers 1929, avec plus de 2 millions de voyageurs ; en 1934, ces « exportations invisibles » sont tombées à 2 milliards environ, avec à peine 800.000 touristes ! Les pouvoirs publics laisseront-ils plus longtemps s'accomplir ainsi le boycottage de la France touristique ?

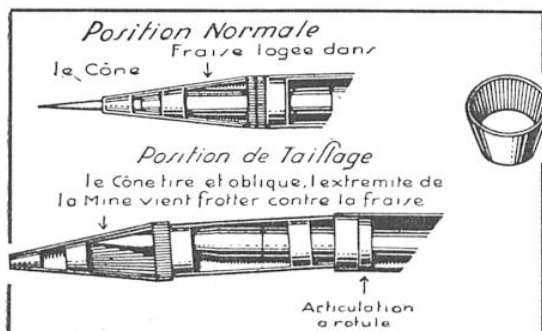
LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Ce porte-mine taille lui-même la mine qu'il emploie

C'EST un fait que le crayon en bois cède de plus en plus la place au porte-mine. Il en résulte, en effet, une économie certaine, la mine étant utilisée jus-



COUPE DE L'EXTRÉMITÉ DE L' « AUTOPIC »

qu'au bout, et une grande commodité d'emploi puisque l'usage du canif devient inutile. Le crayon *Autopic*, que nous signalons aujourd'hui, taille lui-même la mine courante de 2 $\frac{m}{m}$ qu'il utilise. On peut employer d'ailleurs les mines à dessin, en noir ou en couleur.

Pour tailler la mine, il suffit de la faire dépasser de 6 à 7 millimètres, de tirer le cône avant à fond jusqu'à ce que l'on puisse lui donner une position inclinée par rapport au corps du porte-mine. En tournant le cône, la fraise intérieure taille parfaitement la mine. Il n'y a plus qu'à remettre le cône avant en place, après l'avoir secoué vers le bas pour faire tomber complètement la poussière de mine qui pourrait demeurer à l'intérieur.

L'avancement de la mine s'effectue par rotation de la tête de l'appareil ; l'éjection en appuyant sur cette tête, la pointe étant en bas. Il est donc très simple de changer la mine dont la fixité absolue est, d'autre part, assurée par une pince à serrage automatique et une butée mobile qui sont toutes deux manœuvrées par la tête.

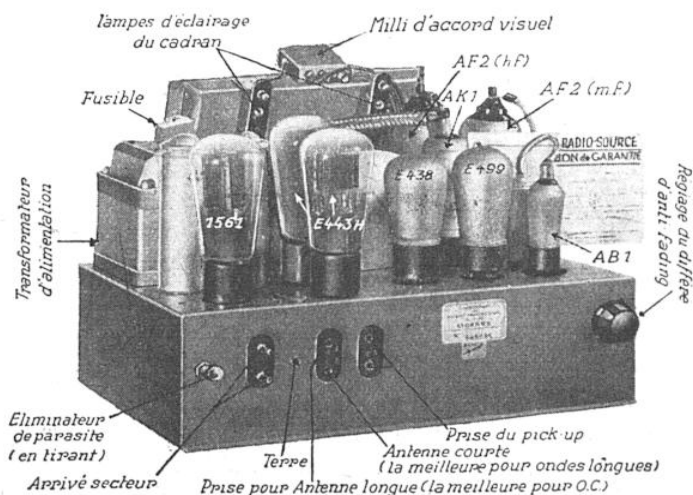
AUTOPIC, 124, avenue Parmentier, Paris (11^e).

Le véritable superhétérodyne toutes ondes 11 à 2.000 mètres

VOICI quelques détails complémentaires sur le changeur de fréquence secteur alternatif *PB-3* (décrit dans notre n° 213, page 257) et que nous ont demandés de nombreux lecteurs :

Ce changeur de fréquence couvre, par cinq gammes, la bande 11-2.000 mètres. Sa sensibilité est telle qu'une antenne intérieure de 3 ou 4 mètres suffit amplement à assurer une réception très puissante. Ce récepteur *PB-3*, conception de M. Paul Berché, a été spécialement étudié pour pouvoir être facilement réalisé par l'amateur lui-même. L'ensemble des pièces détachées sélectionnées nécessaires existe dans le commerce.

Le *PB-3* est un récepteur à neuf lampes, dont une valve à grand débit, comportant les plus récents perfectionnements : commande unique ; changement de fréquence à octaode (lampe à six grilles) ; détection par double diode insaturable ; commande automatique de volume différée, assurant la constance du volume sonore lorsque l'on passe d'une station faible ou éloignée à une station puissante ou rapprochée ; indicateur visuel d'accord ; commandes manuelles de volume et de tonalité ; amplification basse fréquence puissante et pure, réalisée suivant le schéma très moderne du cathodyne push-pull à résistances ; signalisation lumineuse



LE SUPERHÉTÉRODYNE « PB-3 » TOUTES ONDES

indiquant sur quelle gamme se trouve le commutateur d'ondes ; cadran gradué en noms de stations et longueurs d'onde. Cet appareil met à la portée de tous les amateurs les nombreux concerts qui sont transmis sur ondes courtes (stations allemandes, anglaises, italiennes, françaises, russes, etc.).

La puissance modulée maximum que peut donner le *PB-3* est de l'ordre de 7 watts. Bien entendu, cette puissance peut être dosée par la manœuvre de la commande manuelle de volume.

Le haut-parleur très fidèle qui complète le récepteur est du type électrodynamique à grand cône, à grosse admission de puissance.

Bien entendu, le châssis *PB-3* existe tout monté et mis au point. Il existe également des récepteurs *PB-3* en ébénisterie d'importances diverses : ébénisterie horizontale, ébénisterie verticale, meuble luxueux avec pick-up et tourne-disque.

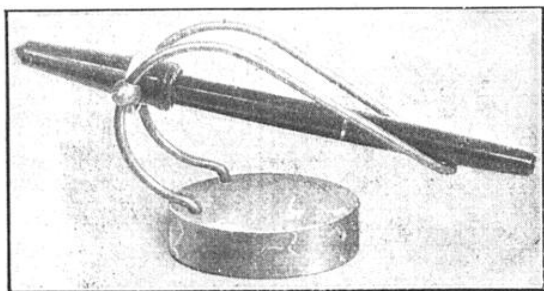
ETABLISSEMENTS RADIO-SOURCE, 82, avenue Parmentier, Paris (11^e).

Un ensemble stylo et porte-stylo parfait pour le bureau

DANS les supports actuels de stylos pour bureau, le porte-plume réservoir est constamment la plume en bas. De ce fait, les différences de température dilatent l'air intérieur du stylo, ce qui fait couler de l'encre dans la tulipe.

Pour atténuer cet inconvénient, on a été conduit jusqu'ici à réduire la contenance du stylographe. C'est pourquoi les usagers trouvent trop souvent leur stylo vide quand ils en ont besoin.

Dans le *Burostyl*, stylophore inversé, au contraire, le stylographe au repos occupe une position très rationnelle, car sa plume est au-dessus et non plus au-dessous du niveau de l'encre. Et, alors, la température de votre bureau peut passer brusquement de 0° à 20° sans aucune perte d'encre. En effet, l'air intérieur du stylo, en se dilatant, sort par l'œil de la plume sans expulser d'encre. Et l'on comprend qu'ainsi le stylographe de grande capacité devient utilisable sur un bureau avec un tel stylophore inversé.



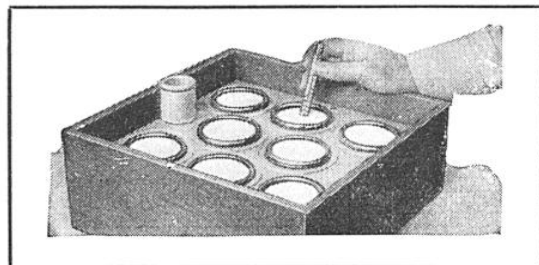
LE « BUROSTYL-303 » AU REPOS

La tulipe du nouveau *Burostyl 303* se présente toujours gueule en haut, comme un canon braqué vers le ciel. Mais, lorsqu'on y plante un stylo à grande contenance, le poids de ce dernier fait pivoter la tulipe autour d'un axe horizontal et place le stylo dans une position rationnelle de repos. D'un aspect élégant, le *Burostyl* comporte le porte-plume 303, qui contient, à taille égale, quatre fois plus d'encre qu'un stylo ordinaire.

ETABLISSEMENTS STYLOMINE, 2, rue de Nice, Paris (11^e).

La santé par le yogourt

LE yogourt est connu depuis le commencement de l'ère chrétienne. Parmi les médecins arabes, le plus illustre, sans contredit, le professeur Avicenne (Ibn Sina, 980-1.035), l'a chaudement recommandé dans son livre magistral *El Canon*, traduit de l'arabe en latin par le pape Silvestre II.



L'APPAREIL A PRÉPARER LE YOGOURT

Depuis, Metchnikof, qui a trouvé que le yogourt contenait des bacilles qui tuent tous les microbes intestinaux, — ce qui explique la longévité des Bulgares et des peuples d'Orient, — le corps médical recommande de manger beaucoup de yogourt. A Paris, on en consomme 500.000 pots par jour.

Pour le préparer chez soi économiquement, au prix du lait, un appareil simple, pratique et économique est l'appareil *Labana* (du mot « laban », yogourt en arabe), qui, sans feu ni électricité, ni ferment chimique, fabrique très facilement du yogourt au prix de 0 fr 10 à 0 fr 15 le pot.

ETABLISSEMENTS LABANA, 43, boulevard Saint-Martin, Paris (3^e).

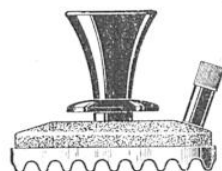
Un chronographe perfectionné

A tous nos lecteurs qui nous demandent des renseignements au sujet des chronomètres, nous rappelons que nous avons signalé (n° 209, page 442) le chronographe *Formel*, garanti contre tous vices de construction pendant deux ans, et même contre tous les risques (chutes, ruptures de pièces, etc.). La mesure du temps au 1/5^e de seconde est ainsi mise à la portée de tous.

CHRONOGAPHE FORMEL, 60, rue de Flandre, Paris (19^e).

Pour obtenir une grillade parfaite en quatre minutes

LA cuisine au gaz a supprimé généralement, dans les villes, l'usage de la braise qui permettait d'obtenir les grillades les plus savoureuses. Voici un dispositif électrique susceptible de rendre à la



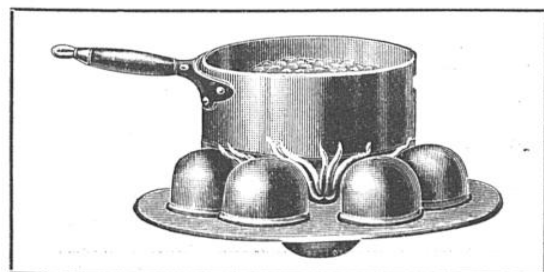
LE FER « SAPEC »
POUR GRILLADES

ménagère d'appréciables services. C'est une sorte de fer électrique dont la base comporte des ondulations. Le morceau de viande à cuire étant posé sur une assiette, et l'appareil reposant sur sa poignée, le socle en l'air, on attend cinq à six minutes qu'il soit bien chaud. On le prend alors par la poignée et on le place sur la viande. Au bout d'une à deux minutes, on tourne l'appareil (le *Sapec*) de 90 degrés, de façon à croiser les marques faites par les ondulations. On recommence sur l'autre côté de la viande et la grillade est prête. Pour un morceau de 250 à 300 grammes et de 2 centimètres d'épaisseur, la cuisson ne demande guère plus de quatre minutes, à moins que l'on désire une viande bien cuite. Ainsi, les grillades de mouton, de porc frais, les saucisses, petites andouillettes, brochettes diverses, certains poissons même, cuits avec cet appareil, conservent une saveur fort agréable.

SAPEC, 1, rue du Plat, Lyon (Rhône).

Pour augmenter le rendement calorifique des cuisinières

VOICI un rond de fourneau qui, d'après les essais effectués au laboratoire du Conservatoire national des Arts et Métiers, permet d'accroître le rendement calorifique des cuisinières. Il consiste en une plaque circulaire, en fonte, de 210 millimètres de diamètre, présentant sept alvéoles cylindriques de 38 millimètres de diamètre intérieur et de 32 millimètres de profondeur destinées à augmenter la surface de chauffe. D'autre part, la flamme étant concentrée sur une plus petite surface (entre les godets),



LE « NERO » SOUS UNE CASSEROLE

le chauffage est plus rapide. On atteint ainsi une chaleur égale à celle que l'on obtient d'habitude en retirant le rond central du fourneau de cuisine, sans que les casseroles risquent de recevoir un coup de feu.

Les essais dont nous avons parlé ont donné les résultats suivants : pour porter à l'ébullition 3 litres d'eau pris à 13° C, il a fallu 36 minutes 36 secondes avec une plaque de chauffage ordinaire, tandis que 25 minutes 33 secondes ont suffi avec la nouvelle plaque *Nero*.

Ajoutons que *Nero* retourné peut se transformer en lampe à alcool.

SOCIÉTÉ NERO, 4, rue Poincot, Paris (14°).

Un progrès dans la construction mécanique : les goupilles et les broches élastiques

L'EMPLOI de goupilles et broches d'assemblage est, on le sait, général dans toute la construction mécanique. On utilise dans ce but, suivant l'importance des efforts à supporter, soit des goupilles fendues, soit des goupilles pleines, cylindriques ou coniques, en acier étiré ou rectifié. Les goupilles fendues sont surtout des organes d'arrêt (d'un écrou,



BROCHE ET GOUPILLE ÉLASTIQUES

par exemple), qui ne peuvent supporter d'effort sérieux. Quant aux goupilles pleines en acier étiré, la tolérance même de leur fabrication rend difficile un ajustage correct et un serrage uniforme. Pour les goupilles calibrées et rectifiées, il faut aléser exactement leur logement, d'où des frais supplémentaires d'usinage.

Les goupilles et broches élastiques *Mecanindus* résolvent parfaitement le problème posé. Elles sont constituées d'une bande d'acier à haute résistance, laminée à froid, roulée et traitée thermiquement, et se présentent sous la forme d'un cylindre fendu suivant une génératrice. Une extrémité est légèrement chanfreinée pour faciliter leur mise en place.

Cette goupille s'ajuste donc, grâce à la fente lui donnant une élasticité appréciable, automatiquement et avec un serrage énergique dans son logement, celui-ci étant simplement percé avec les tolérances habituelles. Sa résistance au cisaillement est très élevée et sa grande élasticité lui permet de supporter les chocs les plus violents.

De plus, l'absence de noyau central lui assure une grande légèreté, appréciée no-

tamment dans les constructions aéronautiques et automobiles.

Son ajustage automatique dans son logement permet d'utiliser des vis ou boulons ordinaires du commerce.

Enfin, bien que dénommée « goupille élastique », elle peut servir aussi bien d'axe, de bague d'usure, de broche, de douille, etc.

ETABLISSEMENTS MECANINDUS, 54, rue Louis-Blanc, Courbevoie (Seine).
V. RUBOR.

CHEZ LES ÉDITEURS ⁽¹⁾

Au pays de l'or noir, par Ch. Baron. Prix franco : France, 14 fr. 50 ; étranger, 18 fr. 50.

Le président de la Commission des Mines de la Chambre des députés vient d'écrire un volume fort bien documenté sur le pétrole russe, question de la plus haute importance au point de vue économique, technique et politique. Ce que M. Baron désigne sous le nom « d'or noir » constitue, en effet, la richesse principale du territoire soviétique. L'importance des célèbres gisements de Bakou, de Grozny, tient une trop grande place dans l'histoire du pétrole dans le monde pour qu'il soit nécessaire d'insister sur le rôle qu'ils ont joué, et qu'ils jouent, dans l'économie de la Russie. Si l'U. R. S. S. a pu disposer d'une monnaie d'échange avec les nations d'Europe et d'Amérique, c'est au naphte qu'elle le doit. L'auteur, qui a parcouru les régions « minérales » de l'Union Soviétique, a pu ainsi se faire une idée objective du développement des productions du sous-sol de ce vaste empire de plus de 160 millions d'âmes ! La Russie constitue non seulement un réservoir d'hommes considérable, mais encore un réservoir de richesses naturelles qui ne peut être comparé qu'à celui du nouveau monde. Dans l'économie mondiale — et dans l'économie européenne en particulier — cet empire sera appelé à

(1) Les ouvrages annoncés dans cette rubrique peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE, au reçu de la somme correspondant aux prix indiqués.

fournir de nombreuses matières premières et, en premier lieu, le pétrole.

L'ouvrage de M. Baron constitue un véritable « film » captivant et documentaire, susceptible d'intéresser tous ceux qui se préoccupent des destinées économiques du monde et cherchent à en comprendre l'évolution. Rappelons-nous que la conquête du pétrole a suscité des rivalités sanglantes, car de sa possession dépend la puissance économique et militaire d'un pays. L'Angleterre, comme les États-Unis, se sont affrontés depuis longtemps, à ce point de vue, pour prendre la première place dans l'économie mondiale.

Gaz de combat, défense passive, feu-sécurité. — Chaque numéro franco : France, 10 francs ; étranger, 11 francs.

Nous signalons à nos lecteurs l'initiative d'un de nos grands éditeurs scientifiques qui vient de publier, sous la direction de notre éminent collaborateur George Jaubert, le premier numéro d'une revue technique consacrée aux gaz de combat et à la défense passive. Nous aurons certainement l'occasion de faire connaître à nos lecteurs les conclusions des mémoires scientifiques les plus importants rédigés par les spécialistes les plus compétents en ce qui concerne la guerre des gaz et le péril qu'elle présente pour les populations, depuis que l'aviation a pris l'essor que l'on connaît.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an 45 fr.	Envois recommandés	{ 1 an 55 fr.
	{ 6 mois ... 23 —		{ 6 mois ... 28 —

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après :

Afghanistan, Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines, Indes Néerlandaises, Irlande, Islande, Italie et Colonies, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Pérou, Rhodésie, Suède.

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an 80 fr.	Envois recommandés	{ 1 an 100 fr.
	{ 6 mois ... 41 —		{ 6 mois .. 50 —

Pour les autres pays :

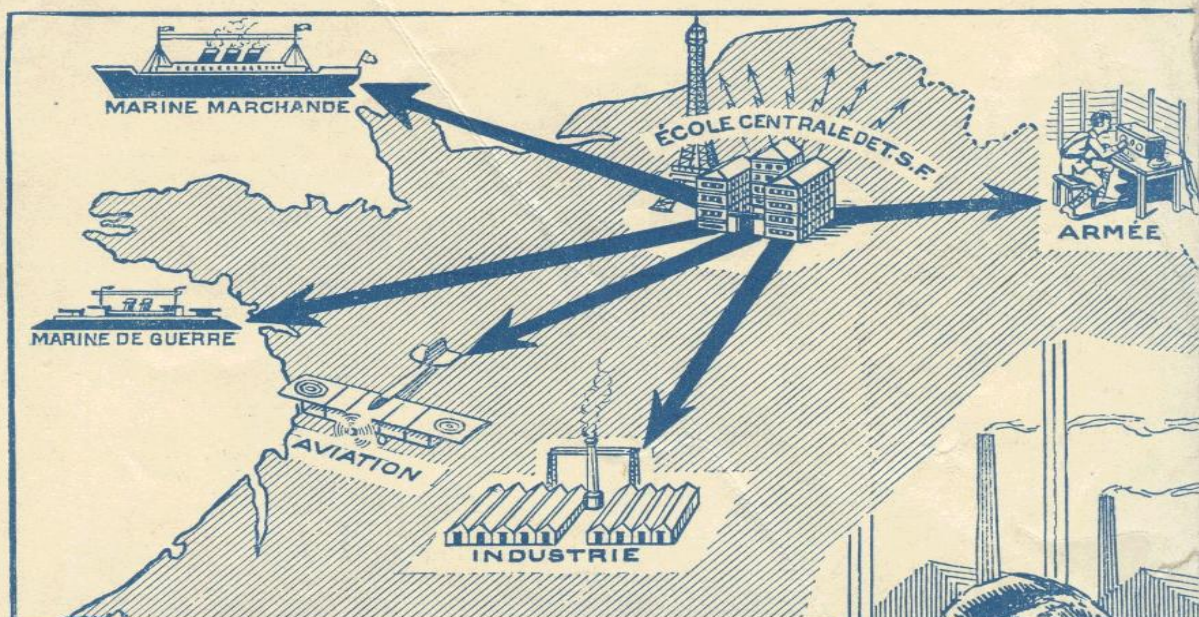
Envois simplement affranchis.....	{ 1 an 70 fr.	Envois recommandés	{ 1 an 90 fr.
	{ 6 mois ... 36 —		{ 6 mois ... 45 —

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^e
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

Directeur : G. BOURREY. — Gérant : M. LAMY.

Paris. — Imp. MAURICE BERNARD, 18, rue d'Enghien.



ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

12, Rue de la Lune - PARIS (2^e)

Toutes les préparations

PROFESSIONNELLES. - Radiotélégraphistes des Ministères et Grandes Administrations ; Ingénieurs et Sous-Ingénieurs Radios ; Chefs-Monteurs ; Radio-Opérateurs des Stations de T. S. F. Coloniales ; Vérificateurs des installations électro-mécaniques des P. T. T.

MILITAIRES :

Génie. - Chefs de Postes et Elèves Officiers de Réserve.

Aviation. - Breveté Radio.

Marine. - Breveté Radio.

Durée moyenne des études : 6 à 12 mois

L'Ecole s'occupe du placement et de l'incorporation

Cours du jour, du soir et par correspondance

Ces renseignements pour la nouvelle session du 23 Avril 1935



Plus de

50.000

kilomètres

... ont déjà été parcourus
par la 201 de Monsieur B...
à Illzac (Haut-Rhin)
SANS AUCUNE REVISION
DU MOTEUR



Cet exemple choisi entre mille, illustre
UNE FOIS DE PLUS la robustesse légendaire
et la remarquable économie des voitures

Peugeot

Ces qualités fondamentales résultent de la
"TECHNIQUE DU RENDEMENT"
pratiquée depuis toujours par

Peugeot

Une conception sans cesse améliorée, des
matières de premier choix, et un usinage
rigoureusement contrôlé font de la PEUGEOT
une voiture au "SERVICE" PRATIQUEMENT
ILLIMITÉ, et dont chaque kilomètre
coûte moins cher qu'avec toute autre
voiture capable de transporter le même
chargement à la même vitesse.

te intérieure 14.900 • 301 conduite intérieure 17.500 • 401 conduite intérieure 22.600 • 601 conduite intérieure 29.500
tre places luxe 5 places grand luxe 5 places grand luxe 5 places