

# la Science et la Vie



Voir page 251

# Une magnifique encyclopédie médicale

# MON DOCTEUR

Deux forts VOLUMES

Publié sous la direction du Docteur H.-M. MENIER

o Reliure o  
demi-chagrin  
format 16x24

avec la collaboration scientifique et professionnelle de MM. les Docteurs de la Faculté de médecine de Paris.

## L'œuvre splendide

que nous présentons au Public constitue la plus instructive des Encyclopédies populaires de Médecine et d'Hygiène qui soient parus jusqu'à ce jour.

Rompant avec tous les errements du Passé qui consistaient à présenter un ouvrage de médecine sous la forme aride et indigeste de Dictionnaire, les auteurs ont conçu, rédigé et fait exécuter cette importante publication dans la forme Encyclopédique beaucoup plus rationnelle, plus scientifique et surtout plus pratique, ainsi qu'en témoigne le Plan général exposé ci-dessous.

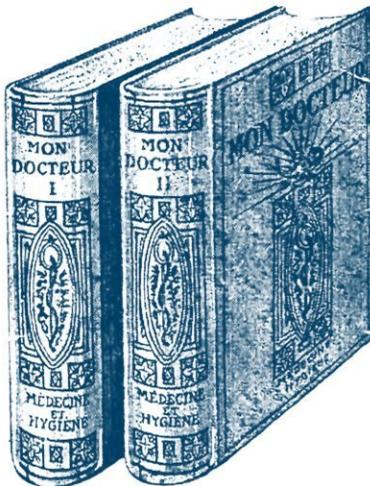
1° L'Anatomie complète et les fonctions physiologiques de chaque organe; le groupe de toutes les maladies constitutionnelles et accidentelles affectant chaque organe; et pour chacune des maladies dans leur ordre successif, les différentes mesures préventives et les nombreux traitements qui peuvent être employés pour obtenir un résultat certain, une guérison rapide, une cure merveilleuse;

2° La Comparaison des symptômes de maladies analogues ou voisines;

3° Les règles à suivre dans les cas d'accidents soudains;

4° Enfin la suppression de tout conseil contraire à la morale et aux bonnes mœurs, ce qui réalise l'immense supériorité de cette encyclopédie, c'est la réunion en un seul ouvrage des

**MÉTODES MODERNES** employées pour prévenir, soigner et guérir toutes les maladies.



Faute de connaître de façon suffisante la constitution et le fonctionnement de nos organes, les principes d'hygiène que l'on doit observer, les soins que notre corps réclame pour être Fort et Vigoureux :

**'L'Homme ne meurt pas, il se tue!'**

## Un admirable Musée d'anatomie

est annexé à l'ouvrage, sous forme de **MODÈLES DÉMONTABLES**

du corps de l'homme en 6 tableaux, de la femme en 9 tableaux, de la gestation en 15 tableaux, représentant plus de 600 détails d'organes en 8 couleurs, qui montrent toutes les fonctions physiologiques des organes entre eux au moyen de feuillets découpés et superposés.

**UN INDEX ALPHABÉTIQUE** contenant tous les noms des maladies et traitements permet de trouver instantanément l'organe affecté, la maladie et le traitement cherchés.

## MON DOCTEUR

se compose de deux superbes volumes reliés dos cuir, fers spéciaux, format in-8° 16x24, renfermant près de 1.500 pages de texte avec de nombreuses gravures et de magnifiques hors-texte en couleurs.

Cette admirable publication devient pour tous un ami fidèle et sûr, un guide judicieux, éclairé et pratique, qui a sa place marquée dans chaque foyer, dans toute bibliothèque.

L'ouvrage complet est terminé et livrable immédiatement. Pour faciliter à tous l'acquisition de cet important ouvrage, nous en effectuons l'envoi, payable **20 francs par mois**. Livraison à domicile. -- Encasement par la poste

## PLAN GÉNÉRAL

**Organes de la Circulation :** Cœur - Vaisseaux - Artères - Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

**Organes de la Respiration :** Trachée - Artère - Bronches - Poumons - Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

**Appareil digestif :** Œsophage - Estomac - Intestins - Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

**Organes Urinaires :** Reins - Vessie - Urètre - Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

**Fonctions et Soins de la Peau :** Épiderme - Derme - Muqueuse - Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

**Organe de la Pensée :** Le Cerveau - Le Cervelet - Moelle épinière - Système nerveux - Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

**Appareils de la Locomotion :** Les Os et les Muscles - Anatomie - Physiologie - Fractures - Maladies et Traitements.

**Organes Génitaux de l'Homme :** Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

**Organes Génitaux de la Femme :** Anatomie - Physiologie - Fécondation - Grossesse - Maladies, Soins et Traitements.

**Les Enfants :** Maladies - Soins préventifs - Traitements.

**Maladies Constitutionnelles :** Constitution - Hérité - Tares - Rachitisme, etc. - Soins et Traitements.

**Maladies Infectieuses :** Bactéries - Epidémies - Prophylaxie et Traitements.

**Organes de la Vue, de l'Ouille, de l'Œil, de l'Oreille :** Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

**Plaies - Contusions - Narcose :** Soins et Traitements.

**Notions Générales :** sur l'emploi et le dosage des Médicaments - Application de divers modes de Traitements.

**Les Urines :** Analyses et Indications. **Soins aux Malades :** Chambre - Aération - Lit - Massages - Bains - Douches - Lotions - Frictions - Maladies contagieuses à l'École.

**Les Accidents :** Premiers secours - Asphyxies - Syncope - Empoisonnements - Brûlures - Fractures - Pansement - Transport des Blessés.

**Les Aliments :** Valeur alimentaire de chacun - Eau - Lait - Beurre - Fromage - Œufs - Viandes - Légumes secs, verts - Champignons - Fruits - Sucre - Miel - Condiments - Café - Thé - Chocolat - Cacao - Boissons - Bière - Vin - Eau-de-vie - Nourriture et Nutrition - Toxicologie.

**Régimes et Cures :** Fiévreux - Convalescents - Régime Diététique - Reconstituant - Lacté - Cure de fruits, de raisin et d'air.

**Bains et Eaux Thermales :** Stations Balnéaires, Climatériques, Estivales et Hivernales - Bains de Lumière.

**Orthopédie :** Déviations et Déformations des Os, du Rachis, du Dos, des Hanches, des Pieds, etc. - Traitements et Cures.

**Service Militaire :** Aptitude Physique - Modes d'examen - Exemption - Ajournement - Aptitude aux différentes armes.

**Hygiène générale et Hygiène de l'Habitation :** Condition des Logements salubres - Exposition - Aération - Chauffage - Eclairage - Distribution des Appartements - Propreté - Désinfection - Plantes Médicinales.

## BULLE TIN DE COMMANDE

Veillez m'adresser l'ouvrage **MON DOCTEUR** en 2 volumes reliés, au prix de 275 francs payable : a) par traite de 20 francs tous les mois jusqu'à complet paiement; b) en trois versements mensuels (avec 5 %) de chacun 87 francs; c) au comptant (avec 10 %) en un seul versement de 247 fr. 50. Port et Emballage en sus 15 francs, et 1 franc par traite pour frais d'encasement.

Nom et Prénoms..... Profession.....

Adresse..... Signature :

Ville.....

Département.....

Remplir et signer ce Bulletin et l'envoyer à la

**LIBRAIRIE ARISTIDE QUILLET** SOCIÉTÉ ANONYME Capital : 20 millions **278, b<sup>d</sup> St-Germain, PARIS-7<sup>e</sup>**

## BON pour une NOTICE détaillée.

Veillez m'adresser gratis et franco la Documentation relative à

## MON DOCTEUR

Nom et Prénoms.....

Adresse.....

Profession.....

Ville..... Dep.....

Découper et envoyer ce Bon à la

PUB. C. BÉLOC.

**MARINE - AVIATION - T.S.F.**

**LES PLUS BELLES  
CARRIÈRES**



**L'ÉCOLE  
DE NAVIGATION  
MARITIME & AÉRIENNE**

(Placée sous le haut patronage de l'Etat)

**152, av. de Wagram, PARIS (17<sup>e</sup>)**

VOUS PRÉPARERA A L'ÉCOLE MÊME  
OU PAR CORRESPONDANCE

**T. S. F.**

**ARMÉE, MARINE, AVIATION**

**MARINE MILITAIRE**

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

**MARINE MARCHANDE**

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

**AVIATION MILITAIRE**

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

**AVIATION MARITIME**

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

**AVIATION CIVILE**

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



PUBL. C. RIGOR

MENCIER

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



*On nous fait signe du refuge!*

Seule la jumelle a pu suppléer à l'insuffisance des yeux.

Comme l'alpiniste, le véritable touriste et le voyageur expérimenté ne se déplacent jamais sans cet instrument devenu indispensable.

Demandez, à votre opticien la luxueuse plaquette "UN RÊVE RÉALISÉ" ou l'histoire de l'optique à travers les âges; ou réclamez-la à BBT KRAUSS, 82, rue Curial, PARIS.

Pub. R.-L. Dupuy

La nouvelle NIKAL  
8x25, réf. 321.66 extra-  
légère ne pèse que  
350 grammes.



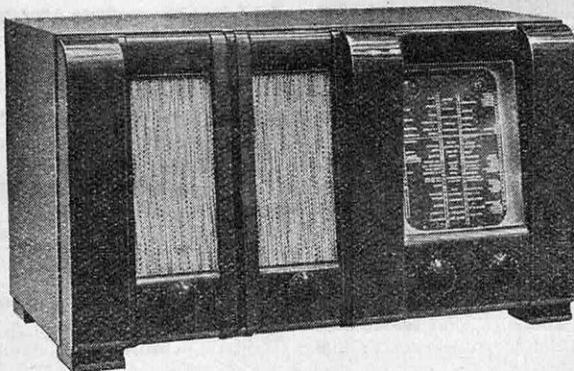
**UNIQUE EN FRANCE !!!**

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

Notre dernière création 1939

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

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



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

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

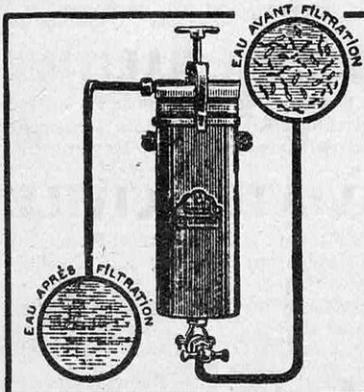
PRIX de réclame net  
Poste complet .. **1.395.»**

Demandez la DOCUMENTATION ILLUSTRÉE très détaillée, av. schéma et conditions de remise aux lecteurs (Référence 901)

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

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

MAISON DE CONFIANCE



LE **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

PUBL. C. BLOCH

PUBL. C. BLOCH

## LE PROBLÈME DU CHAUFFAGE INTERMITTENT EST RÉSOLU !

L'INDUSTRIE utilise couramment la vapeur de ses chaudières pour le chauffage de petits appareils tels que cuves, marmites, presses, étuves, qui ne requièrent pas pratiquement de températures supérieures à 120°.

Ce détournement — si l'on peut dire — de vapeur est parfaitement légitime, en ce sens que la vapeur d'eau, haute ou basse pression, est un véhicule commode de la chaleur. Mais, dans certaines circonstances, une question d'économie se pose, qui peut être résolue de façon plus ou moins économique.

Il est entendu que, dans une entreprise marchant à plein rendement, ces prélèvements de vapeur peuvent être passés par profits et pertes. Mais, dans bien des cas, il en va tout autrement.

Plaçons-nous dans la situation de l'industriel faisant la conserve de légumes. Par la nature même du produit traité, l'entreprise est saisonnière. Pendant six, sept, huit mois : grande activité. Et puis vient l'hiver ; les opérations essentielles sont suspendues. Restent uniquement des manipulations d'ordre secondaire : transvasement des boîtes, lavage du matériel, etc., etc., qui ne peuvent être évités et qui réclament beaucoup d'eau chaude.

Allumer pendant cette période la chaudière, qui a été calculée pour le travail à plein, c'est engager une grosse dépense de charbon, plus le salaire d'un chauffeur et toutes les charges qui en résultent.

De saisonnière qu'elle est, dans ce cas, l'intermittence peut prendre, ailleurs, un caractère presque journalier. Ainsi en est-il lorsqu'il s'agit, par exemple, de conserveries de poissons où l'on verra tel jour les pêcheurs rentrer au port leurs barques lourdement chargées, alors que le lendemain elles reviendront malheureusement presque vides.

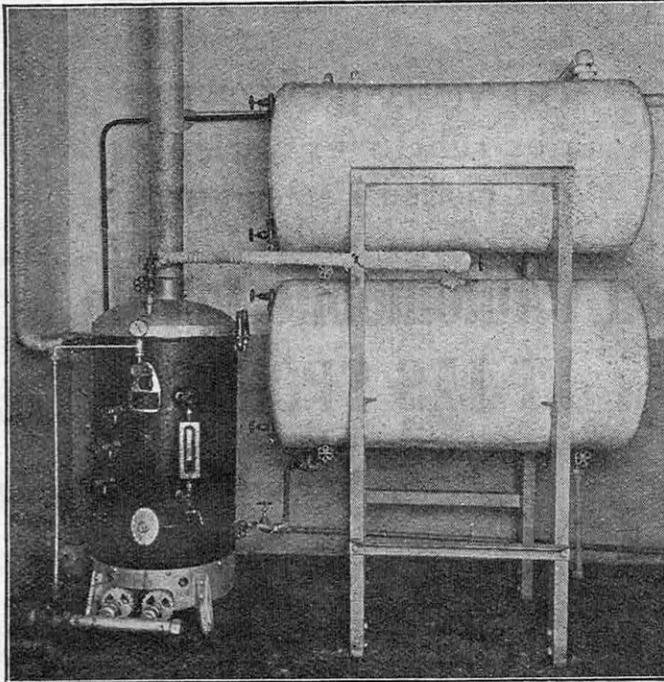
Calculée sur les besoins des plus fortes pêches, la chaudière fonctionnera à un tarif singulièrement onéreux les jours de disette.

Comment obvier à cet inconvénient ? En adjoignant à l'installation une ou plusieurs

petites chaudières à gaz. Il n'est plus à démontrer, en effet, que le gaz est par excellence le combustible des chauffages intermittents.

Il existe de telles chaudières dont la gamme de puissance est suffisamment vaste pour faire face à tous les besoins.

Les exemples que nous avons choisis ne doivent pas laisser supposer que l'application se limite aux cas des fabrications alimentaires. La photographie que nous publions se rapporte à un autre cas où l'indépendance de la production de la vapeur est d'un singulier intérêt au point de vue de la commodité et de l'économie.



Ce document a été pris dans une fabrique de roulements à billes de la région parisienne où la chaudière auxiliaire qui y figure est affectée à une petite distillerie, appelée à régénérer l'essence qui a servi à laver les pièces pour les dégraisser.

L'introduction de l'eau dans la chaudière se fait par gravité au moyen des bouteilles calorifugées qu'on voit à droite sur la figure. Dans le récipient supérieur est reçue et accumulée l'eau de retour de la distillerie, tandis que celui du bas sert à maintenir constant le niveau de la chau-

dière. L'alimentation semi-automatique ainsi réalisée ne réclame pas plus de deux manœuvres par journée de travail.

Dans une autre entreprise, nous avons pu voir une chaudière du même type employée dans une imprimerie parisienne pour produire de la vapeur vive pour le chauffage d'une machine d'impression ; son fonctionnement est entièrement automatique, l'alimentation se faisant par un petit cheval à commande électrique.

Ainsi voit-on que toute main-d'œuvre a disparu de l'opération et que, dans les cas caractéristiques d'intermittence du service, la chaudière à gaz, allumée ou éteinte instantanément, commandée à la mesure des besoins de chaleur par un thermostat automatique, est un instrument de grande commodité et de réelle économie, d'autant plus que le rendement thermique, de l'ordre de 65 %, est singulièrement favorable.

**LISEZ**  
**tous les vendredis**

# **l'Aéro**

OU VOUS TROUVEREZ  
des rubriques variées  
des meilleurs auteurs sur

**l'Aviation, l'Automobile, le Vélo, la Moto  
ET LES SPORTS.**



IL EST JEUNE,

VIVANT,

ATTRAYANT

---

A titre de propagande, **abonnement gratuit d'un mois**, sur simple demande, accompagnée de cette annonce, adressée à **l'AÉRO, 114, CHAMPS-ÉLYSÉES, 114, PARIS (8<sup>e</sup>)**

*Partout où passe  
le courant lumière*

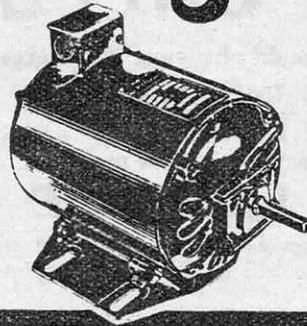
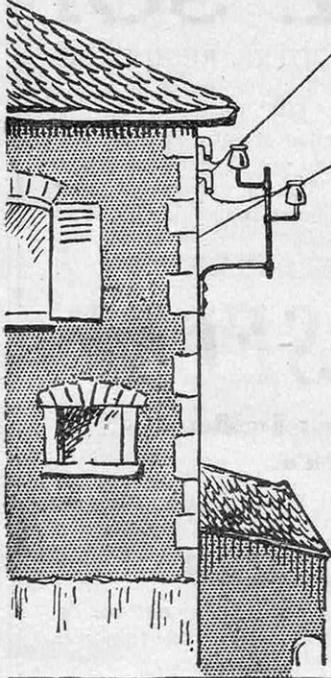
...ET SANS INSTALLER  
LA FORCE!..

*vous pouvez brancher un*

# Ragonot-Delco

ETS RAGONOT

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



Pub. R.-L. Dupuy.

**NOUVEAUTÉ!**

## LE DESSIGRAPHE

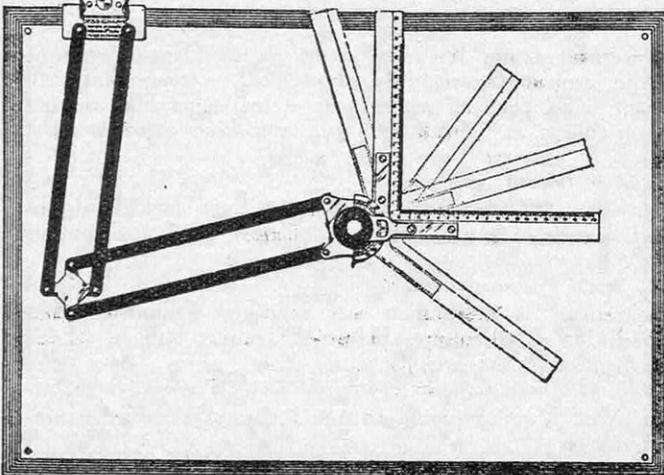
Breveté S. G. D. G. — Marque et modèle déposés. — Fabrication française

DESSINERA RAPIDEMENT VOTRE PENSÉE TECHNIQUE!...

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

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

↓ Système de fixation mobile pour toutes planches



**DESSINATEURS  
ARCHITECTES  
INGÉNIEURS  
ÉTUDIANTS, etc.**

Catalogue 12 bis franco sur demande

**Prix : 95 francs**

Pour planche maximum 75x60

Emballage et port :

FRANCE, 10 fr. - ÉTRANGER, 20 fr.

CHÈQUES POSTAUX 2035.52

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

**P. BERVILLE**  
18, rue La Fayette, PARIS-IX°

# ÉTUDES CHEZ SOI

Vous pouvez faire **CHEZ VOUS, QUELLE QUE SOIT VOTRE RÉSIDENCE**, sans déplacement, sans abandonner votre situation, en utilisant simplement vos heures de loisirs, avec le **MINIMUM DE DÉPENSES**, dans le **MINIMUM DE TEMPS**, avec le **MAXIMUM DE PROFIT**, quels que soient votre degré d'instruction et votre âge, en toute discrétion si vous le désirez, dans tous les ordres et à tous les degrés du savoir, toutes les études que vous jugerez utiles pour compléter votre culture, pour obtenir un diplôme universitaire, pour vous faire une situation dans un ordre quelconque d'activité, pour améliorer la situation que vous pouvez déjà occuper, ou pour changer totalement d'orientation.

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

## L'ÉCOLE UNIVERSELLE,

placée sous le haut patronage de plusieurs Ministères et Sous-Secrétariats d'Etat,

**LA PLUS IMPORTANTE DU MONDE.**

L'efficacité des méthodes de l'Ecole Universelle, méthodes qui sont, depuis 32 ans, l'objet de perfectionnements constants, est prouvée par

### LES MILLIERS DE SUCCÈS

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

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

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

**BROCHURE N° 41.803**, concernant les *classes complètes de l'Enseignement primaire et primaire supérieur* jusqu'aux Brevet élémentaire et Brevet supérieur inclusivement — concernant, en outre, la préparation rapide au *Certificat d'études primaires*, au *Brevet élémentaire*, au *Brevet supérieur*, pour les jeunes gens et jeunes filles qui ont déjà suivi les cours complets d'une école — concernant, enfin, la préparation au *Certificat d'aptitude pédagogique*, aux divers *Professorats*, à l'*Inspection primaire*, au *Certificat d'études P. C. B.* et à l'*examen d'herboriste*.

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

**BROCHURE N° 41.808**, concernant toutes les *classes complètes de l'Enseignement secondaire* officiel depuis la onzième jusqu'au *Baccalauréat* inclusivement — concernant aussi les examens de passage — concernant, enfin, pour les jeunes gens et les jeunes filles qui ont déjà suivi les cours d'un lycée ou d'un collège, la préparation rapide aux *divers baccalauréats* et aux *diplômes de fin d'études secondaires*.

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

**BROCHURE N° 41.812**, 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° 41.818**, concernant la préparation aux concours d'admission dans *toutes les grandes Ecoles spéciales* : Agriculture, Industrie, Travaux Publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Colonies, etc.

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

**BROCHURE N° 41.820**, concernant la préparation à *toutes les carrières administratives* de la Métropole et des Colonies.

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

**BROCHURE N° 41.826**, concernant la préparation à tous les brevets et diplômes de la **Marine marchande** : Officier de pont, Officier mécanicien, Commissaire, T. S. F., etc.  
(Enseignement donné par des officiers de pont, Ingénieurs, Officiers mécaniciens, Commissaires, Professeurs de l'Université, etc.)

**BROCHURE N° 41.833**, concernant la préparation aux carrières d'Ingénieur, Sous-Ingénieur, Dessinateur, Conducteur, Chef de Chantier, Contremaître dans toutes les spécialités de l'**Industrie** et des **Travaux publics** ; Electricité, T. S. F., Mécanique, Automobile, Aviation, Mines, Forge, Chauffage central, Chimie, Travaux publics, Architecture, Béton armé, Topographie, etc.  
(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs spécialistes, Professeurs de l'Enseignement technique, etc.)

**BROCHURE N° 41.835**, concernant la préparation à toutes les carrières de l'**Agriculture**, des **Industries agricoles** et du **Génie rural**, dans la Métropole et aux Colonies.  
(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs agronomes, Ingénieurs du Génie rural, etc.)

**BROCHURE N° 41.843**, concernant la préparation à toutes les carrières du **Commerce** (Administrateur commercial, Secrétaire commercial, Correspondancier, Sténo-Dactylographe) ; de la **Comptabilité** (Expert-Comptable, Comptable, Teneur de livres) ; de la **Représentation**, de la **Banque** et de la **Bourse**, des **Assurances**, de l'**Industrie hôtelière**, etc.  
(Enseignement donné par des Professeurs d'Ecoles pratiques, Experts-Comptables, Techniciens spécialistes, etc.)

**BROCHURE N° 41.848**, concernant la préparation aux métiers de la **Couture**, de la **Coupe**, de la **Mode** et de la **Chemiserie** : Petite-Main, Seconde-Main, Première-Main, Couturière, Vendeuse, Vendeuse-retoucheuse, Modéliste, Modiste, Coupeuse, Lingère, Brodeuse, Coupeur-Chemisier, Coupe pour hommes, Professorats libres et officiels, etc.  
(Enseignement donné par des Professeurs officiels et par des Spécialistes hautement réputés.)

**BROCHURE N° 41.854**, concernant la préparation aux carrières du **Cinéma** : Carrières artistiques, techniques et administratives.  
(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

**BROCHURE N° 41.858**, concernant la préparation aux carrières du **Journalisme** : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc.  
(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

**BROCHURE N° 41.860**, concernant l'étude de l'**Orthographe**, de la **Rédaction**, de la **Rédaction de lettres**, de l'**Eloquence usuelle**, du **Calcul**, du **Calcul mental** et extra-rapide, du **Dessin usuel**, de l'**Ecriture**, etc.  
(Enseignement donné par des Professeurs de l'Enseignement primaire et de l'Enseignement secondaire.)

**BROCHURE N° 41.867**, concernant l'étude des **Langues étrangères** : *Anglais, Espagnol, Italien, Allemand, Russe, Annamite, Portugais, Arabe, Esperanto*. — Concernant, en outre, les carrières accessibles aux polyglottes et le **Tourisme** (Interprète).  
(Enseignement donné par des Professeurs ayant longuement séjourné dans les pays dont ils enseignent la langue.)

**BROCHURE N° 41.871**, concernant l'enseignement de tous les **Arts du Dessin** : Cours universel de Dessin, Dessin usuel, Illustration, Caricature, Composition décorative, Décoration, Aquarelle, Peinture, Pastel, Fusain, Gravure, Décoration publicitaire — concernant également la préparation à tous les **Métiers d'art** et aux divers **Professorats**, E. P. S., Lycées, Ecoles pratiques.  
(Enseignement donné par des Artistes réputés, Lauréats des Salons officiels, Professeurs diplômés, etc.)

**BROCHURE N° 41.878**, concernant l'**enseignement complet de la musique** : Musique théorique (*Solfège, Chant, Harmonie, Contrepoint, Fugue, Composition, Instrumentation, Orchestration, Transposition*), Musique instrumentale (*Piano, Accompagnement au piano, Violon, Flûte, Mandoline, Banjo, Clarinette, Saxophone, Accordéon*) — concernant également la préparation à toutes les carrières de la **Musique** et aux divers **Professorats** officiels ou privés.  
(Enseignement donné par les Grands Prix de Rome, Professeurs membres du jury et Lauréats du Conservatoire national de Paris.)

**BROCHURE N° 41.880**, concernant la préparation à toutes les **carrières coloniales** : Administration, Commerce, Industrie, Agriculture.  
(Enseignement donné par des Fonctionnaires supérieurs des Grandes Administrations, Techniciens spécialistes des questions coloniales, Ingénieurs d'Agronomie coloniale.)

**BROCHURE N° 41.884**, concernant l'**Art d'écrire** (Rédaction littéraire, Versification) et l'**Art de parler en public** (*Eloquence usuelle, Diction*).

**BROCHURE N° 41.891**, concernant l'**enseignement pour les enfants débiles ou retardés**.

**BROCHURE N° 41.893**, concernant les **carrières féminines** dans tous les ordres d'activité.

**BROCHURE N° 41.897**, **Coiffure, Manucure, Pédicure, Massage, Soins de beauté**.

Ecrivez aujourd'hui même, comme nous vous y invitons à la page précédente, à MM. les Directeurs de

# L'ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS (16°)

# Révélation du secret de l'influence personnelle

**Méthode simple pour développer le magnétisme, la concentration, la mémoire et la force de volonté. Un livre de 48 pages décrivant entièrement cette méthode unique ainsi qu'une étude de caractère GRATIS à tous ceux qui écrivent immédiatement.**

« La merveilleuse puissance de l'Influence Personnelle, du Magnétisme, de la Fascination, du Contrôle de l'Esprit, qu'on l'appelle comme on voudra, peut être sûrement acquise par toute personne, quels que soient son peu d'attrait naturel et le peu de succès qu'elle ait eu », dit M. Elmer E. Knowles, auteur du livre intitulé : « *La Clé du Développement des Forces Intérieures.* » Ce livre dévoile des faits aussi nombreux qu'étonnants concernant les pratiques des Yogis hindous et expose une méthode unique en son genre pour le développement du Magnétisme Personnel, des Puissances Hypnotiques et Télépathiques, de la Mémoire, de la Concentration et de la Force de Volonté à l'aide de la merveilleuse science de la suggestion. Le comte H. Csaky-Pallavicini écrit :



Comte H. CSAKY-PALLAVICINI

Chacun devrait posséder votre méthode si simple. Les instructions qu'elle contient sont aussi nécessaires à l'humanité que l'air est aux poumons ou la nourriture au corps. » Ce livre, distribué gratuitement, contient de nombreuses reproductions photographiques montrant comment ces forces invisibles sont employées dans le monde entier et comment des milliers de personnes ont développé certaines puissances de la possession desquelles elles étaient loin de se douter. La distribution gratuite a été confiée à une grande institution de Bruxelles et un exemplaire sera envoyé franco à quiconque en fera la demande.

En plus du livre gratuit, toute personne qui écrit immédiatement recevra une étude détaillée de caractère. Copiez simplement de votre propre écriture les lignes suivantes :

« Je veux le pouvoir de l'esprit,  
La force et la puissance dans mon regard.  
Veuillez lire mon caractère  
Et envoyez-moi votre livre. »

Écrivez très lisiblement vos nom et adresse complets (en indiquant Monsieur, Madame ou Mademoiselle) et adressez la lettre à **PSYCHOLOGY FOUNDATION S. A.**, distribution gratuite (Dépt. 3529-L.), rue de Londres, 18, Bruxelles, Belgique. Si vous voulez, vous pouvez joindre à votre lettre 3 francs français, en timbres de votre pays, pour payer les frais d'affranchissement, etc. Assurez-vous que votre lettre est suffisamment affranchie. L'affranchissement pour la Belgique est de fr. 2,25.

N. B. — *Psychology Foundation* est une maison d'édition établie depuis de nombreuses années. Elle s'est fait d'innombrables amis par la distribution de livres utiles et de brochures traitant de questions psychologiques et mentales. Plus de 40 professeurs d'universités ont contribué à ses éditions et tous les ouvrages pour lesquels un prix est fixé sont vendus avec une garantie de satisfaction ou de remboursement.

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

Construction, Montage, Dépannage tous appareils, Cours (théorie et pratique) oraux et par correspondance.

**DIPLOME FIN D'ÉTUDES**

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

**COURS NADAUD, 1, place Jussieu, Paris (V<sup>e</sup>)**

## Radiesthésie scientifique ou Radio-Désintégration

Méthode **L. TURENNE**

Ing. E.C.P., ancien professeur de T. S. F.

Appareils sélectifs pour l'étude de toutes ondes ;  
Protection contre les ondes nocives ;  
Recherches d'eau, de métaux, etc.

**LIVRES, COURS ET LEÇONS**

Envoi franco de notices explicatives

**19, r. de Chazelles, Paris-17<sup>e</sup>. T. Wag. 42-29**

# SOURDS

Pour chaque degré de surdité, un

## PHONOPHORE

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

**SIEMENS PHONOPHORE Co, Service "S"**  
4, rue Chauchat, Paris (9<sup>e</sup>) - PRO: 0100 98-77

## INVENTEURS

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

## LA SCIENCE ET LA VIE

est le seul Magazine de Vulgarisation  
Scientifique et Industrielle

Depuis

**25 ans**

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

**LAUREYS F<sup>res</sup>**

**17 RUE D'ENGHIEN - PARIS-10<sup>e</sup>**

TÉLÉPH. 1  
PRO. 99.37

**PHOTOGRAVURE  
OFFSET - TYPONS  
CLICHERIE  
GALVANOPLASTIE**



**DE VRAIES  
BESANÇON**



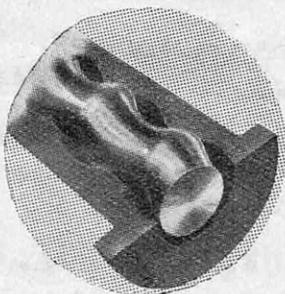
**directement de la fabrique.**

Choisissez, à votre goût, une montre de prix honnête et de qualité sûre et durable... Demandez le luxueux Album Montres N° 39-65 (600 modèles en tous genres et à tous prix), offert par les Établissements SARDA, les réputés fabricants installés depuis 1893 à Besançon, capitale de l'Horlogerie française.

Echange, reprise, transformation de montres et bijoux anciens.

**CONDITIONS  
SPÉCIALES  
aux lecteurs  
de SCIENCE  
et VIE**

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

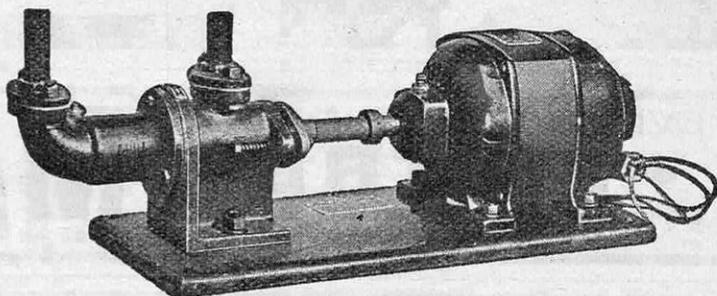


**POMPES EN CAOUTCHOUC**  
**P.C.M.**

LICENCE R. MOINEAU, BREVETÉE FRANCE ET ÉTRANGER

**AVANTAGES**

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



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

**POMPES • COMPRESSEURS • MÉCANIQUE**  
SOCIÉTÉ  
65, 65 RUE DE LA MAIRIE VANVES (SEINE) TÉL. MICHELET 3218

**PETITS MOTEURS INDUSTRIELS**

**MICRODYNE**

**L. DRAKE CONSTRUCTEUR**

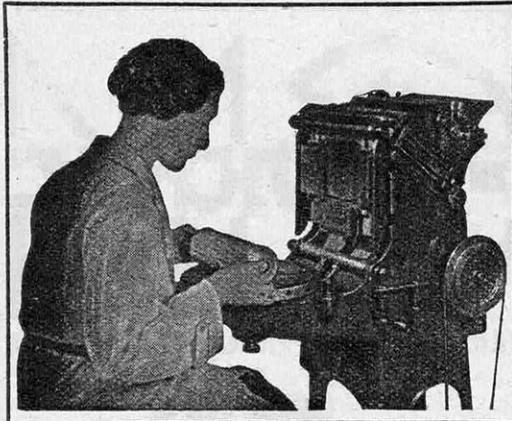
240<sup>es</sup> RUE JEAN-JAURES  
BILLANCOURT

TELEPHONE  
MOLITOR 43.39

PUBL. G. BLOCH

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

LA  
**POLYCHROME**  
**DUBUIT**



PUBL. G. BLOCH



NOMBREUSES RÉFÉRENCES DANS  
TOUTES LES BRANCHES DE L'INDUSTRIE

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

**PRÉSENTATION MODERNE**  
**4 fois moins chère que l'étiquette**  
(VOIR ARTICLE DANS LE N° 227, PAGE 429)

**MACHINES DUBUIT**  
62 bis, rue Saint-Blaise

**PARIS**  
Req. : 19-31

**ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES**

**◀ FILTRE ▶**

DANS TOUTES BONNES MAISONS  
et 155, faubourg Poissonnière, Paris

**MALLIÉ**

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

En suivant les Cours par correspondance de  
**L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE  
SUPÉRIEURE DE T. S. F.**  
61, boulevard Magenta, PARIS-X

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

Construction, Montage, Dépannage  
et alignement de tout poste  
Cours complet : **250 francs**  
**DIPLOME FIN D'ÉTUDES**

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



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

La MAISON FRÈRE  
19, rue Jacob, Paris

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

**PATE REGNAULD**

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

PUBL. G. BLOCH

**PUISSANCE**  
**VITUS**

13 LAMPES  
type compétition

AUDITIONS  
INCOMPARABLES

sélectivité variable  
contre réaction

Volume de Son constant  
des émissions faibles ou fortes

Contrôle Progressif des  
notes basses ou aiguës

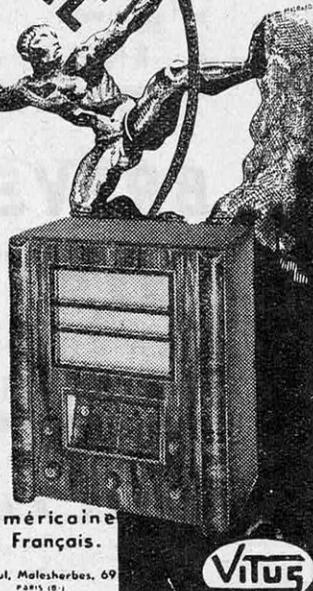
Filtrage des parasites, etc...

Une Technique Américaine  
des Prix Français.

SEULE MAISON DE VENTE

69, Boul. Malesherbes, 69

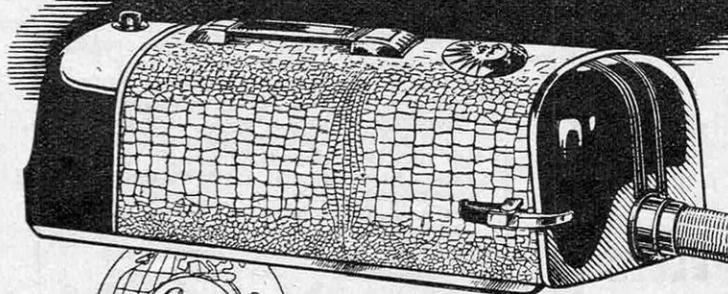
Marque S sur demande



(PUBL. J.-B. SUSINI.)

THÉO. ROGER

**Sensation**



**ELECTRO-LUX**

26, Boulevard Malesherbes - PARIS 8<sup>e</sup>

Ligne impeccable, puissance  
accrue, maniement simplifié,  
accessoires perfectionnés et  
consommation réduite, sont  
quelques-unes des innova-  
tions du nouvel Aspirateur-  
assainisseur-souffleur.

**LUX-SENSATION**

Pour les connaître toutes et  
avoir la preuve qu'un dépus-  
siérage rapide et intégral  
apporte économies, hygiène,  
santé et confort, acceptez  
une démonstration gratuite  
chez vous, sous la garantie  
Electro-Lux, certitude de votre  
satisfaction complète.

Une **INVENTION  
NOUVELLE**

est souvent une source de  
profits pour son auteur.

Un **BREVET  
d'INVENTION**

bien étudié permet  
seul d'en tirer parti.

POUR AVOIR  
UNE BONNE  
PROTECTION

**UTILISEZ LES  
SPÉCIALISTES**

DE

**LA SCIENCE ET LA VIE**



RENSEIGNEMENTS  
GRATUITS SUR PLACE  
ET PAR ÉCRIT AU

**SERVICE SPÉCIAL DES  
INVENTIONS NOUVELLES**

DE

**LA SCIENCE ET LA VIE**



23, RUE LA BOÉTIE  
PARIS (VIII<sup>e</sup>)

P. BL. C. BLOCH

# L'ÉLECTRICITÉ



*Pourquoi  
le traitement  
par  
l'électricité  
guérit:*

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

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

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

**Système Nerveux, de**

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

**Voies Digestives et du**

**Système Musculaire et Locomoteur.**

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

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

C'est une simple question de bon sens et il peut être dit en toute logique que chaque famille devrait posséder ce traité pour y puiser les connaissances utiles et indispensables à la santé. C'est du reste pourquoi tous les lecteurs de ce journal, Hommes et Femmes, Célibataires et Mariés sont engagés à en faire la demande.

**C'EST GRATUIT :** Ecrivez à : Institut Moderne du docteur L.-P. GRARD, 30 avenue Alexandre-Bertrand, à FOREST-BRUXELLES, et vous recevrez par retour du courrier, sous enveloppe fermée, le précis d'électrothérapie avec illustrations et dessins explicatifs.

Affranchissement pour l'étranger : lettres 2 fr. 25, cartes 1 fr. 25.

---

---

# CONCOURS D'ÉLÈVE OFFICIER MÉCANICIEN DE L'ARMÉE DE L'AIR <sup>(1)</sup>

---

---

**Date du concours : 19 juin 1939**

**Délai d'inscription : 1<sup>er</sup> mai 1939**

---

---

L'ÉCOLE des Officiers Mécaniciens de l'Aéronautique est destinée à assurer, pour l'Aéronautique Militaire, des Officiers Mécaniciens chargés de seconder le commandement, en ce qui concerne la mise en œuvre du matériel technique et l'instruction du personnel spécialiste de l'Armée de l'Air.

Le séjour à l'école est gratuit.

Pendant ce séjour — durée, deux années — les élèves peuvent être promus Caporaux, Caporaux-Chefs et Sergents, et sont nommés Sous-Lieutenants Mécaniciens s'ils ont satisfait aux examens de sortie de deuxième année.

Pendant leur séjour à l'école, les élèves reçoivent la solde de leur grade. Aucun diplôme n'est exigé pour concourir.

Les conditions à remplir sont les suivantes : avoir plus de 17 ans et moins de 23 ans au 1<sup>er</sup> octobre 1939.

Ecrire sans tarder à L'ÉCOLE SPÉCIALE D'ADMINISTRATION, 28, boulevard des Invalides, Paris-7<sup>e</sup>.

**Pour nous permettre de donner des conseils judicieux, prière, en écrivant à L'ÉCOLE SPÉCIALE D'ADMINISTRATION, 28, boulevard des Invalides, Paris (7<sup>e</sup>), d'indiquer votre date de naissance, vos diplômes et la durée de vos services civils d'une part et celle de vos services militaires d'autre part.**

---

(1) Pour tout renseignement complémentaire gratuit, écrire à L'ÉCOLE SPÉCIALE D'ADMINISTRATION, 28, boulevard des Invalides, PARIS.

---

---

# RENDEZ VISITE AU MONDE..



## COMME OFFICIER *Radio* DE LA MARINE MARCHANDE

**JEUNES GENS!...**

vous aspirez à une vie moderne indépendante, variée et rémunératrice...

Il n'est pas de carrière qui réponde mieux à vos aspirations que celle d'OFFICIER RADIO DE LA MARINE MARCHANDE.

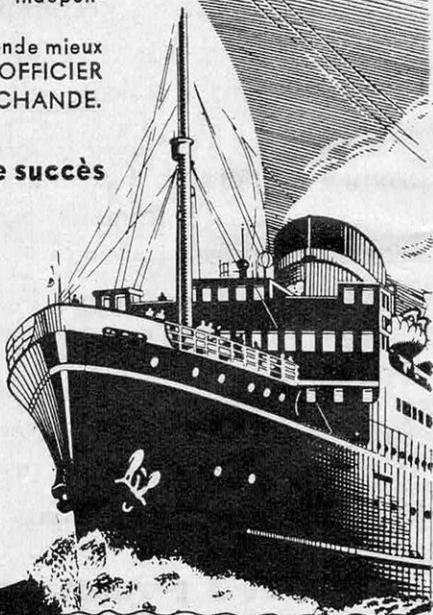
**Préparez-la avec  
le maximum de chances de succès**

en vous inscrivant à nos  
**Cours du JOUR - Cours du SOIR**  
ou à nos cours spéciaux  
par **CORRESPONDANCE**

70 % des élèves reçus aux examens officiels sortent de notre école...

**L'Ecole prépare à toutes les  
carrières civiles et militaires  
de la radio.**

Demandez le « Guide » complet des carrières civiles et militaires de la Radio.



b. roger



# ECOLE CENTRALE DE T-S-F

12 rue de la Lune PARIS 2<sup>e</sup> Telephone Central 78.87

# LA SCIENCE ET LA VIE

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

Rédigé et illustré pour être compris de tous

RÉDACTION, ADMINISTRATION : 13, rue d'Enghien, Paris-10<sup>e</sup>

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

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

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

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

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

Tome LV

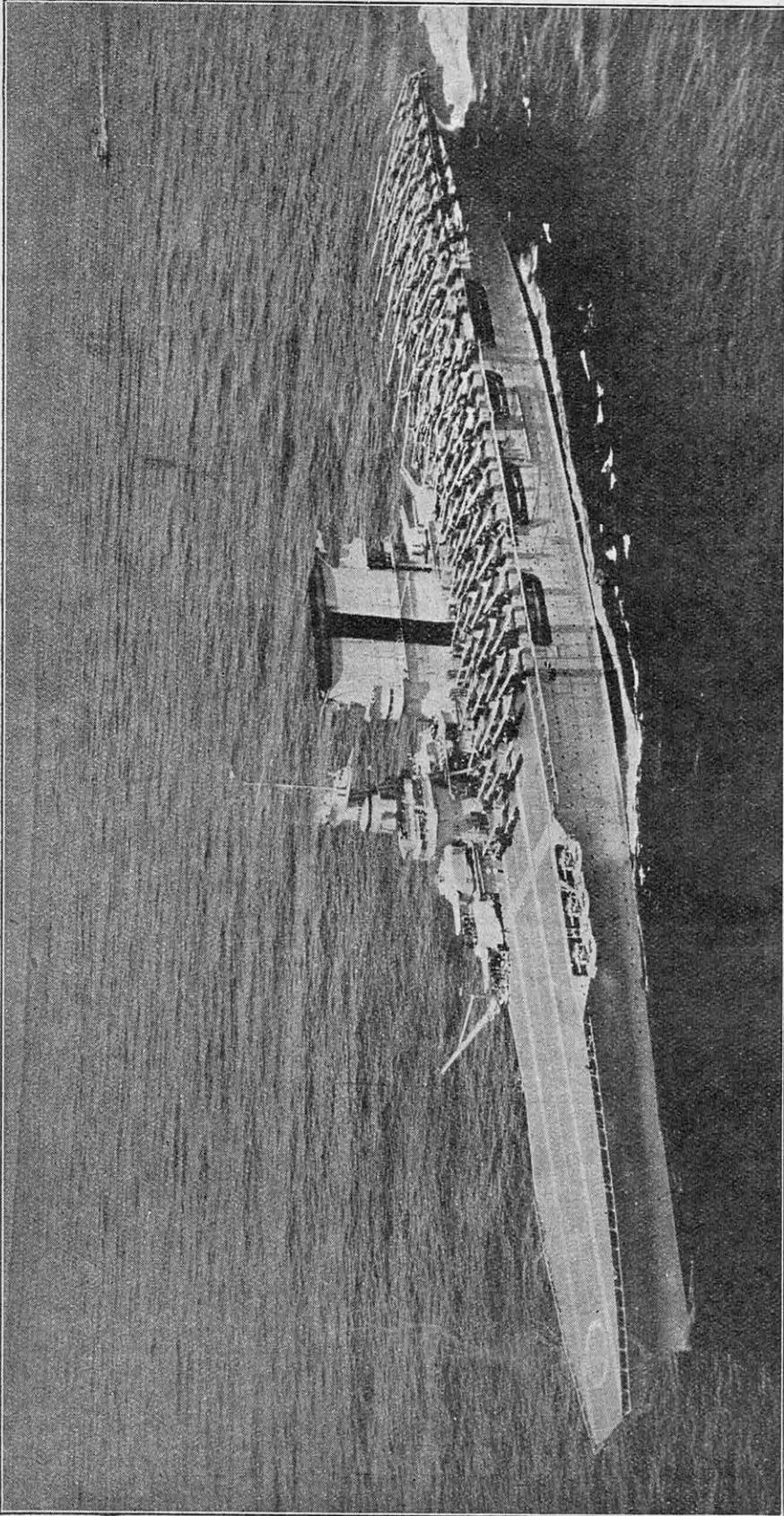
Avril 1939

Numéro 262

## SOMMAIRE

Les navires porte-avions dans la flotte de combat moderne . . . . . <i>Le porte-avions n'est plus aujourd'hui un navire auxiliaire, mais un véritable bâtiment de combat. Une escadre moderne ne peut se concevoir sans une puissante aviation pour « éclairer » sa marche et intervenir, par la bombe et la torpille, dans le combat naval.</i>	Henri Le Masson. . . . .	251
D'où viennent les rayons cosmiques ? . . . . . <i>Un mystérieux rayonnement, d'une extraordinaire puissance de pénétration, nous arrive à chaque instant des profondeurs de l'espace. Sans doute prend-il naissance au cours de transmutations et de désintégrations spontanées au sein des étoiles.</i>	L. Houllevigue . . . . . Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.	261
Comment transformer moteurs à explosions et moteurs Diesel pour l'emploi des gazogènes . . . . . <i>C'est un problème d'actualité qui intéresse non seulement l'usager, mais encore l'économie entière de notre pays et sa Défense Nationale.</i>	Tony Ballu . . . . . Professeur à l'Institut agronomique.	270
Cent années de progrès en photographie : de l'asphalte de Niepce aux émulsions modernes ultrasensibles. . . . . <i>Grâce aux théories nouvelles concernant l'action de la lumière sur les composés photosensibles, la technique photographique moderne dispose aujourd'hui d'une gamme complète d'émulsions adaptées à toutes les circonstances de la pratique.</i>	Pierre Keszler. . . . .	279
Vers la guérison chimique des maladies infectieuses. . . . . <i>Voici des produits de synthèse, préparés par les méthodes de la chimie pure, qui équivalent pour le traitement préventif et curatif des maladies infectieuses à de véritables vaccins biologiques.</i>	Jean Labadié . . . . .	287
Oscillateurs et résonateurs fournissent d'ingénieuses solutions aux problèmes de télémechanique . . . . . <i>Horloges à réglage automatique, compteurs électriques charge-tarif, sous-stations à mise en marche automatique, autant d'exemples de machines « intelligentes » effectuant des opérations complexes sans intervention humaine.</i>	Pierre Devaux. . . . . Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.	295
Notre poste d'écoute. . . . .	S et V. . . . .	302
La culture industrielle de légumes, de fleurs et de fruits sans support matériel . . . . . <i>Produire rapidement et en toutes saisons des légumes, des fleurs et des fruits, tel est le résultat obtenu par les « cultures sans sol » déjà exploitées aux Etats-Unis à l'échelle industrielle.</i>	Lucien Théron . . . . . Docteur de l'Université de Dijon (sciences).	307
La science contre le crime : comment la police scientifique identifie les armes à feu . . . . . <i>L'analyse physique (spectrographe) et chimique, l'examen micrographique du projectile permettent aujourd'hui d'identifier sans erreur possible l'arme dont un criminel a fait usage</i>	Jean Marchand . . . . . Ingénieur I. E. G. Licencié ès Sciences.	315
Les livres qu'il faut méditer : Le progrès technique. . . . .	Marcel Boll. . . . . Docteur ès Sciences.	324
La T. S. F. et la vie. . . . .	André Laignac . . . . .	327
Le laboratoire maritime de Dinard . . . . .	A. Gruvel . . . . . Professeur au Muséum.	330

Le porte-avions, dans les flottes de combat de grandes nations maritimes, autrefois considéré comme simple navire auxiliaire, est appelée aujourd'hui, de l'avis même des experts les plus qualifiés, à jouer un rôle capital dans les rencontres navales. La couverture de ce numéro représente l'« Ark royal », le plus récent porte-avions anglais (22 000 t) et le plus moderne du monde. Sa plate-forme mesure 225 m de long sur 30 m de large : 16 canons de 115 mm, 48 canons automatiques de 40 mm, 16 mitrailleuses lourdes de 12,7 mm assurent, concurremment avec les avions de chasse du bord, sa défense contre toute attaque aérienne. (Voir l'article page 251 de ce numéro.)



LE « LEXINGTON » QUI EST, AVEC LE « SARATOGA », LE PORTE-AVIONS LE PLUS GRAND ET LE PLUS RAPIDE

Ces deux bâtiments américains de 33 000 t standard (près de 40 000 t en service) sont actuellement considérés comme trop grands, et le choix des marines se porte sur des bâtiments de 20 000 t. La photographie ci-dessus donne une idée de leur capacité de transport. Ils sont propulsés électriquement par quatre groupes turbo-dynamos de 45 000 ch chacun. L'électricité a reçu à leur bord d'innombrables applications, puisque, indépendamment de l'appareil moteur proprement dit, on compte, parât-il, à bord de chacun d'eux, plus de 1 000 moteurs dont les puissances motrices s'échelonnent entre 1/1 200 de cheval et plusieurs centaines de chevaux. Dans les vastes hangars intérieurs, les avions sont déplacés mécaniquement au moyen de chaînes sans fin. Dans le bordé existent de vastes portes oblongues permettant l'embarquement direct des avions dans les hangars.

# LES NAVIRES PORTE-AVIONS DANS LA FLOTTE DE COMBAT MODERNE

Par Henri LE MASSON

*Le 8 décembre 1938, l'Allemagne a lancé à Kiel son premier navire porte-avions : le Graf-Zeppelin. En 1940, lorsque celui-ci entrera en service, la marine allemande aura acquis dans ce domaine une nette supériorité sur la marine française, qui ne disposera encore que du Béarn, lent et démodé. Il convient, en effet, de ne pas mésestimer l'importance du rôle que sera appelé à jouer, dans une future guerre sur mer, ce type de bâtiment relativement nouveau, puisqu'il est apparu pour la première fois dans les escadres pendant la guerre de 1914. Bien que les avions modernes disposent d'un rayon d'action étendu et d'une vitesse élevée, et qu'ainsi les escadrilles installées dans les bases aéromaritimes côtières puissent rendre les plus grands services aux navires de haute mer, c'est une nécessité pour les flottes de combat que de se faire suivre dans tous leurs déplacements par des appareils en nombre suffisant, capables de prendre l'air aussitôt que leur intervention est souhaitée. Pour certaines missions de reconnaissance et d'observation, les quelques appareils transportés à bord des croiseurs et bâtiments de ligne et lancés par catapulte peuvent suffire; au contraire, le bombardement et la chasse exigent un grand nombre d'avions transportés par des bâtiments spéciaux : les porte-avions. Les grandes puissances navales en possèdent toutes (à l'exception de l'Italie, par suite de l'exiguïté de la mer Méditerranée); mais, du fait que ce type de navire n'a jamais subi l'épreuve du combat, certaines de ses caractéristiques (tonnage, protection) prêtent encore à controverses. On peut cependant affirmer qu'il ne doit pas être considéré comme un navire auxiliaire, mais bien comme un véritable bâtiment de combat dont l'armement principal serait constitué non par des canons, mais par les appareils mêmes qu'il transporte. Avec le Joffre et le Painlevé, actuellement en chantier, la France doit posséder, en 1942, deux porte-avions vraiment modernes, capables d'équilibrer les deux navires allemands actuellement en construction.*

ON ne conçoit plus, aujourd'hui, d'opérations sur mer sans intervention de l'aviation : l'arme aérienne est devenue un élément trop important dans la composition des forces navales d'un pays pour qu'il soit possible de la négliger. Mais alors que le rayon d'action des navires de guerre se chiffre en milles marins et correspond, même à une allure assez rapide, à plusieurs jours de route, l'autonomie des avions s'exprime seulement en heures. Certes, elle dépasse parfois vingt-quatre heures pour les grands hydravions d'exploration, qui sont de véritables croiseurs aériens de 20 à 40 t, avec un équipage de 8 à 10 hommes; mais les appareils de surveillance, de bombardement, de torpillage et de chasse ne disposent encore que de quelques heures de vol; les derniers même n'emportent, le plus souvent, que deux ou trois heures d'essence.

Pour qu'une force navale dispose, le moment voulu, de son aviation, il faut donc qu'elle puisse la transporter avec elle, tout au moins lorsqu'elle s'éloigne de ses bases. C'est là qu'intervient le porte-avions.

Il ne faudrait cependant pas conclure de ces premières lignes qu'un porte-avions est un simple transport de matériel aéronautique, c'est-à-dire un navire auxiliaire, comparable aux transports de munitions et ravitailleurs d'escadre. Bien au contraire, et au même titre qu'un croiseur ou un sous-marin, un porte-avions est un bâtiment de combat dont l'armement principal est constitué par des avions, tout comme celui d'un cuirassé par des pièces de gros calibre. Un porte-avions ne saurait être considéré comme un aérodrome flottant que dans la mesure où il est permis de définir succinctement un navire de ligne : une plate-forme mobile pour grosse artillerie.

L'aviation embarquée sur les porte-avions ne représente, d'ailleurs, pas la totalité des forces aériennes maritimes. Dans certaines conditions d'éloignement, on peut tabler sur les escadrilles de coopération installées à terre. D'autre part, tous les navires de ligne et croiseurs modernes disposent chacun de un à quatre hydravions qu'ils peuvent catapulter. Ces derniers appareils ne sont cependant que des avions de surveillance et de réglage

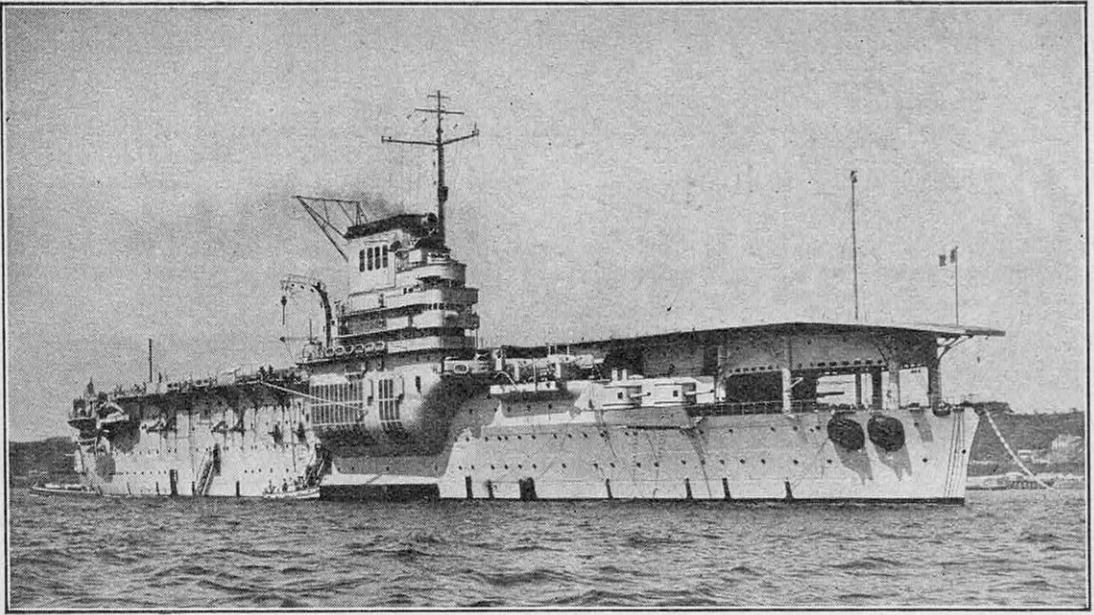


FIG. 1. — LE SEUL PORTE-AVIONS FRANÇAIS ACTUELLEMENT EN SERVICE : LE « BÉARN »  
 Il est armé de huit pièces de 155 en casemates (quatre sur l'avant, autant sur l'arrière), de six pièces de 75 antiaériennes (trois de chaque bord); des canons de 37 et des mitrailleuses complètent la défense antiaérienne. Le Béarn est le seul porte-avions disposant de quatre tubes lance-torpilles sous-marins de 550, armes dont on conçoit mal l'utilisation à bord de bâtiments de cette catégorie.

de tir, et cette constatation renforce le caractère de navire de combat dont il est essentiel de qualifier le porte-avions, puisque, sans ce type de bâtiment, une escadre risquerait souvent d'être privée des escadrilles de bombardement (en piqué et horizontal), de torpillage et de chasse qui sont un des facteurs principaux de sa puissance offensive.

### La naissance du porte-avions et son développement de 1914 à 1918

Le porte-avions est né peu avant la dernière guerre. Ils'agis-

sait alors de ce que l'on est convenu d'appeler aujourd'hui transport d'aviation. A cette époque, en effet, les avions ne pouvaient

atterrir sur les bâtiments porteurs qui disposaient seulement d'une courte plate-forme, utilisable pour l'envol, et qui devaient récupérer leurs appareils en les hissant à bord au moyen de mâts de charge, après qu'ils avaient amerri à leur côté (1).

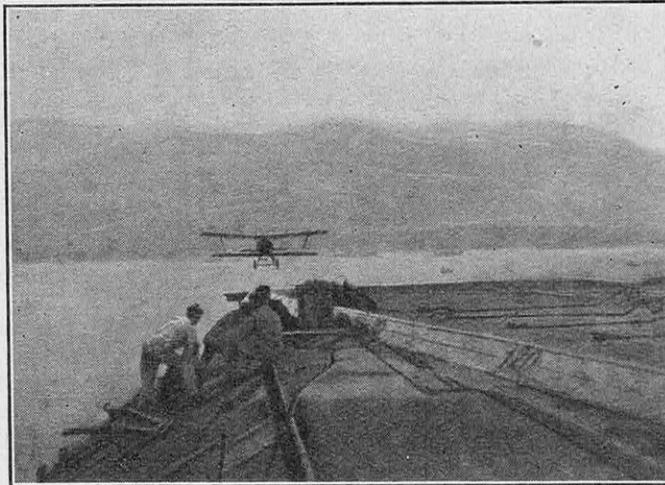


FIG. 2. — LE PREMIER ATTERRISSAGE EFFECTUÉ SUR LE PONT DU « BÉARN », LE 20 OCTOBRE 1920

Un des premiers problèmes à résoudre a été celui du freinage des avions aussitôt après l'« appontage ». Le Béarn n'était pas encore transformé en porte-avions. Superdreadnought, dont la construction avait été interrompue pendant la guerre, on avait aménagé pour permettre cet essai une plate-forme de 35 m sur 9, raccordée par un plan incliné de 10 m au pont proprement dit. Un dispositif de câbles-frein avait été imaginé par le lieutenant de vaisseau Teste et fut essayé ce jour-là.

(1) Il existe actuellement, dans plusieurs grandes marines, des « transports d'hydravions », grandes bases de ravitaillement flottantes, qui lancent les appareils embarqués au moyen de catapultes, mais

La marine anglaise fut la seule, pendant la guerre, à s'intéresser vraiment au développement de cette nouvelle catégorie de bâtiments. Ses premiers porte-avions furent des paquebots ou de vieux croiseurs transformés par l'adjonction d'une plate-forme et de hangars. Puis, avec l'expérience, l'Amirauté transforma plus rationnellement des bâtiments en cours de construction. De mars à octobre 1918, elle fit entrer en service deux ex-croiseurs légers, le *Furious* (19 000 t, 32 nœuds) et le *Vindictive* (9 750 t, 29 nœuds) et un ex-paquebot, l'*Argus* (14 500 t,

page 258), il convient de préciser une servitude qui a pesé lourdement sur leur conception. A l'exception du *Hermes* (Angleterre) et du *Hosho* (Japon), ce furent tous des navires de ligne, croiseurs ou paquebots transformés. La métamorphose intervint même, pour plusieurs d'entre eux, alors qu'ils étaient déjà en service depuis plusieurs années. L'impossibilité, dans tous les cas, de modifier sensiblement les caractéristiques principales de coque, au point de vue déplacement, longueur et largeur, ou des machines, explique pourquoi certains de ces porte-avions ont

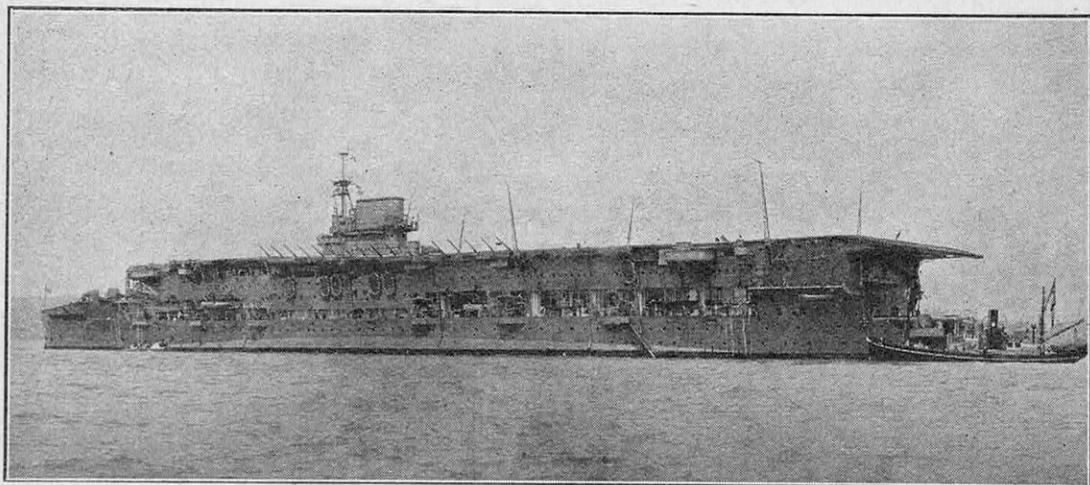


FIG. 3. — LE « COURAGEOUS », PORTE-AVIONS ANGLAIS, RÉSULTANT DE LA TRANSFORMATION D'UN GRAND CROISIER LÉGER

On distingue, à hauteur du pont d'envol et inclinés à 60°, une série d'étais utilisés pour supporter des filets ou des écrans pare-vent. Les embarcations sont logées dans les alvéoles. Sous l'extrémité arrière de la plate-forme d'envol sont disposées deux grues repliables pour amener les avions dans le hangar inférieur de montage, d'où ils ont accès au hangar supérieur et au pont d'envol par des ascenseurs. Remarque le soufflage pare-torpilles, sorte de double coque très compartimentée, contre les explosions sous-marines.

20 nœuds), qui marquaient un progrès considérable sur les précédentes réalisations et à bord desquels les avions pouvaient « apponter ». Le *Furious*, seul, eut l'occasion de participer à une opération de guerre ; le 27 juillet 1918, sept de ses avions détruisirent, au moyen de bombes incendiaires, les hangars de zeppelins élevés à Tønder, sur la côte du Schleswig (Danemark).

### Une lourde servitude d'origine a marqué la plupart des porte-avions construits peu après la guerre

Toutes les grandes marines imitèrent l'Angleterre, au lendemain de la guerre. Comme la plupart des porte-avions qu'elles lancèrent alors sont encore en service (tableau I,

ne disposent pas de plate-forme pour les rentrer. Le *Commandant-Teste* est, dans notre marine, un bâtiment de cette catégorie. (V. *La Science et la Vie*, n° 168.)

un tonnage très supérieur à celui qui paraît nécessaire aujourd'hui — par exemple, les deux *Saratoga* américains (33 000 t) — ou bien sont nettement insuffisants au point de vue vitesse, tel notre *Béarn* (20 nœuds).

Malgré leurs défauts, ces premiers porte-avions ont permis de former un personnel familiarisé avec l'aviation embarquée, de mettre au point les méthodes de décollage, d'« appontage », de manutention des appareils et de procéder aux études et expériences nécessaires pour déterminer, en toute connaissance de cause, les plans et caractéristiques des bâtiments récemment entrés en service ou encore en construction.

### Le problème du déplacement du navire porte-avions

On ne peut manquer d'être frappé par les différences de déplacement des porte-avions

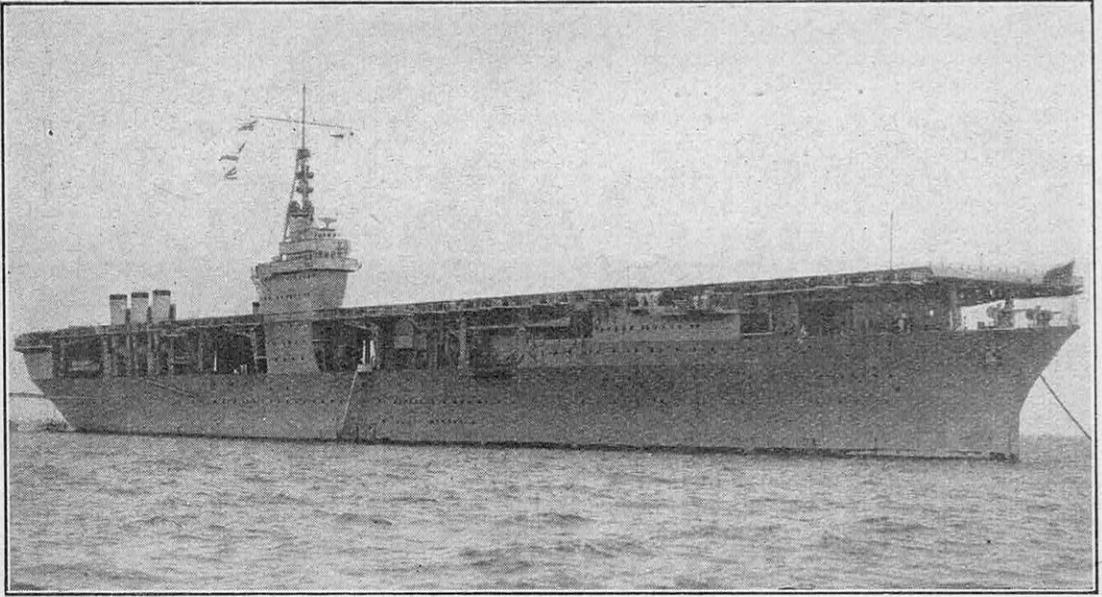


FIG. 4. — LE « RANGER », UN DES PLUS RÉCENTS PORTE-AVIONS AMÉRICAINS (14 700 T)  
De part et d'autre de la plate-forme se trouvent trois courtes cheminées rabattables à 90°.

qui ont été exclusivement construits comme tels (tableau n° II). Les Japonais ont à peine dépassé 10 000 t, mais les Anglais arrivent à 23 000 t. Entre ces deux extrêmes, les Etats-Unis, après avoir mis en service deux porte-avions de 19 900 t, sont redescendus à 14 700 t. D'autre part, l'Allemagne a lancé, le 8 décembre 1938, le *Graf-Zeppelin*, premier de deux bâtiments de 19 250 t, et nous venons de mettre sur cale le *Joffre* et le *Painlevé*, de 18 000 t. Les Anglais seuls, par conséquent, ont atteint le déplacement-limite de 23 000 t fixé par le traité naval de Londres du 25 mars 1936.

Au point de vue aviation, deux facteurs influent sur la détermination du déplacement des porte-avions : les dimensions de la plate-forme

d'envol et d'atterrissage, et l'encombrement des hangars en fonction du nombre et du type des appareils à transporter.

L'expérience a montré :

1°) Que, même en utilisant des dispositifs d'accrochage et d'arrêt pour freiner la course des avions après qu'ils ont « apponté », une longueur minimum de 180 à 200 m s'impose, avec au moins 25 à 30 m de

largeur, pour permettre aux appareils de manœuvrer en toute sécurité ;

2°) Que le nombre utilisable d'avions à bord d'un porte-avions est limité, dans la pratique, par le rendement de la plate-forme au point de vue « appontage ». La manœuvre d'atterrissage d'un avion ne peut, en effet, s'exécuter que lorsque la plate-forme est complètement dé-

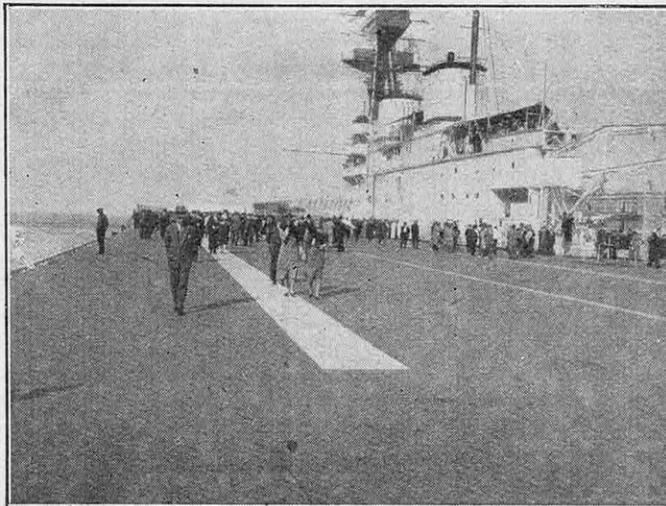


FIG. 5. — LE PONT DU PORTE-AVIONS ANGLAIS « EAGLE »  
Ce document permet de se rendre compte des vastes dimensions de la surface offerte par le pont d'envol. L'Eagle a été aménagé en utilisant la coque d'un superdreadnought chilien, commandé en Angleterre et réquisitionné pendant la guerre.

gagée ; or, même avec un débit exceptionnellement rapide, on doit tabler sur un intervalle de deux minutes environ entre deux « appontages ». Comme les avions embarqués disposent, en moyenne, de deux à trois heures d'essence, un calcul très simple montre que l'on ne peut guère « rentrer » plus de soixante avions en trois heures. Encore doit-il s'agir d'assez petits avions. Il semble donc que ce soit là la capacité maximum utile pour les porte-avions actuels, tout au moins tant qu'ils ne disposeront pas de deux plates-

entre plusieurs « paniers ». Il préconise ainsi deux types : le porte-avions d'escorte et de protection des convois et des bâtiments marchands (8 500 t, 20 nœuds, 20 avions) et le porte-avions d'escadre, ou porte-avions-croiseur (12 000 t, 32 nœuds, 40 avions). Aucun de ces deux types n'est protégé.

Dans la *Revue de l'Armée de l'Air*, l'ingénieur du génie maritime Rougeron a marqué, au contraire, sa préférence pour l'utilisation du déplacement maximum autorisé par le traité de Londres : 23 000 t.

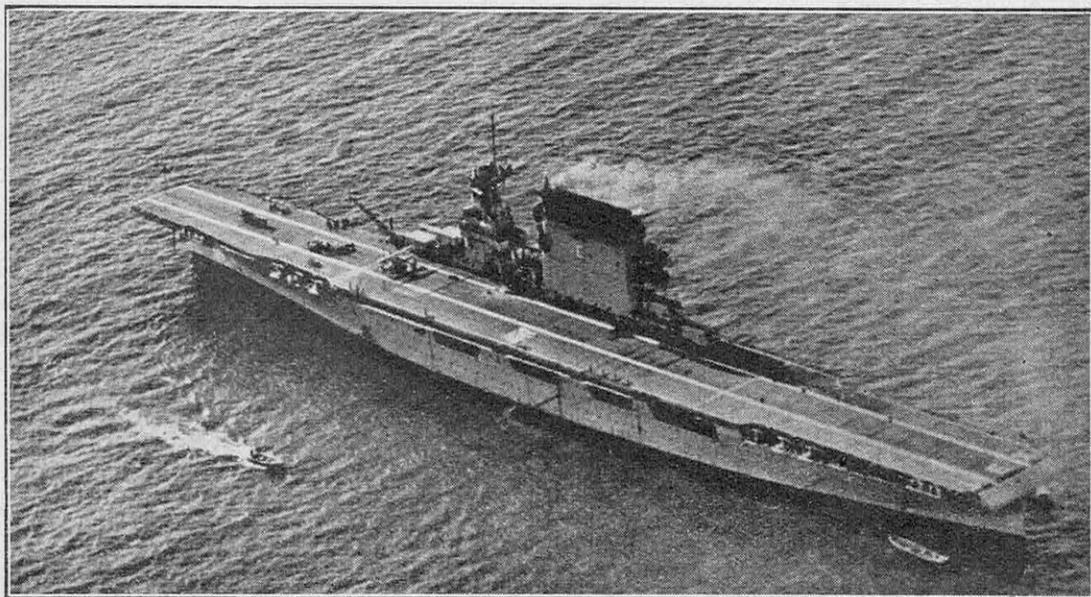


FIG. 6. — LE « LEXINGTON », ANCIEN CROISEUR TRANSFORMÉ EN PORTE-AVIONS

*Le Lexington et le Saratoga, de même type, sont remarquables par leurs dimensions — le pont d'envol n'a pas moins de 270 m de long — et par leur rapidité (33 à 34 nœuds). Les départs peuvent être effectués très rapidement en massant les appareils à l'arrière. L'armement, exceptionnellement puissant, comporte, en accord avec une tolérance prévue dans le traité de Washington : huit pièces de 203 en quatre tourelles doubles que l'on voit deux sur l'avant de la passerelle, deux sur l'arrière de la cheminée. Les pièces de 127 antiaériennes sont disposées trois par trois sur des plates-formes en encorbellement.*

formes, et l'on voit que les chiffres de cent avions, donnés pour certains bâtiments en service, ne doivent pas faire illusion.

Pour cela, un déplacement élevé n'est d'ailleurs pas indispensable et la détermination du tonnage optimum a donné lieu à des controverses fort intéressantes.

Dans un important et très remarquable mémoire, qu'il a présenté en 1936 à l'*Association Technique Maritime et Aéronautique*, le capitaine de corvette Barjot s'est fait le champion des déplacements modestes. Il leur voit, entre autres, des avantages considérables au point de vue de la « vulnérabilité » du porte-avions et ses préférences vont à la solution qui permettrait de répartir ces « œufs » précieux que sont les avions,

Des trois qualités militaires essentielles à tout navire de guerre : l'armement, la protection et la vitesse, il en est une qui représente dans le devis des poids d'un porte-avions un élément absolument négligeable : l'armement. Malgré leur puissance intrinsèque, une cinquantaine d'avions et leurs impédiments n'absorbent guère que quelque 500 t. D'autre part, l'artillerie — limitée, elle aussi, quant au calibre (155 mm) et au nombre de pièces du dit calibre (10), tout au moins pour les signataires du traité naval de Londres — représente également un poids insignifiant (1).

(1) Le traité ne limitant pas le nombre des pièces de calibre inférieur au 130, on s'explique l'important armement antiaérien de certains porte-avions anglais.

Pourquoi, dans ces conditions, ne pas consacrer intégralement aux facteurs « vitesse » et « protection », dans les limites du déplacement autorisé, tout ce qui n'est pas utilisé par la puissance offensive, c'est-à-dire par les avions et par l'artillerie? Et d'indiquer les caractéristiques de deux porte-avions de 23 000 et 18 500 t répondant à ces idées, dont l'artillerie comporterait, pour l'un et l'autre, dix pièces de 155 et de

placée, et leur grande vitesse leur permettrait de se tenir à l'écart des navires de ligne à l'artillerie puissante contre lesquels leur aviation serait, au surplus, une arme redoutable.

La conception Barjot paraît s'apparenter de très près à la solution adoptée par le Japon pour ses trois porte-avions du type *Soryu*. Il n'est pas interdit de penser que les nouveaux porte-avions français (18 000 t)

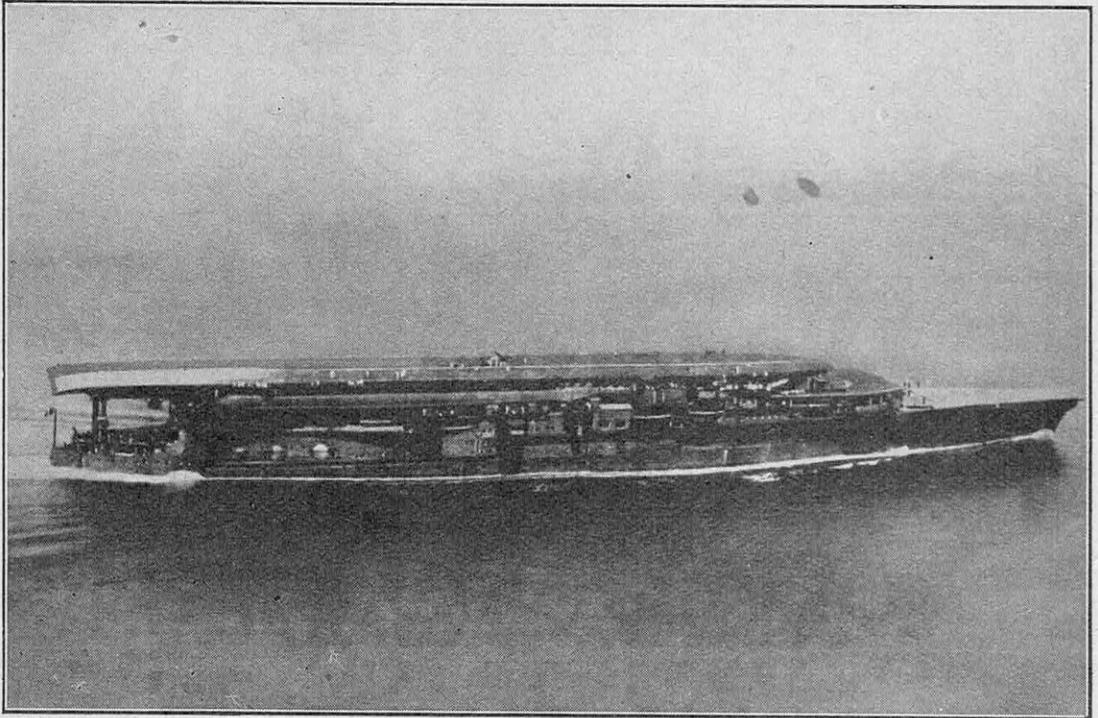


FIG. 7. — LE « KAGA », NAVIRE DE LIGNE JAPONAIS DE 27 000 T TRANSFORMÉ EN PORTE-AVIONS  
On remarquera l'absence de toute superstructure : la fumée est évacuée sur l'arrière par le long conduit horizontal que l'on peut observer à tribord, presque à hauteur de la plate-forme supérieure. Ces deux bâtiments disposent, en effet, d'une seconde plate-forme d'envol immédiatement sur l'avant, disposition préconisée pour faciliter le départ des escadrilles de chasse, en cas d'attaque aérienne du porte-avions et alors que le pont supérieur peut être occupé par l'appontage ou le départ d'autres aéronefs.

nombreux petits canons et mitrailleuses antiaériens et qui transporteraient chacun 30 avions :

— 23 000 t : vitesse de 38 nœuds ; ceinture cuirassée de 175 mm ; pont blindé de 90 mm ; cloison pare-torpille de 40 mm ;

— avec 18 500 t, il faudrait admettre en moins 1 nœud de vitesse et 10 mm d'épaisseur de blindage et du pont blindé.

Des bâtiments de ce genre, bien protégés contre le plus puissant calibre dont sont armés les croiseurs, le 203 mm, abriteraient un nombre d'avions qui paraîtra peut-être faible, mais dont les hangars ne seraient pas à la merci d'une salve de petit calibre bien

et allemands (19 250 t), dont on ignore encore les caractéristiques précises, mais dont on sait qu'ils seront « protégés » et de grande vitesse (au moins 32 nœuds), procèdent d'idées voisines de celles mises en avant par l'ingénieur Rougeron.

### La vitesse est une qualité primordiale pour un porte-avions

Deux points d'une importance primordiale pour les porte-avions, et sur lesquels il convient d'insister, sont la vitesse et la nécessité de les doter d'une puissante défense antiaérienne.

Leur vitesse doit être au moins égale et,

si possible, supérieure à celle des escadres ; or, les navires de ligne modernes sont construits pour 28 à 30 nœuds, et les croiseurs légers soutiennent de 32 à 34 nœuds, quelquefois davantage. D'autre part, pour faciliter l'envol et l'atterrissage des avions, un porte-avions devra, parfois, se mettre vent

jours pouvoir se mettre rapidement hors de la portée de l'artillerie ennemie et s'en tenir à l'écart. Une grande vitesse est donc indispensable en tout état de cause, ainsi qu'une grande souplesse des appareils évaporatoires et moteurs pour que la vitesse maximum soit toujours atteinte dans le délai minimum.

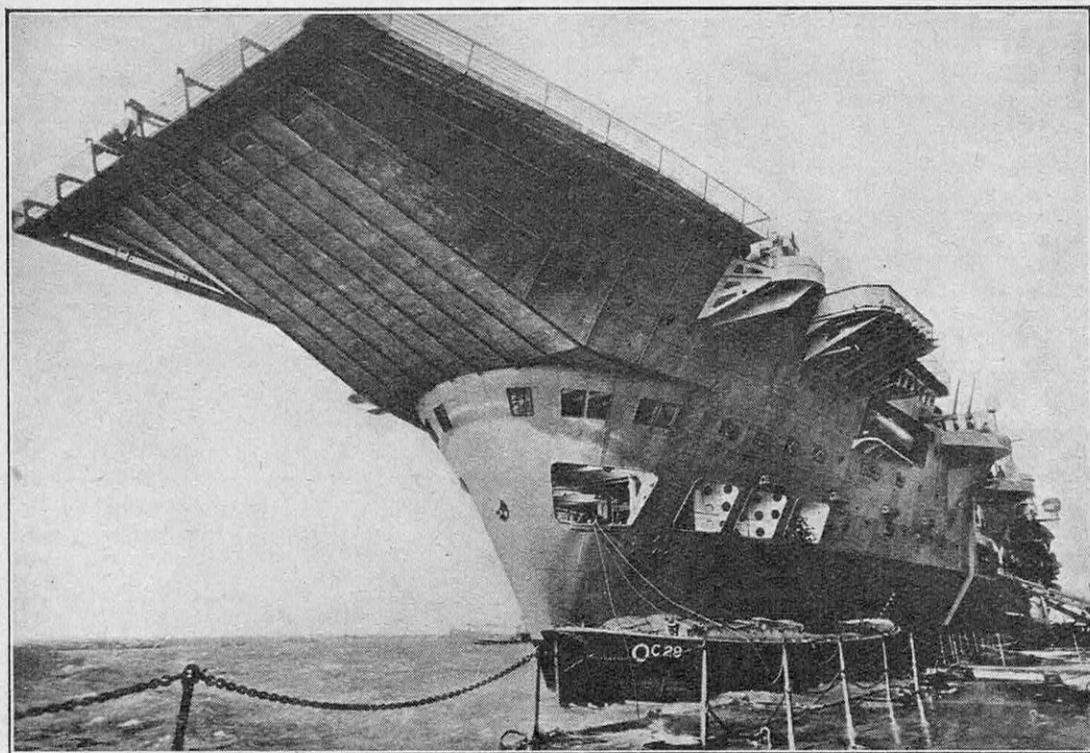


FIG. 8. — L' « ARK ROYAL », LE PLUS RÉCENT PORTE-AVIONS ANGLAIS

Ce bâtiment possède une plate-forme d'envol et d'atterrissage de 225 m sur 30 m, débordant largement la coque, longue seulement de 205 m. A l'avant de cette plate-forme sont deux « accélérateurs », sortes de catapultes fixes, utilisés pour faciliter le départ des appareils très chargés. Le pont d'envol est desservi par trois ascenseurs qui assurent la communication avec deux hangars superposés, ces derniers étant protégés contre le feu par des rideaux mobiles coupe-feu qui permettent de les compartimenter. La défense antiaérienne du bord comporte : 16 pièces de 115 mm (huit affûts doubles), 48 canons automatiques de 40 mm (six affûts octuples) et 16 mitrailleuses lourdes de 12,7 mm sur affûts quadruples. Toutes ces pièces sont placées sur des plates-formes en encorbellement, ou parfaitement dégagées, qui leur assurent un champ de tir étendu. Comme tous les porte-avions, l'Ark Royal comporte un équipage très nombreux : 138 officiers et 1 355 hommes qui disposent d'un confort remarquable. Citons, par exemple : l'eau courante chaude et froide partout ; l'installation de conditionnement d'air pour le séchage des vêtements de mer et des parachutes. La photographie ci-dessus représente la partie arrière de la plate-forme d'atterrissage.

debout et, pour ce faire, prendre momentanément un cap qui ne sera pas forcément celui de la route suivie par son escadre. Il se verra alors obligé, pour la rejoindre, de soutenir une plus grande vitesse. Dans d'autres circonstances, il lui faudra prendre très rapidement une allure voisine de son maximum si le vent est nul et s'il doit récupérer un avion de chasse rapide ou lancer un avion lourdement chargé (bombardier ou torpilleur) ; enfin, les porte-avions devront tou-

### Le porte-avions doit être doté d'une artillerie antiaérienne extrêmement puissante et efficace

Si complètement protégé dans ses œuvres vives et à la flottaison que pourra être un porte-avions, au moyen d'un pont blindé, d'une ceinture cuirassée et d'un cloisonnement serré contre les explosions sous-marines, l'impossibilité de cuirasser le pont d'envol — trop haut placé — constituera

Porte-avions	Lancé en	Transformé en... ou de... à...	Déplacement standard	Vitesse	Nombre d'avions	Observations et artillerie
			Tonnes	Nœuds		
<b>ANGLETERRE :</b>						
<i>Argus</i> .....	1917	1916-1918	14 450	20	21	Ex-paquebot, sans îlot, XVI mitr. AA.
<i>Courageous</i> ...	1916	1924-1928	22 500	31	48	Ex-croiseur, avec îlot, XVI/120 AA, XVI/40 AA, XVIII mitr. AA.
<i>Glorious</i> .....	1916	1926-1930	22 500	31	48	Ex-croiseur, avec îlot, XVI/120 AA, XVI/40 AA, XVIII mitr. AA.
<i>Furious</i> .....	1916	1921-1925	22 450	31	33	Ex-croiseur, sans îlot, X/140, III/102 AA, XVI/40 et XXIV mitr. AA.
<i>Eagle</i> .....	1918	1918-1923	22 600	24	20	Ex-cuirassé, avec îlot, IX/152, IV/102 AA, VIII/40 et XIII mitr. AA.
<b>ETATS-UNIS :</b>						
<i>Lexington</i> .....	1925	1923-1927	33 000	34	90	Ex-crois. de bataille, avec îlot. { VIII/203 XII/127 AA. VIII/40 AA.
<i>Saratoga</i> .....	1925	1923-1927	33 000	34	79	
<b>JAPON :</b>						
<i>Kaga</i> .....	1921	1923-1928	26 900	23	60	Ex-cuirassé, sans îlot, X/203, XII/120 et XXII mitr. AA.
<i>Akagi</i> .....	1925	1924-1927	26 900	28,5	30 à 50	Ex-crois. de bataille, avec îlot, X/203, XII/120 et XXII mitr. AA.
<b>FRANCE :</b>						
<i>Béarn</i> .....	1920	1923-1927	22 150	20,5	36 à 40	Ex-cuirassé, avec îlot { VIII-155, VI/75 AA. VIII/37, XII mitr. AA.
<b>ITALIE :</b>						
<i>Miraglia</i> .....	1923	1924-1927	4 880	21	20	Ex-paquebot, IV/102 et IV mitr. AA.

TABLEAU I. — CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES PORTE-AVIONS RÉSULTANT DE LA TRANSFORMATION D'AUTRES BATIMENTS ET ENCORE EN SERVICE AU 1<sup>er</sup> JANVIER 1939

Porte-avions	Lancé en	Achévé en	Déplacement standard	Vitesse	Nombre d'avions	Observations et artillerie
			Tonnes	Nœuds		
<b>ANGLETERRE :</b>						
<i>Hermes</i> .....	1919	1923	10 850	25	15 à 20	VI/140, III/104 AA, IV, 47, XIV mitr. AA. XVI/114, XXXII/40, XVI mitr., tous AA.
<i>Ark Royal</i> ....	1937	1938	22 000	30,75	70	
<i>Illustrious</i> .....						XVI/114, XXIV/40, XXXII mitr., tous AA.
<i>Victorious</i> ....	1939	1940	23 000	30,75	70	
<i>Formidable</i> ...	à	à				
<i>Indomptable</i> ...	1940	1942				
<i>Implacable</i> ....						
<b>ETATS-UNIS :</b>						
<i>Ranger</i> .....	1933	1936	14 500	29,5	72	VIII/127 AA, 50/40 et mitr. AA.
<i>Enterprise</i> ....	1936	1938	19 900	34	100	VIII/127 AA, XVI/40 et XVI mitr. AA. d° d° d°
<i>Yorktown</i> .....	1936	1938	19 900	34	100	
<i>Wasp</i> .....	1939	1940	14 700	> 30	50	VIII/127 AA, nombreux 40 et mitr. AA.
<i>Hornet</i> .....	1940	1942	?	?	?	?
<b>JAPON :</b>						
<i>Hosho</i> .....	1921	1922	7 470	25	20	IV/140, II/76 AA, II mitr. AA. XII/127 AA, XXIV mitr. AA.)
<i>Ryujo</i> .....	1931	1933	7 100	25	24	
<i>Soryu</i> .....	1935	1937	10 050	30	48	d° d° d° } tous d° d° d° } sans îlots.
<i>Hiryu</i> .....	1937	1939	10 050	30	40	
<i>Koryu</i> .....	1939	1940-1941	12 000	30	40	
<b>FRANCE :</b>						
<i>Joffre</i> .....	1940	1942	18 000	> 30	?	XVI (?) 130 AA, nombreux 40 et mitr. AA. d° d° d°
<i>Painlevé</i> .....	1940	1942	18 000	> 30	?	
<b>ALLEMAGNE :</b>						
<i>Graf Zeppelin</i> .	1938	1940	19 250	> 32	40	XVI/150, X/105 AA, XXII/40 AA. d° d° d°
<i>X...</i> .....	1939	1941	19 250	> 32	40	

OBSERVATIONS. — L'U. R. S. S. aurait 3 porte-avions en construction : 1 de 9 000 t (30 nœuds, 22 avions) lancé en octobre 1937 et 2 de 12 000 t (50 avions).

TABLEAU II. — CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES PORTE-AVIONS CONSTRUITS COMME TELS

longtemps encore un sérieux point faible de ces bâtiments. L'ennemi aura trop d'intérêt à endommager cette vaste plate-forme, ou à vouloir descendre les avions sur le pont de rentrer et qui attendront leur tour d'« apponter », pour ne pas s'efforcer, par tous les moyens, de l'attaquer.

La composition de l'artillerie, indiquée pour les porte-avions récemment construits ou sur cale, montre que ce point de vue a été parfaitement compris par toutes les marines. Pratiquement, la plupart des pièces de ces bâtiments sont utilisables pour la défense antiaérienne, les plus puissantes d'entre elles (calibres 120 à 155) étant également efficaces contre les bâtiments légers tels que les torpilleurs d'escadre. On espère ainsi que les milliers de projectiles débités par minute par les canons, les 37 automatiques et les grosses mitrailleuses, tirant dans tous les azimuts, formeraient un écran impénétrable pour les avions ennemis, tout au moins à une portée de lancement de bombes et de torpilles compatible avec une précision suffisante (1).

(1) Avant les limitations imposées par le traité de Londres de 1936, l'armement des porte-avions était défini par le traité de Washington de 1921, qui avait autorisé comme calibre le 203. C'est ce qui explique la composition de l'armement de certaines unités antérieures à 1936 (Japon et Etats-Unis).

Généralement, on admet aussi l'intérêt de disposer d'appareils de chasse prêts à prendre l'air, soit au moyen d'un deuxième pont d'envol, situé sur l'avant du porte-avions et en dessous du pont supérieur principal, soit à l'aide de longues catapultes

fixes avec plusieurs chariots de lancement pour permettre le départ rapide et successif de plusieurs de ces appareils. Cette plate-forme secondaire existe déjà à bord de plusieurs porte-avions japonais.

### Les superstructures d'un porte-avions doivent être très étudiées au point de vue aérodynamique

En dehors de leur pont d'envol, une autre caractéristique extérieure des porte-avions est d'avoir des superstructures (passerelles, mâts et cheminées) réduites au minimum, deux solutions ayant été envisagées : ou bien leur suppression, ou bien leur rejet

sur l'un des bords de la coque (« filot »).

La première solution n'est plus guère en faveur. Elle comporte de petites passerelles en encorbellement de chaque côté du pont d'envol et à son niveau, ou bien placées sur ascenseur, ce qui permet de les rentrer pour dégager complètement la plate-forme d'« appontage » ; d'autre part, pour la fumée et les gaz de combustion, des conduits latéraux horizontaux, évacuant sur l'arrière,

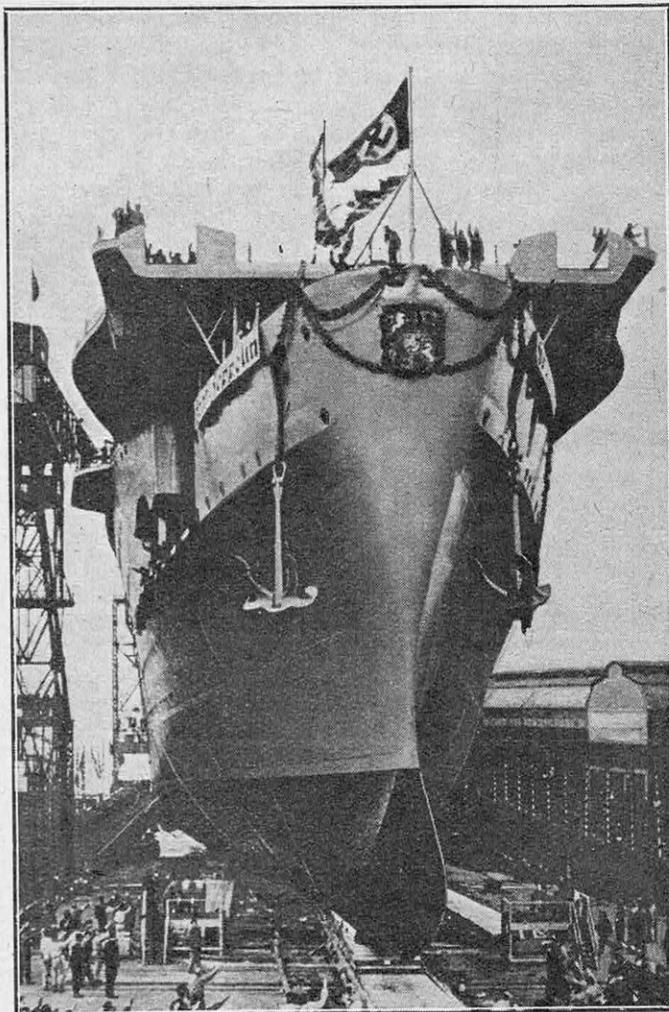


FIG. 9. — LANCEMENT DU PREMIER PORTE-AVIONS ALLEMAND, LE « GRAF-ZEPPELIN »

*Les caractéristiques de ce bâtiment, lancé le 8 décembre 1938 à Kiel, sont mal connues ; il serait remarquable par sa protection beaucoup plus efficace que celle des porte-avions des autres marines.*

ou bien de petites cheminées latérales, rabattables. Les Japonais se sont montrés les plus fidèles à cette solution ; ils auraient cependant décidé de doter d'un « îlot » latéral leur porte-avions *Akagi* (1925), en cours de refonte.

La seconde formule est la plus répandue, malgré certains inconvénients dus aux remous d'air occasionnés par le profil des superstructures, même lorsque celles-ci sont réduites. L'expérience des premiers porte-avions a montré la nécessité de caréner très judicieusement les œuvres mortes de ces bâtiments, et il est indispensable d'essayer à la soufflerie, au « tunnel », les maquettes de porte-avions. D'une manière générale, il semble qu'il y ait intérêt à placer passerelles et cheminées le plus possible sur l'avant et à donner à l'arrière des formes fuselées, avec le minimum de saillies.

### Un porte-avions doit être un bâtiment stable

Le roulis et, particulièrement, le tangage sont très gênants pour l'« appontage ». Un porte-avions doit avoir une stabilité aussi grande que possible, et c'est une des raisons pour lesquelles certains préconisent les déplacements élevés pour ce type de bâtiment. A vrai dire, cet argument a beaucoup perdu de sa valeur depuis qu'il est possible d'obtenir une stabilisation momentanée des bâtiments de mer (1), grâce à l'emploi de lests liquides (système Frahm à tanks à oscillations libres, ou système Siemens à tanks à oscillations commandées par une turbosoufflante) ou de gyroscopes (système Sperry).

Certains de ces dispositifs (Siemens et Sperry) arrivent à réduire l'amplitude des roulis de plus de 80 %. Ils permettraient de réduire ces mouvements à 2° ou 3° au maximum et de corriger instantanément une bande importante, dans le cas d'avaries graves aux œuvres vives, avantage capital dans le cas du porte-avions. Dans la mesure où ils n'absorbent pas un trop grand pourcentage d'énergie et de tonnage, on doit admettre que leur adoption rendrait parfaitement possible la construction de bâtiments de ce type du déplacement minimum possible. Les porte-avions japonais qui, de même que certains croiseurs de cette marine, auraient fait preuve de défauts de

stabilité, seraient dotés maintenant de stabilisateurs gyroscopiques.

### Importance des porte-avions dans la constitution des flottes

Le porte-avions est devenu un type de bâtiment de combat indispensable à toute marine « océanique ». Si les Italiens, dont les visées de suprématie maritime ne débordent pas la Méditerranée et la mer Rouge, n'ont pas jugé nécessaire d'en construire, les Anglais, qui viennent de terminer l'*Ark Royal*, de 22 000 t, en ont cinq autres sur cale de 23 000 t chacun ; presque autant que de navires de ligne en construction (7). C'est qu'en effet on n'envisage plus de groupes de grands navires, division de bâtiments de ligne ou de croiseurs, qui ne soient accompagnés d'un porte-avions au même titre qu'ils sont « flanqués » d'un rideau de torpilleurs. Des études parues dans plusieurs publications techniques allemandes montrent que nos voisins d'outre-Rhin envisagent l'intervention de leur forces maritimes en haute mer sous la forme de raids exécutés par des groupes offensifs qui comprendraient, chacun, un ou deux navires de ligne, un porte-avions, trois ou quatre croiseurs légers et deux escadrilles de contre-torpilleurs. De même, dans une étude publiée par la *Revue Maritime*, le capitaine « hydraérienne » de constitution d'une flotte française « évoluée », concluait en attribuant à chaque division de ligne (3) et de croiseurs légers (4) qu'il prévoit un ou deux porte-avions, ce qui impliquerait une dizaine d'unités de ce type. Notre programme naval actuel, qui comporte deux porte-avions, ne représente donc qu'un minimum si l'on considère l'avenir ouvert à ce type de navire. Le porte-avions conservera, sans aucun doute, sa raison d'être aussi longtemps que l'autonomie du plus lourd que l'air ne sera pas comparable à celle des navires de surface. Il n'est pas défendu, cependant, de penser que sa conception pourra évoluer dans la mesure où la formule du croiseur d'aviation, bâtiment hybride, mi-porteur d'avions de chasse et de bombardement, mi-croiseur de combat, envisagée par certains auteurs américains, gagnerait en faveur, et aussi lorsque le problème de l'hélicoptère sera résolu.

HENRI LE MASSON.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 176, page 153.

---

**La Science et la Vie est le seul magazine de vulgarisation scientifique et industrielle.**

# D'OU VIENNENT LES RAYONS COSMIQUES ?

Par Louis HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Sur notre petite planète refroidie, la matière se trouve dans un état relativement stable. Les transformations auxquelles nous assistons (radioactivité) libèrent des quantités d'énergie qui, si elles nous paraissent considérables, ne sont rien auprès de celles que dégagent les désintégrations qui se réalisent dans ces laboratoires géants que sont les étoiles. On conçoit donc — et des hypothèses très ingénieuses ont été imaginées pour rendre compte de ce phénomène — que, dans ces mondes à grande échelle, des particules électrisées puissent acquérir une énergie énorme, et venir, malgré la distance, « bombarder » notre Terre. Ce serait là, d'après les conceptions les plus modernes, l'origine de ce mystérieux rayonnement cosmique, phénomène extrêmement complexe par la variété de ses effets et dont l'observation a demandé parfois aux savants de véritables prouesses sportives, comme, par exemple, les fameuses ascensions stratosphériques du professeur Piccard (1) et de ses émules. L'étude de ces radiations ultra-pénétrantes a révélé aux physiciens l'existence, essentiellement éphémère, de nouveaux corpuscules élémentaires dont la « vie » moyenne se chiffre en milliardièmes de seconde, tels l'électron positif ou positon (Anderson, 1932) et, plus récemment, l'électron lourd ou mésoton (Yukawa, 1935). Elle a ainsi contribué à formuler les problèmes à l'ordre du jour dans le domaine de la microphysique théorique expérimentale, problèmes dont la solution intéresse au premier chef notre connaissance de la structure intime de la matière.

## Un bref rappel historique

EN 1900, presque simultanément, Geitel, en Allemagne, et C.-T.-R. Wilson, en Angleterre, firent une curieuse observation : un électromètre, soigneusement isolé et complètement enfermé dans une enceinte métallique *P* (fig. 1), perd régulièrement sa charge électrique, positive ou négative ; le phénomène peut être observé durant des jours et des semaines ; il ne saurait être attribué ni à des émanations radioactives de l'air enfermé dans l'appareil, ni à une radioactivité des parois ; il s'agit d'une ionisation continue, déterminée par une radiation pénétrante d'origine inconnue, qui a traversé les parois du blindage entourant l'électromètre.

La preuve décisive qu'il en est bien ainsi a été fournie, en 1919, par le physicien suisse Gockel, qui, emportant l'électromètre en ballon jusqu'à 4 500 m, constata que l'ionisation produite croissait avec l'altitude ; depuis lors, cet effet s'est

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 184, page 334.

affirmé par des mesures effectuées à des altitudes croissantes, d'abord en ballon monté, ou stratostat, par Piccard et ses émules, puis au moyen de ballons-sondes emportant des appareils enregistreurs ; par

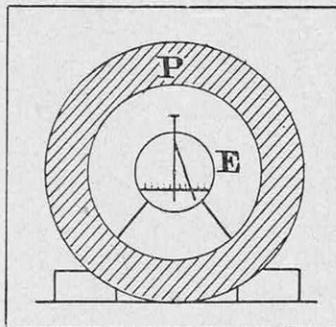


FIG. 1. — SCHÉMA D'UN ÉLECTROMÈTRE, ISOLÉ DANS UNE ENCEINTE MÉTALLIQUE, POUR LA MESURE DU RAYONNEMENT COSMIQUE

*P*, enceinte métallique de l'appareil ; *E*, électromètre.

ce procédé, Regener a pu pousser les mesures d'ionisation jusqu'à 26 km ; dernièrement, en 1938, Braun et Korff ont pu atteindre 35 km et les résultats obtenus sont représentés par la courbe de la figure 3 ; elle montre que l'activité de l'ionisation, après avoir atteint un maximum, éprouve ensuite une diminution notable ; ainsi, au plus haut point atteint, à 35 km, la vitesse d'ionisation n'est plus que 1/100 de ce qu'elle était à 15 km d'altitude.

Bien que l'interprétation de ces courbes soulève de graves difficultés, elles mettent en lumière un premier

point, définitivement acquis : c'est que l'ionisation atmosphérique n'est pas spontanée, mais provoquée par quelque chose d'extérieur à l'appareil ; ce quelque chose, Hess et Kolhörster l'ont considéré comme une radiation pénétrante, venue d'au delà

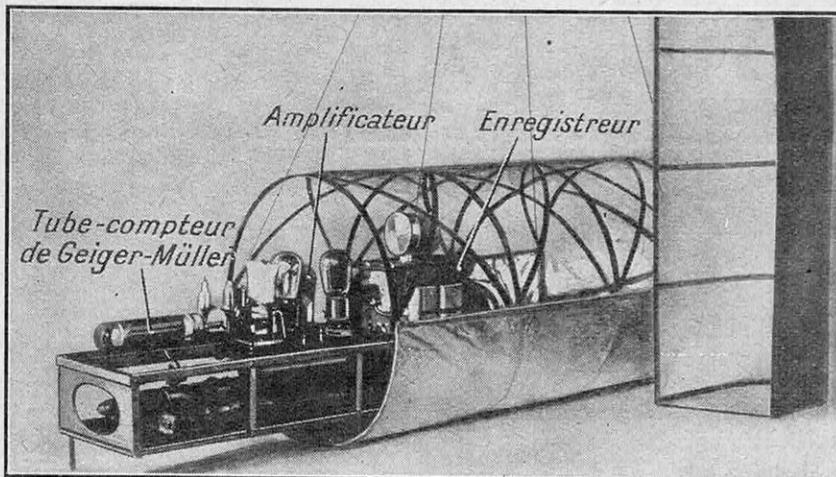


FIG. 2. — VUE D'ENSEMBLE D'UN APPAREIL ENREGISTREUR DESTINÉ AUX MESURES D'IONISATION DANS LA HAUTE ATMOSPHÈRE

*C'est avec de tels appareils, que des ballons-sondes ont portés jusqu'à 35 kilomètres d'altitude, que l'on a pu établir la courbe représentée figure 3.*

de notre atmosphère, et pour laquelle ils ont proposé le nom de « rayons cosmiques ». Cette représentation, la seule acceptable dans l'état actuel de la science, a été admise universellement ; elle a été confirmée par des expériences de Millikan, réalisées en enfonçant l'électromètre cuirassé dans des profondeurs d'eau croissantes : on a constaté alors que l'ionisation variait en sens contraire de cette profondeur comme si elle était causée par une radiation qui est absorbée par des épaisseurs croissantes du liquide ; mais cette radiation, ou du moins une de ses fractions, doit être extraordinairement pénétrante, car Corlin a réussi récemment à manifester son existence sous 500 m d'eau de mer.

Toutes ces expériences, et celles qui ont été poursuivies dans des puits de mine, ont prouvé à l'évidence que la cause excitatrice de cette ionisation ne peut pas être trouvée dans des rayons pénétrants émanant de l'intérieur du sol ; c'est en dehors

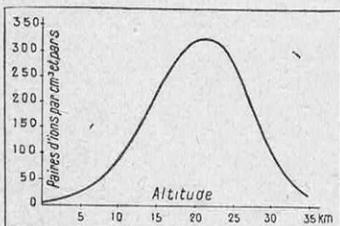


FIG. 3. — VARIATION EN FONCTION DE L'ALTITUDE DE L'IONISATION PRODUITE PAR LES RAYONS COSMIQUES

de notre atmosphère qu'il faut aller la chercher ; mais aucune action de la Lune ni du Soleil, ni d'aucune région de notre Galaxie n'a pu, jusqu'ici, être mise en

évidence. Ces données, les unes positives, les autres négatives, résument presque tout ce qui est acquis à l'heure actuelle ; mais elles n'épuisent pas la liste des possibilités et des hypothèses qu'il faut maintenant examiner ; mais leur étude exige des moyens nouveaux et plus perfectionnés.

### Instruments et méthodes d'observation

L'électromètre ne peut que compter les ions produits, sans nous renseigner ni sur les origines ni sur la nature des rayonnements générateurs. Mais il peut subir une

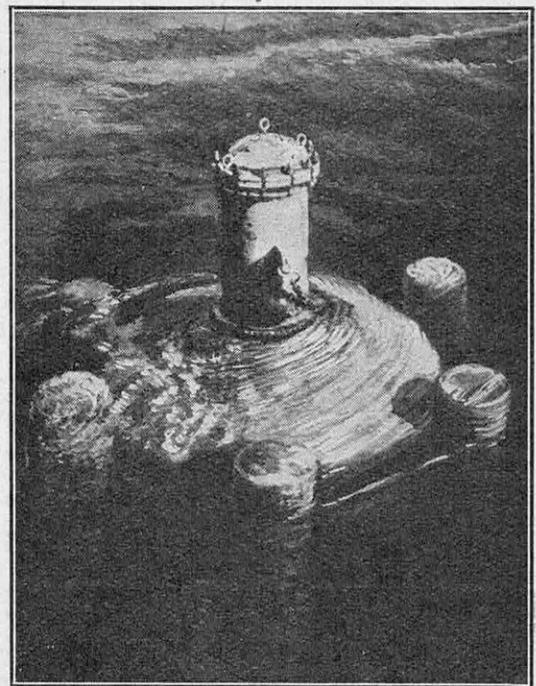


FIG. 4. — DISPOSITIF DE MESURE DE L'INTENSITÉ DU RAYONNEMENT COSMIQUE SOUS DIFFÉRENTES ÉPESSEURS D'EAU

*Le rayonnement cosmique peut traverser des épaisseurs d'eau considérables. L'appareil ci-dessus a été utilisé dans le lac de Constance, mais d'autres expériences l'ont décelé jusqu'à 500 m sous la mer.*

modification intéressante, dont la figure 5 nous fait comprendre le principe : l'électrode intérieure de la chambre d'ionisation recueille les ions produits dans cette chambre à mesure qu'ils sont libérés par le rayonnement excitateur ; on constate alors que cette émission d'ions se produit par secousses brusques, dont chacune correspond évidemment à l'entrée d'un rayon ionisant ; l'intensité de chacune de ces décharges élémentaires est accrue par un amplificateur à lampes et agit alors sur un galvanomètre extrêmement sensible, ou oscillographe, devant lequel se déplace un film photographique ; chaque paquet d'ions produit alors un déplacement du miroir oscillant, c'est-à-dire un trait vertical sur le film (fig. 6), dont l'amplitude est proportionnelle à l'intensité du courant et, par suite, au nombre d'ions produit dans la chambre d'ionisation. On peut ainsi individualiser les passages du rayonnement excitateur à travers cette chambre, et le nombre d'ions produits par chacun d'eux ; ce dernier renseignement est précieux, car il fixe à son tour la nature du rayonnement excitateur : alors qu'un rayonnement bêta, formé d'électrons rapides, ne donne que 60 à 100 ions des deux signes sur chaque centimètre de sa trajectoire, un rayonnement alpha, formé de noyaux atomiques, en produira, dans le même espace, plusieurs dizaines de mille.

La puissance d'analyse a été poussée plus loin encore dans l'appareil à détente de C.-T.-R. Wilson, maintes fois décrit dans cette revue (1), qui permet d'obtenir une

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 219, page 184.

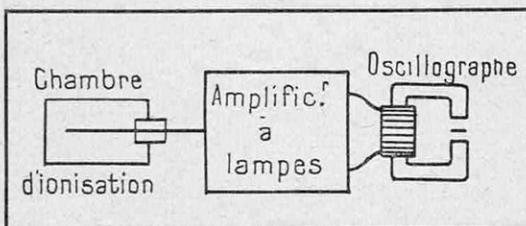


FIG. 5. — SCHÉMA DE L'APPAREIL UTILISÉ POUR DÉNOMBRER LES RAYONS COSMIQUES ET MESURER LEUR INTENSITÉ

Les ions produits par l'arrivée d'un de ces rayons sont recueillis par l'électrode intérieure de la chambre d'ionisation. Cette électrode se décharge par secousses brusques qui sont amplifiées et enregistrées par un oscillographe cathodique. On obtient des diagrammes analogues à celui de la figure 6.

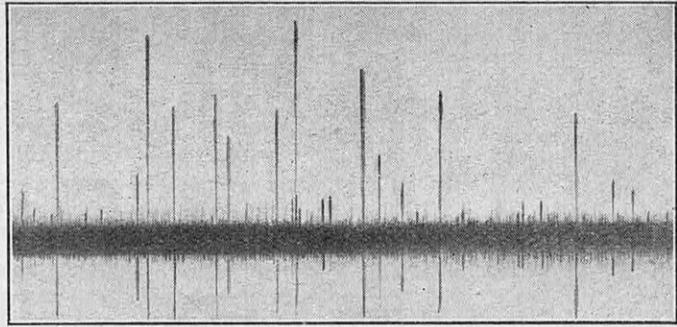


FIG. 6. — DIAGRAMME D'ENREGISTREMENT DE LA DÉCHARGE D'UN ÉLECTROMÈTRE, OBTENU AVEC UN COMPTEUR PROPORTIONNEL DU TYPE DE LA FIGURE 5

photographie des trajectoires parcourues par chaque rayon cosmique ; je rappelle que, en traversant une chambre contenant de l'air humide qui se détend brusquement, le rayon cosmique laisse, le long de sa trajectoire, des ions qui condensent la vapeur d'eau de telle sorte qu'on peut photographier en éclairage latéral le tracé formé par les gouttelettes liquides. D'après l'aspect de ce tracé, on peut reconnaître immédiatement la nature des rayonnements ionisants *actuellement connus*, comme les rayons alpha, bêta et gamma des émissions radioactives, les rayons H, formés de protons accélérés, les rayons de recul des collisions atomiques ; ce n'est que par une analogie qui ne comporte pas de certitude qu'on peut appliquer cette méthode aux rayonnements cosmiques.

L'appareil à détente a reçu, depuis son invention par Wilson, des perfectionnements qui en ont rendu le fonctionnement plus aisé et les indications plus efficaces ; comme la détente de l'air dure environ 1/100 de seconde, il ne peut fonctionner qu'au moment de cette détente, c'est-à-dire que certains phénomènes intéressants peuvent passer inaperçus ; mais on sait aujourd'hui produire cette détente au moment opportun, c'est-à-dire lors du passage d'un rayon cosmique. D'autre part, la chambre de détente peut être placée dans le champ magnétique puissant (10 000 à 20 000 gauss) d'un électroaimant, qui recourbe la trajectoire d'autant plus que la vitesse du projectile est moindre : grâce à quoi on peut mesurer la vitesse de ce corpuscule, lorsqu'on connaît sa masse matérielle et sa charge électrique, d'où on déduira son énergie, mesurée d'ordinaire en électron-volts (1). Enfin, le sens de la

(1) Rappelons que l'électron-volt (on dit parfois « volt » pour abrégé) représente l'énergie acquise par un électron franchissant une différence de potentiel de 1 volt ; sa valeur est égale à 1,592 millièmes de millionième d'erg.

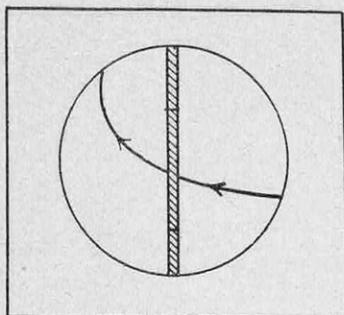


FIG. 7. — LA « CHAMBRE DE WILSON » UTILISÉE POUR L'ÉTUDE DU RAYONNEMENT COSMIQUE

*Les ions qui prennent naissance sur le trajet de la particule*

*électrisée deviennent autant de centres de condensation pour la vapeur d'eau saturée (voir figure 12). Ainsi se trouve matérialisée la trajectoire de la particule. Celle-ci est déviée par un champ magnétique dirigé perpendiculairement au plan de la figure et dessine un arc de cercle de rayon d'autant plus petit qu'elle est moins rapide. En plaçant sur son trajet une lame de plomb, on ralentit son mouvement, ce qui permet de connaître sa vitesse non seulement en grandeur, mais avec son sens.*

courbure permet de déterminer le signe de cette charge ; mais une difficulté résulte de ce qu'on ne distingue pas, sur la photographie, le sens dans lequel la trajectoire est parcourue ; or, cette connaissance est précisément nécessaire pour déterminer le signe électrique ; mais on peut se tirer d'affaire en coupant la chambre de détente par une lame de plomb (fig. 7) : le corpuscule, en traversant cette lame, perd une partie de sa vitesse, et, par suite, sa courbure devient plus prononcée sous l'action du champ magnétique : c'est par ce moyen qu'Anderson a découvert, dans le rayonnement cosmique, l'électron positif, ou positon.

Enfin, un dernier et très ingénieux appa-

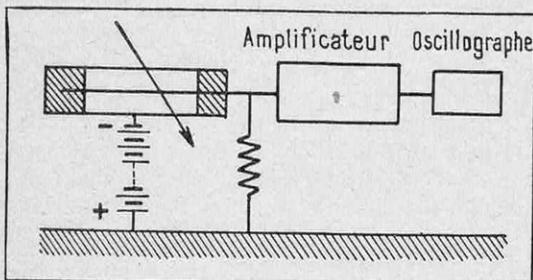


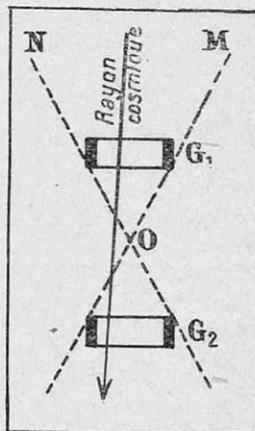
FIG. 8. — SCHÉMA DU COMPTEUR DE RAYONNEMENTS DE GEIGER ET MULLER

*Un fil tendu suivant l'axe du tube de Geiger est porté à un potentiel négatif de 1 500 volts. Le tube contient du gaz raréfié à 0,1 atmosphère environ. Dans ces conditions, un rayonnement ionisant amorce une décharge qu'on enregistre, après amplification, au moyen d'un oscillographe cathodique. Ce compteur permet de dénombrer les rayonnements reçus, quelle qu'en soit l'origine, et ne renseigne pas sur l'énergie qu'ils transportent.*

reil est le compteur de Geiger et Müller ; sous sa forme la plus simple, c'est un tube métallique (fig. 8) contenant un gaz sous pression réduite (0,1 atmosphère environ) et fermé par deux bouchons isolants qui laissent passer, suivant l'axe, un fil d'acier, généralement oxydé ; le tube est porté à un potentiel négatif voisin de 1 500 V, un peu inférieur au potentiel « disruptif » pour lequel une décharge éclaterait spontanément entre le tube et son axe ; dans ces conditions, tout rayonnement ionisant qui pénètre à l'intérieur du compteur y amorce une décharge instantanée qui, amplifiée par un système à lampes,

FIG. 9. — MONTAGE EN SÉRIE DE DEUX COMPTEURS POUR ISOLER LES RAYONS COSMIQUES PROVENANT D'UNE DIRECTION DÉTERMINÉE

*Pour que l'appareil enregistre une décharge, il faut que les deux tubes de Geiger en série soient ionisés en même temps, donc par un même « rayon ». Cet artifice permet de distinguer les décharges provenant de toute autre cause que les rayons cosmiques. Ceux-ci sont seuls assez pénétrants pour impressionner deux compteurs placés à une distance notable l'un de l'autre. En même temps, il donne une indication sur la direction du rayonnement enregistré, cette direction devant se trouver dans l'angle N O M.*



actionne un enregistreur convenablement choisi ; par exemple, un oscillographe.

L'inconvénient de cet appareil, c'est qu'il manque de sélectivité, c'est-à-dire qu'il enregistre indistinctement tous les rayonnements ionisants, dont un certain nombre proviennent d'émanations radioactives disséminées dans l'air ambiant ; et comme, à l'opposé de la chambre à détente, il est toujours prêt à fonctionner, on se trouve en présence d'un nombre considérable de signaux, dont la plupart n'ont rien à voir au rayonnement cosmique. Mais on peut se tirer d'embarras, comme l'ont montré Bothe et Kolhörster, en associant, par des liaisons électriques convenables, deux, trois ou même quatre compteurs « en coïncidence », c'est-à-dire ne pouvant fonctionner que lorsqu'ils sont traversés simultanément par un même corpuscule ; ceci élimine les corpuscules d'origine radioactive, dont les trajectoires aériennes sont trop courtes pour

qu'ils puissent traverser à la fois plusieurs compteurs.

Un autre avantage de cette combinaison, c'est qu'elle permet de définir approximativement la direction de chaque corpuscule, puisque cette direction doit passer par tous les compteurs en coïncidence : comme le montre la figure 9, pour deux compteurs  $G_1$  et  $G_2$ , elle sera comprise dans l'angle  $MON$ .

On peut encore, pour éliminer les rayons indésirables, entourer les compteurs d'une chape de plomb ; mais on se heurte alors à un effet secondaire dont je parlerai tout à l'heure. On peut enfin (et cette combinaison est très intéressante) monter en coïncidence un ou deux compteurs de Geiger avec une chambre à détente de Wilson (fig. 10) placée elle-même dans le champ magnétique produit par un électroaimant  $B$  ; un appareil photographique  $P$  donne alors une épreuve du tracé laissé dans la chambre par le corpuscule cosmique.

Tous ces procédés, mis en œuvre par d'habiles expérimentateurs, ont accumulé un grand nombre de documents ; nous allons exposer maintenant comment on est parvenu à les classer et les expliquer.

### Le rayonnement cosmique dans l'atmosphère

Les phénomènes qui apparaissent dans notre atmosphère sont tellement complexes que, pour en parler clairement, il est nécessaire de donner une première idée de la représentation qu'on s'en fait, représentation qui, il ne faut pas l'oublier, est encore hypo-

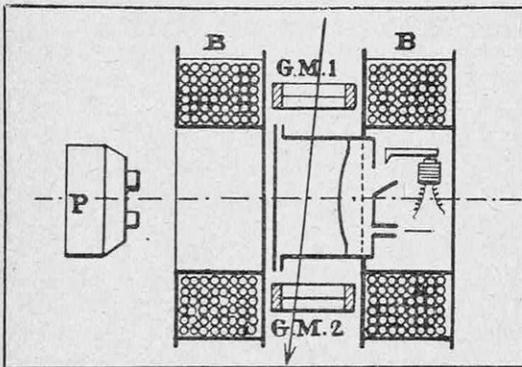
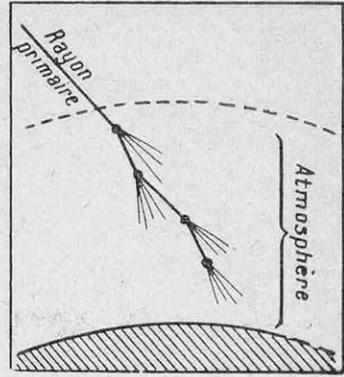


FIG. 10. — MONTAGE EN COÏNCIDENCE D'UNE CHAMBRE À DÉTENTE DE WILSON ET DE DEUX TUBES COMPTEURS DE GEIGER

*Le rayon cosmique traverse successivement un tube de Geiger, la chambre d'ionisation, où son parcours est photographié, puis le deuxième tube. Le passage du « rayon » à travers les deux tubes provoque, par un jeu de relais, la détente dans la chambre de Wilson et la prise d'un cliché.*

FIG. 11. — SCHEMA DE LA PRODUCTION DES « GERBES » DANS L'ATMOSPHERE

*Le rayon primaire arrivant dans l'atmosphère rencontre des atomes qu'il désintègre ; ce sont les « éclats » produits qui*



*constituent les gerbes. Le phénomène peut se produire plusieurs fois, tant que le rayon secondaire garde une énergie suffisante.*

thétique ; mais cette hypothèse représente une première tentative de classification.

On pense donc que les rayons cosmiques se partagent en deux groupes : l'un est constitué par les *rayons primaires*, ou générateurs, venus de l'extérieur ; ce sont ces rayons qui, en pénétrant dans l'atmosphère, y produisent à leur tour le *rayonnement secondaire* ; à mesure qu'on s'enfonce dans cette atmosphère, en venant du vide interstellaire, on rencontre donc, d'abord, une proportion prédominante de rayons primaires, proportion qui s'atténue à mesure que naissent les rayons secondaires ; en même temps, il se produit une sélection de ce rayonnement générateur, de telle sorte que les seuls éléments qui parviennent à la surface du sol sont les plus pénétrants, c'est-à-dire ceux dont l'énergie est la plus grande ; et ceux qui s'enfoncent dans le sol ou dans l'eau des lacs ou des mers sont plus pénétrants encore.

Quant à la genèse de ces rayons secondaires, elle paraît se faire en plusieurs étages, et sans doute de plusieurs façons. Le plus souvent, elle se produirait quand le rayonnement primaire rencontre un noyau atomique ; celui-ci serait alors brisé en de nombreux éclats, projetés avec une énergie qui peut être supérieure à celle du rayonnement générateur, parce qu'elle est empruntée, pour une part, à l'explosion du noyau lui-même ; et il apparaît actuellement que ces noyaux sont plus profondément atteints par les rayons cosmiques qu'ils ne le sont dans le cas des désintégrations naturelles ou artificielles ; on dirait que le noyau est littéralement réduit en miettes, dont le nombre peut atteindre et dépasser une centaine ; ces fragments, projetés à leur tour avec une énergie énorme, brisent à leur tour d'autres atomes, si bien que la chaîne des désinté-

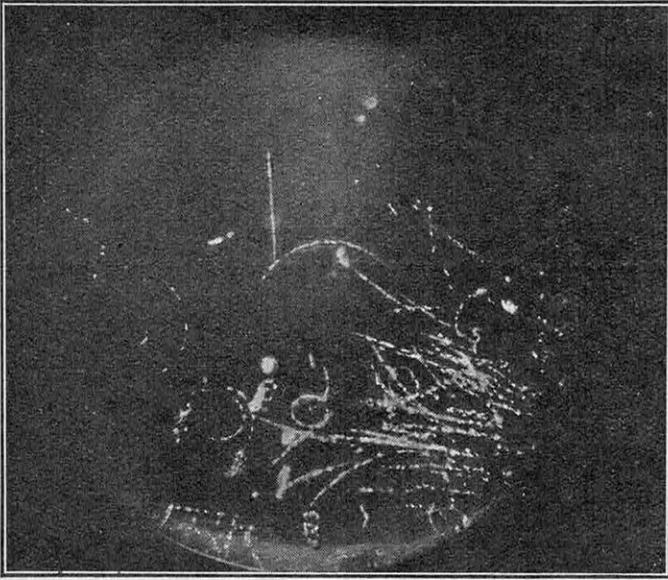


FIG. 12. — UNE GERBE DE RAYONS COSMIQUES PHOTOGRAPHIÉE DANS LA CHAMBRE DE WILSON

*Cette gerbe était issue des pièces métalliques extérieures à la chambre, en bas et à droite. On compte ici plus de 70 trajectoires.*

grations peut se propager suivant un grand nombre d'étages (fig. 11), dont quelques-uns, d'après Rossi, seraient constitués par des photons, c'est-à-dire par des ondes pures comparables à celles de la lumière, des rayons X et des rayons gamma, mais avec une fréquence incomparablement plus grande.

Sur ce canevas, général et provisoire, on voit se détacher trois ordres de faits qui sont véritablement caractéristiques du rayonnement cosmique tant primaire que secondaire :

1<sup>o</sup> Le premier est sa prodigieuse *puissance de pénétration*. L'expérience la plus caractéristique est due à Rossi : trois compteurs de Geiger et Müller :  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$  (fig. 13), fonctionnant en coïncidence, sont placés suivant une même verticale et entourés de briques de plomb ; l'appareil ne peut donc fonctionner que lorsque  $G_1$ ,  $G_2$ , et  $G_3$  sont traversés par un même corpuscule cosmique, qui aura nécessairement passé à travers la masse de plomb interposée ; en faisant varier l'épaisseur de celle-ci, on observe les résultats suivants :

Epaisseur de l'écran (en cm).	0	10	25	100
Nombre de coïncidences...	100	81	74	46

Ainsi, près de la moitié des rayons sont capables de traverser 1 m de plomb, et on en a observé qui passaient à travers plus de 6 m de ce même métal ! Ces projectiles cosmiques doivent donc posséder une énergie formidable ; la plupart des spécialistes,

utilisant par extrapolation des formules établies pour des corpuscules connus, arrivent à des nombres supérieurs à 1 milliard d'électron-volts ; je trouve même, dans un mémoire récent, l'indication d'énergies atteignant 10 000 milliards d'électron-volts. Or, jusqu'à présent, les énergies corpusculaires les plus élevées étaient de l'ordre du million de volts ; on se trouve donc en présence d'extrapolations très audacieuses et, partant, bien hypothétiques. Il n'en reste pas moins que ces rayonnements diffèrent complètement, par l'ordre de grandeur de leur énergie, de tout ce qu'on connaissait jusqu'à présent ;

2<sup>o</sup> Un second caractère des rayons cosmiques est la *formation des gerbes*. Lorsqu'on commença à faire usage du compteur, on fut étonné de constater que le nombre des rayons

interceptés par ces appareils *augmentait* lorsqu'on les protégeait par une chape de plomb ; il aurait dû, au contraire, diminuer par l'absorption des rayons les moins pénétrants. La raison de ce phénomène fut mise en évidence par MM. Auger et Leprince-Ringuet, en utilisant la chambre de Wil-

son, coupée en deux par une lame de plomb (fig. 12) ; un seul rayon tombant sur la lame y donne naissance à un grand nombre de rayons, formant un faisceau assez étroit autour de la direction primitive, et qu'on a désigné sous le nom de « gerbe » : celle-ci est formée, parfois, d'une centaine de rayons. Et

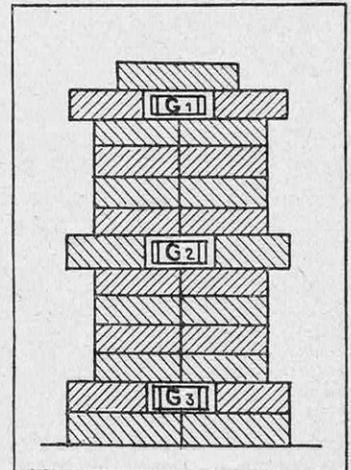


FIG. 13. — EXPÉRIENCE DE ROSSI MONTRANT LA PUISSANCE DE PÉNÉTRATION DES RAYONS COSMIQUES

*Les tubes de Geiger en série sont séparés par des briques de plomb : certains rayons traversent jusqu'à 6 m de ce métal.*

l'interprétation la plus naturelle consiste à admettre que le rayonnement incident, ayant heurté un des noyaux atomiques du métal, l'a brisé en un grand nombre de fragments, dont chacun a été projeté hors de la lame. Ces mêmes gerbes peuvent encore se produire dans l'air, mais plus rarement, parce que les atomes y sont plus clairsemés.

Entre les très nombreuses recherches consacrées à l'étude des gerbes, je citerai celles de M. Auger et de ses collaborateurs, poursuivies à Paris, au Pic du Midi (2 900 m d'altitude) et au laboratoire scientifique du Jungfraujoch (3 500 m), par l'emploi de compteurs à coïncidence dont on accroissait progressivement la distance ; ces physiciens sont parvenus à manifester l'existence de « longues gerbes » pouvant atteindre 80 m de longueur ; la figure 14 montre comment varie, avec la distance, le nombre de ces longues trajectoires ; assurément, pour qu'un projectile corpusculaire, ou un photon, puisse parcourir une telle distance dans l'atmosphère, il doit posséder une énergie formidable ; et nous retrouvons ici, par une autre voie, le résultat indiqué tout à l'heure ;

3<sup>o</sup> Un troisième caractère des émissions cosmiques, c'est leur *extrême diversité*. Elle s'explique peut-être par la pulvérisation atomique dont je parlais tout à l'heure.

Dans ce rayonnement cosmique, on peut mettre à part un premier lot qui, par son indifférence aux champs magnétiques les plus intenses et par son pouvoir ionisant, peut être rattaché, soit aux ondulations de fréquence très supérieure à celle des rayons gamma, soit à des projections corpusculaires dont l'énergie serait supérieure à 20 milliards d'électron-volts.

On y trouve encore des neutrons ; mais, comme ces corpuscules ne produisent pas d'ions, ils n'affectent directement aucun des appareils décrits tout à l'heure ; il faut, pour manifester leur existence, recourir à des techniques spéciales ; la meilleure et la plus sûre consiste à recevoir le rayonnement en question sur du bore, qui est désintégré par les neutrons avec émission de corpuscules

alpha caractéristiques.

Mais il semble bien que la partie la plus importante de la radiation cosmique soit de nature corpusculaire,

c'est-à-dire formée par la projection d'éléments matériels électrisés ; ces éléments peuvent bien être des protons, qui, avec les neutrons, sont les constituants élémentaires des noyaux atomiques pul-

vérisés, et aussi des électrons positifs et négatifs (positons et négatons), avec prédominance de corpuscules chargés positivement.

Mais les choses se sont compliquées, dans ces derniers temps, lorsqu'on a cherché à évaluer ces masses corpusculaires ; on les trouvait trop faibles pour correspondre à des protons, trop fortes pour des électrons. Or, en 1935, le physicien japonais Yukawa, pour faire cadrer avec l'expérience une certaine théorie de la désintégration, due à Fermi, avait imaginé l'existence possible d'un nouvel élément, l'*électron lourd*, doué d'une charge électrique, positive ou négative, égale à celle de l'électron normal, mais dont la masse matérielle serait environ 200 fois plus grande ; comme l'électron est lui-même 1 800 fois plus léger que le proton, on voit que le nouveau constituant aurait une masse inférieure, mais cependant comparable à celle du proton, noyau atomique de l'hydrogène.

Cette hypothèse semble expliquer convenablement les propriétés connues des corpuscules cosmiques, ou du moins d'une partie d'entre eux ; elle a donc été adoptée par la plupart des physiciens. Le nouveau corpuscule sous-atomique a reçu de Niels Bohr le nom de *mésoton* ; cet élément serait extrêmement instable, car sa vie moyenne ne dépasserait pas un millionième de seconde, et on ne nous dit rien de ce qui subsiste après sa destruction ; il faut, d'après cela, considérer le mésoton non comme appartenant aux rayons cosmiques primaires, mais comme un produit fragile et momentané des désintégrations atomiques.

### Le rayonnement primaire

Ayant ainsi analysé, tant bien que mal, le rayonnement cosmique « tout venant », tel qu'il se rencontre à l'intérieur de notre atmosphère, il serait de la plus haute importance de connaître la nature du rayonnement

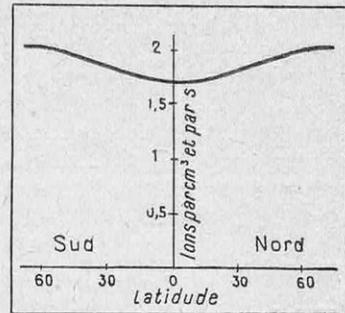


FIG. 15. — COURBE DE LA VARIATION D'INTENSITÉ DU RAYONNEMENT COSMIQUE EN FONCTION DE LA LATITUDE

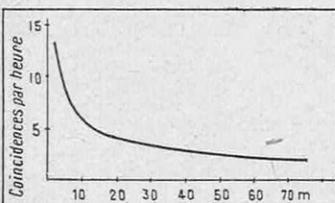


FIG. 14. — COURBE DE LA FRÉQUENCE DES GERBES SUIVANT LEUR LONGUEUR

primaire générateur, tel qu'il doit se propager au travers des espaces célestes. Mais les données deviennent alors de plus en plus rares ; on ne paraît pas avoir réussi à sélectionner cet élément générateur parmi les rayonnements complexes observés dans notre atmosphère ; l'hypothèse la plus accréditée y voit des électrons doués d'une énergie supérieure au milliard de volts. Mais quelles preuves, ou seulement quels indices avons-nous de l'existence même d'un tel rayonnement ?

La première est l'existence d'un rayonnement secondaire qui implique celle d'un générateur, puisqu'un des principes de la science est qu'il n'y a pas d'effets sans causes. Mais une seconde raison, encore plus démonstrative, est l'existence d'un *effet de latitude*. Tous les expérimentateurs, spécialement Compton et ses collaborateurs, ont établi l'existence d'une variation régulière et systématique de l'ionisation avec la latitude ; les résultats, représentés par la courbe de la figure 15, manifestent une variation de 14 % au niveau de la mer et de 22 % à l'altitude de 2 000 m ; d'autre part, M. M. Auger et Leprince-Ringuet, en utilisant la méthode des compteurs en coïncidences, ont pu enregistrer 170 000 rayons cosmiques sur le trajet maritime du Havre à Buenos-Aires, et constaté une variation de 16 % dans le nombre des rayons entre l'Equateur et la latitude 45°, l'activité cosmique croissant, dans tous les cas, avec la latitude.

Une variation aussi constante comporte une seule explication, et c'est la même, en principe, que celle qui a permis à Birkeland et à Störmer d'expliquer la localisation des aurores polaires ; elle met en cause l'infléchissement de corpuscules électrisés, venus de l'extérieur, et qui s'enroulent le long des tubes de force de l'aimant terrestre, en se concentrant au voisinage des pôles (fig. 16). Mais, pour des corpuscules venus de très loin, l'action du magnétisme doit se faire sentir bien au delà de notre atmosphère ; il résulte

des calculs que des électrons dont l'énergie serait inférieure à 1 milliard de volts seraient ainsi infléchis vers les pôles et, par suite, incapables d'atteindre la zone tropicale ; ainsi s'expliquerait l'accroissement de l'activité cosmique avec la latitude.

### Quelques hypothèses sur l'origine des rayons cosmiques

Si les hommes étaient raisonnables, ils attendraient d'en savoir davantage pour échafauder des hypothèses. Ce serait trop leur demander ; mais, par le nombre de ces explications, on peut juger de leur fragilité. Indiquons, cependant, les plus connues, entre lesquelles le lecteur pourra choisir suivant son goût.

La première s'est présentée naturellement le jour où il a été établi que les rayonnements cosmiques ne pouvaient provenir ni de la Terre, ni de son atmosphère, ni du Soleil ; on suppose que ce rayonnement mystérieux devait avoir une origine plus

lointaine, et on la chercha d'abord dans l'apparition des Novæ ; mais les mesures faites à l'occasion de *Nova Herculis* et de *Nova Lacertæ* n'ont décelé, dans ces deux cas, aucune variation mesurable de l'ionisation d'ori-

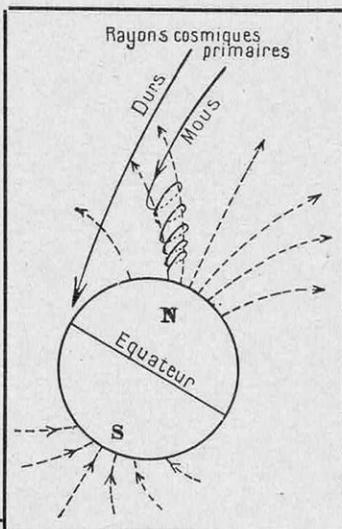


FIG. 16. — LES RAYONS COSMIQUES S'ENROULENT AUTOUR DES TUBES DE FORCE DU CHAMP MAGNÉTIQUE TERRESTRE

*Le champ magnétique exerce sur une particule en mouvement une force qui est à la fois perpendiculaire au champ et à la vitesse de la particule. Le mouvement qui en résulte est un mouvement en spirale. Seules, les particules douées d'une grande énergie ne sont pas « happées » par les tubes de force et parviennent à l'équateur.*

gine cosmique. Cherchant plus loin encore, on peut mettre en cause les nébuleuses, mondes en gésine, où la matière se fabrique à partir des proto-éléments ; cette formation s'accompagne d'une libération d'énergie qu'on sait aujourd'hui calculer ; ainsi, la naissance d'un atome d'oxygène entraîne, d'après Millikan, une libération de 100 millions d'électron-volts ; pour un atome de fer, l'énergie libérée atteindrait 450 millions de volts et 600 millions pour l'atome d'uranium, le plus compliqué de tous.

Ces nombres sont visiblement insuffisants, puisque c'est par milliards de volts qu'il faudrait compter. Alors, on s'est demandé si, au contraire, la volatilisation totale des atomes, leur transformation en énergie par quelque

processus encore inconnu, ne fournirait pas l'énergie désirée. En principe, il en est bien ainsi : si la destruction de l'électron ne donne que 500 000 volts, et celle du proton 900 millions, la volatilisation intégrale d'un atome complet d'azote ou de carbone, par exemple, mettrait en liberté 10 à 20 milliards d'électron-volts. On pourrait donc trouver là une énergie suffisante, mais nous ignorons absolument comment pourrait se produire cette transformation complète de la matière en énergie.

Et voici, parmi les autres, une hypothèse qui a au moins le mérite de l'originalité : M. Alfvén assimile les étoiles doubles, si nombreuses au firmament, à de gigantesques cyclotrons ; leur rotation mutuelle produit un champ magnétique tournant, et lorsqu'une particule électrisée s'y engage dans des conditions favorables, elle reçoit une série d'accéléérations dont l'énergie accumulée pourrait atteindre 10 à 100 milliards d'électron-volts.

Mais la palme de l'ingéniosité appartient

sûrement à Regener, à qui on peut bien pardonner son imagination en reconnaissance de ses belles mesures du rayonnement cosmique. Regener part du postulat einsteinien d'après lequel l'Univers est courbe et fermé sur lui-même ; il suppose alors que les rayons cosmiques, doués d'une énergie extraordinaire, auraient pris naissance à une époque reculée où se présentaient des conditions favorables, qu'il ne précise pas, mais qui n'existent plus actuellement. Ce sont donc des rayonnements « fossiles » qui tournent éternellement dans ce monde courbe, sans pouvoir en sortir, comme des poissons dans un bocal.

En échafaudant ainsi les hypothèses les unes sur les autres, on arrive à des énoncés qui ne sont qu'amusants, car ils ne sauraient subir le contrôle de l'expérience. Or, les seules théories utiles sont celles qui provoquent ce contrôle, même lorsqu'il leur est défavorable ; les autres ne sont que des jeux de l'imagination.

L. HOULLEVIGUE.

N. D. L. R. — Les figures 2, 3, 6 et 12 sont extraites de *Vie et Transmutation des atomes*, de JEAN THIBAUD.

Dans la recherche de la plus grande vitesse, un important obstacle est constitué par la résistance de l'air. Les récentes performances réalisées en Allemagne ont prouvé une fois de plus qu'il ne servirait à rien de chercher à le surmonter de front, en accumulant des chevaux sur des voitures de course. En effet, si Caracciola avait atteint, en 1938, 432 km/h sur un engin de 650 ch, il lui a suffi d'un moteur de 350 ch pour atteindre sur autostrade, près de Dessau, 398,230 km/h sur un kilomètre et 399,560 km/h sur un mille (1609 m), grâce au profilage extrêmement étudié de sa *Mercedes* (moteur de 12 cylindres et 3 litres de cylindrée). On sait d'ailleurs que l'effet du vent est tellement notable qu'un tel record ne peut être valablement établi que par la moyenne des vitesses réalisées sur le même parcours dans chaque sens. En fait, cette vitesse a été, pour Caracciola, sur le mille, de 399,028 km/h dans un sens et de 400,112 km/h dans l'autre, bien que, naturellement, les essais aient été effectués par un temps aussi calme que possible. Des solutions aussi poussées que celles adoptées sur la *Mercedes*, non seulement pour le carénage des roues, mais aussi pour le profilage de la caisse, qui ne laisse au conducteur que le minimum de place — il fallait enlever le volant pour que Caracciola puisse se loger — ne peuvent évidemment être envisagées pour la voiture utilitaire. Il n'en reste pas moins que les efforts des constructeurs allemands, les seuls qui actuellement cherchent à accroître la vitesse avec le minimum de puissance motrice, sont de nature à orienter utilement les études des techniciens de l'automobile.

Toujours dans le domaine de l'automobile, le Salon de Berlin nous a montré les solutions mécaniques actuellement en honneur. On a pu remarquer notamment que les boîtes à 4 vitesses étaient de plus en plus nombreuses au détriment des boîtes à 3 vitesses. C'est en vue d'améliorer le rendement général de la voiture que les 4 vitesses sont maintenant couramment adoptées. On sait, en effet, que le moteur à explosions manque de souplesse dynamique, c'est-à-dire que son rendement baisse rapidement lorsqu'on s'écarte de sa vitesse de régime. On signale aussi les boîtes à 5 vitesses, dont une surmultipliée prévue surtout pour la circulation à grande vitesse sur les autostrades où l'effort résistant est réduit (rampes de faible pourcentage).

# COMMENT TRANSFORMER MOTEURS A EXPLOSIONS ET MOTEURS DIESEL POUR L'EMPLOI DES GAZOGÈNES

Par Tony BALLU

PROFESSEUR A L'INSTITUT AGRONOMIQUE

\* DIRECTEUR DE LA STATION D'ESSAIS DE MACHINES DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

*Notre pays étant tributaire de l'étranger pour son approvisionnement en pétrole, il serait plus économique en temps de paix — et plus sûr en cas de conflit — de pouvoir utiliser le gaz pauvre de gazogène (1) à la place de l'essence pour alimenter les moteurs. Mais ceux-ci ne s'accommodent pas de n'importe quel carburant; leurs conditions de rendement optimum varient avec le carburant employé, et le plus rationnel serait évidemment de construire directement des moteurs spéciaux pour gaz de gazogène. Pour des raisons d'économie, on doit le plus souvent se contenter d'adapter un moteur à essence à l'emploi de ce carburant gazeux. On y parvient en modifiant certaines de ses caractéristiques (taux de compression, refroidissement à l'admission, amélioration du brassage du mélange et de l'allumage) ou en lui adjoignant un compresseur. L'idéal, que l'on atteindra sans doute un jour, serait de réaliser un moteur polycarburant (2) capable d'utiliser indifféremment l'essence, le butane, le gaz d'éclairage ou le gaz pauvre. Des tentatives fort intéressantes ont déjà été faites dans ce sens.*

## Les conditions du rendement optimum des moteurs à gazogène

**G**RACE AUX perfectionnements apportés récemment aux gazogènes transportables (3), on peut estimer que les inconvénients d'ordre pratique qui avaient découragé beaucoup d'usagers de la première heure n'existent plus actuellement.

Mais, contrairement à ce que pensent certaines personnes, séduites par l'économie du « gaz de gazogène », il ne suffit pas d'adapter un gazogène sur un moteur quelconque pour en recueillir les avantages attendus.

Le montage du meilleur gazogène, alimenté du meilleur combustible, sur un moteur à essence de fonctionnement irréprochable, risque — si l'on ne prend pas de précautions spéciales — de faire perdre à ce dernier de 40 à 50 % de la puissance qu'il peut normalement développer à l'essence. Cela tient à ce que le mélange « air-gaz pauvre » se trouve en état très net d'infériorité par rapport au mélange « air-essence » aux points de vue :

- a) Du pouvoir calorifique;
- b) Du coefficient de remplissage du cylindre;
- c) De la rapidité de combustion.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 252, page 437.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 216, page 472.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 257, page 374.

*Pouvoir calorifique.* — Un kilogramme d'essence de 10 000 calories nécessite 12 m<sup>3</sup> d'air pour produire un mélange tonnant donnant environ 835 calories par m<sup>3</sup>; 1 m<sup>3</sup> de gaz de gazogène fournit 1 280 calories, et donne, avec 1 m<sup>3</sup> d'air, un mélange tonnant de 640 calories environ. Cette première infériorité se traduit par une perte de puissance de près de 30 % au détriment du gaz (1).

*Coefficient de remplissage du cylindre.* — Avec le mélange « air-essence », le coefficient de remplissage n'est jamais parfait. On peut l'estimer, en moyenne, à 0,75 par suite de la viscosité et de l'inertie du gaz qui, malgré les corrections apportées aux levées et aux fermetures des soupapes, freinent l'arrivée du mélange tonnant, et l'empêchent d'acquiescer la même vitesse que le piston au temps de l'aspiration. En outre, pour éviter la condensation, on augmente la vitesse de passage du mélange dans les canalisations, en réduisant le diamètre de celles-ci. Avec le mélange « air-gaz », le rendement volu-

(1) Le rendement thermique du mélange « air-gaz » est également légèrement inférieur à celui de l'« air-essence » du fait de la moindre valeur de son exposant adiabatique  $\gamma$  (rapport de la chaleur spécifique à pression constante, à la chaleur spécifique à volume constant). La présence de vapeur d'eau et de gaz carbonique dans le mélange « air-gaz » a, en effet, pour conséquence de donner à ce rapport une valeur de 1,38 au lieu de 1,41, qui est celle de l'« air-essence ».

métrique est encore plus déficient, à cause des pertes de charge supplémentaires que rencontre ce mélange à travers tous les organes (générateurs, refroidisseurs, épurateurs) et dans les canalisations réunissant ces derniers, entre eux d'une part, et au moteur d'autre part.

Enfin, ce qui contribue encore dans de fortes proportions à réduire le coefficient de remplissage du cylindre, c'est que le gaz, sortant encore relativement chaud des épur-

plus grande que la température est plus élevée, abaisse le rendement thermique du moteur, tant par la diminution de la valeur de l'exposant adiabatique que par l'absorption de chaleur pendant la combustion.

On conclut des considérations qui précèdent que le dispositif de réchauffage qui s'est révélé indispensable pour le mélange « air-essence », devrait être remplacé au contraire par un dispositif de refroidissement pour le mélange « air-gaz ».



FIG. 1. — AUTOCAR ÉTUDIÉ POUR LA MARCHÉ AU GAZ DE GAZOGÈNE

*Le moteur de grosse cylindrée de cet autocar a été étudié spécialement pour le fonctionnement au gaz. Il n'y a donc pas besoin, dans ce cas, d'artifices spéciaux d'adaptation. Le générateur et l'épurateur sont logés dans la malle arrière, les tubes refroidisseurs du mélange air-gaz sous le châssis.*

rateurs, se trouve encore surchauffé par les dispositifs de réchauffage qui sont montés sur les carburateurs et sur la pipe d'admission des moteurs à essence. Dans ces derniers, en effet, on est obligé, pour faciliter la vaporisation de l'essence (surtout par temps froid) et éviter les condensations d'essence qui tendent à se produire dans la pipe d'admission, de réchauffer assez énergiquement celle-ci.

Ce réchauffage du combustible, indispensable pour les carburants liquides, n'a donc plus de raison d'être pour les gaz non condensables, arrivant déjà à une température trop élevée au mélangeur. Il est même d'autant plus nuisible que le gaz contient toujours de la vapeur d'eau, et que cette vapeur d'eau, dont la quantité est d'autant

*Vitesse de combustion du mélange « air-gaz ».* — On conçoit facilement que l'oxyde de carbone, qui constitue la portion active du gaz de gazogène, soit un moins bon combustible que les vapeurs d'hydrocarbures dégagées de l'essence. Mais le lest de gaz inertes dans le mélange tonnant au gaz est plus grand que dans le mélange tonnant à l'essence ; on évalue à 70 % la proportion de ce lest, composé surtout d'azote et de gaz carbonique, et à 10 % seulement la proportion d'oxygène comburant. Il en résulte que la propagation du « front de flammes » dans le mélange au gaz se fait beaucoup plus lentement que dans le mélange à l'essence. Toutefois, cet inconvénient est sensiblement atténué dans les gaz riches en hydrogène,

### Les moteurs spéciaux pour gazogènes

Nous venons d'exposer quelles sont les principales données du problème de l'utilisation du gaz de gazogène dans un moteur à explosions. Quelles sont les solutions pratiques de ce problème? On peut les ramener à quatre :

- 1° Equipement d'un gazogène sur moteur spécial ;
- 2° Adaptation « de fortune » d'un moteur

« air-gaz » de gazogène n'étant pas à craindre jusqu'à un taux de compression volumétrique de 11, on peut, en restant dans ces limites, améliorer beaucoup le rendement thermique, qui, comme chacun sait, croît rapidement avec la compression. Si l'on se souvient que les moteurs à essence ordinaire ne peuvent guère dépasser le taux de compression volumétrique de 5 sans risquer la détonation, on voit que la supériorité du gaz de gazogène à ce point de vue compense

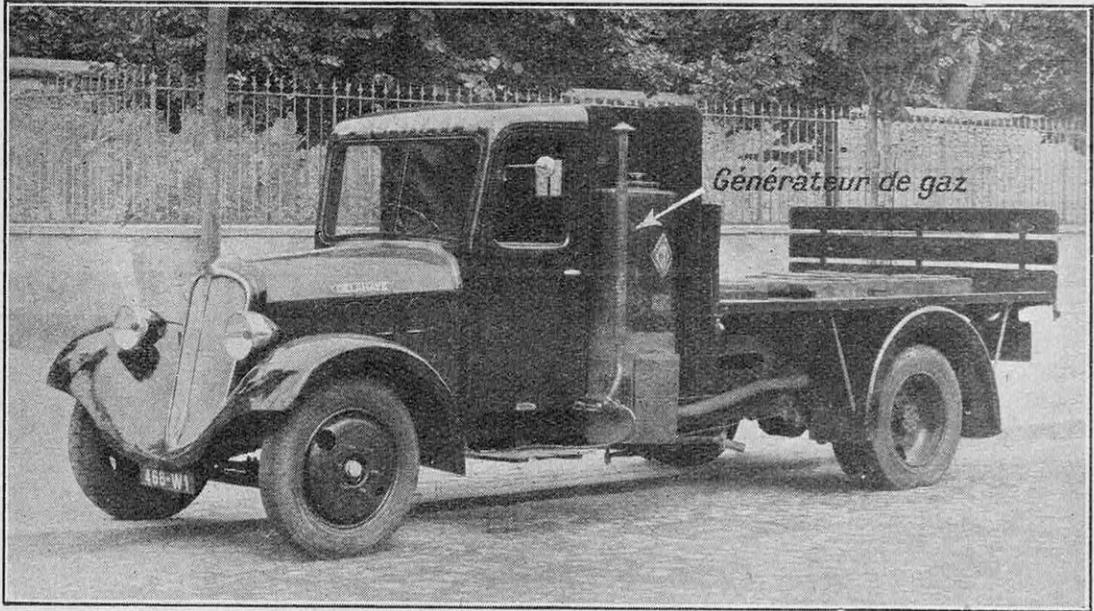


FIG. 2. — ÉQUIPEMENT D'UN CAMION A GAZOGÈNE « GOHIN-POULENC »

*La disposition du générateur, telle qu'elle est représentée ici, ne diminue en rien la surface utile de chargement de la plate-forme. Seule, la largeur de la porte de la cabine a dû être diminuée. Un écran protège à la fois la plate-forme et la cabine contre le rayonnement de la chaleur. L'épurateur est disposé sur le côté droit de la cabine dans une position symétrique de celle du générateur. Les tubes de refroidissement des gaz sortant du générateur sont placés sous le châssis.*

à carburants liquides pour son fonctionnement au gaz de gazogène ;

3° Utilisation de surpresseurs sur moteurs à carburants liquides ;

4° Création de moteurs utilisant indifféremment tous les carburants (moteurs polycarburants ou moteurs à compression variable).

La première solution est, sans contredit, la plus logique du seul point de vue technique. Un moteur conçu spécialement pour répondre aux exigences et aux caractéristiques du gaz de gazogène n'est pas difficile à réaliser. En se reportant aux données précisées plus haut, ce moteur spécial devra :

a) Avoir une compression aussi élevée que le lui permettra le pouvoir antidétonant du gaz. Or, la détonation du mélange

dans une forte mesure la pauvreté relative de son pouvoir calorifique ;

b) Pour avoir un coefficient de remplissage correct, le moteur spécial pour gazogène aura avantage à être à régime peu élevé et à grosse cylindrée se remplissant d'autant mieux que le régime est plus lent ; en outre, ses canalisations — dont l'étroitesse n'est plus indispensable comme dans le cas de carburants liquides — doivent être spacieuses ;

c) Pour tenir compte de la lenteur relative de la combustion du gaz de gazogène, le moteur spécial devra posséder un allumage puissant, permettant d'avoir une étincelle très chaude, et d'une intensité en rapport avec la résistance que lui oppose une compression élevée. En outre, l'avance à l'allumage doit pouvoir aller jusqu'à 35°.

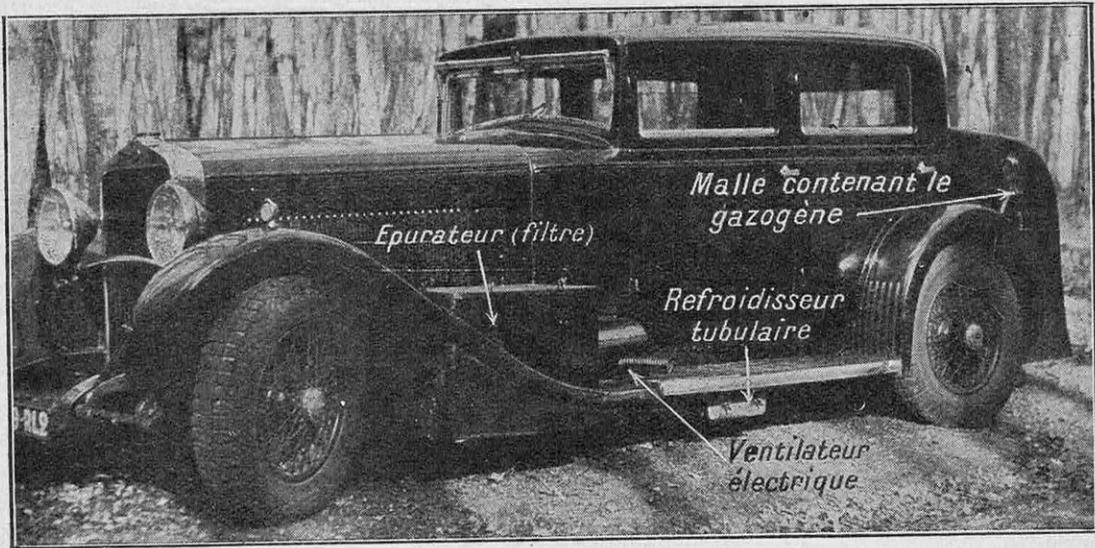


FIG. 3. — VOITURE D'OCCASION ÉQUIPÉE D'UN GAZOGÈNE

Cette puissante voiture, d'un modèle datant de quelques années, n'était plus utilisée à l'essence, parce que de consommation trop coûteuse. Elle a été « rajeunie » par un gazogène disposé avec l'épurateur dans la malle arrière. La surpuissance de son moteur peut permettre de ne pas modifier ce dernier : le conducteur en sera quitte pour ne plus faire que du 110 ou 100 à l'heure, au lieu de 130 ou 140 avec l'essence.

Malheureusement, cette construction de moteurs spéciaux à gazogènes, si souhaitable du point de vue technique, se heurte, à l'époque actuelle de lancement du gazogène, à des difficultés d'ordre économique et national.

Au point de vue économique, les constructeurs de moteurs ne se soucient nullement de se lancer dans des études et des mises au point coûteuses de moteurs nouveaux pour gazogènes sans être assurés de trouver un débouché les dé-

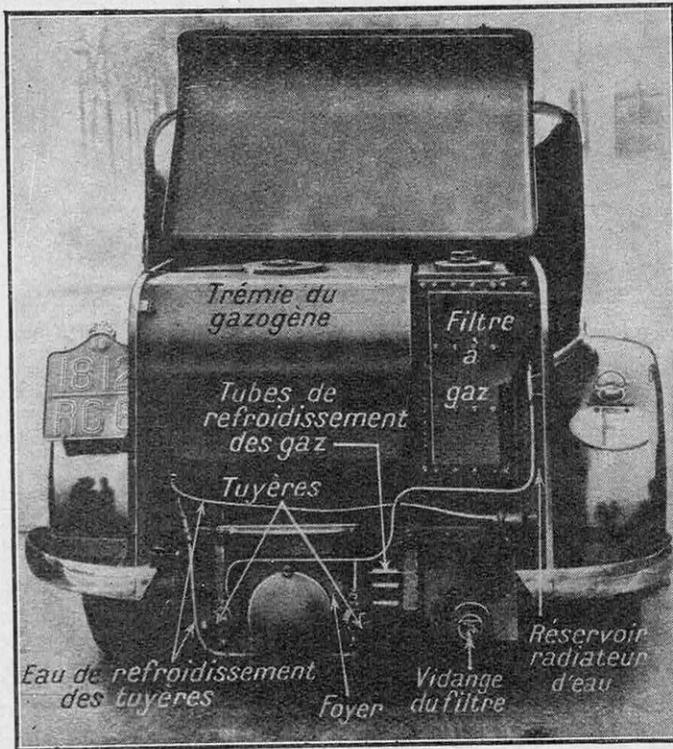


FIG. 4. — GAZOGÈNE « AUTEX » SUR VOITURE

L'équipement de gazogènes sur voitures de tourisme est actuellement d'une réalisation courante notamment pour les puissantes voitures mises au rebut comme trop grosses mangeuses d'essence. La surpuissance de leurs moteurs leur permet de supporter aisément la diminution de rendement dû à l'emploi du gaz pauvre. Tous les organes du gazogène peuvent se loger dans la malle arrière.

frayant des frais engagés. D'ailleurs, tant que la vente ne serait pas développée, on ne pourrait mettre sur le marché qu'un nombre limité de moteurs construits en petites séries, donc chers.

D'autre part, l'utilisation intensifiée de gazogènes s'avère de nécessité impérieuse en cas de mobilisation. Comme on ne peut compter, pour les raisons précédentes, sur des groupes spéciaux de moteurs à gazogènes en nombre suffisant, il faut donc, provisoirement tout au moins, prévoir l'équi-

pement massif de gazogènes sur camions à combustibles liquides *existants*.

### Comment adapter un moteur à essence pour sa marche au gaz de gazogène ?

Ce que nous avons dit précédemment nous montre qu'il ne peut s'agir là que d'une adaptation « de fortune », mais qui peut présenter cependant un intérêt indéniable. En nous rapportant aux caractéristiques du

En se limitant à cette catégorie de moteurs, il faudra leur faire subir les modifications suivantes :

1° *Augmenter la compression* pour compenser en partie l'infériorité du pouvoir calorifique du gaz par le meilleur rendement thermique résultant de l'accroissement possible du taux volumétrique. On y arrive par un des nombreux procédés connus : rabotage de la culasse, introduction d'un

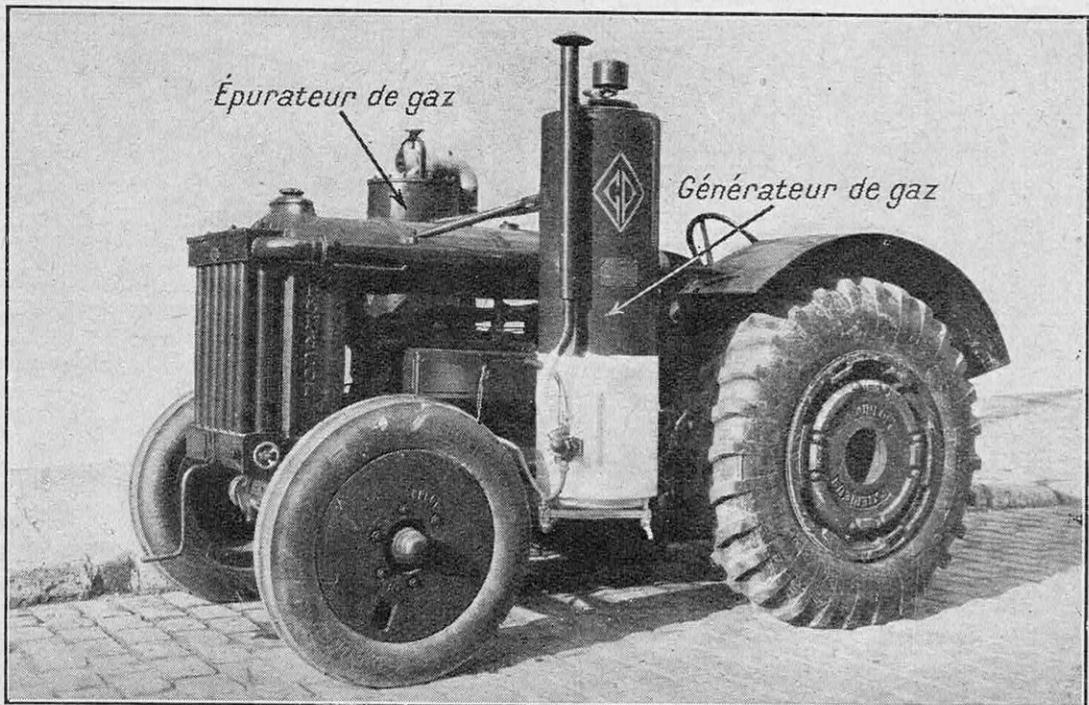


FIG. 5. — TRACTEUR, MARCHANT NORMALEMENT A L'ESSENCE, ÉQUIPÉ AVEC UN GAZOGÈNE  
*Ce tracteur américain a été équipé d'un gazogène, après qu'on eût accru la compression du moteur, supprimé le réchauffage de la pipe d'admission, augmenté l'avance à l'allumage, resserré les pointes des bougies, et mis une tuyauterie d'admission à large section. L'augmentation de poids due à cet équipement ne présente pas d'inconvénient avec les tracteurs agricoles, car elle contribue à l'accroissement de l'adhérence, qui constitue la pierre d'achoppement de la motoculture.*

moteur spécial à gaz, nous résumerons comme suit les modifications à apporter à ces moteurs.

Avec les moteurs à explosions, fonctionnant normalement à l'essence, il faudra, avant tout, ne pas se hasarder à équiper d'un gazogène un moteur dont les caractéristiques sont par trop éloignées de celles exigées par le fonctionnement au gaz.

C'est ainsi que les moteurs rapides, à petites cylindrées (inférieures à 3,5 litres) et, en général, les moteurs « poussés » sont impropres à une transformation dans des conditions économiques.

Il faut utiliser de préférence les moteurs à grosses cylindrées, à régime relativement lent.

bouchon de culasse, fixation d'une plaque d'épaisseur dans le fond de la culasse, pistons plus hauts (ou cales vissées sur le piston), allongement des bielles, rehaussement de la moitié supérieure du coussinet de tête de bielle par une cale demi-cylindrique, rabotage du bloc-moteur, remplacement de la culasse par une autre à chambre plus petite.

A défaut d'obtention du résultat cherché par l'emploi de l'un de ces procédés, on peut recourir à l'emploi conjugué de plusieurs d'entre eux ;

2° *Enrichir le gaz*. — On a cherché à augmenter le pouvoir calorifique du mélange « air-oxyde de carbone » de différentes

façons. Quelques constructeurs prévoient, entre autres solutions, l'enrichissement du gaz par des vapeurs d'essence venant d'un carburateur annexe.

Cette addition est recommandée pour le départ et pour les reprises en côte. Il ne semble pas que cette solution soit très recommandable ; d'après les essais effectués au laboratoire, il n'y aurait pas un gain de puissance très appréciable. Il ne faut pas oublier, d'autre part, que les véhicules à gazogènes ne sont exempts de certaines taxes qu'à la condition de n'avoir qu'un petit réservoir d'essence (de 5 litres au maximum) toléré pour la mise en route et les dépannages éventuels.

Une solution plus élégante réside dans l'enrichissement du gaz par de l'hydrogène provenant de la décomposition de la vapeur d'eau dans le gazogène. Nous avons vu que la quantité d'hydrogène produite était limitée par le refroidissement du foyer provenant de la décomposition de l'eau. On étudie actuellement un procédé permettant, grâce à un apport de chaleur extérieure, d'augmenter sensiblement la formation d'hydrogène et d'enrichir de manière plus effective le pouvoir calorifique du gaz ;

3° *Supprimer le réchauffage* normal prévu sur les moteurs à essence et y substituer, si possible, un système de *refroidissement*. Une précaution essentielle consiste tout d'abord à effectuer la prise d'air secondaire (arrivant au mélangeur) par une canalisation un peu longue, car l'air pris sous le capot, au voisinage immédiat du moteur, est toujours trop chaud.

Il semble résulter, d'autre part, d'essais récents effectués à la Station Centrale

d'Essais de machines du ministère de l'Agriculture, que l'on aurait intérêt à éloigner le mélangeur du moteur ; on diminue ainsi l'échauffement de cet organe, en même temps que le brassage des gaz s'effectue d'une façon plus complète.

On doit également chercher par tous les moyens à refroidir le gaz dont la température est encore trop élevée malgré son passage dans les tubes refroidisseurs qui précèdent les épurateurs ; comme on ne peut, en pratique — pour des raisons de poids

et d'encombrement, — allonger les dimensions de ces tubes, il est plus élégant de rechercher des artifices augmentant leur efficacité. Un procédé ingénieux, utilisé dans le gazogène Fabre, consiste à utiliser l'échappement pour provoquer un courant d'air extérieur intense autour d'une partie de la canalisation.

Il est bon également de séparer avec de l'amiant la pipe d'échappement de la pipe d'admission

pour éviter le rayonnement de chaleur.

Certains adaptateurs ont également pensé aiguiller une partie de l'air aspiré par le ventilateur, pour obtenir le balayage de la pipe d'admission et des tubes refroidisseurs ;

4° *Améliorer le coefficient de remplissage*, en substituant, quand c'est possible, à la pipe d'admission pour essence une pipe d'admission de section plus large, et en augmentant l'ouverture, ainsi que la durée d'ouverture, des soupapes au moyen de cames à bossages plus hauts et plus allongés. On trouve actuellement ces accessoires chez certains mécaniciens spécialisés dans l'adaptation des gazogènes sur véhicules ;

5° *Améliorer l'allumage*, en mettant des bougies froides, à pointes légèrement plus

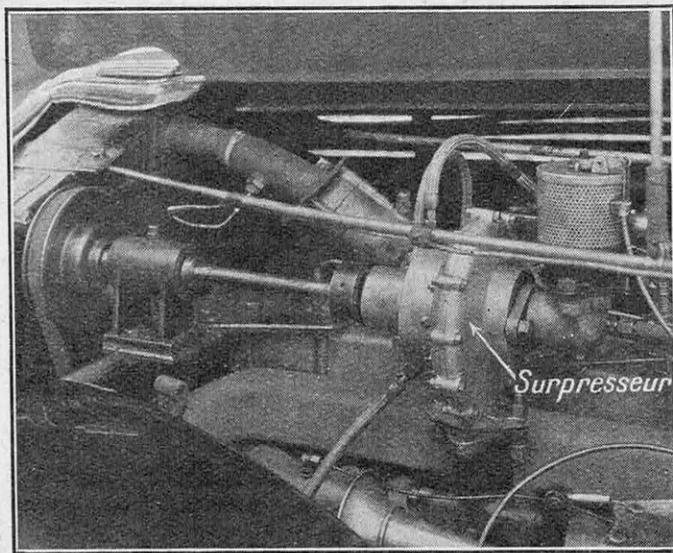


FIG. 6. — SURPRESSEUR MONTÉ SUR VOITURE DE SÉRIE A MOTEUR A ESSENCE (SPEED)

*Ce surpresseur aspire le gaz fourni par le gazogène et le refoule sous pression dans le moteur. Le montage de ce surpresseur a permis d'éviter de changer la compression d'origine du moteur et laisse, en conséquence, à ce dernier la possibilité de fonctionner normalement avec l'essence. Il est entraîné ici par une courroie en prise avec l'arbre de commande du ventilateur.*

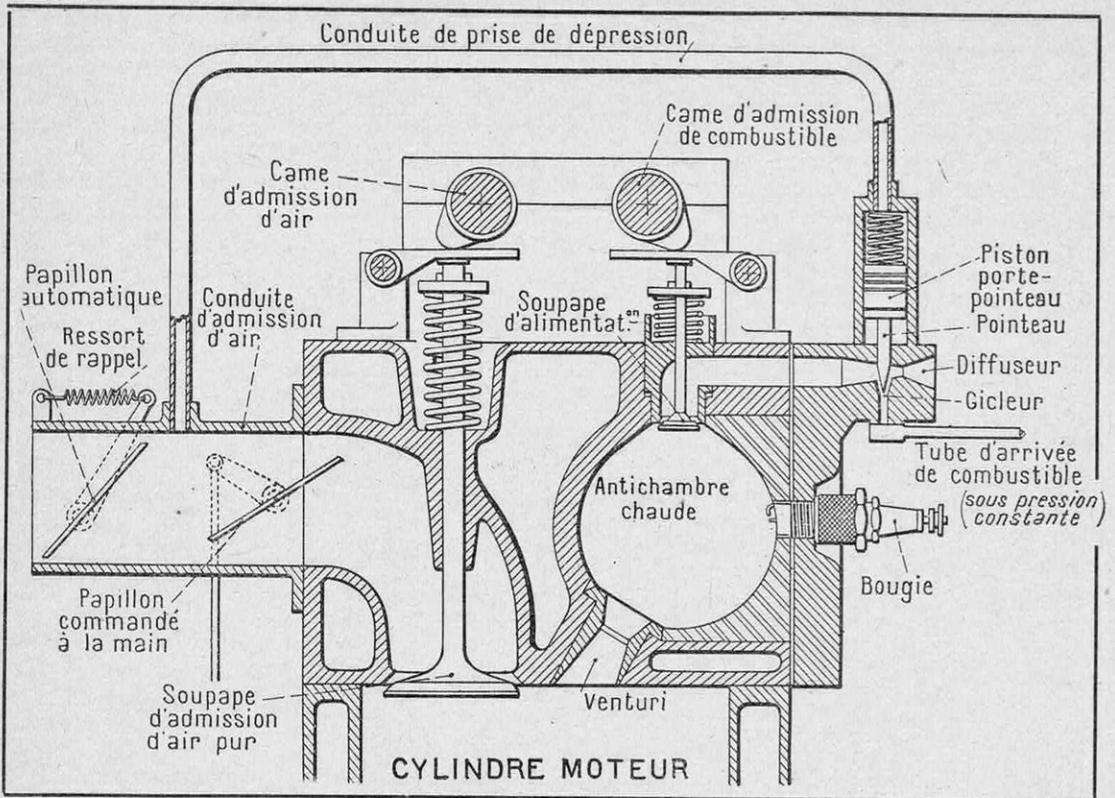


FIG. 7. — PRINCIPE DU MOTEUR POLYCARBURANT « BAGNULO »

L'introduction séparée du combustible, d'une part, dans une antichambre, et de l'air, d'autre part, dans le cylindre permet d'avoir une compression assez élevée sans crainte de détonation. Le combustible, liquide (ou gazeux), est introduit dans l'antichambre par simple gravité, au temps de l'aspiration. Il se pulvérise en passant dans un gicleur et un diffuseur, et se vaporise au contact de la paroi chaude de l'antichambre. A la fin du temps de compression, l'étincelle enflamme une petite partie des vapeurs grâce à la faible quantité d'air se trouvant dans l'antichambre. Cette préexplosion a pour effet de chasser les vapeurs dans le cylindre où elles achèvent de s'enflammer dans l'air comprimé par ce dernier. Ce système se différencie des moteurs à explosions ordinaires en ce que la carburation, au lieu de s'effectuer extérieurement dans un carburateur, se fait à l'intérieur même du moteur, d'après un principe analogue à celui des moteurs Diesel à antichambre. La culasse « Bagnulo » peut se monter sur des moteurs à essence, en place de la culasse d'origine, pour les rendre « polycarburants ».

rapprochées que pour la marche à l'essence (0 mm 3 au lieu de 0 mm 5) ;

— Augmenter l'avance à l'allumage jusqu'à 30 et même 35° ;

— Une bonne disposition consiste (quand la culasse le permet, ou avec une culasse spéciale) à employer le double allumage ;

— Une bonne magnéto est indispensable. Employer de préférence les systèmes à rupture (Delco) ; certains mécaniciens prétendent, en effet, que les magnétos à balais de charbon laissent entre les plots des traces de charbon qui occasionnent des pertes diminuant l'intensité de l'étincelle ;

6°) Monter sur le différentiel un couple conique plus démultiplié que le couple normal ; utiliser à cet effet les « couples de montagne » prévus par la plupart des cons-

tructeurs de camions. On a ainsi l'avantage de mieux monter certaines côtes, sans modifier sensiblement la vitesse en palier.

### Comment adapter un moteur à huile lourde pour sa marche au gazogène ?

Il peut être intéressant de transformer un moteur Diesel pour l'utiliser au gaz de gazogène. Deux modifications essentielles doivent être faites : diminuer le taux volumétrique de compression (notamment pour les Diesel) et prévoir un allumage par magnéto et bougies. On décomprime le moteur par les procédés inverses de ceux que nous avons vus pour les moteurs à essence : disposer un calage approprié entre la culasse et les cylindres, diminuer la longueur des bielles ou des pistons, ou bien

mettre une culasse moins comprimée. Cette dernière solution apparaît comme la meilleure, puisqu'il faut prévoir l'adjonction de bougies, inexistantes sur les moteurs à huile lourde. Il faut, en outre, prévoir l'entraînement de la magnéto.

**La solution des surpresseurs**

Le nombre des modifications à apporter aux moteurs à essence pour leur permettre de développer, avec les gazogènes, une puissance sensiblement équivalente à celle qu'ils possédaient avec l'essence peut être très diminué en recourant aux surpresseurs. Ces appareils, appelés quelquefois « suralimenteurs », sont utilisés couramment sur les avions (à haute altitude) et sur les voitures de course. Leur emploi à bord des camions à gazogènes permet d'éviter les artifices tendant à l'augmentation de compression et à l'accroissement des sections de canalisations. En transformant la dépression à l'aspiration, qui est de l'ordre de 100 cm avec le gaz (dans un moteur à essence), en une surpression de 250 cm environ, on résout à la fois le problème de l'enrichissement de la cylindrée et celui de la perte de charge provenant du gazogène. On conserve en outre au moteur ses caractéristiques normales pour la marche à l'essence, dans le cas où on veut s'en servir avec ce carburant. Mais le refroidissement s'impose d'autant plus que la surpression provoque une élévation de température.

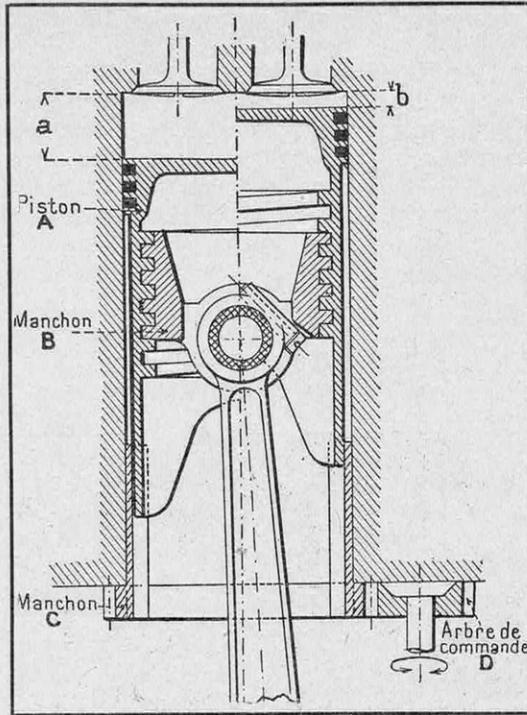


FIG. 8. — SYSTÈME « DE MONGE »

Ce dispositif permet de monter sur un moteur existant un piston spécial, composé d'un piston A et d'un manchon intermédiaire B, monté sur la bielle d'origine. Le piston A comporte à sa partie intérieure un filetage dans lequel vient s'engager un filetage correspondant dépendant du manchon B. A la partie inférieure de A sont ménagées des rainures verticales dans lesquelles peuvent coulisser à frottement doux des ergots solidaires d'un manchon C. Ce dernier manchon est lui-même en prise, au moyen d'une transmission appropriée, avec l'arbre de commande D. En agissant sur cet arbre, on peut donc visser, ou dévisser, le piston A sur le manchon B. La partie gauche de la figure représente les positions relatives de A et de B correspondant au minimum de compression avec une chambre d'explosion de hauteur a; la partie droite de la figure représente, au contraire, la position de A par rapport à B correspondant au maximum de compression ne laissant plus qu'un intervalle b. Entre ces deux positions extrêmes, on peut obtenir, même pendant la marche du moteur, les positions intermédiaires se rapportant au taux de compression qu'on juge le plus conforme au type de carburant employé.

Il faut également s'assurer d'un bon allumage.

Il existe actuellement sur le marché des surpresseurs spéciaux dont le fonctionnement donne satisfaction. La seule difficulté réside dans l'entraînement de ces appareils. Certains constructeurs conseillent de les commander en les plaçant en bout d'arbre, d'autres par la courroie du ventilateur, d'autres enfin par un moteur électrique annexe. La puissance absorbée est de l'ordre de 1/15 environ de la puissance du moteur.

Des essais qui ont été effectués récemment sur un de ces dispositifs à la Station d'Essais de Machines, il résulte qu'en faisant tourner le surpresseur à une vitesse permettant d'annuler la dépression qui était de 48 cm de hauteur d'eau, on a observé un accroissement de puissance de 10 à 18 % sur le fonctionnement d'un moteur (non surcomprimé) avec le gaz. Avec une surpression de 150 cm d'eau, cet accroissement a été de 22 et 45 %. Avec une surpression de 300 cm, le moteur a accusé une puissance légèrement supérieure à

celle qu'il développait normalement au même régime, avec l'essence.

**Les moteurs polycarburants**

En ce qui concerne tout d'abord les moteurs à gazogènes dont nous venons de parler, il semble très recommandable de prévoir leur utilisation éventuelle à l'essence. Prenons le cas d'un entrepreneur de camionnage

possesseur d'un moteur à gazogène pour effectuer les transports à grande distance. Supposons qu'il ait à aller la veille charger son camion à la gare ou à un entrepôt voisin de quelques centaines de mètres de son garage. Va-t-il allumer pour cela son gazogène, et n'est-il pas préférable, pour une aussi petite distance, de marcher à l'essence? Cette possibilité de marcher à l'essence lui facilitera d'ailleurs son démarrage et, en cas de manque de combustible en cours de route ou de panne de gazogène, lui permettra de continuer sa route jusqu'à un centre de ravitaillement ou de dépannage. La difficulté réside dans le fait que si le moteur est à la compression optimum pour le gaz, il y a à craindre une détérioration avec l'emploi de l'essence. Les artifices proposés sont simples ; ils consistent, soit à doter le moteur d'un carburateur de faibles dimensions sous-alimentant les cylindres, soit à disposer dans la canalisation d'alimentation

un obturateur produisant le même effet.

La solution du moteur vraiment polycarburant, c'est-à-dire pouvant utiliser à volonté différents carburants, apparaît des plus séduisante. Il faut, en effet, considérer que, d'un jour à l'autre, les carburants peuvent être, comme bien d'autres produits, sujets à des variations de prix dépendant de nombreux facteurs : cours des changes, barrières douanières, procédés nouveaux de fabrication, impositions fiscales. Les moteurs spéciaux, conçus exclusivement pour l'un d'eux, risquent de n'être plus économiques en cas d'apparition sur le marché d'un carburant plus avantageux. La possession d'un moteur polycarburant serait de nature à pallier à ces aléas.

Plusieurs solutions sont actuellement à l'étude. Elles sont fondées, en général, sur la recherche de procédés permettant d'éviter la détonation, qui est la pierre d'achoppe-

ment de l'obtention de bons rendements thermiques par des compressions élevées.

Un premier procédé consiste à modifier le système de carburation ; au lieu d'envoyer dans le moteur un mélange tonnant qui peut « détoner », on introduit le carburant dans une antichambre, où se trouve — comme dans les Diesel à antichambre — une insuffisance d'air : le combustible non brûlé est projeté dans le cylindre où se termine la combustion. On arrive ainsi à augmenter la compression de ce dernier et à améliorer le rendement thermique ; tel est le cas du moteur « Bagnulo », qui consommerait aussi bien

les carburants liquides que gazeux (fig. 7).

Une autre solution résiderait dans l'emploi de moteurs à compression variable ; citons dans cet ordre d'idées : le dispositif de M. de Monge, permettant de monter sur un moteur existant un mécanisme spécial susceptible de visser ou dévisser, même pendant la marche, le piston sur un support soli-

daire de l'axe dudit piston. Ce dernier est rapproché ou éloigné du fond de la culasse, en variant ainsi la compression sans modifier la cylindrée.

Des essais récemment effectués à la Station Centrale d'Essais de Machines ont permis de faire varier, en marche, le taux de compression volumétrique de 5 à 10, le premier étant celui se conformant le mieux à l'essence, et le second à l'alimentation au gaz pauvre.

Il semble souhaitable que les inventeurs et les constructeurs continuent à chercher dans cette voie qui, pour les raisons que nous avons énumérées plus haut, pourrait mettre les usagers à l'abri des tribulations relatives au coût du carburant, en leur laissant le soin de choisir, d'après les circonstances, celui qui leur apparaîtrait le plus économique pour le fonctionnement de leur moteur.

TONY BALLU.

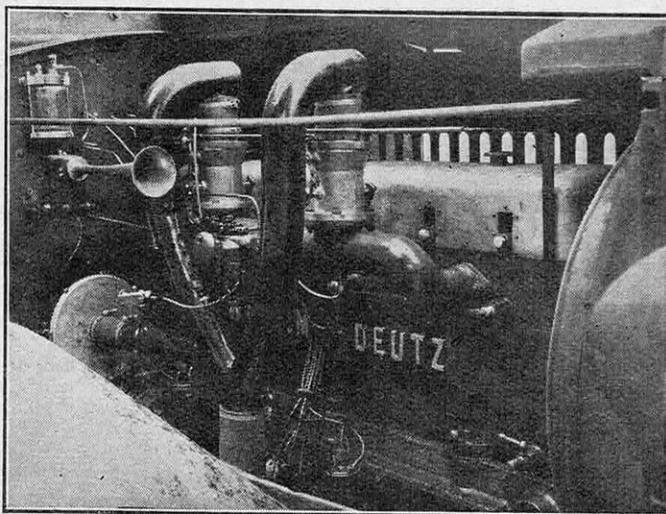


FIG. 9. — MOTEUR DIESEL « DEUTZ » DE 100 CH POUR CAMION DE TRANSPORT ROUTIER, ÉQUIPÉ D'UN GAZOGÈNE « GLON » GROS MODÈLE, A DOUBLE ALIMENTATION

# CENT ANNÉES DE PROGRÈS EN PHOTOGRAPHIE

## DE L'ASPHALTE DE NIEPCE AUX ÉMULSIONS MODERNES ULTRASENSIBLES

Par Pierre KESZLER

*La photographie, dont on vient de célébrer le centenaire, a connu un âge héroïque où l'opérateur devait lui-même fabriquer ses plaques au moment de les utiliser. Depuis, les fabricants de surfaces sensibles à l'action de la lumière ont rivalisé d'ingéniosité pour fournir à l'utilisateur des plaques, puis des pellicules d'un emploi de plus en plus simplifié. Finesse du grain, rapidité de pose, même sensibilité relative que l'œil aux différentes couleurs (orthochromatisme), conservation parfaite et, autant que possible prix minime, telles sont les qualités qu'ils ont parvenues à porter à un très haut point de perfection, grâce à des recettes demeurées souvent secrètes et à un contrôle industriel minutieux. Toutefois, il importe de ne pas oublier que toutes ces qualités s'excluent souvent l'une l'autre et que tout type d'émulsion sensible constitue un compromis où certaines qualités sont nécessairement sacrifiées au bénéfice des autres. Il convient donc de ne pas les employer au hasard et de ne pas rendre responsable le fabricant des déboires que l'on pourrait éprouver en les utilisant sans discernement.*

**L**E fameux slogan lancé au début de ce siècle : *Pressez le bouton, nous ferons le reste*, avait à cette époque une valeur suggestive infiniment plus considérable qu'aujourd'hui. C'est qu'aux environs de l'année 1900, faire de la photographie exigeait de la part de l'amateur un ensemble de connaissances techniques et pratiques assez considérable.

De nos jours, un enfant de dix ans sait charger seul sa « boîte », cadrer, vaille que vaille, son « sujet », puis porter le rouleau impressionné chez l'un des innombrables commerçants se chargeant du développement et du tirage.

### Un peu d'histoire

Il nous a semblé intéressant de retracer comment, de progrès en progrès, la photographie, née pratiquement en 1822 entre les mains de Niepce, en était arrivée au stade actuel. Les Grecs avaient déjà reconnu la propriété du chlorure d'argent natif de noircir à la lumière. En 1727 seulement eurent lieu les premières découvertes se rattachant à l'action de la lumière sur certains corps. C'est le physicien allemand Schultze qui observa le noircissement d'une solution de nitrate de chaux exposée au soleil. Quelques années plus tard, un savant suédois,

Scheele, remarqua que les rayons violets du spectre provoquaient le même effet sur une feuille de papier imprégnée de chlorure d'argent. Les physiciens anglais W. Lewis et Th. Wedgwood répétèrent les expériences de Schultze et de Scheele. Leur compatriote Humphry Davy essaya bien d'obtenir une image en chambre noire, mais sans succès. Les seules « épreuves » que les uns et les autres purent réussir furent des silhouettes, en exposant à la lumière des feuilles de papier imprégnées de chlorure d'argent sur lesquelles ils posaient des cartons découpés. Ces images n'étaient pas stables, d'ailleurs, car on ignorait alors le moyen de les fixer, et la lumière, continuant son action, brunissait toute la feuille. En 1839, J. Herschell et Fox Talbot découvrirent la propriété de l'hyposulfite de soude de dissoudre le chlorure d'argent inaltéré.

### Niepce et Daguerre

Ces diverses recherches, qui, par la suite, devaient permettre l'essor de la photographie, ne présentaient cependant aucune utilité pratique. Par contre, dès 1822, Niepce obtenait de véritables photographies en utilisant la propriété de l'asphalte d'être sensible à la lumière. Niepce, lithographe de son état, avait fait d'une pierre deux coups.

Il avait découvert la photographie pratique, et un procédé d'impression toujours utilisé, mais, évidemment, perfectionné et qui a nom l'« héliogravure ».

Daguerre, qui connut alors Niepce, s'associa à ses recherches et les poursuivit après la mort de celui-ci en 1833. Il remplaça la plaque de verre couverte d'asphalte, qui exigeait un temps de pose énorme, par une plaque d'argent recouverte d'iodure d'argent et développée au mercure. C'est le « daguer-réotype » dont maints exemplaires garnissent encore les demeures françaises. Le daguer-réotype est directement positif. Ayant atteint ce stade, il y resta. Aujourd'hui, il ne présente plus qu'un intérêt documentaire.

Reprenant les connaissances acquises vers 1840, Fox Talbot remarqua les propriétés des réducteurs sur l'iodure d'argent. Découverte très importante, puisqu'il ne s'agit rien moins que du développement. Talbot obtint ainsi, sur une plaque de verre traitée à l'iodure d'argent, une image d'abord invisible, appelée image latente, qu'il fit apparaître par développement, image négative, dont il tira ensuite un positif sur papier. C'était le « Calotype ».

### L'émulsion

Nouvelle étape capitale, Niepce de Saint-Victor (1), en 1847, inventa ce qu'on appela depuis l'*émulsion*. Il coucha sur une plaque de verre de l'amidon contenant, en suspension, de l'iodure d'argent et de l'iodure de potassium. Après séchage, et au moment de l'emploi, ces plaques étaient baignées dans une solution de nitrate d'argent. Employée humide, comme d'ailleurs toutes les plaques connues à cette époque, développée au pyrogallol, cette plaque *émulsionnée* donnait de très beaux négatifs, à grain très fin, dont quelques remarquables exemplaires existent toujours. L'amidon fut remplacé peu après par le collodion, puis par la gélatine. On parvint ensuite à faire des plaques « sèches », qu'on n'était plus obligé de préparer au moment de l'emploi ni de développer immédiatement après l'exposition.

En 1878, Ch. Bennett fit accomplir un nouveau progrès en remplaçant l'iodure d'argent par le bromure d'argent que la gélatine sensibilisait d'une façon très appréciable. Pour la première fois, on fait de la photographie « instantanée ».

Du coup la photographie s'industrialise, et la concurrence entre les firmes se traduit par une course à la rapidité de plus en plus

poussée. Les papiers nécessaires au tirage se perfectionnent parallèlement et on voit apparaître les papiers au chloro-bromure d'argent, au bromure d'argent et au citrate d'argent.

À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle apparut enfin la pellicule sensible ou film. Immédiatement appliquée, cette découverte fut la base du cinéma et le point de départ de la photographie pratique à la portée de tous.

### Les perfectionnements au cours des trente dernières années

Les surfaces sensibles utilisées vers 1900, plaques, films, papiers, ne subirent aucune modification appréciable jusqu'à l'après-guerre. Selon les goûts des professionnels ou des amateurs, on utilisa des plaques plus ou moins rapides ou des films relativement lents.

Toutefois, c'est grâce à la préparation d'émulsions panchromatiques, c'est-à-dire sensibles à toutes les radiations visibles, que les plaques autochromes Lumière permirent, dès les premières années du XX<sup>e</sup> siècle, la photographie des couleurs. Mais, sauf ce cas, les émulsions employées étaient toutes d'un type presque uniforme, sous le rapport de la sensibilité aux couleurs, c'est-à-dire qu'elles ne réagissaient à peu près qu'au violet et au bleu. De recherches datant de 1900 environ naquirent les émulsions dites « orthochromatiques ». Sensibles au violet, au bleu, au jaune et partiellement au vert, ces émulsions gagnèrent progressivement du terrain, la perte de rapidité provoquée par le traitement sensibilisateur étant peu à peu rattrapée. Ce n'est que vers 1927 que la technique de la sensibilisation par les colorants de la série des cyanines autorisa la vulgarisation des émulsions orthochromatiques très rapides et des émulsions panchromatiques. Poursuivant leurs travaux dans cette voie, les laboratoires des grandes firmes photographiques dépassèrent les limites du spectre visible et pénétrèrent dans l'infrarouge (1).

### Qu'est-ce qu'une émulsion ?

Après avoir tracé rapidement les étapes du perfectionnement des couches sensibles, il est intéressant d'examiner de près la constitution des plaques ou films offerts aux amateurs et professionnels de la photographie.

Bien que le terme *émulsion* soit impropre, car les produits déposés sur le support ne sont pas en état d'émulsion, au sens physique du mot, la pratique ayant consacré l'usage de l'expression, nous l'adopterons.

L'émulsion est un mélange de différents

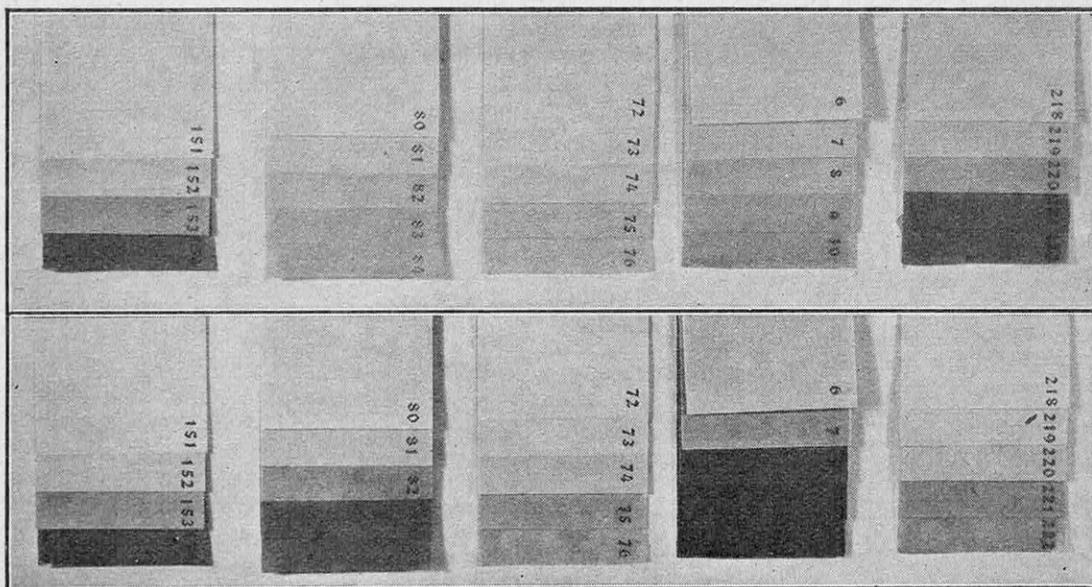
(1) Niepce de Saint-Victor était le cousin de Nicéphore Niepce et son continuateur.

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

constituants dont les principaux sont la gélatine et le bromure d'argent. Les cristaux de bromure d'argent sont de différentes formes ; ils se présentent en triangles, en hexagones ou en bâtonnets. Leur taille maximum est d'environ 1/200 de millimètre de diamètre, les plus petits étant invisibles avec les plus puissants microscopes. Selon la taille moyenne des cristaux, les qualités de l'émulsion varieront dans d'appréciables proportions. La rapidité et le contraste d'une émulsion

qui, d'après les derniers travaux, seraient les points de départ du développement de l'image.

Outre le bromure d'argent et la gélatine, l'émulsion contient encore des colorants destinés à modifier les zones de sensibilité spectrale des cristaux de bromure et un certain nombre de produits, que chaque fabricant tient rigoureusement secrets, destinés à assurer la stabilité de l'émulsion, sa conservation et sa régularité d'emploi.



(Laboratoires Lumière.)

FIG. 1. — LE « RENDU » DE RADIATIONS DIVERSEMENT COLORÉES AVEC UNE ÉMULSION PANCHROMATIQUE (EN HAUT) ET ORTHOCHROMATIQUE (EN BAS)

*On a photographié successivement avec ces deux émulsions cinq petits cahiers de feuillets colorés dégradés (de gauche à droite : cahiers des bleus, des orangés, des jaunes, des rouges, des verts). Les différences de « rendu » sont surtout sensibles dans l'orangé et le rouge, radiations pour lesquelles, seule, l'émulsion panchromatique est sensible. Un seul coup d'œil montre qu'un sujet aux couleurs bigarrées sera rendu avec plus de contraste par une émulsion « ortho ». Par contre, si le sujet est relativement monochromatique, la gamme très progressive des demi-teintes dans l'émulsion « panchro » donnera un modelé que le produit « ortho » ne saurait atteindre que dans le jaune ou le vert.*

sion dépendent de la taille des cristaux et de la proportion de cristaux de chaque taille. En gros, on peut dire que, si les grains sont variés, la rapidité sera plus grande et le contraste moindre. Au contraire, si les grains sont presque tous petits, l'émulsion donnera de meilleurs contrastes, mais perdra de la rapidité. La gélatine, obtenue à partir de rognures de peaux de veau, a une part active dans l'émulsion. A vrai dire, ce n'est pas la gélatine elle-même qui provoque un accroissement de sensibilité de l'émulsion, mais les impuretés qu'elle renferme. Ces impuretés sont des sulfures et on présume qu'ils provoquent sur les cristaux de bromure d'argent des taches de sulfure d'argent et d'argent

### La préparation d'une émulsion

Bien que le plus grand mystère entoure la préparation des émulsions, on en connaît du moins le principe. Dans des pots dont la dimension varie avec les usines (20 à 400 litres), on mélange la solution de bromure d'argent avec les autres constituants de l'émulsion et on lui fait subir un traitement plus ou moins prolongé à température déterminée. C'est l'opération de mûrissement, au cours de laquelle certains cristaux de bromure d'argent, se développant aux dépens de voisins plus petits, augmentent de volume. Selon l'expression d'un de nos plus distingués spécialistes, il ne s'agit pas tant de

chimie que de « cuisine », car un bon nombre de phénomènes, dans cette technique, sont encore si mystérieux que l'empirisme l'emporte sur la méthode purement scientifique.

### L'action de la lumière

Le mécanisme photochimique de l'exposition à la lumière est assez controversé. Plusieurs théories s'affrontent sans qu'aucune d'entre elles puisse s'enorgueillir de preuves expérimentales. Nous allons toutefois exposer les principales. Selon Sheppard, qui travailla particulièrement la question des sensibilisateurs, les taches de sulfure d'argent, provoquées par les impuretés de la gélatine, seraient des lamelles traversant le cristal entre deux couches de cristallisation. Lorsque la lumière frappe la tache, une certaine quantité d'électricité serait libérée qui, se propageant à travers le cristal pour atteindre l'autre extrémité de la lamelle, provoquerait un changement de structure ayant pour résultat une libération d'argent sur la tache elle-même.

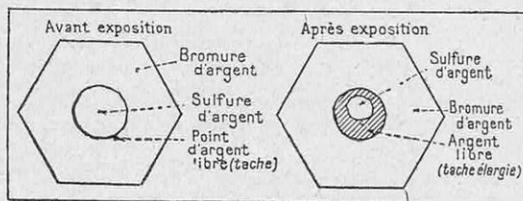
A.-P.-H. Trivelli donne une explication rejoignant assez bien celle de Sheppard, et selon laquelle les taches constitueraient une petite batterie électrique constituée d'une électrode en argent (la tache), d'une électrode en sulfure d'argent et d'un électrolyte qui n'est autre que le bromure d'argent. La lumière, par ionisation, rendrait conducteur l'électrolyte, et la tension existant entre les électrodes entraînerait une électrolyse avec libération d'argent, d'une part, de brome, d'autre part.

### Le développement

Si aucune preuve ne vient confirmer ou infirmer ces théories, ce qui est par contre avéré, c'est que le développement part des taches observées sur les cristaux. Or, ces taches existent aussi bien sur les cristaux exposés à la lumière que sur ceux qui sont restés dans l'obscurité. Il faut donc bien admettre que la lumière provoque une modification de l'état de ces taches, puisque

l'action du révélateur ne sera sensible que sur les cristaux exposés. On a accoutumé de dire que les cristaux sont au-dessus ou au-dessous d'un seuil de « développabilité ». S'ils sont au-dessous, ils ne noirciront pas dans le bain réducteur ; s'ils sont au-dessus, ils noirciront complètement. L'action du révélateur se produit comme un phénomène de réduction. Les cristaux de bromure d'argent sont transformés en composés de brome et en argent pulvérulent, les premiers étant entraînés, le second déposé. Selon la nature des révélateurs, les cristaux sont détruits plus ou moins rapidement et leur

forme primitive est plus ou moins respectée. Bien entendu, on a tout intérêt à utiliser des réducteurs qui respectent à peu près la forme originale des cristaux afin d'éviter l'empâttement de l'image. Bien que, dans l'émulsion, les cristaux de bromure d'argent soient innombrables (ils forment parfois une couche épaisse d'une cinquantaine de grains superposés), il est assez rare que deux cristaux se touchent, car ils sont en suspension dans la gélatine. Si plusieurs cristaux sont jointifs,



(D'après *Photography*, de C.-K. MEES.)

FIG. 2. — EFFET DE LA LUMIÈRE SUR LES « TACHES » DE SULFURE D'ARGENT DES CRISTAUX DE BROMURE D'ARGENT

On voit ici, schématisé, un cristal hexagonal de bromure d'argent portant (considérablement grossi) un noyau de sulfure d'argent et, sur ce noyau, une tache d'argent libre. Avant l'exposition, cette tache est extrêmement petite. Après l'action de la lumière, selon les théories de Sheppard ou de Trivelli, le sulfure d'argent a donné naissance à une tache d'argent infiniment plus importante et qui devient développable. A dire vrai, aucune donnée expérimentale ne permet d'affirmer que cet élargissement de la tache s'est effectué au détriment du sulfure d'argent ou du bromure d'argent.

Par contre, cet élargissement est certain.

la développabilité se transmet par contact, une fois l'action commencée, sur le cristal exposé à la lumière. Un révélateur qui détruit les cristaux en les « écrasant » risque donc de faire entrer en contact des grains voisins qui, même non exposés, seront réduits. Il en résulte une image « empâtée », charbonneuse : la hantise du photographe.

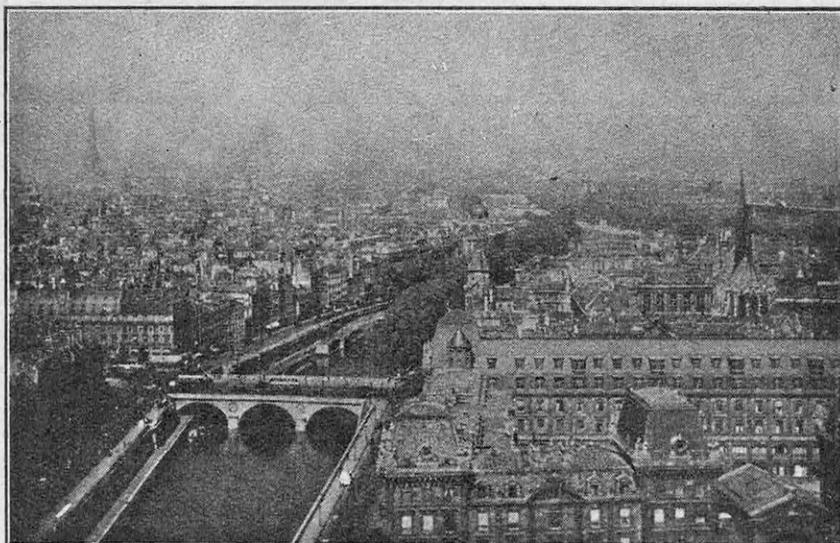
### Les qualités et les défauts des différentes émulsions

L'amateur photographe, lorsqu'il étudie un catalogue de plaques ou de pellicules, est assez généralement tenté de choisir l'émulsion la plus perfectionnée qui est en même temps la plus chère. Il se dit qu'avec l'émulsion la plus onéreuse, donc la meilleure, il obtiendra les résultats les plus satisfaisants. C'est là une erreur que les professionnels ne commettent pas. Chaque type d'émulsion correspond à un emploi déterminé, et si

certaines plaques ou pellicules constituent un compromis offrant une grande latitude d'emploi, aucune d'entre elles ne saurait prétendre résoudre tous les problèmes qui se posent en photographie.

L'art, ou la science, de l'amateur sera précisément de savoir, pour chaque cas, utiliser l'émulsion la mieux appropriée. Les surfaces panchromatiques, sensibles à toutes les radiations visi-

bles, donneront, d'une manière générale, des clichés plus fouillés, mais aussi moins contrastés, et feront apparaître le ciel noir en haute montagne, ce qui est assez paradoxal. Supposons qu'avec une émulsion de ce type, nous photographions un objet vert et rouge. La valeur d'émission de ces deux couleurs se trouvant être sensiblement la même, ce qui arrive fréquemment en pratique, notre cliché ne nous montrera aucune différence entre les surfaces vertes et les surfaces rouges, alors qu'un film orthochromatique nous donnera un dessin très con-



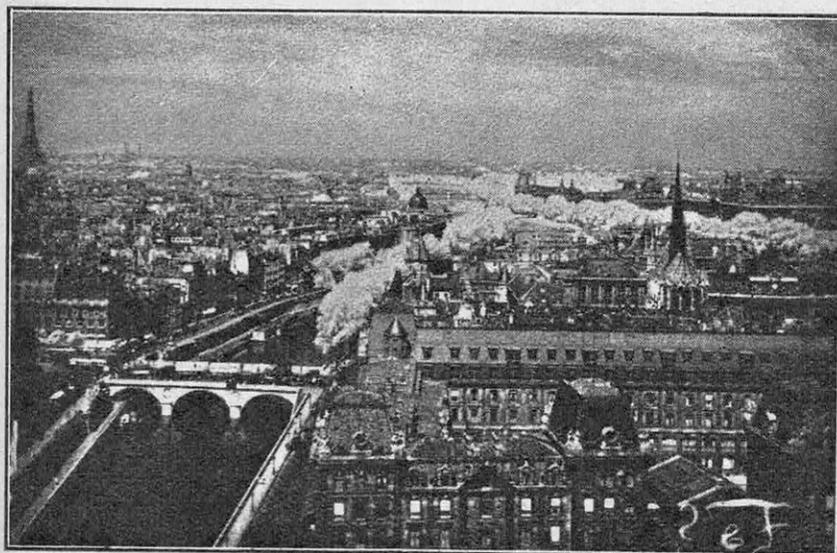
(Cliché Calzavara-As de Trèfle.)

FIG. 3. — VUE DE PARIS PRISE DU HAUT DES TOURS DE NOTRE-DAME AVEC FILM PANCHROMATIQUE ORDINAIRE. LE CONTRASTE EST FAIBLE

trasté. Certes, un amateur averti, ayant ce cas à résoudre et désirant se servir tout de même de film panchromatique, montera un écran sur son objectif et obtiendra le contraste désiré. Mais c'est là de l'amateurisme éclairé extrêmement rare eu égard au nombre des photographes qui se contentent de suivre aveuglément le fameux slogan que nous citons au début de cet article.

### Le tirage du positif

Cette question d'adaptation de la surface sensible au sujet est encore beaucoup plus importante au moment de transformer le négatif en positif. Selon le contraste du cliché, sa transparence, son caractère, il faudra trouver un papier qui utilisera au mieux tout ce qui est inscrit dans le négatif. L'amateur se trouve devant quatre types de papiers : les chlorures ou chloro-bromures, appelés communément papiers *gas-light*; les bromures, quinze à vingt fois plus rapides ; les citrates et les auto-



(Cliché Calzavara-As de Trèfle.)

FIG. 4. — LA MÊME VUE QUE FIG. 3 PRISE SUR PLAQUE INFRAROUGE On remarque le contraste plus violent et la traduction en blanc des frondaisons.



FIG. 5. — HISTORADIOGRAMME D'UNE COUPE DE PEAU, ÉPIDERME ET DERME

*L'ombre portée par le faisceau de rayons X à travers une coupe histologique est photographiée directement en vraie grandeur, ce qui nécessite des plaques de grain négligeable par rapport aux dimensions des cellules. L'épreuve ci-dessus a été obtenue par simple agrandissement (de l'ordre de 300 à 400 fois).*

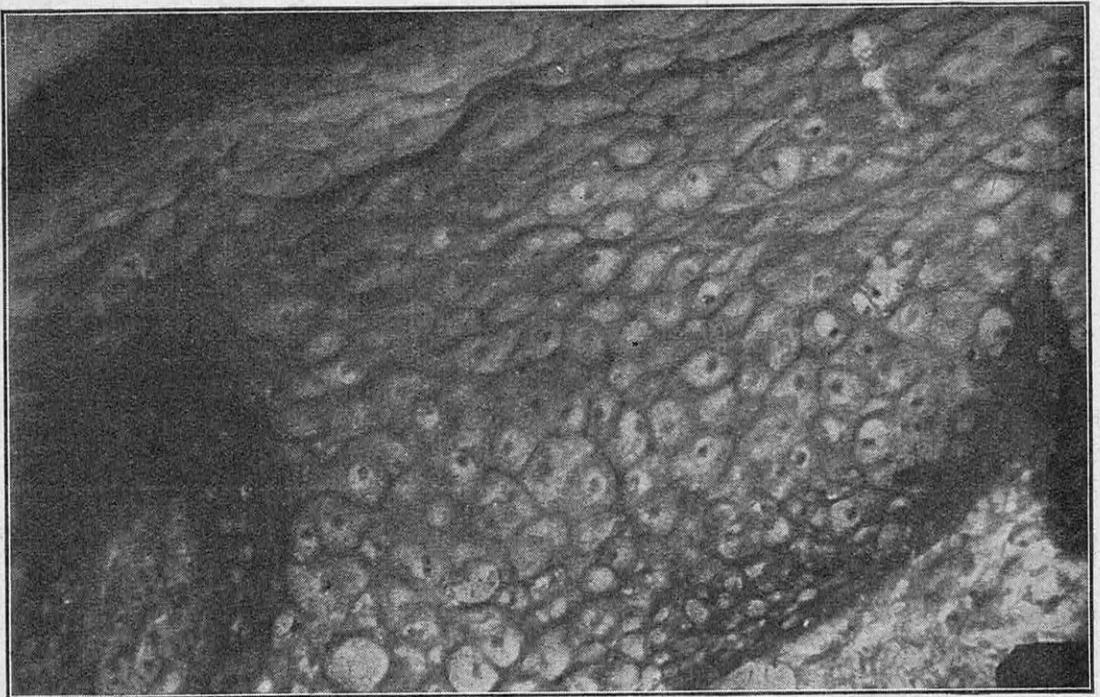


FIG. 6. — HISTORADIOGRAMME D'UNE COUPE D'ÉPIDERME

*On remarque l'opacité de la couche externe (en haut, à gauche) et des cellules germinatives (en bas, à droite). Cette photographie, comme la précédente, a été obtenue par le professeur Lamarque sur plaques spéciales Lippmann-Gevaert. Elle a subi un agrandissement de l'ordre d'un millier de fois.*

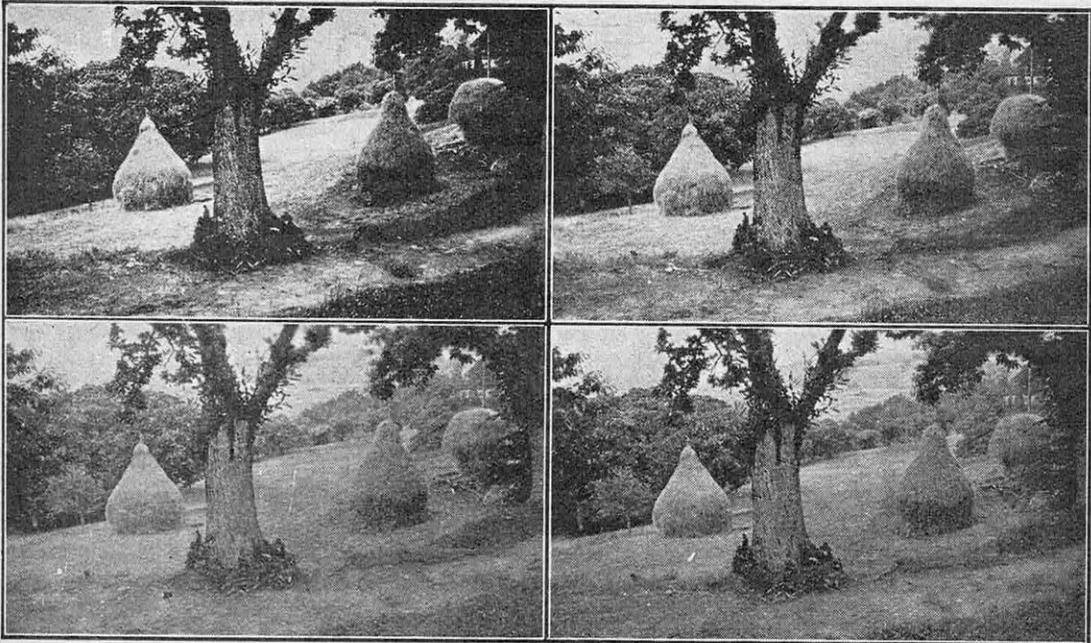
vireurs à la colloïdine, qui ont la propriété de noircir directement à la lumière et de ne pas nécessiter, par conséquent, de développement. Dans chaque genre de papier, nous trouvons cinq ou six surfaces différentes, depuis le surglacé jusqu'au mat, en blanc et en teinté, et de cinq à sept « gradations », c'est-à-dire degrés de contraste.

Devant une telle abondance, l'amateur est un peu égaré. Nous donnons ci-contre

déterminera le choix de la gradation. Faute de savoir bien apprécier le contraste, nombre d'amateurs s'étonnent d'obtenir des épreuves sans détails, ou, au contraire, ternes et sans relief.

### La fabrication des plaques

L'émulsion étant préparée en grand secret, comme nous l'avons dit plus haut, les pots la contenant sont amenés à la partie de l'usine



(Lucda Lumière.)

FIG. 7. — COMMENT CHOISIR LE PAPIER POUR UTILISER AU MIEUX UN CLICHÉ

Voici quatre épreuves d'un même cliché normalement contrasté et transparent, tirées sur quatre gradations d'un même papier (de gauche à droite et de haut en bas : ultra-dur, dur, extra-doux, normal). L'épreuve sur « extra-doux » montre tous les détails, mais elle est plate, toutes les tonalités se serrant autour d'un gris moyen. L'épreuve sur « ultra-dur » élimine tous les fonds et détails, et traite le sujet par tout blanc et tout noir. Seule, l'épreuve sur « normal » respecte les détails et offre une gamme de gris donnant à l'image un relief convenable. Bien entendu, avec un négatif non « normal », les épreuves se décaleraient dans un sens ou dans l'autre selon que le cliché serait trop dur ou trop doux. Les gradations de papiers servent précisément à corriger les erreurs du négatif. A négatif dur, papier doux, et réciproquement.

quelques illustrations qui montrent combien les résultats obtenus varient, pour une même marque de papier, d'une gradation à l'autre. D'une manière générale, les papiers doux donnent des épreuves reproduisant tous les détails figurant sur le cliché, mais sont d'un maniement plus délicat avec des clichés trop peu contrastés, tandis que les papiers durs, éliminant en quelque sorte les demi-teintes, tirent parti d'un cliché complètement gris. Une erreur commune, causant un gâchage important de papier, est de confondre le contraste avec la transparence. La transparence influencera le temps de pose, tandis que le degré de contraste

où s'effectue le couchage de l'émulsion sur son support. S'il s'agit de plaques, ces dernières, constituées par du verre d'au moins 18 cm sur 24, sont préalablement vérifiées, une par une, pour éliminer toutes celles qui présentent des bulles, défauts ou irisations. Puis elles sont posées sur un transporteur souple qui les emmène sous un dispositif de nettoyage acide à chaud, de lavage et de séchage. L'ensemble de ces opérations s'effectue sur moins de 2 m de parcours du transporteur. Ensuite, une couche est appliquée sur le verre en vue de permettre l'adhérence de l'émulsion. Des ouvriers, les yeux rivés sur les plaques qui passent

devant eux, s'assurent que cette couche adhésive couvre exactement toute la plaque. Continuant son chemin, la plaque passe sous un distributeur qui étend l'émulsion, maintenue à l'état liquide depuis sa préparation.

Aussitôt le couchage effectué, le transporteur entraîne la plaque dans un couloir réfrigéré dans lequel l'émulsion se fige. Le séchage commence alors, entrepris, selon les usines, de façons différentes, soit sur des claies ventilées d'air sec et tiède, soit sur un transporteur parcourant un long chemin dans des armoires de séchage. Une fois sèches, les plaques sont découpées mécaniquement, puis empaquetées. Bien entendu, à partir de l'application de la couche adhésive, les ateliers sont éclairés en rouge inactinique si l'émulsion est du type orthochromatique, ou en vert foncé s'il s'agit d'émulsion panchromatique.

### La fabrication des papiers

Le premier stade de la fabrication du papier est le « barytage ». Les rouleaux, analogues à ceux qui alimentent les rotatives d'imprimerie, mais de qualité différente, reçoivent une couche de sulfate de baryum d'une ou plusieurs épaisseurs, ayant pour but d'empêcher l'émulsion de pénétrer plus tard dans l'épaisseur du papier. Selon les surfaces à obtenir, mates ou brillantes, on ajoute de l'amidon, on couche plus ou moins de baryte, on traite le papier par cylindrage à chaud, etc.

La machine à couler l'émulsion s'apparente aux rotatives, en ce sens qu'ici comme là on traite d'un seul coup, d'épaisses bobines. Le papier déroulé à vitesse constante est amené en contact superficiel avec un bain d'émulsion dont le niveau est maintenu constant. Aussitôt après, le papier passe, soit sur un cylindre froid qui fige l'émulsion, soit dans une cheminée parcourue d'air froid et ayant le même objet. Le papier, maintenu par des rouleaux circulant sur des rails au plafond, forme alors une série de boucles, hautes de 2 ou 3 m, se déplaçant lentement dans un couloir où l'air est scrupuleusement conditionné. D'abord sec et froid, il devient peu à peu plus chaud et légèrement humidifié. Après un assez long parcours dans ce couloir, dont le sol et les parois sont lisses et glycérinées pour retenir les poussières qui auraient pu franchir les filtres des appareils de conditionnement, le papier sec est enroulé à nouveau. Ensuite, il est découpé, vérifié feuille par feuille, avant d'être empaqueté.

La fabrication des films est en tout point

rigoureusement semblable à celle des papiers, sauf en ce que les rouleaux portent alors de la nitrocellulose (film ordinaire) ou de l'acétate de cellulose (film ininflammable).

### L'antihalo

On connaît l'inconvénient du halo en photographie : une zone très lumineuse provoque autour d'elle, sur le cliché, un cerne débordant le contour défini par l'objectif. Pour obvier à cet inconvénient, on place derrière l'émulsion une couche supplémentaire rouge ou noire, selon les cas, dont l'action est très sensible. Cette couche doit être soluble dans les révélateurs ordinaires et ne pas les altérer. D'une manière générale, elle est appliquée sur l'autre face de la plaque ou du film.

### Le contrôle des émulsions

Nous disions, à propos de la préparation des émulsions, qu'il s'agissait plus d'une « cuisine » que d'une technique scientifique. Si cela est vrai, il n'empêche que le contrôle le plus sévère est effectué par les fabricants de surfaces sensibles non seulement au cours de la préparation, mais pendant toute la durée de la vie d'une potée d'émulsion.

Ce contrôle est multiple. Tout d'abord, avant couchage, l'émulsion est essayée afin de constater qu'elle présente bien toutes les propriétés que l'on attend d'elle, tant du point de vue de la rapidité que de celui de la sensibilité chromatique. Puis, avant de livrer les produits à la consommation, on fait subir à des prélèvements un vieillissement artificiel intensif afin d'éprouver la stabilité et la faculté de conservation de l'émulsion considérée. Périodiquement, et aussi longtemps que l'émulsion reste dans le commerce, soit environ deux ans, des essais de contrôle sont effectués sur les témoins conservés à l'usine, soit à l'état normal, soit dans des conditions de vieillissement rapide. Si, au cours de cette période, un défaut imprévu se manifestait, immédiatement tous les produits demeurant en vente seraient échangés.

On conçoit que la technique complexe de la fabrication et du contrôle des émulsions photographiques ne va pas sans l'adjonction, auprès de chaque usine, d'un laboratoire fort important et confié à des chimistes-physiciens de tout premier plan. C'est à ces chercheurs, dispersés dans le vaste monde, que l'amateur photographe doit d'utiliser couramment des produits dont on peut dire qu'ils constituent de véritables tours de force techniques.

PIERRE KESZLER.

# VERS LA GUÉRISON CHIMIQUE DES MALADIES INFECTIEUSES

Par Jean LABADIÉ

*Certains composés chimiques ont une action différente suivant la nature des microorganismes qui viennent à leur contact : poisons pour les uns, ils peuvent être inoffensifs pour les autres. Cette propriété a reçu en thérapeutique de très importantes applications : en introduisant, par exemple, dans un organisme envahi par un parasite, un produit antiseptique dont l'action est plus violente sur le microorganisme pathogène que sur les cellules vivantes, on peut, dans certains cas, parvenir à exterminer les parasites indésirables sans trop léser l'organisme contaminé. Mais les plus récents progrès de la chimie biologique ont permis de faire beaucoup mieux en créant des produits complexes dont les propriétés thérapeutiques diffèrent totalement de celles des vulgaires antiseptiques. C'est ainsi que l'Institut Pasteur de Paris a réalisé des médicaments de synthèse strictement chimique, constituant de véritables anticorps, aussi spécialisés dans leur action antimicrobienne que ceux élaborés par les organismes vivants réagissant de par les lois biologiques de l'immunité découvertes par Pasteur. La « chimiothérapie », science qui recherche de tels produits, s'est engagée ainsi dans une voie féconde qui doit conduire à déterminer, dans l'arsenal de la chimie organique, des produits complexes équivalant à de véritables vaccins.*

LA médecine et la chimie ont, de tout temps, voisiné chez l'apothicaire. L'un des médicaments que celui-ci boniment le plus volontiers n'est autre que l'émetique. Le docteur Purgon en a usé et abusé.

Pourtant, lorsqu'il s'est agi de combattre le *Kala-Azar*, dont l'agent pathogène est un « protozoaire » microscopique (une « leishmanie », du nom de Leishman, le premier micrographe de cette espèce de germes), il s'est trouvé que, vis-à-vis de cette maladie contagieuse, mais parasitaire et non « microbienne » au sens de Pasteur, l'émetique de nos grands-pères a joué le rôle d'un véritable vaccin.

Voilà qui mérite considération non seulement philosophique, mais scientifique. Il semble que la boutique de l'apothicaire soit pourvue, grâce à un empirisme séculaire, de drogues ou, comme il vaut mieux dire aujourd'hui, de produits « chimiothérapeutiques » que la très scientifique médecine moderne ne saurait négliger.

Prenons, en second exemple, la poudre de quinquina. De temps immémorial, les Indiens d'Amérique l'utilisaient contre la fièvre. Pelletier et Caventou, célèbres pharmaciens de l'autre siècle, en ont extrait un « alcaloïde » fameux : la quinine. Mais, en partant de la formule de la quinine partiellement retouchée, les « chimiothérapeutes » ont fait à leur tour la *plasmaquine*, lancée par les Allemands il y a quelque vingt ans.

Et la poursuite de l'analyse de la quinine a mis au jour toute une « série » de corps purs « enchaînés par une suite de formules quasi géométriques qui semblent se partager la tâche antifebrile » en se spécialisant, l'un dans la stérilisation des « gamètes », l'autre dans celle des « schizontes » du protozoaire responsable de la malaria. Et comme ces corps se fabriquent également par *synthèse*, nous pouvons maintenant faire fi du quinquina des Indiens. Mais non, certes, de l'admirable intuition thérapeutique de ces « sauvages ».

La tâche de nos chimiothérapeutes consiste précisément à retrouver par *intelligence* et à écrire en termes scientifiques la loi de causalité qu'exploiterent d'instinct, et par empirisme pur, les premiers inventeurs (sorciers sans doute) de la thérapeutique au quinquina.

Le même problème se pose, *mutatis mutandis*, pour un nombre grandissant chaque jour de maladies infectieuses « à protozoaires », qui ont trouvé des médicaments chimiques aussi *spécifiques* que peuvent l'être un vaccin ou un sérum. Alors que, précisément, la technique de préparation des médicaments pastoriens échouait dans ce genre d'infections — comme elle échoue, du reste, dans nombre d'infections cependant « microbiennes ».

Or, la causalité « thérapeutique » reliant un remède chimique déterminé au microorganisme *pathogène* non moins spécifié qu'il tient en échec, cette causalité apparaît main-

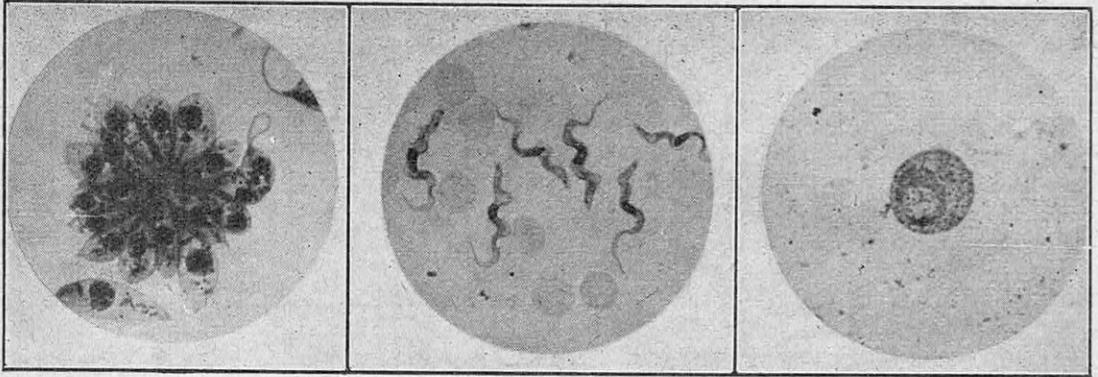


FIG. 1. — QUELQUES MICROORGANISMES DU TYPE « PROTOZAIRE »

*A gauche* : leishmanies qui vivent groupées en amas, responsables du kala-azar. — *Au centre* : trypanosoma gambiense, agent de la maladie du sommeil. — *A droite* : hématozoaire du paludisme, des globules sanguins, qui émigre ensuite dans le sang et recommence le cycle dans le globule.

tenant sous un aspect invraisemblablement rationnel. Le « chimiothérapeute » explique désormais pourquoi, à tel agent infectieux, s'oppose une « molécule » chimique de formule tellement spécifique qu'il suffit non pas de supprimer, mais simplement de déplacer un « radical » à l'intérieur de cette formule pour lui ôter ses propriétés.

C'est le triomphe de la morphologie la plus

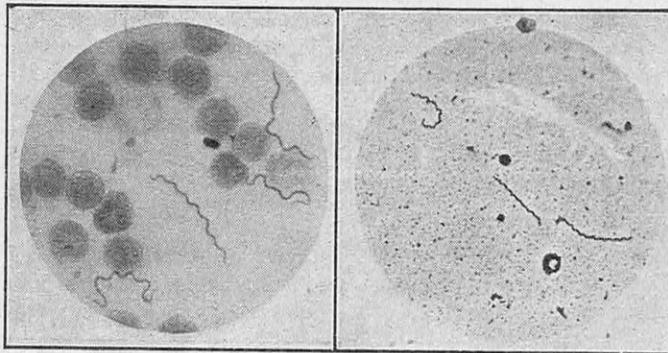


FIG. 2. — MICROORGANISME PATHOGÈNE DE TYPE TRANSITOIRE ENTRE LES PROTOZAIRES ET LES MICROBES

*A gauche* : le spirille de la fièvre récurrente, protozoaire. — *A droite* : le tréponème de la syphilis est justifiable du traitement chimiothérapique comme les protozoaires, bien que, par sa taille et ses effets pathogènes, il s'apparente aux microbes.

Bientôt — il n'est pas interdit de l'espérer — le chimiste saura peut-être concurrencer le microbe-vaccin, de même qu'avec

aristotélicienne en chimie et, simultanément, en microbiologie.

Quoi qu'il en soit, le chimiothérapeute crée, par ses méthodes *in vitro*, des « anticorps » aussi spécifiques que ceux préparés *in vivo* par l'organisme réagissant de son propre mouvement contre le microbe.

Bientôt — il n'est pas interdit de l'espérer — le chimiste saura peut-être concurrencer le microbe-vaccin, de même qu'avec

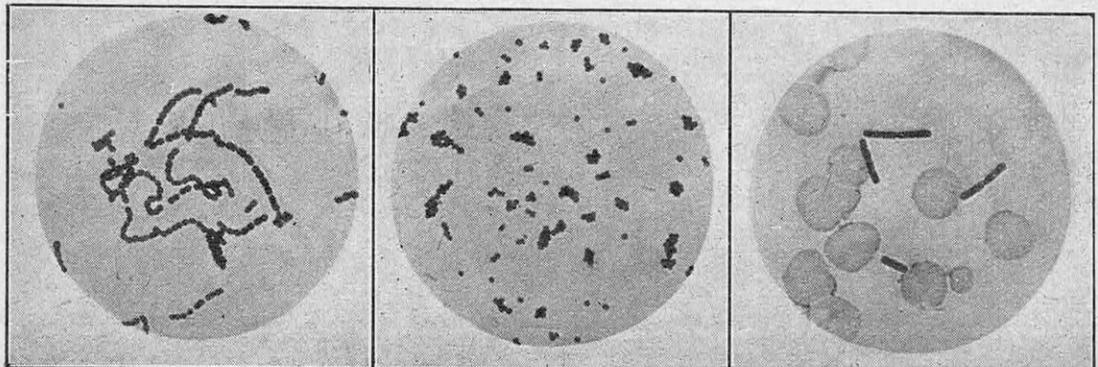


FIG. 3. — QUELQUES TYPES FRANCS DE « MICROBES »

*A gauche* : streptocoques organisés en chapelets. — *Au centre* : staphylocoques groupés en amas. — *A droite* : bactérie du charbon, l'un des premiers microbes observés et combattus par Pasteur.

ses cornues il sait imiter déjà et même perfectionner la quinine du quinquina.

### Du « 606 » d'Ehrlich au « 1 162 F »

Cet envahissement du domaine thérapeutique « microbien » par le chimiste vient justement d'être réalisé en France par des élèves du professeur Fourneau, à l'Institut Pasteur de Paris : M. et M<sup>me</sup> Trefouel, avec MM. Nitti et Bovet.

On peut dire, en effet, que la préparation « 1 162 F » — de son nom chimique exact : *p*-amino-phénylsulfamide — représente bien un produit chimique synthétique que l'on sache opposer à de véritables microbes : aux *streptocoques* hémolytants, les agents responsables de l'érysipèle. Ce produit chimique vaut en outre contre les *méningocoques*, les *gonocoques*, les *staphylocoques* et même, quoique dans une moindre mesure, contre les *pneumocoques*. Autrement dit, il est très largement « polyvalent ».

Ce résultat est d'autant plus remarquable que l'on ne possède pas de vaccin vraiment actif contre le streptocoque et que, répétons-

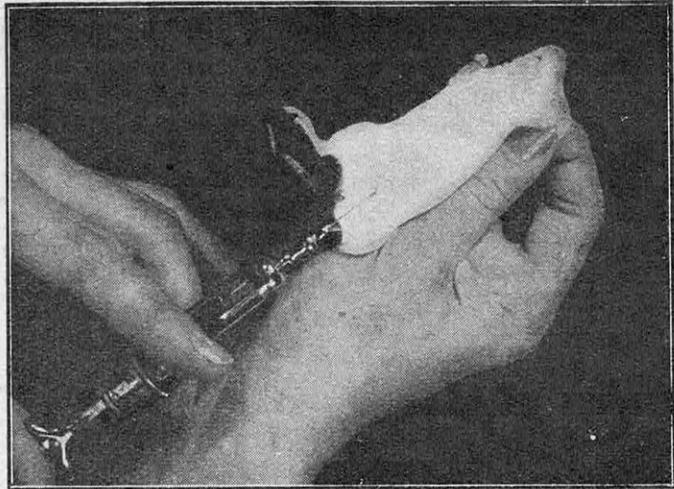


FIG. 5. — LES COBAYES SONT INOCULÉS PAR L'INJECTION « INTRA-PÉRITONÉALE » D'UN BOUILLON DE CULTURE MICROBIEN (STREPTOCOQUE, STAPHYLOCOQUE, ETC.)

le, la chimiothérapie n'avait pas encore connu de succès indiscutable, hors du domaine des maladies à protozoaires : « trypanosomiasis », « spirochetoses », « leishmanioses », « amibiases », etc.

Un précédent sensationnel existait cependant : la fameuse préparation antisiphilitique « 606 » d'Ehrlich — ou arsénobenzol — dite encore « Salvarsan ».

Par ses travaux méthodiques, Ehrlich a le droit d'être considéré comme le fondateur de la chimiothérapie.

Le « tréponème » de la syphilis est-il un microbe ou un « protozoaire flagellé », comme les spirochètes auxquels il s'apparente ? L'indécision de la réponse montre précisément que le succès obtenu à l'Institut Pasteur contre des « microbes » indiscutables conserve toute son originalité. Cette fois, aucune discussion n'est possible : ce sont bien des « bactéries » infectieuses et non plus des « protozoaires » qui se trouvent amenées à résipiscence par la chimiothérapie. Ceci ne diminue pas le mérite d'Ehrlich, ni d'aucun de ses continuateurs, dont les travaux ont justement préparé la récente découverte.

Reprenant, en 1904, l'idée de Pasteur et de Chamberland, Ehrlich pensa que certaines matières colorantes pouvaient être douées



FIG. 4. — CANARI DES RIZIÈRES JAPONAISES INOCULÉ POUR L'ÉTUDE DU PALUDISME, A L'INSTITUT PASTEUR C'est leur « crête dorsale » épidermique facilitant la piqûre qui permet de traiter ces oiseaux comme de vulgaires cobayes. Ici, l'oiseau se venge, comme on voit, en pinçant cruellement le doigt de l'opérateur.

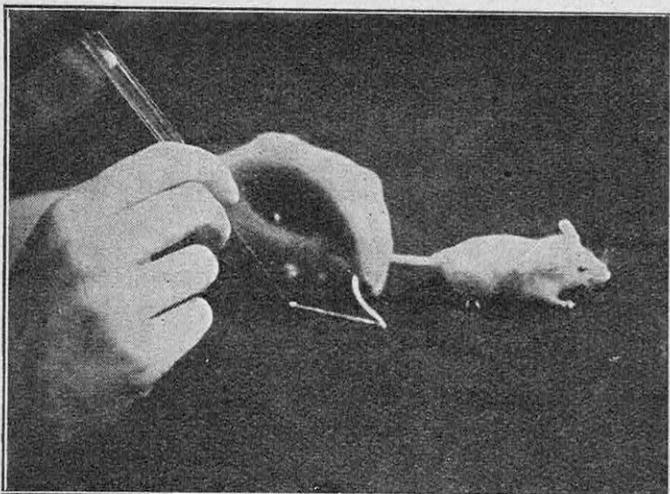


FIG. 6. — LES SOURIS BLANCHES OFFRENT, DANS LEUR APPENDICE CAUDAL, UN EXCELLENT MOYEN DE PRÉ-LEVER (A LA PIPETTE) UN ÉCHANTILLON DE SANG SUR L'ANIMAL EN EXPÉRIENCE

*On tranche, à chaque prélèvement de l'échantillon de sang, quelques millimètres supplémentaires de la queue de la souris.*

d'activité spécifique antimicrobienne. Travaillant sur les trypanosomiasés, il démontra que, *sur des centaines de colorants* seulement différenciés par quelque « infime détail de structure moléculaire », un seul, le « trypanorouge », était capable de tuer les parasites dans le corps de l'animal sans tuer du même coup ce dernier. Ces mots que nous empruntons à M. Trefouel définissent à la perfection, le caractère « chimiothérapique » d'un produit, sans confusion possible avec les caractères « antiseptiques ».

La différence est essentielle, on n'y saurait trop insister. Un antiseptique (sublimé corrosif, par exemple) tue évidemment le microorganisme infectieux, sans regarder à l'espèce — mais il tue également les cellules de l'organisme qui héberge le parasite.

Sans doute, en choisissant convenablement l'antiseptique, on peut arriver à tuer tellement plus de parasites que de cellules saines qu'il devient statistiquement acceptable de sacrifier un contingent limité de celles-ci comme rançon de l'extinction de ceux-là (1). Au contraire, le pro-

(1) Dans un précédent article, nous montrions par quels procédés de calcul et d'observation M. Holweck détermine précisément l'efficacité relative d'un antiseptique, dans le sens que nous donnons ici.

duit « chimiothérapique » est celui qui, nettement « spécifique », tue *seulement* le microorganisme indésirable, sans toucher aux cellules saines.

Mieux. Le « 1 162 F » semble agir à la manière d'une antitoxine organique « immunisante ». La *p-aminophénylsulfamide* fait alliance avec le sérum sanguin, afin d'aider celui-ci à stabiliser le microbe, puis à l'éliminer dans le processus ordinaire de la phagocytose. Son activité ressemble donc, beaucoup plus que nous ne pouvions l'espérer, à l'activité d'un vaccin plutôt qu'à celle d'un antiseptique, — celui-ci fût-il doté, par je ne sais quel miracle, d'un pouvoir sélectif infailible touchant ses victimes.

### La « forme » moléculaire, facteur souverain de l'activité chimiothérapique

Si nous voulons comprendre, sinon le mécanisme biochimique (il n'est pas encore élucidé) de l'activité chimiothérapique, du moins les causes profondes de cette activité, il nous faut rappeler en quoi consiste la structure d'une molécule chimique. L'énigme passionnante de la chimiothérapie réside en effet tout entière dans cette constatation : les propriétés thérapeutiques (antiparasitaires ou anti-infectieuses) d'un produit sont solidaires de la structure moléculaire.

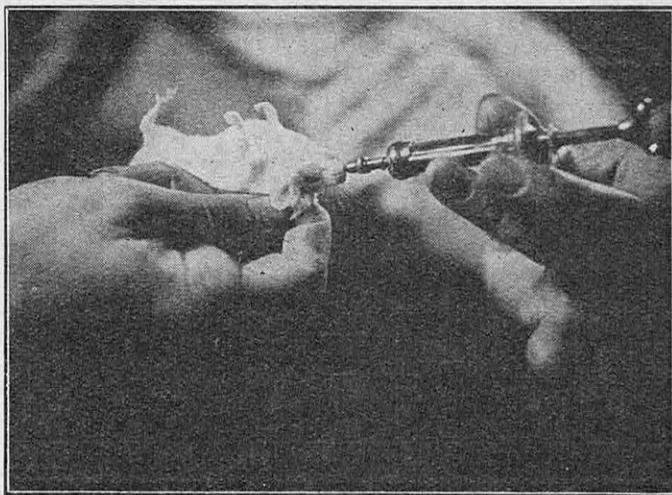


FIG. 7. — LA MÊME SERINGUE QUI OPÈRE PAR PIQUES PEUT DEVENIR UN BIBERON

*On voit ici l'opération par laquelle on impose à une souris l'absorption d'une dose de « 1 162 F » soigneusement mesurée.*

Les corps dont nous nous occuperons sont figurés chimiquement par des formules « développées » dont le caractère est de posséder un ou plusieurs noyaux « benzéniques ». Ces noyaux se retrouvent du reste couramment dans les formules des vitamines, des hormones et même, hélas ! dans celles des hydrocarbures « cancérogènes » (1).

Il est donc nécessaire de faire — ou de refaire — leur connaissance, ce qui n'a rien de transcendant.

On sait que l'atome de carbone  $C$  comporte quatre « valences », ce qui signifie qu'il peut se combiner avec quatre atomes  $H$  d'hydrogène.

Les figures moléculaires que l'on peut établir avec  $C$  comme chaînon sont d'une variété indéfinie. Agencées avec l'oxygène  $O$  (qui comporte, de son côté, deux valences) et l'azote  $N$  (à trois ou cinq valences suivant le cas) et avec quelques autres éléments dont la présence est moins fréquente (soufre, phosphore, etc.), les quatre valences du car-

bone engendrent toute la chimie organique.

La formule de la benzine ( $C_6H_6$ ) « développée » révèle une chaîne fermée en hexagone. Pour montrer à quel point c'est bien la configuration, et non la composition pondérale, qui donne ses propriétés à la molécule, considérons comment on peut transformer, par exemple, trois molécules d'acétylène ( $C_2H_2$ ) en une molécule de benzine ( $C_6H_6$ ), bien que l'un et l'autre corps soient composés d'une même quantité relative de  $C$  et de  $H$  (fig. 9).

Les trois molécules d'acétylène étant disposées schématiquement dans le plan, comme on les représente, il suffit de décrocher « une valence » de  $C$  dans chaque molécule  $C_2H_2$  et de la raccrocher à la molécule voisine pour constituer une molécule de benzine formée par six atomes de  $C$  enchaînés l'un

à l'autre en hexagone, tandis que chacun d'eux accroche un atome  $H$  par sa quatrième valence restée libre.

Chacun des atomes  $H$  (occupant une valence de  $C$  aux six sommets de l'hexagone) peut être remplacé par un « groupement atomique » quelconque, pourvu que ce groupement présente la valence « libre » indispensable pour réaliser cet accrochage de remplacement. Les « groupements atomiques » en question se caractérisent des « fonctions » chimiques.

Nous allons maintenant montrer comment les propriétés thérapeutiques d'un composé

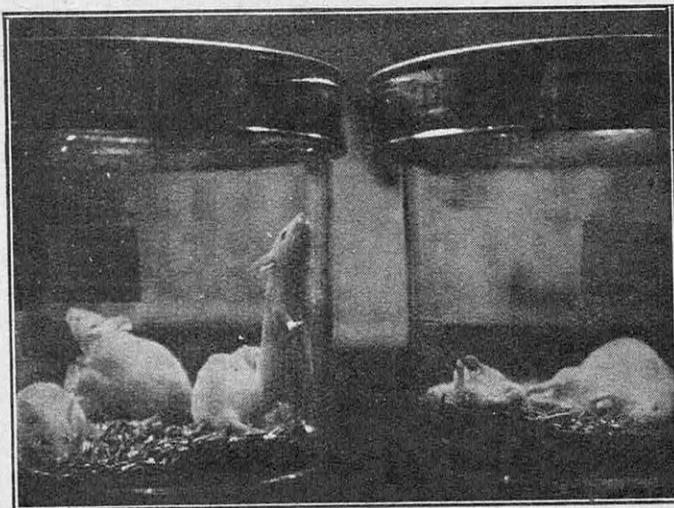


FIG. 8. — COMMENT SE PRÉSENTE L'UNE DES EXPÉRIENCES DE VÉRIFICATION DONT NOUS PUBLIONS, CI-APRÈS, LES « TABLEAUX-PROTOCOLES »

A gauche : les souris traitées vivent et prospèrent. — A droite : les souris témoins sont mortes.

benzénique dépendent non seulement de sa composition, mais encore de la position respective des différentes « fonctions chimiques » par rapport au noyau benzénique. Par exemple, dans le cas où deux fonctions sont fixées au noyau, elles peuvent occuper sur l'hexagone des sommets séparés par un, deux ou trois côtés, qui correspondent respectivement

aux isomères « ortho », « méta » et « para », qui se notent  $o$ ,  $m$ ,  $p$  ; elles précèdent le nom, parfois très complexe, du corps étudié. Ces isomères ont des propriétés chimiques souvent différentes ; il est donc concevable que leurs propriétés thérapeutiques soient également différentes.

### La fonction « amine » : sa puissance en biologie

Munis des connaissances indispensables précédentes, il nous suffit maintenant de jeter un regard sur les formules moléculaires de quelques produits pour comprendre la précision de leur caractère « chimiothérapeutique » — et, soit dit en passant, la prudence qu'il faut observer lorsqu'on tente de les modifier.

Voici donc la plus récente de ces formules magiques, celle du « 1 162 F ».

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 256, page 303.

	Dilution	Nombre de germes ensemencés	1 j.	2 j.	3 j.	4 j.	5 j.	6 j.	7 j.
Témoins	1/10 000	400 000	+						
	1/100 000	40 000	+						
	1/1 000 000	4 000	+						
	1/10 000 000	400	+						
1 162 F 100 mg pour 100 cm <sup>3</sup>	1/10 000	400 000	—	+					
	1/100 000	40 000	—	—					
	1/1 000 000	4 000	—	—					
	1/10 000 000	400	—	—					
1 162 F 10 mg pour 100 cm <sup>3</sup>	1/10 000	400 000	—	+					
	1/100 000	40 000	—	—					+
	1/1 000 000	4 000	—	—				+	
	1/10 000 000	400	—	—				—	
1 173 F 100 mg pour 100 cm <sup>3</sup>	1/10 000	400 000	+						
	1/100 000	40 000	+						
	1/1 000 000	4 000	+						
	1/10 000 000	400	+						
1 173 F 10 mg pour 100 cm <sup>3</sup>	1/10 000	400 000	+						
	1/100 000	40 000	+						
	1/1 000 000	4 000	+						
	1/10 000 000	400	+						

TABLEAU I. — PROTOCOLE D'EXPÉRIENCE MONTRANT L'ACTIVITÉ « IN VITRO » DU « P-AMINOSULFAMIDE » (1 162 F) SUR LE STREPTOCOQUE ET, COMPARATIVEMENT, L'ACTIVITÉ D'UN PRODUIT « ISOMÈRE » DU PRÉCÉDENT : LE « 1 173 F »

Les croix indiquent les morts survenues sur des souris après injection de bouillons de streptocoques traités à des doses diverses par le « 1 162 F » et par le « 1 173 F ». On constate la survivance quasi totale des sujets inoculés au bouillon traité par le « 1 162 F » et l'échec absolu des autres préparations.

Représentons-nous l'hexagone benzénique schématiquement, c'est-à-dire sans reporter le radical  $CH$  à chaque sommet *demeuré libre* — où il est, par conséquent, *sous-entendu*. Dans la « p-aminophénylsulfamide » le noyau benzénique porte, accrochée à sa base, la fonction « aminée » qui se note :  $NH_2$ , tandis que le sommet du noyau est chargé d'une fonction plus complexe (dans laquelle intervient un atome  $S$  de soufre) : la fonction « sulfamide », qui s'écrit :  $SO_2NH_2$  (fig. 9).

Ainsi construite, la molécule du « 1 162 F » a été comparée à une « torpille » dont  $SO_2NH_2$  serait l'explosif et  $NH_2$  le gouvernail. L'image est excellente en ce sens qu'elle sépare nettement le rôle des deux fonctions caractérisant le corps : il semble bien que la fonction aminée,  $NH_2$ , assume un rôle biochimique très général.

Il suffit, pour s'en rendre compte, de considérer deux autres formules moléculaires : celle de l'*atoxyl* (efficace contre les trypano-

nosomes) et celle de la *stibamine* (dérivé de l'émétique dont nous avons signalé l'efficacité contre les leishmanies, efficacité qui se prolonge contre les schistosomes, les spirochètes, les trypanosomes et le virus de la lymphogranulomatose). Les deux molécules d'*atoxyl* et de *stibamine* possèdent le même « gouvernail » biochimique que le « 1 162 F ». L'« explosif » meurtrier, seul, diffère : le soufre  $S$  du « 1 162 F » a cédé la place à l'arsenic  $As$  de l'*atoxyl* et à l'antimoine  $Sb$  (*stibium*, en latin) de la *stibamine*.

### La dissymétrie moléculaire commande les propriétés biologiques des corps

La figure littéraire étant épuisée, notons qu'elle doit être

largement interprétée, si l'on se souvient du caractère que nous avons souligné : le produit « chimiothérapique » fait alliance avec le sérum sanguin naturel dans son action contre le microbe — qu'il met seulement en état de moindre défense devant son ennemi naturel : les globules blancs sanguins.

Si nous pouvions tenter ici d'aller au fond des choses, nous rappellerions les travaux de Landsteiner (1) sur les sérums sanguins. Ce biochimiste a montré (je cite Trefouel) que « la simple rotation d'une seule des fonctions du sucre liées aux innombrables *acides aminés* d'une molécule d'albumine bouleverse les propriétés *immunisantes* d'un sérum ». De cette phrase complexe, retenons seulement que la position des fonctions joue également un rôle prépondérant dans la forme moléculaire de l'albumine, et que cette forme commande à son tour les propriétés « immunisantes » — donc thérapeutiques — de tout sérum.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 118.

D'autre part, dans certains produits chimiothérapeutiques (par exemple : « 205 Bayer — 309 Fourneau) l'inversion de noyaux benzéniques déterminés modifie du tout au tout, sans transition, l'activité du produit. L'activité incroyable du « 205-309 » (utilisé dans la lutte contre la maladie du sommeil) apparaît presque sans aucune gradation.

Nous pensons que le lecteur a maintenant parfaitement pris conscience de cette relation *essentielle* entre la « forme » d'une molécule chimique et ses propriétés biologiques. Ce n'est pas là une propriété accidentelle ; c'est une loi fondamentale de la vie, puisqu'on la retrouve au cœur même des sérums naturels.

Si nous nous souvenons de ce que Louis Pasteur a commencé son œuvre par une différenciation (du point de vue « biologique » des fermentations) entre les acides tartriques « droits » et « gauches », entre les sucres « droit » et « gauche », etc., nous devons reconnaître que le génie de Pasteur a dépassé, en justesse de prévision, tout ce que l'on pensait à son époque.

### L'indice chimiothérapeutique

La « toxicité », avons-nous dit, est la rançon d'un antiseptique, tandis qu'elle n'est pas fatalement liée aux vertus du produit chimiothérapeutique. Toutefois, celui-ci peut n'en être pas dépourvu.

C'est le lot de tout produit chimique issu du laboratoire scientifique de *risquer un désaccord* avec certaines fonctions biochimiques, — même quand le produit se montre efficace pour redresser d'autres fonctions déficientes, — ou pour aider l'organisme à s'immuniser contre une infection, ce qui est le propre des corps chimiothérapeutiques. En biologie, comme en physique, le critère suprême demeure l'expérience. C'est donc par l'expérimentation (sur les animaux) que l'on déterminera la toxicité d'un produit chimiothérapeutique.

Le rapport entre la *toxicité* (mesurée par réaction de l'organisme normal) et l'*activité*

(mesurée par l'effet thérapeutique sur l'animal infecté) prend une valeur numérique entre les mains des chimiothérapeutes. Ils le nomment : « indice chimiothérapeutique ».

Malheureusement, il reste à définir la *dose toxique* : elle n'est certaine que si elle cause 100 % de mortalité. Cependant, elle doit être recherchée à son « seuil » inférieur, marqué par l'apparition des premiers troubles. Il est très difficile de découvrir ce seuil.

De même, la *dose active* peut être considérée soit à partir du moment où elle guérit, soit à partir du moment où elle retarde, si

peu que ce soit, l'évolution de la maladie.

L'exemple du « stovarsol », qui s'apparente au « 606 » d'Ehrlich, est caractéristique. Si de sa formule vous ôtez la fonction aminée ainsi que la fonction phénolique, il reste de l'acide *phénylarsinique*. Injecté à la souris à la dose de 1 mg, ce corps est toxique, sans agir sur le trypanosome. Remettez en place les deux fonctions enlevées et vous retrouverez l'efficace « stovarsol » (1), spécifique contre le tréponème syphilitique.

Pourtant, même en cet état, le produit atteint à la toxicité quand la souris quand

on force la dose jusqu'à 3 mg. En somme, il ressort de là que la fonction amine  $NH_2$  assume le pouvoir « biologique » d'enlever sa toxicité à la molécule acide. C'est tout ce que l'on sait sur son rôle,

Mais, pour connaître l'efficacité d'un produit, il faut s'en rapporter uniquement aux résultats cliniques.

### Le dernier mot doit appartenir aux cliniciens

On conçoit dès lors combien l'indice chimiothérapeutique d'un produit prête le flanc aux controverses, — surtout si intervient la rivalité de laboratoires industriels soutenant chacun un produit.

Pour rester au-dessus de la mêlée, contentons-nous d'insister sur cette remarque

(1) Ce mot vient de *stove* : en anglais, *fourneau*.

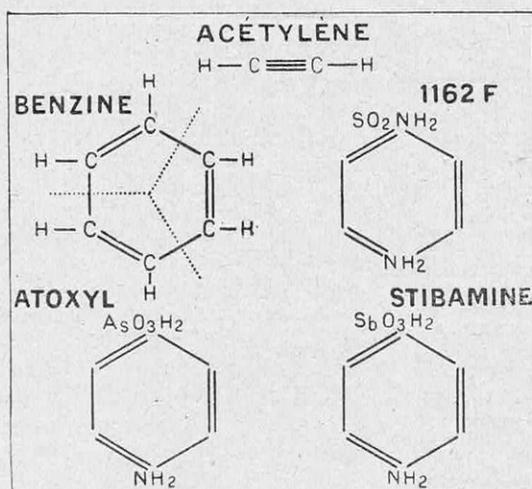


FIG. 9. — FORMULES DÉVELOPPÉES DE L'ACÉTYLÈNE, DE LA BENZINE ET DE TROIS DÉRIVÉS CHIMIOTHÉRAPIQUES COMPLEXES. La molécule de benzine résulte de l'association de trois molécules d'acétylène. Les autres corps en dérivent par substitution de radicaux complexes à deux atomes d'hydrogène (les C et les H ont été omis sur les derniers schémas).

que la *toxicité* (tout comme l'*activité*) d'un produit dépend non seulement de la *présence* de telle ou telle fonction chimique, mais encore de sa « position » sur le noyau benzénique. Dans ces conditions, il se peut que les produits « méta » ou « ortho » accusent un indice chimiothérapeutique positif, plus ou moins justement établi par les intéressés. Mais ces « méta » ou « ortho » ne sauraient être présentés comme les équivalents du « para ». Entre les trois « isomères », il n'existe, pour ainsi dire, aucune chance d'équivalence biochimique.

langes inconsiderés au « 1 162 F » d'autres produits plus qu'éloignés, a exigé qu'aux Etats-Unis seule soit autorisée la préparation « 1 162 F ». L'Amérique en fabrique donc, désormais, 30 t par mois !

Par contre, rien n'est plus légitime que de chercher à prolonger la voie des découvertes et à vérifier les propriétés particulières, souvent très intéressantes, des « dérivés » du corps « inimitable ».

M. Trefouel lui-même ne manque pas de signaler les dérivés du « 1 162 F » possédant une action thérapeutique. Ce sont les *dérivés*

*colorés* (1). Du reste, l'action antistreptococcique du colorant, le « prontosil », a été mise en lumière, pour la première fois, par les Allemands Mietsch, Klarer et Domagek. Etudiant chimiquement et microbiologiquement ce corps, M. Trefouel, F. Nitti et D. Bovet se sont demandé quelle était la portion de sa molécule (de formule complexe) qui centralisait l'activité antistreptococcique.

C'est à la suite de cette analyse qu'ils ont isolé le « 1 162 F », à partir du « prontosil ». Car si le « prontosil » agit sur l'organisme, c'est parce que celui-ci en extrait le « p-aminophénylsulfamide ». Rien ne montre mieux l'enchaînement des découvertes.

Seuls, certains produits exercent vraisemblablement une action antimicrobienne directe, analogue à celle du « 1 162 F » (ulirone sulfone).

« C'est au clinicien, ajoute le savant, qu'il appartiendra de juger sainement de l'efficacité des résultats de la thérapeutique chimique des maladies infectieuses. » Le chimiste s'efface avec sagesse devant le médecin.

JEAN LABADIÉ.

(1) *Sulfamidochrysoïdine* ou *prontosil flavum*; le *carboxysulfamide* ou *rubiazol III*; le *prontosil* soluble.

Effets	Doses de « p-aminophénylsulfamide » actives « in vitro »		
Bactériostatique	Bouillon	Streptocoque	10 mg pour 100 cm <sup>3</sup>
—	Sang humain	—	5,5 - 7,5 —
Bactériostatique	Bouillon	—	0,1-10 —
—	Sérum cheval	—	0,1-10 —
Bactériostatique	Bouillon	—	10 -100 —
Bactéricide . . .	Eau peptonée	Pneumocoque	
		Melitensis	
Bactériostatique	Bouillon	Pneumocoque	0,2-100 —
Bactéricide . . .	—	—	— —
Bactéricide . . .	Sang total (singe)	Streptocoque	50 —
Bactériostatique	Sang dépourvu de leucocytes (singe)	Streptocoque	50 —

TABLEAU II. — TABLEAU COMPARATIF DES DOSAGES NÉCESSAIRES EN « P-AMINOPHÉNYLSULFAMIDE » POUR OBTENIR SOIT LE SIMPLE EFFET DE BARRAGE (BACTÉRIOSTATIQUE) A L'INFECTION, SOIT L'EFFET DE GUÉRISON ACCÉLÉRÉE (BACTÉRICIDE) POUR DIFFÉRENTS MICROBES

Tout se passe comme si la « forme » moléculaire constituait l'individualité biochimique souveraine du produit.

Aussi bien, quand une préparation d'un caractère scientifique aussi nettement marqué que le « 1 162 F », résultant de l'épuration moléculaire, expérimentale et méthodique de nombreuses préparations antérieures, — le chiffre « 1 162 » n'est pas élevé par simple fantaisie, pas plus que le « 606 » ou le « 914 » d'Ehrlich ! — quand une telle préparation apparaît, toute « imitation » est indigne du qualificatif de scientifique. Une molécule chimique ne s'imité pas plus qu'un visage.

Dans ces conditions, nous comprenons fort bien le geste de l'Association des Médecins américains qui, à la suite d'accidents mortels (93 cas) provoqués par des mé-

# OSCILLATEURS ET RÉSONATEURS FOURNISSENT D'INGÉNIEUSES SOLUTIONS AUX PROBLÈMES DE TÉLÉMECANIQUE

Par Pierre DEVAUX

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

*Les oscillations isochrones d'un pendule autour de sa position d'équilibre constituent l'exemple le plus familier d'une catégorie très vaste de phénomènes que l'on rencontre dans les branches les plus diverses des sciences physiques et de la mécanique appliquée : tuyaux sonores, lames vibrantes, circuits électriques oscillants, vibrations des organes des machines, etc. Des impulsions très faibles, répétées à une cadence correspondant exactement à la fréquence propre de ces oscillations, suffisent à leur communiquer, par résonance, une amplitude souvent très grande. Cette propriété, couramment mise à profit par la technique radioélectrique pour la construction des circuits oscillants des émetteurs et des récepteurs, se retrouve également chez les oscillateurs mécaniques, capables eux aussi de « choisir » par résonance entre les signaux qui leur parviennent. Ce sont de tels oscillateurs synchronisés et, plus généralement, des dispositifs mécaniques exécutant des oscillations plus complexes (dites de « relaxation ») qui constituent les organes principaux de ces machines « intelligentes », commandées à distance, telles que les horloges à réglage automatique sur une horloge-mère, les dispositifs d'allumage et de réglage des candélabres d'éclairage, ceux assurant la manœuvre des compteurs électriques change-tarifs et la mise en marche et l'arrêt des sous-stations automatiques, etc.*

LES termes d'oscillations ou de mouvements périodiques éveillent l'idée d'un phénomène très général de la nature : on songe au diapason, au « spiral » des montres, au frottement d'un archet sur une corde, aux gouttes d'eau qui suintent d'un robinet, ou à ces oscillations électromagnétiques dont les appareils de T. S. F. sont le siège et qui se transmettent à travers l'espace.

Dans des domaines fort éloignés de la technique de laboratoire, on retrouve ce caractère périodique, avec les « fréquences » les plus variées. Citons, avec le physicien Van der Pol, les averses interrompues qui suivent les dépressions météorologiques, la variation de population de deux espèces animales dont l'une se nourrit de l'autre (1), le retour des épidémies (2), le frisson de la fièvre, le claquement des dents et jusqu'à la cadence des crises économiques !

L'unité de phénomènes si divers, il importe de le souligner, n'est nullement une arbitraire conception de l'esprit. Le mathématicien français Fourier, dans un théorème aujourd'hui classique, a démontré que toute fonction périodique, quelle qu'elle soit, peut

être considérée comme la somme d'une série de fonctions sinusoidales simples.

L'exemple le plus familier d'une telle superposition est le timbre des sons musicaux. On sait que si un diapason (ou un tuyau d'orgue), dont la vibration peut être enregistrée sur une feuille de papier enfumé sous la forme d'une sinusoïde, donne un son pur, la plupart des instruments donnent au contraire des sons chargés d'harmoniques ; en même temps que le  $do_3$ , par exemple, on entend faiblement le  $sol_3$  et le  $mi_4$ , parfois d'autres notes encore dont la fréquence est dans un rapport simple avec celle du son principal.

Ces harmoniques donnent son timbre au son ; ce sont eux qui nous permettent de distinguer le  $do$  d'un basson de celui d'un cor de chasse, ou de la même note donnée par la voix humaine.

Dans les courants alternatifs, où les harmoniques supérieurs donnent lieu à des effets gênants de capacité, dans l'oscillation des marées et de nombreux phénomènes mécaniques, l'oscillation complexe peut être décomposée en ses composantes par des instruments de précision appelés analyseurs harmoniques. C'est là un procédé « mécano-intellectuel » d'une portée considérable, capable

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 256, page 266.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 257, page 351.

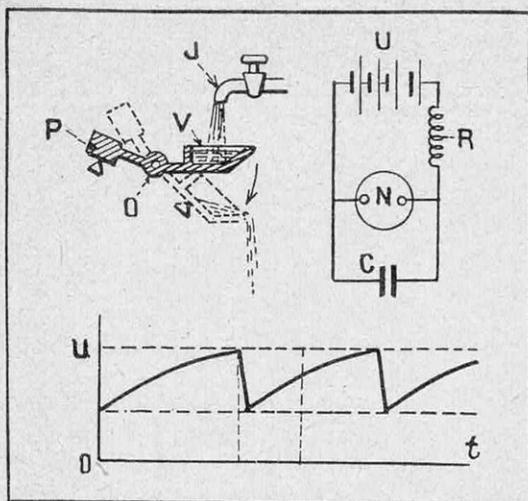


FIG. 1. — OSCILLATIONS DE « RELAXATION » HYDRAULIQUES ET ÉLECTRIQUES

Un robinet J laissant échapper de l'eau en jet continu dans un réservoir V équilibré par un contrepoids P, ce réservoir bascule périodiquement ; une oscillation de relaxation analogue peut être obtenue électriquement à l'aide d'une pile U qui charge un condensateur C shunté par une lampe au néon N à amorçage spontané. Une même courbe suffit pour représenter le niveau du liquide ou la tension aux bornes du condensateur ( $u$ ), en fonction du temps ( $t$ ).

de faire apparaître au sein d'un phénomène compliqué des faits simples dont notre esprit est plus à même de démêler les causes (1).

### Qu'est-ce qu'une « oscillation de relaxation » ?

C'est à un célèbre mémoire de Van der Pol, paru en 1930, que remonte la mise au point d'une notion capitale, celle des *oscillations de relaxation* ; il convient également de citer les nombreuses recherches de M. Marius Lavet, dont le nom fait autorité en matière d'horlogerie électrique. Nous nous référons à ces deux auteurs, tout en prenant quelques libertés en vue de serrer strictement cette notion nouvelle. En gros, on peut dire ceci. Il existe deux sortes d'oscillations : *harmoniques* et de *relaxation*.

Les oscillations harmoniques, dont le type est la vibration du diapason ou le balancement du pendule, sont caractérisées par un effort de rappel vers le zéro : la *pesanteur* dans le cas du pendule, l'élasticité du métal chez le diapason ; il peut aussi exister un *amortissement* (frottement des pivots, résistance de l'air), qui peut être compensé grâce à un « *entretien* », c'est-à-dire par apport extérieur d'énergie.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 259, page 30.

Si l'amortissement est faible, les oscillations continuent fort longtemps tout en décroissant d'amplitude. Si cet amortissement, au contraire, dépasse une certaine valeur, le mobile revient au repos d'un seul mouvement, comme s'il se déplaçait dans un fluide visqueux : le mouvement n'est plus oscillatoire, mais *apériodique*. Tel est le cas des suspensions d'automobile dont les amortisseurs sont bien réglés en rapport avec la force des ressorts : après un cahot, la caisse revient directement au repos au lieu d'exécuter une série d'oscillations.

Les oscillations de *relaxation* sont de nature différente, et le terme même indique que « quelque chose », à savoir de l'énergie, s'écoule progressivement.

Des oscillations de relaxation, écrit Van der Pol, se produisent toutes les fois qu'un système comprenant une *source d'énergie continue* permet à un phénomène essentiellement apériodique de se répéter automatiquement un nombre indéfini de fois.

L'un des exemples les plus nets d'oscillations de relaxation est le fonctionnement du classique *bélier de Montgolfier*. Dans un large tuyau métallique, une masse d'eau importante s'écoule à travers une soupape ouverte ; quand la vitesse de l'eau est devenue suffisante, la soupape se trouve entraînée et se ferme brutalement. Il se produit alors un *coup de bélier*, ou forte surpression, dont on profite pour faire pénétrer une partie de l'eau dans une cloche à air comprimé et de là au tube de refoulement.

Les mêmes phénomènes de pulsion *discontinue* se répètent à intervalles réguliers sous l'action de la *source continue d'énergie*

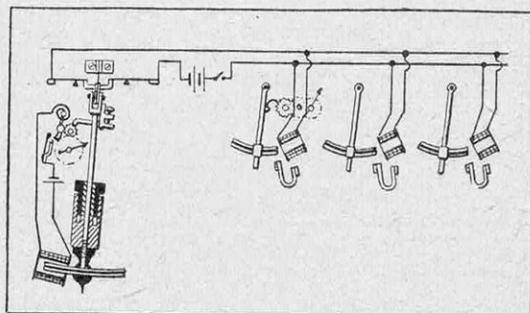


FIG. 2. — DISTRIBUTION DE L'HEURE PAR BALANCIERS SYNCHRONISÉS

L'horloge-mère, à gauche, possède un contact d'auto-entretien et un double contact de transmission agissant sur les balanciers des horloges-filles ; l'action motrice est produite par aspiration d'un aimant en arc de cercle dans une bobine creuse. On remarquera que les horloges-filles battent deux fois plus vite que l'horloge-mère.

représentée par la chute d'eau disponible. Nous donnons deux autres exemples d'oscillations de relaxation empruntés à M. Marius Lavet (fig. 1). Il est hautement remarquable que deux phénomènes aussi différents que le basculement périodique d'un réservoir et la décharge d'un condensateur dans une lampe au néon puissent être représentés par une même courbe.

Armés de ces notions préliminaires, nous pouvons maintenant pénétrer dans le domaine pratique des *oscillateurs* et *sélecteurs oscillants*. Nous allons rencontrer ici les variétés les plus curieuses, depuis l'oscillation harmonique jusqu'aux oscillations de relaxation les plus compliquées.

### La distribution électrique de l'heure

La *distribution électrique de l'heure*, dans les bureaux et aux horloges monumentales, a posé des problèmes ardu de synchronisation. Trois solutions sont possibles. Ou bien les horloges sont rigoureusement indépendantes, mais *remises à l'heure*, toutes les douze heures par exemple, au moyen d'électroaimants agissant sur des *comes en cœur*; ou bien chaque « horloge-fille » reçoit de l'« horloge-mère » une impulsion, toutes les trente secondes par exemple, grâce à un électroaimant à cliquet; ou encore chaque horloge-fille comporte un balancier synchronisé avec le balancier de l'horloge-mère : la figure 2 montre comment, à l'aide d'aimants et de bobines creuses, on peut établir une telle liaison électrique oscillatoire.

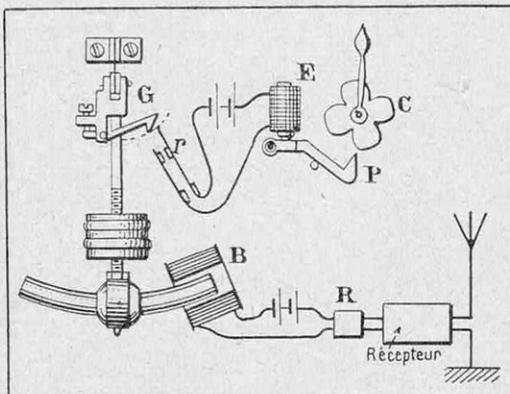


FIG. 3. — DISPOSITIF AUTOMATIQUE DE REMISE A L'HEURE DES HORLOGES PAR T. S. F. Le récepteur agit sur un relais R qui envoie le courant d'une pile locale dans la bobine B; le balancier entre en résonance; quand l'amplitude est suffisante, le crochet G finit par accrocher le ressort r. Un courant est alors envoyé dans l'électroaimant E, et le poussoir P appuie sur la came « quatre-cœurs » C, remettant l'horloge à l'heure.

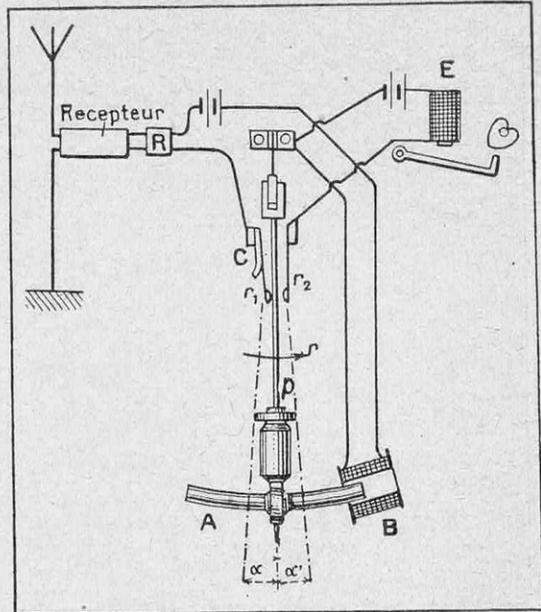


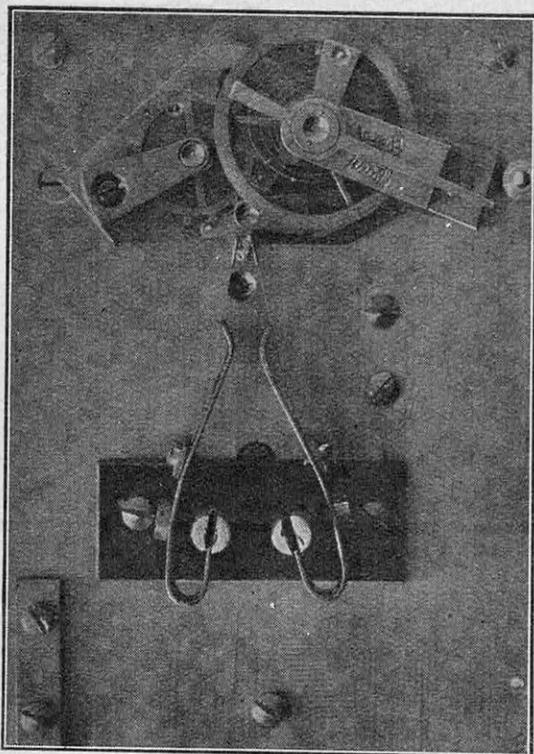
FIG. 4. — BALANCIER LOURD NON ISOCHRONE EMPLOYÉ COMME SÉLECTEUR (VOIR PAGE 299)

La *stabilisation de la fréquence* des réseaux de distribution d'électricité, sous le contrôle des garde-temps de l'Observatoire, apporte aujourd'hui un nouveau principe de *maintien de l'heure* au moyen de petits moteurs synchrones. Il est du reste possible d'utiliser cet effet synchronisant pour contrôler des horloges pourvues d'une source locale d'énergie.

Ce problème des balanciers synchronisés a exercé la sagacité des plus grands savants, tels que Foucault et Cornu. L'impulsion électromagnétique, très faible, doit son efficacité à la *résonance*, autrement dit à la concordance du rythme transmis avec le rythme propre du balancier récepteur; nous voyons apparaître ici une propriété *sélective*, autrement dit un *choix* mécanique susceptible de précieuses applications.

Cette impulsion répétée, comment agit-elle? De deux façons: d'une part, elle apporte de l'énergie au balancier, qui, sans cela, s'arrêterait par l'effet des frottements; autrement dit, elle *entretient* le mouvement. En outre, elle corrige les imperfections des balanciers récepteurs, accélérant ceux qui seraient légèrement trop lents et retardant ceux qui auraient tendance à aller trop vite: c'est l'*effet synchronisant*. Nous avons donc affaire à un mouvement assez particulier, intermédiaire entre les oscillations harmoniques et de relaxation.

Si le balancier est léger, donc obéit aisément aux impulsions, cet effet synchroni-



(Durlat.)

FIG. 5. — OSCILLATEUR-ÉMETTEUR POUR ALARME SANS FIL PILOTE

L'oscillateur-émetteur est constitué par un échappement d'horlogerie dont l'ancre oscillante établit rythmiquement deux contacts électriques ; en bas, les ressorts de contact, constitués par deux fils d'argent.

sant s'exerce de la façon suivante : quand un balancier récepteur est en retard, il reçoit l'impulsion *avant* son passage par la verticale, donc avec le maximum d'efficacité ; quand il a de l'avance, il reçoit l'impulsion *après* son passage à la verticale, donc avec moins d'efficacité ; finalement, il y a toujours correction.

Les résultats ont été moins favorables avec de gros balanciers lourds, dont l'« indépendance de caractère » s'accommode mal d'impulsions autoritaires. Celles-ci se traduisent par une augmentation considérable de l'amplitude, le balancier venant heurter les parois de sa prison de verre sans se synchroniser !

Finalement, on est conduit aux conditions suivantes, qui ont permis un grand développement de ce système de distribution de l'heure : le balancier est relativement léger, assez *amorti* ; l'*amplitude* est sensiblement constante, et la *stabilité de marche* est satisfaisante malgré les vibrations éventuelles des supports.

Concordance absolue des aiguilles, con-

sommation de courant extrêmement faible, tels sont les avantages de la distribution de l'heure par balanciers synchronisés. En revanche, les horloges-filles ne peuvent démarrer seules ; elles doivent être remises à l'heure et lancées à la main après un arrêt. Pour ces raisons, ce système est surtout employé pour les horloges d'intérieur.

### La remise à l'heure par T. S. F.

Nous arrivons à une curieuse application des *sélecteurs oscillants*, qui est la *remise à l'heure automatique* des horloges par T. S. F.

Dans l'immense gamme d'ondes hertziennes qui traversent l'espace, un premier triage est opéré *électriquement* par les circuits d'accord de notre poste radio. Imaginons qu'à la place du haut-parleur nous connectons un pendule oscillant à bobine ; ce dernier pourra « reconnaître » un signal rythmé en résonance avec son rythme propre. Il oscillera avec une amplitude croissante et finira par accrocher un contact agissant sur la came de remise à l'heure.

Tel est le principe du relais oscillant « Ato-Radiola » (fig. 3) jadis utilisé pour prendre l'heure sur le « slogan » publicitaire : *au quatrième « top », il sera exactement 21 heures*

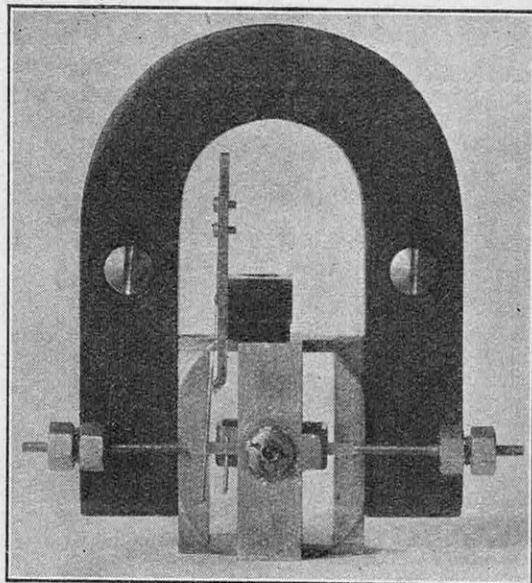


FIG. 6. — OSCILLATEUR-RÉCEPTEUR POUR ALARME SANS FIL PILOTE

Au centre, le minuscule cadre mobile, formant galvanomètre, qui oscille entre les branches de l'aimant ; quand l'amplitude devient suffisante, l'équipage mobile soulève le fil de contact vertical visible à gauche. Sur le fléau horizontal, solidaire du cadre, des masselottes à vis peuvent être déplacées pour le réglage de la période.

30 minutes... Phrase bien rythmée, assurément, et qui démarrerait correctement le pendule; malheureusement, celui-ci repartait une heure plus tard aux accents de la *Marseillaise*, qui, en ce temps-là, clôturait le programme radiophonique!

La figure 4 représente un dispositif des plus intéressants. Il comporte un pendule lourd *non isochrone*, par suite de la présence d'un ressort  $r_1$ , qui prend appui sur une came fixe  $C$ . Pour une certaine amplitude  $\alpha$  des oscillations, la période est égale à celle du signal horaire de l'Observatoire (60/61 de seconde); elle est *plus brève* pour les amplitudes supérieures et *plus longue* quand l'amplitude est inférieure à  $\alpha$ .

A chaque « top » de l'Observatoire, le relais  $R$  envoie un courant dans la bobine  $B$ , par l'intermédiaire du ressort  $r_1$ ; mais la course de ce dernier est telle que le courant ne passe effectivement que si le pendule se

trouve à la verticale *un peu après* chaque « top ».

Le pendule se met donc à osciller avec une amplitude croissante et *avec sa période propre*, conformément à ce que nous avons dit de l'entretien des pendules lourds. Cette période se raccourcissant, par construction, à mesure que l'amplitude augmente, le pendule finit par se déphaser *en avant* sur les « tops »: il cesse donc de recevoir les impulsions motrices, l'amplitude-limite restant par suite bien déterminée.

Quand les « tops » s'arrêtent, l'amplitude diminue et revient au zéro.

Tant que le pendule oscille avec une amplitude supérieure à  $\alpha'$  ( $\alpha'$  étant plus petit que  $\alpha$ ), il envoie, par le ressort  $r_2$ , des impulsions de courant dans l'électroaimant  $E$ , qui agit sur la came en cœur maintenant les aiguilles arrêtées; l'horloge repart quand l'amplitude, à la fin du signal rythmé, retombe au-dessous de  $\alpha'$ . Il suffit donc de déterminer par tâtonnement le temps que met le pendule à revenir de l'amplitude  $\alpha$  à l'amplitude  $\alpha'$  et de régler en conséquence le calage de la came sur l'axe des aiguilles.

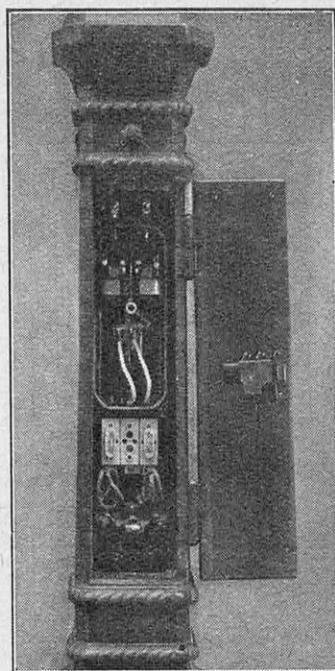
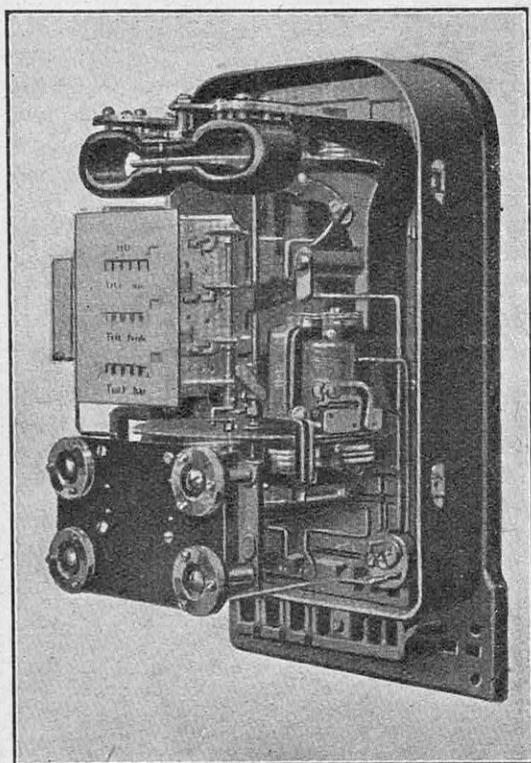


FIG. 8. — CANDÉLABRE COMMANDÉ ÉLECTRIQUEMENT PAR DEUX OSCILLATEURS-RÉSONATEURS « DURLAT »: UN POUR L'ALLUMAGE, L'AUTRE POUR L'EXTINCTION (VOIR FIG. 6)



(Actadis.)

FIG. 7. — COMPTEUR TRIPHASÉ CHANGÉ-TARIF A COMMANDE PAR COURANT MUSICAL ET LAMES VIBRANTES

Le compteur enregistre la consommation d'énergie sur la base de trois tarifs différents suivant les heures; les changements sont produits par des embrayages entraînés par des récepteurs à lames vibrantes (fig. 9) alimentés par du courant à fréquence musicale (300 à 900 hertz) injecté dans les câbles en superposition avec le courant principal.

### Transmission sans fil pilote des signaux d'alarme

Une application qui revêt une certaine importance au point de vue de la *défense passive* est l'*alarme urbaine sans fil pilote*, réalisée par MM. Durepaire et Perlat (1).

Le principe est le suivant. Un poste émetteur, installé, par exemple, dans un commissariat central de police, se trouvent

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

des oscillateurs à pendule ou à volant et spiral (fig. 5) agissant sur des contacteurs inverseurs. Un courant continu, inversé rythmiquement, se trouve ainsi injecté, sous une tension de 10 à 20 V, dans le circuit formé par le fil neutre du réseau d'électricité et la terre; si ce fil n'existe pas, on peut créer un neutre artificiel ou même utiliser l'enveloppe de plomb des câbles, malgré le quasi-court-circuit formé par cette enveloppe avec la terre. Aucun fil pilote n'est donc nécessaire pour transmettre les signaux.

Quand on appuie sur le bouton d'alarme, une minuterie s'enclenche et maintient les oscillateurs en mouvement durant une quarantaine de secondes. A l'arrivée, le courant rythmé traverse une résistance sur tube réfractaire et pénètre dans la bobine d'un galvanomètre oscillant (fig. 6), dont la période peut être ajustée avec précision grâce à un fléau à masselottes réglables. Quand l'amplitude d'oscillation atteint 40°, un ergot soulève un ressort de

contact mettant en train la sonnerie d'alarme.

L'effet sélectif assuré par la résonance permet d'utiliser plusieurs fréquences pour différentes alarmes; on peut ainsi alerter, tout d'abord, les pompiers ou les postes de police secondaires, puis les médecins, enfin donner l'alerte générale. La consommation à prévoir 500 W, est indépendante du nombre des récepteurs, l'énergie se perdant en grande partie à la terre.

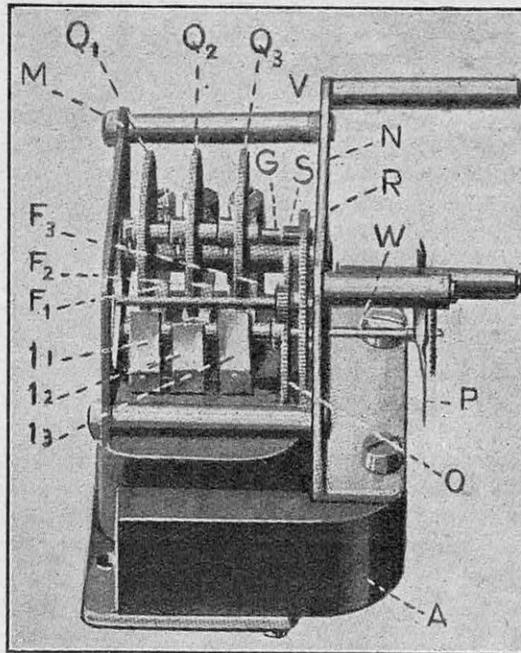


FIG. 9. — VUE DE PROFIL D'UN RELAIS « ACTADIS » A LAMES VIBRANTES, CAPABLE D'EXÉCUTER TROIS MANŒUVRES

A, aimant terminé par deux noyaux magnétiques feuilletés; sur chacun de ces noyaux est montée une bobine et sur l'une des extrémités polaires sont, en outre, fixées trois lames d'acier  $F_1, F_2, F_3$ . Ces lames portent des cliquets  $I_1, I_2, I_3$  attaquant respectivement trois roues dentées  $Q_1, Q_2, Q_3$  enfilées sur un même axe G. Sur cet arbre est calé un pignon S entraînant, par les engrenages R et O, un axe W; celui-ci porte trois doigts égaux, décalés de 120° et situés respectivement à l'aplomb des cliquets  $I_1, I_2, I_3$ . Une came P est montée sur ce même arbre W; tout le mécanisme est enfermé entre les platines M et N. — Quand un courant musical de fréquence  $f$ , par exemple, pénètre dans les bobines (en traversant un condensateur dont la capacité est accordée pour une fréquence moyenne entre celles des trois lames), la lame  $F_1$  vibre, le cliquet  $I_1$  fait tourner la roue dentée  $Q_1$  qui entraîne l'arbre G, les engrenages S, R, O et l'arbre W, jusqu'à ce que le doigt monté à l'aplomb du cliquet  $I_1$  soulève ce cliquet. A ce moment, l'arbre W s'arrête et la came P se trouve dans une position où elle embraye le compteur sur le tarif n° 1 et débraye les deux autres tarifs.

formé d'un condensateur et d'une bobine de self, puis un redresseur à l'oxyde de cuivre et met en mouvement un voltmètre oscillant.

A la réception du « message » rythmé, le voltmètre oscille avec une amplitude croissante et vient fermer le contact d'un petit moteur (monophasé à bobine de déphasage); celui-ci manœuvre la came rotative des interrupteurs, qui peut occuper trois positions: allumage, veilleuse, extinction.

## La sélection par lames vibrantes

Dans le domaine plus pacifique de la commande des candélabres d'éclairage, deux solutions ont été utilisées, fondées toutes deux sur des résonances mécaniques: ce sont les oscillateurs synchronisés et les dispositifs à lames vibrantes. Disons tout de suite que le cadre d'application de ces deux systèmes s'étend à de nombreuses commandes à distance, telles que: mise en service des sous-stations automatiques, manœuvre des interrupteurs des appareils de chauffage électrique à accumulation, contrôle des enseignes lumineuses, manœuvres des compteurs électriques change-tarifs (fig. 7).

Le système à oscillateurs comporte, au poste central de commande, un émetteur à lampes triodes permettant d'obtenir deux fréquences de courant; ce courant est envoyé, par les câbles d'éclairage, en superposition avec le courant principal et parvient au poste récepteur, logé dans le pied du candélabre (fig. 8). Là, il traverse un circuit d'accord,

En même temps, un changement de connexions règle le circuit oscillant sur un nouvel accord, en sorte qu'une émission rythmée différente sera nécessaire pour obtenir le fonctionnement. On peut, par suite, « insister », à l'aide de la première fréquence, pour obtenir le fonctionnement des candélabres paresseux, sans crainte de faire franchir un cran de trop aux candélabres plus rapides.

Les lames vibrantes, fonctionnant sur le principe du diapason entretenu, fournissent une solution particulièrement robuste. Ces lames sont soumises à l'attraction d'une bobine et attaquent par cliquet une roue à rochet; l'alimentation est faite, comme pour les oscillateurs ci-dessus, à l'aide d'un courant rythmé injecté dans les câbles lumière; mais ce rythme étant beaucoup plus rapide (de 300 à 900 p/s), on a affaire à de véritables courants musicaux.

A titre d'exemple, voici la description d'un relais à deux lames (1) permettant la marche avant et arrière. Une même paire de bobines agit sur deux lames vibrantes

réglées pour deux fréquences différentes  $f_1$  et  $f_2$ ; ces lames entraînent par cliquets un petit différentiel ou un dispositif d'embrayage, l'une provoquant la marche avant de l'organe à commander, l'autre la marche arrière. Le circuit d'accord, qui « filtre » l'arrivée du courant musical aux bobines, est accordé sur une fréquence intermédiaire entre  $f_1$  et  $f_2$ . La figure 9 montre le fonctionnement détaillé d'un relais à trois lames.

Ce système est actuellement employé sur une grande échelle pour la commande des candélabres parisiens; l'émission de courant musical est faite par un alternateur contrôlé par un régulateur de fréquence. On manœuvre avec la même simplicité les compteurs *change-tarifs* placés chez les abonnés et qui doivent tenir compte de la facturation différente de l'énergie suivant les heures. La télécommande par oscillateurs mécaniques a supprimé avec élégance la fastidieuse sujétion du remontage réglementaire des horloges de compteurs, et résolu le problème de la facturation variable en fonction des jours fériés.

(1) « Actadis », de la Compagnie des compteurs.

PIERRE DEVAUX.

L'interconnexion des réseaux électriques constitue, — nos lecteurs ne l'ignorent pas — la solution la plus rationnelle pour la mise en œuvre des richesses énergétiques d'un pays. En effet, grâce à elle, non seulement les centrales thermiques et hydrauliques, mais, encore parmi ces dernières celles alimentées, soit par l'eau des glaciers, soit par les eaux de pluie, peuvent efficacement combiner leur production d'énergie.

Cette interconnexion n'est cependant pas forcément limitée aux centrales spécialisées dans cette production d'énergie. Ainsi MM. Barbillion et Guétry ont signalé récemment un bel exemple d'interconnexion pour l'utilisation des excédents d'énergie des établissements sidérurgiques par le groupement de leurs usines génératrices d'électricité. Il s'agit d'une société sidérurgique lorraine dont la liaison avec le réseau général de transport et de distribution a pour but à la fois d'utiliser les excédents d'énergie en dehors de chaque usine et de parer aux déficits d'énergie sans consommation de combustible.

Si l'on examine, en effet, le bilan énergétique d'une aciérie, en considérant les quantités respectives de minerai, de houille, de coke et l'énergie électrique exigée par les auxiliaires pour obtenir 1 000 tonnes de produits finis par jour, on trouve que 20 600 kW sont disponibles pendant huit heures et 8 400 kW pendant seize heures, selon la marche du travail de l'aciérie. Or, il est évident que l'on trouvera difficilement des débouchés pour cette énergie pendant les heures creuses. L'interconnexion apporte une solution à ce problème. Ainsi en 1937, l'ensemble des machines de la société en question a atteint une puissance totale de 168 000 kW et les quantités d'énergie fournies aux réseaux ont dépassé 303 millions de kWh.

La création d'un tel réseau, groupant les usines génératrices du bassin sidérurgique lorrain, a permis, notamment, l'électrification des mines. Elle a cependant posé certains problèmes concernant le réglage de la puissance, de la tension et de la fréquence. Un organe de coordination assure le fonctionnement correct de l'ensemble en vue de l'intérêt général.

## PRENONS L'ÉCOUTE

### CONNAITRONS-NOUS BIENTOT LE VERRE « INVISIBLE » ?

Après la conquête de l'air, qui est un fait accompli, et la transmutation, qui fait ses premiers pas, verrons-nous un jour réaliser cet autre rêve : se rendre invisible ? Rêve aussi vieux que l'homme, et qui, sous son aspect philosophique, a été repris de façon si saisissante dans l'hallucinant roman de Wells, dernièrement porté à l'écran. C'est, bien entendu, l'autre aspect de la question, l'aspect scientifique, que nous considérerons ici, en disant un mot des essais poursuivis actuellement pour obtenir un verre « invisible », essais qui ont fait quelque bruit et au sujet desquels ont été écrites un certain nombre d'inexactitudes.

Pour essayer d'y voir clair, regardons tout d'abord notre fenêtre, et demandons-nous comment nous pouvons « voir » les vitres ; remarquons incidemment que, sous l'épaisseur usuelle, la lumière n'est pas diminuée de façon sensible pour l'œil (dont l'énorme pouvoir d'accommodation exclut d'ailleurs toute sensibilité photométrique) et que les couleurs ne sont pratiquement pas altérées : donc, première constatation importante, *la transparence d'un bon verre à vitre serait déjà suffisante pour assurer son invisibilité*, si d'autres phénomènes n'intervenaient pas ; tout d'abord, la *réfraction* vient dévier les rayons lumineux, ce qui produit, la vitre n'étant jamais parfaitement plane, des déformations qui sont surtout sensibles lorsque l'on déplace légèrement la tête, comme on le fait toujours inconsciemment ; ces déformations, qui trahissent la présence d'un « carreau », peuvent d'ailleurs être éliminées, et l'on sait depuis longtemps fabriquer des « glaces » à faces optiquement planes et parallèles, ne produisant qu'un insignifiant déplacement d'ensemble de l'objet (sensiblement égal aux deux tiers de l'épaisseur de la lame) qui passe complètement inaperçu ; bref, l'on sait depuis fort longtemps obtenir un verre « invisible » dans les conditions particulières que nous venons de dire.

Mais, le jour venant à baisser, allumons notre lampe. Hélas ! voici notre vitre qui redevient terriblement visible, par suite d'un tout autre phénomène, la *réflexion*, qui en fait un miroir plus ou moins parfait ; comment pourrait-on supprimer ces images ou ces reflets délateurs ? L'optique élémentaire nous l'apprend : *il faut que l'indice de réfraction du verre soit égal à celui de l'air* (1) ; si cette condition était réalisée, le problème serait résolu — non seulement pour une lame à faces parallèles telle que nous l'envisagions jusqu'ici, mais pour toutes les formes possibles, car tout phénomène de *réfraction* serait, du même coup, éliminé. Mais elle n'est malheureusement pas réalisable : la physique nous enseigne, en effet, que l'égalité des indices de réfraction entraîne, comme condition nécessaire, mais non suffisante, l'égalité des densités (2), et le verre est 2 000 fois plus dense que l'air ! En admettant que l'on

(1) En effet, il faut que le *pouvoir réflecteur* soit nul ; or, ce pouvoir réflecteur est, pour l'incidence normale, égal à  $\left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2$ ,  $n$  étant l'indice de réfraction rapporté à l'indice de l'air pris pour unité, ce qui donne environ 0,04 pour du verre ordinaire ; lorsque l'incidence varie, le pouvoir réflecteur croît d'abord assez lentement (il n'est encore que de 0,2 pour un angle d'incidence de 70°) pour devenir égal à 1 sous l'incidence rasante.

(2) Sous une forme absolue, cette règle constitue la loi de Gladstone, qui s'exprime par la relation  $\frac{n-1}{d} = \text{constante}$ , et qui donne du moins un ordre de grandeur des indices des fluides ou des pseudo-solides tels que les verres.

puisse abaisser quelque peu le poids spécifique du verre, on voit que l'on est bien loin de compte, d'autant que la moindre différence d'indice se traduit par des phénomènes aisément perceptibles : les mouvements ascensionnels de l'air chaud sont nettement visibles, alors qu'il ne s'agit que de variation d'indice de 1,000 29 à 1,000 26 environ ; or, l'indice d'un verre peu réfringent est de 1,5 !

N'y a-t-il donc rien de sérieux dans les essais dont nous parlions plus haut ? Si, car une diminution très notable du pouvoir réflecteur et, par conséquent, une augmentation intéressante de la « transparence apparente », peut être obtenue en déposant à la surface du verre une couche même extrêmement mince d'une résine synthétique d'indice aussi bas que possible (on aurait atteint  $n=1,2$ ) ; des ingénieurs de la *General Electric Company* ont pu réaliser, dans les laboratoires de Pittsfield, de telles couches, qui auraient une solidité suffisante ; les verres ainsi traités ne sont certes pas « invisibles », mais — dans les appareils d'optique où, indépendamment de la clarté spécifique, la luminosité finit par décroître assez rapidement avec la multiplication des surfaces de séparation entre les faces des lentilles et des prismes — leur transparence apparente accrue rend leur emploi des plus intéressants ; l'élimination à peu près complète des reflets gênants est chose précieuse dans le cas des vitrines, des tableaux sous verre, etc., et tout ceci est bien déjà quelque chose.

### LES HORLOGES, LES MONTRES ET LES PARFUMS

Il semble assez paradoxal que la présence dans l'atmosphère de certaines émanations et, en particulier, des parfums, puisse exercer sur la marche des mouvements d'horlogerie une action sensible, au point d'en provoquer l'arrêt complet. Cette influence a cependant été reconnue, et la cause n'en est plus mystérieuse.

Le graissage des montres et des horloges se fait le plus souvent au moyen d'huiles grasses, généralement d'origine animale, ou à l'aide d'huiles animales additionnées d'huiles minérales.

Sous l'effet de certaines émanations, la viscosité de ces huiles augmente ; elles se résinifient progressivement, et il en résulte une modification plus ou moins rapide dans la période d'oscillation du balancier ou du pendule.

Cette sensibilité des mouvements d'horlogerie aux influences des parfums et autres émanations est due à la présence même des huiles déposées auprès des pivots des divers mobiles. Chacune de ces gouttes recueille ainsi les effluves qui sont à sa portée ; dans l'industrie des parfums, on utilise ce pouvoir qu'ont certains corps gras d'absorber les substances odorantes en plaçant les fleurs fraîches en vase clos au voisinage de ces corps. Les produits odorants vont se dissoudre dans les matières grasses où ils se concentrent, et on les en extrait ultérieurement ; c'est l'opération de l'*enfleurissage*. Les cheveux s'imprègnent non moins facilement des odeurs qui viennent à leur contact et se dissolvent dans la matière grasse qui enrobe chaque poil. On comprend pourquoi les montres de personnes qui se parfument peuvent présenter de ce fait des irrégularités de marche extrêmement nettes, et on se rend compte que l'on ne doit pas négliger l'effet, trop longtemps méconnu, de ces vapeurs.

On voit également intervenir sur les huiles d'horlogerie les émanations de certains bois d'ébénisterie avec lesquels on construit les cages où sont insérés les mouvements. On a cité le cas d'une pendule astronomique de l'Observatoire de Neuchâtel, qui était un chef-d'œuvre de précision, mais qui n'a pas rendu tous les services qu'on pouvait en attendre et qui a dû finalement être réformée. On l'a établi depuis : elle était enfermée dans une cage en bois de chêne dont les effluves sont particulièrement nocives.

Des études de laboratoire très poussées, entreprises à la suite de ces constatations, ont permis de classer les bois et de déterminer ceux qui sont exempts de ces inconvénients. On a de même été conduit à éliminer certains vernis qu'on ne savait pas nuisibles pour la conservation des huiles et qui sont employés couramment comme

isolants des fils conducteurs et bobinages dans les horloges, compteurs et autres appareils électriques.

Les essais comparatifs ont établi, d'autre part, que parmi les lubrifiants employés en horlogerie, ce sont les huiles à base minérale qui se comportent le mieux en présence des émanations. Certaines additions ont conféré à cette classe de lubrifiants inaltérables l'onctuosité nécessaire à leur destination ; mais, avec les huiles minérales, le grand inconvénient pratique se trouvait dans leur tendance à s'étaler rapidement et, de ce fait, elles n'avaient jamais pu être employées pour un graissage durable des pièces d'horlogerie. La découverte française du procédé de l'*Epilame*, empêchant totalement la fuite de tous les lubrifiants, les a rendus utilisables.

### LES CHLORATES ET NITRATES, AGENTS EXTINCTEURS

Peut-être certains de nos lecteurs se sont-ils — comme l'auteur de ces lignes — amusés, dans l'insouciance de leurs jeunes années, à allumer un mélange de chlorate de potassium pulvérisé et de sucre en poudre ? Si oui, ils garderont certainement pour le restant de leurs jours le souvenir probable d'une correction méritée, et le souvenir certain des propriétés violemment comburantes du chlorate. De fait, ce composé est, avec les nitrates, le fournisseur classique d'oxygène dans les mélanges détonants ; chlorates et nitrates entrent ainsi dans la composition de beaucoup d'explosifs, et sont largement utilisés dans la fabrication des pièces d'artifice, feux de Bengale, etc.

Qui donc croirait que ces sels au caractère si vif puissent constituer d'excellents agents d'extinction ? C'est pourtant ce qui vient d'être constaté de façon indubitable par MM. Charles Dufraisse et Manuel German, comme suite à leurs intéressants travaux sur le pouvoir antioxygène (1) ; leurs expériences — qui ont porté sur la combustion de l'hydrogène, du gaz d'éclairage, du méthane, de l'oxyde de carbone — ont montré que ces puissants comburants, ces inducteurs de combustion par excellence que sont les nitrates, chlorates et perchlorates de potassium ou de sodium, arrivent à mieux éteindre les flammes que des corps inertes, même ceux qui peuvent dégager à chaud des gaz extincteurs, comme le bicarbonate, le borate ou le sulfate de sodium hydraté : par exemple, le nitrate de potassium est, suivant la flamme, de deux à quarante fois plus actif que le bicarbonate de sodium, le plus réputé des extincteurs pulvérents connus.

Ces expériences démontrent l'existence d'un *pouvoir extincteur spécifique*, ne devant rien à une action mécanique ou chimique massive, mais relevant, au contraire, de la catalyse antioxygène.

Evidemment, ces recherches ne sont qu'à leur début, et il ne faut pas être surpris que ce pouvoir extincteur spécifique garde encore l'allure mystérieuse de la « vertu dormitive » dont riait Molière ; dès à présent, une conclusion pratique des plus importantes s'en dégage : on comprend, en effet, que ce soit une erreur de ne pas rechercher les extincteurs secs ailleurs que parmi les corps inertes vis-à-vis de la combustion. Si les comburants possèdent un pouvoir extincteur spécifique, il est facile de deviner que la même propriété peut appartenir aussi, dans des conditions convenables, à des corps partiellement, voire même totalement, combustibles, et d'intéressantes découvertes semblent permises dans cette voie.

### LA PÊCHE A LA BALEINE NE DEVIENT-ELLE PAS TROP SCIENTIFIQUE ?

Les philosophes se demandent depuis longtemps si le progrès technique et scientifique est un bien ou un mal ; la controverse n'est pas près d'être close en ce qui concerne l'humanité, mais la question est parfaitement résolue pour nos frères inférieurs, et il n'est nul besoin d'attendre que les bêtes parlent pour avoir

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 212, page 116, et n° 261, page 168.

une idée de ce que peut être leur opinion sur ce sujet. Les baleines elles-mêmes, en leurs lointaines retraites arctiques ou antarctiques, ont pu apprécier les nouveaux moyens de destruction que l'homme a créés ; l'antique harpon, lancé à la main, a fait place depuis longtemps déjà à des engins plus perfectionnés, lancés par des canons spéciaux, analogues aux canons porte-amarres ; on en est venu ensuite à l'emploi de projectiles explosifs ; enfin, le tout dernier cri est le système du *harpon électrique*, mis en œuvre sur les baleinières du *Jean-Wellem*, l'une des plus récentes de ces véritables usines flottantes construites par les Allemands pour cette pêche : la baleinière est munie d'un groupe électrogène, et la baleine est ainsi électrocutée tout net par le courant amené par le filin, le retour se faisant naturellement par l'eau et par une « prise de mer » immergée sous la quille. L'infortuné cétacé n'est nullement protégé par son épaisse couche de lard : les tissus adipeux vivants, en effet, sont loin d'être aussi isolants que les corps gras que l'on en retire et, d'autre part, la surface de contact avec l'eau est énorme.

Ce procédé moderne a surtout pour but de supprimer les incidents divers (ruptures de câble, arrachements de harpon) qui se produisaient assez fréquemment depuis que les baleinières, devenues des bâtiments relativement importants, ne pouvaient appliquer l'ancienne méthode consistant à laisser la proie entraîner le léger canot harponneur, en même temps que l'on filait le câble dans la mesure où cela était indispensable. C'est dans ce même but que l'on utilise également, depuis peu, des projectiles explosifs libres, sans câble, n'ayant plus de harpon que le nom. L'inconvénient de cette méthode est que la baleine est parfois perdue lorsqu'elle n'est pas tuée sur le coup et que la nuit ou le brouillard tombe avant que le corps ne revienne à la surface. On a donc eu l'idée, à tout le moins originale, d'expédier à l'animal, en même temps que le projectile explosif, un petit émetteur de T. S. F., analogue aux appareils utilisés pour les radiosondages météorologiques (1), mais évidemment simplifié, puisqu'il ne s'agit ici que d'envoyer son « indicatif », simple signal signifiant « je suis ici ».

Triste sort que celui de cette baleine condamnée à se signaler elle-même — après sa mort, il est vrai — à l'attention de ses bourreaux. Les malheureux cétacés résisteront-ils longtemps à des méthodes de destruction aussi perfectionnées, eux dont Jules Verne déplorait déjà la raréfaction au début de son *Capitaine de quinze ans* ? Il est permis d'en douter.

## L'ALLEMAGNE ET LE PROBLÈME DES CARBURANTS

La consommation allemande de produits pétrolifères s'accroît sans cesse à un rythme très rapide. En 1938, elle a atteint 6 630 000 t, soit une augmentation de 21 % par rapport à 1937. Les raisons principales de cet accroissement sont évidemment à rapporter pour une part à l'intensification de l'activité industrielle et à l'expansion du trafic routier et aérien. Cependant, si on examine les chiffres de près, comme l'a fait le « Petroleum News Bureau », on s'aperçoit vite que cette explication est insuffisante. Dans le cas de l'essence et des carburants légers (benzol, alcools éthylique et méthylique), par exemple, on constate que le tonnage mis à la disposition des consommateurs de tous ordres, au cours de l'année 1938, a atteint 3 154 000 t, en augmentation de 22 % sur l'année précédente. Or, au 30 juin 1938, on comptait 1 640 000 véhicules routiers en circulation représentant seulement une augmentation de 15 % sur 1937. Il existe une disproportion évidente entre ces deux chiffres, qui ne s'explique qu'en faisant entrer en ligne de compte les besoins militaires qui ont dû être particulièrement élevés en 1938, année marquée par des manœuvres et des mouvements de troupes de grande envergure, et surtout le stockage des réserves d'hydrocarbure dont on ignore le tonnage, sans aucun doute considérable.

Malgré tous les efforts des dirigeants de l'économie allemande, la production

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 217, page 14.

intérieure de produits pétrolifères n'a pu suivre les exigences de la consommation. Les travaux de prospection de nouveaux champs pétrolifères, entrepris sur une grande échelle, ont cependant permis, à la fin de 1937, de mettre en exploitation, au sud de Hambourg, le nouveau gisement de Reitbrook. De ce fait, la production d'huile brute est passée de 435 000 t en 1937 à 552 000 t en 1938, les trois quarts de ce chiffre étant toujours fournis par les vieux gisements de Hanovre. De par ses caractéristiques, le pétrole brut allemand se prête mieux à la fabrication des lubrifiants (180 000 t) que de l'essence (120 000 t). L'essence synthétique, actuellement vendue couramment en Allemagne au même prix que l'essence d'importation, grâce à un système de compensation, représente 1 150 000 t, si l'on comprend, sous cette rubrique, non seulement les produits de l'hydrogénation et de la synthèse, mais aussi ceux de la carbonisation. Le diesel-oil synthétique représente quelque 100 000 t. En tant que carburants légers, il faut ajouter à cette énumération le benzol, dont l'Allemagne a produit 552 000 t en 1938 (dont 400 000 t utilisés comme carburant), et les alcools éthylique (145 000 t) et méthylique (80 000 t).

En résumé, si l'on fait le total de tous les tonnages de carburants légers consommés pour la circulation automobile et la motorisation, et de ceux produits sur le territoire allemand, on trouve que la production indigène, bien qu'en augmentation de 19 %, n'a pu, en 1938, couvrir que 61 % des besoins, alors qu'en 1937, elle atteignait 64 % ; cette situation paraît devoir s'aggraver encore si les besoins de la consommation allemande continuent leur courbe ascendante. Encore ne s'agit-il que des besoins du temps de paix qui seraient dépassés de très loin en cas d'hostilités.

### L'INDUSTRIE AUTOMOBILE ALLEMANDE

Lors de l'inauguration du récent Salon de l'Automobile de Berlin, le chancelier du III<sup>e</sup> Reich n'a pas manqué de mettre en évidence le prodigieux essor de l'industrie automobile allemande au cours des cinq dernières années. De 53 438 voitures fabriquées en 1932, on est passé, l'an dernier, à 328 267 ; les exportations, qui atteignaient seulement 11 000 voitures, dépassent aujourd'hui 78 000 ; quant au nombre des ouvriers occupés dans la construction automobile et ses annexes, il est passé de 33 000 à 120 000.

Au cours des prochaines années, l'industrie automobile allemande, soumise à l'autorité d'un « dictateur de l'auto », va faire l'objet d'un effort de rationalisation véritablement unique. C'est ainsi que, dans un an, le nombre des modèles de voitures de tourisme, qui est actuellement de 52, va être réduit de moitié ; sur 113 modèles de poids lourds, seuls subsisteront une quinzaine. De même, le nombre des modèles de motocyclettes passera de 150 à 25 environ. Par contre, on prévoit l'arrivée prochaine sur le marché du fameux « Volkswagen », la voiture populaire à 990 marks, dont on parle depuis plusieurs années et qui est due à un éminent ingénieur allemand, M. Porsché. On sait que l'usine spéciale où elle doit être construite est actuellement en cours d'édification près de Brunswick et sera achevée au cours de cette année même. Dès 1940, elle livrera 100 000 voitures par an. Le « Volkswagen » est une voiture de 1 litre de cylindrée, avec moteur à l'arrière et refroidissement par air. Il comporte cinq places, doit consommer au maximum 7 litres d'essence aux 100 km et pourrait soutenir aisément la vitesse de 100 km/h sur les autostrades du Reich (1). On sait que ceux-ci s'étendent maintenant sur 4 000 km et que 1 000 km nouveaux doivent être ouverts à la circulation au cours de l'année 1939. La longueur totale du réseau des autostrades actuellement prévues est de 14 000 km.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 240, page 461.

# LA CULTURE INDUSTRIELLE DE LÉGUMES, DE FLEURS ET DE FRUITS SANS SUPPORT MATERIEL

Par Lucien THÉRON

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE DIJON (SCIENCES)

*En Amérique, pays de la rationalisation, s'est répandue depuis quelques années la vogue d'un procédé de culture très original, qui consiste à faire croître les plantes sur des milieux artificiels inertes, tels que du sable ou du liège, arrosés d'une solution convenablement dosée et renouvelée pour assurer leur nutrition, ou même directement, sans aucun support matériel, en laissant simplement baigner les racines dans le liquide nourricier. Ce procédé, à vrai dire, est utilisé depuis longtemps au laboratoire pour l'étude analytique des besoins nutritifs des plantes. Il permet de placer celles-ci dans les conditions les plus favorables à leur développement, à leur floraison et à leur fructification et d'éliminer en même temps tous les parasites susceptibles de leur nuire. Le gain de rendement ainsi obtenu semble compenser très largement le coût des installations nécessaires pour l'exploitation de ces procédés sur une grande échelle, et justifier la création, aux Etats-Unis, de véritables entreprises industrielles capables de produire, dans un temps record et en toutes saisons, des légumes frais, des fruits et des fleurs.*

L'IDÉE de faire croître des végétaux dans des milieux artificiels est née des recherches expérimentales de la physiologie végétale, recherches qui ont établi les fondements de notre agronomie moderne. L'étude de la nutrition d'une plante est très difficile avec un milieu nourricier aussi complexe que le sol ; grâce à l'emploi de sols artificiels « simplifiés » : sable, liège, mousse, etc., ou, mieux encore, de liquides nutritifs, on est parvenu, par une méthode synthétique, à savoir quels sont les éléments du sol réellement indispensables à la vie des plantes. Ces travaux, auxquels sont attachés les noms de Woodward, de Saussure, Liebig, etc., ont montré que les sels minéraux, qui existent en quantité plus ou moins grande dans le sol, lui sont peu à peu enlevés par les plantes, et que, si on ne les lui restitue pas, il s'appauvrit et sa fertilité diminue. De cette loi de restitution (1), découverte vers 1850, est née la fertilisation chimique du sol par les engrais, méthode qui a augmenté le rendement des cultures et permis le prodigieux essor démographique du siècle dernier. Ces recherches ont montré aussi que les plantes cultivées avec certaines solutions de sels minéraux (2) ont un développement

végétatif beaucoup plus important que les plantes non pourvues de ces principes. Nous allons voir que les « cultures sans sol », d'abord simples procédés de recherches, sont entrées dans le domaine pratique et peuvent fournir des résultats très rémunérateurs.

## A quelles conditions un « sol artificiel » doit-il satisfaire ?

Les cultures « sans sol » peuvent s'opérer de façons très diverses, selon les préférences et les commodités de l'amateur ou du cultivateur praticien. Suivant le résultat cherché, on pourra employer un milieu solide ou un milieu liquide, des récipients de dimensions plus ou moins grandes, depuis le vase d'appartement jusqu'aux bassins en béton des serres industrielles. Avant de passer en revue quelques-uns des procédés employés, précisons les conditions générales auxquelles le « sol artificiel » doit répondre :

a) Le développement végétatif des cultures doit s'opérer librement dans des réci-

par exemple, les deux types suivants (les chiffres indiquent la dose des sels en grammes par litre) :

FORMULE DE KNOP :  $\text{NO}_3\text{K}$ , 0,25 ;  $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$ , 1,00 ;  $\text{SO}_4\text{Mg}$ , 0,25 ;  $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$ , 0,25 ;  $\text{PO}_4\text{Fe}$ , 0,20 ;  
FORMULE D'HELLRIEGEL :  $\text{NO}_2\text{NH}_4$ , 0,300 ;  $\text{SO}_4\text{Mg}$ , 0,600 ;  $\text{PO}_4\text{HCa}$ , 0,420 ;  $\text{PO}_4\text{HK}_2$ , 0,131 ;  $\text{CaCl}_2$ , 0,420 ;  $\text{FeCl}_3$ , 0,10.

Le mélange nutritif de MAZE est actuellement un des plus complexes, puisqu'il comprend une douzaine d'éléments utiles à la plante.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 203, page 389.

(2) Les formules de mélanges nutritifs sont actuellement fort nombreuses, mais ne diffèrent pas sensiblement de celles dites « classiques », comme,

pients de forme et de grandeur appropriée. Ces récipients ne renfermeront aucun produit qui pourrait rendre toxique le milieu de culture. Pour éviter le développement des algues, ces récipients seront protégés contre la lumière.

b) La plante doit disposer d'un mélange nutritif convenable, apportant, d'une part, les principes nutritifs nécessaires et d'autre part réalisant l'équilibre alimentaire nécessaire à une bonne assimilation.

En effet, si le premier point n'est pas satisfait, c'est-à-dire si l'un des éléments vient à faire défaut ou se trouve en quantité insuffisante, l'absorption des autres est compromise (loi du minimum) ; la composition du milieu doit donc satisfaire à une alimentation complète (macroéléments et microéléments).

Si, en outre, la concentration des sels du mélange n'est pas convenable, l'absorption par les racines (phénomènes osmotiques) est contrariée et des accidents végétatifs sont inévitables. Enfin, les constituants du mélange doivent se trouver entre eux dans des proportions déterminées (loi des rapports physiologiques). C'est ainsi qu'à telle quantité d'azote doit correspondre telle quantité de potassium. Enfin, l'acidité ionique des solutions que traduit la concentration en

ions  $H$  (1), joue un rôle très important. En milieux artificiels, le  $pH$  évolue au cours de la croissance de la plante et, si le mélange nutritif n'est pas assez souvent renouvelé, on observe, au bout d'un certain temps, des phénomènes de chlorose dus à un déséquilibre d'assimilation, et la plante dépérit. Il convient donc d'utiliser des solutions dont le  $pH$  se maintient à peu près constant ; on a recours pour cela à des substances tampons, telles que des phosphates peu solubles qui, freinant les réactions,

(1) Désignée par le symbole  $pH$  (voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 95).

stabilisent la concentration en ions  $H$  (1) ;  
c) Le mélange nutritif ainsi réalisé s'appauvrit au contact des racines et se charge de certaines toxines. Ici intervient l'opération très importante de l'aération du mélange ; il devra être renouvelé, soit périodiquement, soit par un système continu. La température du milieu artificiel doit être maintenue entre certaines limites qui varient suivant l'espèce végétale cultivée.

L'éclairage, variable également avec les cultures, doit être surveillé, notamment aux premiers stades du développement, et uniformément réparti.

## La réalisation pratique des « cultures sans sol »

### La culture sur sable

L'agrégat servant de support est constitué par du sable siliceux, du gravier, des roches quartzieuses concassées, des cendres, etc., et, en tout cas, ne doit contenir que des traces de substances alcalines qui modifieraient le  $pH$  des solutions. L'agrégat pourra être préalablement

lavé à froid avec un acide très dilué. Le sable siliceux est très souvent utilisé et on conseille de le passer au four avant l'emploi, ou à l'eau bouillante, pour détruire les bactéries nuisibles. Le sable ne doit être ni trop grossier ni trop fin, le pouvoir absorbant devant, l'un et l'autre, être suffisants.

Les dispositifs employés pour assurer convenablement l'alimentation de la plante par le mélange nutritif qu'on lui fournit, sont nombreux et relèvent souvent beaucoup de l'ingéniosité de l'expérimentateur. Ils procèdent de deux méthodes :

Dans la méthode d'alimentation périodique, on introduit périodiquement dans le récipient une quantité déterminée de solu-

(1) Le plus souvent un grand nombre de plantes sollicitent un  $pH$  de 5 à 6 pour un bon développement ; certaines, cependant, préfèrent un  $pH$  tendant un peu plus vers la neutralité,

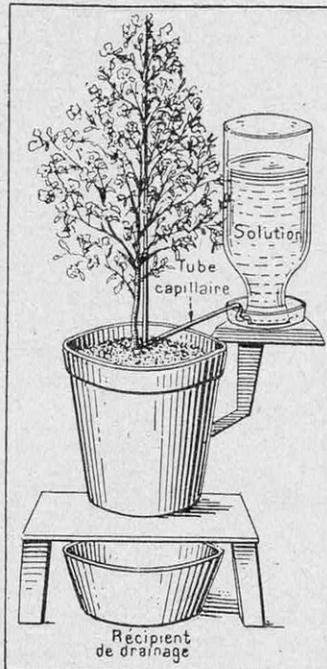


FIG 1. — SYSTÈME SIMPLE POUR L'ALIMENTATION CONTINUE D'UNE PLANTE

*La solution nutritive se déplace par capillarité au moyen d'un tube de très faible diamètre coudé en siphon, et s'écoule plus ou moins lentement suivant l'inclinaison donnée au tube. La solution épuisée est changée une fois par semaine pour des plantes de grandeur moyenne. Les vases peuvent être disposés en « cascade », la solution traversant successivement plusieurs vases.*

La perméabilité et le pouvoir absorbant devant, l'un et l'autre, être suffisants.

tion nutritive, qui imprègne le sable, et on ajoute de l'eau de temps à autre pour compenser les pertes par évaporation et dissoudre les concrétions salines formées dans la masse. Cette méthode peut être avantageusement employée pour les cultures d'intérieur avec le minimum d'encombrement et de surveillance : il suffit de répandre, de temps à autre, une certaine quantité de solution nutritive et de maintenir une humidité convenable. Elle peut même être utilisée dans de grandes entreprises ; c'est ainsi que, dans l'Ouest-Orange (U. S. A.), certains établissements cultivent des plantes sur des lits de cendres de 30 à 40 cm d'épaisseur. Avec une solution nutritive convenable, on a obtenu ainsi des cultures de fleurs tout à fait remarquables.

Dans la méthode par *circulation continue*, le renouvellement de la solution s'opère d'une façon continue : la solution traverse le sable, et l'excédent non absorbé est recueilli dans le bas du récipient par un moyen approprié, remonté sur le sable, et le cycle

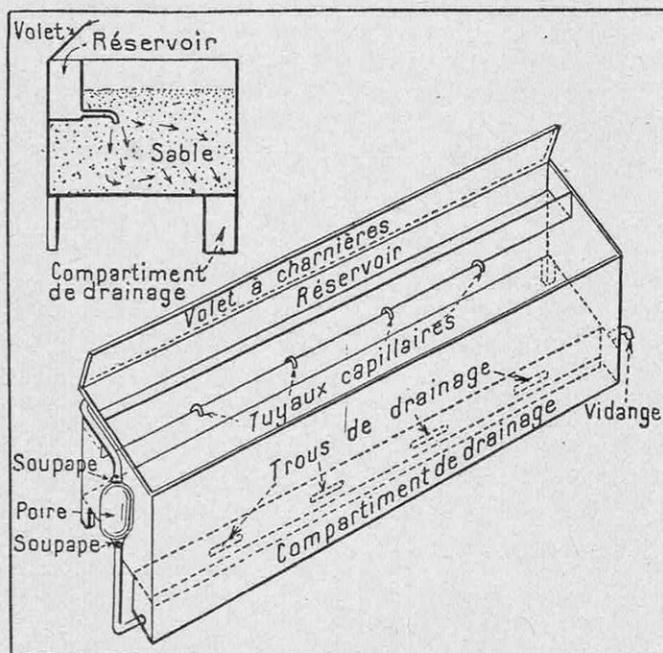
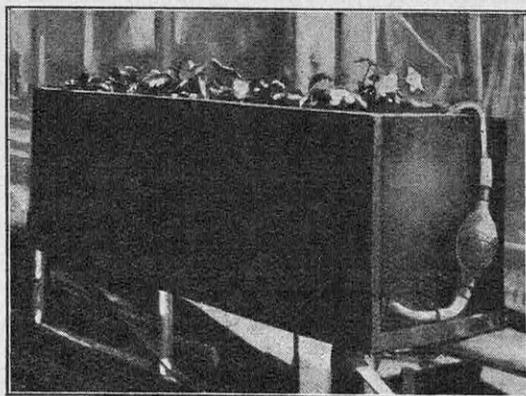


FIG. 2. — BAC DE CULTURE ÉQUIPÉ POUR LA CIRCULATION CONTINUE DE LA SOLUTION NUTRITIVE

La solution circule par plusieurs tubes de verre de petit diamètre, placés à égale distance le long de la base du réservoir. La solution s'infiltré à travers le sable et se rassemble dans le compartiment de drainage de même capacité que le réservoir ; les trous de drainage sont recouverts d'une toile métallique pour empêcher le sable de tomber dans le compartiment. La solution est remontée chaque jour par un système de pompage très simple (une poire en caoutchouc et deux soupapes). Un volet à charnières, que l'on rabat par temps de pluie, protège la solution.



(Photo Ellis et Swaney.)

FIG. 3. — LE BAC DE CULTURE DE LA FIGURE 2  
Comme le montre cette photographie, le dispositif est surtout utilisé pour la germination des graines ou pour le développement rapide des boutures ou des plantules, qui sont ensuite cultivées en milieu liquide.

recommence. Cette méthode fournit, dans nombre de cas, des résultats supérieurs à la précédente, plus simple il est vrai.

Pour les plantes en pots et en vases, le dispositif de la figure 1 permet une alimentation continue des cultures sur sable. On emploie en Amérique des dispositifs de plus grande importance (fig. 2 et 3), et qui ont l'avantage de pouvoir être construits économiquement et de réaliser la circulation continue de façon satisfaisante.

On a employé aussi un autre dispositif qui a reçu le nom de « laticulture ». Celui-ci permet l'emploi d'agréats minéraux de différentes natures : dans un compartiment, on peut mettre du sable, dans l'autre, des cendres, du gravier, etc., et faire germer des graines, transplanter en temps voulu plantules ou boutures et varier les cultures en les adaptant au milieu le plus favorable. C'est une sorte de polyculture rationnelle.

Signalons enfin le procédé de l'alimentation par-dessous, système récemment expérimenté à la Station de Recherches agricoles de New Jersey (U. S. A.) et utilisé simultanément à la Station de l'Université de Purdue (U. S. A.) (fig. 4), et un système simplifié, à caractère expérimental, qui consiste à soulever et à abaisser à intervalles réguliers

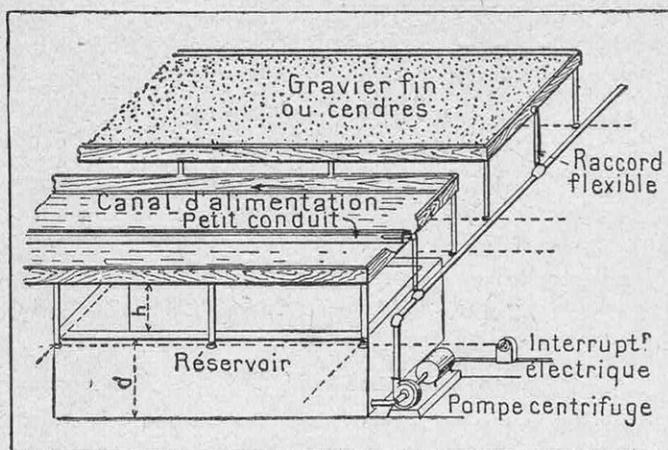


FIG. 4. — SYSTÈME D'ALIMENTATION PAR-DESSOUS

Le schéma ci-dessus représente le dispositif pourvu de sa pompe à force centrifuge réglée par une horloge à déclenchement électrique. La pompe fonctionne jusqu'à inondation, et le débit, de même que la dimension des bassins de culture, doit être réglé de façon qu'en 40 ou 60 minutes ces derniers soient remplis et que le drainage s'opère pendant le double de ce temps. Les racines sont donc aérées pendant deux heures environ, puis une nouvelle inondation est réalisée automatiquement à l'heure prévue, de façon à provoquer trois inondations par jour. L'emploi du procédé est simple et favorisera sa diffusion dans les grandes entreprises : la seule précaution à prendre est un nettoyage à l'eau pure et un changement de solution toutes les semaines.

les récipients contenant la solution nutritive qui sont en communication, par des tubes en caoutchouc, avec les « tables de culture » sur sable.

La culture « sur sable » permet une mise en germination économique : les plantules se développent vite par l'emploi de solution nutritive diluée et sont alors transplantés en récipients de culture soit sur sable, soit simplement sur liquide nutritif.

#### La méthode de culture en milieu liquide

Cette méthode réalise encore plus intégralement, si l'on peut dire, ce qu'on est convenu d'appeler les « cultures sans sol ». Ici, plus aucun support minéral, mais le contact direct et permanent de la plante avec la solution.

La méthode consiste essentiellement à placer la plante au-dessus d'une solution nutritive, de façon à y faire plonger le système racinaire, qui dispose continuellement de principes alimentaires assimilables et peut se mouvoir librement.

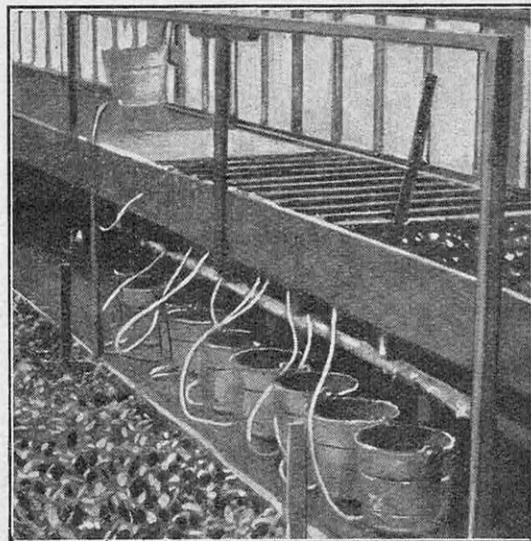
La réussite du procédé est liée à la réalisation des conditions générales des cultures sans sol déjà énoncées, et, ici, le maintien d'une concentration favorable de la solution acquiert une importance particulière.

Pour une petite entreprise, les plantules

peuvent se développer dans les récipients où elles ont germé sur sable, laine de verre, ponce, etc., et être cultivées directement sur la solution au moyen de dispositifs de support simples : nacelles métalliques, coton, etc.

Pour les essais en grand ou la culture commerciale, des bacs métalliques ou en béton, des auges en bois sont prévus. Le point important à réaliser dans ces cultures est l'adaptation de la jeune plante au milieu liquide. Les plantules ont besoin d'un support pour se maintenir au-dessus de la solution et pour faciliter le développement des racines. Comme celles-ci doivent constamment se trouver en contact avec la solution à une hauteur satisfaisante, il faut ajouter un dispositif de support permettant de régler cette immersion, ce qui évite de relever ou d'abaisser le niveau du liquide. Le contact du collet de la plante avec la solution, cause de pourriture bactérienne, est alors évité,

et la distance à parcourir par les racines pour baigner dans cette solution nutritive est heureusement réduite au minimum.



(Photo Ellis et Swaney.)

FIG. 5. — DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL SIMPLIFIÉ D'ALIMENTATION PAR-DESSOUS

L'inondation est provoquée en suspendant le récipient à un niveau supérieur à celui des cultures. Ce dispositif permet des essais comparés de diverses solutions nutritives

### L'aération des racines

Si, en culture sur agrégat minéral, l'aération des racines s'opère facilement, il convient de s'en inquiéter davantage en milieu liquide.

Avec le *procédé statique d'alimentation*, le liquide nutritif stagne jusqu'au moment de son changement qui est périodique. Des récipients simples conviennent à ce procédé, utilisé pour la culture familiale et même pour des installations importantes où le chauffage de la solution est alors aisément réalisable : la vidange se fait par siphonnage ou pompage, et l'aération doit s'opérer régulièrement, soit en agitant le liquide (fouettage), soit par insufflation d'air, soit en maintenant les récipients relevés sur un côté pour mettre les racines au contact de l'air.

On expérimente actuellement aux Etats-Unis diverses autres méthodes d'aération originales, telles que la culture dans les bacs de certaines plantes aquatiques dégageant de l'oxygène, l'addition graduelle d'eau oxygénée au milieu. Il convient d'attendre les résultats de ces essais.

Dans le *procédé dynamique d'alimentation*, du même principe que celui déjà décrit pour la culture sur sable (circulation continue), le liquide s'écoule du réservoir et l'excédent est recueilli hors du bac pour y être remonté par un moyen de pompage approprié. Le liquide en mouvement a ainsi le temps de s'aérer ; on peut même le faire circuler d'un récipient à l'autre en réalisant des cascades.

Un système alternatif assure aussi une aération parfaite en envoyant, à intervalles réguliers, la solution au contact des racines et en retirant le liquide, ce qui permet aux oxydations de se produire jusqu'à la nouvelle arrivée de la solution.

### La température du bain alimentaire

Bien que beaucoup de cultures puissent s'effectuer à la température normale, il a été reconnu que le maintien d'une température optimum, variable avec la nature des cultures, représentait un facteur important

pour le rendement de l'opération. Dans les expériences américaines, des tomates cultivées entre 12°7 et 18°3 ont fourni une récolte, déjà appréciable, de 115 t à l'hectare, alors que celle-ci s'est élevée à 927 tonnes quand la température du bain était maintenue entre 26°6 et 29°4 !

En Californie, dans des serres industrielles, on se sert de câbles chauffants connectés en parallèle et absorbant 2 400 watts par réservoir de culture. En France (fig. 7), des bacs de culture ont été équipés de câbles chauffants avec régulateur automatique maintenant la température constante à 1° C près.

Dans les forceries industrielles équipées avec de grands bassins en ciment, le chauffage devient d'une réalisation facile, et les dépenses du chauffage des cultures en milieu liquide se confondent sans supplément avec les frais courants de chauffage de l'installation ordinaire.

### Comment réaliser les solutions nutritives ?

La composition de ces solutions tend à satisfaire au maximum les exigences alimentaires de la

plante non seulement en quantité, mais aussi du point de vue de l'équilibre nutritif indispensable à une bonne assimilation. Les besoins des végétaux en tel ou tel principe alimentaire ont été révélés par les physiologistes, et la composition quantitative et qualitative des milieux artificiels employés jusqu'à ce jour donne satisfaction dans la plupart des cas, bien que la concentration des éléments y soit supérieure à celle des solutions du sol naturel. Certes, les exigences alimentaires de la plante varient avec l'espèce et bien d'autres facteurs, et, si l'on considère en outre l'absorption élective des racines d'une plante pour un élément particulier, et qu'en outre les conditions créées par la culture pratique sans sol diffèrent de celles des cultures de laboratoire, on conçoit la nécessité d'expérimenter de nombreuses formules nutritives en vue de l'adaptation parfaite du milieu artificiel au végétal.

Les techniciens américains attachent une telle importance à la composition des solu-

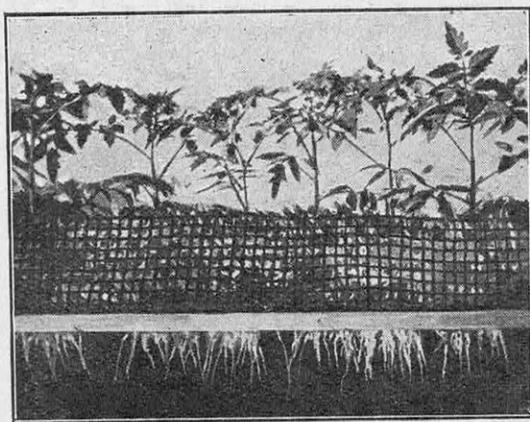


FIG. 6. — CULTURE DE PLANTS DE TOMATES EN MILIEU LIQUIDE AVEC SUPPORT MÉTALLIQUE GARNI DE FIBRES VÉGÉTALES

tions destinées aux diverses catégories de cultures que beaucoup d'entre eux tiennent secrètes ou font breveter leurs formules. Un certain nombre ont cependant été fournies par les expérimentateurs, et il convient de dire que la plupart des formules peuvent donner de bons résultats, si la concentration des solutions est convenable (elle ne doit guère dépasser 1 g par litre) ; mais la réussite du procédé dépend aussi largement des autres conditions que nous avons envisagées (1).

D'autre part, ces solutions sont avantageusement complétées par l'apport d'éléments « catalytiques » (2). Comme ceux-ci interviennent à l'état de traces, on fait des solutions un peu concentrées dont on prend une petite quantité à ajouter à la solution nutritive (3).

L'opération devient beaucoup plus économique avec les fertilisants commerciaux, dont les proportions varieront, bien entendu, avec leur teneur en principes utiles pour arriver à la concentration donnée par les formules nutritives. Les expérimentateurs ont conseillé des sels comme le nitrate de soude du Chili, le chlorure de potassium, d'un prix relativement bas. Ces produits commerciaux apportant comme impuretés divers catalyseurs

(1) Nous ne pouvons que donner ici, à titre d'exemple, la composition d'une seule solution nutritive (recommandée par la Station expérimentale agricole de New Jersey (U. S. A.) :

Éléments employés (en grammes) pour 22 litres de solutions : phosphate monopotassique, 5,9 ; nitrate de chaux, 20,1 ; sulfate de magnésie, 10,7 ; sulfate d'ammoniaque, 1,8.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 247, page 62.

(3) Voici les formules de ces solutions-réserves de microéléments :

*Solution de réserve A* (10 cm<sup>3</sup> à ajouter aux 22 litres du mélange nutritif) : eau, 2 litres ; acide borique, 3,2 g ; sulfate de manganèse, 3,2 g ; sulfate de zinc, 3,2 g ; sulfate de cuivre, 1 g.

*Solution de réserve B* (20 cm<sup>3</sup> à ajouter aux 22 litres du mélange nutritif) : eau, 0,480 litre ; chlorure de fer, (Fe Cl<sup>3</sup>), 0,8 g.

La préparation des solutions nutritives constitue une opération simple et à la portée de tous, si on prend les précautions nécessaires pour la dissolution

(le nitrate du Chili contient, par exemple, un peu d'iode et de brome), on peut réduire, sinon supprimer, l'emploi de solutions spéciales fournissant les « éléments catalytiques »

### Les avantages des cultures « sans sol ».

En Amérique, les cultures sans sol sont sorties du laboratoire et passent rapidement dans le domaine de la pratique. Commercialement, de nombreuses serres sont actuellement équipées pour ces cultures et produisent de magnifiques récoltes de légumes et de fleurs.

La culture des fleurs en serres par ce

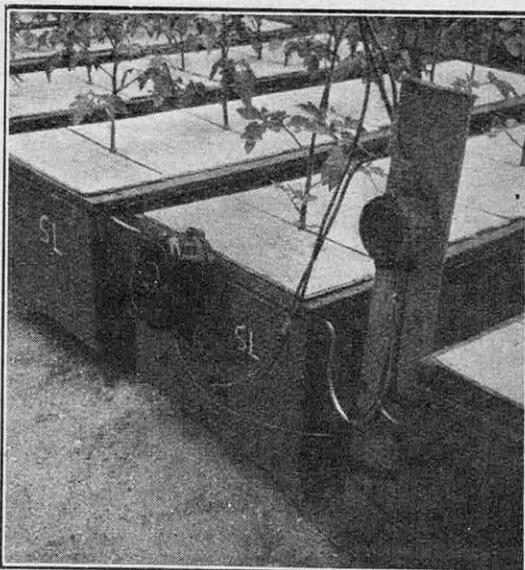
procédé paraît obtenir un tel succès qu'on se demande si, là, le producteur n'abandonnera pas complètement le sol. En effet, le sol des serres offre de gros inconvénients, tels que son renouvellement, de gros besoins d'engrais, sa mise au repos, sa manutention, et aussi danger des maladies et des parasites qui s'y développent abondamment.

L'engouement du public américain pour ce nouveau mode de culture ne tient pas, en effet, uniquement à l'originalité du procédé, mais à ses avantages très sérieux.

La plante se trouve placée dans les meilleures conditions de croissance : ses racines ont libre accès dans la solution et sont en contact permanent avec les principes alimentaires ; elle ne dépense donc que le minimum d'énergie qui est alors utilisée pour le développement végétatif ; suralimentée, elle produit très rapidement ses récoltes. La culture peut être rendue dans

des éléments, qui doit avoir lieu séparément dans un peu d'eau, chaque dissolution étant ensuite réunie et le tout amené au volume indiqué. Pour les microéléments, ils sont ajoutés directement au milieu ; mais la proportion voulue de la solution réserve B doit être ajoutée juste au moment de l'emploi, car les sels de fer ont tendance à précipiter dans le mélange nutritif préparé à l'avance. A certaines époques, des besoins plus grands en fer peuvent se traduire par un peu de chlorose, qui disparaîtra par légère addition de solution B.

Les solutions se font avec l'eau ordinaire qui, si elle est trop calcaire, doit être débarrassée de l'excès des sels de chaux ou acidifiée avec un acide faible comme l'acide phosphorique.



(Photo Truffaut.)

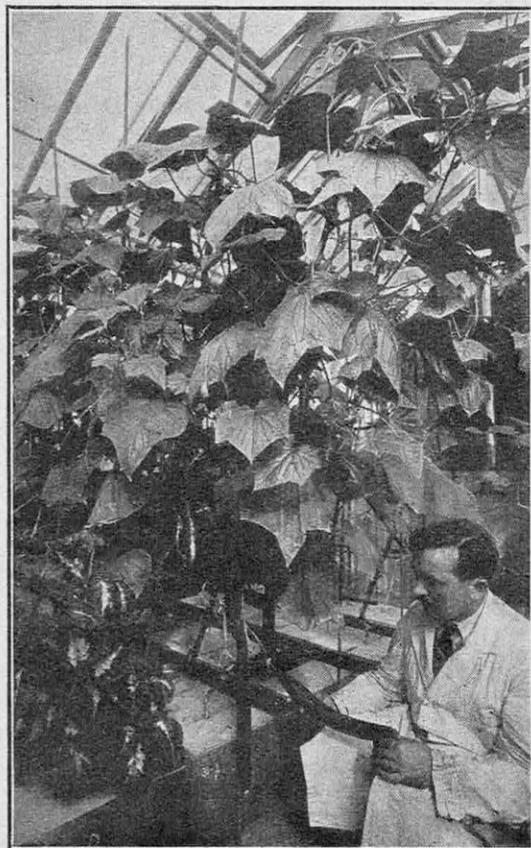
FIG. 7. - THERMOSTAT MAINTENANT LA TEMPÉRATURE DE LA SOLUTION CONSTANTE A 1° PRÈS

une très large mesure indépendante du climat, si on remplace la lumière solaire par la lumière artificielle. Les rendements très satisfaisants qu'elle permet en font un procédé très rémunérateur. A la Station agronomique de New Jersey, certains plants de tomates ont dépassé 4 m 50 de hauteur, et continuent à croître après avoir produit 9 kg de fruits par pied. Des expérimentateurs français (G. Truffaut et ses collaborateurs, à Versailles) ont



(Photo Truffaut.)

FIG. 9. — VUE PARTIELLE D'UNE DES SERRES D'EXPÉRIENCES DES LABORATOIRES G. TRUFFAUT, A VERSAILLES



(Photo Truffaut.)

FIG. 8. — CULTURE DEMI-INDUSTRIELLE DE CONCOMBRES EN MILIEU LIQUIDE

évalué le prix de revient d'un bac de culture en milieu liquide contenant 5 plants de tomates : la dépense a été (non compris les frais d'installation, d'ailleurs peu élevés) d'environ 1 f 60 pour 32 kg de fruits, soit 0 f 05 par kg, dépense bien inférieure à celle de la préparation d'une quantité équivalente d'un bon compost. L'emploi des solutions nutritives offre, d'un bout de l'année à l'autre, les avantages suivants : gain d'espace en plantant plus serré, disparition à peu près complète des maladies ordinaires, des mauvaises herbes et insectes, facilité de pousser la croissance et, enfin, possibilité de rendre en grande partie les manipulations automatiques en travaillant dans des conditions de propreté très appréciables.

La culture « sans sol » en plein air, déjà réalisée aux Etats-Unis, ne manquera pas d'être de plus en plus employée pour la culture des semis précoces. Son application dans les régions déshéritées, au sol ingrat ou salé, où toute culture paraît même impossible, pourra être particulièrement féconde. Là où l'eau est parcimonieusement mesurée, les cultures « sans sol » prospéreront, car elles en nécessitent une quantité bien moindre que les procédés ordinaires.

L'application pratique des cultures « sans

sol » n'intéresse pas seulement l'entreprise commerciale, mais aussi, largement, la petite culture ou la culture familiale, pratiquées dans un espace restreint, pour lesquelles le nouveau procédé peut être une source d'agrément et de profit.

### Des fleurs et des fruits partout et en toutes saisons sur commande

Mais les stations expérimentales n'ont pas dit leur dernier mot. On cultive déjà « sans sol » à New Jersey des pêchers et des pommiers. Verrons-nous un jour la culture de nos vignes en solutions salines qui, par un choix judicieux de la formule nutritive, permettrait de reproduire à volonté tel ou tel cru ?

On peut espérer que le procédé sera rendu ultra-intensif par l'emploi d'adjuvants appropriés en vue d'une surproduction en un temps record. C'est ainsi qu'en plus de l'utilisation de la lumière électrique d'appoint, et indépendamment des agents de forçage spéciaux tels que l'acétylène, les anesthésiques, les photocatalyseurs, etc., on pourra enrichir l'air des serres en gaz carbonique, ce qui a été déjà réalisé

avec succès, afin d'accroître l'assimilation du carbone ; de même, l'emploi des excitants de la croissance ou « auxines », comme les acides *B* indol-acétique et *B* indolbutyrique, etc., qui, à l'état de traces, jouent le rôle d'hormones (en provoquant notamment une abondante poussée racinaire), est à envisager sérieusement (1).

Si l'on ajoute à cela que le procédé peut autoriser les plus séduisantes combinaisons avec des techniques comme la « jarvisation » (2), utilisée alors notamment dans

(1) Sans parler des possibilités futures de la multiplication chromosomique des cellules végétales par l'application de la méthode à la colchicine ou autre substance toxique agissant sur les chromosomes. Voir *La Science et la Vie*, n° 260, page 103.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 254, page 133.

un but de précocité, on peut songer, en disposant d'une température optimum, à une production végétale dirigée scientifiquement, et dont les conséquences économiques paraissent si intéressantes qu'elles ont décidé le gouvernement russe à entreprendre l'étude de cette question. Certes, il y aura lieu de se soucier du retentissement possible de ce forçage sur la composition biochimique et les qualités des produits obtenus. Il apparaît que, du point de

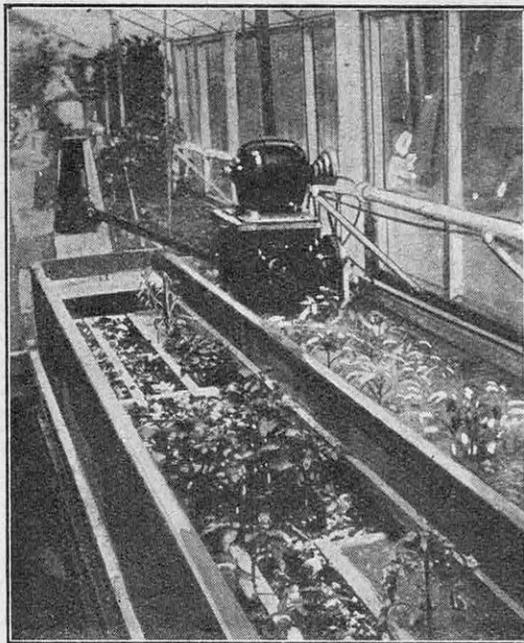
vue goût et odorat, les récoltes de cultures sans sol ne sont nullement affectées. Quant à leur composition, elle pourra intéresser non seulement l'hygiène alimentaire, mais peut-être aussi le domaine de la thérapeutique moderne où la « végétalisation » d'éléments chimiques désirables offre de séduisantes perspectives.

La culture « sans sol » constitue donc un pas de plus vers le but que l'humanité poursuit depuis des millénaires : se rendre toujours plus indépendante des conditions naturelles (du sol, du climat) et améliorer son existence. Elle permet déjà de faire pousser des récoltes dans des endroits où le sol

se refuse à en produire, des roses en plein hiver dans un appartement, et, peut-être bientôt fournira-t-elle aux paquebots les légumes frais dont ils ont besoin pour leurs longues traversées (1) ? Mais il est assez peu probable qu'elles parviennent un jour à remplacer complètement la culture du sol.

LUCIEN THÉRON.

(1) C. Ellis et M. Swaney étudient actuellement la possibilité de créer à bord des grands paquebots transatlantiques de véritables jardins par des cultures « sans sol ». Des essais sont effectués en serres pour mettre au point des systèmes d'alimentation permettant d'opérer par mer calme ou agitée, et de déterminer l'effet des balancements sur la croissance des plantes. D'autre part, on doit établir dans l'île Wake, au milieu du Pacifique, une installation pour la production des légumes frais à l'intention de la ligne aérienne américaine du Pacifique.



(Photo Ellis et Swaney.)

FIG. 10. — AUGETS EN BOIS ÉQUIPÉS D'UN MÉCANISME PERMETTANT D'IMITER LE MOUVEMENT DES NAVIRES EN MER

*Ce projet, expérimenté par MM. Ellis et Swaney, autorisera la culture des légumes frais et des fleurs à bord des transatlantiques.*

## LA SCIENCE CONTRE LE CRIME

# COMMENT LA POLICE SCIENTIFIQUE IDENTIFIE LES ARMES A FEU

Par Jean MARCHAND

INGÉNIEUR I. E. G. — LICENCIÉ ÈS SCIENCES

*Si la peur du gendarme est le commencement de la sagesse, encore faut-il que le futur délinquant ait conscience que tôt ou tard il sera découvert. Aussi l'inculpation d'un faussaire, d'un voleur, d'un meurtrier doit-elle toujours être fondée sur des arguments irréfutables que seules peuvent fournir les mesures objectives. C'est pourquoi la science a inspiré depuis déjà longtemps les méthodes mises en œuvre au cours des recherches policières rationnellement conduites. Les résultats obtenus grâce aux empreintes digitales (1) sont bien connus. On sait aussi comment l'analyse chimique et physique permet de déceler les falsifications de documents (2) et d'œuvres d'art (3). Dans le domaine du crime, et notamment du crime par arme à feu, les procédés modernes d'investigation scientifique apportent les indications les plus précieuses pour la conduite des enquêtes. C'est ainsi que l'analyse spectrographique est capable de révéler la nature du métal de la balle qui a traversé un vêtement, bien que ses traces ne se chiffrent que par millièmes de milligramme. En outre, l'examen approfondi du projectile suffit à identifier sans erreur possible l'arme elle-même, qui, du fait de son fonctionnement et de ses imperfections, appose sur lui une marque aussi caractéristique que le sont, pour un individu, les empreintes digitales.*

La science a depuis longtemps mis ses méthodes rationnelles d'investigation au service de la police. On sait comment les empreintes digitales (1) constituent souvent la signature la plus irréfutable d'un délit ; comment la physique, par l'emploi judicieux du rayonnement ultraviolet et des éclairages spéciaux (en lumière rasante), et la chimie, grâce à des réactifs appropriés, permettent de déceler avec sûreté toute falsification de documents (2) ou d'œuvres d'art (3) ; comment, grâce aux particularités de l'écriture (4), on parvient à identifier l'auteur d'une inscription manuscrite, etc.

Les difficultés particulières rencontrées au cours des enquêtes sur les meurtres ou les tentatives de meurtres par armes à feu ont provoqué, dans les laboratoires de police judiciaire, la mise au point de méthodes scientifiques toutes spéciales, qui permettent sinon d'affirmer en toute certitude la culpabilité d'un prévenu, du moins d'éliminer formellement certaines hypothèses et, par suite, d'orienter les recherches dans la bonne voie.

D'une façon générale, le problème se pose

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 250, page 261.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 200, page 163.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 57, page 59.

(4) Voir *La Science et la Vie*, n° 48, page 80.

ainsi : le cadavre d'une victime, tuée par une arme à feu, ayant été découvert, il s'agit de déterminer, tout d'abord, s'il y a eu crime, accident ou suicide (car, s'il y a eu crime, le meurtrier a très bien pu procéder à une mise en scène pour faire croire à un suicide). Un premier indice est fourni par l'étude des positions respectives du cadavre et de l'arme, par l'examen de la blessure et des traces du passage du projectile à travers les vêtements. L'identification de l'arme, c'est-à-dire l'affirmation que la balle, trouvée en général dans le corps de la victime, a été ou non tirée par l'arme découverte près du cadavre, est également fort importante.

Cette balle, extraite du corps de la victime, est la plus importante parmi toutes les pièces à conviction. Lorsque l'arme du crime n'est pas retrouvée, c'est parfois la seule pièce susceptible de permettre aux experts d'identifier le type de l'arme dont s'est servi le meurtrier. Si celui-ci a tiré avec un pistolet automatique, on retrouve généralement la douille percutée, en admettant qu'elle n'ait pas été ramassée par le criminel.

Balle et douille, soumises à un examen attentif, peuvent fournir les renseignements les plus précieux.

Une enquête ainsi conduite ne fait appel

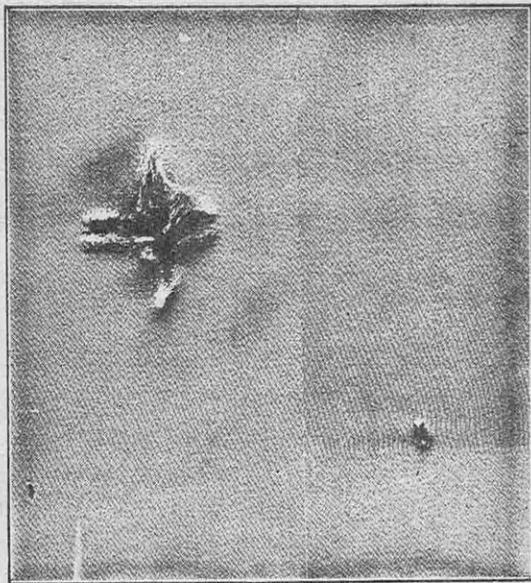


FIG. 1. — PHOTOGRAPHIE D'UNE PARTIE DE VÊTEMENT PERFORÉE PAR UNE BALLE

L'orifice en forme de croix à l'entrée de la balle suffit pour démontrer que le coup a été tiré à « bout touchant ». On voit que l'orifice de sortie est beaucoup plus petit et plus net. D'autre part, l'examen de la tache brune autour du trou d'entrée a permis de déterminer la nature de la poudre.

en aucune manière à l'intuition trop souvent sujette à erreur. Une suite de mesures, d'analyses chimiques, d'expérimentations, voire d'exa-

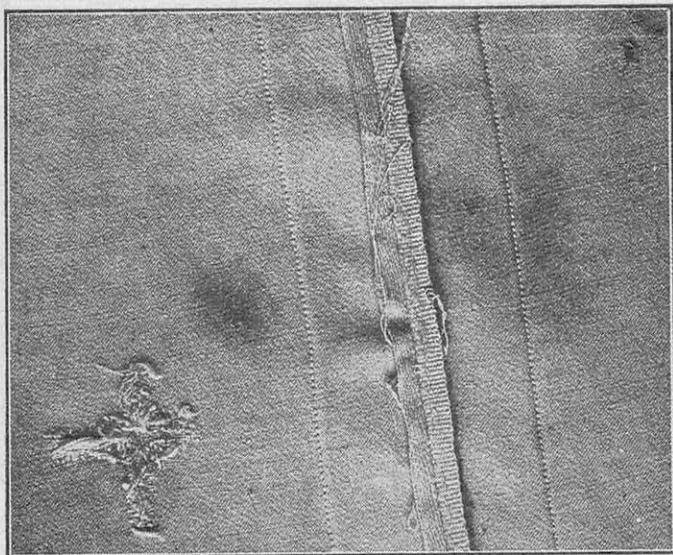


FIG. 2. — LE MÊME TISSU QUE FIGURE 1, VU A L'ENVERS

Les taches sont plus étendues qu'à l'endroit. Des tirs expérimentaux effectués sur une autre portion du même tissu ont démontré que seul le tir à « bout touchant », avec une cartouche à poudre pyroxylée, pouvait produire un effet identique.

FIG. 3. - COMMENT ON MATÉRIALISE LA TRAJECTOIRE D'UN PROJECTILE

Cette matérialisation s'effectue avec une ficelle convenablement placée. Dans l'exemple ci-contre, on voit que les blessures à la cuisse et à la main gauche ne peuvent être produites par la même balle, à moins que le sujet ne prenne une position extrêmement particulière.



mens microscopiques

et spectrographiques, confèrent aujourd'hui aux investigatons policières une rigueur toute scientifique. Avec le professeur Sannié, l'éminent directeur du Service de l'Identité judiciaire à Paris, nous allons passer en revue, pour les lecteurs de *La Science et la Vie*, les méthodes générales de travail en honneur dans les laboratoires pour l'identification des projectiles et des armes à feu, méthodes que leur souplesse permet d'adapter à l'énorme diversité des cas rencontrés dans la pratique. D'ores et déjà, il nous est possible d'affirmer que, sauf dans certains cas, heureusement rares, l'identité judiciaire peut aboutir à une conclusion formelle, non sur l'auteur du crime, — ceci n'est pas de son ressort, — mais sur l'arme fatale et sur les circonstances du drame.

### L'examen des vêtements

Durand (1), blessé à la cuisse et à la main gauches, porte plainte contre Pichon. Attaqué par celui-ci, dit-il, il affirme avoir fait dévier l'arme d'un coup de

(1) Il va de soi que nous n'avons pas le droit de donner ici certaines précisions sur des affaires récentes et que tous les noms sont supposés.

poing porté de la main droite, ce qui explique la nature de la blessure à la cuisse alors qu'il avait été visé à la tête. L'inculpé se défend, assurant que le plaignant s'est blessé lui-même en manipulant son pistolet. Pour les départager, il convient de déterminer la trajectoire suivie par le projectile — d'où on déduira la position de l'agresseur présumé — et la distance à laquelle le coup a été tiré. Pièce à conviction : la culotte de Durand portant sur la jambe gauche deux trous, un vers le devant, en étoile, l'autre un peu plus bas et vers l'arrière, tout petit. L'examen superficiel du tissu montre aussi deux zones noirâtres autour du premier orifice. A l'envers, une zone noirâtre s'étend d'un trou à l'autre. Ces taches paraissent le résultat d'un tatouage laissé par le coup de feu.

C'est l'expérimentation qui, seule, peut départager les deux

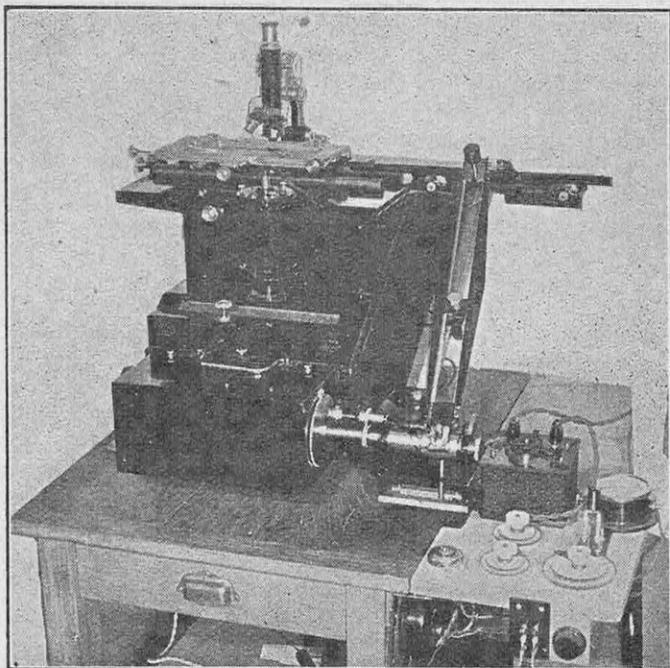


FIG. 5. — MICROPHOTOMÈTRE PHOTOÉLECTRIQUE ENREGISTREUR DU PROFESSEUR SANNIÉ

Cet appareil permet de dépouiller les spectres obtenus à l'analyse spectrale et de tracer les courbes comme celles de la figure 4.

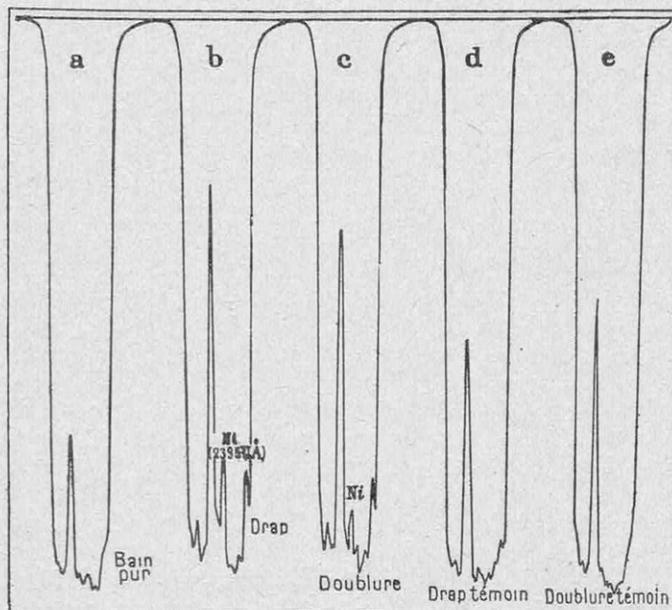


FIG. 4. — COMMENT L'ANALYSE SPECTROGRAPHIQUE PERMET DE DÉCELER LA NATURE DES TRACES DES MÉTAUX LAISSÉS PAR UN PROJECTILE TRAVERSANT UNE ÉTOFFE

On voit ici que, sur les courbes b et c obtenues au microphotomètre enregistreur (fig. 5) et correspondant au drap et à la doublure perforés par la balle, figure la raie du nickel qui ne se trouve ni en d ni en e. La balle était chemisée de nickel, comme le sont en général les projectiles de pistolet automatique.

adversaires. Pour cela, un certain nombre de coups sont tirés sur un tissu semblable, à différentes distances, avec de la poudre noire et de la poudre pyroxylée (1). La première donne des points noirs ; la seconde, une tache homogène analogue à celle trouvée. L'arme utilisée est donc vraisemblablement un pistolet automatique. Des tirs sur l'autre jambe de la culotte ont montré que le canon de l'arme doit toucher l'étoffe (et encore dans certaines conditions spéciales) pour obtenir un orifice en croix. C'est ce que l'on appelle le tir à *bout touchant*.

L'agression peut alors être reconstituée, le plaignant ayant revêtu son vêtement. A chaque expérience, le coup de poing qu'il donne sur le bras de l'agresseur montre que le canon vient bien s'appuyer sur la cuisse. D'autre part, si l'on matérialise la trajectoire de la balle par une ficelle passant par les trous de l'étoffe,

(1) Poudre sans fumée à base de cellulose et d'un sel oxydant.

il apparaît peu probable que la blessure ait été accidentelle. Enfin, l'examen de la main gauche montre que les trajectoires intéressant la cuisse et cette main ne pouvaient coïncider dans une position normale du corps. Il apparaît possible, au contraire, qu'un mouvement instinctif de défense ait pu amener la main gauche du blessé en arrière de la jambe.

On voit par cet exemple, déjà assez complexe, qu'il est possible, d'après les seules traces laissées sur les vêtements par un coup de feu, de déterminer la nature de l'arme et la distance du tir. D'une façon générale, si une étoffe présente une déchirure avec éclatement du tissu et roussissure, c'est le cas du *bout touchant*. Si la perforation est limitée au diamètre de la balle avec présence de lamelles ou de grains de poudre non brûlés, le tir est dit à *bout portant*. L'analyse chimique peut alors déceler le genre de poudre auquel on a affaire. En effet, la poudre noire (soufre, charbon et nitrates) se reconnaît à la présence de soufre et de carbonate de potassium, sans nitrates, ceux-ci ayant servi à fournir l'oxygène nécessaire à la combustion du soufre et du charbon. La poudre pyroxylée (poudres *T, J* ou *M*) se révèle grâce à des traces d'acide sulfurique libre (sauf pour la variété *M* qui contient de la baryte précipitant cet acide) et d'acide azotique. La variété *J* renferme également du chrome que l'analyse spectrale décèle aisément.

Voici, à titre d'exemple, comment on conduit une analyse de ce genre : l'étoffe suspecte, découpée autour de l'orifice du projectile, est mise à l'ébullition avec quelques centimètres cubes d'eau distillée. On ajoute une goutte de carbonate de sodium chimiquement pur. On décante et on sépare la liqueur en deux parties que l'on fait évaporer dans deux capsules. Si, dans l'une, on verse une goutte de cobaltonitrite de soude, un précipité jaune clair indique la présence de potassium (poudre noire). Si le résultat est négatif, une goutte de diphénylamine dans la deuxième capsule, donnant une coloration bleu intense, indique la présence de nitrates, c'est-à-dire d'acide azotique qui a donné naissance aux nitrates (poudre pyroxylée).

Pour la détermination des distances de tir, un tableau des auréoles obtenues par expériences avec des armes de différents calibres et avec chaque poudre donne des indications assez précises pour les coups tirés de près. Lorsque la distance est trop grande et que l'auréole disparaît, l'étude des taches (alcalines ou acides) permet une nouvelle appréc-

iation. Enfin, la présence de poudre non brûlée autorise une évaluation allant de 0,50 m à 1,50 m, suivant les armes.

De telles considérations peuvent être assez précises pour infirmer parfois certaines accusations. C'est ainsi, par exemple, que l'identité judiciaire a pu lever une inculpation d'homicide volontaire. Ayant en mains le pistolet automatique 6,35 mm trouvé près du corps, la douille vide et la balle, elle a pu déterminer, à l'examen des traces de balle sur la veste, le gilet, la cravate, le tricot et la chemise, que le coup avait été tiré à « bout touchant ». De plus, l'orifice sur la chemise était plus allongé que les autres, et ceci a pu être expliqué par l'usure des rayures du pistolet *de la victime*, un projectile tiré avec cette arme se couchant dès un parcours de 20 cm. Enfin, la reconstitution, par cinq personnes différentes, a montré que la position de suicide était la plus plausible.

### **Par son extrême sensibilité, l'analyse spectrale permet de déterminer la nature de la balle qui a perforé une étoffe**

Lorsqu'un projectile traverse une étoffe, il laisse, par suite de son échauffement et de sa vitesse, des traces du métal de sa surface sur les bords du trou. Il est très important de connaître la nature de ce métal, afin de déterminer le genre d'arme utilisée. Ainsi, les balles en plomb correspondent, en général, à des munitions chargées de poudre noire, tandis que les balles dites « blindées », c'est-à-dire recouvertes d'une chemise de cuivre, de laiton, de maillechort, de nickel ou d'acier, correspondent à des munitions chargées de poudres pyroxylées. D'ailleurs, l'examen peut déceler à la fois la nature du métal du chemisage et du noyau, si le premier a été déchiré par un ricochet avant de perforer le tissu.

Voici, par exemple, une étoffe portant un orifice grossièrement rectangulaire de quelques millimètres de côté. Provient-il d'un projectile ? Telle est la question posée à l'identité judiciaire. Or, c'est seulement par millièmes de milligramme que se chiffre la quantité de métal laissée sur les bords de l'orifice. Seule, l'analyse spectrale, dont l'extrême sensibilité a donné déjà de si merveilleux résultats dans d'autres domaines, peut alors être utilisée avec succès, encore que la technique de son application demeure délicate, non en elle-même, mais dans la préparation de l'expérience, c'est-à-dire l'isolement des éléments à mettre en évidence (métaux pouvant constituer le pro-

jectile ou son chemisage : plomb, cuivre, maillechort, nickel).

Sur l'étoffe à étudier, on découpe alors autour de l'orifice la partie intéressée (et, éventuellement, sur la doublure, s'il s'agit d'un vêtement). On prélève également un échantillon loin de l'orifice ; il faut, en effet, prévoir le cas où le tissu lui-même contiendrait les éléments métalliques recherchés, ce qui n'est d'ailleurs pas rare. Chaque prélèvement est traité chimiquement afin d'en détruire la texture et d'obtenir une liqueur contenant les métaux à déceler. Chaque liqueur est alors soumise à une électrolyse par courant continu de faible intensité et dans des conditions extrêmement précises de température et de densité de courant, afin que les métaux présents se déposent successivement sur des fils de cuivre formant électrodes. Si l'on fait jaillir une étincelle électrique entre chacune de ces électrodes supportant un métal donné et un fil de cuivre pur, les atomes du métal déposé se volatilisent. La lumière de l'étincelle contient donc les radiations spécifiques du métal. Analysée au spectrographe, cette lumière permet de caractériser avec une sûreté absolue les traces métalliques les plus infimes sous forme de raies brillantes dont la position et l'intensité sont enregistrées par un microphotomètre. Les ordonnées des courbes obtenues correspondent, au moins approximativement, à la quantité de métal décelé. Les courbes (figure 4) montrent nettement la raie du nickel sur le drap et la doublure du vêtement, alors qu'elle n'apparaît ni pour l'échantillon prélevé loin de l'orifice suspect, ni pour un bain pur (ne contenant que les réactifs utilisés pour préparer les liqueurs). Bien entendu, la raie correspondant au métal même des électrodes est toujours très intense. Dans le cas examiné (présence du nickel autour de l'orifice), on peut donc conclure que la perforation de l'étoffe est due à une balle chemisée de nickel, comme celles que tirent les pistolets automatiques.

Ainsi, bien que les dimensions de l'orifice de l'étoffe ne donnent aucune indication sur le calibre de l'arme (elles varient, en effet, avec la distance de tir), l'examen scientifique des

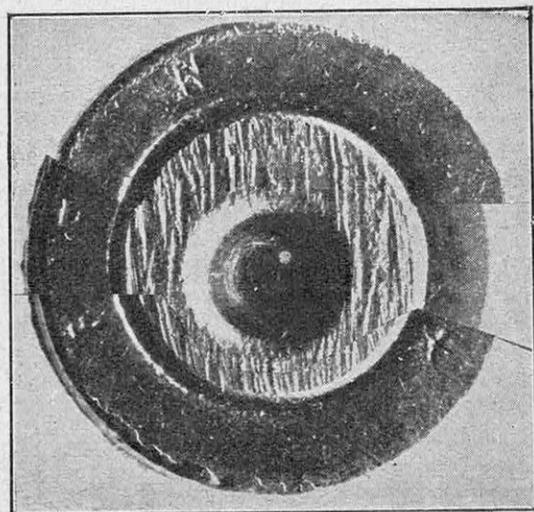
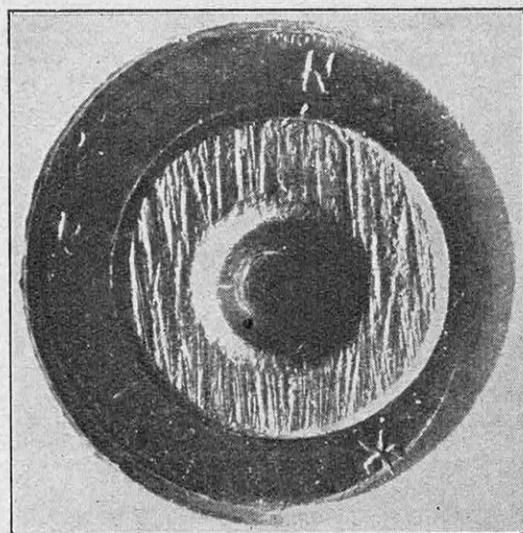
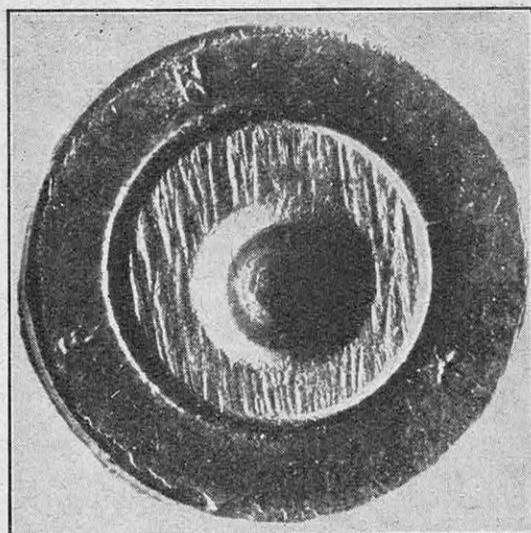


FIG. 6. — IDENTIFICATION D'UNE DOUILLE D'UN PROJECTILE APRÈS LE TIR

*En haut, culot de la douille témoin ; au centre, culot de la douille à identifier ; en bas, culot de la douille supérieure sur laquelle on a placé une partie découpée dans la photo du centre. On voit que les stries imprimées sur les culots des douilles se correspondent exactement. C'est donc la même arme qui a tiré les deux projectiles.*

vêtements permet de tirer des conclusions précises sur sa nature. Nous allons voir d'ailleurs comment l'identification de l'arme peut être poussée à un degré qui confine avec l'absolue certitude.

### Comment on identifie avec précision une arme à feu

Laissons de côté les déductions autorisées simplement par une expérience personnelle. Soyons plus exigeants. Nous voulons savoir si, étant donné un projectile, on peut affirmer qu'il a été ou non tiré avec une arme également déterminée. Lorsqu'un crime a été commis, dans la grande majorité des cas, l'autopsie permet, en effet, de retrouver un ou plusieurs projectiles dans le corps de la victime. De plus, une arme est soit recueillie près du cadavre (mise en scène pour faire croire à un suicide), soit saisie chez un individu suspect. Enfin, l'examen des douilles percutees présente également une importance capitale.

L'identification d'une arme, pour être rationnelle, doit procéder par étapes. Marc Bischoff, directeur de la Police scientifique suisse, a montré, dans un ouvrage récent (1), comment le mode de percussion ou de mise à feu permet d'établir une première classification (percussion annulaire, latérale, centrale — la plus répandue, — centrale-automatique — cas des pistolets automatiques). Bischoff a même établi des collections systématiques où les munitions usuelles sont d'abord réparties selon le mode de percussion ; puis, dans chaque classe, selon les calibres.

Contentons-nous cependant de considérer ici le cas le plus fréquent, et supposons qu'un premier examen nous ait fait classer l'arme à étudier dans le genre « pistolet automatique ».

### Comment le fonctionnement même du pistolet automatique permet de circonscrire les recherches

Il existe actuellement environ deux cent cinquante marques de pistolets automatiques courants, des calibres 6,35 mm, 7,65 mm et 9 mm. Malgré cette diversité, une marque de fabrique peut être aujourd'hui rapidement déterminée d'après le projectile seul, grâce au remarquable travail de Mezger, Haass et Haaslacher de Stuttgart, fondé sur les quatre éléments suivants :

Le nombre des rayures imprimées par le canon (nombre égal à 6 en général, mais qui

peut varier entre 4 et 8) sur la balle pour lui communiquer le mouvement de rotation qui assure son équilibre sur sa trajectoire (1) ;

Le sens de rotation de ces rayures, en général à droite (2) ;

L'angle que font les rayures avec l'axe du projectile, angle qui détermine le pas ;

La largeur des rayures.

Voici maintenant les éléments apportés par la douille tirée ; pour bien les saisir, il faut se rappeler, dans ses grandes lignes, le fonctionnement d'un pistolet automatique.

La pression du doigt sur la gâchette libère le percuteur qu'un ressort projette violemment vers l'avant. Le culot de la douille portera donc la trace du percuteur, petite tige d'acier glissant dans une pièce de métal dont l'épaule appuie contre le culot de la cartouche. L'explosion de l'amorce faisant gonfler celle-ci et le métal qui la contient, le culot se trouve appuyé fortement contre cet épaulement. Sa forme s'imprime donc sur la douille. De plus, au moment du coup de feu, le recul ramène en arrière la culasse en entraînant la douille par l'extracteur. Dans certains pistolets, la douille vient heurter un butoir qui la fait basculer et l'éjecte sur le côté. Dans d'autres, il n'y a pas de butoir, l'éjection se faisant, le plus souvent, vers le haut, par le choc de la douille sur la partie supérieure du magasin de l'arme. La présence ou non de trace de butoir permet donc d'opérer une discrimination. Enfin, la forme du butoir, sa position par rapport à l'extracteur caractérisent également les marques de fabrique.

En possession de tous les éléments fournis par le projectile et par la douille, l'expert scientifique peut alors, à coup sûr, en se reportant à des tableaux, déterminer la *marque* et le *type* de l'arme qui a tiré le projectile. Si cette première étape d'identification ne peut être, en général, suffisante, par suite du grand nombre d'armes du même type en service, elle peut, néanmoins, permettre d'affirmer que « telle arme n'a pu matériellement tirer le projectile découvert ». Dans une affaire récente, cette méthode a pu lever toutes les incertitudes. Deux inculpés rejetaient l'un sur l'autre la responsa-

(1) Il arrive parfois que les armes tirant la même balle ont un nombre de rayures différent. Par exemple, le pistolet automatique Colt 0,38 a 6 rayures, alors que le Remington, tirant la même balle, en a 7.

(2) Il existe des armes tirant la même balle et ayant le même nombre de rayures, mais de sens opposés. Par exemple, le pistolet automatique Colt 0,45 a 6 rayures à gauche, alors que le Smith et Wesson modèle 1917, tirant la même balle, en a le même nombre, mais à droite.

(1) *La Police scientifique*, par MARC BISCHOFF.

bilité d'un crime, l'un prétendant que les coups mortels avaient été tirés avec un pistolet automatique de 6,35 mm, l'autre avec un revolver à barillet. Il suffit d'examiner les projectiles extraits de la tête de la victime et de compter le nombre des rayures pour démontrer que ce nombre correspondait à celui du canon du revolver et non du pistolet.

Ainsi peut être dépitée une mise en scène de suicide, le criminel qui a tiré avec son pistolet plaçant souvent dans la main du cadavre, pour rendre le suicide plus plausible, le pistolet de la victime elle-même sans

suspectés. Une arme ayant été saisie parce que répondant à ces caractéristiques générales, il reste à répondre affirmativement : « Cette arme a tiré ce projectile. »

Ce problème, en apparence insoluble, est cependant résolu couramment aujourd'hui par toutes les polices du monde entier. Si toutes les mains humaines se ressemblent, elles possèdent néanmoins des caractéristiques particulières : les empreintes digitales, qui les différencient à coup sûr. De même chaque arme possède sa personnalité propre qu'elle imprime d'une façon indélébile sur tous les projectiles qu'elle tire. Même dans

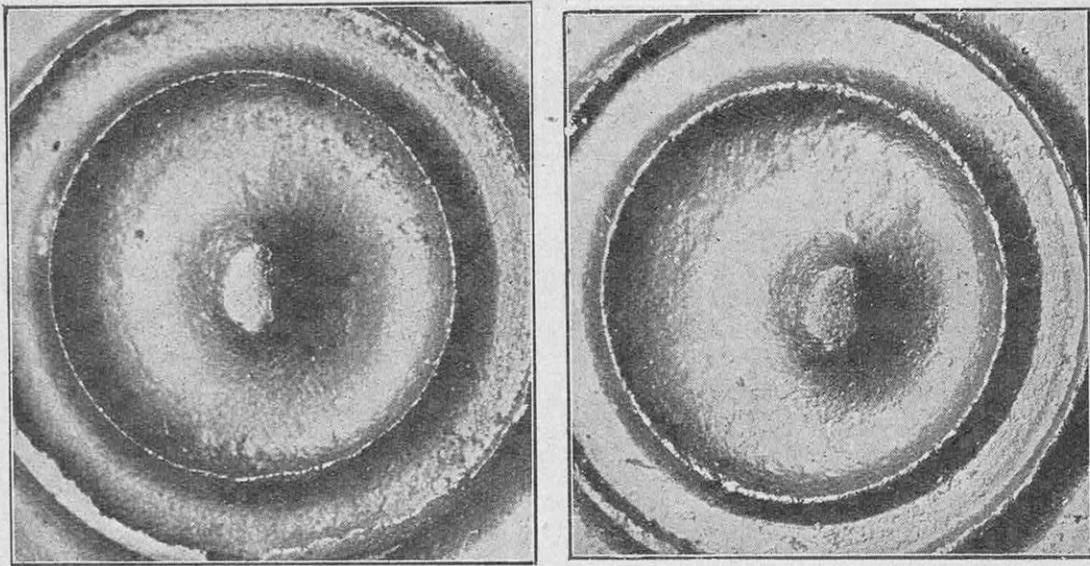


FIG. 7. — SUR CES DEUX CULOTS DE DOUILLES ON REMARQUE QUE LES TRACES DU PERCUTEUR SONT NETTEMENT DIFFÉRENTES

penser qu'il apporte, au contraire, à l'expertise scientifique la certitude absolue qu'il y a eu crime.

### Les empreintes laissées par une arme à feu sur les projectiles sont aussi caractéristiques que les empreintes digitales

La sélection opérée grâce aux caractéristiques générales du projectile et de la douille ne peut qu'être négative, c'est-à-dire affirmer que « telle arme n'a pas tiré tel projectile ». Elle aboutit simplement à la détermination de la marque de fabrique, du modèle et du type de l'arme utilisée. La documentation possédée par la police complète cependant ces caractéristiques et permet d'orienter les recherches, soit auprès des armuriers ayant vendu peu avant le crime une arme de ce type, soit au cours de perquisitions chez les individus pouvant être

le cas d'une arme achetée en vue précisément du crime à commettre, il y a toute probabilité pour qu'elle ait été essayée et pour que son canon présente des piqûres qui lui donnent déjà cette personnalité. D'ailleurs, deux pistolets n'ayant jamais servi, du même type et de la même marque, présentent toujours quelque différence, ne serait-ce que par suite de l'usure de l'outil qui a servi à rayer les canons par exemple (1). L'homme ne saurait répéter *identiquement* un objet quelconque.

Il s'agit donc de pouvoir révéler soit de telles différences, soit, au contraire, une iden-

(1) Théoriquement, à chaque passe de rayage, l'arête coupante de l'outil change légèrement par suite de l'usure ; pratiquement, les traits d'outil ne changent réellement qu'après chaque réaffûtage. Ajoutons qu'avec les aciers à outils modernes, on peut rayer une dizaine de canons d'armes portatives sans réaffûtage.

tité absolue. C'est pourquoi l'identification d'une arme ne peut être faite que par comparaison. Il faut donc effectuer, avec l'arme saisie, des tirs expérimentaux et comparer ensuite les projectiles provenant de ces essais avec ceux trouvés sur la victime et étudier de même les douilles, lorsqu'on a pu en découvrir sur les lieux du drame. Mais cette comparaison ne peut être féconde que si les projectiles témoins ne portent aucune marque étrangère à celles que l'arme peut lui avoir imprimées. Rien n'est plus facile : il suffit de tirer les balles dans du coton floche, qui les arrête rapidement, ou, comme à Lausanne, dans de la sciure de bois mouillée et comprimée dans une caisse spéciale.

La comparaison des projectiles peut alors se faire soit optiquement à l'aide d'un microscope, soit sur des microphotographies exécutées rayure par rayure. Une autre méthode, pratiquée à Paris, permet d'embrasser d'un seul coup d'œil toutes les marques caractéristiques d'une balle en développant sa surface entière. Pour cela, on place une feuille de plomb ou d'étain de 0,1 mm d'épaisseur sur un carton et on appuie fortement la balle sur elle en la faisant rouler sans glisser. Non seulement les rayures principales, mais encore toutes les stries marquées par les petites aspérités accidentelles présentées

par le canon se trouvent imprimées parfaitement. Il va de soi que l'on ne doit considérer que les groupes de traces se retrouvant sur le projectile incriminé et sur le projectile témoin. En effet, le diamètre de ces projectiles peut varier de quelques centièmes de millimètre et, dans ces condi-

tions, les plus petits, moins serrés dans le canon que les plus gros, portent moins de stries. De même, au départ du coup, une balle peut avoir emporté avec elle une petite aspérité du canon. Quoiqu'il en soit, les développements obtenus, agrandis photographiquement, font ressortir très nettement l'identité des projectiles.

L'examen de la douille apporte une précision du même ordre. Toutes les parties métalliques qui, comme nous l'avons vu, appuient sur elle soit au départ du coup, soit pour assurer son éjection, présentent toujours des défauts s'imprimant

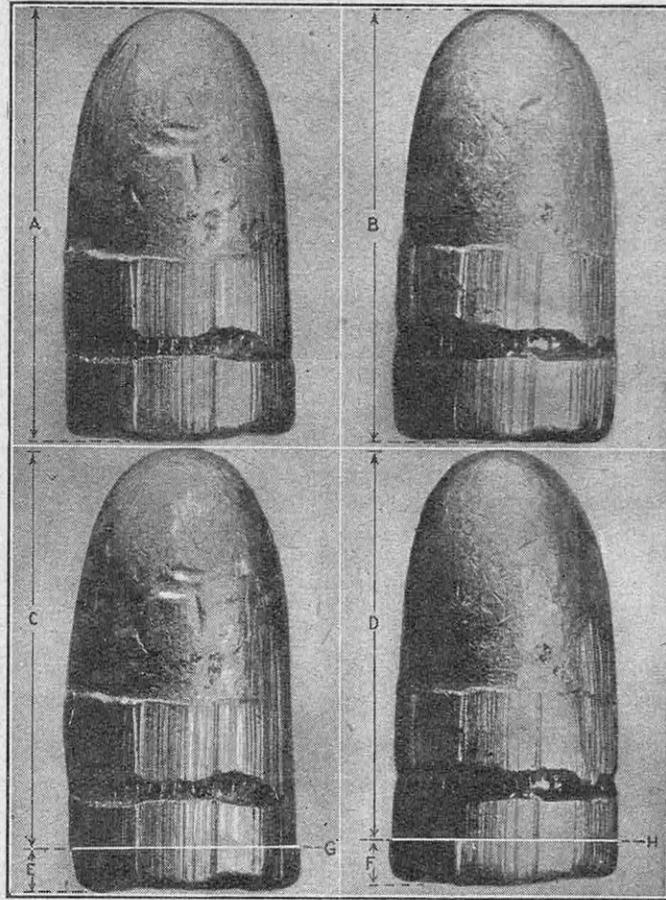


FIG. 8. — IDENTIFICATION D'UNE BALLE AUX ÉTATS-UNIS  
A, balle à identifier (trouvée dans le corps de la victime) ;  
B, balle témoin tirée avec l'arme de l'accusé ; CE, photographie  
dont la partie C provient de la balle A et la partie E de la balle  
B ; DF, photographie obtenue de la même façon en interver-  
tissant les parties relatives à la balle témoin et à la balle fatale.  
La concordance des stries démontre que les deux balles ont été  
tirées avec la même arme.

sur le métal plastique de la douille. De même, il est rare que les pointes de deux perceurs soient semblables, qu'elles soient exactement centrées, etc. Autant de particularités que l'expertise retrouve sur la douille et que des microphotographies révèlent aisément. Ce procédé, mis au point à Paris dès 1913 par Balthazard, a toujours conduit à des résultats certains.

Il apparaît donc qu'un criminel ne peut

espérer l'impunité malgré les précautions les plus minutieuses. L'arme signe le crime pour lui. D'ailleurs, toutes les autres méthodes de recherches concourent toujours avec celle de l'identification d'une arme : empreintes digitales sur les surfaces externes de l'arme et sur le chargeur ; analyse des poussières et des fibres d'étoffe qui s'accumulent dans les anfractuosités de l'arme et comparaison avec celles recueillies dans les poches du prévenu, etc.

Dans le domaine des armes de chasse, l'identification est également scientifique et fondée sur des procédés analogues. Une affaire assez compliquée a pu être ainsi dénouée. Une victime est trouvée dans un bois, morte par coup de feu, blessure au côté gauche de la nuque, coup tiré à bout portant, le fusil à terre du côté droit. Un de ses amis est inculpé d'homicide volontaire. Il s'agissait donc de savoir si le coup de feu avait été tiré par l'arme de la victime ou de l'inculpé. Même calibre des

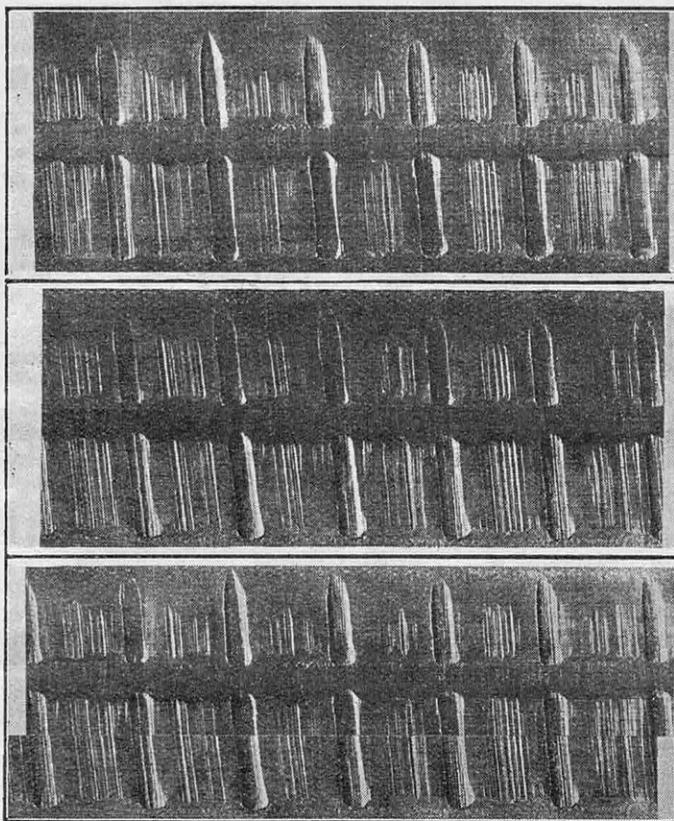


FIG. 9. — IDENTIFICATION D'UNE BALLE A PARIS

*La balle témoin et la balle à identifier ont laissé l'empreinte de leurs stries sur une mince bande d'étain. On voit en bas la juxtaposition des empreintes obtenues qui montre, d'un seul coup d'œil, la concordance des stries. Dans la méthode américaine, il faut, au contraire, effectuer plusieurs photographies de la même balle pour avoir l'ensemble des stries.*

que les munitions de l'inculpé ne pouvaient être mises en cause. La conclusion s'imposait : la mort était due à un accident.

Si l'intuition, le flair du policier et les indices divers cueillis par lui demeurent à la base de la découverte des pistes possibles et probables, seule l'expérimentation scientifique permet aujourd'hui de mettre le point final aux enquêtes où les armes à feu ont joué leur rôle fatal. JEAN MARCHAND.

On évalue actuellement à 4 600 milliards de tonnes les réserves de charbon dans le monde sur lesquelles les Etats-Unis possèdent 44 % environ (2 041 milliards de tonnes). Si l'extraction demeurait constante et égale à celle d'aujourd'hui, ces réserves seraient épuisées au bout de 3 780 ans. Il suffirait cependant que l'extraction annuelle mondiale s'accroisse constamment (1) de 0,5 % pour que ce délai tombe à 595 ans.

Pour le pétrole l'épuisement serait beaucoup plus rapide : 18 ans seulement pour le monde entier. Ce sont l'Irak, l'Iran et l'U. R. S. S. qui sont les mieux partagés : 110 ans, 39 ans et 22 ans. Mais ces statistiques sont sujettes à révision.

(1) Il faut entendre par là que l'extraction d'une année est toujours de 0,5 % supérieure à celle de l'année précédente. C'est donc la formule des intérêts composés qui s'applique.

fusils, munition semblable, percussion centrale. Tout d'abord les traces des perceurs ont montré que la douille devait avoir été tirée avec le fusil de la victime. L'analyse de la bourre trouvée dans la plaie, l'étude physique et chimique de ses fibres ont confirmé la première conclusion ; il en fut de même de l'analyse des cartons et de l'examen des plombs. Enfin, les traces de poudre dans le canon, recueillies sur un tampon de coton, analysées chimiquement et au spectroscope, ont encore confirmé

## LES LIVRES QU'IL FAUT MÉDITER

Sous cette rubrique, une personnalité éminemment qualifiée pour chaque genre d'ouvrage analyse les livres les plus récents, qui font époque dans les différents domaines de la pensée humaine appliquée à l'interprétation des faits et des idées humaines.

### LE PROGRÈS TECHNIQUE (1)

PARALLÈLEMENT au *Progrès scientifique*, auquel était consacré un ouvrage suggestif (2), le progrès technique forme l'objet essentiel d'un volume également tout récent, vivant, impartial et bien documenté, publié par Pierre-Maxime Schuhl, maître de conférences à l'Université de Toulouse, sous le titre *Machinisme et philosophie*. L'exposé tient en cent et quelques pages, divisées en quatre chapitres : L'antiquité et le machinisme; Vers une mentalité nouvelle; Les origines de la grande industrie; Le XIX<sup>e</sup> siècle. Une brève conclusion s'applique à préciser *les leçons de la guerre et les leçons de la crise*. « Par une belle matinée de printemps tout ensoleillée, écrit l'auteur en terminant, je passais devant un chantier, dans une vieille rue de Montpellier, près de la Tour des Pins, et m'arrêtais quelques instants à contempler une puissante excavatrice en action. Au bout d'un moment, un vieil ouvrier, qui regardait aussi, se tourna vers moi : *Ah ! me dit-il, que la vie devrait être belle et que nous devrions tous être heureux, avec tout ce que la nature nous donne, tout ce que la science y ajoute, et toutes ces machines qui travaillent pour nous !* »

Il est du plus haut intérêt de feuilleter ensemble ces pages riches de substance, qui partent de l'âge où la roue et le levier — les premières « machines simples » — furent inventées; à côté d'anticipations merveilleuses, nous y glanerons des critiques d'opinions qui témoignent d'une incompréhension manifeste et dont le genre humain ne s'est pas encore débarrassé; nous y rencontrerons aussi des problèmes sociaux, qui laissent pressentir les difficultés dans lesquelles notre génération se débat.

L'absence de machines complexes pendant toute l'antiquité gréco-romaine tient essentiellement à deux causes :

D'une part, les sciences expérimentales, base de toute application féconde, étaient dans l'enfance, et il régnait alors des préjugés qui se sont transmis jusqu'à nous et qui sont encore tenus pour valables par une bonne partie de l'élite contemporaine. Cet état d'esprit fut dénoncé beaucoup plus tard et condamné par le grand Léonard de

Vinci (1452-1519) : « S'il fallait les en croire, serait mécanique la connaissance qui naît de l'expérience, et scientifique celle qui naît et finit dans l'esprit. Mais il me semble, à moi, que ces sciences sont vaines et pleines d'erreurs qui ne sont pas nées de l'expérience, mère de toute certitude, et qui ne se terminent pas par une expérience définie. »

D'autre part, comme le système économique des Anciens était fondé sur l'esclavage, la technique scientifique se trouvait sans objet : « L'abondance de la main-d'œuvre servile rendait inutile la construction de machines; et l'argument, d'ailleurs, se retournait, formant un cercle vicieux, dont l'antiquité ne parvint pas à sortir; car, à son tour, l'absence de machines faisait que l'on ne pouvait se passer d'esclaves. » Le sociologue anglais contemporain Julian Huxley écrit également : « Dans la Grèce antique, où le système économique reposait sur l'esclavage, l'application industrielle de la science ne se trouvait d'aucune nécessité. »

Comme exemple typique de la mentalité d'alors, P. M. Schuhl cite le cas de l'éolipile : au III<sup>e</sup> siècle de notre ère, Héron (d'Alexandrie) expliquait « comment une petite boule creuse, munie de deux soupapes d'échappement, se met automatiquement à tourner autour d'un axe, représenté par deux tuyaux également creux, qui communiquent, à un bout avec cette boule, à l'autre bout avec une chaudière, pour peu que l'on fasse bouillir de l'eau dans cette chaudière : l'appareil tient à la fois de la machine à vapeur et de la turbine. Mais quelles applications les Anciens tirèrent-ils de ce dispositif ? *Aucune* : ils nous l'ont présenté comme une curiosité amusante, un jeu, auquel ils donnaient le nom de balle d'Eole (le dieu du vent) — en grec : éolipile — comme une de ces merveilles (de ces « thaumata ») dont ils étaient aussi friands que des tours de passe-passe des prestidigitateurs, et qu'ils mettaient à peu près sur le même plan ». Ne suffit-il pas de jeter un coup d'œil autour de nous pour constater des attitudes analogues ? « On trouverait sans doute, chez plus d'un parmi nous, écrit André Siegfried, une sensibilité du XIX<sup>e</sup> siècle, à côté d'une technique du XX<sup>e</sup>, et peut-être des superstitions du moyen âge. » Retenons aussi les justes remarques de Paul Elbel : « A la source de nos pires

(1) PIERRE-MAXIME SCHUHL, *Machinisme et philosophie*. Prix franco : France, 17 f.; étranger, 20 f.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 259, page 78.

difficultés, il y a notre impuissance à nous adapter aux conditions toutes nouvelles dans lesquelles nous sommes plongés. Alors que le monde, depuis un quart de siècle, a subi une évolution formidable, la plupart d'entre nous continuent à vivre, à agir, à raisonner avec les idées qu'ils ont acquises des générations précédentes. » Car un long effort est nécessaire pour s'affranchir d'une curiosité spontanée et superficielle, pour atteindre une compréhension plus large, plus correcte des choses.

C'est Léonard de Vinci qui entreprit cette sorte de « croisade » contre l'« erreur antique », suivi de près par le savant pavésan Jérôme Cardan (1501-1576) : pour lui, Archimède se classe — en raison même des mécaniques qu'il inventa — au premier rang des grands génies, avant Aristote. L'Anglais Francis Bacon (1561-1626) entre, à son tour, en guerre contre Aristote : « Tandis que les problèmes philosophiques en sont restés au même point depuis des siècles, les techniques ont progressé et transformé le monde. L'originalité de Bacon fut de concevoir, à la lumière des découvertes et des inventions des derniers siècles, la possibilité d'autres inventions, destinées à transformer les conditions pratiques de la vie humaine ; de vouloir doter l'humanité, par la science, d'une puissance nouvelle. Bacon, puis Descartes ont désiré construire une science capable de produire la diminution et le soulagement des travaux des hommes. » Le philosophe John Locke proclame que « c'est à un instinct mécanique, qui est chez la plupart des hommes, que nous devons tous les arts, et nullement à la saine philosophie. » La même thèse fut défendue par les Encyclopédistes français de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, tout particulièrement par d'Alembert : « L'avantage que les arts libéraux ont sur les arts mécaniques, par le travail que les premiers exigent de l'esprit et par la difficulté d'y exceller, est suffisamment compensé par l'utilité bien supérieure que ces derniers nous procurent pour la plupart... C'est peut-être chez les artisans qu'il faut aller chercher les preuves les plus admirables de la sagacité de l'esprit, de sa patience et de ses ressources. » Disciple de d'Alembert, Saint-Simon écrivait, vers 1820 : « Plus d'honneurs pour les Alexandre, vivent les Archimède ! Si la France perdait subitement ses trois mille premiers savants, physiciens, chimistes, mécaniciens, ingénieurs, artisans... la Nation deviendrait un corps sans âme à l'instant où elle les perdrait. Par contre, admettons que la France conserve tous les hommes de génie qu'elle possède dans les sciences, dans les arts et métiers, mais qu'elle ait le malheur de perdre, le même jour : Monsieur, frère du roi ; Mgr le duc d'Angoulême ; Mgr le duc d'Orléans... et, en sus de cela, les 10 000 propriétaires les plus

riches parmi ceux qui vivent noblement ; cet accident affligerait certainement les Français, parce qu'ils sont bons... Mais cette perte de 30 000 individus réputés les plus importants de l'Etat ne leur causerait de chagrin que sous un rapport purement sentimental, car il n'en résulterait aucun inconvénient pour l'Etat. D'abord, par la raison qu'il serait très facile de remplir les places qui seraient devenues vacantes ; il existe une multitude de Français aptes à exercer les fonctions de frère du roi aussi bien que Monsieur... Le loisir, la *vie noble* ont perdu leur prestige ancestral ; ils ne sont plus qu'oisiveté et paresse. »

Dans cette nouvelle « Querelle des Anciens et des Modernes », le poète et politicien Lamartine prenait l'attitude inverse : « Si toutes les vérités scientifiques, annonçait-il, se perdaient, le monde matériel (?) subirait sans doute un immense dommage, mais si l'homme perdait une seule des vérités morales dont les études littéraires sont le véhicule, ce serait l'humanité tout entière qui périrait. » A la tribune de la Chambre des députés, Adolphe Thiers prédit, en 1833, que le télégraphe ne sera jamais qu'une amusement de physique pour les petits enfants et que les chemins de fer n'auront aucun avenir, parce que les roues des locomotives patineront sur place sans avancer. L'un et l'autre revivent en plusieurs de nos contemporains, comme ce maire d'une ville importante de la Charente-Maritime qui, pour conjurer la crise, interdisait l'emploi des « machines » pour la construction et la réfection des routes ; il tolérait néanmoins, d'une façon tout à fait arbitraire, l'usage de ces machines simples que sont la pelle et la pioche... ; peut-être ce maire compréhensif eut-il quelque scrupule à prescrire aux ouvriers, dans un arrêté municipal, de n'avoir désormais à se servir que de leurs doigts et de leurs ongles !

C'est en Angleterre que la grande industrie débuta au XVIII<sup>e</sup> siècle, pour remédier à la pénurie de ces deux matières premières que sont le fil et le fer ; puis la thermodynamique donna naissance aux moteurs thermiques, l'électromagnétisme à l'électrotechnique, sans rien présumer de ce que l'humanité de demain tirera des réserves indéfinies d'énergie intranucléaire. Comme dit Paul Mantoux, « le jeu alternatif du besoin économique et de l'invention technique imprime à l'industrie une série d'oscillations, dont chacune est un progrès ».

L'extension du machinisme ne fut pas sans provoquer des retentissements sociaux, dont plusieurs — nous ne le savons que trop — furent catastrophiques. Certes, Jean-Baptiste Say pensait avec raison que l'on ne saurait songer à réduire la production alors que « les sept huitièmes de la population manquent d'une multitude de produits regardés comme nécessaires, je ne dirai

pas dans une famille opulente, mais dans un ménage modeste ». Mais Jean Chaptal fut trop optimiste en minimisant les possibilités de chômage : « Les machines, écrivait-il, diminuent le prix de la main-d'œuvre et font baisser celui du produit, de telle sorte que la consommation augmente, par le bas prix, dans une proportion plus forte que celle de la diminution des bras. » En fait, les problèmes techniques se compliquèrent bientôt de problèmes économiques : vers 1790, « les machines se multiplient rapidement en Angleterre, et les ouvriers en ressentent cruellement les effets : un grand nombre d'entre eux sont sans travail et sans pain » (Paul Mantoux); vers 1815, « le manque de travail dont souffre la classe ouvrière est dû à la surabondance des produits de toute espèce qui ne trouvent pas de débouchés » (Robert Owen). Les économistes du siècle dernier incriminèrent la cupidité et l'incohérence des chefs d'industrie : Constantin Pecqueur (1842) leur reproche « d'avoir perdu le sens social et de n'avoir d'autre but, dans la vie, que de faire fortune à tout prix »; le docteur Louis Villermé (1839) déplore qu'ils ne s'occupent « ni des sentiments, ni des mœurs, ni du sort de leurs ouvriers » et qu'ils les regardent « comme de simples machines à produire ». Et voici quelques autres réflexions de la même époque, dont il est inutile de souligner le regain d'actualité : « Ce n'est point le perfectionnement des machines qui est la vraie calamité, c'est le partage injuste que nous faisons de leur produit... C'est notre organisation, c'est la servitude de l'ouvrier qui le réduit, lorsqu'une machine a augmenté ses pouvoirs, à travailler non pas moins, mais plus d'heures par jour pour le même salaire (Sismondi). Quel dommage que la mécanique ne puisse délivrer le capital de l'oppression des consommateurs ! Quel malheur que les machines n'achètent pas les tissus qu'elles fabriquent ! Ce serait l'idéal de la société si le commerce, l'agriculture et l'industrie pouvaient marcher sans qu'il y eût un homme sur la Terre ! (Proudhon). A quoi servent ces chemises que vous filez ? Elles sont là, pendues par millions, tandis que vont tout nus des êtres laborieux, qui n'ont pas de quoi se les mettre sur le dos. Les chemises sont utiles pour couvrir des dos humains ; elles ne sont qu'une intolérable moquerie s'il en est autrement... Les chefs d'industrie doivent cesser d'être des boucaniers pour devenir des chevaliers conscients de leur devoir féodal, et plus préoccupés du sort de leurs vassaux que de la gestion de leur fortune. Cette fortune ensorcelée, dont ils ne peuvent même pas jouir, ne saurait leur donner le bonheur : ils ne le trouveront que dans la confiance et l'amour de leurs troupes (Carlyle) ».

Nous arrivons ainsi au *malaise contemporain*, dû essentiellement à ce qu'on ne sait pas « adapter aux progrès de la technique les règles de la production et de la répartition », puisqu'on n'a rien trouvé de mieux que de « détruire les produits de première nécessité pour... en soutenir le cours ». Joseph Caillaux (1932) reconnaît que la construction de gigantesques centrales hydroélectriques a pour effet de « transformer les salaires en dividendes », et Bertrand Nogaro (1936) distingue nettement le *chômage technologique* (ou structurel) — provenant de l'emploi de machines de plus en plus perfectionnées — et le *chômage conjoncturel*, dû à une diminution délibérée de la production en période de crise : pour ce professeur à la Faculté de Droit, c'est le second qui l'emporte de beaucoup sur le premier, et c'est là une raison de plus pour renoncer à cette utopie puérile que serait une « trêve des inventions », un retour au « rouet de Gandhi », ce qui constituerait, par ailleurs, un arrêt illogique sur le chemin de la régression : « Imposer un terme à la recherche, écrit P.-M. Schuhl, serait rejeter, avec beaucoup de maux, trop de bienfaits... »

Mais, surtout, que l'on ne confonde pas la science avec la technique : la science est uniquement pensée, et elle s'arrête au moment même où l'action — utile ou nuisible — commence. Je tiens à reprendre ici une analogie qui me paraît éminemment suggestive : reprocher à la science les horreurs de la guerre et les désastres qui la prolongent inévitablement, cela revient à rendre l'arithmétique responsable de la baisse des valeurs mobilières, en invoquant le prétexte qu'il n'y aurait pas eu de cote, ni de Bourse, si l'on avait eu la « sagesse » de s'en tenir à la numération sommaire (un, deux, trois, beaucoup) des peuplades primitives... L'astronome Paul Couderc a repris cette idée : « Un marteau n'a pas, en soi, de valeur humaine : qu'il enfonce un clou ou qu'il défonce un crâne, il ne saurait en être tenu pour responsable. Il en est ainsi pour tous les produits de la science, qui peuvent servir au bonheur de l'homme ou être détournés vers des buts meurtriers. » Pierre-Maxime Schuhl écrit pareillement : « L'avion se prête aussi bien au transport des malades qu'à celui des bombes ; on peut commettre un crime avec un scalpel ; glaives et socs sont faits du même métal ; ce n'est pas d'aujourd'hui que date le grand rêve de transformer les lances en faux, ou en serpes les poignards ». Et l'auteur nous rappelle plaisamment ces prêtres athéniens qui, après avoir sacrifié un bœuf, instruisaient le procès du couteau dont ils s'étaient servis et le condamnaient à être jeté dans la mer Egée, comme coupable du crime commis.

MARCEL BOLL.

# LA T. S. F. ET LA VIE

Par André LAUGNAC

## Les nouvelles lampes changeuses de fréquence

LES avantages d'amplification et de sélectivité des récepteurs à changement de fréquence sont reconnus universellement depuis longtemps, et, à l'heure actuelle, presque tous les récepteurs sont établis sur ce principe : il leur reste néanmoins beaucoup de progrès à faire avant d'atteindre la perfection. Les récepteurs modernes « toutes ondes », à commande unique et volume-contrôle automatique (antifading), sont en effet affligés de défauts caractéristiques. Nous avons déjà examiné ici (1) l'origine des glissements d'accord, et nous avons signalé une façon sûre d'y remédier en employant comme oscillateur local un montage très stable, constitué par deux lampes montées en cascade. Il existe actuellement sur le marché plusieurs lampes changeuses de fréquence d'un type nouveau, et qui nous apportent une solution peut-être moins parfaite, mais beaucoup plus simple, et, par suite, applicable aux récepteurs de toutes classes.

Les lampes changeuses de fréquence, pentagrilles américaines ou octodes européennes qui équipaient nos récepteurs jusqu'ici, possédaient un très grave défaut : en ondes courtes, la stabilité de l'oscillation locale n'était pas absolue.

Les variations de tension du secteur d'alimentation, de même que les variations de la tension de la grille de commande sous l'action du « contrôle automatique de volume », donnent lieu à des « glissements de fréquence », à tel point que lorsqu'une station onde courte puissante tombe

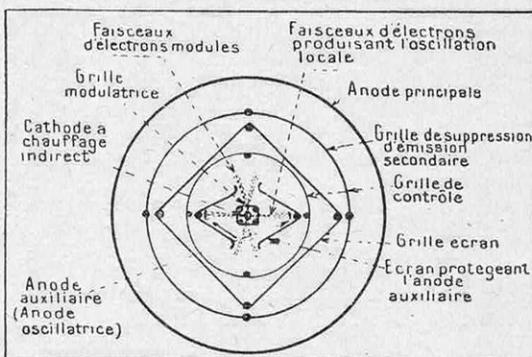


FIG. 3. — DISPOSITION DES ÉLECTRODES DE LA NOUVELLE OCTODE EK 3 A ÉMISSION ÉLECTRONIQUE DIRIGÉE

*En pointillé, les quatre faisceaux d'électrons.*

bait en fading violent, on risquait fort de voir une autre station prendre la place de la première. Ce défaut obligea les constructeurs à abandonner, au moins sur la gamme ondes courtes, l'action de la commande de contrôle automatique de volume (antifading) sur cette lampe changeuse de fréquence, ce qui réduisait considérablement son efficacité sur l'ensemble du récepteur. Dans les anciennes pentagrilles et dans les anciennes octodes, par suite de leurs dispositions et de leurs formes, les électrodes chargées de la production de l'oscillation locale opéraient dans le même flux d'électrons que celles préposées au changement de fréquence proprement dit ; c'est pourquoi il n'y avait plus en ondes courtes une indépendance totale entre ces deux fonctions. Ces lampes correspondaient bien aux besoins de l'époque où elles furent créées, époque où les récepteurs ne comportaient pas de gammes ondes courtes ; mais, en raison des glissements de fréquences qu'elles provoquent sur cette gamme, elles ne répondent plus aux nécessités actuelles. Pour éviter ces inconvénients, les récepteurs perfectionnés utilisent souvent un changement de fréquence par deux lampes séparées : une oscillatrice et une modulatrice ; en raison de son prix de revient relativement élevé, cette solution n'est pas compatible avec la formule devenue classique du récepteur bon marché : 4 lampes + 1 valve. Le problème consistait donc à créer un seul tube ayant une sensibilité aussi grande que les tubes existants, mais n'ayant pas leurs inconvénients. Ce problème a reçu plusieurs solutions récentes tant en lampes « améri-

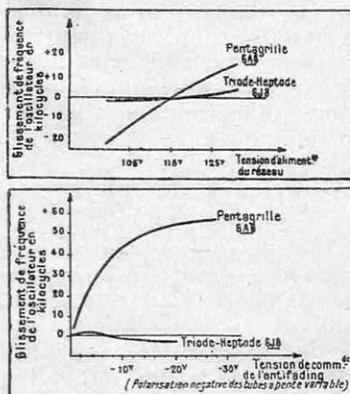


FIG. 1 ET 2. — COURBES DE GLISSEMENT DE LA PENTAGRILLE 6A8 ET DE LA TRIODE-HEPTODE 6J8 EN FONCTION DE LA TENSION DU RÉSEAU ET DE LA TENSION DE COMMANDE DE L'ANTIFADING

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 254, page 159.

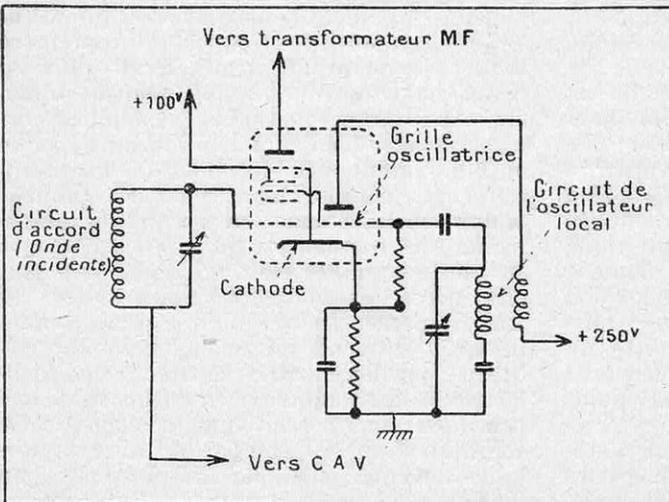
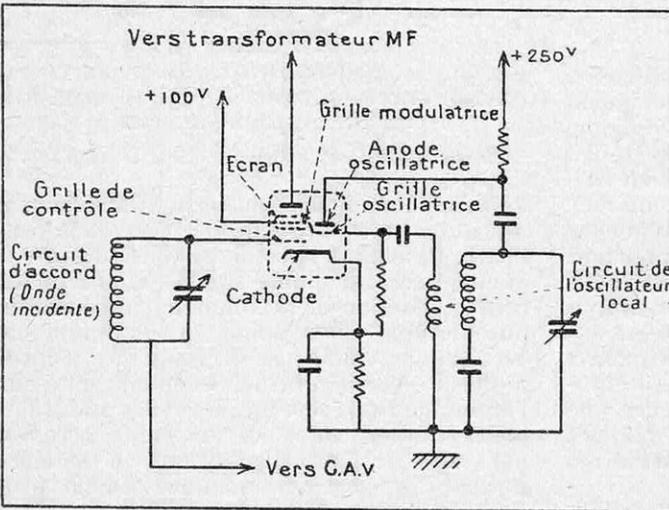
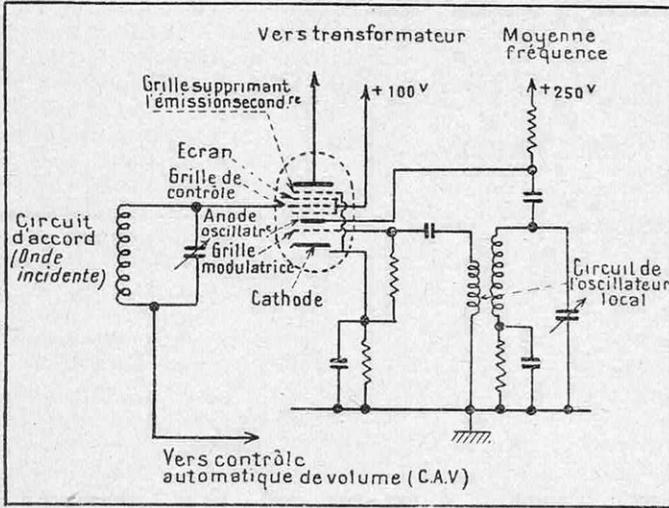


FIG. 4, 5 ET 6. — SCHEMAS DE PRINCIPE POUR L'UTILISATION DE LA NOUVELLE OCTODE EK 3 PHILIPS, DE LA TRIODE-HEXODE TH 4 A MULLARD ET DE LA TRIODE-HEPTODE AMÉRICAINE 6 J 8

caines » qu'en lampes « européennes ». Les tubes américains comprennent, dans la même ampoule, deux lampes bien distinctes : une triode fournissant une oscillation énergique et stable sur toutes les gammes d'ondes, et une hexode ou heptode modulatrice. La liaison entre ces deux lampes est réalisée à l'intérieur de l'ampoule, car elles possèdent une cathode commune et la grille « oscillatrice » est reliée directement à la grille modulatrice.

Cette séparation des fonctions a été obtenue dans la nouvelle octode Philips par un procédé quelque peu différent : cette octode est, en effet, une lampe à « émission électronique dirigée ». Sous l'action du champ résultant des potentiels des différentes électrodes, les électrons quittant la cathode se divisent en quatre faisceaux distincts : deux de ces faisceaux électroniques vont frapper l'anode oscillatrice et assurent l'entretien de l'oscillation, tandis que les deux autres, modulés par la première grille à la fréquence de l'oscillation locale, vont vers l'anode principale après avoir eux-mêmes subi l'action de la grille de contrôle, sur laquelle est appliquée l'onde incidente.

L'anode de l'élément oscillateur est isolée électrostatiquement de l'élément modulateur par des écrans appropriés. Ces nouvelles lampes ont, en plus des propriétés de stabilité, la propriété d'apporter à la fois une amplification, ou « gain de conversion », sensiblement identique à celle des anciennes lampes et une réduction notable du bruit de fond.

### Haut-parleurs de plein air

LA technique de l'amplification du son en plein air n'a pas encore atteint le même stade de perfection que celui auquel est parvenue la sonorisation des espaces clos et plus particulièrement celle des salles de cinéma. L'amplification des sons dans les espaces ouverts, meeting, festival de gymnastique, etc., est souvent obtenue en groupant sur un même pylône plusieurs haut-parleurs électrodynamiques à pavillon, dirigés de sorte qu'en tous les points de l'auditoire le niveau d'éner-

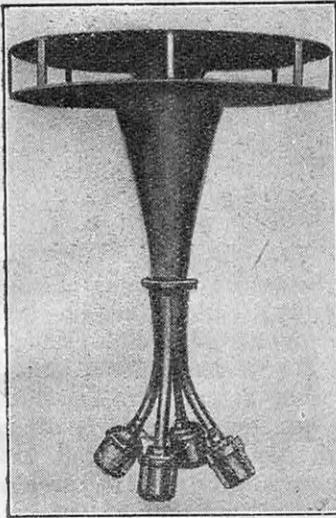


FIG. 7. — NOUVEAU HAUT-PARLEUR DE PUISSANCE COMPRENANT QUATRE ÉLÉMENTS ET UN PAVILLON EXPONENTIEL EN DURALUMIN

reçant un son provenant de la direction de la tribune, a l'illusion d'entendre l'orateur directement. L'angle de rayonnement d'un haut-parleur à pavillon étant d'environ 60°, il faut, avec cette méthode,

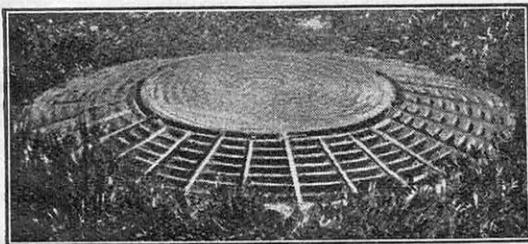


FIG. 8. — VUE EXTÉRIEURE DU NOUVEAU « RADIATEUR DE SON » TELEFUNKEN

en grouper six autour d'un même support pour rayonner dans l'ensemble du plan horizontal. C'est pour parer à cet inconvénient qu'ont été mis au point des haut-parleurs

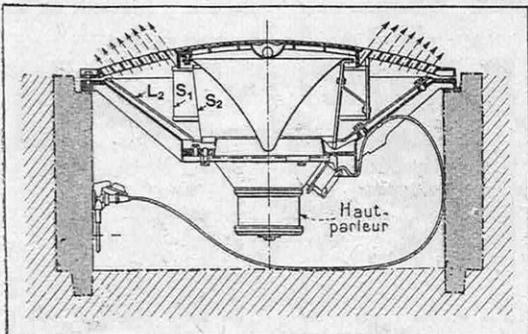


FIG. 9. — COUPE SCHÉMATIQUE DU « RADIATEUR DE SON » TELEFUNKEN

gie sonore soit suffisant pour assurer la bonne intelligibilité de la parole. Cette méthode est très utilisée en Amérique ; les haut-parleurs sont placés de préférence au-dessus de la tribune de l'orateur et dirigés vers la foule ; de cette sorte, chaque auditeur, rece-

« à angle de 360° » qui rayonnent également dans toutes les directions d'un même plan horizontal (fig. 10).

Ces « radiateurs de son » — c'est ainsi qu'on les dénomme — sont constitués, en principe, par une carcasse de haut-parleur électrodynamique à membrane en duralumin, placée horizontalement et accouplée à un pavillon au centre duquel est placé un déflecteur circulaire. Le pavillon, associé à son déflecteur central, joue à la fois le rôle de pavillon exponentiel et de réflecteur ; leurs formes sont établies de telle sorte que toute la puissance sonore est rayonnée circulairement et dirigée un peu vers le bas. Un seul haut-parleur de ce genre, placé à quelques mètres au-dessus du sol, assure, avec un excellent rendement, la diffusion du son dans tout l'espace qui l'entoure.

Cette méthode se prête à des solutions variées, le moteur de haut-parleur électrodynamique pouvant être situé soit au-dessus, soit en dessous du pavillon ; dans certains cas même, lorsque l'on désire mettre en jeu une puissance sonore très importante, plusieurs culasses de haut-parleurs peuvent être raccordées au même pavillon. Il en existe de plus curieux encore : le

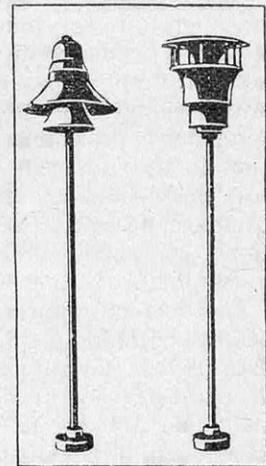


FIG. 10. — DEUX TYPES DE HAUT-PARLEURS DE PLEIN AIR

« radiateur de son », créé récemment par la société allemande *Telefunken*, a été conçu pour fonctionner au ras du sol ; c'est un haut-parleur électrodynamique horizontal dans lequel un déflecteur sensiblement conique assure la répartition circulaire des sons à travers les ouvertures de la grille qui le recouvre. Ce curieux haut-parleur se place dans une fosse bétonnée creusée dans le sol. Le modèle reproduit sur la figure mesure, au total, 88 cm de diamètre et émerge du niveau du sol de 6,5 cm. Deux rideaux cylindriques  $S_1$  et  $S_2$  protègent le haut-parleur proprement dit des atteintes de la pluie. On peut malheureusement faire *a priori* un reproche à un tel dispositif : si le sol au voisinage n'est pas très plat, l'absorption du son qui en résulte réduit la portée utile.

Toujours dans le domaine de la diffusion de la parole et du son sur de vastes espaces, rappelons la solution des haut-parleurs déphasés en vue d'éviter le décalage des sons reçus de haut-parleurs proches et éloignés (1).

ANDRÉ LAUGNAC.

# LE LABORATOIRE MARITIME DE DINARD

Par A. GRUVEL

PROFESSEUR AU MUSÉUM  
DIRECTEUR DU LABORATOIRE MARITIME DE DINARD

Le premier *laboratoire maritime* du Muséum National d'Histoire naturelle fut créé par le professeur Ed. Perrier, directeur du Muséum, qui l'installa dans l'île de Tatihou, près Saint-Vaast-la-Hougue (Manche), en 1892. Pendant la Grande Guerre, les bâtiments assez importants de ce laboratoire servirent à loger des réfugiés, qui, sans beaucoup de respect pour l'Etablissement, firent disparaître du matériel divers. Aussi, quand le professeur Mangin, qui avait remplacé le professeur Ed. Perrier à la direction du Muséum et du Laboratoire maritime, prit possession des locaux, il se trouva en présence de bâtiments délabrés, de collections en partie détruites, d'un matériel incomplet, etc.

Le docteur Charcot conseilla alors au professeur Mangin d'installer le laboratoire dans un local faisant partie de l'ancien arsenal de Saint-Servan-sur-Mer. A grands frais, en 1923, M. Mangin fit remettre en état les locaux qui lui étaient cédés à titre tout à fait précaire, et y installa le Laboratoire maritime, avec un aquarium marin. Ce laboratoire avait reçu ce qui restait du matériel de Tatihou, mais il ne possédait

aucun local pour loger les travailleurs et pas un bateau permettant d'aller travailler au large. Chaque fois qu'on voulait aller un peu loin en mer, on devait demander à l'Inscription maritime le bateau garde-pêche, qu'on prêtait au directeur, je dois le dire, avec beaucoup de bonne grâce. Mais ce bateau n'était guère outillé pour le travail qu'un laboratoire maritime doit exécuter : dragages, chalutages, etc.

L'Administration maritime, ayant eu besoin de ses locaux, les réclama avec insistance et le Muséum dut s'incliner et chercher ailleurs un local convenable.

Son choix se porta, en 1935, sur une belle villa en bordure de la Rance, dénommée « Bric-à-Brac », appartenant à la Ville de Dinard, entourée d'un grand jardin, dans lequel fut édifié un bâtiment neuf comprenant les laboratoires de recherches et l'aquarium. Dans la villa elle-même furent organisées la bibliothèque centrale du laboratoire et deux grandes salles de musée.

Le Laboratoire maritime, qui fut inauguré lors des fêtes du Tricentenaire du Muséum, est donc formé, dans son ensemble : d'un bâtiment neuf, en ronde, contenant sept

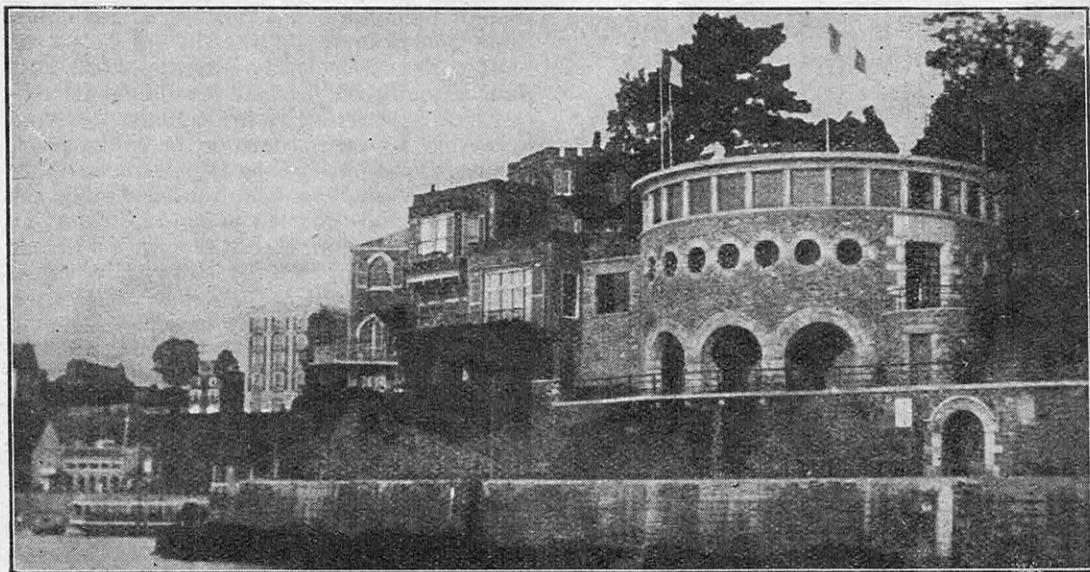


FIG. 1. — LABORATOIRE MARITIME DU MUSÉUM AVEC, A DROITE, L'AQUARIUM

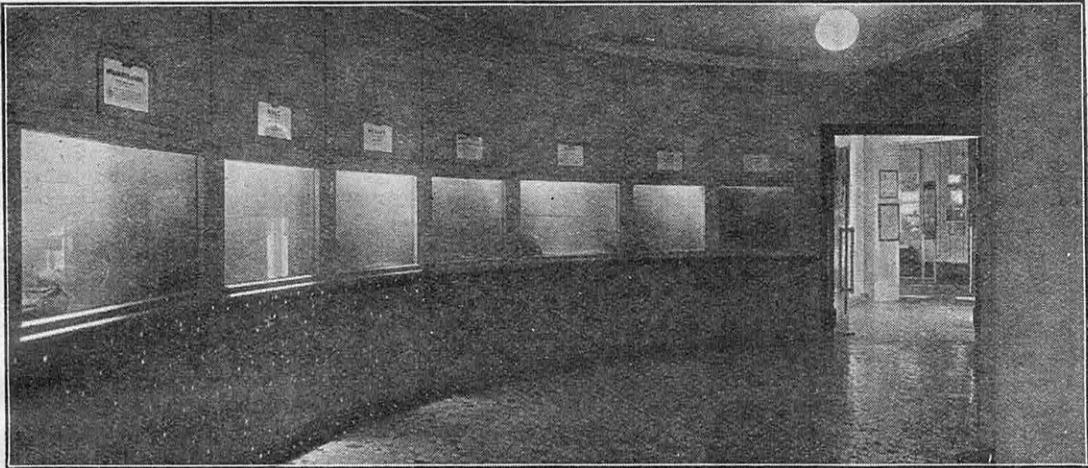


FIG. 2. — VUE INTÉRIEURE DE L'AQUARIUM DU LABORATOIRE MARITIME

salles de recherches avec vingt places de travailleurs, dont une est consacrée aux recherches physiologiques et chimiques, et une partie centrale comprenant une bibliothèque de laboratoire où se trouvent placés des ouvrages d'un usage *courant*, la partie la plus importante de ces ouvrages se trouvant dans la bibliothèque principale installée dans l'ancienne salle à manger. L'ensemble renferme environ quatre mille ouvrages divers (dont quelques-uns très rares) qui permettent aux travailleurs de se documenter suffisamment, en général. Les ouvrages se rapportent surtout à la zoologie, générale et régionale, à la cryptogamie (algues) et aux études biologiques en général.

Le reste de la villa comprend : le bureau du Directeur, un logement pour le Chef des Travaux faisant fonction de sous-directeur, et des chambres confortables, quelques-unes même presque luxueuses, où peuvent être logés les travailleurs du Laboratoire.

L'ensemble est complété par une batellerie importante comprenant : un *dundee* à moteur auxiliaire, le *Saint-Maudez*, où peuvent tenir deux hommes d'équipage et cinq passagers ; une belle vedette à moteur de 10 ch, un doris, un petit canot que l'on peut embarquer sur le *dundee*, une plate et un petit canot à voile qui appartenait en propre au commandant Charcot et qui a été donné au Laboratoire par M<sup>me</sup> Charcot, après la mort tragique de son mari.

Grâce à cet ensemble de matériel navigant, il est possible de poursuivre des recherches en haute mer, jusque sur la presqu'île du Cotentin, les îles anglo-normandes et sur la côte bretonne jusque dans la région de Saint-Brieuc, ainsi que sur la Rance, jusqu'au delà de Dinan.

Le Laboratoire renferme plusieurs collections zoologiques des animaux marins de la région et, en particulier, une très importante collection des mollusques régionaux, préparée spécialement par le grand malacologiste qu'était le regretté Dautzenberg.

Un herbier des algues de la région maritime, tenu soigneusement à jour, rend les plus grands services aux nombreux naturalistes qui s'occupent de l'étude de ces végétaux.

L'organisation scientifique du Laboratoire est complétée par de nombreux appareils d'optique (loupes, microscopes divers, appareils de photographie simple et de photographie microscopique, etc.), microtomes, balances ordinaires et de précision, installation photographique complète, appareils de recherches physiologiques, etc. L'ensemble du matériel de Laboratoire permet à tout travailleur se livrant à des recherches de zoologie ou de botanique marines, de les poursuivre dans un très large rayon, sans la moindre difficulté.

Le nombre des travailleurs français et étrangers (en particulier : anglais, belges, hollandais, portugais, etc.) qui fréquentent le Laboratoire croît d'année en année, et il arrive, pendant les mois de juillet et août, plus spécialement, que toutes les tables de travail du Laboratoire soient occupées.

Enfin, il est publié, chaque année, par les soins du Directeur, un « Bulletin » qui fait suite à celui de l'ancien Laboratoire de Saint-Servan, bulletin qui a été créé par le professeur Mangin et où sont publiés : d'une part, des travaux originaux ; d'autre part, des résumés d'observations faites au cours des séjours des travailleurs du Laboratoire.

A. GRUVEL.

## LES GRANDS TRAVAUX D'ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE

La production de nos soixante-neuf plus importantes sociétés d'électricité avait atteint, en 1937, le chiffre de 12 734 millions de kWh.

Les mêmes sociétés ont produit, l'an dernier, 13 483 millions de kWh. Ce total est supérieur de 5,88 % à celui de 1937 et dépasse largement les chiffres de 1936 (11 433 millions) et de 1935 (11 061 millions).

Si l'on tient compte des fournitures de tous autres producteurs d'énergie électrique, c'est à quelque 20 milliards de kWh qu'on peut estimer la production totale d'électricité pour 1938. Elle a été, rappelons-le, de 18 milliards et demi en 1937 et de 16 659 millions en 1936.

L'énergie électrique est devenue ainsi un produit de grande consommation, et mieux que tous règlements administratifs, l'importance économique que présente l'industrie électrique impose à ses dirigeants l'obligation de surveiller très attentivement les conditions de la production et de la distribution de l'énergie, d'accroître la sécurité des exploitations et d'augmenter la puissance des usines. Non seulement ils ne se dérobent pas à ces obligations, mais ils s'efforcent d'y satisfaire de leur mieux.

Un fléchissement considérable du débit des centrales hydrauliques du Massif Central pendant les mois très secs d'avril et mai derniers a montré qu'il convenait de maintenir un certain équilibre entre les moyens de production thermiques et hydrauliques : la part des usines thermiques dans la production totale des soixante-neuf grandes sociétés est montée d'environ 30 % en 1937 à près de 32,5 % en 1938, tandis que le contingent des usines hydrauliques est revenu de près de 70 % à 67,5 %.

Il eût été vain de réclamer une collaboration toujours plus poussée des usines thermiques et hydrauliques, si la sécurité des moyens de transport et de distribution de l'électricité n'avait été parfaitement assurée. Aussi, notre super-réseau national s'est-il enrichi, l'an dernier, de belles réalisations techniques : liaison Saint-Denis-Gennevilliers à 220 kV ; grands tronçons à 220 kV reliant Rouen à Aube et Amiens, équipement de la banlieue marseillaise, etc.

Aujourd'hui, il existe en France 11 000 km de lignes haute tension, de 90 à 220 kV. Le réseau de transport français est l'un des plus denses du monde : à 20 km de lignes par 1 000 km<sup>2</sup> de superficie, soit quatre fois plus qu'aux Etats-Unis. Sa capacité de transport annuelle, évaluée en millions kWh-km par 1 000 habitants, est de 150, alors qu'elle n'atteint que 80 en Allemagne et 50 en Angleterre.

A l'industrie électrique revient le grand mérite d'avoir voulu contribuer au redres-

sement économique du pays : en juin dernier, ses dirigeants proposèrent d'exécuter par leurs propres moyens un vaste programme de grands travaux permettant une utilisation plus complète de nos ressources hydrauliques.

Car, bien que nos ressources d'énergie électrique soient importantes (10 848 kW installés au début de 1937), bien que notre système de distribution soit très développé (534 000 km) et que l'électrification rurale soit pratiquement accomplie (plus de 36 500 communes sur 38 000), il reste une grande tâche à parfaire que les techniciens nomment l'« électrification en profondeur », celle-ci devant permettre — avec l'aide des tarifs réduits d'heures creuses et des tarifs dégressifs à tranches multiples, maintenant généralisés dans toute la France — à toute la population d'utiliser l'électricité pour tous usages domestiques.

Pour satisfaire les futures demandes d'énergie, il faut donc construire de nouvelles centrales, augmenter la puissance d'un certain nombre de celles qui existent et parachever le réseau d'interconnexion.

Tel est le grand œuvre entrepris par l'industrie électrique, avec l'approbation des Pouvoirs publics et le concours de l'épargne. Son exécution se fera par tranches et représentera 3 milliards environ de travaux financés par le *Groupement de l'Electricité*, organisme corporatif émettant des obligations garanties tant par le crédit collectif de l'industrie électrique que par celui des sociétés directement intéressées aux travaux, auxquelles le *Groupement* avance les fonds nécessaires.

En outre, à ces 3 milliards s'ajoutera une somme équivalente de dépenses pour le renforcement des installations de distribution.

La première tranche comprend un certain nombre de lignes de transport, la création de puissantes usines hydrauliques parmi lesquelles : dans le Massif Central, Saint-Etienne-de-Cantalès (285 millions de kWh par an) ; dans les Pyrénées, le Portillon d'Oo (65 millions de kWh) ; dans les Alpes, les Sept-Laux (30 millions de kWh), etc.

L'équipement de ces diverses chutes augmentera de 1 milliard de kWh nos disponibilités d'énergie, qui, d'autre part, se trouveront accrues de 2 milliards de kWh que fourniront les usines en construction du Génissiat, sur le Rhône, et de l'Aigle, sur la moyenne Dordogne.

Ainsi, l'industrie électrique témoigne sa confiance dans l'avenir et sa parfaite compréhension du rôle social qui lui est dévolu. A des milliers d'ouvriers elle procure du travail et des salaires ; à des milliers d'épargnants elle assure des revenus ; à tous enfin elle procure du bien-être.

## LES A COTÉ DE LA SCIENCE

### INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

#### Pour l'hygiène et la défense passive

Le livre de bibliothèque, en passant successivement en un grand nombre de mains, peut constituer incontestablement un porteur de germes et un propagateur de maladies contagieuses et épidémiques. Or, il est très malaisé de désinfecter convenablement un livre. On sait en effet que les feuillets forment un bloc où l'air pénètre difficilement. Ne trouve-t-on pas souvent, après un incendie, des livres dont le feu n'a détruit que les bords par suite précisément du manque d'air nécessaire à la combustion ? Il faudrait donc les feuilletter page par page et y projeter le désinfectant. Tâche impossible pour une bibliothèque où les livres se comptent par milliers. C'est pourquoi *La Désinfection du Livre* a créé un appareil spécial, sorte d'armoire étanche, comprenant des plateaux à hauteur réglable selon les formats, pouvant contenir 300 à 500 volumes, assurant le feuilletage automatique des livres page par page tandis qu'un ventilateur projette des vapeurs bactéricides d'aldéhyde formique. L'appareil fonctionne alors en circuit fermé, le ventilateur aspirant l'air à l'intérieur même de l'armoire.

Débarassée de ses plateaux, l'armoire permet de désinfecter vêtements, fourrures, etc. L'évacuation des vapeurs de formol se fait par un tuyau de refoulement placé en haut de l'armoire lorsque l'on met un bouton de commande spécial sur la position « Défense passive ».

Dans cette position de « Défense passive », l'armoire fonctionne en circuit ouvert. L'air est aspiré de l'extérieur (contenant les gaz nocifs) à travers un filtre agréé comprenant préfiltre, charbon actif et filtre contre les arsines, et est

refoulé, débarrassé de ses gaz, vers l'abri à alimenter. La suppression qu'il établit alors dans l'abri empêche toute rentrée d'air vicié.

LA DÉSINFECTION DU LIVRE, 28, rue Mayenne Bourges (Cher).

#### L'électricité, gardienne de troupeaux

On connaît la sensibilité de tous les animaux, quels qu'ils soient, vis-à-vis de courants électriques, même faibles.

Ainsi l'usage de « haies électriques » s'est-il répandu depuis un certain temps aux Etats-Unis, notamment dans le Wisconsin, l'Orégon, l'Idaho. Ces clôtures électriques, ou plutôt électrifiées, présentent comme principal avantage le bas prix de l'installation. En effet, un seul fil électrique isolé, posé sur des poteaux légers assez éloignés les uns des autres (15 m, par exemple) et dans lequel circule un courant de faible intensité, suffit à remplacer une clôture constituée par plusieurs fils barbelés. Le faible prix de revient de l'installation est surtout intéressant dans le cas d'élevage extensif dans lequel le bétail se déplace fréquemment d'une prairie à une autre.

Tous les essais effectués ont été couronnés de succès. Après un ou deux contacts avec le fil électrique, aucun animal ne se hasarde plus à rester dans son voisinage immédiat, à la condition toutefois que le sol soit humide. De plus, il est évident que si cette méthode s'est révélée efficace pour empêcher les troupeaux de sortir de leur champ, elle l'est aussi pour défendre l'accès des champs aux animaux nuisibles, d'une taille supérieure à la hauteur du fil. Celui-ci est tendu à environ 85 cm du sol, sauf pour les porcs, où on le place un peu plus bas. Seuls, les moutons, dont la toison forme un matelas isolant, ne peuvent être gardés de cette façon.

Aux Etats-Unis, on utilise des voltages assez élevés avec des ampérages minima. La dépense de courant est plus faible (quelques centimes par mois). La clôture peut être branchée sur le secteur sous une tension de 110 V, ou alimentée par des accumulateurs, ou même des piles, sous une tension de 6 V. L'appareil à courant alternatif comporte toujours un dispositif limitant le courant à 100 milliampères afin qu'il ne soit pas dangereux pour les hommes ou les animaux. Certains prévoient même une interruption régulière de courant toutes les deux secondes, afin de prévenir toute contraction tétanique des animaux en contact avec le fil.

Une clôture de 2 665 m ne coûte que 77 dollars contre 328 avec les fils barbelés.

Signalons enfin qu'en Europe un système analogue a été étudié pour empêcher le bétail de se frotter contre les barbelés. Lorsqu'une telle clôture existe, il suffit, d'ailleurs, de suspendre le fil électrifié à des isolateurs soutenus par les fils de fer.

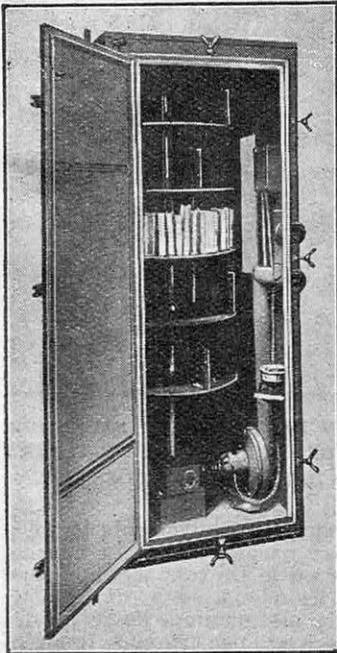


FIG. 1. — L'ARMOIRE DISPOSÉE POUR LA DÉSINFECTION DES LIVRES POSÉES SUR LES PLATEAUX

## Lignes à haute tension et arboriculture

CERTAINS accidents survenus au cours de traitements — par pulvérisation de liquides destinés à détruire les parasites — d'arbres fruitiers situés à proximité de lignes à haute tension ont incité les *Forces Motrices de la Suisse Centrale* à entreprendre une série d'expériences en vue de déterminer les conditions où aucun danger d'électrocution n'est à redouter.

Un pulvérisateur étant composé d'une pompe,

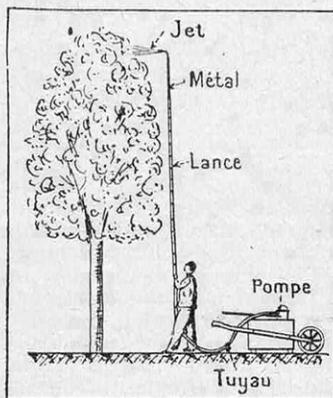


FIG. 2. — COMMENT ON PULVÉRISE LES INSECTICIDES SUR LES ARBRES FRUITIERS

être interrompue par un manchon isolant.

L'aspersion de la ligne par le liquide pulvérisé peut aussi présenter un danger réel, la tension se transmettant, le long du brouillard, jusqu'à la lance de 8 à 10 m avec les pulvérisateurs à moteur, ce qui rend l'aspersion d'une ligne voisine des arbres très probable. Les essais exécutés avec de la bouillie bordelaise au cuivre (la plus conductrice des liquides utilisés), en réduisant progressivement la distance d'aspersion, ont montré que, pour une ligne à 52 000 V, aucun courant n'était dérivé dans la lance pour une distance de 60 cm. Par contre, un jet massif, non pulvérisé, donne un courant de 100 mA, très dangereux. De même, en aspergeant simultanément

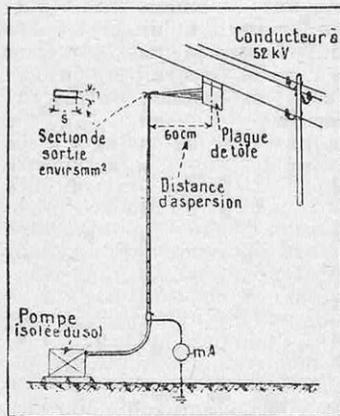


FIG. 3. — EXPÉRIENCES EFFECTUÉES EN VUE DE DÉTERMINER LA DISTANCE A PARTIR DE LAQUELLE LA PULVÉRISATION SUR UNE LIGNE A HAUTE TENSION DEVIENT DANGEREUSE.

les trois fils d'une ligne à 50 000 V, aucun arc n'a été constaté entre les conducteurs.

Cependant, en utilisant un pulvérisateur à moteur fonctionnant sous une pression de 25 kg/cm<sup>2</sup>, le milliampèremètre indiqua un courant de 150 mA pour une distance de 60 cm, et de 15 mA pour une distance de 100 cm.

De ces essais, il ressort qu'il faudrait utiliser des lances non conductrices et ne pas risquer d'atteindre la ligne par le liquide pulvérisé à moins de 1 mètre de distance.

## Pour râper, hacher, couper avec le même appareil

QUEL que soit le domaine considéré, il est avéré depuis longtemps que la machine rotative est incontestablement supérieure à la machine alternative. C'est ainsi que la machine à vapeur à piston cède de plus en plus la place à la turbine (sauf sur les locomotives pour des raisons d'encombrement). De même le tirage des journaux se fait aujourd'hui dans des machines tournant d'un mouvement continu. Ce qui est vrai pour l'industrie

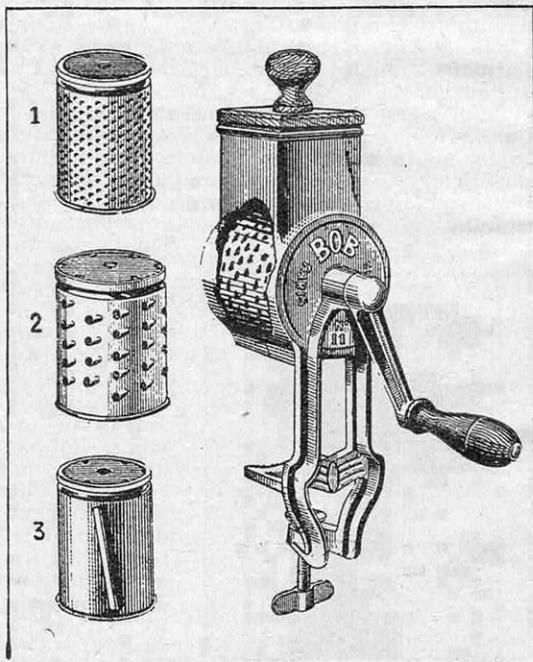


FIG. 4. — LA « BOBINETTE » AVEC SES DIFFÉRENTS ACCESSOIRES : 1, POUR RÂPER ; 2, POUR HACHER ; 3, POUR COUPER

est également pour les mouvements les plus simples requis, par exemple, pour la cuisine. Râper un fromage en le frottant sur une râpe plane, hacher des légumes à coups de hachoir, couper en rondelles des pommes de terre, des carottes, des betteraves, des pommes (pour la confection de tartes), etc., constituent des opérations fastidieuses qui doivent être exécutées à la machine, à la « rotative », pourrions-nous dire, faisant allusion aux machines rapides de la presse. C'est à ce désir d'améliorer le rendement et de faciliter le travail de la ménagère que

répond l'appareil imaginé par M. Bobin et représenté figure 4. Selon que l'on met en place le cylindre (creux) comportant de petites saillies coupantes, ou celui dont les saillies sont plus importantes, on réalise une râpe (capable de mouliner le café), ou un hachoir rotatif. Enfin, le troisième cylindre ne comprend que deux lames coupantes ; il est évident que son action est de trancher des rondelles de fruits ou de légumes.

J. BOBIN, 3, avenue de la Mairie, Bagnolet (Seine).

### Une cuisinière pour aveugles

UN ingénieur attaché au service municipal de la ville de Nelson (Angleterre) a suggéré la construction d'une cuisinière capable d'être utilisée par les aveugles. Cet appareil a été construit. Il s'agit d'une cuisinière électrique munie d'un système de contrôle automatique de chauffe dont les graduations et les positions sont marquées en caractères Braille. De même les boutons de commande et tous les organes à manipuler présentent des formes aisément reconnaissables au simple toucher.

Naturellement, l'instruction sur le mode d'emploi de cette cuisinière est imprimée en caractères Braille. Ainsi la ménagère aveugle est-elle renseignée sur les degrés de cuisson requis et sur les positions de réglage correspondant aux diverses températures prévues selon les aliments préparés. Déjà une dame aveugle, qui avait sollicité la construction d'une telle cuisinière, se montre enchantée et réussit parfaitement tous les plats, y compris la pâtisserie, comme elle le faisait avant de perdre la vue.

### Pour le graissage des rails de tramways

ON sait combien est désagréable le grincement des roues de tramways sur les rails dans les courbes à faible rayon. Ce bruit provient de la pression exagérée des boudins de roues contre la partie interne du rail. En effet, le tramway étant rigide, lors-

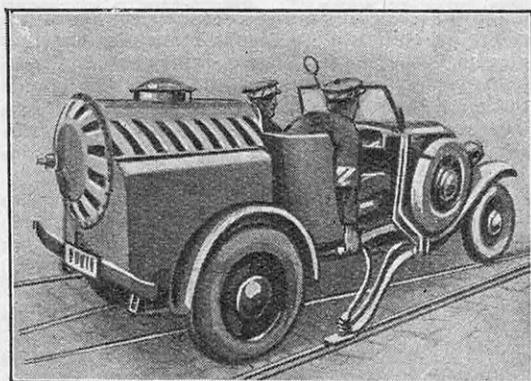


FIG. 5. — LE VÉHICULE POUR LE GRAISSAGE DES RAILS DE TRAMWAYS

qu'il s'inscrit dans une courbe trop prononcée, ses roues tendraient à quitter le rail sans la présence des boudins.

D'ailleurs, en dehors du grincement indésirable, les courbes provoquent une usure du rail et des boudins que les compagnies ont intérêt à éviter autant que possible. Le montage sur boggies constitue une solution, du moins dans les villes où le nombre de voyageurs permet d'utiliser des voitures d'une longueur suffisante. Dans les autres cas, c'est au graissage des rails, limité bien entendu à la partie interne du chamignon, car il ne faut pas lubrifier la surface qui assure l'adhérence des roues, que l'on fait appel.

Pour être économique, ce graissage doit exiger le minimum de main-d'œuvre. En Allemagne, on essaie depuis quelque temps le petit véhicule ci-dessus, entraîné par un moteur à explosions, portant un récipient de 250 litres de lubrifiant. Le graissage est effectué par deux sabots mobiles en tous sens, relevables à volonté et disposés de telle sorte que la table de roulement ne soit pas atteinte par le lubrifiant.

V. RUBOR.

## CHEZ LES ÉDITEURS (1)

**L'électrochimie et l'électrometallurgie**, par *Albert Levasseur*. Tome I : *Electrolyse*. Prix franco : France et colonies, 57 f ; étranger, 60 f.

Voici le tome premier d'un ouvrage en deux volumes, le second devant être consacré aux fours électriques. Il traite de l'électrolyse aqueuse, théorie et applications, avec un bref appendice réservé à l'utilisation chimique de l'effluve. D'une manière générale, l'auteur accorde une place prépondérante aux théories scientifiques et aux directives fondamentales pour les applications industrielles, ce qui le conduit parfois à abrégier l'étude descriptive de certaines fabrications. Dans une première partie, il expose la théorie de l'électrolyse et, dans la deuxième partie, les principes généraux de l'électrochimie et de l'électrometallurgie industrielles par voie humide. Dans le domaine des applica-

tions pratiques, il passe en revue les industries des alcalis et du chlore, des hypochlorites, des chlorates et des perchlorates, l'affinage électrolytique du cuivre et les dépôts électrolytiques. Dans un appendice, il traite les applications de l'effluve électrique à la chimie.

**L'île des manchots**, par *Cherry Kearton*. Prix franco : France et Colonies, 27 f ; étranger, 30 f 50.

Sur un îlot rocheux des mers du Sud, ne mesurant pas plus de 7 km<sup>2</sup>, un naturaliste est venu camper pour plusieurs mois. Cette petite île, à certaines saisons de l'année, héberge au moins 5 millions d'oiseaux. On y trouve des cormorans de différentes espèces, des huîtres, des mouettes, des hirondelles de mer ou sternes, des ibis « sacrés », des pluviers et surtout des millions de manchots. Il s'agit du manchot du Cap ou manchot à pieds noirs, espèce souvent confondue par les littérateurs avec les pingouins des mers du Nord, bien que ce soient des oiseaux aussi différents que possible par leurs

(1) Les ouvrages annoncés peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE au regu de la somme correspondant aux prix indiqués, sauf majoration.

origines, leurs affinités et leur complexion et qui n'ont de commun que leurs habitudes marines et une vague ressemblance extérieure.

M. Cherry Kearton a étudié avec une grande patience les mœurs de ces palmipèdes, et son livre, écrit d'une plume alerte, sans s'embarrasser de termes techniques qui ne donnent souvent que l'illusion de la rigueur scientifique, nous introduit dans une société remarquablement organisée et qui présente, par certains côtés, d'étroites analogies avec la société humaine. L'auteur nous dépeint le soin avec lequel ces oiseaux bâtissent et orientent leur demeure; l'affection et la fidélité des époux; leur dévouement à leurs petits; le courage avec lequel ils affrontent les difficultés de la vie. Les manchots possèdent des qualités qui, en général, sont considérées comme l'apanage des hommes : la patience, la ténacité, le courage et la tendresse. Ils ont autant de personnalité que nous, et jamais un manchot n'imité servilement son voisin. Ce livre, traduit d'une manière irréprochable et illustré de soixante-trois photographies originales, sera lu par tous les amis de la nature, à la fois avec intérêt et plaisir.

**Comment nous vaincrons la dénatalité,** par Fernand Boverat. Prix franco : France et colonies, 9 f; étranger, 11 f 50

Voici un exposé angoissant de la situation démographique de la France, dont *La Science et la Vie* a déjà montré l'infériorité où elle se trouve, de ce point de vue, vis-à-vis de l'étranger. Cette brochure insiste sur quelques moyens propres à combattre la dénatalité en France.

**Construisez vous-même votre bateau,** par Jean Laborie. France, 38 f; étranger, 42 f.

Tout amateur un peu adroit de ses mains peut profiter de ses loisirs pour réaliser à peu de frais le bateau qui l'em mènera en croisière pendant ses vacances. L'auteur de cet ouvrage, d'une

lecture agréable, est un ingénieur d'une de nos grandes écoles de l'Etat. Pourtant on chercherait en vain dans son livre des formules compliquées : on n'y trouvera que des plans simples mais complets, de judicieux conseils, fruits d'une longue expérience, et dont profiteront aussi bien, dit l'auteur, l'ébéniste et le conseiller d'Etat. Les plans et les descriptions détaillées portent sur trois petits bateaux, tous réalisables par l'« amateur moyen » : une petite plate à voile de 2 m 40, une vedette de 2 m 80 et une autre, à cabine, de 5 m 40, ces deux dernières mues par un propulseur amovible.

**La conquête du ciel,** par Peter Thoen. Prix franco : France et colonies, 32 f; étranger, 36 f.

Ce livre, écrit par un pilote réputé, débute avec les mythes de la préhistoire et s'achève avec les derniers records aériens de l'été 1938. Il retrace les étapes principales de la conquête du ciel par l'homme et du développement de la locomotion aérienne, depuis les fables de Dédale et d'Icare jusqu'au survol des pôles et l'exploration de la stratosphère.

**Cosmétiques et produits de beauté,** par René de Florentin. Prix franco : France et colonies, 32 f; étranger, 34 f 50.

Voilà un recueil de recettes rationnelles et minutieusement expliquées pour la préparation des teintures capillaires, des poudres et fards, des préparations manucures, des lotions, laits, crèmes et gelées, gominas, bandolines, pom-mades, dépilatoires, etc.

**Werner von Siemens Lebenserinnerungen** (Souvenirs de Werner von Siemens), « Verlagsbuchhandlung Julius Springer », Linkstrasse 22-24, Berlin W-9. Prix relié : RM 3,90.

**La relève du contribuable par l'affranchissement de la machine,** par A. Gallotti. Prix franco : France et colonies, 10 f; étranger, 12 f 50.

## TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

### FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affran-	{ 1 an..... 55 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an..... 65 fr.
chis.....	{ 6 mois... 28 fr.		{ 6 mois... 33 fr.

### BELGIQUE

Envois simplement affran-	{ 1 an... 75 f.(français)	Envois recommandés....	{ 1 an... 96 f.(français)
chis.....	{ 6 mois. 40 f. —		{ 6 mois. 50 f. —

### ÉTRANGER

Pour les pays ci-après : *Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines, Irlande, Islande, Italie et Colonies, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Rhodésia, Suède.*

Envois simplement affran-	{ 1 an.... 100 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an.... 120 fr.
chis.....	{ 6 mois... 52 fr.		{ 6 mois.. 65 fr.

Pour les autres pays :

Envois simplement affran-	{ 1 an..... 90 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an.... 110 fr.
chis.....	{ 6 mois... 46 fr.		{ 6 mois.. 56 fr.

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 1 franc en timbres-poste.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X<sup>e</sup>  
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

ANDRÉ GEORX  
PAUL MARTEL

N° 68

*C'est tellement plus facile*



*de prendre à temps le bon billet de la*

**LOTÉRIE NATIONALE**

# DIMANCHE ILLUSTRÉ

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

LE MAGAZINE  
DE LA FAMILLE



# LE JOURNAL DE TOTO

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

LE JOURNAL DE TOTO  
L'AMI DES ENFANTS



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

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



placés sous  
le haut patronage  
de plusieurs Ministères

152, avenue de Wagram, PARIS-17<sup>e</sup>  
Tél. : Wagram 27-97

# COURS PAR CORRESPONDANCE

## MÉCANIQUE

**Apprenti :** Notions d'Arithmétique, Algèbre, Géométrie - Technologie - Dessin - Ajustage.

**Contremaitre :** Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Notions de Physique - Mécanique pratique - Constructions mécaniques - Technologie - Croquis coté et dessin.

**Technicien :** Arithmétique - Algèbre - Géométrie - Notions de Trigonométrie - Physique - Chimie - Mécanique - Règle à calcul - Résistance des matériaux - Technologie - Constructions mécaniques - Croquis coté et dessin.

**Ingénieur-adjoint :** Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Mécanique théorique - Règle à calcul - Mécanique appliquée - Electricité - Statique graphique - Machines et moteurs - Dessin.

**Ingénieur :** Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique industrielle - Mécanique rationnelle - Résistance des matériaux - Thermodynamique - Chimie industrielle - Machines motrices - Electricité - Usinage - Machines-outils - Construction d'usines.

## CONSTRUCTIONS AÉRONAUTIQUES

**Apprenti :** Notions d'Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Technologie - Dessin - Notions d'aviation.

**Dessinateur :** Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Notions de Physique - Mécanique pratique - Technologie - Croquis et dessin - Aviation.

**Technicien :** Arithmétique - Géométrie - Algèbre - Trigonométrie pratique - Physique - Chimie - Mécanique - Résistance des matériaux - Règle à calcul - Constructions mécaniques - Aviation (moteur et avion) - Croquis coté et dessin.

**Ingénieur-adjoint :** Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Mécanique - Règle à calcul - Constructions mécaniques - Statique graphique - Mécanique appliquée - Outillage - Electricité - Construction d'avions - Aérodynamique - Dessin.

**Ingénieur :** Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique industrielle - Chimie industrielle - Mécanique - Thermodynamique - Résistance des matériaux - Electricité - Const. d'avions.

## ÉLECTRICITÉ

**Monteur :** Notions d'Arithmétique, Algèbre, Géométrie - Electricité pratique - Dessin électrique.

**Desinateur :** Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Physique - Mécanique - Electricité industrielle - Dessin - Danger des courants - Eclairage électrique.

**Conducteur :** Arithmétique - Algèbre - Géométrie - Notions de Trigonométrie - Physique - Mécanique - Chimie - Règle à calcul - Technologie - Moteurs industriels - Electricité industrielle - Dessin électrique.

**Ingénieur-adjoint :** Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Règle à calcul - Mécanique - Résistance des matériaux - Electricité - Mesures - Eclairage - Bobinage.

**Ingénieur :** Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique - Applications mécaniques - Hydraulique - Electrotechnique - Essais - Calculs - Mesures - Production et distribution - Appareillage électrique - Electrochimie.

## CHIMIE

**Aide-chimiste :** Notions d'Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Dessin - Chimie : métaux, métalloïdes.

**Préparateur :** Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Physique - Chimie : métaux, métalloïdes, chimie organique - Manipulations chimiques.

**Chef de laboratoire :** Arithmétique - Géométrie - Algèbre - Notions de Trigonométrie - Physique - Electricité - Chimie : métaux, métalloïdes, chimie organique - Manipulations chimiques - Analyse chimique.

**Ingénieur-adjoint :** Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Chimie générale : métaux, métalloïdes, chimie organique - Electricité - Métallurgie - Analyse chimique.

**Ingénieur :** Mathématiques supérieures - Electricité - Chimie - Physique - Electrometallurgie - Chimie industrielle - Chimie du bâtiment - Chimie agricole - Chimie des parfums - Analyse qualitative et quantitative.

## SECTION SPÉCIALE DE RADIOTECHNIQUE COURS GRADUÉS DE MATHÉMATIQUES

Programme gratuit sur demande  
Joindre un timbre pour la réponse.

# GLON

# A Z O G È N E

## ÉTABLISSEMENTS du CASTEL

BUREAUX COMMERCIAUX :  
**11, rue Tronchet, PARIS-IX<sup>e</sup>**  
— Téléphone : ANJOU 36-84 —



**FABRICATION ET MONTAGE**  
pour

**TOURISME - POIDS LOURDS - TRACTEURS  
AUTOCARS - BATEAUX - MOTEURS FIXES  
LOCOTRACTEURS**



# LE GAZOGÈNE NATIONAL