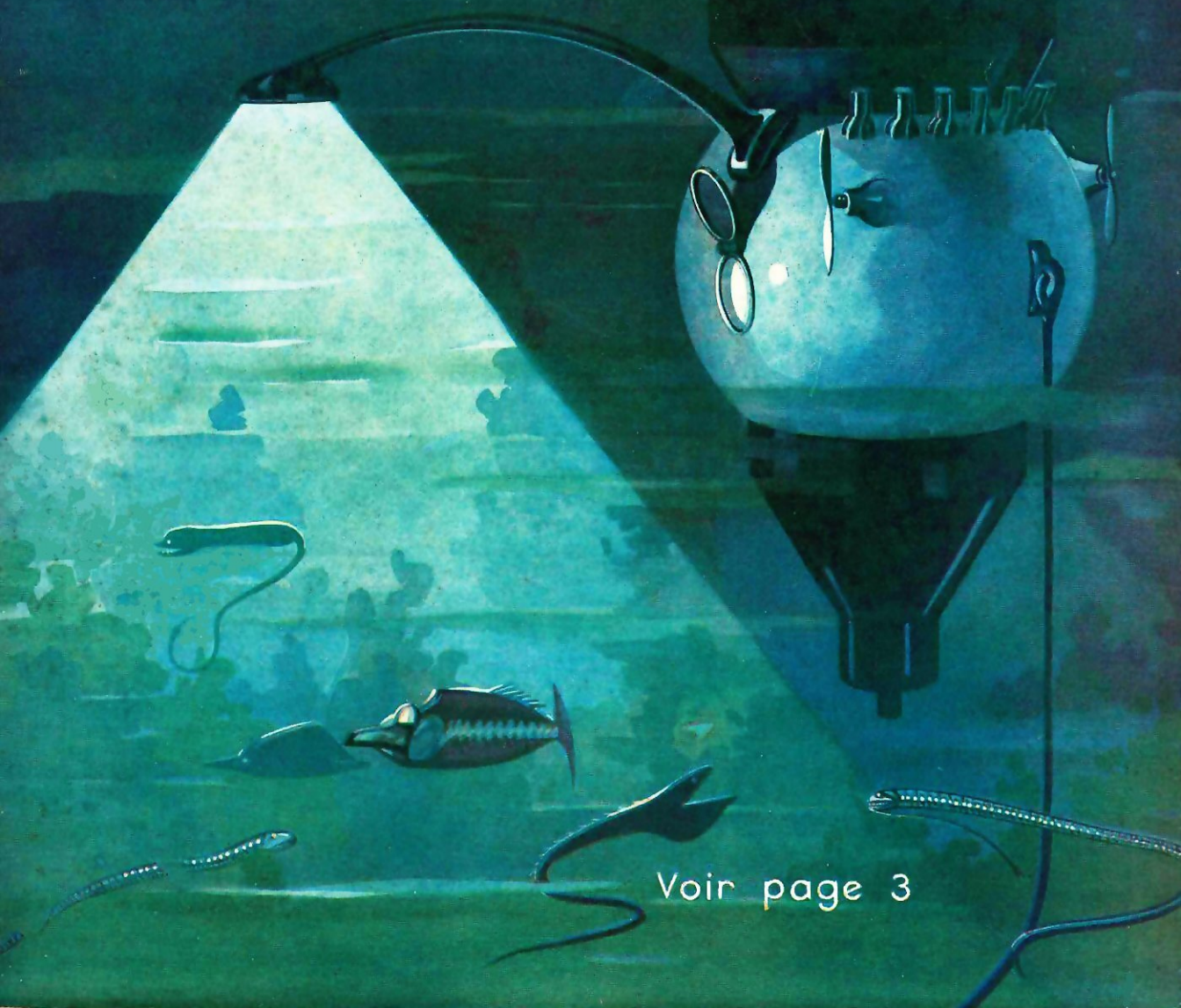


Janvier 1939

5 francs

la Science et la Vie



Voir page 3

Voulez-vous réussir dans la vie?

ÉTUDIEZ

L'ENCYCLOPÉDIE AUTODIDACTIQUE QUILLET

ENSEIGNEMENT MODERNE PRATIQUE en 4 BEAUX VOLUMES reliés dos cuir, format 21 x 29, plats toile, fers spéciaux, 2.000 pages de texte et de nombreuses illustrations.

QUI VOUS PERMETTRA DE TOUT APPRENDRE, DE TOUT SAVOIR ET DE NE RIEN OUBLIER

Vous pouvez étudier chez vous, SEUL, SANS MAÎTRE, sans correspondance, tous les cours en éligés par les professeurs universitaires qui ont écrit pour vous chaque leçon avec exemples et corrigés à l'appui.

Pour RÉUSSIR dans la vie, il faut avoir confiance en soi

DEPUIS la Grande Guerre, la lutte pour la vie est devenue plus ardente. L'après des événements, l'incertitude du lendemain nous décourageant. Et chacun d'envier les individus qui, menant l'action selon leurs volontés, surgissent de la masse moutonnaire et « font leur vie ».

Les vrais grands hommes furent ce qu'ils ont été parce qu'ils surent développer et mettre en œuvre méthodiquement leurs facultés.

Chacun de nous peut suivre la voie qu'ils nous ont tracée. Tous les éléments du succès sont en nous : **INTELLIGENCE, VOLONTÉ, DÉCISION.**

Veut-on devenir une forte personnalité, obtenir une meilleure situation, réaliser l'idéal que l'on s'est défini? Il faut prendre conscience de ses forces et s'imposer des tâches réduites, l'effort réussi facilitant l'effort suivant.

La confiance en soi aura donc comme base solide une instruction générale très étendue. De cette constatation, il résulte qu'il faut **S'INSTRUIRE POUR RÉUSSIR.**

L'étude de l'Encyclopédie Autodidactique Quillet vous permettra d'acquérir toutes les connaissances nécessaires pour réussir dans vos projets : langue française, élocution facile, comptabilité, bourse, banque, géographie, histoire, mathématiques, dessin, droit public, langues étrangères, etc., dont on trouvera un plus ample résumé dans l'extrait de la table des matières ci-dessous. Le secret de la réussite réside dans la puissance du savoir.

« Prenez deux hommes de même activité, de même intelligence, de même ambition, celui qui aura reçu l'instruction la plus étendue l'emportera toujours sur l'autre. » C'est Carnegie, le milliardaire américain, autodidacte lui-même, qui s'exprimait ainsi.

Vous pourrez, vous aussi, faire votre chemin dans la vie et parvenir aux situations es plus enviables par l'étendue de votre savoir et par votre volonté.

L'Encyclopédie Autodidactique Quillet fournira cet égard tous les matériaux utiles pour édifier soi-même sa propre fortune.

Avec ses conseils, vous prendrez goût à l'étude, et, si vous les suivez pas à pas, ils vous conduiront aux succès.

Les matières contenues dans ces quatre volumes dépassent de beaucoup le bagage des gens réputés instruits. Celui qui les possédera entièrement aura confiance en soi, et il pourra faire face à toutes les situations.

Instruisez-vous SANS MAÎTRE...

La nécessité des études chez soi pour compléter nos connaissances acquises au moyen d'une documentation pratique et graduée s'impose d'une manière impérieuse dans le cours de notre vie d'une rapidité si prodigieuse, alors que de nouvelles théories, de nombreuses inventions, des découvertes scientifiques bouleversent toutes les notions d'hier et préparent la voie à celles de demain.

L'Encyclopédie Autodidactique Quillet vient donc juste à son heure.

Conçue et rédigée par des professeurs universitaires éminents et compétents, cette Encyclopédie permet à chacun de continuer chez soi l'étude des questions qui paraissent le plus utile pour atteindre le but que l'on poursuit. Toute une famille peut tirer profit des cours enseignés dans ce magnifique ouvrage.

La rédaction de chaque leçon, claire, compréhensive, étayée par des exemples suivis de corrigés, permet à chaque personne de vérifier ses travaux et de redresser ses erreurs.

Avec quelques heures d'étude, le soir et à vos moments de loisir, dans la tranquillité de votre foyer, vous pouvez apprendre toutes les sciences, étudier tous les sujets qui sont nécessaires pour remplir avec succès tous les emplois de l'industrie, du commerce, des travaux publics, de l'agriculture, des administrations publiques : chemins de fer, postes, finances, etc.

Une abondante illustration, choisie et appropriée au texte, complète de façon expressive la documentation réunie sur chaque sujet ; des photos, des dessins, des croquis et de splendides hors-texte en couleurs, des tableaux comptables sont disséminés dans l'ouvrage.

Des modèles synthétiques démontables en couleurs sont annexés à l'ouvrage ; ils ajoutent au texte l'attrait de la démonstration scientifique. T. S. F., Paquebot, les organes délicats de la fleur, etc. L'important chapitre de la géographie renferme près de 50 cartes hors-texte en couleurs d'une exécution hors pair. Chaque volume contient 500 pages environ de texte sur papier vélin d'alfa, impression en caractères neufs d'une lisibilité parfaite, reliure dos cuir, fers spéciaux.

Volumes livrables immédiatement.

25 fr. par mois. Long crédit
Rien à payer d'avance



JEUNES GENS, pour augmenter votre savoir et réussir dans vos projets ; PÈRES de FAMILLE, pour guider et suivre les études de vos enfants, SOUSCRIEZ sans délai à cette œuvre unique et vous recevrez rapidement ces 4 volumes, véritable ENCYCLOPÉDIE DU SAVOIR HUMAIN.

PETIT APERÇU DE LA TABLE DES MATIÈRES

Grammaire : Etudes des parties du discours. Etudes des phrases. Syntaxe. Analyse. Ponctuation, etc.
Philosophie : Généralités. La vérité. L'erreur. Les sophismes, etc.
Logique : Notions générales. Syllogismes. Méthodes, etc.
Arithmétique : Règle de trois. Fractions. Racines. Alliages, etc.
Algèbre : Initiation. Equation. Logarithmes. Applications, etc.
Représentation graphique : Fonction linéaire, coordonnées. Exercices.
Géométrie : Figures. Calculs. Construction. Aires. Plans, etc.
Trigonométrie : Lignes. Relations. Résolution des triangles, etc.
Astronomie : Eléments. Mesures du temps. Formation des planètes. Les Marées. Comètes, etc.
Géologie : Formation de la Terre. Couches géologiques, etc.
Physique : Définition. Hydrostatique. Vapeur. Air liquide, etc.
Electricité : Magnétisme. Définition. Statique. Potentiel. Dynamisme. Induction, etc.
Chimie : Les gaz. Eau. Air. Métaux. Acide. Azote, etc.
Botanique : Anatomie des plantes. Tissus. Végétaux, etc.
Anatomie et Physiologie animales : L'homme. Muscles. Nerfs. Cerveau. Les sens. Nutrition. Cha'eur, etc. Classification ani-

male. Vertèbres, invertébrés, etc.
Histoire Universelle : L'antiquité. Le moyen âge. Du xv^e au xix^e siècle, etc. L'art dans l'histoire.
Géographie Universelle : La France. L'Europe. L'Asie. L'Afrique. L'Océanie. L'Amérique, etc.
Littérature Française : Des origines jusqu'à nos jours. Classique. Romantique.
Littératures anciennes : Grecque. Latine. Apogée et Décadence.
Littératures étrangères : Anglaise. Espagnole. Italienne. Russe. Arabe.
Langues vivantes : Cours complet. Anglais. Espagnol. Allemand. Grammaire. Thèmes. Versions. Lectures, etc.
Comptabilité : Commerce. Banque. Comptabilité auxiliaire et générale, exposé théorique. Droit commercial. Sociétés, etc.
La Bourse : Diverses sortes de valeurs. Opérations, etc.
Sténographie : Prévost-Delaunay. Méthode complète. Exercices, etc.
Dessin : Principes. Formes. Esquisses. Paysage. Architecture. Sculpture.
Musique : Règles générales. Rythme. Mouvement. Chant, etc.
Droit public : Ce que chacun doit savoir. Droit administratif, etc.
Sports : Instruction et conseils. Exercices, etc.

BULLETIN DE SOUSCRIPTION

Veillez m'adresser un exemplaire en 4 volumes reliés de l'ENCYCLOPÉDIE AUTODIDACTIQUE QUILLET, au prix de 575 fr. payables à raison de : A) 25 fr. par mois, le premier de 45 fr., port et emballage compris ; B) en trois versements mensuels avec 5 % d'escompte, le premier de 202 fr. 25, port et emballage compris, les deux suivants de 182 fr. ; C) en un seul versement de 537 fr. 50 (escompte de 10 % déduit), port et emballage compris.

Nom et Prénoms : Profession : le
Rue : Ville : Dép. : Signature :

Biffer le mode de paiement non choisi.
Chaque quittance est majorée de 1 fr. pour frais d'encaissement.

Découper ce BULLETIN et l'envoyer au Service V. S.

LIBRAIRIE ARISTIDE QUILLET Soc. Anonyme d'Éditions (capital 20.000.000 de fr.) 278, Bd St-Germain, PARIS-7^e

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°)

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^e, 2^e et 1^e 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.



FURY, C. MOCT

HENCHOZ

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



encore une erreur...

... le jour où vous l'avez faite vous étiez pressé, mais le résultat est là ! Des chiffres fastidieux à reprendre, un client mal renseigné, du temps perdu, une contraignante impression qui reste...

Est-ce bien la méthode pour arriver ? Une règle à calculs eût pu vous éviter bien des ennuis, son emploi est si simple, si facile. Employez-la désormais pour vous décharger de vos calculs, faire la preuve de vos opérations.

Calculs horaires, de vitesse, électriques, débits, décomptes, taxes, fractions, intérêts, pourcentages, poids, volumes, surfaces, densités, racines cubiques, carrées, etc. Autant d'opérations utilitaires que vous réaliserez.

LES RÈGLES A CALCUL DE POCHE

"MARC"

sont françaises, d'un fini irréprochable, très lisibles, précises, ne tenant pas de place, indéformables, leurs prix enfin vous décideront.

SCOLAIRE 38 Fr. — MANNHEIM 42 Fr.
BÉGHIN 42 Fr. — SINUS ET TANGENTE 46 Fr.
ELECTRICIEN 48 Fr. — RIETZ 48 Fr.

EN VENTE : PAPETIERS, LIBRAIRES
OPTICIENS
INSTRUMENTS DE PRÉCISION.

Notice
envoyée gratuitement.

RÈGLES "MARC"
24, R. de Dunkerque - Paris-X*

REMPLISSEZ CE COUPON
pour recevoir gratis et sans engagement
de votre part, la Notice qui vous renseignera sur l'emploi des règles à calculer.

Nom _____

Adresse _____

A. _____



...c'est toujours une **PILE HYDRA** qui sauve la situation. Aussi, vous l'aurez constamment avec vous dans un de ses élégants boîtiers "aviette", "plats", "gnôme", etc. etc... toutes garnitures.



celle qui ne "flauche" pas

Pub. R. I. Dupuy

Depuis

25 ans

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

LAUREYS F^{res}

17 RUE D'ENGHEN - PARIS-10^e

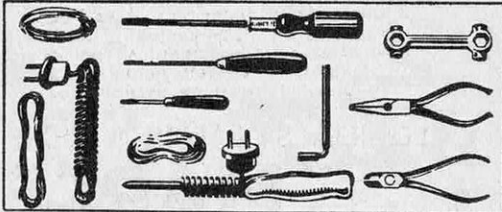
TÉLÉPH.:
PRO. 99.37

**PHOTOGRAVURE
OFFSET - TYPONS
CLICHERIE
GALVANOPLASTIE**



VOUS AUSSI POUVEZ GAGNER D'AVANTAGE
 comme **EXPERT en T.S.F**

Vous avez la possibilité d'assurer rapidement votre indépendance économique, comme tous ceux qui suivent notre fameuse méthode d'enseignement.
 Gagnez donc dans vos heures libres 300 frs, 500 frs et davantage par semaine.
 Etudiez chez vous cette méthode facile et attrayante. **Aucune connaissance spéciale n'est demandée.**



Pour la pratique vous recevrez GRATUITEMENT...

...ce récepteur ultra-moderne superhétérodyne, 6 lampes, œil magique, etc... ainsi que l'outillage complet.

Bénéficiez de ces avantages uniques et de cette offre sans précédent.

La France offre en ce moment un vaste champ d'action pour les Radio-techniciens dans la T. S. F., cinémas, télévision, amplification, etc... Sans abandonner vos occupations ni votre domicile et en consacrant seulement une heure de vos loisirs par jour, vous pouvez vous créer une situation enviable et très rémunératrice!



Envoyez-nous immédiatement ce coupon :

ECOLE MODERNE DE T. S. F.
3, Rue Laffitte, Cl. 15, Paris-9°

Veillez m'envoyer **gratuitement** votre livre, avec les indications :
 " Comment gagner de l'argent dans la T. S. F. "

Nom..... Prénoms.....
 Rue..... N°.....
 Ville..... Département.....



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

1^{re} Partie : **SYSTÈME NERVEUX.**

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

2^{me} Partie : **ORGANES SEXUELS ET APPAREIL URINAIRE.**

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

3^{me} Partie : **MALADIES de la FEMME**

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

4^{me} Partie : **VOIES DIGESTIVES**

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

5^{me} Partie : **SYSTÈME MUSCULAIRE ET LOCOMOTEUR**

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

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

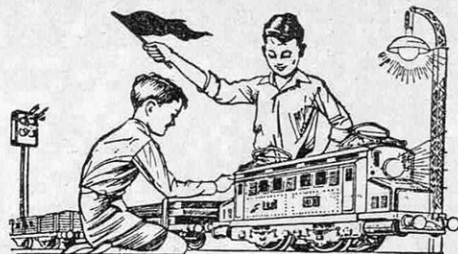
L'application de la batterie galvanique se fait de préférence la nuit et le malade peut sentir le fluide bienfaisant et régénérateur s'infiltrer doucement et s'accumuler dans le système nerveux et tous les organes, activant et stimulant l'énergie nerveuse, cette force motrice de la machine humaine.

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

C'EST GRATUIT

Hommes et femmes, célibataires et mariés, écrivez une simple carte postale à Mr le Docteur L. P. GRARD, 30, Avenue Alexandre-Bertrand, BRUXELLES-FOREST, pour recevoir par retour, sous enveloppe fermée, le précis d'électrothérapie avec illustrations et dessins explicatifs. Affranchissement pour l'Étranger: Lettre 1,75. Carte 1 fr.

TRAINS HORNBY



JOUER AUX TRAINS HORNBY...

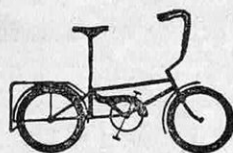
...est une joie inimaginable; vous avez le choix de quarante Trains Complètes, électriques et mécaniques, plus de vingt Locomotives, cinquante Voitures et Wagons, des centaines d'Accessoires merveilleusement colorisés et des Rails, Aiguilles et Croisements à en rêver.

Le Nouveau Train électrique N° 0-1E, illustré ci-dessus, avec renversement, transfo. et rails... 200.»

Pour avoir les noms de nos Stockistes, écrivez-nous.

GRATUIT. — Un merveilleux catalogue de 44 pages contenant toutes les nouveautés. Demandez-le dans les bonnes maisons de jouets ou envoyez-nous sur carte postale vos nom et adresse et ceux de trois de vos amis.

MECCANO (Serv. V), 80, r. Rébeval, Paris-19^e



Breveté S.G.D.G

LE PETIT "BI"

9, Rue Mazarine - PARIS 6^e

SOURDS

Pour chaque degré de surdité, un

PHONOPHORE

NOUVEAUX MODÈLES

à conduction osseuse et aérotympanique

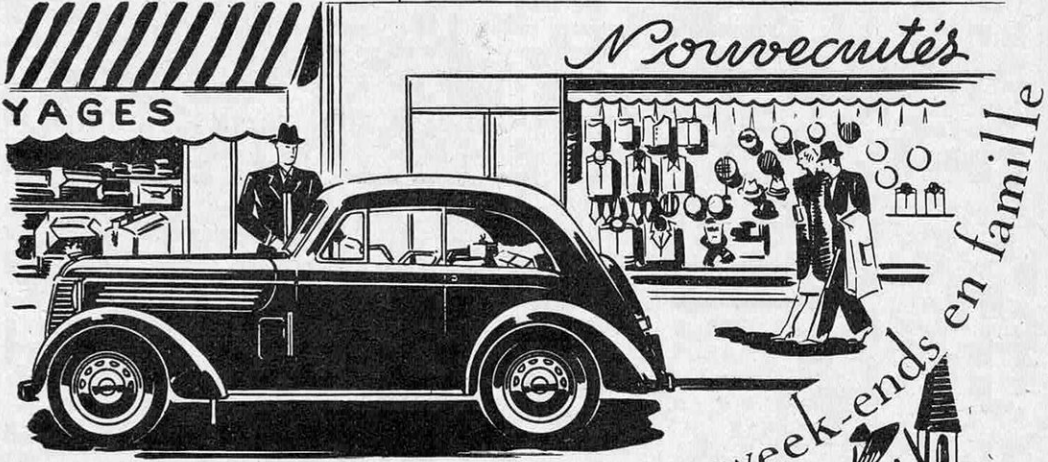
Remboursement partiel par Assurances sociales

DÉMONSTRATIONS GRATUITES

SIEMENS PHONOPHORE Co, Service "S"
4, rue Chauchat, Paris (9^e) - PROTECTOR 98-77

LA JUVAQUATRE

La voiture de la jeunesse



7 LITRES AUX 100 - 6 CV. - 4 PLACES - 100 A L'HEURE

RENAULT

L'AUTOMOBILE DE FRANCE

VENTE A CREDIT GRACE A L'INTERVENTION DE LA D.I.A.C. 47 BIS, AVENUE HOCHÉ, PARIS

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'École 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'École 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° 41.100, concernant les *classes complètes* de l'**Enseignement primaire et primaire supérieur** jusqu'au 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° 41.107, 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° 41.110, 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° 41.117, 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° 41.121, 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° 41.125, 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° 41.134, 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° 41.138, 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° 41.140, 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° 41.147, 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° 41.151, concernant la préparation aux carrières du **Cinéma** : Carrières artistiques, techniques et administratives.
(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

BROCHURE N° 41.155, concernant la préparation aux carrières du **Journalisme** : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

BROCHURE N° 41.162, 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° 41.168, 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° 41.174, 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° 41.176, 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° 41.182, 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° 41.185, concernant l'**Art d'écrire** (Rédaction littéraire, Versification) et l'**Art de parler en public** (*Eloquence usuelle, Diction*).

BROCHURE N° 41.189, concernant l'**enseignement** pour les **enfants débiles** ou **retardés**.

BROCHURE N° 41.192, concernant les **carrières féminines** dans tous les ordres d'activité.

BROCHURE N° 41.199, **Coiffure, Manucure, Pédicure, Massage, Soins de beauté**.

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

L'ÉCOLE UNIVERSELLE
59, boulevard Exelmans, PARIS (16^e)

AVEC DU VIEUX, FAIRE DU NOUVEAU

C'EST ce que le gaz permet de faire d'une chaudière à combustible solide. Entendons-nous. Une chaudière peut toujours en remplacer une autre. Ce n'est pas de substitution qu'il s'agit, mais bien de transformation.

Voici le problème :

Etant donné une chaudière ancienne à combustible solide, transformer celle-ci, sans la déposer, de telle manière qu'elle admette dorénavant le gaz comme combustible.

La pratique de ce rajeunissement comporte trois opérations :

1° Suppression de tous les organes inutiles : cendrier, grille, porte de chargement ;

2° Nettoyage complet du corps de chauffe et vérification de l'état de l'intérieur de la chaudière ;

3° Pose de l'équipement au gaz comprenant : brûleur spécial, robinetterie d'alimentation, appareillage de régulation et de sécurité.

De quoi est fait cet appareillage ?

Pour la régulation : d'un thermostat réglé d'après la température de l'eau qui sort de la chaudière, ou d'après la tempé-

rature d'ambiance voulue dans l'appartement. Pour la sécurité : tout le nécessaire afin d'éviter que l'interruption de la distribution du gaz, l'arrêt de fonction-

nement de la veilleuse, ou l'oubli de l'allumer puissent avoir la moindre conséquence fâcheuse.

Tout cet appareillage de sécurité existe et est parfaitement au point.

L'opération faite, la vieille chaudière est devenue un jeune automate dont l'automatisme peut aller jusqu'à s'allumer d'elle-même, à heure fixe, hors la présence de l'usager.

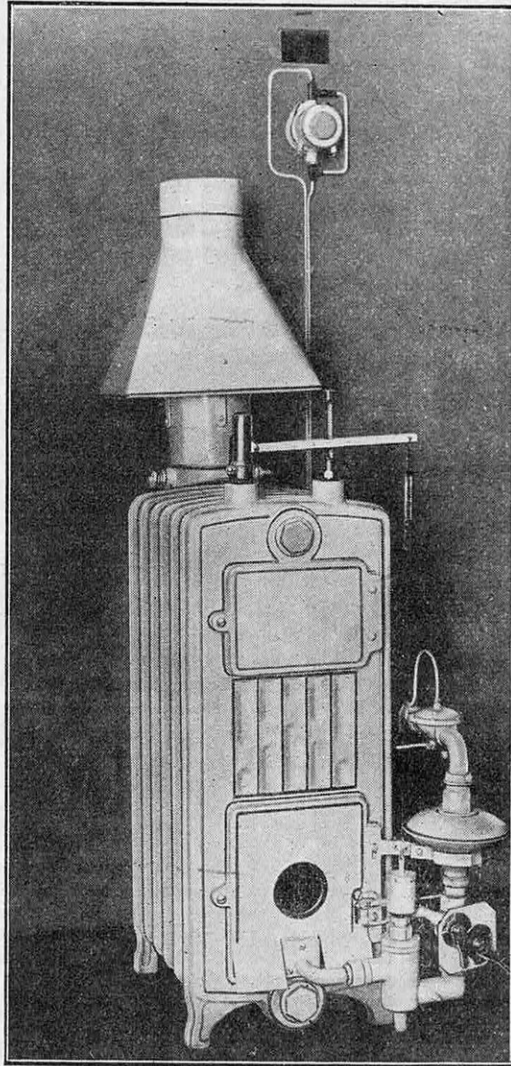
Or, l'automatisme, pour une chaudière, est précieux à deux titres :

— Il libère l'usager de toutes sujétions inhérentes à la préparation, à l'entretien et à la conduite du feu ;

— Il règle rigoureusement la consommation et, par conséquent, la dépense, sur le be-

soin. Il évite donc tout gaspillage de chaleur. Ce sont des avantages à considérer.

Aussi la transformation en question est-elle devenue courante.





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

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

SUPPRIMEZ RHUMES, BRONCHITES, ANÉMIE

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

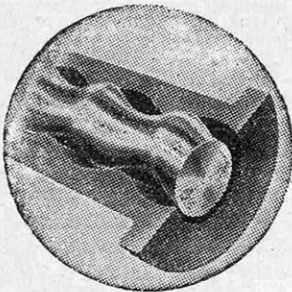
ÉLÉMENT DE CONFORT

OZONAIR NEUTRALISE ÉLECTRIQUEMENT ODEURS DE CUISINE, TABAC, etc.

NOTICE ET RÉFÉRENCES FRANCO • ESSAI GRATUIT

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

PUBL. C. BLOCH

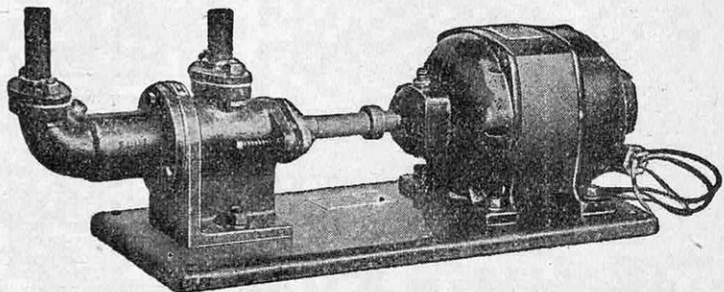


POMPES EN CAOUTCHOUC

LICENCE R. MOINEAU, BREVETÉE FRANCE ET ÉTRANGER

AVANTAGES

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



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

POMPES • COMPRESSEURS • MÉCANIQUE
63, 65 RUE DE LA MAIRIE, VANVES (SEINE) - TÉL. MICHELET 3718

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, Salon 1938

L'ULTRAMERIC IX TOUTES ONDES PUSH-PULL

Récepteur moderne 9 lampes à grande sensibilité par emploi de la nouvelle lampe 6 TH 8 TUNGSRAM. Haute fidélité et relief sonore par push-pull et contre-réaction BF.

9 lampes nouvelles à culot octal. — Toutes ondes 17-2.000 m. — Accord 472 kc. — Sélectivité 8 kc. — Push-pull penthode avec contre-réaction appropriée. — Réglage visuel par trêfle cathodique. — Antifading 100 % amplifié. — Contrôle de tonalité. — Bobinages à noyau de fer. — Prise pick-up. — Cadran verre photogravé, éclairage indirect et 4 jeux de signalisation. — Commutateur rotatif à grains d'argent. — Dynamique grand modèle exponentiel 25 cm. — Secteur alternatif 110-240 volts.

Plus de 130 stations, ainsi que les ondes courtes sur antenne de fortune

PRIX DE RECLAME NET au lieu de
 du poste complet .. **1.395.»** **2.800.»**

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

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

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

MAISON DE CONFIANCE

PUBL. C. BLOCH

MECCANO
 LA MÉCANIQUE EN MINIATURE

BOITES PLUS GRANDES

MODELES TOUS NOUVEAUX

JEUNES GENS! Quelles bonnes nouvelles

Les Modèles Meccano sont tous nouveaux, plus réalistes, plus intéressants et plus amusants à construire. Presque tous fonctionnent comme des vrais. Même avec la plus petite Boîte Meccano, n'importe quel enfant peut monter tout seul de jolis Modèles : Grues, Avions, Ponts, Autos, et des centaines d'autres. Allez voir le Nouveau Meccano chez votre fournisseur, de suite. Emmenez Papa avec vous.

GRATUIT. — Un merveilleux catalogue de 44 pages. Demandez-le chez votre fournisseur ou envoyez-nous sur carte postale vos nom et adresse et ceux de 3 de vos amis.

MECCANO (Serv. 26), 78, rue Rébeval, Paris-19^e

LE JOUET VIVANT AUX MULTIPLES TRANSFORMATIONS

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

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

DIPLOME FIN D'ÉTUDES

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

COURS NADAUD, 1, place Jussieu, Paris (V^e)

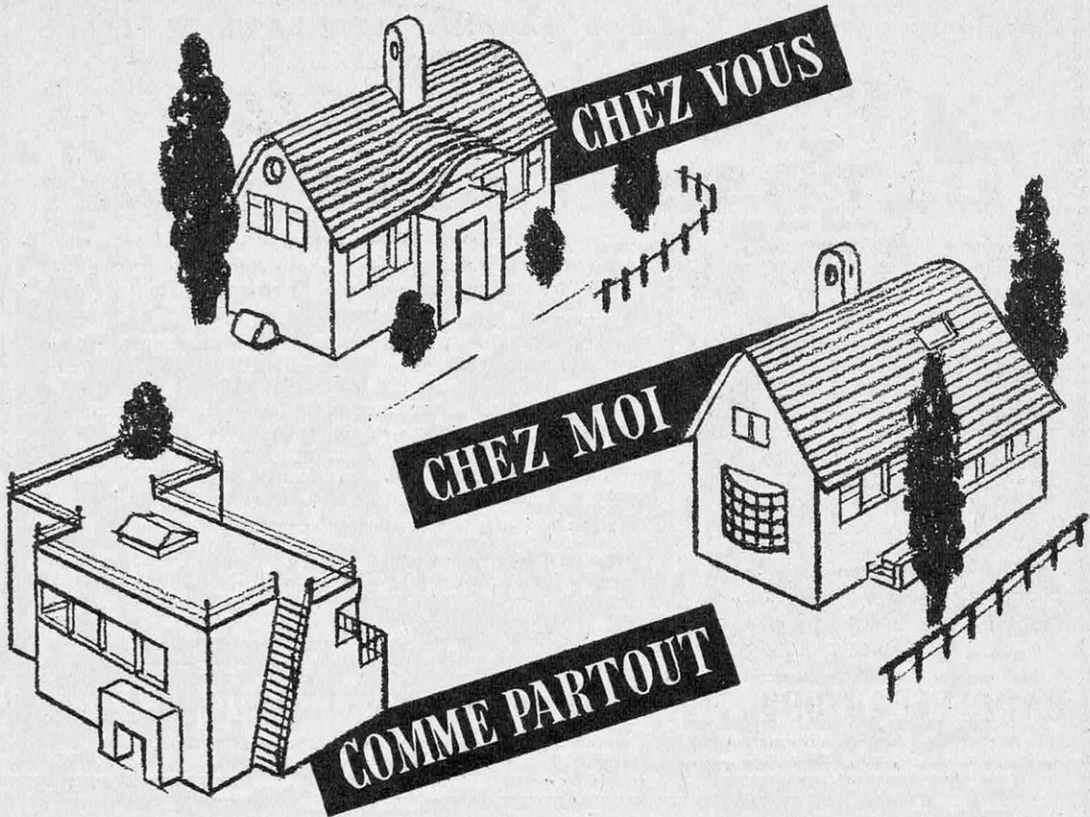
INVENTEURS

POUR VOS **BREVETS** WINNER-HANSEN
 L. DENES Ing. Cons.
 35, Rue de la Lune, PARIS 2^e

DEMANDEZ LA BROCHURE GRATUITE "S"

LA SCIENCE ET LA VIE

est le seul Magazine de Vulgarisation
 Scientifique et Industrielle



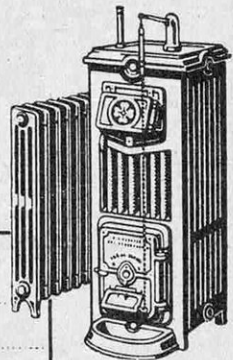
LE CHAUFFAGE CENTRAL
"IDÉAL CLASSIC"

est la solution la plus économique

De tous les chauffages, "IDÉAL CLASSIC" est le plus agréable, le plus sûr et le plus économique.

Quelle que soit votre demeure, il y apportera un incomparable confort et une foule de commodités avec son foyer unique, son fonctionnement automatique et son abondant service d'eau chaude.

Grâce au Chauffage Central "IDÉAL CLASSIC", vous aurez ainsi jour et nuit, dans toutes vos pièces, une chaleur douce et saine, réglable à souhait, tout en dépensant



*Moins de 7 centimes
 par heure et par radiateur.*

★ GRATUITEMENT
 demandez la brochure illustrée AF 3

Veuillez m'adresser gratuitement
 votre brochure illustrée AF 3

NOM

RUE

VILLE

560

COMPAGNIE NATIONALE DES RADIATEURS

149, Boulevard Haussmann, PARIS (8^e)

USINES à : AULNAY-sous-BOIS, DAMMARIE-les-LYS, DOLE, CLICHY, SI-OUEN, ARGENTÉJIL, BLANC-MESNIL



Mlle Suzanne D..., de Troyes, a facilement doublé ses revenus en s'adonnant chez elle aux travaux des Ateliers d'Art Chez Soi.

Tous les français doivent savoir

qu'ils peuvent de suite trouver une situation agréable, indépendante, rémunératrice et stable, en s'adressant aux **ATELIERS D'ART CHEZ SOI (Société SADACS)**.

Médaille d'Or, Exposition 1937

Toutes personnes, hommes ou femmes, à la recherche d'une situation stable et lucrative, ou désirant augmenter leurs revenus en travaillant pendant leurs heures de loisir, ou tout simplement qui veulent une occupation agréable, doivent, dès aujourd'hui, au moyen du « bon gratuit » ci-dessous, demander aux **Ateliers d'Art Chez Soi** tous les renseignements détaillés.

Les **Ateliers d'Art Chez Soi**, puissant groupement d'artisans, grâce à une organisation de vente remarquable, disposent de vastes débouchés dans les Grands Magasins, les grosses firmes et dans la clientèle particulière.

Pour satisfaire aux nombreuses commandes qu'elle reçoit de tous côtés, la **Société SADACS** recherche de nouveaux adhérents à qui elle enseignera les arts appliqués et dont elle fera des artisans consommés, possédant tous les secrets de la décoration, les procédés et les techniques les plus modernes.

Nul besoin d'aptitudes particulières ; la Société **SADACS** vous enseignera ses méthodes avec facilité. Le temps de formation est d'ailleurs très court et, dès le début, la Société écoule la production de ses nouveaux adhérents ; que vous habitiez Paris ou un village de la plus lointaine province, la **SADACS** se chargera de votre formation et s'occupera de la vente de votre production. Le matériel et l'outillage (en cinq coffrets complets) sont fournis gratuitement aux nouveaux adhérents.

Travailler chez soi dans l'indépendance !

Avoir, à portée de sa main, un Service de Ventes ami qui toujours défend les intérêts de ses adhérents et dispose de débouchés importants,

N'EST-CE PAS LE RÊVE DE TOUS ?

C'est ce que vous offrent les **ATELIERS D'ART CHEZ SOI** aujourd'hui !

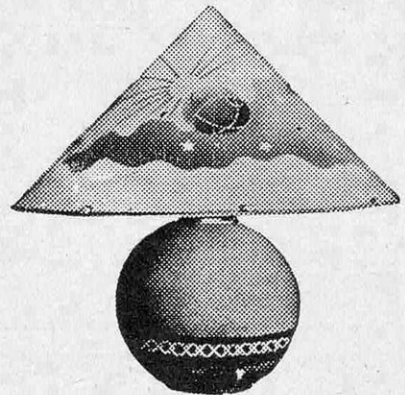
LISEZ LEUR BROCHURE GRATUITE

BON A DÉCOUPER ou recopier et à adresser à la **SOCIÉTÉ SADACS (Cours B 74), 25, rue d'Astorg, Paris (8^e)**

Veillez m'envoyer gratuitement, sans engagement de ma part, votre plaquette illustrée Les Travaux d'Art Chez Soi, ainsi que tous les renseignements sur l'offre spéciale de matériel gratuit que vous faites. (Inclus 2 francs en timbres-poste pour frais d'envoi.)

M

à



De nombreux exemplaires de cette jolie lampe ont été commandés et achetés par la SADACS à son adhérent, M. Robert P..., de Tourcoing, pour un grand magasin.

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

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

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

Nom et prénoms

Rue et n°

Ville et Département

Date de naissance (1)

Diplômes le cas échéant (1)

Lieu et date de nomination (1)

Traitement désiré (1)

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

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

SANS - FILISTES !

Pas d'auditions vraiment pures

sans un

SURVOLTEUR - DÉVOLTEUR

SUPER CB²

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

FERRIX

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



R.L.D.

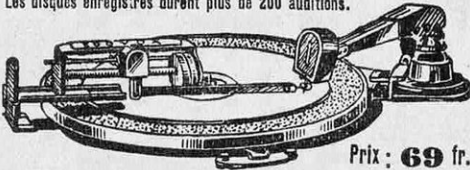
ENREGISTREZ VOUS-MEMES...

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

EGOVOX**L'ENREGISTREUR
DU SON**

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

Les disques enregistrés durent plus de 200 auditions.



Prix : 69 fr.

CATALOGUE FRANCO SUR DEMANDE

Société REMO-EGOVOX1, rue Lincoln, Paris-8^e

PUBL. C. BLOCH

"DESSINEZ"

RAPIDEMENT ET EXACTEMENT

même sans savoir dessiner, grâce au

Dessineur (Chambre Claire simplifiée) : 135 frs

Port : France, 5 fr. — Etranger, 10 fr.

OU A LA

Chambre Claire Universelle

(2 modèles de précision) : 275 ou 420 francs

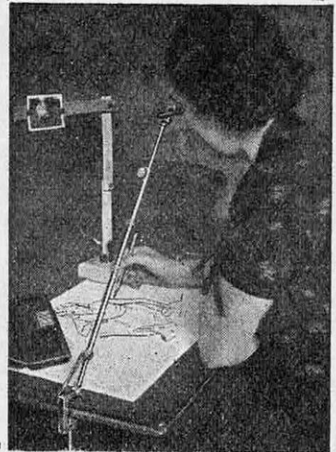
Port : France, 8 fr. — Etranger, 25 fr.

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

D'un seul coup d'œil,
sans connaissance du dessin, permettent d'**AGRANDIR, RÉDUIRE, COPIER**, d'après nature et d'après documents :

P. BERVILLE18, rue La Fayette
PARIS - IX^e

Ch. Post. : 1.271-92

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

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

Les Cours donnés par des Ingénieurs spécialistes peuvent être suivis par tout le monde sans difficulté.

Construction, Montage, Dépannage et alignement de tout poste

Cours complet : 250 francs

DIPLOME FIN D'ÉTUDES

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

ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES

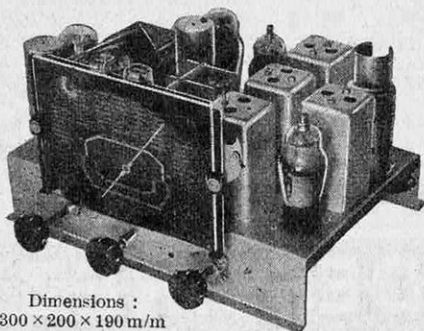
◀ **FILTRE** ▶

DANS TOUTES BONNES MAISONS
et 155, faubourg Poissonnière, Paris

MALLIÉ

LE SCIENTIFIC VI

(décrit dans ce numéro)



Dimensions :
300 x 200 x 190 m/m

ATTENTION !

Châssis 6 Tubes O.C. - P.O. - G.O.

(Voir caractéristiques ci-dessous.)

PRIX DE PROPAGANDE :

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

Cablé et réglé..... **295**

Jeu de 6 tubes glass 1^{er} choix (6A8, 6K7, 6Q7, 6F6, œil magique et valve). **175 »**

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

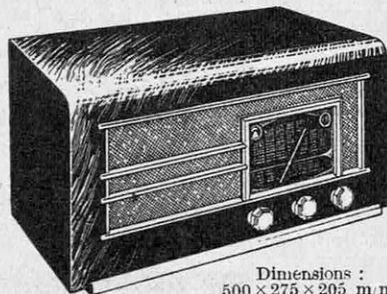
Dynamique 21 cm. spécial 6F6 **42 »**

— 21 cm. modèle supérieur **55 »**

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

Poste complet avec dynamique supérieure, lampe glass 1^{er} choix..... **675**

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



Dimensions :
500 x 275 x 205 m/m

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

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

RADIO-RECORD

3, rue du Vieux-Colombier — Paris (6^e)

Tél. : Lit. 55-17. — Métro Saint-Sulpice.

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

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

PUBL. RAPY

QUALITÉ INÉGALABLE PRIX EXCEPTIONNELS

sont les caractéristiques de tous les articles offerts au public lors de la **vente spéciale de SOLDES** à laquelle BURBERRYS procéderont comme chaque année depuis 20 ans.

A PARTIR DU 3 JANVIER

POUR HOMMES

Manteau d'hiver .. **625. »**

Manteau ½ saison. **575. »**

Manteau voyage.. **695. »**

Complet tout fait. **625. »**

Complet sur mesures.. .. **775. »**



POUR DAMES

Manteau tailleur .. **495. »**

Manteau ½ saison. **395. »**

Manteau voyage .. **395. »**

Costume ville **650. »**

Costume sport.. .. **595. »**

Cette liste n'est aucunement limitative, des articles en nombre insuffisant pour former des séries sont également mis en vente à des prix remarquablement intéressants.

LE BURBERRY

L'IMPERMÉABLE sans CAOUTCHOUC

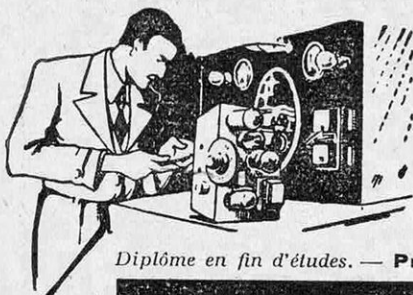
HOMMES ENFANTS (2 ans) DAMES
425. » 165. » 425. »

Catalogue spécial N° 16 franco sur demande

BURBERRYS

8-10, boul. Malesherbes, PARIS

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



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

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

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

COURS PROFESSIONNELS DE T. S. F. ET RADIO

62, boulevard Sébastopol Paris (3^e)

BROCHURE GÉNÉRALE GRATUITE — PRÉPARATION MILITAIRE RADIO

Cours complet de construction, montage, réglage et dépannage : **250 fr.**

VOUS APPRENDREZ LES LANGUES

— sans effort, avec —

ASSIMIL

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

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

C'EST LE CADEAU RÊVÉ DE FIN D'ANNÉE

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

ASSIMIL, service Sc,
15^{bis}, rue de Marignan, Paris-8^e

BONNE NOUVELLE POUR LA JEUNESSE LABORIEUSE ET STUDIEUSE

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

SACHEZ QUE

le **COURS NADAUD SCIENTIFIQUE ET LITTÉRAIRE**, 1, place Jussieu, Paris (5^e), vient d'organiser, à tarif très modéré, des cours oraux ayant lieu les samedis et des cours par correspondance préparant notamment au **BREVET ÉLÉMENTAIRE** et **B. E. P. S.**

Renseignements sur demande. **PREMIÈRE SEMAINE DE COURS à titre GRACIEUX** à qui se recommandera de « La Science et la Vie ».

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

(Joindre un timbre de 0 fr. 90.)

LES VERRES PONCTUELS

STIGMAL

CORRIGENT ET PROTÈGENT PARFAITEMENT LA VUE

Ils sont fabriqués en plus de 1500 combinaisons différentes pour correspondre à toutes les imperfections des yeux.

En vente chez les Opticiens Spécialistes (Prix imposé)

La Société des Lunetiers. 6, rue Pastourelle, Paris, ne vend pas aux particuliers.

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

Seule, la **SÉRIE 39**

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



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

LES HANGARS EN ACIER DE LA SÉRIE 39

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

Ecrivez aujourd'hui pour la Brochure 144 Franco 7 demande

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

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

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

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

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

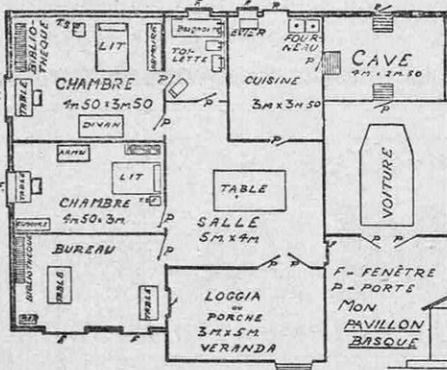
La **SÉRIE 46** : Pavillons et Maisons d'habitation

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

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

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

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



JOHN REID, Ingénieur-Constructeur

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

L'Avenir?...

Marine de Guerre

Marine Marchande

Aviation

Administrations

Vous y penserez sans inquiétude..
15.000 ÉLÈVES
SE SONT PRÉPARÉS
ET ONT TROUVÉ DES
SITUATIONS

OU ONT FAIT LEUR

SERVICE MILITAIRE DANS
LE GÉNIE • LA MARINE • L'AVIATION

Industrie

Grâce à l'
COLLEGE CENTRAL DE T.S.F.

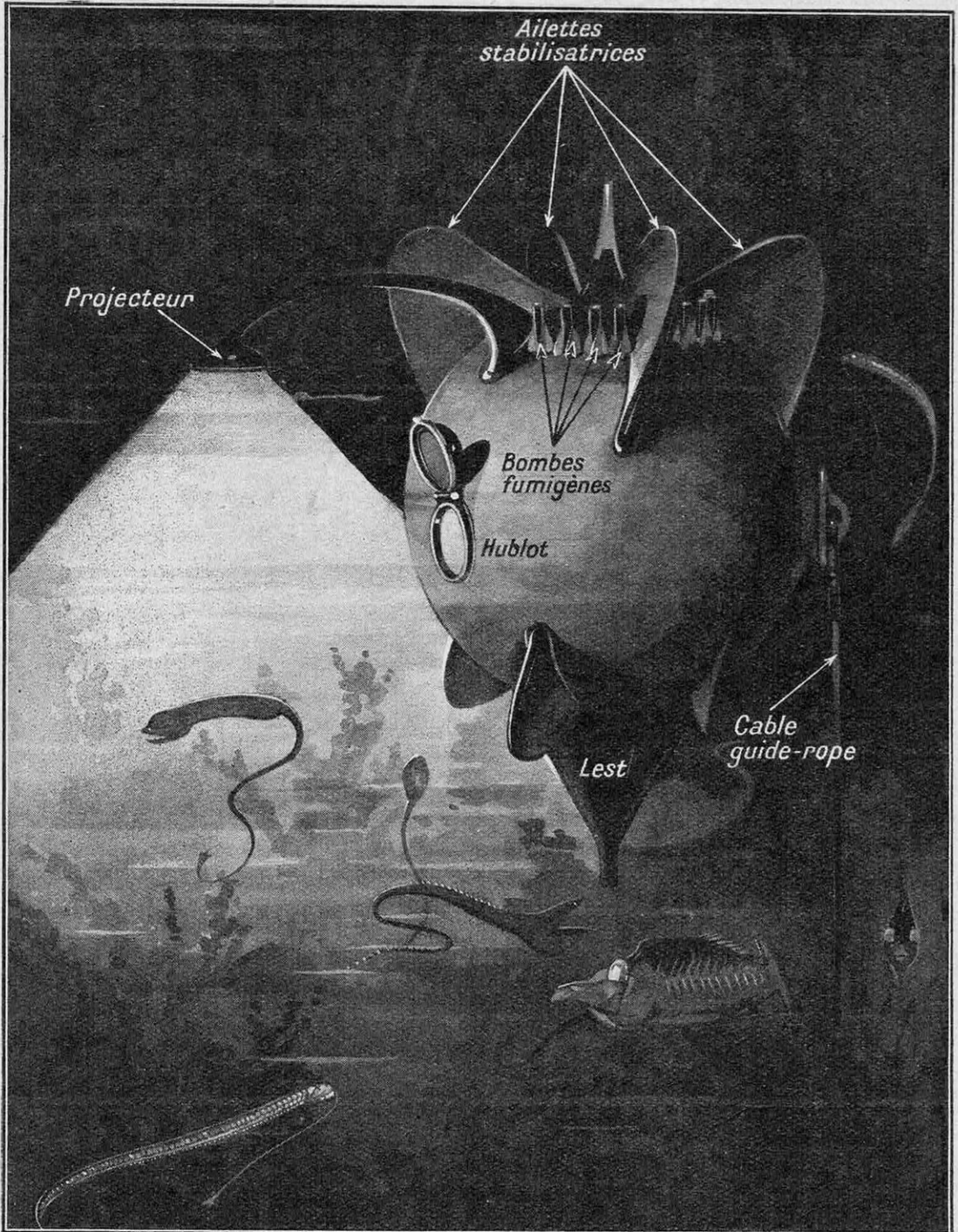
12 RUE DE LA LUNE
PARIS

2^e ART.

COURS DU JOUR
COURS DU SOIR
OU PAR
CORRESPONDANCE

LE PLACEMENT ou L'INCORPORATION SONT ASSURÉS
par l'école et l'amicale des anciens élèves

c'est
la grande école Française de la radio



UN DES PREMIERS PROJETS DE SPHÈRE LIBRE ÉTUDIÉE PAR LE PROFESSEUR PICCARD POUR L'EXPLORATION DU FOND DES MERS JUSQU'À 5 000 M ET PLUS DE PROFONDEUR

La sphère est ici en alliage léger d'aluminium et de magnésium. Son faible poids rend inutile l'emploi d'un flotteur comme celui qui surmonte la sphère d'acier représentée sur la couverture de ce numéro. Par contre, pour éviter le balancement de la sphère, des ailettes stabilisatrices sont nécessaires. L'éclairage latéral a été choisi en vue d'éliminer l'« effet de mur » que provoquerait dans l'eau un faisceau lumineux dirigé à travers un hublot. Le câble « guide-rope » a pour but de permettre de suivre les courants marins en se maintenant à une distance quasi constante du fond, la longueur libre de ce câble entre la sphère et le sol équilibrant rigoureusement la force ascensionnelle de la sphère sous-marine.

AU FOND DES OCEANS AVEC LE PROFESSEUR PICCARD

Par Jean MARCHAND

INGÉNIEUR I. E. G. — LICENCIÉ ÈS SCIENCES

Le seul domaine terrestre qui demeure aujourd'hui complètement inexploré est celui des grandes profondeurs abyssales qui, dans l'océan Pacifique, s'étendent jusqu'à quelque 10 000 m au-dessous du niveau de la mer. La masse énorme des océans recouvre les deux tiers de la surface du globe, mais nous n'en connaissons encore, par l'observation directe, qu'une infime pellicule : les quelques dizaines de mètres où peuvent évoluer les scaphandres souples. Combien de cargaisons précieuses, de richesses artistiques et historiques gisent au fond des mers, dans les épaves englouties depuis que les hommes ont entrepris de sillonner les routes maritimes, et attendent que d'autres hommes les ramènent au jour lorsque les progrès de la science et de la technique leur permettront non seulement d'explorer les grands fonds, mais aussi d'y travailler. Déjà l'industrie de la récupération sous-marine parvient à sauver des cargaisons coulées jusque par 200 m de fond. En attendant que l'activité humaine puisse s'exercer à de plus grandes profondeurs, l'observation seule, telle que l'Américain Beebe l'a poussée jusqu'à 906 m dans sa « bathysphère » d'acier, constitue une incomparable source de renseignements d'ordre biologique. Tout laisse supposer aujourd'hui que les zones abyssales, contrairement à ce que l'on a cru pendant longtemps, renferment une faune abondante et variée. Pourrons-nous jamais l'observer ? C'est ce qu'affirme le professeur Piccard, pionnier de la stratosphère, qui projette d'atteindre les profondeurs extrêmes dans une sphère d'acier, véritable ballon sous-marin libre emporté par les courants et qui, lâchant son lest, remontera en toute sécurité à la surface, une fois épuisée la provision d'oxygène emportée par ses passagers. Voici, sur ce projet sensationnel, les détails techniques inédits que le professeur Piccard a bien voulu nous communiquer à l'intention spéciale des lecteurs de La Science et la Vie.

CHACQUE nouvelle conquête de l'homme sur le monde élargit le domaine où s'exerce son activité. La terre ferme, la surface des océans, l'air sont aujourd'hui pratiquement entièrement explorés. Seules les profondeurs sous-marines (qui atteignent jusqu'à 10 000 m) demeurent encore mystérieuses. Cependant le « progrès » auquel nous assistons depuis un quart de siècle nous interdit de mettre en doute *a priori* la portée pratique de plongées dont le but immédiat demeure encore la recherche scientifique pure. Les perfectionnements de la radio, par exemple, ne sont-ils pas dus à l'étude théorique de l'électron ? Sans doute, les méthodes qui seront mises en œuvre pour réaliser les performances projetées recevront-elles tôt ou tard des applications utilitaires, soit pour récupérer des trésors enfouis dans les épaves de navires, soit pour sauver des vies humaines, lors du relevage des sous-marins en péril. En attendant, l'étude de la vie aux grandes profondeurs peut apporter aux savants de précieuses indications

d'ordre biologique. N'oublions pas, en effet, que l'eau est le grand régulateur de la Vie, que c'est dans le milieu marin que, sans aucun doute, la Vie a pris naissance il y a un milliard d'années et que son étude doit nous fournir les notions les plus précieuses pour nous aider à comprendre l'édification et l'évolution des organismes vivants.

C'est cependant plutôt par curiosité ou pour des fins plus réalistes (pêche de coquillages, d'huîtres perlières), que furent effectuées les premières plongées, l'homme n'emportant avec lui que la réserve d'air autorisée par sa capacité pulmonaire. Il est déjà remarquable que l'on soit ainsi parvenu à quelques dizaines de mètres sous l'eau ; mais trois minutes semblent constituer l'extrême limite de la résistance humaine (1), sans équipement spécial.

(1) Un plongeur renommé, le capitaine James, pouvait, paraît-il, rester immergé jusqu'à 4 minutes. Le professeur Portier a signalé qu'on pouvait augmenter la durée de la plongée jusqu'à douze ou quinze minutes par « lavage des poumons » (expirations et inspirations successives) avec de l'oxygène pur.

L'exemple du monde animal et les méthodes humaines de plongée

L'homme a-t-il innové dans ce domaine ? Non, si nous en croyons ce que nous rapporte William Beebe, recordman de la plus grande profondeur atteinte (906 m). Si les grenouilles, les pingouins, les dauphins plongent comme l'homme, en inspirant simplement le maximum d'air, les insectes nous fournissent des exemples qui ressemblent étrangement aux procédés artificiels que nous avons imaginés pour vivre sous l'eau. Voici, par exemple, les *gyrins*, coléoptères de nos mares. En plongeant, ils emportent, dans un petit espace compris entre leur corps et leurs élytres une bulle d'air; ils remontent lorsqu'elle est épuisée. A l'échelle humaine, c'est la méthode du casque fermé, sans renouvellement d'air.

Voici ensuite les larves de la *mouche bourdon*, qui, vivant au fond de l'eau, doivent cependant rester en communication avec l'atmosphère. Le prolongement de leur extrémité postérieure jusqu'à la surface de l'eau, formant un tube ouvert à l'air libre, n'est-il pas l'homologue du tube en caoutchouc adapté au casque du plongeur ? Les araignées font mieux encore : l'araignée *Desis*, par exemple, qui vit sur le bord de la mer à marée basse, se réfugie dans une petite cavité de corail dès que l'eau monte, et la

cloison soyeuse qu'elle tisse à l'entrée de son abri ferme la chambre étanche où elle vivra jusqu'au reflux. Que dire de cette autre araignée, l'*Argyronète*, qui sait enrober d'air son corps velu et se constituer sous l'eau une véritable cloche à plongeur en tissant sa toile autour de petites tiges et en allant chercher,

bulle par bulle, l'air nécessaire pour la remplir ? Lorsque son atmosphère est viciée, l'animal perce un trou au sommet de sa cloche pour laisser échapper les résidus de sa respiration, puis le referme soigneusement avant de renouveler sa provision d'air.

Le monde animal utilise ainsi d'instinct les divers moyens dont nous disposons pour demeurer sous l'eau : l'inspiration forcée, le casque fermé, le casque avec renouvellement d'air de nos scaphandres à partir de la surface de l'eau, la cloche à plongeur. Ajoutons toutefois que la chimie et la physique nous

permettent de faire mieux grâce à la régénération de l'atmosphère : absorption du gaz carbonique expiré par une base, renouvellement de l'oxygène au moyen de bouteilles d'acier où nous savons l'emmagasiner à haute pression. Enfin, nous distinguerons encore les appareils reliés mécaniquement à la surface par un câble porteur, de ceux, autonomes, qui doivent permettre de vivre et d'observer sous l'eau sans aucun lien avec le monde exté-

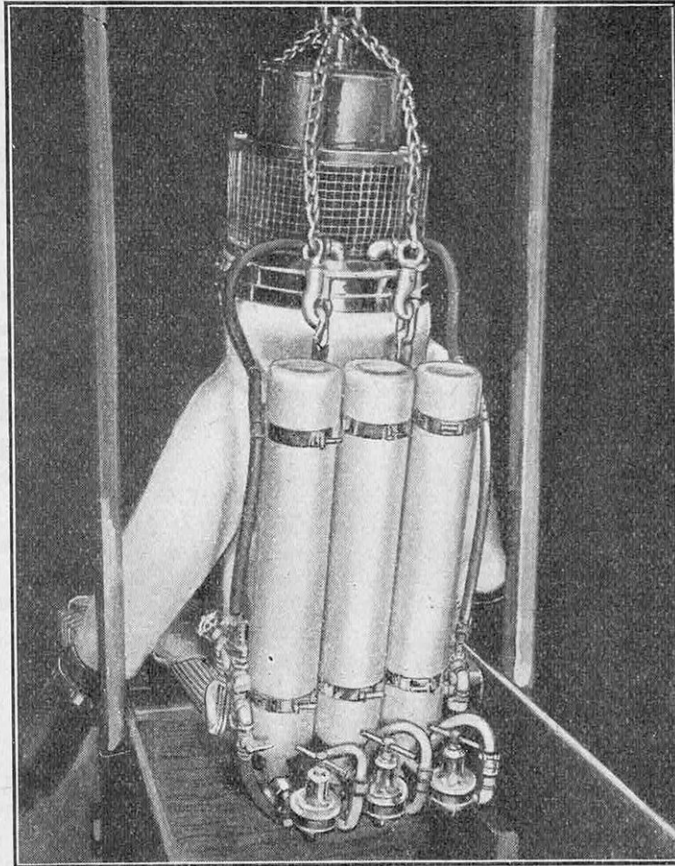


FIG. 1. — VOICI LE TYPE LE PLUS RÉCENT DE SCAPHANDRE SOUPLE AUTONOME ADOPTÉ EN AMÉRIQUE

Le scaphandrier emporte sur son dos des bouteilles en alliage léger renfermant à haute pression l'oxygène et l'hélium constituant l'atmosphère artificielle qu'il respire au cours de ses plongées profondes. L'emploi de l'hélium élimine les accidents provoqués par l'azote sous pression lorsque le scaphandrier reçoit de l'air ordinaire. On est ainsi parvenu jusqu'à 126 m.

rieur (1). Nous n'entreprendrons pas ici l'histoire de la plongée sous-marine, qui nous obligerait à remonter aux récits d'Aristote où les plongeurs sont comparés aux éléphants qui, grâce à leur trompe, peuvent, même immergés, aspirer à la surface de l'eau. A n'en pas douter, comme la larve de la mouche bourdon, les plongeurs d'Aristote étaient munis d'un tube les mettant en liaison avec l'air libre. Nous trouverions successivement les cloches à plongeurs avec renouvellement d'air, soit intermittent au moyen de récipients descendus à leur niveau, soit continu grâce à un piston que la pression croissante fait remonter; et l'énorme variété des scaphandres imaginés avant d'arriver aux appareils modernes.

Du scaphandre souple au scaphandre rigide

Examinons plutôt ces équipements du point de vue de la profondeur qu'ils permettent d'atteindre impunément. Le masque souple, muni d'un tube de caoutchouc par lequel une pompe envoie de l'air frais, permet de descendre aisément à environ

(1) Les sous-marins font évidemment partie de cette catégorie, mais on sait qu'ils ne dépassent guère une centaine de mètres de profondeur.

15 m. Au delà, la pression de l'eau, notamment sur les tympans, devient dangereuse. Le scaphandre souple complet n'autorise guère

plus de 100 m, car, à ces profondeurs déjà grandes, il est nécessaire que les poumons reçoivent de l'air à une pression égale à celle de l'eau. Sans cet air comprimé envoyé à l'intérieur du vêtement souple, le plongeur serait écrasé. Déjà à 50 m, les 14 000 cm² de notre corps sont soumis à une force totale de 65 tonnes ! Mais l'on sait que cette suppression de l'air respiré provoque, en outre, la dissolution de l'azote de l'air dans le sang et de là dans les différents tissus, en particulier dans les graisses dans lesquelles l'azote est six fois plus soluble que dans l'eau. La remontée doit durer plusieurs heures si l'on ne veut pas qu'une décompression trop brusque provoque un dégagement tumultueux de l'azote dans les tissus et dans les vaisseaux capillaires qu'ils encombreront et où ils arrêteront la circulation, d'où des accidents très graves et souvent mortels (1).

S'enfoncer davantage exige donc un

(1) Pour éviter ces inconvénients, on a imaginé de fournir aux scaphandriers un air artificiel où l'azote est remplacé par un autre gaz inerte : l'hé-

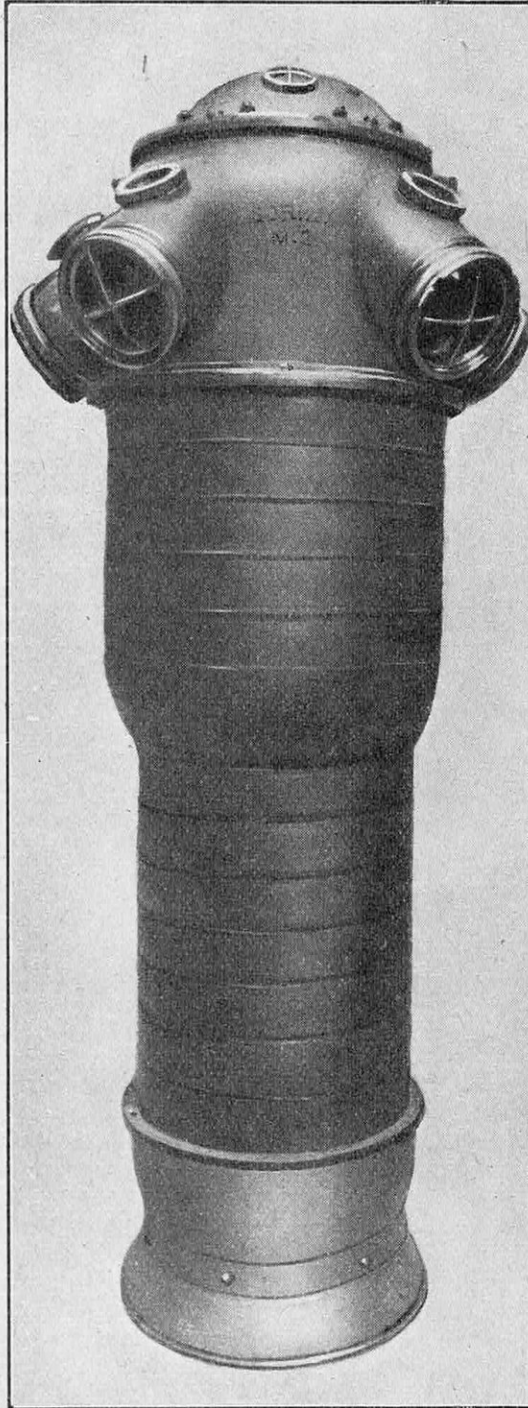


FIG. 2. — TYPE DE SCAPHANDRE PERMETTANT DE DESCENDRE A 200 M DE PROFONDEUR
Dans ce scaphandre rigide, tourelle d'acier de 400 kg, où l'atmosphère est constamment régénérée, le plongeur n'est pas soumis à la compression, mais, par contre, il est réduit au rôle d'observateur.

scaphandre rigide. Pesant de 200 à 400 kg, de tels appareils, véritables tourelles d'acier où l'homme respire de l'air à la pression normale, ont permis de descendre à plus de 150 m. Cependant le plongeur est réduit alors au rôle d'observateur, car même les appareils possédant des manches et des jambes n'autorisent que des mouvements très limités. D'ailleurs, il paraît difficile d'atteindre ainsi de très grandes profondeurs, les joints des articulations étant fort

appel notamment pour la recherche et la récupération des épaves de navires, problème particulier de l'exploration du fond des mers qui a donné lieu, depuis quelques années, à de fructueuses opérations (1).

Enfermé dans son scaphandre rigide, qui lui permet d'atteindre des profondeurs interdites aux scaphandres souples (où reposent la majorité des épaves), l'observateur préside d'abord à l'identification du bâtiment coulé, puis à toutes les opérations de dislocation

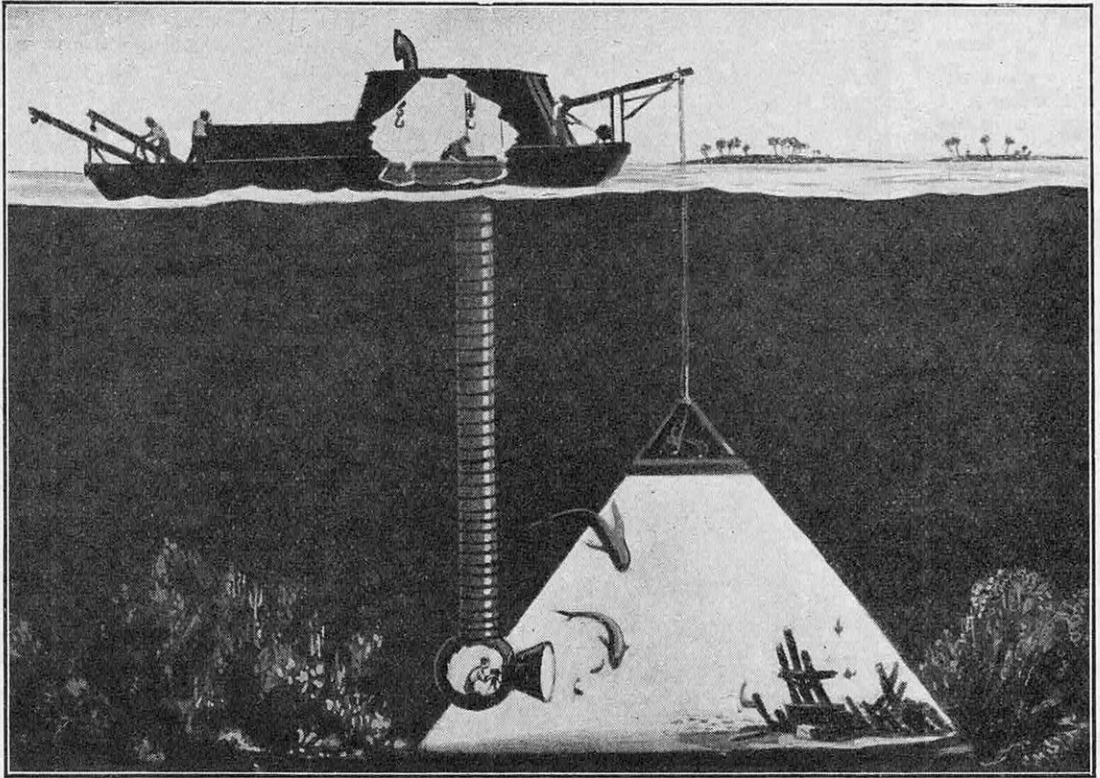


FIG. 3. — L'OBSERVATOIRE SOUS-MARIN DE WILLIAMSON AU BOUT DU TUBE FLEXIBLE

déliés à établir. Dans ces scaphandres, l'atmosphère est, bien entendu, constamment régénérée et un séjour au fond de deux à trois heures est alors possible. La communication avec l'extérieur est assurée par téléphone, et un manomètre indique au plongeur la profondeur où il se trouve. Enfin, bien que soutenu par un câble, le scaphandrier peut assurer lui-même sa remontée. Il dispose pour cela, dans certains appareils, d'une réserve d'air comprimé capable de chasser l'eau contenue dans un water-ballast, comme un sous-marin; dans d'autres, il peut détacher une plaque de plomb.

C'est à ce genre d'appareils que l'on fait

lium. Ce dernier serait beaucoup moins soluble que l'azote dans le plasma sanguin et les tissus adipeux.

des soutes par explosifs et de remontée de la cargaison par des crochets, des bennes, voire des électroaimants.

Dans sa tourelle d'acier, le plongeur est à la fois l'œil qui voit (2) et l'esprit qui dirige, par téléphone, les manœuvres exécutées avec précision, mais en aveugle, par l'équipage du navire-atelier.

Avec le problème de la récupération des épaves, dont la solution s'appliquera sans aucun doute un jour à celui du sauvetage des sous-marins, nous atteignons la limite

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 168, page 477.

(2) Encore la visibilité est-elle souvent précaire, la lumière du jour ne parvenant que très irrégulièrement aux fonds de 100 à 150 m. Par suite de phénomènes de réfraction, la clarté, quasi nulle à 40 m, peut devenir plus intense à 100 m.

actuelle des possibilités pratiques du travail sous-marin. Aussi bien, les plongées plus profondes, dont il nous reste à parler, n'ont eu pour objet que l'étude de la faune des grands fonds. Tel est, notamment, le but que se sont proposés : l'Anglais Williamson pour les faibles profondeurs ; l'Américain William Beebe, directeur de la section d'études tropicales à la *New York Zoological Society*, en descendant à 900 m de profondeur, et enfin le professeur Piccard, qui vise à atteindre jusqu'aux plus profonds abîmes des océans.

Les premières photos sous-marines

C'est à quelque 20 m sous la surface de l'eau que Williamson obtint les premières photographies sous-marines, dans les eaux claires et pures des « forêts de coraux » des Bahamas éclairées par l'éclatant soleil des tropiques, parfois aidé de l'éclairage local de puissants projecteurs. Une chambre sous-marine était fixée à

l'extrémité d'un tube métallique souple aboutissant à la surface et dans lequel on descendait au moyen d'une échelle. On sait que Williamson réussit même à filmer des scènes sous l'eau et notamment à « tourner » le roman de Jules Verne : *Vingt mille lieues sous les mers*.

Mais déjà Williamson constata la gêne résultant de l'existence de courants sous-marins, qui constituent un obstacle aux observations des grands fonds lorsque la cabine est fixée au bout d'un câble, obstacle dont le professeur Piccard veut s'affranchir en laissant son habitat libre de suivre ces courants.

Il est évident que la méthode utilisée par

Williamson n'est plus utilisable à des profondeurs supérieures à 20 m. Les dimensions de la vitre, qui favorisent l'observation, la rendent incapable de résister à des pressions tant soit peu élevées. Il en serait de même pour le tube métallique souple.

A 900 mètres de profondeur

Pour aller plus bas, il est nécessaire de disposer d'un petit observatoire sous-marin

entièrement clos, spécialement étudié en vue de supporter de hautes pressions et offrant toute sécurité pour la remontée. L'air doit être automatiquement régénéré au fur et à mesure qu'il est consommé.

La pression de l'eau augmentant d'environ 1 kg/cm² chaque fois que l'on s'enfonce de 10 m, à 1 000 m de profondeur elle atteint 100 kg/cm². Il fallait donc utiliser la forme capable de résister dans les meilleures conditions. La sphère offrant, pour un volume

donné, le minimum de superficie et, d'autre part, les pressions normales à sa surface étant toutes dirigées vers le centre, Beebe l'adopta immédiatement. « Toute surface plate serait défoncée, à moins de présenter une épaisseur invraisemblable », dit-il. Cette sphère, de 1,45 m de diamètre, était constituée par une enveloppe d'acier cimenté d'une seule pièce, de 3,75 cm d'épaisseur et pesant 2 275 kg. Elle comportait trois hublots, cylindres de quartz fondu de 20 cm de diamètre et de 7 cm 5 d'épaisseur, encastés dans des bourrelets d'acier avec des joints de papier enduit de céruse. Le quartz fut choisi en raison de sa grande transpa-

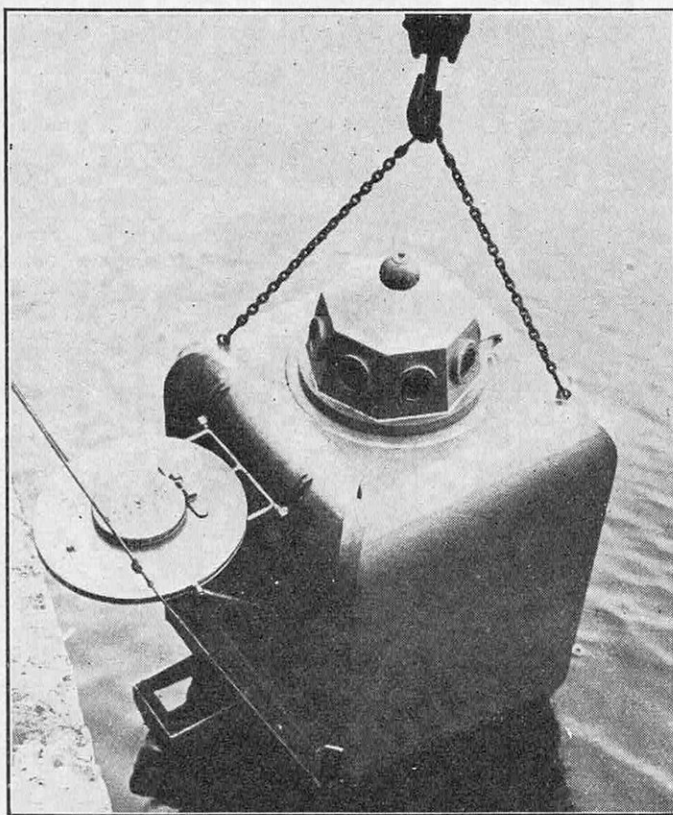


FIG. 4. — L'APPAREIL AVEC LEQUEL M. ERNEST WYMANN PROCÈDE ACTUELLEMENT A DES ESSAIS D'EXPLORATION DU LAC LÉMAN, A 150 M DE PROFONDEUR

rence et de sa solidité, et aussi parce qu'il laisse passer les radiations lumineuses de petites longueurs d'onde (violet, ultraviolet) normalement absorbées par le verre ordinaire. Un de ces hublots était utilisé pour diriger le faisceau lumineux d'un projecteur.

Diamétralement opposé à ces fenêtres se trouvait le trou d'homme fermé par un couvercle circulaire pesant 180 kg et s'encastrant sur dix gros boulons. La sphère était immergée au moyen d'un câble d'acier unique de 22 mm de diamètre, non torsadé pour éviter tout mouvement de rotation de la sphère lorsque le câble se déroule, et susceptible de résister à une traction de 29 t, soit 12 fois le poids de la bathysphère. Un câble électrique de 2,75 cm de diamètre, fortement isolé, comprenant les fils du téléphone et ceux amenant le courant électrique au projecteur sous-marin, était agrafé

au câble porteur tous les 60 m, car il n'eût pas été capable de supporter son propre poids, une fois déroulé.

Un générateur électrique de 1 500 W, installé à bord du navire, fournissait une tension de 110 V : il fallut donc prévoir des lampes spéciales à 90 V pour tenir compte de la chute de tension dans le câble.

Pour la régénération de l'atmosphère, Beebe emportait du chlorure de chaux

absorbant l'humidité, de la chaux sodée fixant le gaz carbonique et deux réservoirs d'oxygène contenant chacun 350 litres de ce gaz à haute pression, soit une quantité suffisante pour subvenir à la respiration normale de deux hommes pendant huit heures.

Quelques essais d'immersion de la bathysphère vide, poursuivis jusqu'à 600 m, permirent d'apporter quelques améliorations à cet ensemble, notamment en vue d'éviter que le câble électrique ne s'enroule autour de l'appareil. Beebe effectua plusieurs plongées d'études de 1930 à 1932 ; puis la grande descente fut décidée. A plusieurs reprises, la sphère vide fut immergée jusqu'à 900 m ; mais, chaque fois, elle remontait aux trois-quarts pleine d'eau, d'une eau à une pression telle que, lorsqu'on tentait de dévisser l'écrou de bouchage de la porte, ce dernier était projeté sur le pont du bateau

« comme un boulet de canon », dit Beebe. Enfin, l'étanchéité étant réalisée, Beebe et son compagnon Barton atteignirent 630 m, le 22 septembre 1932.

Au cours des dix-huit mois de repos qui suivirent cette première tentative, on procéda au changement des vitres de quartz dont le travail moléculaire avait altéré la résistance et la transparence. En outre, l'appareil régénérateur d'air fut perfectionné et

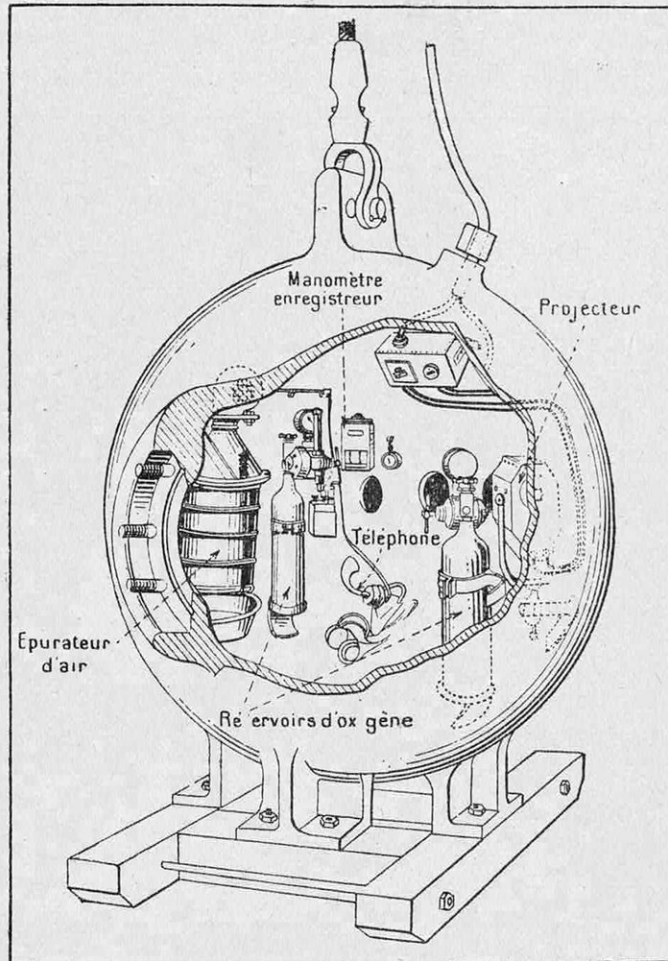


FIG. 5. — AMÉNAGEMENT DE LA BATHYSPHÈRE DE BEEBE

On remarque notamment : l'épurateur d'air contenant du chlorure de chaux pour absorber l'humidité et de la chaux sodée pour fixer le gaz carbonique ; au-dessus de l'épurateur, un petit ventilateur assure la régénération de l'atmosphère toutes les quatre-vingt-dix secondes par brassage avec l'oxygène enfermé sous haute pression dans des bouteilles d'acier.

un petit ventilateur électrique assura le renouvellement de l'air toutes les quatre-vingt-dix secondes. Le dispositif de dégagement de l'oxygène fut également amélioré. Enfin, en août 1934, la profondeur de 906 m fut atteinte. A ce moment, la bathysphère supportait 7 016 t et chaque fenêtre en quartz, plus de 19 t.

Les observations de Beebe furent des plus intéressantes tant en ce qui concerne la faune des grands fonds que, du point de vue physique, l'absorption progressive et variable des radiations lumineuses avec la longueur d'onde (1). Il fut cependant très gêné par les balancements imprimés à la sphère par les mouvements du bateau dus à la houle et qui se traduisent par des variations dans la tension du câble de support.

La solution optimum consistait-elle alors dans la plongée « libre » ? Tel est, du moins, l'avis du pro-

(1) Voir page 69 l'article sur « la vie aux grandes profondeurs ».

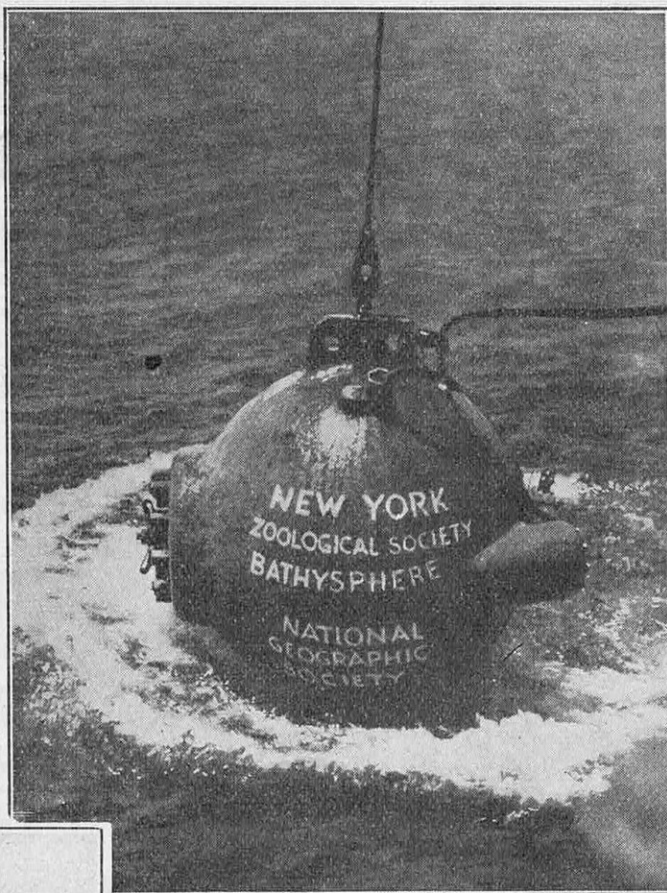


FIG. 7. — LE DÉBUT DE LA PLONGÉE DE WILLIAM BEEBE A 906 M DE PROFONDEUR
A droite de la bathysphère, les hublots ; à gauche, le trou d'homme ; au-dessus, le câble porteur avec, à sa droite, le câble contenant les fils électriques pour le téléphone et le projecteur.

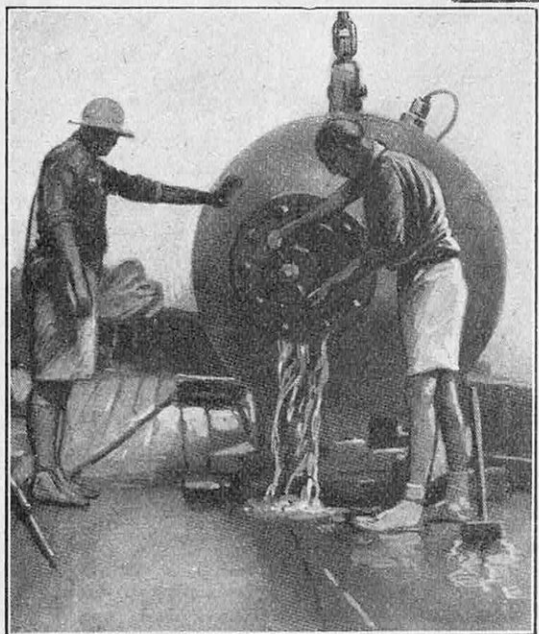


FIG. 6. — APRÈS UN ESSAI A VIDE, LA BATHYSPHÈRE DE WILLIAM BEEBE EST REMONTÉE AUX TROIS QUARTS PLEINE D'EAU

On voit ici Beebe dévissant avec précaution le bouchon central du trou d'homme. En effet, ce bouchon devait être peu après projeté « comme un boulet de canon » par l'air très fortement comprimé sous l'effet de la rentrée de l'eau au fond de la mer.

fesseur belge Piccard, qui a bien voulu préciser pour nous les détails techniques de son audacieux projet, dont seules les grandes lignes étaient connues jusqu'à aujourd'hui. Nous lui laissons la parole.

Vers les abysses océanes

« Imagineriez-vous, une ascension dans la stratosphère en ballon captif ? Pourquoi alors chercher à atteindre les zones abyssales à l'extrémité d'un câble ? Je considère donc que seule une sphère libre de tout lien matériel avec la surface de la mer permettra d'atteindre le fond des océans et d'y observer utilement toutes les circonstances de la vie. Je ne veux même pas me demander si la technique actuelle autoriserait l'établissement d'un câble de quelque 10 km de long, capable de supporter son propre poids et celui de la sphère ; mais ce

que je puis affirmer, c'est que, d'une part, les balancements de la bathysphère ont gêné William Beebe, et que, d'autre part, son appareil, ne pouvant suivre les courants marins, créait forcément des remous rendant l'observation fort précaire. Aussi, quand le *Fonds National de la Recherche Scientifique* belge (F. N. R. S.) m'a confié la mission d'étudier la solution du problème, ai-je délibérément renoncé au câble.

« Une cabine en acier de 3 cm d'épaisseur peut flotter dans les eaux comme un ballon dans l'air. Une telle épaisseur suffirait sans doute jusque vers 2 000 m. Plus bas, l'augmentation de pression oblige à accroître l'épaisseur d'acier, et le poids de la sphère devient alors trop considérable pour qu'elle demeure en équilibre dans l'eau par ses propres moyens. Il faut donc lui adapter un flotteur. Ce rôle pourrait être rempli par un cylindre rempli d'huile. L'huile est, en effet, plus légère que l'eau et la force ascensionnelle d'un tel flotteur serait de 300 kg environ par m³. Remarquons que les parois du cylindre plein d'huile peuvent être minces ; elles transmettront la pression extérieure à l'huile qui la supportera en définitive.

Cependant, l'huile étant plus compressible que l'eau, sa force portante diminuerait pendant la descente. En outre, la moindre fuite

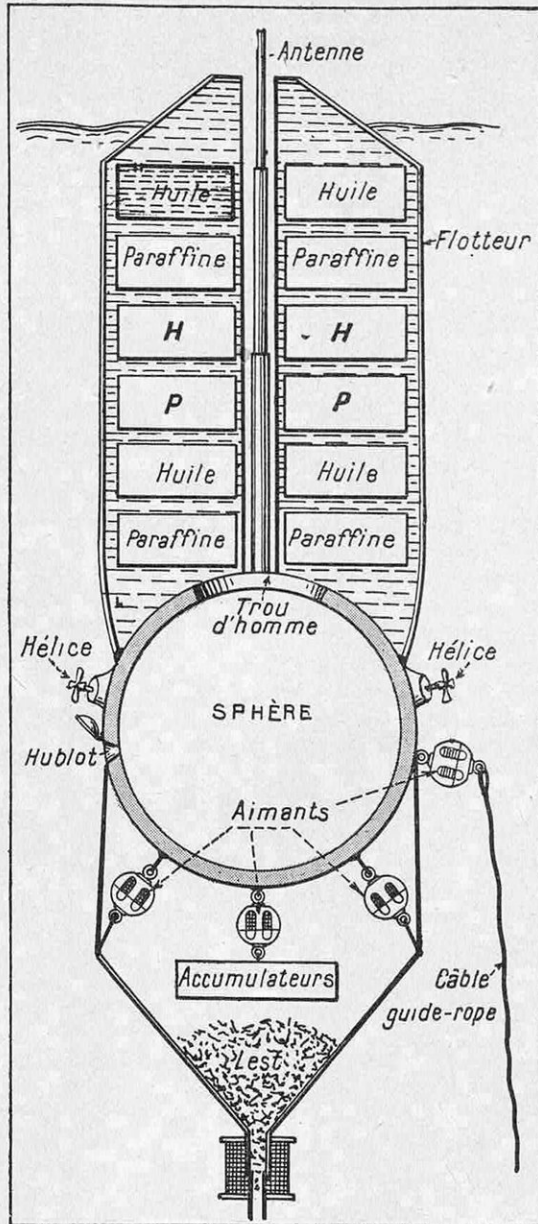


FIG. 8. — COUPE SCHÉMATIQUE DE L'APPAREIL PROJETÉ PAR LE PROFESSEUR PICCARD POUR DESCENDRE AU FOND DES OCÉANS

La sphère en acier est équilibrée par un flotteur formé d'un cylindre contenant de la paraffine et des récipients pleins d'huile. Le lest contenu dans un entonnoir est constitué par de la grenaille de fer. Les petites hélices n'ont pour but que de permettre l'orientation de la sphère. On remarque que tous les organes extérieurs à la sphère sont maintenus par des électroaimants. On peut donc les larguer en coupant le courant d'aimantation.

serait mortelle pour les observateurs. Aussi ai-je pensé à la paraffine, corps solide, donc évitant le risque de fuite, et dont la force ascensionnelle (100 kg par m³) est encore suffisante.

« Après réflexion, l'emploi simultané d'huile et de paraffine me paraît préférable. Le cylindre flotteur surmontant la sphère serait, en quelque sorte, cloisonné : des boîtes-réservoirs d'huile alternant avec des paquets de paraffine. L'eau baignant l'intérieur du cylindre et équilibrant la pression extérieure, celui-ci pourrait être mince et léger. Pour tenir compte de la compressibilité de l'huile, il suffirait de disposer dans chaque boîte une vessie (fig. 9) en communication avec l'extérieur. L'eau pénétrerait plus ou moins dans la vessie pour compenser la diminution de volume de l'huile.

« Ma sphère de 2 m de diamètre, donc plus confortable que celle de Beebe, sera évidemment métallique. J'ai pensé au duralumin, léger et résistant ; mais la métallurgie de cet alliage est-elle suffisamment avancée pour permettre de forger une telle pièce avec toutes garanties de sécurité ?

« Je me tournerai plutôt vers les aciers coulés. J'ai, jusqu'ici, effectué plusieurs essais avec une maquette au dixième (20 cm de diamètre). J'ai placé cette sphère d'acier,

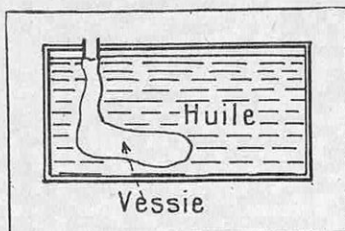


FIG. 9. — UN RÉSERVOIR D'HUILE DU FLOTTEUR

Le cylindre-flotteur n'étant pas étanche, l'eau pénètre autour de la paraffine et des boîtes à huile. Pour compenser la compression de l'huile aux grandes profondeurs, l'eau peut entrer dans une vessie adaptée à chaque boîte.

d'essai était constituée par deux hémisphères accolés par leur grand cercle et une bague de caoutchouc découpée dans une chambre à air d'automobile recouvrait le joint. L'eau n'ayant pas pénétré, je compte donc utiliser la plasticité de la gomme pour assurer l'étanchéité des ouvertures de ma sphère. Ainsi, les hublots indispensables à l'observation pourront être constitués par une fenêtre tronconique dans laquelle sera encastrée une épaisse lame de verre (ou de quartz) s'appuyant sur la surface interne du tronc de cône par l'intermédiaire de caoutchouc (2).

« Je ne parle pas de la respiration dans la sphère ; le problème est résolu depuis longtemps et j'ai déjà pu contrôler dans ma cabine stratosphérique le bon fonctionnement des appareils de régénération de l'air.

(1) Par contre, une sphère de magnésium, qui flottait dans le liquide contenu dans le cylindre, fut retrouvée au fond après l'expérience. La sphère avait donc diminué de volume à la compression.

(2) Il faut, d'ailleurs, se méfier du verre dont les propriétés moléculaires peuvent se modifier de telle sorte qu'une lame ayant résisté, aux essais, à un effort de 100 kg, par exemple, peut fort bien céder par la suite sous un effort prolongé de 50 kg seulement.

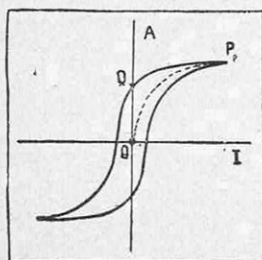


FIG. 10. — LE PHÉNOMÈNE D'HYSTÉRÉSIS PERMET DE CONSERVER AU FER DOUX UNE AIMANTATION NOTABLE AVEC UN COURANT FAIBLE

Lorsque le courant magnétisant croît à partir de zéro, l'aimantation

croît aussi, suivant la courbe OP, jusqu'à la saturation du fer. Mais, si on diminue le courant, l'aimantation décroît lentement suivant PQ, de sorte qu'avec un courant très faible on peut conserver une aimantation voisine du maximum.

de 3,5 mm environ d'épaisseur, dans un cylindre où j'ai pu atteindre des pressions correspondant à une profondeur de 11 km. Je n'ai constaté aucune déformation (1). Voici, en outre, un détail que je compte mettre à profit : la sphère

« Quant à l'éclairage dans les bas-fonds, je ne pense pas qu'il faille l'obtenir au moyen d'un projecteur placé dans la sphère même. Si l'eau est assurément transparente, je crois qu'on peut plutôt la comparer à un brouillard assurant la visibilité jusqu'à 50 m (donc, un brouillard déjà épais). Or, on sait qu'un projecteur d'automobile ne perce pas le brouillard, mais forme dans son axe un mur blanc fort gênant. Je m'adresserai donc à un éclairage latéral constitué par deux lampes à vapeur de mercure à haute pression (300 kg/cm²) disposées à l'extrémité d'un bras métallique.

« Comment s'effectuera le voyage ? Ma sphère, son flotteur et son lest (dont on verra l'utilité) descendront assez lentement, en suivant les courants naturels. Je prévois d'ailleurs un ou plusieurs arrêts en cours de descente. Il me suffira pour cela de lâcher un peu

de lest dont j'aurai emporté un supplément à cet effet. Pour reprendre la descente, je laisserai entrer un peu d'eau dans la sphère au moyen d'un robinet à pointeau spécial (1). A 5 mètres du fond, l'extrémité d'un câble suspendu à la cabine touchera le sol. Ce sera alors la marche « en guide-rope », comme avec un ballon libre. Selon les dénivellations rencontrées, le câble reposera plus ou moins sur le fond, assurant ainsi automatiquement l'équilibre de la cabine qui, immobile par rapport à l'eau, puisqu'elle suivra le courant, a de grandes chances de passer inaperçue de la faune sous-marine. Quiconque est monté dans un ballon libre et dans un ballon captif appréciera sûrement la différence énorme des conditions du voyage avec les

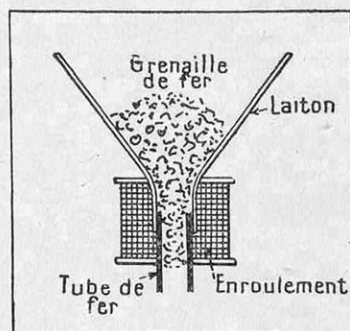


FIG. 11. — COUPE DE L'ENTONNOIR AVEC SON LEST

L'ajutage de l'entonnoir comporte un tube de fer, de sorte que le courant parcourant l'enroulement « colle » la grenaille de fer à ce tube en même temps que tous les morceaux de fer forment une sorte de bouchon. Il suffit de couper le courant pour que la grenaille s'écoule à raison de 50 kg par minute.

(1) En réalité, par mesure de sécurité, deux robinets seront placés en série en vue d'assurer une étanchéité absolue.

deux engins. Le premier donne la sensation de se trouver dans une atmosphère tranquille, alors qu'avec le second on est soumis à des balancements très désagréables et à la violence des vents.

« Mais je n'oublie pas que la sécurité prime toutes autres considérations. Il faut, notamment, pouvoir obturer hermétiquement un hublot où se révélerait une fuite, lâcher du lest, soit pour se maintenir à un niveau déterminé, soit pour revenir à la surface, larguer tous les organes faisant saillie sur la sphère au cas où des végétaux sous-marins formeraient un obstacle à l'ascension. Et toutes ces opérations doivent être effectuées de l'intérieur...

« Voici une solution simple à tous ces problèmes : faire appel au magnétisme. Prenons par exemple les couvercles des hublots. Ils doivent, en cas de besoin, pouvoir être instantanément rabattus par un ressort et fortement appliqués sur l'ouverture par la pression de l'eau. Pour les maintenir ouverts, il suffit d'utiliser un aimant permanent entouré d'un enroulement dans lequel j'enverrai, quand il le faudra, un courant électrique démagnétisant de sens convenable

« On peut aussi, ce que je crois préférable, adopter le dispositif suivant : maintenir l'aimantation d'une pièce de fer doux par un courant électrique que l'on interrompt pour provoquer la fermeture du hublot. Un courant très faible doit suffire d'ailleurs pour maintenir cette aimantation. Vous savez en effet que, s'il faut un courant assez intense — pendant quelques secondes — pour obtenir la saturation magnétique du fer, la désaimantation ne suit qu'avec un grand retard la diminution du courant (phénomène d'hystérésis). Par suite, un courant d'intensité minime conserve au fer une aimantation considérable. La puissance demandée à mes accumulateurs serait de l'ordre de 0,25 W. D'autre part, vous savez aussi qu'en prévoyant une solution de continuité dans le circuit magnétique, la force attractive décroît très vite lorsque l'on coupe le courant. Je serai donc assuré ainsi, d'une part, d'éviter une fermeture intempestive d'un hublot, d'autre part, d'obtenir cette fermeture instantanément.

« Pour le lest, contenu dans une sorte d'entonnoir situé à la partie inférieure de la sphère, il serait constitué par de la grenaille de fer. Un faible courant envoyé dans un enroulement disposé autour de l'aju-

tage inférieur de l'entonnoir suffirait à aimanter les grains de grenaille qui formeraient alors en se soudant un bloc compact. Si je coupe le courant, le lest s'écoule à raison de 50 kg par minute. Je referme l'interrupteur, l'écoulement s'arrête. D'ailleurs, l'entonnoir tout entier pourrait être ainsi détaché d'un seul coup par le même procédé que celui de la fermeture des hublots.

« Le bras support de lampes, l'anneau de fixation du câble guide-rope seraient abandonnés au fond de la même façon. Vous le voyez, plus j'étudie le problème et plus je vois reculer le danger.

« Reste à assurer les communications avec l'extérieur. Les ultrasons pourraient peut-être apporter une solution au problème. Les vibrations du quartz piézoélectrique, sous l'effet de tensions électriques variables, se transmettent parfaitement dans l'eau. Frappant les quartz récepteurs des navires, les vibrations élastiques se transforment à nouveau en vibrations électriques faciles à amplifier grâce à la lampe triode. Mais il n'est pas certain que leur portée soit suffisante. Aussi ai-je l'intention de ménager, dans l'axe du cylindre flotteur, une antenne, peut-être télescopique, de sorte qu'arrivé à la surface, je pourrai émettre des signaux. Par radiogoniométrie, les bateaux ou les avions repéreraient aisément ma position. Des bombes fumigènes légères, détachées à des intervalles de temps réguliers, pourraient aussi indiquer, à leur arrivée en surface, ma situation approximative. Enfin, comme l'a démontré le savant français Georges Claude, je pourrai, lorsque j'émergerai, colorer l'eau sur 1 km² de superficie par une solution de fluorescéine. N'importe quel avion parti à ma recherche m'apercevrait certainement. »

On voit avec quelle minutie le pionnier de la stratosphère étudie, sous ses multiples aspects, le problème de l'exploration des grands fonds sous-marins. Il se défend cependant d'avoir conçu le projet pour lui-même. Physicien, l'ascension aérienne l'intéressait pour y poursuivre ses observations sur les radiations. La faune sous-marine le captivait moins.

« Toutefois, ajoute-t-il, si les essais pour lesquels je me passionne me donnent satisfaction, je serai heureux d'accompagner en *amateur* et comme *pilote* les premières missions de biologistes qui n'hésiteront pas à se confier à ma sphère sous-marine. »

JEAN MARCHAND.

N. D. L. R. — La figure 3 est extraite de l'ouvrage *Vingt ans sous les mers* (Payot, éditeur) ; les figures 6, 7, 8, de l'ouvrage *En plongée par 900 m. de fond* (Grasset, éditeur). La figure page 2 a été dessinée d'après un document de Hans Liska paru dans *Sapere*.

COMBIEN EXISTE-T-IL D'ÉTATS DE LA MATIÈRE ?

Par Louis HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

La distinction habituelle entre les trois états de la matière (solide, liquide et gazeux) — distinction fondée sur un certain nombre de propriétés physiques : rigidité pour les solides, fluidité pour les liquides, expansibilité pour les gaz — ne constitue en réalité qu'une première approximation, indispensable d'ailleurs dans la vie courante. Pour le physicien, et partant pour le technicien, elle est très imparfaite, car certains corps, comme le verre, se rapprochent des solides par leur cohésion, tout en présentant les caractères de véritables liquides surfondus instables. L'étude de la constitution intime des milieux matériels, rendant compte de leurs propriétés optiques et mécaniques par l'arrangement des atomes et des molécules qui entrent dans leur édification, fournit des bases précises et vraiment scientifiques à la distinction entre deux états très généraux de la matière : l'état cristallisé, présentant le maximum d'organisation et de stabilité, et l'état amorphe, d'où toute organisation est absente et qui est régi uniquement par les lois du hasard. Il faut ajouter à ces deux formes fondamentales l'état microcristallin (métaux ordinaires), l'état colloïdal (liquides biologiques), l'état smectique (corps gras), nématique, etc., qui correspondent chacun à une disposition particulière des constituants élémentaires et qui présentent de précieuses propriétés mises à profit dans la pratique par les techniques industrielles et les laboratoires de recherches biologiques.

C E n'est pas la science qui a créé les trois types, solide, liquide et gazeux, entre lesquels on a coutume de répartir les milieux matériels ; la notion du solide, caractérisé par sa rigidité, c'est-à-dire par la permanence de sa forme, et celle du liquide, dont le caractère distinctif est la fluidité, se sont imposées dès les premières heures de l'humanité ; en revanche, l'existence des diverses espèces d'air n'a pu être établie qu'au XVIII^e siècle, alors que furent créés les procédés pour manipuler les gaz.

Mais, pour les Anciens, les corps changeaient de nature en changeant d'état : la glace qui se forme à la surface de l'eau n'était pas de l'eau, et ce qui se passe lors de sa congélation semblait analogue à la séparation du sel aux dépens de l'eau de mer. L'apport de la science, c'est d'avoir établi qu'à l'exception des corps qui se décomposent par la chaleur, une même substance pouvait exister sous les trois états : solide, liquide et gazeux, et que les changements d'état ne modifiaient ni sa masse, ni sa composition chimique.

Il n'est pas question de renoncer à cette division en trois états, indispensable à la vie pratique ; mais il faut constater qu'elle définit des types, et que la réalité nous présente, entre eux, toutes les étapes intermédiaires. Les gaz sont définis par l'*expansi-*

bilité, c'est-à-dire par la propriété d'occuper tout l'espace qui leur est attribué ; n'empêche que, dans la fameuse Grotte du Chien, et dans les cuves des vendangeurs, le gaz carbonique s'étale en nappe horizontale ; n'empêche que les « gaz de guerre » s'étendent, eux aussi, à la surface du sol en s'accumulant dans les cavités, et qu'en opérant avec des gaz colorés, chlore, vapeurs de brome ou d'iode, on les voit s'écouler en filet vertical, et même se briser en gouttelettes, comme de véritables liquides, ce qui prouve que leurs mouvements sont régis par la pesanteur, et même par les forces capillaires (voir aussi figure 1).

La *fluidité* des liquides signifie que leurs éléments constitutifs sont libres de se mouvoir indépendamment et de glisser les uns sur les autres, sous l'action des forces qui leur sont appliquées, et dont la plus opérante est la pesanteur. Mais cette fluidité n'est jamais parfaite, même pour les liquides très mobiles, comme l'éther ; elle a pour correctif la viscosité, qui varie entre de très grandes limites, et on connaît des corps, comme le miel ou l'asphalte, dont on ne saurait dire si leur état est liquide ou solide ; pour ces corps, la fusion n'est pas un changement net, se produisant à une température bien définie pour chaque valeur de la pression ; elle est pâteuse et s'étale

sur une longue échelle de températures.

Enfin, la *rigidité*, caractéristique des solides, n'est jamais absolue ; tous les solides sont dilatables par la chaleur, tous sont déformables élastiquement, et, lorsque la limite élastique est dépassée, ils peuvent éprouver des déformations permanentes, qui ont été mises en évidence, pour les métaux, par Tresca, et que chacun peut constater pour l'eau solidifiée en suivant les mouvements d'un glacier de montagne (fig. 2).

Il résulte de là que cette division, utile pour la vie courante, ne présente pas le carac-

juxtaposés dans le cristal ? Assemblages de grosses molécules, molécules simples, ou atomes ? La question est restée sans réponse tant que la lumière a été le seul agent de prospection utilisable ; les modifications qu'elle subissait, double réfraction et polarisation, indiquaient seulement que l'intérieur du cristal était *anisotrope*, c'est-à-dire que les diverses directions y jouissaient de propriétés optiques différentes. Mais, en 1912, la découverte, par Laue et Knipping, de la diffraction des rayons X montra que ceux-ci agissent à la manière d'un réseau ; elle

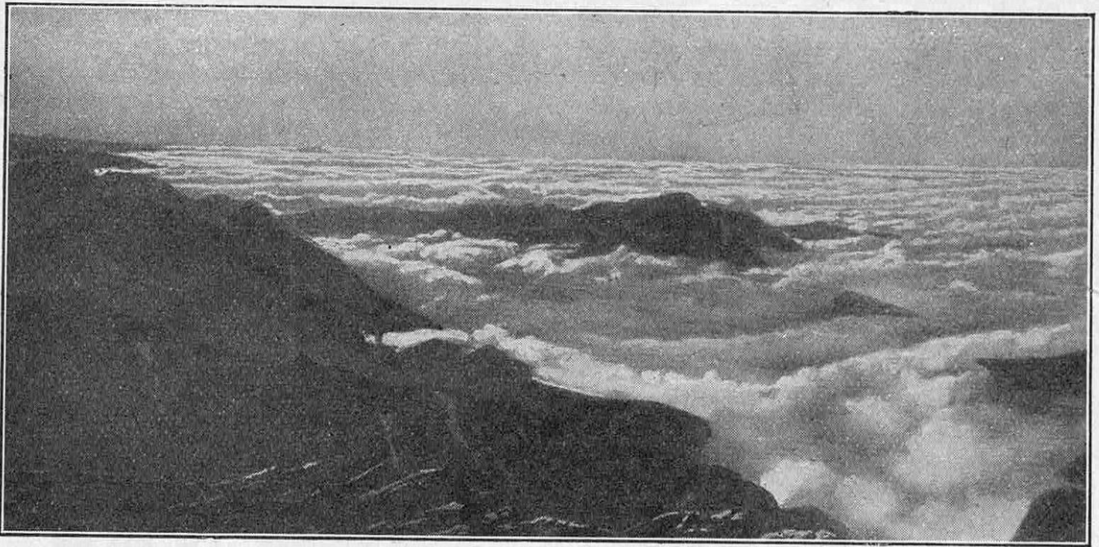


FIG. 1. — COUCHE DE NUAGES CONDENSÉS AU CONTACT D'UNE MONTAGNE

Cette « mer de nuages », qui s'est accumulée dans une vallée, semble battre un rivage profondément déchiqueté. Mais les rochers qui émergent ici sont formés par des sommets de montagnes.

tère de précision qu'on doit exiger de toute terminologie scientifique ; lorsqu'on va au fond des choses, on n'en trouve qu'une qui soit véritablement précise : c'est celle qui sépare l'état cristallisé de l'état amorphe.

Le cristal, représentant de l'ordre

Dans l'infinie diversité des formes, le cristal occupe une place à part ; la symétrie de sa forme extérieure, constatée par Haüy (fig. 3), avait amené Bravais à l'expliquer par la juxtaposition d'éléments tous pareils, disposés régulièrement ; les idées sur la symétrie cristalline se sont d'ailleurs élargies au cours de ces dernières années : sous sa forme la plus générale, il faut y voir la répétition indéfinie d'un même « motif », comme, dans les tapisseries d'appartement, on voit apparaître le même dessin indéfiniment reproduit.

Quels sont ces éléments, identiques et

permet enfin de déterminer sans ambiguïté la nature de ces éléments constitutifs et même leurs dimensions absolues, qui sont de l'ordre de quelques angströms (1).

L'analyse par les rayons X est aujourd'hui heureusement complétée par la diffraction des électrons (2) ; ces deux méthodes conjuguées ont permis de disséquer tous les cristaux ; on sait que leurs éléments constitutifs sont, le plus ordinairement, les ions, positifs ou négatifs, placés aux sommets du réseau cristallin, et maintenus en équilibre par leurs actions électriques mutuelles (fig. 5 et 6). Quant aux électrons, ils constituent des nuages (3) à l'intérieur desquels leur position est indéterminée ; dans les cristaux non métalliques, comme ceux du soufre, le

(1) Je rappelle que l'angström vaut 1 dix-millième de millimètre.

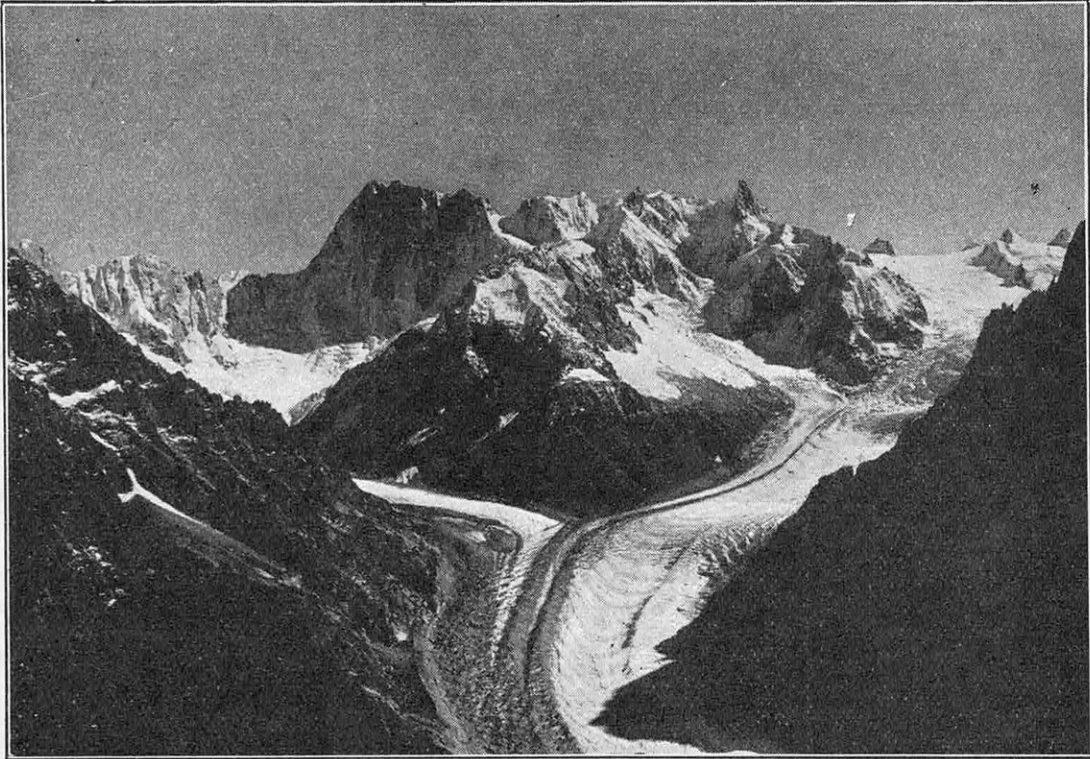
(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 235, page 34.

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

spath, le quartz, les nuages électroniques attachés à chaque noyau atomique sont distincts et ne communiquent pas, tandis que, dans les métaux, tous ces nuages sont en contact ; les électrons passent alors librement de l'un à l'autre, et c'est grâce à cette propriété que la chaleur et le courant électrique peuvent se propager à travers la masse du cristal.

Ainsi constitués, les cristaux représentent la forme la plus stable dans le monde miné-

cristal représente le solide à l'état parfait ; cette assimilation est démentie par l'existence des *cristaux liquides* : plus de trois cents composés, la plupart organiques, formés de molécules à chaînes longues, sont capables de prendre la forme cristalline tout en se maintenant à l'état liquide ; c'est le cas pour les cristaux d'oléate d'ammoniaque, étudiés par Lehmann, et que représente la figure 7 ; ils sont très biréfringents, ce qui



(Photographie Michaud.)

FIG. 2. — LE « CONFLUENT » DE DEUX GLACIERS DANS LE MASSIF DU MONT BLANC

Le glacier de droite offre par endroits l'aspect d'un torrent ; il « coule » lentement dans sa vallée en modelant sa forme sur celle des rives. Les roches arrachées forment de chaque côté une moraine.

ral ; le grand cristallographe W. L. Bragg, de l'Université de Manchester, nous l'atteste en ces termes : « Ils sont les derniers à avoir survécu à l'usure du temps ; ils représentent la matière dans son état d'équilibre suprême ; leur énergie potentielle a sombré dans un abîme si profond, elle est tombée à un niveau si bas, que rien ne peut l'induire à en sortir. Cet état si bas d'énergie potentielle est un état d'ordre et non de désordre : un cristal est plus stable qu'un fouillis d'atomes. L'arrangement géométrique parfait du cristal représente la matière dans son état le plus inerte, le plus mort ; on ne peut plus en attendre aucun changement. »

Pour ces raisons, on dit parfois que le

prouve l'existence d'une structure interne, mais ils peuvent être déformés par un obstacle ou pliés par un courant d'air ; ils se régénèrent spontanément lorsqu'on les a sectionnés, et deux cristaux en contact peuvent se réunir pour former, soit un cristal identique et plus gros, soit une macle (1). Tout ceci montre que l'ordre caractéristique de l'organisation cristallisée peut s'établir aussi bien dans un milieu fluide.

L'état amorphe

A l'état cristallin s'oppose directement l'état amorphe ; comme son nom l'indique, il implique l'absence de toute régularité,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 179, page 363.

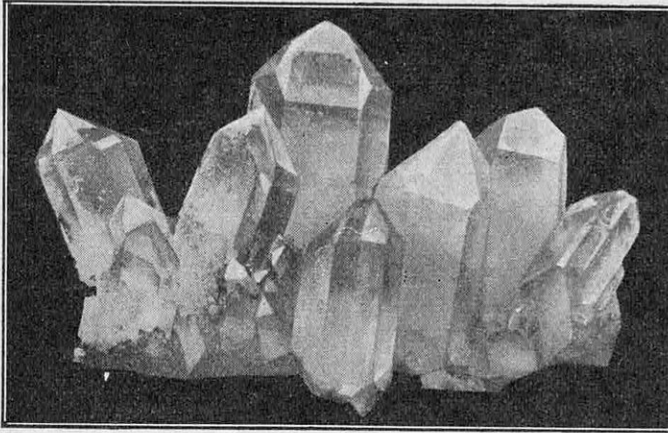


FIG. 3. — UN GROUPE DE CRISTAUX DE QUARTZ

Les faces planes des cristaux font entre elles des angles dièdres dont les valeurs caractérisent le corps cristallisé.

de toute organisation ; le hasard y règne en maître, c'est-à-dire que toutes les directions y jouissent des mêmes propriétés, et que deux volumes qui ne sont pas infiniment petits y sont pareillement constitués. Cet état se rencontre dans les gaz, à l'intérieur des liquides et, par occasion, dans les solides à l'état vitreux ; c'est précisément parce que tout y est soumis au hasard que les lois des grands nombres ont permis à la théorie cinétique de donner une représentation très approchée de ce qui s'y passe.

Dans les milieux gazeux, les molécules sont rigoureusement indépendantes les unes des autres, sauf durant les instants très courts où elles sont au contact ; les forces attractives qui s'exercent entre elles s'annulent très rapidement aux distances supérieures au « rayon d'action moléculaire » (quelques millièmes de millimètre) ; aux distances plus faibles, elles se transforment en répulsions, comme le montre la figure 8, qui représente, en fonction de cette distance, l'énergie mutuelle de deux molécules voisines ; il en résulte que R représente l'écart normal de deux molécules en équilibre, puisque cette énergie passe alors par un minimum, et que r mesure la distance minimum à laquelle on peut rapprocher ces éléments.

Quant aux liquides (abstraction faite de leur surface), l'idée la plus simple qu'on puisse s'en former dérive de la constitution des gaz : à mesure que la température d'un gaz s'abaisse, la vitesse qui anime ses molécules diminue, leurs trajectoires s'incurvent sous l'action de la gravité comme celle d'une pierre qu'on lance de moins en moins vigoureusement ; bientôt la pesanteur devient prédominante, et les molécules n'ont plus

la force de se soulever au-dessus des positions d'équilibre qu'elle définit ; en même temps, les chocs entre molécules rassemblées au fond du vase deviennent d'autant plus fréquents que leur distance est devenue plus faible ; mais l'équation d'état (c'est-à-dire la relation entre la pression, le volume et la température), telle qu'elle a été établie par Van der Waals pour les fluides réels, continue à s'appliquer au liquide aussi bien qu'au gaz qui lui a donné naissance, et il en est de même des équations réduites qui s'appliquent idéalement à tout fluide pesant. Enfin, il est possible de passer d'une façon continue, et par suite sans change-

ment d'état, du gaz au liquide ou inversement, ce qui montre l'étroite parenté de ces deux états fluides. Cependant on doit constater que les liquides eux-mêmes, à mesure qu'ils s'approchent de leur point de congé-

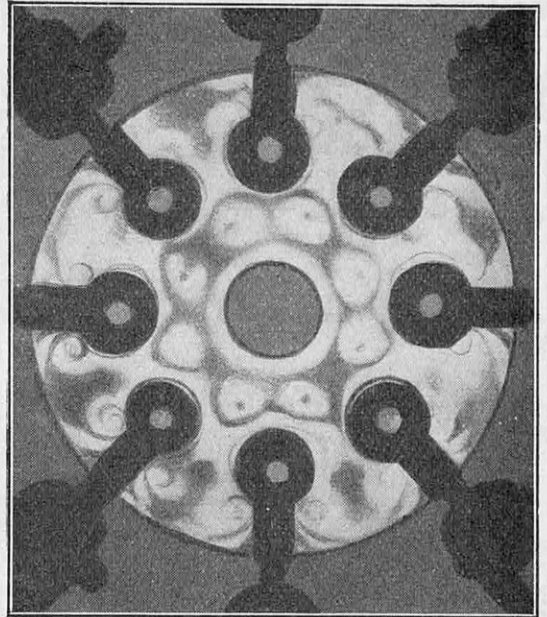


FIG. 4. — L'ANISOTROPIE D'UN CORPS SOUMIS A DES TENSIONS EST DÉCELABLE PAR DES PROCÉDÉS OPTIQUES

Cet anneau de verre est sollicité par huit forces de tractions égales dirigées vers l'extérieur ; suivant la valeur des forces élastiques qui prennent naissance dans sa masse, il devient plus ou moins biréfringent ; ces différences se traduisent par des colorations variées, si on place l'anneau de verre entre un polariseur et un analyseur. (Voir La Science et la Vie, n° 132, page 491.)

lation, prennent quelques caractères qui les rapprochent des solides ; l'architecture moléculaire s'y fait plus complexe : c'est ainsi qu'à 0°, la molécule d'eau H^2O se polymérise en donnant des molécules quatre et cinq fois plus grosses que la molécule primitive.

L'état vitreux est représenté, par exemple, par les verres, le sucre candi, etc. Mais ces milieux, lorsqu'ils sont amorphes, présentent une double instabilité. La première est d'ordre mécanique : soumis à des tractions ou à des compressions non uniformes, ou encore à des variations irrégulières de température, ces milieux peuvent devenir *anisotropes* (fig. 4), c'est-à-dire que toutes les directions n'y sont pas identiques, ce qui, en lumière polarisée, se traduit par de magnifiques effets de coloration ; je rappelle que le grand miroir du télescope fondu pour l'Observatoire californien de Palomar a dû être recuit pendant plus d'une année avant que cet état d'isotropie parfaite fût atteint par toute sa masse (1).

En second lieu, les solides vitreux sont *métastables* : tout le monde sait avec quelle facilité le sucre candi se cristallise ; le verre en fait autant lorsqu'on le porte à une température suffisante, et les belles expériences de Tammann ont établi que les corps vitreux n'étaient, en réalité, que des liquides sur-

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

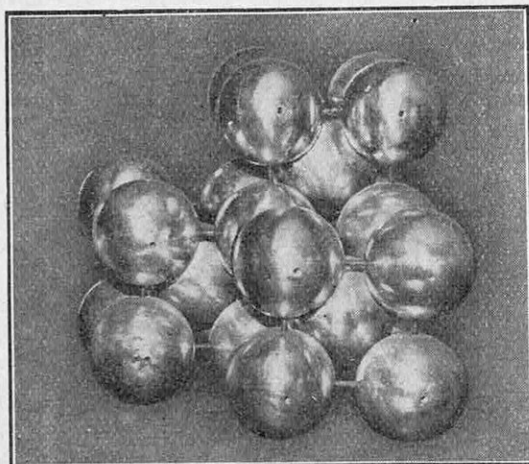


FIG. 5. — REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE D'UN CRISTAL D'ÉTAIN (SYSTÈME CUBIQUE)

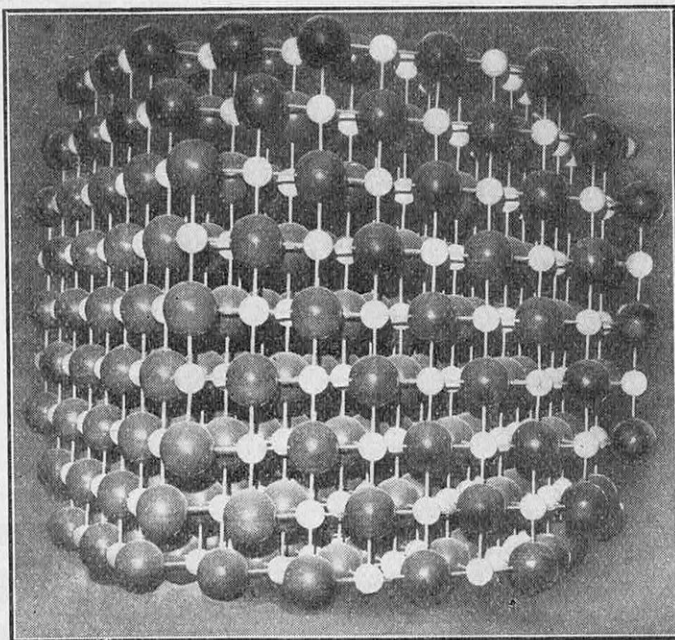


FIG. 6. — REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE D'UN CRISTAL DE SEL GEMME (CHLORURE DE SODIUM)

Ce cristal, également du système cubique, est constitué d'atomes de sodium, en noir, et d'atomes de chlore, en blanc.

fondus, qui retournent à l'état cristallisé, leur forme stable, lorsqu'ils sont mis en contact avec un germe cristallin préexistant ; en se plaçant à ce point de vue, on peut donc dire que l'état amorphe est caractéristique des milieux fluides.

Etats mésomorphes

Cette dénomination, introduite dans la science par Friedel, désigne des états qui ne sont ni cristallisés, ni amorphes ; c'est dire qu'on y a introduit, pêle-mêle, un tas de formes qui n'ont, les unes avec les autres, que de lointaines analogies. Je me contenterai de présenter ici les plus caractéristiques.

Voici, d'abord, l'état *microcristallin*. C'est celui dans lequel se présentent généralement les métaux ; examinés au microscope, avec des dispositifs spéciaux, ils se montrent constitués par une multitude de petits cristaux, agglomérés par un ciment amorphe. Ainsi, une direction quelconque, tracée à travers le métal, rencontre ces divers cristaux orientés dans toutes les directions possibles ; l'ensemble possède donc une isotropie apparente, et les propriétés générales de ces corps se rapprochent des corps réellement amorphes. Ces propriétés peuvent d'ailleurs être profondément modifiées par un traitement thermique (trempe), mécanique (écrouissage) ou par l'action du temps (vieillessement) ;

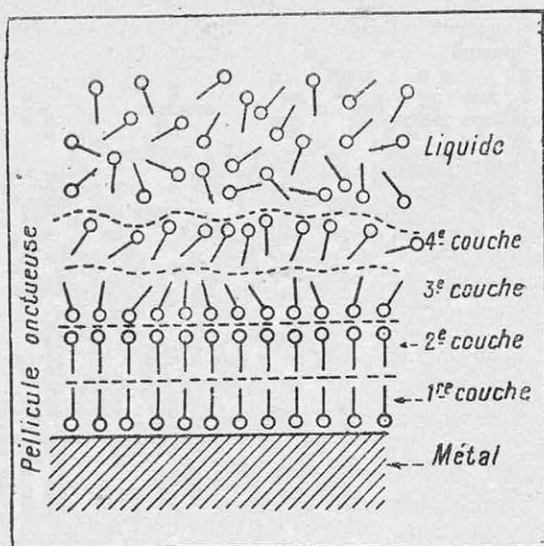


FIG. 11. — LES MOLÉCULES A LONGUES CHAINES DU LUBRIFIANT S'ORGANISENT, AU VOISINAGE DE LA SURFACE A LUBRIFIER, EN COUCHES STRATIFIÉES QUI GLISSENT LES UNES SUR LES AUTRES

groupements identiques CH^3 ; les acides gras, avec les mêmes anneaux intermédiaires CH^2 , présentent une tête CO^2H et une queue CH^3 , auxquelles sont attachées des charges électriques négatives pour la tête et positives pour la queue. Distribuées au hasard à l'intérieur du liquide, ces molécules s'organisent spontanément, dans les couches superficielles, comme le montre la figure 11 ; ces feuillets unimoléculaires glissent aisément les uns sur les autres et déterminent la propriété qui a reçu le nom d'onctuosité (1).

Ces composés organiques à longue chaîne sont souvent à l'origine d'états organisés qui affectent toute la masse, et non pas seulement la surface ; c'est surtout parmi les acides gras supérieurs, comme le cholestérol,

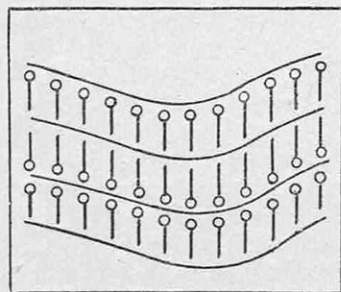


FIG. 12. — L'ÉTAT « SMECTIQUE »
Les molécules sont disposées en couches parallèles.

qu'on observe ces associations moléculaires. Elles se présentent sous deux formes principales : à l'état smectique (fig. 12), qui est spécial aux aci-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 235, page 32.

des gras et aux savons ; la matière forme des lamelles stratifiées, chaque strate ayant pour épaisseur la longueur d'une molécule, c'est-à-dire 3 à 5 millièmes de mm ; le cholestérol fondu nous fournit un exemple de l'état nématique (fig. 13), où les molécules sont disposées en forme de tire-bouchons, leurs axes étant alignés parallèlement. Lorsqu'on examine de tels corps au microscope, on croit parfois y distinguer des filaments et des noyaux, que les bactériologistes ont souvent pris pour des microbes ou pour des éléments cellulaires (fig. 7). Il arrive fréquemment qu'un même corps, soumis à une élévation progressive de température, passe successivement et brusquement de l'un de ces états à l'autre ; c'est ce qui se présente pour le benzoate de cholestérol, l'ordre des transformations étant :

cristallin → smectique
↓
nématique → liquide amorphe.

Les types présentés ici ne sont pas les seuls ; en dehors des cristaux et des gaz, la matière paraît être presque indéfiniment plastique ; il apparaît toutefois que le nombre de ces états d'équilibre n'est pas illimité ; cha-

acun d'eux est caractérisé par une certaine énergie interne U , et, lorsqu'on passe de l'état A à l'état B, il y

a libération d'une énergie $U_A - U_B$, qui apparaît le plus souvent sous forme de chaleur, et qui caractérise le changement d'état. Cette méthode énergétique, valable en théorie, s'est montrée bien moins féconde que les procédés d'analyse dont la science dispose avec les rayons X et les rayons cathodiques ; c'est à eux surtout que nous devons d'avoir pénétré dans l'intimité de la matière, et les renseignements qu'ils nous ont donnés ont reçu d'importantes applications dans le travail des métaux, des textiles, du caoutchouc, des matières plastiques et des produits tinctoriaux ; chaque jour nous apporte une nouvelle preuve de leur utilité.

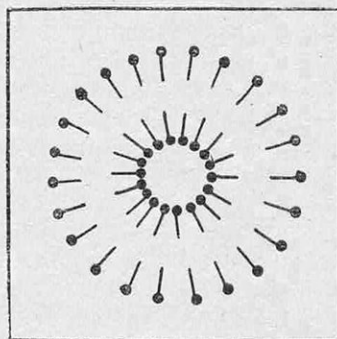


FIG. 13. — REPRÉSENTATION DE L'ÉTAT « NÉMATIQUE »
Les molécules forment des surfaces hélicoïdales enroulées autour d'axes parallèles.

L. HOULLEVIGUE.

COMMENT L'AVION ATTERRIT DANS LA BRUME

Par H. PORTIER

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE
INSPECTEUR RADIOÉLECTRICIEN PRINCIPAL
A LA DIRECTION DE L'AÉRONAUTIQUE CIVILE DU MINISTÈRE DE L'AIR

La navigation aérienne utilise un milieu mouvant et changeant entre tous : l'atmosphère. On peut, dans une certaine mesure, connaître et prévoir ses modifications. Mais, dans l'impossibilité où l'on se trouve d'agir sur ses caractéristiques, il a bien fallu se résoudre à voler par tous les temps. Naviguer sans voir le sol est aujourd'hui pratique courante, grâce au développement des instruments de bord et au perfectionnement des appareils radioélectriques. Il n'en est pas de même de l'atterrissage sans visibilité, qui constitue le grand problème actuellement à l'ordre du jour pour assurer le développement et la sécurité de la locomotion aérienne civile.

Deux problèmes essentiellement différents : navigation et atterrissage par mauvaise visibilité

LE règlement du service international des télécommunications de l'aéronautique, rédigé par les Conférences aéronautiques internationales, prévoit la création, autour de certains aérodromes, d'une zone appelée « zone d'approche », lorsque la visibilité sur ces aérodromes descend au-dessous de certaines limites (1).

Les zones d'approche n'existent en principe que si la visibilité horizontale est inférieure à 1 000 m ou si la base inférieure des nuages bas est à moins de 200 m au-dessus du sol dans le voisinage de l'aérodrome. Dans le cas contraire, elles disparaissent.

On peut dire que l'atterrissage sans visibilité commence à l'entrée de la zone d'approche.

La séparation entre la navigation et l'atterrissage repose sur des bases juridiques et techniques.

Au point de vue technique, qui est le seul qui nous intéresse ici, les appareils radioélectriques sont utilisés de manières assez différentes dans la grande navigation et au cours de l'atterrissage.

On sait que les ondes radioélectriques disponibles sont très limitées, d'une manière générale ; mais, lorsqu'il s'agit d'atterrissage, elles n'ont pas besoin de porter très loin. On

(1) En France, ces zones d'approches peuvent exister sur les aérodromes (ou bases d'hydravions), suivants : Bordeaux, Dijon, Le Bourget, Lyon, Strasbourg, Toulouse, Tours, Antibes, Auxerre, Biarritz, Clermont-Ferrand, Limoges, Mâcon, Marseille-Marignane, Moulins, Nancy, Orange, Perpignan, Valenciennes.

est donc arrivé à concevoir pour l'atterrissage des dispositifs qui, ne rayonnant pas au delà d'une cinquantaine de kilomètres, peuvent se répéter sur les mêmes longueurs d'ondes à de nombreux aérodromes. La seule condition est alors que les aérodromes équipés spécialement pour l'atterrissage par mauvaise visibilité soient situés à 100 kilomètres au moins les uns des autres, ce qui, à quelques exceptions près, est actuellement réalisé.

Ayant ainsi délimité ce que nous appelons atterrissage par mauvaise visibilité, nous allons en examiner de plus près le mécanisme.

La zone d'approche

Nous avons déjà dit ce qu'est la zone d'approche. Il nous reste à préciser sa forme et ses limites. En principe, en France, la zone d'approche est circulaire et son rayon est de 30 km. La plupart d'entre elles ne sont pas limitées en hauteur. Il y a des exceptions ; en particulier, dans la région parisienne, on a voulu réserver la possibilité d'avoir plusieurs aérodromes susceptibles d'être munis de zones d'approche ne se recouvrant pas, et, dans ce but, on a créé des zones plus petites : celle du Bourget est limitée à Senlis, Meaux, Paris, Pontoise, Beaumont.

Dans d'autres cas, en particulier à Auxerre, dont l'aérodrome n'est pas une escale régulière des lignes aériennes, on a réduit le rayon à 20 km, et on a limité la hauteur à 1 500 m au-dessus du niveau de la mer pour éviter aux avions faisant de la grande navigation et ne désirant pas atterrir à Auxerre d'avoir à demander l'autorisation d'entrer dans la zone de cet aérodrome.

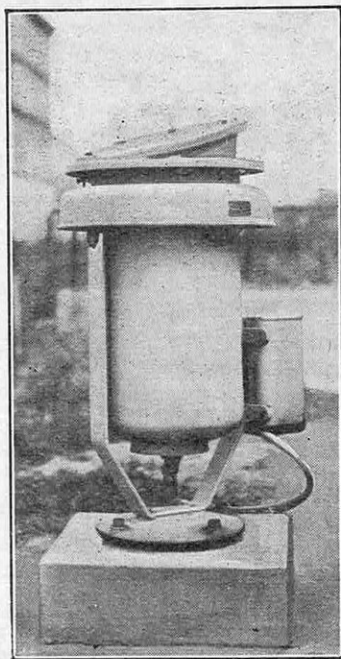


FIG. 1. — PROJECTEUR A FAISCEAU VERTICAL, POUR LA MESURE DU « PLAFOND »

Ce projecteur peut être commandé à distance. (Voir à la figure 2 le schéma de principe de la mesure du plafond.)

mise à l'autorité du chef d'aérodrome local, tandis qu'en dehors de cette zone, elle est libre, sous réserve de certaines précautions destinées à éviter les collisions en vol, réserve qui est réduite au minimum pour ne pas entraver inutilement l'exploitation des lignes, les missions militaires et même l'aviation privée.

L'autorité dans la zone d'approche

En France, la plupart des aérodromes importants sont mixtes, civils et militaires, et la question s'est posée de savoir qui, du commandant militaire ou du commandant civil, aurait autorité sur la navigation dans la zone d'approche. Il a été décidé que ce serait, en principe, le civil lorsque les avions civils seraient plus importants et inversement.

Il était en effet évident que ces pouvoirs ne pouvaient pas être divisés.

On a donc déterminé un « directeur de piste ». Le directeur de piste est, par exemple, civil au Bourget et à Marignane; il est militaire à Bordeaux et à Toulouse. C'est lui qui intervient du point de vue qui nous occupe, et il a autorité sur tous les avions français ou étrangers, civils ou militaires.

Le premier rôle du directeur de piste est de

Dans d'autres pays, les zones d'approche sont limitées en hauteur lorsque la visibilité est bonne au-dessus d'elles; en Tchécoslovaquie, par exemple, la zone d'approche est limitée verticalement par la surface supérieure des nuages, mais cela présente des inconvénients qui ont fait rejeter en France cette disposition.

D'une manière générale, la navigation dans la zone d'approche est sou-

crée, s'il y a lieu, la zone d'approche ou plus exactement de mettre en vigueur les consignes locales de mauvaise visibilité, qui, automatiquement, créent la zone d'approche. Pour prendre cette décision, le directeur de piste se tient en liaison étroite avec le service météorologique auquel il appartient de mesurer la visibilité et la hauteur des nuages.

La mesure du « plafond »

S'il est aisé de mesurer la visibilité horizontale à l'aide de repères préalablement installés à différentes distances, il est souvent malaisé de mesurer la hauteur des nuages bas, ou, comme on dit, le « plafond ».

De jour, lorsqu'il y a dans le voisinage immédiat un obstacle élevé, la chose est facile. On peut, par exemple, en se plaçant près de la Tour Eiffel, évaluer à quel niveau elle plonge dans le nuage; mais, lorsqu'il n'y a pas d'obstacle élevé, il ne reste que la ressource du ballon-sonde.

On lâche alors un ballon de poids et de volume connus et on mesure le temps pendant lequel il reste visible. La vitesse ascensionnelle du ballon étant connue, on en conclut la hauteur du plafond. Le procédé est long et coûteux. La nuit, par contre, la chose est plus facile, en utilisant un projecteur à faisceau étroit et vertical (fig. 1).

L'Office National Météorologique dispose déjà de projecteurs de cette sorte qui donnent de bons résultats. Muni de ces renseignements, le directeur de piste décide s'il y a lieu ou non de déclencher les consignes de mauvaise visibilité.

Lorsqu'il les déclenche, il faut qu'immédiatement tous les intéressés le sachent.

La diffusion de l'avis d'application des consignes de mauvaise visibilité

Il faut d'abord prévenir les avions qui, non munis de T. S. F. et rasant le sol, s'approchent de l'aérodrome. Pour eux, on met sur l'aérodrome intéressé un panneau carré rouge dessiné la nuit par des lampes rouges, et sur les aérodromes voisins, un panneau analogue, mais

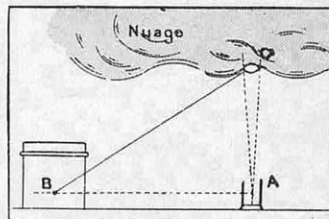


FIG. 2. — MESURE DU « PLAFOND » A L'AIDE D'UN PROJECTEUR VERTICAL

De B, à distance connue du projecteur A, on vise la tache lumineuse C; de l'angle ABC, on déduit la valeur du « plafond » AC.

jaune, portant en surcharge des lettres rouges caractéristiques de l'aérodrome intéressé. Par exemple, un panneau jaune placé à Saint-Etienne-Bouthéon et portant les lettres rouges LY, signifie que les consignes de brume sont appliquées à Lyon.

Il faut également prévenir les avions qui voudraient décoller ; pour eux, on élève en haut d'un mât une pyramide jaune ; on allume un signal spécial, et on prévient surtout téléphoniquement toutes les formations situées sur le terrain.

On prévient ensuite les aérodromes d'où partent des lignes régulières vers l'aérodrome intéressé, ainsi que certains autres aérodromes, et on diffuse la nouvelle par T.S.F. Cette diffusion est faite sous forme de signal de « sécurité » avec accusé de réception, à tous les avions qui se dirigent vers l'aérodrome intéressé et même à tous les avions connus survolant la circonscription radio-électrique, et enfin aux heures rondes « en l'air », sur la fréquence de 272 kilohertz.

Ce dernier service permet à tous de savoir si les consignes de brume sont appliquées sur un aérodrome déterminé, car l'avis est répété toutes les heures jusqu'à la cessation d'application.

Les avions non munis de T. S. F.

Si l'on veut améliorer l'atterrissage radio-électrique, il faut avant tout libérer le voisinage des aérodromes spécialement équipés des avions non munis de T. S. F. et de ceux qui, munis des appareils nécessaires, se trouvent pour une raison quelconque, dans l'impossibilité d'assurer le service prévu par les règlements. Un arrêté du 29 septembre 1936 recommande aux pilotes de ces avions de voler le plus bas possible au-dessous des nuages et ne pas entreprendre de navigation susceptible de les obliger à voler sans visibilité ; il leur est interdit en outre de prendre le départ vers un aéro-

drome sur lequel les consignes de brume sont appliquées, ainsi que d'entrer dans une zone d'approche. Il a cependant fallu prévoir le cas de force majeure : un avion sans T. S. F. doit se poser parallèlement à la direction d'atterrissage des autres avions et en bordure du terrain.

L'entrée dans la zone d'approche

Revenons à l'appareil muni de la T. S. F., Il doit tout d'abord prévenir un quart d'heure environ avant son arrivée à la zone d'approche. Il dispose, pour savoir où il est, de tous les appareils conçus pour la navigation sans visibilité (1) et il est donc censé connaître au moins approximativement sa position. Le directeur de la piste est aussitôt prévenu par la station radio-électrique terrestre, et il peut commencer à prendre ses dispositions. Il lui est d'ailleurs recommandé de se rendre au radiogoniomètre, en particulier, afin d'éviter tout retard de transmission : le représentant du propriétaire de l'avion est également invité à s'y rendre et très souvent le personnel d'exploitation des

compagnies de navigation aérienne n'hésite pas à le faire. Dans certains pays, comme en Pologne, la présence de ce dernier est même strictement obligatoire.

Lorsque l'avion arrive à la limite de la zone d'approche, il doit demander par T. S. F. l'autorisation d'y pénétrer. Le directeur de la piste décide, en tenant compte des autres avions situés dans le voisinage.

Jusqu'à ces derniers temps, il pouvait retarder l'atterrissage pour laisser dégager la piste ; il a reçu récemment le pouvoir d'interdire l'atterrissage sur son aérodrome, lorsque les conditions météorologiques sont trop mauvaises.

S'il interdit l'atterrissage, on doit alors transmettre à l'avion la liste des aérodromes

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 250, page 243.

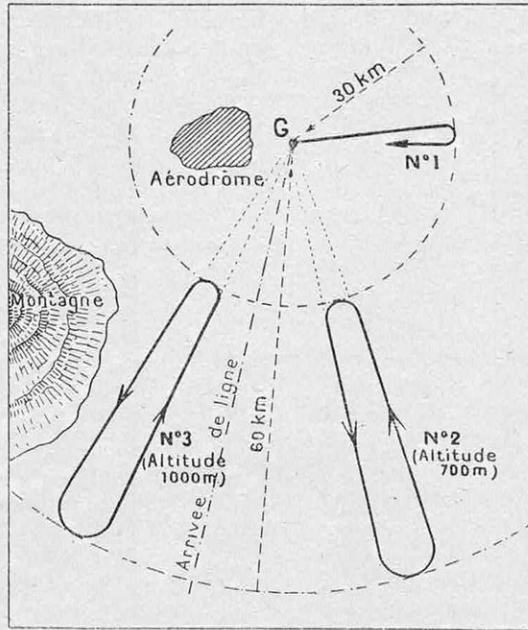


FIG. 3. — MOUVEMENT DES AVIONS QUI ATTENDENT LEUR TOUR D'ATTERRISSEMENT

Pendant que l'avion 1, guidé par le radiogoniomètre G, évolue dans la zone d'approche, les avions 2 et 3 effectuent un va-et-vient aux altitudes qui leur sont imposées par le chef de l'aéroport.

dégagés situés dans la région et la liste des aérodromes voisins sur lesquels est possible l'atterrissage par mauvaise visibilité.

S'il retarde l'atterrissage, il peut, si l'avion est seul, l'autoriser à entrer dans la zone d'approche ; si, au contraire, un ou plusieurs avions sont en instance d'atterrissage, il donne au nouvel arrivant un numéro d'ordre, tout à fait analogue aux numéros nécessaires pour monter dans l'autobus aux heures d'affluence. Seul le premier est auto-

risé à entrer dans la zone d'approche ; il doit alors voler, dans le cas général, à une altitude inférieure à 400 m (au-dessus du sol), tandis que le n° 2 vole à 700 m, le n° 3 à 1 000 m, etc. Certains secteurs peuvent également être affectés à certains avions comme nous le verrons bientôt.

En général, les numéros d'ordre sont donnés dans l'ordre d'arrivée, mais on fait passer par priorité les avions en difficultés, les

avions sanitaires transportant malades ou blessés et l'avion ministériel.

Enfin, si l'avion qui se présente est seul, si la piste est dégagée et s'il n'y a pas de motif pour interdire ou retarder l'atterrissage, le directeur de piste l'autorise tout simplement à entrer dans la zone d'approche. C'est là que commence le travail technique de l'atterrissage ; il faut permettre à l'avion qui attend son tour d'évoluer en sécurité et permettre à celui qui atterrit d'arriver au sol sans difficulté.

Ceux qui attendent

Nous avons vu que ceux qui attendent leur tour doivent rester hors de la zone d'approche à des altitudes (au-dessus du

sol) de 700, 1 000 m, etc., suivant leur numéro. En principe, ils peuvent faire ce qu'ils veulent, pourvu qu'ils restent à l'altitude indiquée ; ils n'ont qu'à attendre. Ils sont protégés des collisions, puisque celui qui atterrit vole au-dessous de 400 m et que nul ne peut s'approcher sans recevoir en même temps un numéro et une altitude différente à conserver. Il faut toutefois se rendre compte que toutes les difficultés ne sont pas résolues. En effet, l'avion qui

attend vole en général sans visibilité et il ne peut guère en être autrement ; on ne peut pas lui permettre de voler haut, pour y voir, car alors on perdrait trop de temps, lorsque son tour serait venu d'atterrir, à attendre qu'il soit descendu et, d'autre part, quand on vole sans visibilité, on ne fait pas absolument tout ce qu'on veut. Il a donc fallu mettre entre les avions des différences d'altitudes importantes ; on a indiqué 300 m. Il

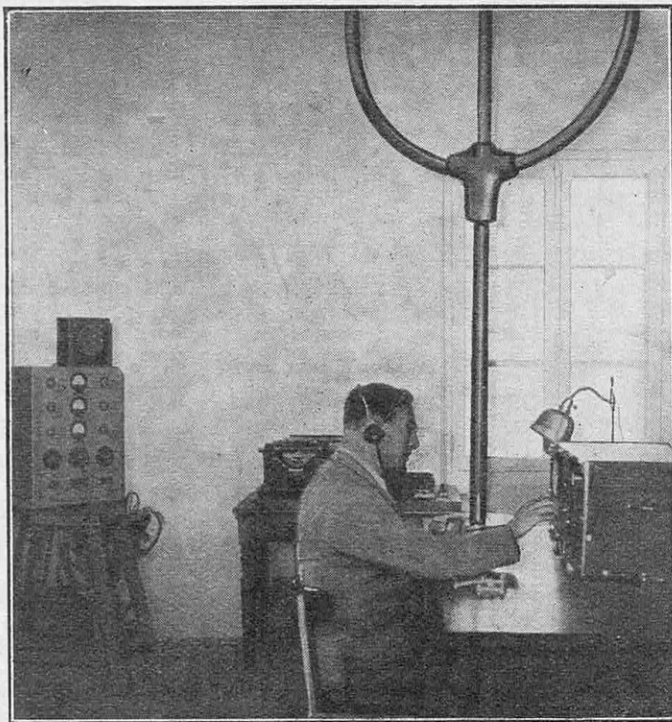


FIG. 4. — INSTALLATION DU RADIOGONIOMÈTRE D'ATERRISSAGE DE SECOURS DE L'AÉROPORT DU BOURGET ET DU DISPOSITIF DE COMMANDE DU RADIOALIGNEMENT

faut aussi que l'avion, qui n'y voit rien, ne s'éloigne pas trop, toujours pour éviter les pertes de temps qui se produiraient si, son tour venu d'atterrir, il se trouvait à 100 km par exemple. Il faut donc trouver un moyen de le guider de manière à lui permettre d'éviter les montagnes ou obstacles, s'il y en a dans la région, à lui permettre également d'éviter la zone d'approche, c'est-à-dire de ne pas venir à moins de 30 km de l'aérodrome, et à lui permettre enfin de ne pas s'éloigner au delà d'une distance raisonnable, de l'ordre de 50 à 60 km, de l'aérodrome en le maintenant en dehors des lignes aériennes, car il faut prévoir des arrivées plus rapides qu'on ne les attendait.

En Europe, on utilise actuellement pour

cela un radiogoniomètre situé au voisinage de l'aérodrome. Cet appareil permet à un opérateur radioélectricien, en écoutant une émission de T. S. F. faite par l'avion, de le situer en direction. Il peut également par des recoupements, c'est-à-dire avec d'autres relèvements fournis par d'autres radiogoniomètres, faire le point exact de l'avion. Malheureusement, les autres goniomètres sont généralement occupés ; la méthode la plus simple est donc de faire promener l'avion qui attend sur une droite passant par le goniomètre de l'aérodrome. De la sorte, il fait des allées et venues à relèvement constant. Cela évite d'occuper trop souvent les radiogoniomètres de recoupement, car il suffit de vérifier que l'avion reste bien sur l'axe prévu et beaucoup plus rarement qu'il reste bien à une distance de l'aérodrome comprise entre 30 et 60 km par exemple. Le pilote connaît la vitesse de son appareil ; il peut donc aller, par exemple, pendant 6 minutes cap à l'est, puis revenir pendant 6 minutes cap à l'ouest, etc.

On choisit évidemment des caps évitant les montagnes, les obstacles voisins et les arrivées des lignes aériennes. A l'heure actuelle, cette méthode est appliquée dans toute l'Europe, mais en cette matière tout évolue très vite. On a d'abord été amené sur certains aérodromes à organiser un radiogoniomètre spécial pour ce service. C'est le cas au Bourget ; un premier goniomètre s'occupe des avions qui font de la grande navigation, un deuxième s'occupe de l'atterrissage, un troisième s'occupe tout particulièrement des avions en instance d'atterrissage. Chacun d'eux dispose d'émetteurs différents fonctionnant sur des fréquences différentes. Il a fallu également faciliter les recoupements radiogoniométriques ; pour cela, on a doublé le radiogoniomètre de Beauvais en attendant d'avoir des goniomètres de recoupement automatique qui sont actuellement à l'étude. Enfin, certains ont pensé qu'il fallait s'orienter vers

des méthodes encore plus automatiques, et la récente conférence des radiocommunications du Caire vient de donner une impulsion dans ce sens en ouvrant certaines possibilités.

Il semble possible de remplacer l'espèce de voie de garage constituée par l'axe de relèvement constant par des radioalignements.

On sait, en effet, qu'un radioalignement est un système émetteur radioélectrique définissant un ou plusieurs axes de telle manière qu'avec un simple récepteur on

puisse savoir si l'on se trouve sur un de ces axes. Dans la plupart des cas, l'appareil permet en outre de savoir, lorsqu'on ne se trouve pas sur l'axe, si l'on est à gauche ou à droite de celui-ci. La substitution au radioalignement au radiogoniomètre spécial est évidemment coûteuse, mais elle a l'intérêt de permettre à l'avion un guidage continu. D'autre part, il ne semble guère possible de faire fonctionner un nombre suffisant d'émetteurs de radioalignements sur ondes moyennes, étant donné la faible

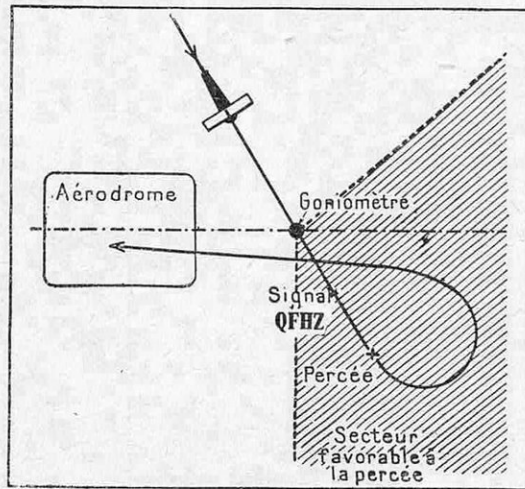


FIG. 5. — PRINCIPE DE LA MÉTHODE D'ATTERRISSEMENT DITE DE « PERCÉE »

L'avion est guidé par le radiogoniomètre vers un secteur favorable à la percée, qu'il effectue après avoir reçu le signal QFHZ. Il se dirige ensuite vers l'aérodrome par ses propres moyens.

étendue de la gamme de fréquences concédée à l'aéronautique autour de la longueur d'onde de 900 m.

Le problème en était là lorsque, récemment, la conférence du Caire a concédé à l'aéronautique les fréquences comprises entre 32 500 et 40 000 mégahertz, c'est-à-dire les longueurs d'ondes allant de 9 m 23 à 7 m 50. Bien qu'aucune décision ne soit encore prise à ce sujet, on peut penser que cette générosité relative va entraîner vers ces longueurs d'ondes une partie du service radioélectrique de l'aéronautique. Ces ondes conviennent certainement pour des radioalignements et, si l'on arrive à une entente internationale, il semble qu'on pourrait parfaitement les utiliser à la matérialisation des voies de garage dont nous avons parlé. Toutefois, un tel procédé entraîne évidemment une modification et un dédoublement du récepteur de bord.

Celui qui atterrit

Revenons donc à notre avion autorisé à pénétrer dans la zone d'approche. Il vole à 400 m et est prêt à atterrir. Nous savons déjà que la visibilité n'est pas nulle, car alors on lui aurait refusé l'autorisation. Il faut, en effet, reconnaître que l'atterrissage par visibilité nulle n'est pas encore possible. A l'heure actuelle, il faut toujours que le pilote essaye de voir le sol, et de nombreuses mesures ont été prises pour qu'il le voie. On peut espérer arriver un jour à l'atterrissage *sans* visibilité, mais actuellement on n'effectue réellement *commerciallement* que des atterrissages par mauvaise visibilité.

La première chose à faire est de transmettre du sol la valeur des éléments météorologiques importants. La station radio-électrique terrestre transmet ces éléments fournis par le poste météorologique voisin, et, en particulier, la pression barométrique au sol de l'aérodrome. L'équipage fait alors la correction précise des altimètres de bord de manière à faire correspondre l'altitude zéro à la pression au sol; l'altimètre marque alors l'altitude au-dessus du sol de l'aérodrome qui est considéré comme repère dans l'intérieur de la zone d'approche. La plupart des avions commerciaux sont munis de plusieurs altimètres; l'un d'eux au moins est un altimètre de précision, et c'est à ce moment que cet appareil est utile. En prenant quelques précautions, on arrive ainsi à connaître l'altitude à 10 ou même 5 m près au-dessus du sol de l'aérodrome.

C'est alors que l'équipage doit faire choix de la méthode d'atterrissage. Ce choix n'est d'ailleurs pas absolument libre, comme nous verrons ultérieurement. Il y a en gros deux méthodes : celle qui n'impose pas d'arriver à la visibilité du sol suivant une direction déterminée — c'est la méthode de « percée » — et celle qui impose l'arrivée à la visibilité du sol en suivant une direction précise déterminée à l'avance. Ce sont la méthode « ZZ » et la méthode du radioalignement.

La méthode de « percée »

Cette méthode n'est évidemment applicable que si la hauteur du plafond reste suffisante. Cette hauteur minimum est fixée pour chacun des aérodromes munis d'un radiogoniomètre (1), en tenant compte des conditions géographiques.

La méthode de percée en elle-même est très simple; elle consiste à dire à l'avion :

(1) Ce travail n'est pas terminé, on s'en occupe actuellement.

le plafond est suffisant au-dessus de l'aérodrome, vous pouvez descendre au-dessous des nuages (percée). Tout cela se dit d'ailleurs très vite, en quatre lettres : QFHZ, ou QFHY, suivant le code international.

L'intérêt de la méthode est évident; elle permet d'aller très vite. Elle n'est toutefois pas sans danger; il faut amener l'avion au-dessus de l'aérodrome et même il faut l'amener à percer la couche de nuages à un endroit où il n'y aura pas d'obstacle. On est donc conduit à définir à partir du radiogoniomètre qui, à l'heure actuelle, est à la base de tout le système, des secteurs favorables et des secteurs prohibés, ceux qui contiennent des montagnes ou des obstacles.

On amène l'avion à survoler le radiogoniomètre en lui transmettant le cap à suivre pour aller vers lui; ce cap est déduit de relèvements radioélectriques fréquents. Dès que l'avion est entendu, le radiogoniomètre signale par T. S. F. : MN, MW, MS ou ME, ce qui signifie : j'entends votre bruit de moteur au nord, à l'ouest, au sud ou à l'est. Lorsque l'avion survole le radiogoniomètre, toujours d'après le bruit du moteur, on lui signale ce fait, et c'est à ce moment qu'on lui transmet le signal QFHZ ou QFHY, si la direction qu'il suit l'amène dans un secteur favorable à la percée.

L'avion arrive ainsi à la visibilité du sol avec une marge de hauteur suffisante pour lui permettre de retrouver l'aérodrome. D'ailleurs, si par hasard il éprouvait à cela quelques difficultés, le radiogoniomètre pourrait encore lui fournir le cap à suivre pour y revenir.

Il nous reste à expliquer la dualité des signaux QFHZ et QFHY. Ces deux signaux ont la même signification, mais le premier n'est passé que sur demande du représentant du propriétaire de l'avion, tandis que l'autre est passé par les agents de l'Etat. C'est au fond une question de responsabilité.

L'Etat voulant respecter la liberté d'exploitation des compagnies de navigation et des aviateurs touristes, reconnaissant par ailleurs à leurs représentants une plus grande facilité pour reconnaître au son les moteurs de leurs appareils, a voulu que les navigants puissent savoir si leur représentant est présent au poste radiogoniométrique.

L'atterrissage « ZZ »

L'atterrissage « ZZ » est fréquemment pratiqué en France. On l'utilise généralement quand la hauteur du plafond est inférieure à 200 m. Comme nous l'avons indiqué,

l'atterrissage a lieu suivant un axe déterminé à l'avance et spécialement libre d'obstacle. Une étude a été faite sur chaque aérodrome muni de radiogoniomètre. Certaines conditions sont, en effet, nécessaires. Il faut tout d'abord que l'on puisse trouver un axe passant par le radiogoniomètre et le centre approximatif de l'aérodrome, et que l'aérodrome intéressé présente le long de cet axe une longueur de l'ordre du kilomètre. Il faut, en outre, que cet axe soit entièrement dégagé sur une largeur aussi grande que possible — on essaye d'obtenir 500 m de part et d'autre — et dans un angle de 10° de part et d'autre de l'axe, à partir du radiogoniomètre, ceci pour parer aux erreurs possibles dans les prises de relèvements. Il faut enfin que le radiogoniomètre soit situé à une distance de l'aérodrome de 300 à 800 m environ et qu'il n'existe absolument aucun obstacle entre eux. Ces conditions sont parfois difficiles à réaliser avec les aérodromes existants ; il est probable que dans l'avenir on sera amené à déterminer d'abord un axe d'atterrissage radioélectrique dans une région et à choisir ensuite l'aérodrome et l'emplacement des hangars en fonction de cet axe.

L'avion autorisé à atterrir suivant le procédé « ZZ » est amené au-dessus du radiogoniomètre, comme dans le procédé de percée et on lui signale de la même manière son passage. L'avion s'éloigne ensuite de l'aérodrome en suivant l'axe d'atterrissage en sens inverse du sens prévu pour ce dernier, pendant quelques minutes ; puis il opère un virage de 180° et revient en suivant très exactement l'axe d'atterrissage. Il sait, à

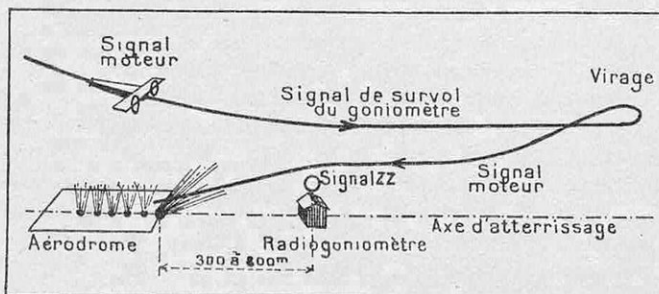


FIG. 6. — L'ATTERRISSAGE PAR LA MÉTHODE « ZZ »
L'avion est amené par le radiogoniomètre dans la direction de l'axe d'atterrissage. Il reçoit le signal ZZ lorsque le moment est venu de se rapprocher du sol au-dessus de l'aérodrome.

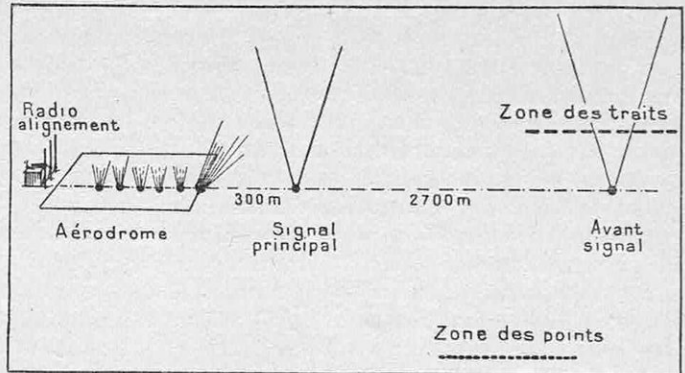


FIG. 7. — SCHÉMA D'UN RADIOALIGNEMENT

L'axe d'atterrissage est tracé dans l'espace par trois émetteurs : l'avant-signal, le signal principal et le radioalignement, et marqué sur l'aérodrome par un projecteur et des feux alignés.

l'aide d'un chronomètre, approximativement à quel moment il doit survoler le goniomètre : le vent est, en effet, presque toujours très faible quand il y a mauvaise visibilité, et il a compté pendant combien de minutes il volait en s'éloignant. Il arrive donc au-dessus du goniomètre à hauteur telle qu'il puisse se poser normalement. Si tout va bien, on lui transmet du sol le signal ZZ au moment précis où il survole le goniomètre. Il sait alors très exactement où il est ; il sait d'autre part qu'il n'y a plus d'obstacle entre l'aérodrome et lui ; il peut donc descendre doucement en conservant son cap et en essayant de voir les nombreux feux qui matérialisent sur le sol l'axe d'atterrissage.

La manœuvre est évidemment délicate et elle exige un personnel très entraîné. Le pilote doit d'abord tenir rigoureusement le cap nécessaire et, d'autre part, l'opérateur radioélectricien de bord et celui du sol doivent maintenir l'avion sur l'axe à l'aide de relèvements très rapides qui exigent une grande dextérité. Avec de bons opérateurs terrestres, l'émission du signal, la prise de relèvement et la transmission de ce dernier ne durent que quelques secondes. On donne même parfois des relèvements entre le moment où l'avion survole pour la deuxième fois le goniomètre et l'atterrissage.

Si l'avion ne se maintient pas dans l'axe ou si sa hauteur est trop grande, on ne lui transmet pas le signal ZZ. Il y a là encore une appréciation délicate à faire et, comme pour le procédé de percée, on a tenu en France à ce que les navigants

sachent si le signal ZZ est passé sur demande du représentant du propriétaire de l'avion ou sur l'initiative du personnel de l'Etat. Dans le premier cas, on transmet ZZ Z, dans le deuxième cas Z Y Z. Lorsque, d'après les constatations faites à terre, il y a lieu de prévoir que l'atterrissage ne pourra se faire avec sécurité, on transmet au lieu de ZZ les signaux J Z J ou J Y J, qui signifient : « Remettez les gaz et éloignez-vous. »

Le rôle essentiel du radiogoniomètre terrestre est rempli soit par le radiogoniomètre ordinaire, soit par un radiogoniomètre spécial lorsqu'il y a risque de surcharge. Il y a actuellement en France des radiogoniomètres spéciaux au Bourget et à Lyon. Ces appareils, desservis par les opérateurs radioélectriciens de l'aéronautique civile, doivent être très rapides; il n'est pas nécessaire qu'ils soient protégés des « effets de nuit » (1), puisqu'ils ne sont utilisés que pour donner des relevements qu'à petite distance et que les avions emploient une antenne fixe; ils sont reliés par câble souterrain avec un poste émetteur de faible puissance (50 W) prévu spécialement pour ce service.

Pour faciliter aux navigants la vue du sol, on a installé le long de l'axe tout un balisage spécial en plus du balisage normal des aérodromes. Ce balisage spécial, particulièrement important au Bourget, comprend des projecteurs à incandescence et à vapeur de sodium situés avant la bordure de l'aérodrome et des lampes enterrées à vapeur de sodium placées, toujours le long de l'axe, sur l'aérodrome lui-même. La lumière jaune intense fournie par ces dernières perce particulièrement bien le brouillard et permet à l'équipage de trouver et de suivre l'axe.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 237, page 192.

Diverses modifications peuvent être apportées à la méthode « ZZ ». Tout d'abord, dans certains cas, il est impossible de mettre le radiogoniomètre à la bonne distance de l'aérodrome. Quelquefois même, on est amené à le mettre de l'autre côté. Dans ce cas-là, on divise en deux le travail normalement fait au radiogoniomètre et l'observation des passages de l'avion est faite par un guetteur placé à l'endroit où devrait se trouver le goniomètre. Le guetteur est relié par téléphone à l'opérateur radioélectricien et le retard apporté aux transmissions est ainsi négligeable.

Dans certains cas également, particulièrement dans les pays montagneux, par exemple à Klagenfurt, il n'a pas été possible de déterminer un axe d'atterrissage convenable; dans ce cas, on détermine ce que l'on appelle un axe de descente ne passant pas par l'aérodrome, mais permettant la descente en vue du sol au voisinage immédiat de ce dernier.

Enfin, dans certains cas, l'avion peut être dispensé du survol préalable de l'aérodrome et du vol d'éloignement; il arrive directement suivant l'axe d'atterrissage,

reçoit le signal ZZ et se pose. Cette méthode est appliquée lorsque, par un moyen quelconque, on connaît assez exactement la distance de l'avion à l'aérodrome.

La méthode « ZZ », fruit de l'expérience de plusieurs années, a donné des résultats assez satisfaisants. Elle a le gros inconvénient d'être longue, surtout s'il se trouve des équipages inexpérimentés obligés de s'y reprendre à plusieurs fois. On a essayé de la rendre plus rapide, et le principal effort tenté dans ce sens est l'essai de substitution du radioalignement d'atterrissage aux relevements fournis par le goniomètre terrestre. Quel que soit par ailleurs l'intérêt de ces

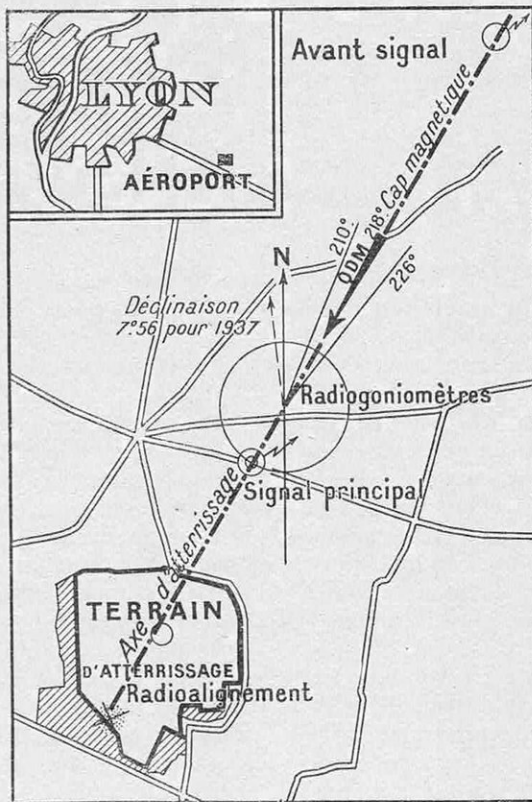


FIG. 8. — DISPOSITIF DE RADIOALIGNEMENT DE L'AÉROPORT DE LYON

La distance entre l'avant-signal et l'aire d'atterrissage est d'environ 4 kilomètres.

nouvelles méthodes qui doivent incontestablement permettre d'aller plus vite, beaucoup de navigants préfèrent la méthode « ZZ » dans laquelle ils sentent que quelqu'un à terre s'occupe d'eux et même ne s'occupe que d'eux. Il y a là un élément psychologique important qui ne doit pas être négligé. D'ailleurs, dans plusieurs pays, on s'est préoccupé de resserrer les liens entre radios terrestres et radios navigants. En Allemagne, ils suivent les mêmes cours et passent les mêmes examens. En France, la compagnie Air-France et le ministère de l'Air ont conclu un arrangement suivant lequel les radios navigants font des stages dans les stations goniométriques terrestres et les radios terrestres effectuent des vols d'entraînement.

L'atterrissage par radioalignement

Cette méthode, fréquemment appelée « atterrissage au radiophare », dérive directement de la méthode « ZZ » que l'on a essayé de rendre automatique. On peut, en effet, matérialiser l'axe d'atterrissage par un radioalignement ; on évitera alors toutes les prises de relèvement nécessaires dans la méthode « ZZ » pour maintenir l'avion sur l'axe. Un membre de l'équipage, muni d'un récepteur de T. S. F., saura si l'avion est sur l'axe et pourra indiquer, s'il y a lieu, dans quel sens il faut qu'il aille pour le rejoindre. Tous les radioalignements employés dans ce but en Europe sont construits de telle sorte que, sur l'axe, on entende un son continu dans le récepteur, tandis qu'à gauche on entend des points, et à droite des traits. Le travail des navigants est donc aussi simplifié que possible. D'ailleurs, il existe des récepteurs permettant de traduire à bord les indications reçues par T. S. F. en indications visuelles ; on peut, par exemple, avoir,

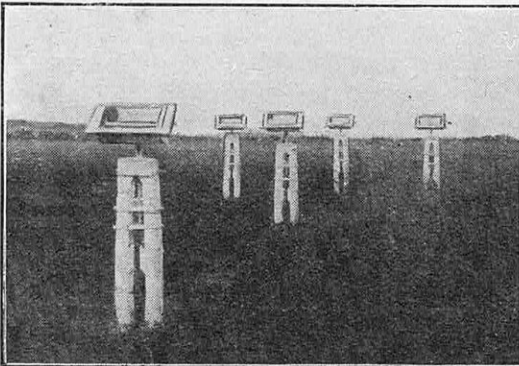


FIG. 9. — FEUX AU SODIUM INDICANT, PAR UNE FLÈCHE, L'AXE D'ATTERRISSEGE

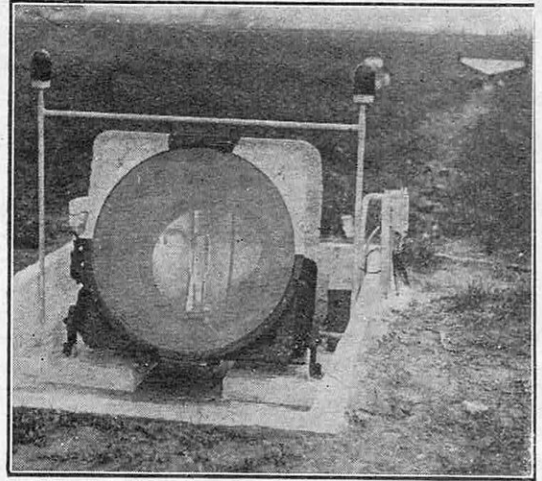


FIG. 10. — PROJECTEUR DONT LE FAISCEAU EST ORIENTÉ SUIVANT L'AXE D'ATTERRISSEGE

et ceci très simplement, une aiguille qui occupe une position moyenne et qui subit des impulsions à droite ou à gauche suivant que l'avion est à droite ou à gauche de l'axe.

Le signal ZZ est lui-même remplacé par des signaux spéciaux émis par des appareils placés au sol sur l'axe à une certaine distance avant l'aérodrome. En principe l'« avant-signal » est placé à 3 000 m avant le début de l'aire atterrissable et le signal principal à 300 m. Les émissions correspondantes sont caractéristiques et ne permettent pas la confusion.

Cette méthode du radioalignement est assez employée sur de nombreux aérodromes européens.

Il ne faut pas croire cependant que sur ces aérodromes la méthode « ZZ » ne soit pas employée. Pour les raisons que nous avons indiquées plus haut, de nombreux équipages la préfèrent. En dehors de la suppression des relèvements pour se maintenir dans l'axe, l'usage des radioalignements, ou tout au moins de certains d'entre eux, devait, pensait-on, permettre à l'avion de descendre régulièrement, sans avoir besoin de consulter son altimètre en suivant une sorte de chenal incliné matérialisé dans l'atmosphère par les « ondes radioélectriques ». L'expérience a révélé qu'il était prématuré de compter exclusivement sur ce dispositif ; toutefois, d'intéressantes études ont été faites et il semble qu'à l'heure actuelle on puisse l'envisager pour un avenir très proche en exploitation commerciale.

Malheureusement, il se produit des difficultés de standardisation. L'appareil le

plus répandu, à l'heure actuelle, en Europe est l'appareil Lorenz (1).

Il est prévu pour donner un chenal de descente par mesure du champ électrique sur l'onde de 9 m. Il a l'inconvénient de nécessiter à bord deux petits récepteurs spéciaux et de ne pouvoir être utilisé que par les avions munis de ces récepteurs. Les difficultés qu'il y a à se servir du chenal de descente ont poussé certains pays, comme les Pays-Bas et la France, à envisager des radioalignements d'atterrissage fonctionnant sur ondes moyennes. Ces appareils n'ont évidemment pas de chenal de descente;

gnement et des signaux. Des essais analogues sont, croyons-nous, en cours également en Allemagne. On peut ainsi disposer d'éléments nouveaux et choisir la longueur d'onde du chenal, qu'il semble y avoir intérêt à abaisser vers 5 m. Le malheur est qu'il existe déjà de nombreux récepteurs spéciaux de bord qu'il semble difficile d'adapter à ces conditions nouvelles.

L'avenir de l'atterrissage sans visibilité

Tout ce que nous venons de voir est né depuis quelques années; il est bien difficile de dire ce que sera l'atterrissage sans

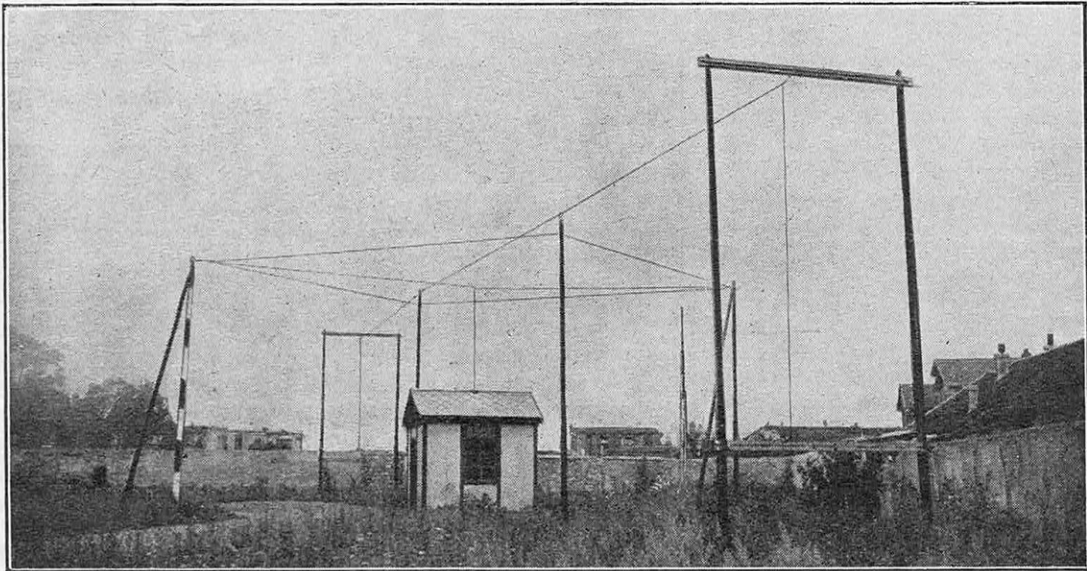


FIG. 11. — LE RADIOALIGNEMENT A ONDES MOYENNES DU BOURGET

mais, par contre, ils sont utilisables par tous les avions munis d'un récepteur. On a même réalisé des avant-signaux et signaux principaux fonctionnant sur la même longueur d'onde que le radioalignement lui-même. En effet, celui-ci n'étant plus utilisé pour la mesure de champ en vue de la matérialisation du chenal de descente, rien ne s'opposait à ce que le radioalignement et les deux signaux fonctionnassent sur la même longueur d'onde. Un tel appareil existe au Bourget; il a été réalisé par la Société des Procédés Loth et met en somme à la portée de tous l'atterrissage sans visibilité par radiophare.

Enfin, on a essayé récemment en France (2) d'améliorer le chenal de descente en séparant entièrement l'émission nécessaire pour le réaliser et les émissions du radioaligne-

visibilité dans quelques autres années.

Autant qu'on puisse prévoir, il faudra tenir compte des vitesses croissantes des avions et par conséquent créer des aérodromes très longs, placés à cheval sur un axe d'atterrissage particulièrement bien dégagé. Les progrès techniques porteront probablement sur l'automatisme croissant des manœuvres nécessaires. Au point de vue radioélectrique, on arrivera sans doute à la matérialisation totale de la route à suivre dans l'atmosphère et au sondage radioélectrique détectant à distance les obstacles et les autres avions. On séparera probablement les zones atmosphériques et les aérodromes, suivant les catégories d'avions, ce qui permettra de mieux répartir dans le temps et dans l'espace les atterrissages qui pourront sans doute, à ce moment-là, se succéder à cadence rapide.

H. PORTIER.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 218, page 124.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page XXXVII.

LA MACHINE PEUT-ELLE ÊTRE PLUS « INTELLIGENTE » QUE L'HOMME ?

Par Pierre DEVAUX

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

« Les nombres dominent le monde », disait déjà Platon il y a 2 300 ans, et il n'est aucune technique où interviennent des mesures qui ne soit aujourd'hui tributaire du calcul. Chacun connaît les machines à calculer modernes qui effectuent automatiquement et instantanément les opérations fondamentales de l'arithmétique. D'autres dispositifs mécaniques plus complexes ou certaines constructions graphiques sont capables de fournir en quelques minutes des résultats qui exigeraient des mois ou même des années de travail, souvent consacrées à des approximations longues et pénibles avec un risque d'erreur considérable. Mais la machine n'est pas seulement capable de battre de vitesse le cerveau humain, en répétant en automate les phases successives de son raisonnement ; il est des problèmes, notamment dans le domaine de l'« analyse mathématique », qui ne sont accessibles à l'esprit de l'homme que dans quelques cas exceptionnels et que la machine est cependant apte à résoudre dans toute leur généralité. Les méthodes graphomécaniques, qui se sont prodigieusement développées depuis quelque cinquante ans, trouvent aujourd'hui d'innombrables applications dans les branches si diverses de l'art de l'ingénieur, du géodésien, de l'astronome, du navigateur, sans oublier le statisticien et même le financier.

« Toute opération mathématique accessible à l'intelligence humaine peut également être exécutée par un automate : il arrive même que l'automate dépasse largement le cerveau humain. »

Cette vérité générale, familière aux savants contemporains, eût fort éberlué les « philosophes » des siècles précédents. Lorsque Blaise Pascal, pour aider aux travaux de son père, alors intendant de Normandie, créa en 1640 la première machine à calculer, il n'avait d'autre but que d'opérer mécaniquement des additions et soustractions en livres, sols et deniers. Leibnitz inventa une première « multiplieuse », du reste imparfaite, qui mettait sur la voie de la division automatique... Addition, multiplication, division, nous ne sortons guère du domaine de l'école primaire.

La tentative de Babbage

Les « performances » — comme on dit en langage sportif — s'élevèrent rapidement au XIX^e siècle. C'est l'époque où Babbage, en Angleterre, conçut cette fameuse machine destinée « à effectuer n'importe quelle sorte d'opérations arithmétiques sur n'importe quels nombres, en aussi grande quantité qu'on les suppose, et à en fournir le résultat imprimé avec les signes de l'algèbre ».

Babbage fut surpris par la mort au milieu de cette œuvre colossale ; les pièces

de sa machine — nouvelle tour de Babel inachevée — sont actuellement déposées au musée de South-Kensington, à Londres, et nul inventeur de génie ne s'est présenté pour la terminer.

Torres y Quevedo, le célèbre « mécanomathématicien » espagnol qui a créé le *Joueur d'échecs* électrique, a résolu le problème de Babbage au moyen d'électroaimants. Ses appareils comprennent une sorte de machine à écrire reliée par câble à un « calculateur » capable d'exécuter des séries d'opérations successives, le résultat de la première opération étant réutilisé dans la seconde et ainsi de suite.

Cette machine, qui n'a reçu, à notre connaissance, aucune application pratique, comporte des dispositifs curieux, tels qu'un limaçon à échelons pour l'« appréciation du reste » dans les divisions. Un tel dispositif fait défaut dans les machines à diviser actuellement sur le marché, qui fonctionnent toutes *par erreur* : le diviseur est, en effet, soustrait une fois de trop du dividende et la machine se corrige automatiquement en revenant en arrière !

... Une machine qui tâtonne, une machine qui se corrige, voilà qui atteste, n'est-il pas vrai, que les cloisons ne sont pas si étanches entre le fonctionnement des automates et les souples « démarches » de la pensée humaine ?

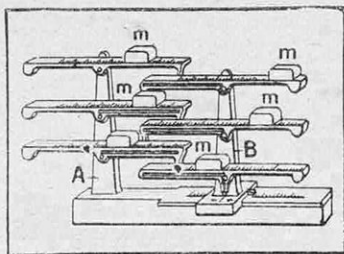


FIG. 1. — BALANCE A ÉQUATIONS DE GRANT

Les masselottes *m* sont placées sur les fléaux gradués, aux différents chiffres représentant les coefficients de l'équation ; le montant *A* est fixe, le montant *B* peut être déplacé sur la graduation fixe du socle, et les différents fléaux sont reliés par des chevilles pénétrant dans les rainures. Quand les fléaux viennent à l'horizontale, il suffit de lire la racine sur la graduation du socle.

tant les coefficients de l'équation ; le montant *A* est fixe, le montant *B* peut être déplacé sur la graduation fixe du socle, et les différents fléaux sont reliés par des chevilles pénétrant dans les rainures. Quand les fléaux viennent à l'horizontale, il suffit de lire la racine sur la graduation du socle.

Le principe des « machines à différences »

Voici maintenant un groupe de machines peu connues du grand public et qui nous élève nettement au-dessus des calculs purement « humains ».

Imaginons que nous ayons à établir une table des carrés des nombres entiers : 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100, etc.

Considérons une deuxième série formée, non plus par les carrés eux-mêmes, mais par les différences entre les termes successifs de cette première série. La différence entre 1 et 4 est 3, la différence entre 4 et 9 est 5, et ainsi de suite ; nous obtenons la série : 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, etc...

Prenons de même les différences de cette deuxième série ; nous obtenons comme troisième série : 2, 2, 2, 2, 2, 2, etc...

Autrement dit, la série des différences secondes de notre table de carrés est une constante. On conçoit donc qu'une machine *ad hoc*, comportant des étages superposés correspondant aux séries successives, puisse établir par de simples additions — très nombreuses, il est vrai — notre table des carrés.

Qui dit carrés, dit « second degré » algébrique, et l'on prouverait aisément que ces machines à différences se prêtent également, moyennant un nombre d'étages suffisant, à l'établissement de tables de valeurs numériques de formules (ou « fonctions ») de degré supérieur, pratiquement inaccessibles au calcul manuel.

Supposons que nous ayons à établir une table de logarithmes, une table d'intérêts ou de primes d'assurances. Dans ce cas, les fonctions peuvent encore être réduites à une formule algébrique valable dans un petit intervalle. Ainsi, une machine travaillant jusqu'aux différences quatrièmes pourra dresser automatiquement toutes les tables

usuelles, tableaux et barèmes, à la condition qu'on la règle périodiquement.

Telles sont les machines de Scheutz, de Wiberg, qui ont servi à calculer d'innombrables tables de sinus trigonométriques et de « logarithmes sinus ». On cite une machine anglaise en fonction depuis 1858 et qui a permis d'établir plus de six cents tables de caisses d'épargne !

N'oublions pas que ces machines sont également utilisées pour établir les tables de mortalité, nécessaires aux compagnies d'assurance sur la vie. Et il est assez impressionnant de songer que tandis qu'un groupe d'assurés, mille personnes, par exemple, vaque aux occupations de la vie quotidienne, ces « machines prophétiques » déterminent avec une précision mathématique le pourcentage de morts et de survivants qu'il y aura dans un an, deux ans, dix ans...

Il conviendrait de citer encore la singulière machine à congruences du commandant Carissan, qui résout des équations entières : par exemple trouver deux nombres entiers dont la somme des carrés soit égale à un nombre donné (1). Cette machine se compose de couronnes dentées concentriques que fait tourner un moteur électrique ; une dent, sur chaque couronne, est munie d'une coiffe en matière isolante : quand toutes les coiffes se trouvent alignées sur un même rayon, un dispositif électrique arrête le moteur et il ne reste plus qu'à lire la solution.

Exécutées « à la main », certaines de ces résolutions exigeraient des mois ou même des années de travail !

Balances à équations

Toutes les machines qui précèdent présentent un organe type, la roue dentée, qui ne leur permet d'opérer que sur des nombres entiers ; au vrai, ce sont des machines arithmétiques. Telles sont les additionneuses de caisse, les machines « multiplex » à faire les

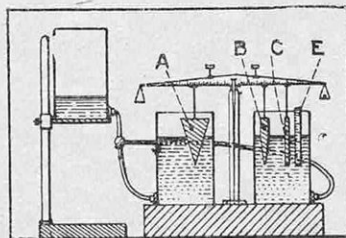


FIG. 2. — BALANCE HYDROSTATIQUE A ÉQUATIONS

A, solide du 3^e degré (cône) ; *B*, solide du 2^e degré (paraboloïde) ; *C*, solide du 1^{er} degré (cylindre) ; *E*, échelle graduée fixe pour la lecture du niveau.

(1) Voici un exemple d'une telle équation : $x^2 + y^2 = 8738$. Elle admet pour solution : $x = 53, y = 77$.

comptes en banque, les multiplieuses des changeurs, et toutes les machines à usage commercial.

Les appareils faisant des calculs « non entiers », nous font pénétrer dans un monde nouveau et franchement hors des possibilités du calcul direct.

Voici d'abord (fig. 1) une curieuse *balance d'équations* de Grant. Le modèle représenté est destiné à résoudre les équations du cinquième degré et au-dessous (1); il comporte six fléaux horizontaux égaux portés par deux montants verticaux *A* et *B*, dont le premier est fixe, tandis que le second peut être avancé ou reculé le long d'une graduation horizontale fixe.

Sur chaque fléau, également gradué, peut coulisser une masselotte *m*, toutes les masselottes étant identiques; chaque fléau est relié au fléau inférieur par une cheville à coulisse, en sorte que tous les fléaux, quand l'équilibre est réalisé, viennent en même temps à l'horizontale.

Les masselottes étant placées, sur chaque fléau, au chiffre correspondant aux coefficients *a b c...* de l'équation (1), on déplace progressivement le montant *B* le long de la graduation fixe en notant les chiffres *x* pour lesquels il y a équilibre. Ces valeurs sont les *racines* cherchées de l'équation.

Une *balance hydrostatique*, créée par Meslin (fig. 2), fait appel au *principe d'Archimède*: « Tout corps plongé dans un liquide subit une poussée de bas en haut égale au poids du liquide déplacé. » Des solides métalliques *ABC* sont suspendus par des fils à un fléau et plongent dans deux vases communicants où l'on peut faire monter progressivement le niveau.

Pour le solide *C*, qui est cylindrique, le volume immergé, donc la poussée, est proportionnel à la hauteur verticale dont plonge le solide; elle est proportionnelle au carré de cette hauteur pour le solide *B*, qui a été tourné en forme de paraboloidé, et au cube, pour le solide *A* qui est un cône.

On conçoit qu'il soit ainsi possible de concrétiser, sous forme de forces hydrostatiques, les différents termes d'une équation;

(1) Une équation du cinquième degré s'écrit, de la manière la plus générale, $ax^5 + bx^4 + cx^3 + dx^2 + ex + f = 0$; *a, b, c, d, e, f* sont dits les « coefficients ».

chaque fois que le fléau passera par l'horizontale, on lira le niveau sur l'échelle *E*, qui donnera la valeur d'une racine.

La figure 3 représente la *solution électrolytique* d'une équation obtenue par la méthode de Lucas, dont la théorie complète ne saurait du reste trouver place ici. On utilise une plaque métallique noircie en métal poli, circulaire et de grand rayon, que l'on immerge au fond d'une cuve isolante, dans une solution saline convenable.

Le pôle positif d'une source électrique est relié à un large cylindre métallique dont le bord inférieur vient presque affleurer le contour de la plaque; le pôle négatif est relié à plusieurs fils verticaux dont les pointes arrivent tout près de la plaque, en des points soigneusement déterminés d'après les coefficients de l'équation.

Dans ces conditions, il se produit dans le liquide une répartition spontanée des courants libres qui se traduit sur la plaque par des tracés « équipotentiels » de lignes d'oxydation entrecroisées. La position des *points nodaux*, ou « nœuds », de ces tracés, soigneusement déterminée à l'aide d'appareils de mesure de précision, fournit les racines de l'équation (1).

Citons également les précieux *nomogrammes à points*

alignés du professeur d'Ocagne, véritables « machines simples » qui fonctionnent à l'aide d'un fil tendu ou d'une règle, et qui fournissent en un seul diagramme tous les résultats qu'il fallait chercher autrefois dans un vaste « atlas » mathématique.

Machine logarithmique de Torres

Les *logarithmes*, ces « êtres mathématiques » découverts par l'Écossais Neper sous le premier Jacques Stuart, peuvent être concrétisés matériellement dans les instruments de calcul mécanique (2).

(1) Cet appareil électrolytique, à l'inverse des précédents, indique les « racines imaginaires » des équations.

(2) Rappelons seulement la définition des logarithmes: si on fait correspondre terme à terme une progression *géométrique* commençant par 1 (exemple: 1, 10, 100, 1 000...) et une progression *arithmétique* commençant par zéro (exemple: 0, 1, 2, 3...), chaque nombre de la progression arithmétique est dit le logarithme du nombre correspondant de la progression géométrique. Pratiquement, le logarithme intervient

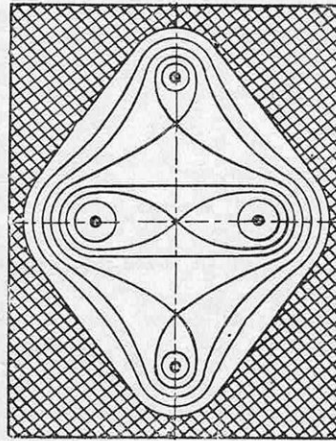


FIG. 3. — FIGURE ÉQUIPOTENTIELLE OBTENUE À L'AIDE DE LA CUVE ÉLECTROLYTIQUE À ÉQUATIONS DE LUCAS

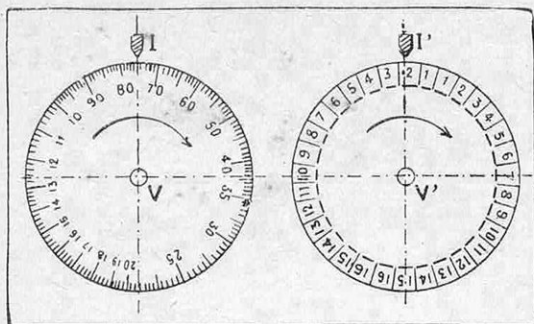


FIG. 4. — SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'ARITHMOPHORE LOGARITHMIQUE DE TORRES

V, disque à divisions logarithmiques; V', disque à divisions égales avançant d'une division chaque fois que le disque logarithmique tourne d'un tour complet; I et I', index fixes de repérage.

Un exemple familier aux ingénieurs est la règle à calcul qui, grâce à sa coulisse graduée logarithmiquement, fournit les racines d'ordre supérieur des nombres, les puissances fractionnaires, les lignes trigonométriques.

Torres a imaginé de substituer à cette coulisse rectiligne, susceptible uniquement de mouvements limités, des disques rotatifs à divisions également logarithmiques.

Chaque disque logarithmique V (fig. 4) est lié par engrenages à un second disque V' divisé en parties égales, ce dernier avançant d'une division quand le premier fait un tour complet. L'ensemble se nomme un arithmophore et peut représenter logarithmiquement tous les nombres, depuis 1 dix-millionième de milliardième de l'unité jusqu'à 10 millions de milliards.

Supposons que nous relions deux arithmophores par un engrenage multipliant n fois; le second arithmophore, d'après les propriétés classiques des logarithmes, indiquera la puissance n du nombre indiqué par le premier.

Si nous relions trois arithmophores au moyen d'un différentiel, la rotation de l'arithmophore n° 3 sera la somme des rotations des deux premiers; il nous indiquera donc, toujours d'après les propriétés des logarithmes, le produit des nombres portés par ces deux arithmophores.

Quant à l'addition et à la soustraction, opérations inaccessibles directement par les logarithmes, Torres a pu les réaliser à l'aide

pour simplifier les multiplications (ramenées à des additions de logarithmes), les divisions (ramenées à des soustractions de logarithmes), l'élévation aux puissances (ramenées à une multiplication du logarithme par l'exposant), l'extraction des racines (ramenées à une division du logarithme par l'exposant), etc.

d'un engrenage hélico-spirale appelé fusée sans fin (fig. 5).

En groupant un certain nombre d'arithmophores entraînés par engrenages, différentiels et fusées à l'aide d'une manivelle unique, Torres construisit cette fameuse machine à équations qui fit l'étonnement du monde savant.

Machine d'autant plus remarquable qu'elle fournit non seulement les racines, mais les valeurs successives des polynômes: c'est une « machine à construire les fonctions algébriques », qui peut être établie pour des degrés, fractionnaires ou non, aussi élevés qu'on le désire.

Le calcul « manuel » serait incapable d'atteindre un tel ensemble de résultats, sauf par des approximations longues et pénibles, tandis que la machine reste rigoureuse, aux imperfections près de construction et de lecture.

Les « intégraphes » dépassent le cerveau humain

Mais c'est dans le domaine de l'analyse mathématique que les machines révèlent des possibilités absolument supérieures à celles du cerveau humain.

L'analyse comporte deux chapitres fondamentaux qui sont le calcul différentiel, ou calcul des dérivées (c'est-à-dire des pentes des tangentes aux courbes mathématiques), et le calcul intégral, issu du précédent, qui est finalement un calcul de surfaces. Or, il se trouve que le cerveau humain, parfaitement apte au calcul différentiel, est entièrement rebelle au calcul intégral, alors que c'est exactement l'inverse, providentiellement, pour les machines!

Ceci appelle quelques mots d'explication.

Prenons une carte de Bretagne à très petite échelle et proposons-nous de trouver la direction de la tangente à la côte (« dérivée ») en un certain point; nous trouvons une direction nord-sud. Adressons-nous maintenant à des

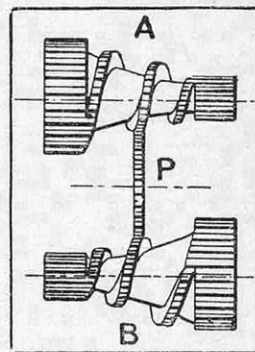


FIG. 5. — FUSÉES LOGARITHMIQUES DE TORRES

A et B, fusées; P, pignon mobile établissant la liaison entre les deux fusées. Ce curieux engrenage double établit entre les deux fusées une relation complète permettant l'addition par logarithmes.

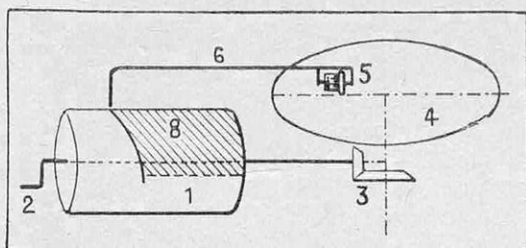


FIG. 6. — SCHEMA DE PRINCIPE DE L'INTÉGROMETRE A DISQUE TOURNANT

1, cylindre rotatif mû par la manivelle 2 et portant la courbe 8, qui limite la surface ombrée qu'il s'agit de calculer; l'engrenage 3 transmet la rotation au disque 4, sur lequel s'appuie un tambour gradué à roulette 5, porté par une fourchette terminant la tige 6; l'autre extrémité de cette tige se termine par une pointe que l'opérateur maintient sur la courbe 8. Dans ces conditions, le tambour gradué, plus ou moins éloigné du centre du disque 4, tourne à chaque instant d'un angle qui est proportionnel à la fois à la rotation du disque (donc du cylindre 1) et à sa distance au centre (donc à l'ordonnée de la courbe 8). Il inscrit donc au total la valeur de l'aire hachurée.

cartes à échelle moyenne, plus grande, et nous trouverons au même point des directions totalement différentes au fur et à mesure que les détails se précisent.

Au point de vue matériel, la tangente à une courbe est donc une donnée très imprécise — la moindre irrégularité suffisant à la faire pivoter complètement — et c'est ce qui explique l'inaptitude des machines à la déterminer. La surface limitée par une courbe est au contraire très peu altérée par les petites irrégularités et susceptible d'une évaluation mécanique par intégrateurs.

Certains de ces intégrateurs sont d'une simplicité qui déconcerte, tel le « planimètre » de Prytz, formé d'une simple hachette qui entaille le papier, tandis que l'on guide l'extrémité recourbée du manche le long de la courbe. D'autres sont de véritables monuments, comportant sphères, cylindres rotatifs, roulettes, tambours hyperboliques.

La figure 6 montre le principe d'un intégrateur à disque tournant. La courbe dont

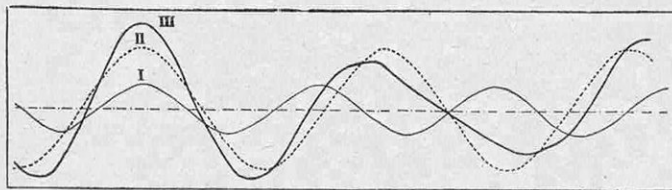


FIG. 7. — GÉNÉRATION D'UNE ONDE PÉRIODIQUE COMPLIQUÉE (III) PAR L'ADDITION DE DEUX COURBES SINUSOÏDALES SIMPLES (COURBES I ET II)

on désire mesurer la surface, est enroulée sur un cylindre 1 que l'on fait tourner à l'aide de la manivelle 2; le mouvement est transmis par l'engrenage conique 3 à un disque 4. Dans la fourche 5 se trouve un petit tambour gradué reposant sur le disque par une roulette.

L'opérateur, tout en tournant la manivelle, maintient sur la courbe 8 la pointe reliée par une tige 6 à la fourchette 5. Si

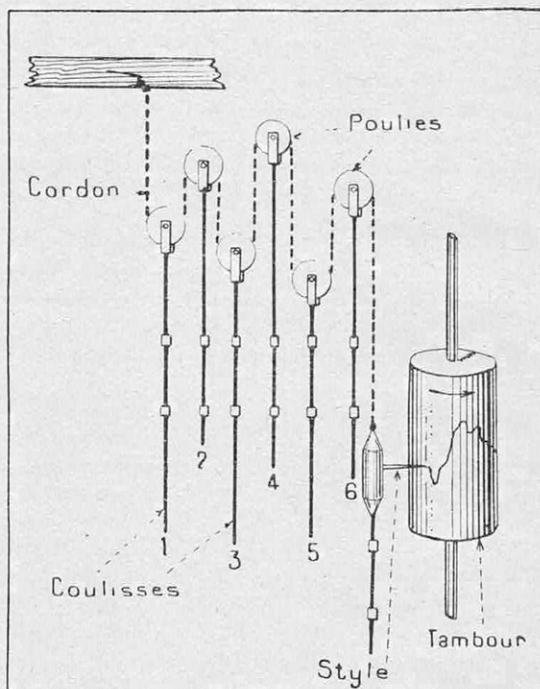


FIG. 8. — PRINCIPE DE LA « SOMMATION HARMONIQUE » DE MOUVEMENTS SINUSOÏDAUX

Les coulisses verticales 1, 2, 6, portent des poulies mobiles sur lesquelles passe en zig-zag un cordon inextensible relié à un style. Les coulisses étant animées de mouvements sinusoïdaux communiqués par des manivelles à engrenage (fig. 10), le style inscrit la courbe résultante sur un tambour rotatif. (Voir le schéma figure 7.)

les x de la courbe sont enroulés autour du cylindre tandis que les y sont en long, suivant les génératrices, un petit déplacement du tambour se traduira par une rotation du tambour chiffré proportionnelle à la fois à ce déplacement et à l'ordonnée de la courbe, ce qui est la définition de l'intégrale. Celui-ci indiquera par suite l'aire de la courbe.

Une machine de ce genre est un type d'intégromètre, qui donne sur un tambour chiffré la surface cherchée en cm^2 , tandis

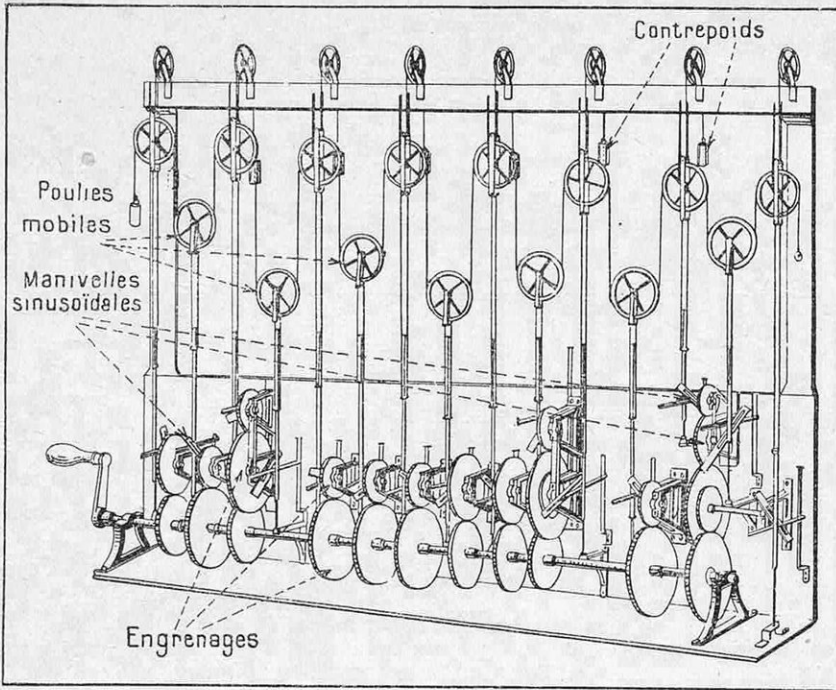


FIG. 9. — DISPOSITION CINÉMATIQUE DU « TIDE PREDICTOR » DE LA FIG. 11
Le style, normalement fixé à l'extrémité du fil à droite, ainsi que le tambour enregistreur, ont été supprimés sur cette figure.

que les *intégraphes*, armés d'un crayon ou d'une plume à encre, tracent automatiquement la *courbe intégrale*. La solution directe de ce dernier problème n'est accessible à l'esprit humain que dans quelques cas exceptionnels (1).

Les machines harmoniques

Nous arrivons aux *machines harmoniques* et aux *machines à prédire les marées*, dues aux travaux de Fourier, de Laplace, de lord Kelvin, et qui forment le couronnement prestigieux de ce grand édifice du « calcul mécanique ».

On sait que les *mouvements oscillatoires* les plus « simples », au point de vue scientifique, sont ceux que l'on peut représenter par une *sinusoïde* (fig. 7) ; tel est le mouvement d'un diapason ou d'une corde de harpe donnant un son *pur*... et l'appréciation esthétique des artistes vient rejoindre ici de façon bien paradoxale celle des mathématiciens !

Si, au son fondamental, viennent se mêler

(1) Des intégraphes ont été imaginés pour résoudre des problèmes du même genre, mais plus complexes. C'est ainsi que le professeur Ernest Pascal a imaginé un appareil permettant de tracer la trajectoire d'un projectile pour une loi de résistance de l'air obtenue empiriquement et représentée par une courbe dont on ignore la formule analytique.

des *harmoniques*, par exemple, si le *sol* et le *mi* supérieur se mêlent au *do* principal, on obtient un son moins pur, mais plus « étoffé ». Telle est l'origine du *timbre* des instruments, qui fait que nous distinguons le *do* d'un violon de celui d'une clarinette, et qui est une question d'harmoniques. C'est ainsi qu'en superposant les « ondes » sinusoïdales élémentaires fournies par les lampes triodes de son célèbre *instrument d'ondes*, Maurice Martenot a pu réaliser la synthèse du son du violon, du cor

anglais, du clavecin, de la guitare, etc.

Le mathématicien français Fourier a démontré, au siècle dernier, que n'importe quelle fonction *périodique* compliquée (voltage ou intensité d'un courant alternatif, vibrations musicales, consommation saisonnière d'électricité d'une grande ville) peut être obtenue par l'addition de plusieurs fonctions sinusoïdales. Ainsi la courbe périodique compliquée de la figure 7 (courbe III) a été obtenue en additionnant les ordonnées de deux courbes élémentaires (représentées en I et II).

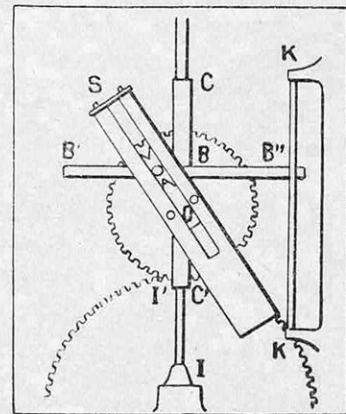


FIG. 10. — « MANIVELLE SINUSOÏDALE » PRODUISANT LE DÉPLACEMENT DES POULIES MOBILES (VOIR FIG. 9 ET 11)

O, axe de rotation ; S, réglette tournante ; A, bouton réglable glissant dans la coulisse B' B B'' ; celle-ci est fixée au manchon C C' qui glisse sur la tige-guide II', et elle est guidée par la tige K K'.

Des appareils spéciaux, les *analyseurs harmoniques*, comportant des sphères d'ivoire ou de cristal, ont été créés pour *décomposer* les courbes compliquées fournies par un appareil enregistreur. Si l'on promène, par exemple, le stylet d'un analyseur sur la courbe du voltage instantané d'un courant alternatif, on lira aux cadrans de l'appareil les dimensions des sinusôides élémentaires.

c'est ainsi qu'en mesurant les hauteurs de la mer pendant quinze jours, on peut *prédire les marées* (heures et hauteurs) pendant un an !

Mais envisageons tout d'abord le phénomène concret des oscillations marines.

La complexité des marées

La simplicité du phénomène des marées, sur nos côtes de l'Atlantique par exemple,

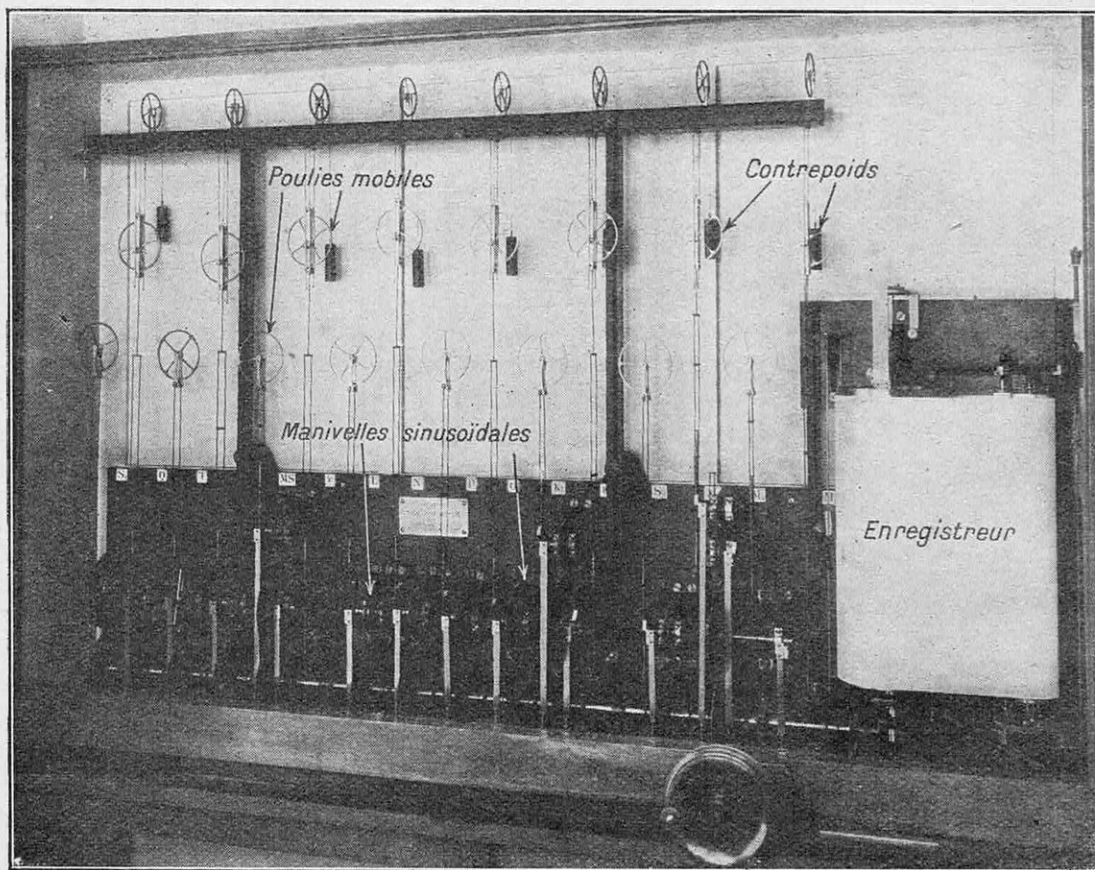


FIG. 11. — VOICI LE CÉLÈBRE « TIDE PREDICTOR » N° 3 DE LORD KELVIN, ACTUELLEMENT UTILISÉ AU SERVICE HYDROGRAPHIQUE DE LA MARINE FRANÇAISE

Cette curieuse machine permet de prédire l'heure et la hauteur des marées, valables pour une année.

Un *sommateur à cordon* extrêmement simple, imaginé par lord Kelvin (fig. 8), permet inversement de reconstituer la courbe initiale. Chaque mouvement sinusoidal élémentaire est fourni par une manivelle qui déplace une poulie, et la somme des déplacements est donnée par un cordon inextensible qui passe en zig-zag sur toutes les poulies.

... Décomposer pour recomposer ensuite, cela peut paraître un jeu de mandarins dilettantes. Mais ce serait perdre de vue l'*extrapolation* gigantesque permise et, finalement, le rôle *prophétique* de ces machines :

ne doit pas nous masquer l'extrême complexité des marées mondiales.

A Dason, plage mondaine du Tonkin, il n'y a qu'une marée par vingt-quatre heures ; à Tahiti, l'heure de la marée reste à peu près fixe. Dans l'archipel Bismarck, l'heure de la marée demeure fixe, mais saute brusquement tous les six mois. Il existe en pleine mer, au large d'Ostende, dans l'Atlantique-Nord, dans l'océan Indien, aux Falklands, des *points amphidromiques* autour desquels la marée « tourne », présentant simultanément, dans les différentes directions, toutes

ses hauteurs ! Ces anomalies sont dues aux obstacles présentés par les continents ainsi qu'aux accélérations composées (force de Coriolis) provenant de la rotation de la Terre.

Une attraction *différentielle* de la Lune et du Soleil est à l'origine des marées. La Lune et la Terre tournent autour de leur centre de gravité commun, les forces centrifuges ainsi développées équilibrant l'attraction newtonienne. Mais cet équilibre n'est valable que pour les centres des astres ; les masses d'eau marine situées du côté de la Lune sont attirées *avec excès* par cet astre, tandis que les masses situées à l'opposé sont attirées *moins* que ne le voudrait l'équilibre. Ainsi s'explique que la Lune, à elle seule, produise *deux* bourrelets liquides, auxquels viennent se superposer les bourrelets produits par le Soleil et ceux, très faibles, que produisent Jupiter et les autres planètes.

En réalité, ces attractions célestes sont extrêmement peu de chose, l'attraction de la Lune sur 1 tonne d'eau ne dépassant pas... 1/6 de gramme ! Mais leur répétition rythmique durant des millions d'années a suffi pour créer et entretenir ce mouvement d'escarpolette géant.

Pratiquement, le calcul du « champ de forces astrales » se ramène à un *développement en série*, c'est-à-dire à l'addition de termes de plus en plus petits, dans lequel figurent les puissances successives d'un certain chiffre qui est, au plus, égal à la parallaxe de la Lune, soit 1/60. On conçoit donc que ces puissances décroissent très rapidement et que l'on peut se borner à la seconde.

Le grand mathématicien Laplace a de plus simplifié le problème en substituant aux astres réels : Lune, Soleil, Jupiter, Vénus, etc., dont les mouvements sont complexes, des *astres laplaciens* fictifs, plus nombreux mais doués de mouvements simples. L'action de chaque astre laplacien peut être calculée plume en main ou à l'aide d'une machine.

Le « Tide Predictor »

En 1872, sir William Thomson, le futur lord Kelvin, fit construire à Glasgow son premier modèle de *Tide Predictor*, ou machine à prédire les marées, qui opérait sur huit composantes.

A cet ancêtre succédèrent la « machine de la *British Association* », actuellement déposée au musée de South-Kensington, et le *British Tide Predictor n° 3* qui nous intéresse particulièrement, car il a été acheté

par notre Service Hydrographique de la Marine (fig. 9 et 11). Il est utilisé aujourd'hui dans les bureaux de la rue de l'Université pour calculer les annuaires des marées de la mer de Chine et de l'Océan Indien, et pour déterminer d'heure en heure la hauteur de la mer à Saint-Malo et à Brest.

Cette machine comporte 17 *manivelles sinusoïdales* reliées par des engrenages (fig. 10). Chacune de ces « manivelles » comporte une réglette *S* qui tourne avec l'axe *O* ; elle présente une fente médiane dans laquelle on peut déplacer à frottement dur le bouton *A*, afin de régler le rayon de rotation avec une précision de 1/10 de mm. Ce bouton coulisse dans une glissière horizontale *B' B B''* fixée à un manchon *C C'* qui peut monter et descendre le long d'une tige verticale *II'* : c'est le dispositif cinématique classique dit à « bielle infinie » qui fournit un mouvement rigoureusement sinusoïdal du manchon *C C'*. Ce dernier porté à son extrémité supérieure une roue à gorge sur laquelle passe le cordon totalisateur.

La figure 8 montre la disposition générale du cordon et du stylo inscripteur, que l'on retrouvera sur les figures 9 et 11.

Chaque poulie suit un mouvement sinusoïdal. L'amplitude de ce mouvement est réglée par déplacement du bouton *A*. Son « déphasage », c'est-à-dire le décalage dans le temps de sa position par rapport à celles des autres poulies, peut être également modifié en faisant pivoter la réglette *S* sur l'axe *O*. La *fréquence* de l'onde n'est pas réglable ; elle est donnée par le rapport de l'engrenage conducteur, fixé par le constructeur avec une telle précision que l'erreur au bout d'un an reste insensible.

La machine est entraînée par un moteur électrique de 1/25 de ch.

Comment on prédit les marées

Voici comment s'opère la prédiction des marées pour un lieu donné.

On commence par mesurer le niveau de la mer de quart d'heure en quart d'heure, durant quinze jours, mission facile qui peut être confiée à des observateurs locaux ; afin d'éviter les troubles de surface, vagues et « batillement », cette mesure est effectuée dans un puits ou un tube communiquant avec la mer. Des enregistreurs de pression à mouvement d'horlogerie, que l'on dépose au fond de la mer pendant huit jours, sont utilisés pour l'enregistrement des marées au large.

Les tableaux chiffrés ainsi obtenus sont transmis au Service central, où l'on s'occupe

d'en extraire, par le calcul, les données de réglage des manivelles. Ces calculs, qui durent environ un jour et demi, sont basés sur des propriétés de la série de Fourier que nous ne saurions développer ici ; disons seulement que les erreurs accidentelles et les « ondes parasites » s'éliminent d'elles-mêmes, et que des formules simples permettent de séparer, dans l'oscillation composite globale, les ondes élémentaires.

La machine étant ainsi réglée, on la fait tourner pendant neuf heures, ce qui représente, y compris les réglages, environ un jour et demi de travail. La courbe obtenue est ensuite mesurée soigneusement, en vue d'obtenir les chiffres qui seront imprimés dans les annuaires : nouveau travail qui demande une huitaine de jours... Vingt-six jours au total, pour prédire les marées durant un an, cela n'a rien d'excessif, et les techniciens affirment que si on laissait tourner la machine pendant quatre jours, elle prédirait correctement les marées pour un siècle !

Il existe dans le monde une quinzaine de

Tide Predictors dont le record — tout au moins pour le poids ! — appartient à la « machine n° 2 du *Coast and Geodesic Survey* », aux Etats-Unis qui mesure 3 m 30 de long et pèse la bagatelle de 1 200 kg.

Bien que ces différentes machines rendent les plus grands services *pratiques* à la navigation, on peut se demander si leur *précision* est conforme aux promesses de la théorie. Comparer les indications fournies par telle machine au mouvement réel de la marée serait illusoire, à cause des influences météorologiques accidentelles : vent, pression barométrique ; on préfère recalculer, plume en main, quelques-uns des résultats obtenus mécaniquement. On trouve ainsi que les erreurs commises par les machines actuelles ne dépassent pas 6 cm sur les hauteurs et quelques minutes sur les temps, pour des prédictions portant sur une année entière... Avouons que le terme de « prophétique » n'a rien d'exagéré quand on l'applique à de tels mécanismes.

PIERRE DEVAUX.

L'Association des producteurs de fruits de Californie a entrepris, en 1937 et 1938, l'étude scientifique du problème de la protection contre les gelées nocturnes des arbres fruitiers, principalement des champs d'orangers et de citronniers qui font la richesse de cette région privilégiée des Etats-Unis. En 1937, les dépenses de chauffage des vergers se sont élevées à 7 millions de dollars, auxquels il faut ajouter une somme à peu près égale attribuée comme indemnité aux plantations voisines pour les dommages causés par la suie et le pétrole ; en contre-partie, on estime que 60 millions de dollars de récoltes ont été sauvés.

Le mécanisme des gelées nocturnes peut se résumer schématiquement ainsi : le sol et la végétation qui le recouvre émettent, par certains temps, vers le ciel un rayonnement qui peut représenter parfois la perte de 100 calories par m² et par heure. La température du sol s'abaisse ainsi rapidement, les couches d'air qui sont à son contact se refroidissent à leur tour et provoquent la gelée des plantations. Pour réchauffer l'atmosphère, on tend actuellement, en Californie, à abandonner les poêles à pétrole à cheminée verticale dont il fallait entre 125 et 250 par hectare ; ces appareils sont très onéreux d'installation et exigent une main-d'œuvre importante pour leur entretien et leur mise en marche. Dans beaucoup de vergers, le pétrole, pour réduire les manutentions, est amené par de véritables réseaux de canalisations à des bornes analogues à des postes d'incendie. Cependant les agrumes (oranges, citrons, etc.) supportent mal les dépôts de suie provenant de la combustion incomplète du pétrole de qualité inférieure brûlé dans les poêles. C'est pourquoi, après avoir expérimenté sans grand succès l'emploi de l'air chaud amené et distribué par de véritables canalisations de chauffage central, fait-on appel de plus en plus à des torches à bec renversé donnant une vive lumière jaunâtre et peu de fumée ; étant donné leur rayonnement calorifique intense, elles semblent beaucoup plus efficaces que les anciens appareils ayant pour mission principale de réchauffer l'air.

Déjà en 1937, sur 34 000 hectares de vergers, on ne comptait pas moins de 4 millions de poêles qui, en quinze nuits de gelée, brûlèrent 250 000 t de gas oil.

CE QU'IL FAUT SAVOIR D'UNE STATION D'ÉMISSION DE RADIODIFFUSION

Par Camille GUTTON

MEMBRE DE L'INSTITUT

DIRECTEUR DU LABORATOIRE NATIONAL DE RADIOÉLECTRICITÉ

Les perfectionnements apportés dans la construction des radiorécepteurs (1) ont marché de pair avec les progrès de la technique des émissions radiophoniques. Le public suit généralement cette dernière avec moins d'attention, bien que son rôle soit capital tant du point de vue de la qualité de la réception que de la portée des émetteurs. Au cours de ces dernières années, de nombreuses stations puissantes de radiodiffusion ont été mises en service dans tous les pays du monde. Du seul point de vue technique, leur établissement a soulevé de nombreux problèmes nouveaux pour assurer la stabilité de la fréquence, la réfrigération des lampes, l'alimentation en énergie et en courants microphoniques transmis par câbles spéciaux, etc. Le poste émetteur moderne s'apparente aujourd'hui de plus en plus étroitement, de par les puissances mises en jeu et la sécurité de fonctionnement requise, aux réalisations de la grosse industrie électrique.

Pourquoi les stations assurant les émissions de radiodiffusion doivent être puissantes

POUR que les réceptions de radiodiffusion soient correctes et agréables, il est indispensable que les stations d'émission disposent d'une puissance d'émission très supérieure à celle qui serait nécessaire à l'échange des radiotélégrammes.

Les auditeurs de la radiodiffusion disposent rarement, surtout dans les villes, d'une antenne extérieure bien dégagée et n'utilisent le plus souvent que quelques mètres de fil à l'intérieur d'un appartement. Cette antenne réduite est à proximité des canalisations électriques de lumière et de force motrice, le long desquelles se propagent toutes les perturbations provoquées par l'extinction ou l'allumage des lampes, par le fonctionnement des moteurs; ces perturbations occasionnent des bruits parasites qu'il est impossible de supprimer complètement (2); pour qu'ils ne soient pas gênants, il faut qu'ils restent faibles vis-à-vis de la réception de la station que l'on désire écouter. Cette condition ne peut être satisfaite que si l'action sur le récepteur des ondes émises par la station dépasse beaucoup, en intensité, celle des perturbations parasites. Utiliser des récepteurs de très grande sensi-

bilité ne serait pas un remède, car ceux-ci amplifieraient dans le même rapport les courants utiles et les courants parasites.

Un service de radiodiffusion est ainsi conduit à disposer de stations d'émission de très grande puissance. Les stations du réseau d'Etat français fournissent à leurs antennes une puissance de l'ordre de 100 kW dont la majeure partie est rayonnée dans l'atmosphère.

Etant donné que, même en utilisant des procédés de modulation à bon rendement, les trois quarts au moins de la puissance totale nécessaire au fonctionnement de la station sont perdus dans les organes de redressement du courant alternatif fourni par le secteur et dans l'émetteur lui-même, une station de radiodiffusion emprunte au réseau de distribution d'énergie une puissance qui dépasse 400 kW. C'est celle qui est nécessaire au fonctionnement d'une très importante usine.

La puissante installation électrique que constitue un émetteur de radiodiffusion est une des plus compliquées. Il ne s'agit pas seulement de transformer le courant alternatif du secteur en courant continu pour alimenter des lampes électroniques, puis de faire fournir par celles-ci à l'antenne un intense courant de haute fréquence, il faut encore, à partir du très faible courant issu d'un microphone, commander l'amplitude du courant de l'antenne et effectuer cette

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 255, page 211.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 235, page 47.

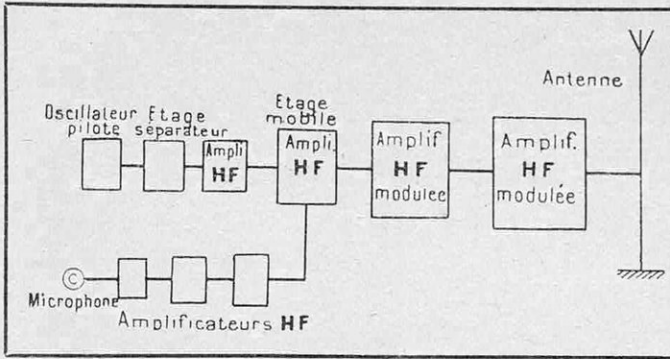


FIG. 1. — SCHÉMA D'UN ÉMETTEUR RADIOPHONIQUE

commande sans introduire de distorsions qui altéreraient la reproduction des sons.

Nous nous proposons d'indiquer, au moins dans leurs grandes lignes, quels sont les éléments essentiels d'une station de radiodiffusion moderne de grande puissance.

L'oscillateur-pilote, régulateur de la longueur d'onde

Il est nécessaire qu'en l'absence de modulation, la fréquence des oscillations de l'antenne et, par suite, la longueur des ondes émises conservent très exactement la valeur assignée à chaque station par les accords internationaux; les longueurs d'onde de ces stations ont été choisies de telle sorte qu'elles ne se brouillent pas mutuellement. Elles sont si nombreuses qu'il a fallu admettre entre elles l'écart de longueur d'onde qui correspond à la plus petite valeur admissible; il est donc nécessaire de conserver, avec une grande rigueur, la longueur d'onde prescrite.

Un oscillateur puissant, sans organe de régulation, ne pourrait assurer un fonctionnement aussi stable. Pour l'obtenir, on

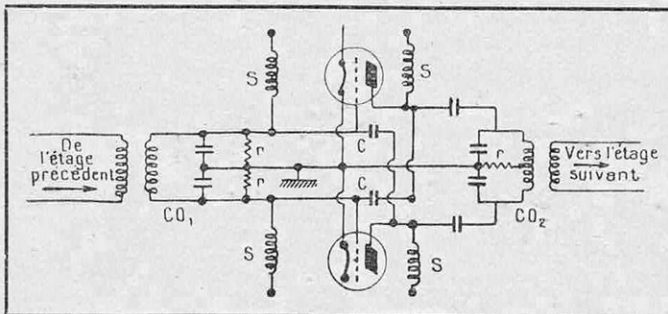


FIG. 2. — SCHÉMA DE MONTAGE D'UN ÉTAGE AMPLIFICATEUR EN HAUTE FRÉQUENCE

Etage symétrique à deux lampes. CO_1 , circuit oscillant d'entrée; CO_2 , circuit oscillant de sortie; S, bobines de choc sur l'alimentation des anodes et des grilles; r, résistances; c, condensateurs de neutrodynage évitant un couplage parasite entre entrée et sortie.

produit des oscillations très régulières, à très faible puissance, avec une petite lampe électronique à laquelle on adjoint un régulateur à quartz piézoélectrique. Cet oscillateur-pilote ne fournit qu'une puissance inférieure au watt. Par une série d'étages amplificateurs, on augmente cette puissance jusqu'à obtenir, à la sortie du dernier étage, la puissance d'une centaine de kilowatts que l'on se propose de fournir à l'antenne.

Ces divers étages augmentent la puissance sans changement de fréquence et sans engendrer eux-mêmes des oscillations de fréquence

différente de celles qu'ils reçoivent de l'étage précédent.

On est alors certain que la seule fréquence possible est celle de l'oscillateur-pilote. Cette dernière est très exactement définie par la période des vibrations mécaniques du quartz régulateur.

L'élasticité du quartz, et par suite la période de ses vibrations, est fonction de la température; l'oscillateur-pilote doit donc être enfermé dans un thermostat dont la température est maintenue bien constante.

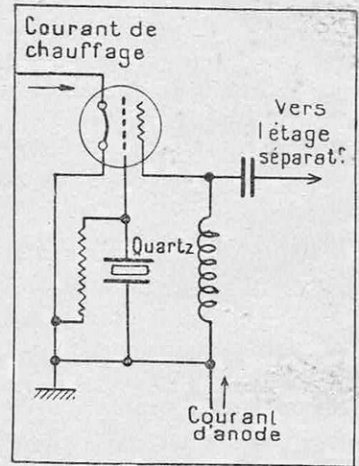


FIG. 3. — SCHÉMA D'UN OSCILLATEUR PILOTE A QUARTZ PIÉZOÉLECTRIQUE

Les étages d'amplification

Les étages d'amplification sont, en principe, montés comme ceux des récepteurs, mais utilisent de plus grosses lampes et mettent en jeu de plus grandes puissances. L'entrée de chaque étage est couplée à la sortie de l'étage précédent; le dernier étage est couplé à l'antenne. Chaque étage amplifie environ dix fois; il faut donc faire suivre un oscillateur pilote fournissant 1 W de cinq

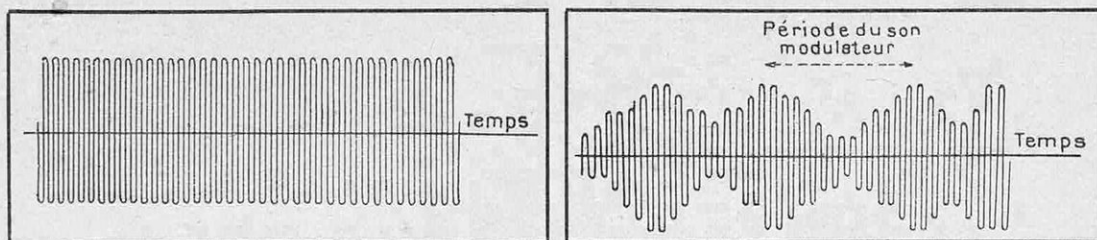


FIG. 4 ET 5. - OSCILLATIONS NON AMORTIES ET LES MÊMES OSCILLATIONS MODULÉES PAR UN SON

étages amplificateurs successifs, si l'on désire obtenir une puissance de 100 kW.

Un système de compensation dit *neutrodyne* annule l'effet d'un couplage parasite entre la sortie et l'entrée d'un même étage et évite l'autoamorçage d'oscillations dans les étages d'amplification.

Pour éviter un retour d'oscillations vers l'oscillateur pilote, on dispose, dès la sortie de ce dernier et avant les étages amplificateurs, un étage supplémentaire dit *séparateur* qui amplifie peu ou point, mais ne permet la transmission de l'énergie que dans le sens convenable.

Les lampes électroniques

Les lampes des petits étages à faible puissance sont des lampes dont les organes sont enfermés dans une ampoule en verre vide d'air; elles ressemblent beaucoup à celles qui sont utilisées sur les récepteurs radiotéléphoniques.

Les lampes de l'avant-dernier étage, qui doivent fournir une dizaine de kW, celles du dernier, qui doivent en fournir une centaine, comportent nécessairement un refroidissement par eau de

leur anode (1). Elles atteignent de grandes dimensions; la hauteur des lampes du dernier étage est de l'ordre du mètre pour un poste d'une puissance de 100 kW.

Le refroidissement est indispensable. Lorsqu'en effet, une lampe doit amplifier des oscillations de haute fréquence modulées par le courant microphonique, il n'est pas possible, pour des raisons de distorsion téléphonique, de faire fonctionner cette lampe avec un rendement très élevé; ce dernier ne dépasse guère, en général, 30 %. On ne peut atteindre 50 % sur le dernier étage que par l'usage de procédés de modulation récents dont nous dirons quelques mots plus loin.

Une fraction seulement de la puissance fournie à la lampe est restituée en haute fréquence; la plus grande partie est dissipée en chaleur dans la lampe elle-même et la quantité de chaleur qui correspond à la puissance perdue doit être constamment évacuée à l'extérieur pour que la température de la lampe ne dépasse pas celle qui correspond à sa conservation en bon état.

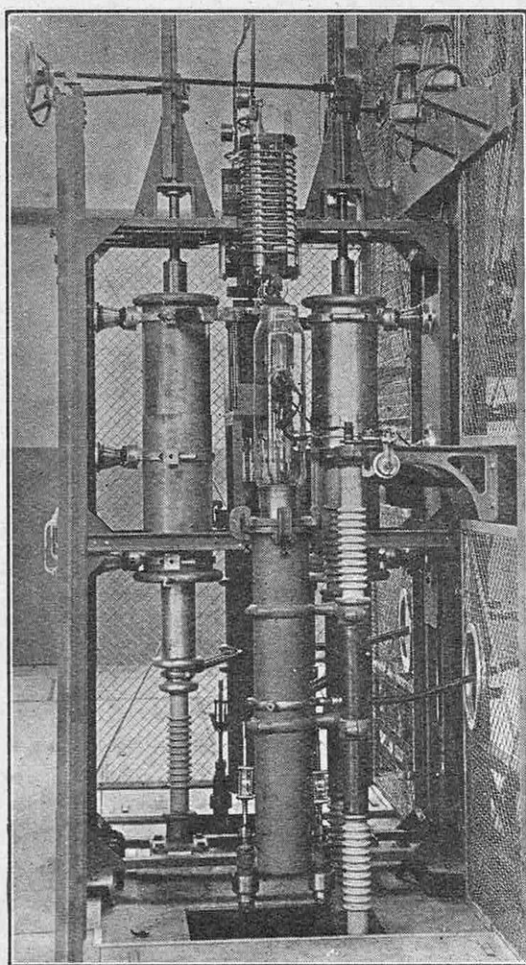


FIG. 6. — VUE PARTIELLE DE L'ÉTAGE D'AMPLIFICATION DE NICE-LA BRAGUE DE 125 kW

On voit au centre du cliché l'ampoule de verre de la lampe; en dessous, le manchon où se trouve l'anode refroidie par un courant d'eau; à droite et à gauche de l'ampoule, les condensateurs de neutrodyne. (Voir schéma de la figure 2.)

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 255, page 171.

Pour un rendement exceptionnellement élevé du dernier étage, 50 % par exemple, et une puissance utile en haute fréquence égale à 100 kW, la puissance à dissiper correspond aussi à 100 kW. La majeure partie de cette dissipation provient du fait que les électrons libérés à la surface du filament et attirés par l'anode atteignent celle-ci avec une très grande vitesse et sont arrêtés par elle en l'échauffant. Une puissance de 100 kW est équivalente à la quantité de chaleur qui échaufferait de 10° par minute 140 litres d'eau.

Pour une lampe sans refroidissement par eau, la chaleur n'est dissipée, à travers la paroi de l'ampoule, que par le seul rayonnement thermique ; une lampe puissante atteindrait donc très vite une température de régime incompatible avec sa conservation normale, si le refroidissement de l'anode n'était pas assuré par un courant d'eau froide.

La lampe est construite de la manière suivante. L'anode est un cylindre de cuivre fermé à sa partie inférieure et ouvert en haut. Le long du bord de l'ouverture est soudé un ballon en verre, à travers la paroi duquel passent les conducteurs qui amènent le courant de chauffage des filaments. Ceux-ci sont constitués par des tiges de tungstène disposées autour de l'axe du cylindre constituant l'anode. La grille est une hélice en fil de molybdène ; elle est intercalée entre les filaments et l'anode ; on la soutient par des tiges portées par le ballon de verre.

La puissance en jeu dans la lampe est le produit de la différence de potentiel entre l'anode et le filament par l'intensité du courant que les électrons transportent dans l'espace vide compris entre ces deux élec-

trodes. On peut augmenter ce courant en augmentant la surface du filament, mais on est limité dans cette voie par le fait que, pour chauffer à la température nécessaire à l'émission électronique, des tiges de trop gros diamètre, il faut une intensité de courant trop considérable et des conducteurs d'arrivée de ce courant de diamètre tel qu'il deviendrait peu commode de les faire passer à

travers la paroi du ballon en verre. Si on ne veut pas dépasser une intensité de courant de chauffage égale à 500 A, il faut, pour obtenir la puissance, admettre de hautes tensions d'anode, 15 000 à 20 000 V.

Le refroidissement de l'anode est assuré en entourant le cylindre qui constitue l'anode d'un manchon en bronze. On fait circuler un courant d'eau dans ce manchon. L'anode étant à tension élevée, pour éviter une importante perte de courant par la canalisation d'eau, il faut, d'une part, utiliser de l'eau distillée peu conductrice et, d'autre part, amener l'eau à l'anode par un long tuyau isolant. On se sert de serpentins en caoutchouc ou plutôt en porcelaine (fig. 7).

La pression à l'intérieur de la lampe doit être aussi faible que possible, afin d'éviter

une ionisation du gaz et la production de décharges entre électrodes. La pression dans les lampes est seulement de l'ordre du milliardième de millimètre de mercure. La lampe doit donc être vidée longuement et avec le plus grand soin. Il est indispensable, pour que le vide se conserve, que les électrodes aient été chauffées au rouge durant le pompage de la lampe afin d'évacuer tous les gaz occlus dans le métal. Les électrodes doivent être d'une très grande propreté, car les décharges entre électrodes s'amorcent beaucoup plus facilement sur les surfaces salies.

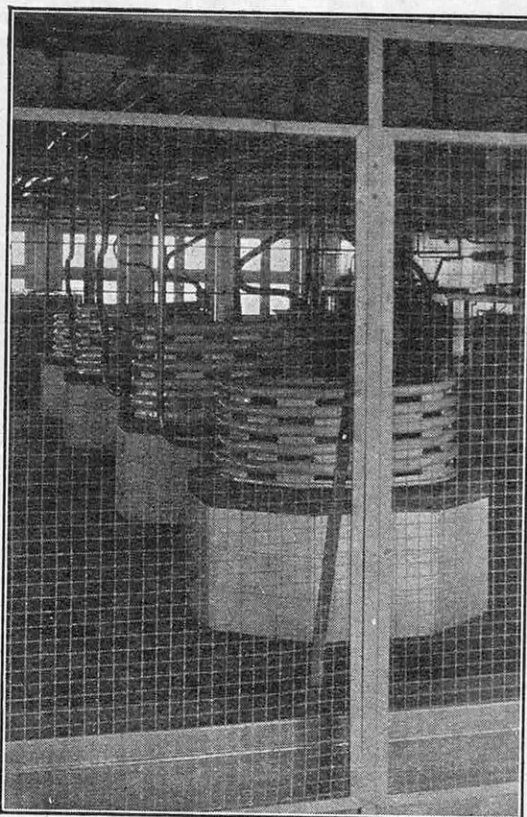


FIG. 7. — VUE PARTIELLE DE LA SALLE DES SERPENTINS EN PORCELAINE OU CIRCULE L'EAU DE REFOUILLISSEMENT DES LAMPES D'ÉMISSION DE LA STATION DE LILLE-CAMPLIN.

L'émetteur est situé à l'étage supérieur.

La modulation téléphonique

Ayant obtenu des oscillations d'amplitude constante de l'antenne, il faut faire varier périodiquement leur amplitude, la fréquence de variation de cette amplitude étant celle des vibrations sonores à transmettre. Ces vibrations sont produites devant le microphone par un orchestre ou par la voix humaine ; elles sont de nature très complexe et résultent de la superposition d'un grand nombre de vibrations simples d'intensités relatives et de fréquences très variées.

Durant une vibration sonore, l'amplitude des oscillations modulées de l'antenne passe d'une valeur maximum à une valeur minimum et on appelle *profondeur de modulation* le rapport de la différence de ces deux amplitudes à leur somme.

Pour une reproduction correcte, sans distorsion, il faut que la modulation des oscillations de l'antenne soit faite par un procédé tel que les deux conditions suivantes soient respectées.

Il faut que, pour des sons de même hauteur mais d'intensités variées, la profondeur de modulation soit proportionnelle à l'élongation des vibrations sonores qui atteignent le microphone ; que, d'autre part, des sons de même intensité mais de hauteurs différentes produisent la même profondeur de modulation.

La modulation, par le courant microphonique, des oscillations de l'antenne est

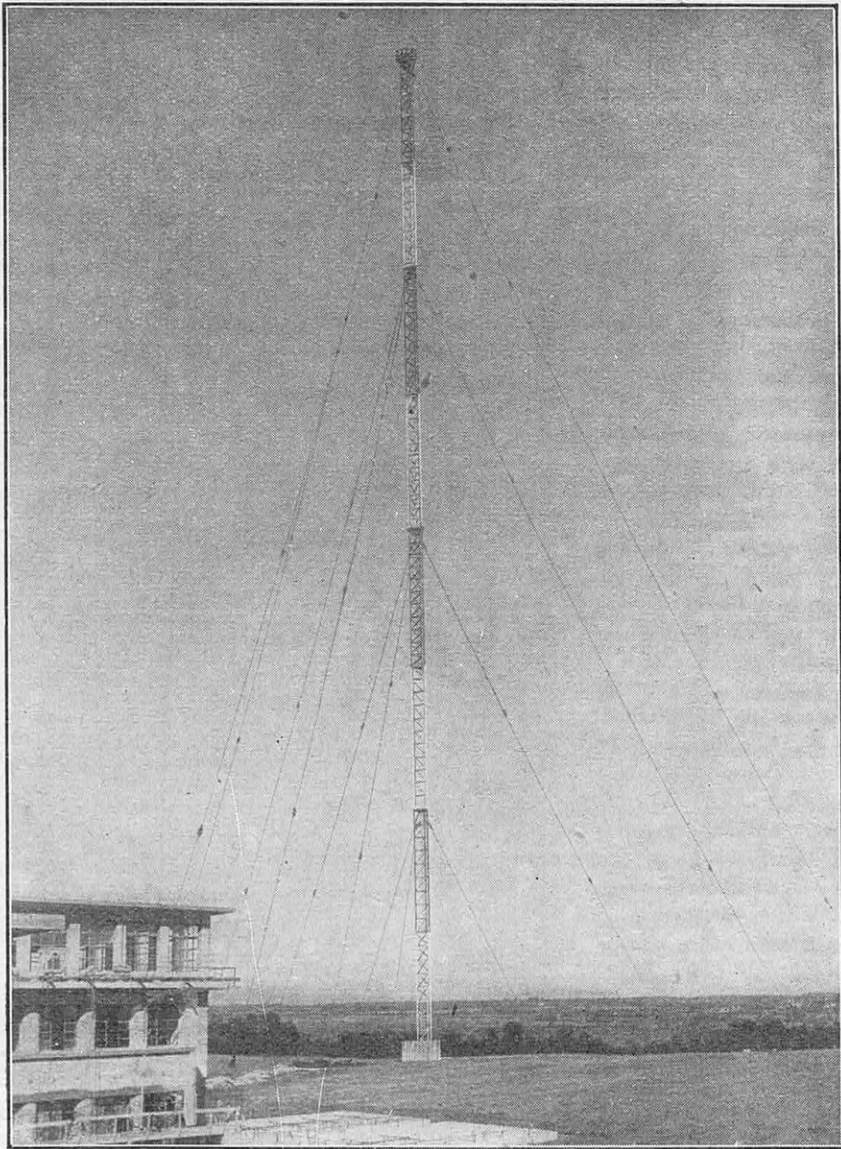


FIG. 8. — PYLONE D'ANTENNE DE L'ÉMETTEUR DE LYON-TRAMOYES
Cette station émet sur 463 de longueur d'onde avec une puissance de 120 kW.

donc une opération délicate. Elle doit être très soigneusement réglée, car c'est d'elle que dépend l'exactitude de reproduction des sons à transmettre.

Le procédé de modulation le plus habituellement utilisé consiste à faire varier la tension de grille ou la tension d'anode de la lampe triode d'un étage en ajoutant à la tension constante qui alimente cette électrode, une tension variable de même forme que le courant microphonique. On l'obtient en faisant passer ce courant convenablement amplifié dans le primaire d'un transformateur dont le secondaire est intercalé sur le

circuit de la grille ou de l'anode. On préfère, en général, produire la modulation par variation de tension de cette dernière électrode.

Pour que la modulation atteigne une profondeur suffisante, il faut que la variation de tension pour les sons les plus forts, soit du même ordre de grandeur que la tension continue à laquelle on alimente la lampe triode à moduler.

Il peut sembler favorable de moduler l'oscillation haute fréquence sur l'un des petits étages à faible puissance et à faible tension, et d'éviter ainsi une très grande amplification préalable du courant microphonique qui, comme l'amplification haute fréquence, doit se faire sans distorsion. Ayant modulé un des petits étages, les étages consécutifs de l'émetteur amplifient la haute fréquence déjà modulée.

C'était la seule solution adoptée jusqu'à ces dernières années. Elle présente toutefois un

inconvenient : le rendement des étages de haute fréquence modulée et, en particulier, celui du dernier pour lequel, à cause de la grande puissance en jeu, la question de rendement est intéressante, ne peut être bon et ne peut dépasser 30 à 35 %. La raison en est que ces étages ne doivent pas altérer les qualités de la modulation. Etant modulés, ils marchent à amplitude variable ; pour une profondeur de modulation, qui approche de l'unité lors des transmissions de sons très intenses, cette amplitude atteint à l'instant de la crête de modulation à peu près le double de l'amplitude durant les silences et s'annule presque pendant les creux. Or, l'amplitude maximum tolérable pour la tension d'anode ne doit pas atteindre la tension continue de l'anode, car si celle-ci s'annulait, il ne passerait plus de courant dans la lampe. On est ainsi obligé d'admettre durant les silences une amplitude d'oscilla-

tion faible, afin que, lors des transmissions des sons très forts, il n'y ait pas d'instant pendant lequel le courant soit supprimé. Durant les silences et pendant les sons faibles, la lampe fonctionne donc à une puissance beaucoup plus petite que celle qu'elle serait capable de fournir. C'est une condition très défavorable au rendement, car les sons intenses ont une courte durée, vis-à-vis de celle des silences et des sons faibles.

L'amplification de la haute fréquence modulée sur un des petits étages conduit ainsi à de mauvais rendements et à une

consommation de puissance beaucoup supérieure à la puissance fournie à l'antenne.

Moduler le dernier étage évite cet inconvénient, car on n'amplifie plus de haute fréquence modulée, mais conduit à des difficultés qui n'ont été surmontées que récemment. Pour moduler assez profondément les lampes puissantes du dernier étage dont la tension continue

d'anode est 20 000 V et qui émettent durant les silences une puissance égale à 100 kW, il faut élever la tension du courant microphonique jusqu'à plusieurs milliers de volts et lui faire fournir une puissance de l'ordre de 50 kW. Un microphone ne met en jeu qu'une puissance égale à une très faible fraction de watt. On doit alors réaliser une chaîne d'amplificateurs à basse fréquence, analogue à celle des amplificateurs de haute fréquence, et l'intercaler entre le microphone et les anodes des lampes qui fonctionnent sur l'antenne ; elle aboutit à un très gros transformateur téléphonique à noyau de fer. On n'est arrivé que depuis peu à construire de tels transformateurs permettant la modulation du dernier étage. Les stations ainsi équipées comprennent deux chaînes d'amplificateurs, l'une à haute fréquence issue du maître oscillateur, l'autre à basse fréquence issue

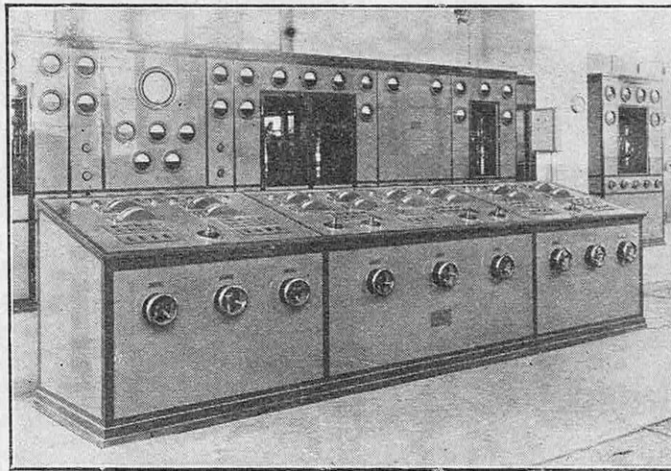


FIG. 9. — PUPITRE DE COMMANDE DES DIFFÉRENTS CIRCUITS DE L'ÉMETTEUR DE VILLEBON (PARIS-P.-T.-T.)

Sur ce pupitre sont rassemblés tous les appareils de mesure et les organes de commande nécessaires pour assurer l'alimentation des étages successifs de l'émetteur et régler leur fonctionnement. Derrière le pupitre se trouve l'étage d'amplification à 120 kW.

du microphone. L'une apporte au dernier étage les oscillations de haute fréquence, l'autre les courants de basse fréquence qui produisent la modulation.

Une autre solution très ingénieuse permet de moduler les petits étages, tout en conservant un très bon rendement. C'est celle qui a été imaginée par M. H. Chireix, sous le nom de *modulation par déphasage*.

Comme nous l'avons expliqué, la cause du mauvais rendement de l'amplification en haute fréquence modulée provient du fait que les lampes fonctionnent à amplitude variable. M. H. Chireix a imaginé un procédé qui module la phase et non l'amplitude. Il est appliqué actuellement dans plusieurs stations du réseau français. C'est le procédé qui, actuellement, permet d'obtenir le meilleur rendement, tout en conservant la bonne qualité du son.

L'antenne

Les antennes des stations de radiodiffusion sont portées par des pylônes dont la hauteur peut atteindre ou même dépasser 200 mètres.

Lorsqu'il s'agit des stations à ondes longues, de longueurs égales ou supérieures à 1 000 m, l'antenne oscille en quart d'onde.

Des antennes aussi hautes auraient, pour les stations à ondes moyennes, 200 à 500 m de longueurs d'onde, des oscillations en quart d'onde de période beaucoup supérieure à celle des ondes à émettre. On règle donc l'antenne, sans essayer de l'accorder, de telle sorte que sa vibration corresponde à un système d'ondes stationnaires comprenant entre le sol et l'extrémité de l'antenne une demi-onde, plus une fraction de quart d'onde. On l'excite près du sol et on la réunit à l'émetteur par une ligne d'alimentation ou *feeder*.

Ces antennes ont l'avantage de produire un rayonnement plus intense à la surface du sol et de restreindre le rayonnement

dans les directions inclinées. Elles diminuent le rayonnement indirect qui, réfléchi sur les couches ionisées de la haute atmosphère, interfère avec le rayonnement direct et produit le phénomène gênant de l'évanouissement des signaux ou *fading*.

L'alimentation en énergie des stations de radiodiffusion

L'énergie est, en général, fournie par les réseaux de distribution sous forme de courant triphasé à 50 pé-

riodes. Il faut l'utiliser sous forme de courant continu, la plus grosse puissance étant celle qui est absorbée par les lampes du dernier étage de l'émetteur.

Ayant donc, par des transformateurs, amené la tension à la valeur convenable, on redresse le courant à l'aide de valves triphasées à vapeur de mercure. Ces redresseurs donnant un courant qui n'est pas exactement constant, on supprime les irrégularités par un filtre constitué par une très grosse bobine d'inductance en série sur le circuit et par un condensateur en dérivation.

Le courant de chauffage des filaments est fourni sous

10 à 20 volts par des machines à courant continu entraînées par des moteurs montés sur le réseau. Des batteries d'accumulateurs alimentent les plus petits étages.

Toutes les manœuvres sont commandées d'un pupitre qui est installé dans la même salle que l'émetteur.

Outre les organes essentiels dont il vient d'être question, une station de radiodiffusion vraiment moderne comporte aussi des circuits et des relais de manœuvre, des organes de sécurité destinés à la protection du personnel et des appareils, des instruments de mesure, qui permettent le réglage de la station, le contrôle de sa marche, la vérification de la bonne qualité de la modulation dont dépend la qualité de l'émission.

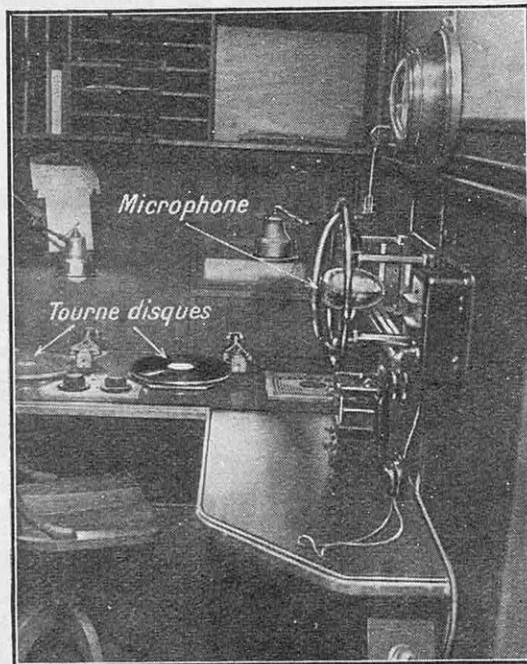


FIG. 10. — UN COIN DE LA CABINE DU SPEAKER DU STUDIO DE PARIS-P.-T.-T.

Le speaker dispose d'un microphone ainsi que d'un tourne-disques qui est utilisé pour la transmission d'enregistrements.



FIG. 11. — CARTE DU RÉSEAU DES CABLES SPÉCIAUX QUI RELIENT LES ÉMETTEURS ET LES STUDIOS DU RÉSEAU D'ÉTAT FRANÇAIS DE RADIODIFFUSION

Les câbles en service sont indiqués en traits pleins; ceux en construction en traits mixtes.

Comment s'effectue la prise de son

La prise de son est faite dans le studio ou dans la salle de concert par un ou plusieurs microphones.

On emploie des microphones de grande fidélité qui fournissent des courants très faibles. Il faut immédiatement les amplifier avant de les canaliser par des fils, car il est nécessaire que les courants utiles dans ces fils soient beaucoup plus intenses que ceux des perturbations accidentelles dues, par exemple, aux courants d'éclairage.

On achève l'amplification jusqu'au ni-

veau convenable par des étages d'amplification disposés dans une salle voisine.

Un câble téléphonique souterrain conduit ensuite le courant à l'émetteur.

Dans les grandes salles, on dispose plusieurs microphones dont on mélange les courants. On fait prédominer l'action de l'un ou l'autre microphone, de façon à obtenir sur un récepteur l'impression qu'aurait un auditeur dans la salle. C'est là une opération délicate qui, si elle est mal conduite, altère la valeur artistique des transmissions.

Bien souvent plusieurs stations de radio-

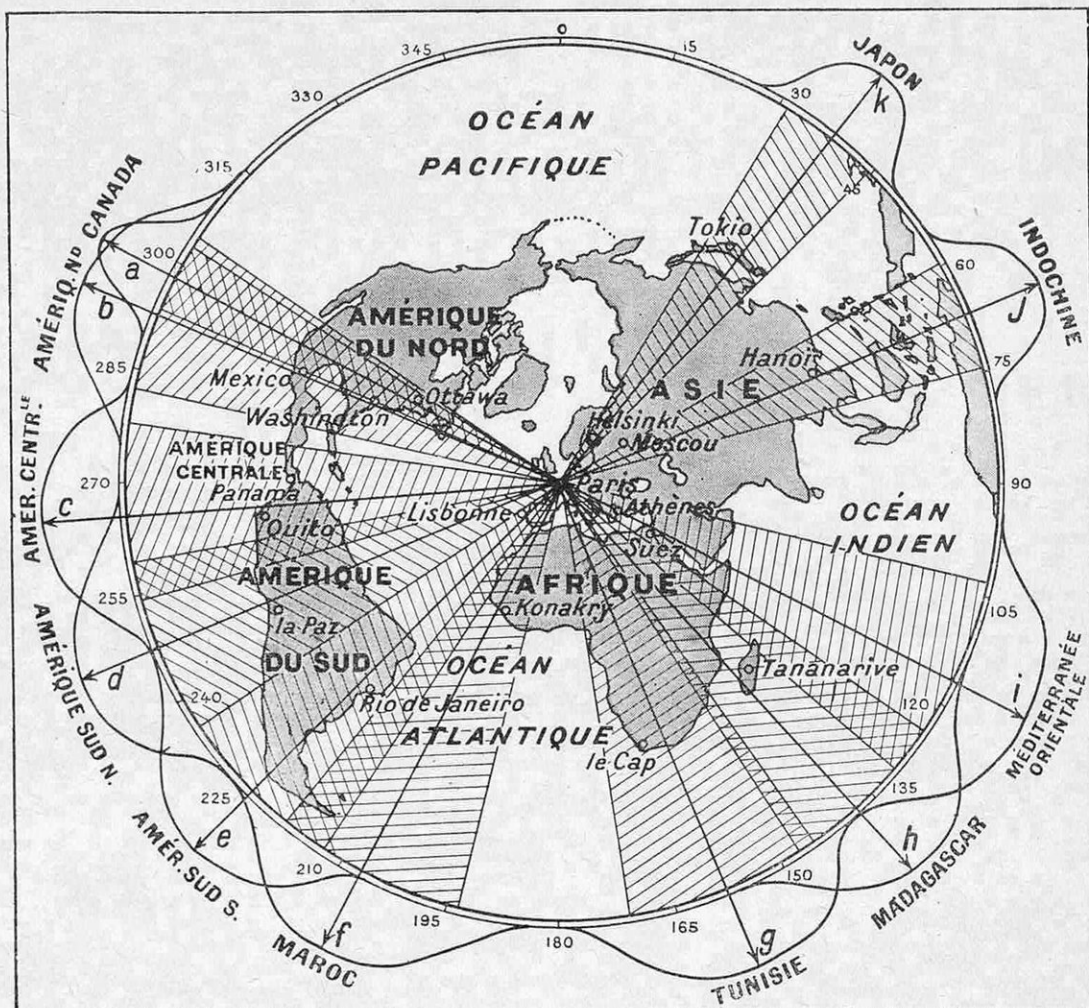


FIG. 12. — VOICI LES FAISCEAUX D'ONDES DIRIGÉES ÉMIS PAR LA STATION « RADIO-MONDIAL »
 Les courbes a à k indiquent l'énergie rayonnée par chaque antenne dans les directions voisines de celle de l'axe du faisceau. L'ouverture des faisceaux hachurés limite les régions où l'audition est très bonne (la valeur du champ y est supérieure à la moitié du champ maximum). L'émission sur chaque faisceau peut être effectuée sur des longueurs d'ondes voisines de 16 m, 19 m, 25 m, 31 m ou 50 m. Cependant les antennes ont été spécialement calculées, suivant les faisceaux, pour certaines de ces longueurs d'ondes.

diffusion transmettent simultanément un même programme. De la salle de concert part une ligne qui aboutit à un central téléphonique où des amplificateurs remettent au niveau convenable le courant sur les divers câbles interurbains qui aboutissent aux émetteurs (voir la carte, figure 11). Pour un concert donné à Paris et diffusé par le poste de Marseille, la plus grande partie de la liaison est, pour les

auditeurs de la Provence, établie par fil. Ces retransmissions exigent une absence aussi parfaite que possible de distorsion des appareils de liaison. La technique des amplificateurs et des transmissions téléphoniques par les lignes souterraines a fait assez de progrès, au cours de ces dernières années, pour que la commande à très grande distance d'un émetteur n'introduise pas de troubles.
 C. GURTON.

Il importe de ne pas confondre hiérarchie morale et hiérarchie sociale, hiérarchie des fortunes et hiérarchie sociale. Il importe aussi de reconnaître que la hiérarchie de la culture implique une hiérarchie parallèle des devoirs. On est « comptable » envers son pays de ce que l'on en a reçu dans tous les domaines.

VOICI L'ARTILLERIE MODERNE DE GRANDE PUISSANCE ET DE LONGUE PORTÉE

Par le général F. CULMANN

DU CADRE DE RÉSERVE

Dès les premiers jours de la guerre de 1914 s'affirma l'importance de l'artillerie lourde pour la conduite des opérations terrestres. On peut dire qu'en France, où l'artillerie de grande puissance dut être entièrement improvisée, la « surprise technique » fut complète. La réfection des matériels de la guerre, hâtivement étudiés et actuellement démodés, est devenue urgente. Entre autres sont à mettre en service des mortiers capables de démolir les ouvrages résistants implantés le long des frontières, ainsi que les petits ouvrages bétonnés, aujourd'hui rapidement construits, qui renforceront les champs de bataille imposés par le développement des opérations. L'augmentation de la vitesse initiale, dont dépend la portée, est directement liée aux progrès de la sidérurgie et de la chimie des poudres. Pratiquement, c'est l'usure rapide des tubes qui, en dernière analyse, limite la course aux grandes portées (le record appartient toujours à la « Bertha » de 1917 avec quelque 130 km). Quant aux très grandes distances de tir, de l'ordre de plusieurs centaines de kilomètres, elles ne sont plus du domaine du canon, mais de l'aviation de bombardement et, sans doute bientôt, du projectile autopropulsé.

DANS ce qui suivra, il sera question seulement de l'artillerie lourde à grande puissance (A. L. G. P.), supérieure, par la portée et le calibre, à l'artillerie d'emploi courant affectée *organiquement* aux divisions et aux corps d'armée.

Cette A. L. G. P. fait actuellement partie de la « Réserve générale d'Artillerie », aux ordres du Commandant en chef, qui la répartit d'après les exigences de la bataille projetée, la résistance présumée de l'ennemi, la solidité de ses organisations défensives permanentes ou non.

Elle comprend, d'une part, des *canons longs à grande portée* et des *supercanons à très grande portée*; de l'autre, des *mortiers pour les moyennes et les grosses destructions*.

Les canons sont du calibre 155 mm à grande portée, et de calibres plus élevés s'échelonnant en France jusqu'au 340 (portant à 40 km), en Allemagne jusqu'au 35,6 cm (62 km) et au 38 cm (55 km). Les supercanons, employés durant la dernière guerre par les Allemands seulement, tirent jusqu'à 110 km (calibre 24 cm) et 130 km (calibre 21 cm) (1).

(1) En Allemagne, les calibres sont exprimés en centimètres. Le canon de 38 cm tirant un obus de 750 kg, contenant 62 kg d'explosif, a été employé contre Dunkerque (44 km environ) dès le début de 1915. Plus tard, à la suite de divers perfectionnements, la portée maximum atteignit 55 km. Le canon

Les mortiers de moyenne destruction, en France, des calibres 220 et 280 mm, sont destinés à démolir les abris les plus résistants du champ de bataille : caves à voûtes maçonnées, abris creusés dans les talus, petits ouvrages bétonnés, de plus en plus fréquents, grâce aux *ciments à durcissement rapide* (deux à trois jours). Les mortiers de grosse destruction servent contre les cuirassements et les carapaces en béton les plus épaisses des ouvrages puissants de la fortification permanente. Ils étaient en France, durant la guerre, des calibres 400 et 520 mm ; en Allemagne et en Autriche leurs calibres atteignaient 30,5-38-42 cm.

Améliorations résultant des enseignements de la guerre

Avant 1914, aucune A. L. G. P. n'était prévue (sauf quelques mortiers); or, tout besoin né des opérations devant être satisfait d'urgence, les matériels résultèrent presque tous d'études hâtivement menées n'ayant abouti qu'à des solutions imparfaites. La guerre, qui a montré pour de longues années la voie à suivre, a prouvé la nécessité des perfectionnements suivants :

1° *Allongement des portées* ;

de 21 cm (Bertha) a été utilisé contre Paris. Nous ne citons que les calibres de matériels encore en service au moins dans l'armée française.

2° *Accroissement de la précision*, sans quoi l'amélioration ci-dessus n'a qu'une médiocre valeur, car les écarts des coups tirés dans les mêmes conditions sont sensiblement proportionnels à la distance.

Une grande précision est surtout requise des mortiers qui ont à ruiner des objectifs de dimensions restreintes. Elle est indispensable même, quand il s'agit de détruire les ouvrages puissants de la fortification permanente, car, pour des motifs de sécurité, leurs divers organes de feux sont *dispersés* à l'intérieur d'une enceinte *étendue*, en sorte que l'obus venant frapper l'un d'eux est sans effet sur les organes voisins (1).

En France, on admettait, récemment encore, que la précision est suffisante quand l'écart probable en portée ne dépasse pas 1/200 de la distance au voisinage de la portée maximum, et 1/300 aux distances inférieures aux deux tiers de celle-ci. En Allemagne et en Autriche, la précision était bien supérieure dès 1914 (près du double pour les meilleures bouches à feu) ;

3° *Extension du champ de tir des canons longs en hauteur* de 20° (en 1914) jusqu'à 50° environ, afin d'exploiter la portée maximum des tubes ;

4° *Extension du champ de tir latéral* souvent limité à 6° (en 1914). De là, l'abandon du coulissement de l'affût sur l'essieu (encore en usage sur le 220 M.) et la généralisation des *affûts biflèches* qui donnent un champ de tir allant jusqu'à 60°, et des *plates-formes* qui peuvent être à tournant complet (360°).

Une grande mobilité des plans de tir favorise le choix des objectifs sans le changement de position qui exige des heures, voire des journées pour les plus grosses pièces ; elle permet aussi la *concentration soudaine par surprise* du tir de plusieurs batteries sur un même but — concentration qui est à la base de la tactique des feux ;

5° *Augmentation de la cadence des matériels lourds* (qui, même dénommés « à tir rapide », ne pouvaient lancer à la minute qu'un projectile ou moins), d'où réalisation d'un effet d'écrasement matériel et moral incomparable, surtout si on opère par concentration. Se prolongeant moins longtemps, les tirs sont aussi moins dépendants des variations atmosphériques.

La rapidité du tir résulte avant tout de la rapidité du chargement. Cette dernière est obtenue à l'aide de planchettes de chargement et de refouloirs automatiques — de

culasses s'ouvrant et se fermant d'elles-mêmes, la mise de feu étant soit provoquée automatiquement par la fermeture de la culasse, soit faite à la main par le tireur (culasses dites : semi-automatiques). Cette mécanisation est en usage dans la Marine, en raison du poids considérable des obus de gros calibre et de l'importance exceptionnelle des grandes cadences. L'A. L. G. P. commence heureusement à suivre cet exemple ;

6° *Augmentation de la mobilité stratégique* permettant de transporter lestement les artilleries dans les régions où leur intervention successive est reconnue indispensable — et de leur *mobilité tactique*, c'est-à-dire de leur vitesse en terrain varié et de la rapidité de leur mise en batterie ;

7° *Perfectionnements divers à la construction des tubes et des affûts* ayant pour objets : d'une part, d'alléger les pièces ; de l'autre, de réduire le nombre des rechanges, de simplifier et d'accélérer les fabrications, d'abréger les délais de la mobilisation industrielle ;

8° *Améliorations nombreuses à apporter aux projectiles et aux fusées.*

Conditions et valeur de la surprise technique

L'étude complète d'un matériel nouveau, y compris ses essais dans la troupe, exige *cinq ans* environ. De là pour créer l'A.L.G.P., le recours aux canons de la Marine disponibles, et aux pièces construites ou en cours de fabrication en France pour l'étranger et notamment pour la Russie (1).

Même la mise au point d'un matériel reconnu imparfait à l'usage dans les corps de troupe demande une année ou davantage.

En conséquence, une avance initiale lors d'une mobilisation ne peut être rattrapée par l'adversaire qu'après un temps très long, de sorte que la *surprise technique*, de toutes la plus durable dans ses effets, a une valeur immense. Elle découle d'une conception juste, au moins dans l'essentiel, de la forme des opérations et de la durée de la guerre, de la supériorité des ingénieurs, de la conscience des ouvriers.

Dans un ordre d'idées analogue, tout changement à un programme d'armement en cours d'exécution, prescrit soit avant, soit pendant les hostilités, crée une perturbation considérable dans les fabrications

(1) Entre autres les mortiers de 220 et de 280 mm d'origine russe. De plus, des pièces destinées au Danemark, à la Bulgarie, en voie d'achèvement dans les usines françaises, ont été réquisitionnées en 1914.

(1) Tel était déjà le cas dans les *Feste* construites par les Allemands avant la guerre.

et entraîne des retards énormes sans que le résultat désiré puisse être atteint sûrement.

Par contre, les *perfectionnements des projectiles sont beaucoup plus vite obtenus*; de là, leur grand avantage pratique pendant la guerre. C'est ainsi que, de 1914 à 1918, l'amélioration des formes extérieures des obus, conjuguée avec une augmentation modérée du poids des charges existantes, ont permis, grâce aussi à l'adoption générale d'affûts à déformation élastique, un allongement de la portée atteignant 40 % pour certains canons. Aujourd'hui, il est possible d'espérer encore un gain de 15 % au moins, sans modifications des bouches à feu.

Allongement des portées, accroissement de la précision, lutte contre l'usure des tubes

L'augmentation des portées est obtenue par l'adoption de vitesses initiales plus élevées et de projectiles ayant une meilleure navigabilité.

Pour réaliser de grandes vitesses initiales (900 à 1 000 m par seconde), il faut, d'une part, consentir un accroissement de la pression développée dans le canon par les gaz de la charge ; d'autre part, employer des poudres lentes, très progressives, et, afin d'en exploiter toute la puissance, allonger les tubes. Une poudre idéale, c'est-à-dire donnant pendant toute sa combustion une pression constante égale à la pression maximum adoptée, procurerait un gain de vitesse initiale de 8 à 10 %, en même temps qu'une meilleure précision.

Par ailleurs, il importe que la température de la déflagration de la charge ne soit pas trop forte, l'échauffement des tubes étant la cause principale de leur usure. Mais cette condition est difficile à réaliser, car les

poudres à potentiel élevé, qui fournissent les grandes vitesses initiales, brûlent à haute température, alors que les poudres brûlant à moindre température donnent des vitesses initiales plus faibles. C'est ainsi que les *balistites* employées en Allemagne déjà avant la guerre sont supérieures aux poudres B sous le rapport de la portée et de la précision — *ce qui est l'essentiel* — et peut faire passer sur l'inconvénient qu'elles ont de provoquer des effets d'érosion plus

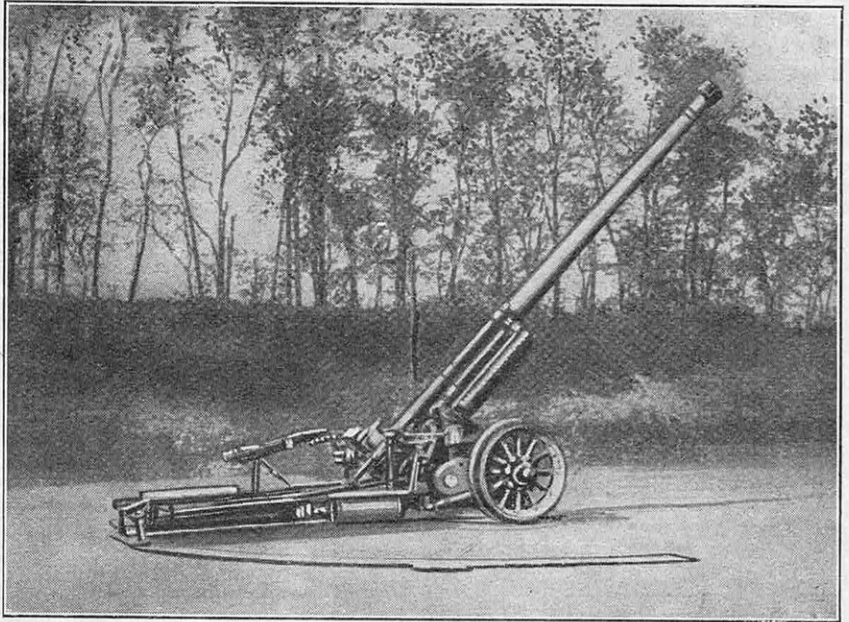


FIG. 1. — CANON AUTOFRETTÉ, CHEMISÉ, A FREIN DE BOUCHE, CALIBRE 155 MILLIMÈTRES, EN POSITION DE TIR

Ce canon a une portée de 26 km, un champ de tir horizontal de 360° et vertical de - 8° à + 45°. Il tire, à raison de 4 coups par minute, un obus de 50 kg (charge explosive intérieure, 7 kg) avec une vitesse initiale de 900 m/s. Son poids en batterie est de 16,5 tonnes; pour le transport, il est organisé en trois voitures pesant respectivement : voiture-canon, 8,8 tonnes ; voiture-affût, 7,7 tonnes ; voiture plate-forme, 6 tonnes.

accentués. Ceux-ci sont d'ailleurs diminués, semble-t-il, par l'addition de *centralite* qui joue aussi le rôle de stabilisant (1). Ajoutons que la balistite est employée en France dans le canon court, de 105, modèle 1935, récemment adopté.

Il est devenu possible de faire face dans une certaine mesure aux exigences nouvelles par divers perfectionnements apportés à l'architecture des tubes (2) ; ainsi l'*autofrettage* procure des tubes d'une résistance au moins double ; aujourd'hui ce procédé est au point pour tous les calibres ; le *chemisage*, qui consiste à remplacer une âme usée

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 254, page 119.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 221, page 370.

par une chemise rayée, dont l'épaisseur est environ le dixième du calibre, permet de combattre l'usure et conduit, en outre, à une économie importante en acier et en argent (1) ; le *frein de bouche*, qui absorbe 15 à 30 % de la quantité de mouvement de la masse reculante au départ du coup, diminue les efforts auxquels est soumis le frein de tir et évite un alourdissement excessif du matériel. Mais ce ne sont là que des palliatifs ; en définitive, les progrès balistiques réalisés se traduisent toujours par une augmentation du poids des matériels.

Canons à grande portée

La portée maximum des canons d'emploi non exceptionnel (supercanons exclus) est d'un nombre de kilomètres égal à leur calibre exprimé en centimètres, multiplié par un coefficient de 1,5 à 1,7, avec des projectiles ne dépassant pas la navigabilité en l'air correspondant à leurs formes extérieures actuelles. Exemples :

	Coefficient
Canon allemand M ¹⁰ 1916, cal. 15 cm, portée 22,8 km.....	1,5
Canon allemand, calibre 17 cm, portée 27 km.....	1,6
Canon allemand, calibre 35,6 cm, portée 62 km.....	1,7
Canon puissant Schneider, calibre 155 mm, portée 26 km.....	1,7

Ce coefficient tend actuellement à se rapprocher de 2 et même à dépasser ce chiffre en même temps que la vitesse initiale augmente. Exemple :

	Coefficient
Canon Schneider, calibre 240 mm, portée 52,6 km, vitesse initiale 1 065 m.....	2,2

Mais, s'il excède 1,7 avec les aciers *actuels*, l'épaisseur des parois des obus doit être accrue exagérément afin de résister aux percussions du départ, et alors la charge explosive intérieure diminue du 1/6 au 1/12 du poids du projectile et la puissance de celui-ci est réduite d'autant.

Pour les canons destinés aux *tirs d'interdiction*, la grande portée est la qualité primordiale. Ils ont besoin d'un obus allant loin plutôt que puissant, car ils ont à battre des objectifs peu ou point protégés, situés sur les arrières du champ de bataille, jusqu'à une distance de deux ou trois étapes : gares et ports de ravitaillement et de débarquement, grands dépôts de munitions, parcs

(1) Le prix de la chemise n'est que le tiers de celui du tube. Pour l'artillerie légère (calibre 85 et au-dessous) l'opération du remplacement d'une chemise usée ne dure qu'une dizaine de minutes.

d'artillerie, terrains d'atterrissage, lieux de stationnement des réserves du haut commandement, quartiers généraux, etc. La portée maximum des plus gros canons atteindra 60 à 70 km, leur calibre dépassera 300 mm, la vitesse initiale étant d'un millier de mètres.

Une interdiction efficace exige aussi une grande cadence, un champ d'action horizontal étendu, une bonne maniabilité de la pièce, car les objectifs sont répartis d'une façon très variable, tant en largeur qu'en profondeur. En somme, le tir d'interdiction exige à un haut degré les qualités qui doivent être celles de toute pièce moderne.

Pour une bouche à feu déterminée, employant une charge donnée, la portée dépend non seulement de la bonne navigabilité du projectile en l'air, mais aussi de son *poids par unité de surface*. Ce facteur agit en deux sens inverses : la vitesse initiale diminue quand le poids de l'obus augmente ; celui-ci doit donc aller moins loin ; par contre, l'obus lourd conservant mieux sa vitesse, doit aller plus loin. *Pour les canons de gros calibre* (au-dessus de 15 cm environ), *c'est le projectile léger qui procure la plus grande portée*. Ainsi le canon allemand de 38 cm tire à 38,7 km un projectile de 750 kg, à 55 km un projectile de 400 kg.

Le même canon peut donc servir aux destructions avec son obus lourd, aux interdictions à plus grande portée avec son obus léger.

Mortiers de moyenne puissance

La puissance accrue des feux et la nécessité de protéger le défenseur contre les pièces de campagne et les armes automatiques, le souci d'empêcher ou de limiter la pénétration des chars, conduisent à multiplier les petits ouvrages bétonnés sur les champs de bataille préparés. Tel est notamment le cas sur les positions successives organisées par les Allemands sur leurs frontières. A l'avenir, les mortiers de moyenne puissance seront donc en proportion plus élevée qu'en 1918 lorsque déjà une à trois batteries de 220 M ou de 210 M étaient habituellement rattachées aux divisions d'attaque françaises et allemandes.

Le calibre 220 (poids de l'obus 100 kg environ, de la pièce en batterie 8 t) suffit vis-à-vis des ouvrages dont les carapaces bétonnées ne dépassent pas un mètre d'épaisseur.

Le calibre 280 (poids de l'obus 300 kg, de la pièce en batterie 16 t) correspond à une pièce bien plus lourde et d'emploi moins diligent ; il s'impose vis-à-vis de construc-

tions et d'ouvrages particulièrement solides.

Sont nécessaires aujourd'hui : un accroissement de la précision, une augmentation de la portée jusqu'à 15 km au moins, sans quoi ces mortiers seraient promptement neutralisés par le tir rapide des canons et obusiers légers de campagne qui tirent jusqu'à 12 et 14 km.

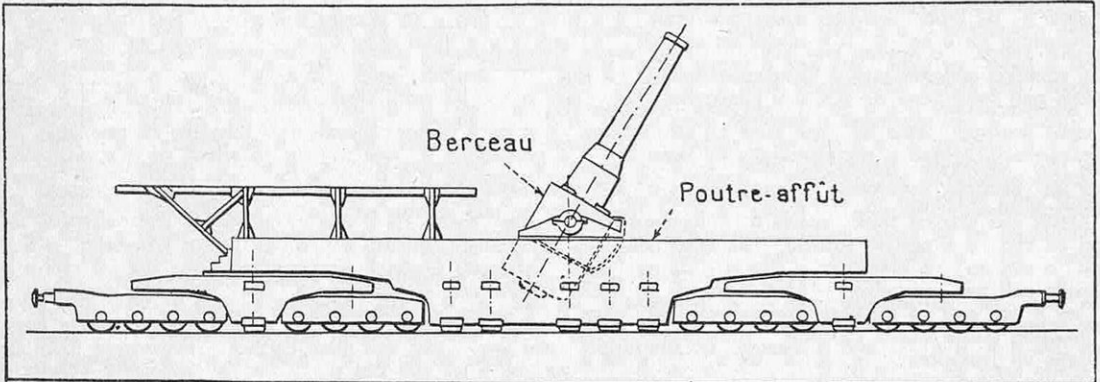
Mortiers de grande puissance

Contre les bétonnages et les cuirassements des ouvrages permanents, les mortiers de grosse destruction (400 mm français, 42 cm allemand) sont désormais d'une puissance et d'une portée insuffisantes (obus d'un

Adaptation des canons de la marine à l'emploi aux armées

Déjà pendant la guerre de 1870, la marine fournit du personnel et du matériel aux armées. Mais son aide fut possible surtout parce que nos premiers désastres nous firent renoncer aux hostilités sur mer.

En 1914, le recours à l'artillerie navale fut d'autant plus aisé qu'à l'alliance anglaise s'ajouta immédiatement la neutralité italienne. L'armée allemande aussi put faire appel à sa marine qui n'accepta pas de se battre contre la puissante flotte britannique. Bientôt l'A. L. G. P., en presque



(Extrait des *Canons en service*, par le général Alvin et le colonel André.)

FIG. 2. — MORTIER D'ARTILLERIE LOURDE SUR VOIE FERRÉE POUR GROSSES DESTRUCTIONS
Cette pièce (modèle 1916), du calibre 520 mm, repose sur un berceau sans déplacement latéral ; on la pointe en direction en la déplaçant sur épi courbe. Elle tire à 17 km un projectile de 1 650 kg (charge explosive intérieure, 190 kg). Elle pèse au total 250 tonnes.

millier de kg tirés à 14 ou 16 km au maximum). Le 520 français n'a que le second de ces inconvénients (projectile de 1 650 kg lancé à 17 km). Aujourd'hui, une portée de 25 km est nécessaire vis-à-vis des canons de l'artillerie de corps. (Toutefois ceux-ci une fois neutralisés, ou tout au moins sévèrement contrebattus, il faut un rapprochement des mortiers pour obtenir la démolition des objectifs de médiocre dimension).

Actuellement il serait possible de construire un mortier de 450 mm tirant à 25 km un obus de 1 300 kg (poids du tube, 80 t), ou un mortier de 500 mm tirant également à 25 km, un obus de 1 800 kg (poids du tube, 100 t).

A noter que les Allemands ont mis à l'étude, dès le lendemain de la guerre, un mortier plus puissant que leur 42 cm.

(1) La pénétration dans le béton est sensiblement proportionnelle au produit de la masse du projectile (M) par le carré de sa vitesse au moment du choc (V^2), et il faut généralement que la force vive $1/2MV^2$ atteigne 1 800 par centimètre carré pour traverser 1 m 80 de béton.

totalité n'eut pas d'autre origine chez les belligérants (1).

Quelle que soit la situation diplomatique, le concours de la marine paraît encore devoir être envisagé à l'avenir. En effet, la flotte n'ayant une valeur combative réelle que si elle est à la hauteur des derniers progrès, disposera vraisemblablement de pièces de bord et de côte démodées, non usées, parfois même assez modernes. Et le nombre a une telle importance pour l'artillerie qu'elle doit utiliser toutes les ressources.

L'artillerie navale ne saurait constituer pour les armées un renfort *immédiat*, comme les pièces en cours de fabrication dans les usines nationales, ou comme les matériels anciennement en service et non déclassés.

L'emploi sur mer comporte, en effet, certaines servitudes résultant principalement des faits suivants :

(1) Comme il n'y a pas de pièces *courtes* à bord, certains canons durent être raccourcis et réalésés pour donner des mortiers puissants. Exemple : le canon court de 400 mm provient d'un 340 M¹⁰ 1887 de la marine.

1° Les canons tirent à très grande vitesse initiale et à une cadence aussi élevée que possible : ce sont des pièces *surmenées*. Leur usure est très rapide, ce qui a peu d'inconvénients, car la bataille navale est courte ;

2° A bord, et plus encore sur les côtes, le poids des canons a moins d'importance qu'aux armées. Aussi les tubes, surtout ceux des bouches à feu anciennes, ont-ils souvent un poids excessif pour une puissance donnée. Il en résulte que des bouches à feu, même de calibre moyen et de portée médiocre, sont tellement lourdes que leur transport sur voie ferrée s'impose, alors que la traction automobile routière suffit à des pièces comparables construites dès l'origine pour leur utilisation à terre ;

3° Les conditions d'installation sont entre autres caractérisées par le manque d'espace. De là l'adoption d'affûts très compacts, le plus souvent adaptés au placement sous tourelles, et de longueurs de recul très faibles, approximativement 30 cm pour les moyens calibres, 60 pour les gros calibres. Les freins d'une course aussi courte n'amortissent guère que la percussion au départ du coup, ce qui ne présente pas d'inconvénient, les affûts étant fixes et solidement boulonnés, mais qui à terre nuit à la stabilité de la pièce.

De plus, les canons de la flotte étant utilisés seulement dans le tir de plein fouet, et les très grandes portées n'ayant pas de valeur pratique, les affûts ne sont organisés que pour un médiocre champ de tir en hauteur (25° par exemple) ;

4° Les projectiles, étant destinés surtout à la perforation des cuirassements, ont des parois épaisses et une petite charge intérieure. Ils conviennent mal aux objectifs terrestres. De plus, les approvisionnements en munitions sont constitués à un taux très faible. En vue de l'emploi à terre, la fabrication préalable de nouvelles munitions (à étudier) s'impose ;

5° Le canon est construit pour un navire d'une classe déterminée, reproduit à peu d'exemplaires et sur lequel il n'existe qu'un petit nombre. Les modèles des pièces de la flotte sont donc d'une grande multiplicité et leur introduction dans les armées conduit à une A. L. G. P. d'échantillons qui doit être acceptée malgré les difficultés du ravitaillement (1).

Sur mer, la recherche constante du mieux

(1) Même après l'élimination, faite à partir de 1919, des plus vieux matériels, il reste encore en service environ 26 modèles de pièces d'A. L. G. P., correspondant à 17 calibres.

agit dans le sens du renouvellement rapide des matériels destinés aux bateaux des programmes successifs, et ce fait exerce une heureuse influence sur la technicité des ingénieurs.

Adaptation de l'artillerie navale à l'emploi sur terre. — Artillerie lourde sur voie ferrée (A. L. V. F.)

Essentiellement il faut :

— Conserver les tubes et leurs culasses (en particulier ces dernières coûtent fort cher et sont d'une fabrication délicate), et si possible les berceaux (freins de tir et récupérateurs) des matériels modernes.

— Rendre mobiles ces ensembles très lourds (le tube du canon de 340 avec sa culasse pèse 67 t).

— Adopter dans chaque cas une solution simple, rapidement réalisable, afin d'abrèger les études préliminaires et la construction.

Les matériels les moins puissants sont montés sur des affûts de campagne existants, ou construits d'après des données connues, et déplacés sur routes.

Les autres sont transportés sur voie ferrée et peuvent être classés comme suit, d'après les conditions de leur tir en direction :

1° *Les matériels « tous azimuts »*, tirant en un point quelconque, dans une direction quelconque, sans que la percussion au départ du coup déverse la voie. Pendant la guerre, cette condition impérative limita singulièrement le calibre et la portée. Exemple, le canon de 194 mm encore en service, tirant à 13 800 m seulement.

Cependant MM. Schneider et C^{ie} sont parvenus à construire récemment un canon très puissant de ce type, calibre 240 mm, portée 52 600 m. Son recul peut, en effet, être amorti par un effort relativement modéré. Le tube est monté sur un petit affût avec frein et récupérateur, qui recule sur un châssis-selle inclinée d'avant en arrière. L'ensemble est mobile autour d'un axe vertical supporté par une poutre métallique entretoisée reposant à chaque extrémité sur un bogie. La stabilité transversale est assurée au moyen de béquilles réglables par vis qui, lors de la mise en batterie, sont rabattues et écartées du matériel pour venir reposer sur des plateaux placés sur des madriers mis sur le ballast.

2° *Matériels à berceau tirant sur épis* (portions de voie ferrée) *droits*, choisis convenablement orientés. Le berceau permet de donner au tube un faible déplacement latéral (12° en tout au maximum), grâce auquel l'achèvement du pointage précis en

direction est exécuté. Exemples : 340 L (40 km), 370 M (15 km), 400 M (16 km) ;
 3° *Matériels tirant sur épis courbes.* L'affût-truc est roulé jusqu'à ce que le pointage soit exact, sur une voie ferrée courbe construite spécialement dont le rayon varie de 80 à 150 m, suivant le calibre. Comme pour les matériels précédents, les roues des bogies sont alors freinées et des sabots descendus au contact des rails ; de

Ces procédés de pointage en direction présentent tous l'inconvénient grave de procurer un champ de tir d'amplitude médiocre restreignant le nombre d'objectifs qu'il est possible d'atteindre du même emplacement de la pièce. Par contre, l'affût-truc offre de sérieux avantages. En effet, étant remorqué par une locomotive, sa *mobilité stratégique est très grande* (vitesse horaire 30 à 35 km), sa *mise en batterie* très

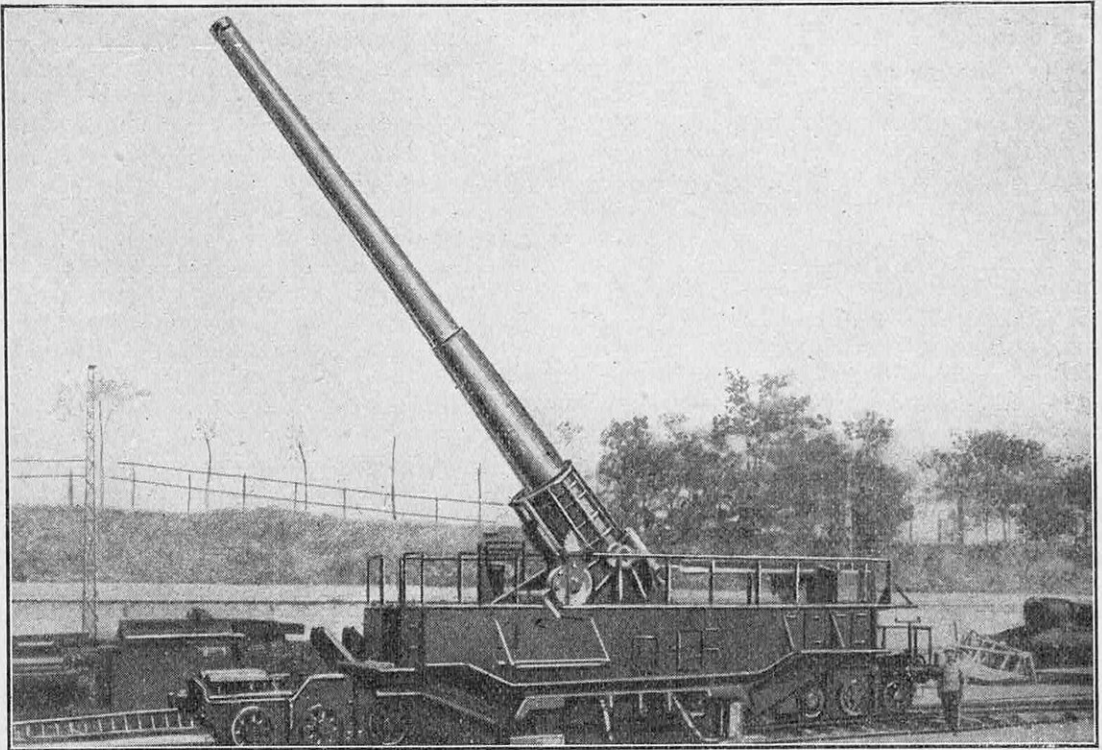


FIG. 3. — CANON TOUS AZIMUTHS DE 240 MM, SUR VOIE FERRÉE

Ce canon tire à 52,6 km un projectile de 165 kg (charge explosive intérieure, 13,3 kg) avec une vitesse initiale de 1 065 m. Le champ de tir horizontal est de 360°, et de 0° à + 50° dans le plan vertical.

là, au départ du coup, un enrayage par *glissement* sur la voie qui absorbe la quantité de mouvement de toute la masse reculante. Ces pièces sont de deux sortes :

L'affût est *rigide* et les tourillons du tube sont directement supportés par les poutres. Exemples : 274 L (26 km), 305 L (34 km), 320 L (21 km).

L'affût est à *berceau* et alors le glissement est moindre. Exemples : le 285 L (27 km), dont le berceau peut pivoter de 1° à droite et à gauche ; le 520 M (17 km) sans pivotement du berceau.

Les bogies des divers matériels ci-dessus ont un nombre d'essieux croissant avec leur poids, jusqu'à huit en doubles bogies de quatre essieux (340 L et 520 M).

rapide (quelques minutes), et l'*ouverture du feu a lieu par surprise*.

Aux Allemands, la voie ferrée servit seulement de *moyen de transport*, non de facteur de la *mobilité* stratégique. Pour la mise en batterie, qui, même pour les matériels relativement légers (tels que les canons de 21 et de 24 cm) durait un jour, ils utilisèrent des *plates-formes à pivot central* disposées au fond d'énormes encuvements en béton (diamètre 20 m, profondeur 5 m ; pour les canons de 38 cm), dont la construction exigeait plusieurs mois pour les gros calibres, mais présentant le gros avantage de fournir un tournant complet. Plus tard, ils réduisirent la durée de la construction à 15 jours (gros calibre) ou à 6 jours (calibres moyens)

en recourant à des plates-formes métalliques démontables et en restreignant le champ de tir jusqu'à 33°. Ils firent ainsi au long du front de véritables *positions permanentes* pareilles aux installations des batteries de côte.

Outre le champ de tir étendu, la plate-forme a l'avantage de permettre de garder les ensembles de la marine, l'arrimage de l'affût étant pareil à celui en usage à bord ; d'échapper à l'observation aérienne, la construction pouvant avoir lieu sous bois et étant constamment camouflée au cours de son avancement ; en terrain accidenté, de réduire les terrassements de la voie d'accès dont l'orientation est indépendante de celle du tir.

Affranchissement de la voie ferrée : transport de l'A. L. G. P. sur routes par traction automobile

L'affranchissement de la voie ferrée a été recherché pendant la guerre pour divers matériels longs ou courts (en France : canons de 220 L, de 240 L), et systématiquement en Allemagne et en Autriche pour les plus gros mortiers, dont il ne fallait rien perdre de leur portée déjà médiocre (13 à 15 km).

Les matériels sont divisés en un nombre de fardeaux d'autant plus grand que leur poids total est plus considérable et la résistance des routes moindre. Ainsi, les mortiers de 30,5 cm et de 42 cm, qui ont servi à l'attaque des forts français et belges, sont transportés en cinq voitures de 18 t environ. Chaque voiture était remorquée par un tracteur puissant (jusqu'à 100 ch), soit à vapeur (Allemagne au début de la guerre), soit à essence. La vitesse instantanée maximum ne dépassait pas 5 km/h.

Quand il s'agit d'exécuter de rapides et longues étapes au bénéfice de la manœuvre stratégique, les matériels doivent être montés sur ressorts et les roues entourées de bandages en caoutchouc. Mais aucun matériel de la guerre n'a été étudié en vue de déplacements à grande allure, sauf le 155 G. P. F. français. Déjà de gros progrès ont été réalisés pour les artilleries divisionnaires et de corps, et restent encore à faire pour l'A. L. G. P.

Affranchissement de la route Mode de transport C autrichien Artillerie chenillée

L'asservissement à la route, qui entraîne le choix de l'emplacement de batterie à sa proximité immédiate, étant gênant, l'accès des poids lourds en terrain varié a été recherché en tous pays pendant et après la guerre,

à l'aide des différents procédés ci-après.

Mode de transport C autrichien (canons de 24 cm, mortiers de 38 et de 42 cm), aujourd'hui périmé, mais consacrant les deux principes suivants : *emploi comme force motrice de l'électricité* produite sur le tracteur et transmise à la remorque, possibilité de déplacer le matériel *soit rapidement sur voie ferrée*, soit très lentement sur routes et en terrain accidenté (où des pentes de 26 % pouvaient être abordées) à l'aide de deux systèmes de roues aisément substituées les unes aux autres.

Le tir avait lieu sur une plate-forme disposée au fond d'une excavation. La mise en batterie seule durait une journée ou davantage.

Artillerie chenillée française (quelques canons de 194 mm et mortiers de 280 mm encore en service). — La pièce est en deux voitures : une *génératrice* portant aussi six tonnes de munitions, et une *remorque porte-canon* reliée à la première par un câble souple long de 50 m.

Cette transmission électrique a notamment l'avantage d'être progressive et de se prêter mieux qu'une transmission mécanique à une grande gamme de vitesses.

Mais l'impossibilité avec les médiocres chenilles de la guerre des longs parcours sur routes, obligea à transporter ce lourd matériel (30 t par voiture) par *voie ferrée* sur des *trucs spéciaux* jusqu'à une gare voisine de l'emplacement de tir choisi. Vitesse sur routes : 2 à 3 km/h, encore moindre en terrain varié. Des pentes maximum de 30 % peuvent être gravies.

La mise en batterie, les changements d'objectifs et surtout les sorties de batterie sont très rapides (quelques minutes).

Artillerie sur chenilles souples modernes. — Les chenilles en usage jusque vers 1925 défonçaient les routes et se détérioraient elles-mêmes très rapidement. Souvent, des palets se cassaient et le remplacement de l'un d'eux exigeait au moins dix minutes. La chenille métal-plastique n'a pas ces inconvénients, même aux allures vives (30 km/h) et avec des poids relativement élevés (une vingtaine de tonnes). La solution que MM. Schneider et Cie ont adoptée à titre d'essai pour un 155 L puissant est celle d'un tracteur à chenilles remorquant un canon également à chenilles, celles-ci étant relevées pour le tir.

Mais, aujourd'hui encore, *le train de roulement le plus perfectionné doit être entièrement révisé avant un parcours de 3 000 km, en sorte que, pour les longs déplacements, la voie ferrée s'impose toujours.*

Améliorations à apporter aux projectiles et aux fusées

Déjà, à la fin de la guerre, la portée avait été sensiblement allongée par la forme bifuselée, c'est-à-dire très effilée à l'avant, tronconique à l'arrière. La précision est accrue (probablement doublée) par un système de deux ceintures, l'une vers l'arrière : la *ceinture de forçement* habituelle ; l'autre à la base de l'ogive : la *ceinture de guidage*.

Les obus *explosifs* ont l'inconvénient d'avoir un faible rayon d'action, par suite d'exiger un réglage précis. Ils se prêtent

ron, à la vitesse initiale présumée de 1 600 m jusqu'à la distance de 130 km. L'obus, qui atteint une hauteur de 40 km, navigue le long de la majeure partie de sa trajectoire dans la stratosphère où la résistance de l'air raréfié est très faible, ce qui augmente considérablement la portée et agit favorablement sur la précision. Le déplacement est plus aisé dans l'air chaud, de là la proposition d'utiliser des projectiles à flamme d'ogive.

Les supercanons posent avec acuité le problème de l'usure : la *Bertha* était hors service après avoir tiré 70 coups — ce qui tend à montrer que les très grandes portées

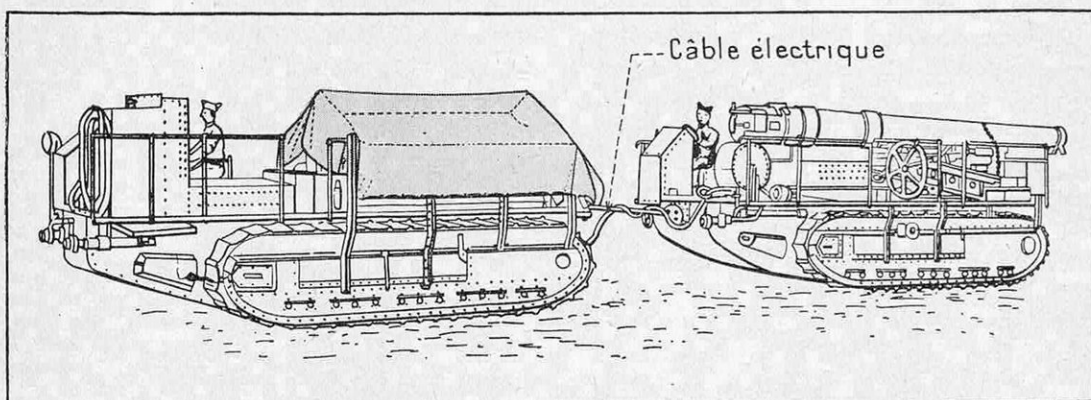


FIG. 4. — CERTAINS MATÉRIELS LOURDS FONT APPEL A LA PROPULSION ÉLECTRIQUE POUR LEURS DÉPLACEMENTS SUR ROUTES OU EN TERRAIN VARIÉ

Il s'agit ici d'un canon de 194 mm tirant à 18 km un obus de 79 kg (charge explosive intérieure, 11,8 kg). Une génératrice installée sur la première voiture alimente la deuxième au moyen d'un câble souple.

mal aux tirs sur les régions suspectes souvent étendues. En conséquence, l'obus à balles lourdes s'impose même pour les gros calibres (comme en Allemagne).

L'amorçage doit évidemment être combiné avec la nature du projectile de manière à obtenir l'effet désiré : *fusées instantanées, de culot à retard variable, d'ogive à faible retard*, enfin, *fusées à horlogerie*, pour les tirs fusants à grande distance.

Supercanons

Ces canons, trop peu nombreux pendant la guerre pour exercer de sérieuses destructions, ont eu surtout un effet moral. Ils peuvent servir à des repréailles qui offrent un moyen indirect, mais seul praticable, pour faire cesser certaines entreprises adverses. Leur emploi allège la tâche de l'aviation de bombardement et a l'avantage de fournir un tir plus continu.

Le canon de 21 cm (*Bertha*), long d'à peu près 160 calibres, lançait, sous un angle voisin de 55°, un projectile de 120 kg envi-

sont peu en rapport avec les possibilités du canon.

La solution paraît devoir être recherchée par l'emploi de *projectiles-fusées*, chargées d'un gaz comprimé dont les émissions successives sont provoquées par un mécanisme d'horlogerie une fois que ces projectiles, tirés par un canon, ont pénétré dans les hautes régions de l'atmosphère. Des portées de plusieurs centaines de kilomètres seraient atteintes.

L'autopropulsion est évidemment applicable quand la distance à l'objectif est bien moindre. Mais le projectile autopropulsé est beaucoup plus sensible que le projectile habituel aux influences atmosphériques et sa précision est inférieure. Aussi les projectiles en question conviennent-ils surtout aux tirs d'interdiction et de repréailles sur des surfaces très étendues, mesurant plusieurs kilomètres dans tous les sens quand la distance est très grande (villes, bassins industriels situés entre 150 et 250 km). Général F. CULMANN (C. R.).

PRENONS L'ÉCOUTE

AU DELA DE L'URANIUM : L'ÉLÉMENT 93... ET LA SUITE

Il y aura bientôt soixante-dix ans que Mendelejeff montra la *périodicité des propriétés chimiques* manifestée par les éléments lorsqu'on les classe par ordre de poids atomiques croissants, et dressa le tableau bien connu, dans lequel les éléments analogues se trouvent groupés dans la même colonne ; dès cette époque, il apparut clairement que la périodicité ainsi mise en lumière correspondait réellement à la nature intime de la matière, et, de fait, les travaux qui suivirent vinrent apporter une éclatante confirmation à la géniale conception de Mendelejeff.

Dans le tableau tel qu'il se présentait primitivement, quelques cases restaient vides ; or, tandis que ses adversaires voulaient trouver là un argument à lui opposer, Mendelejeff n'hésitait pas à proclamer que ces cases correspondaient à des éléments existants, et qu'il suffirait de les chercher pour les trouver ; il alla même jusqu'à donner des noms aux trois premiers de ces éléments manquants, qui sont actuellement : le *scandium* (n° 21) le *gallium* (n° 31) et le *germanium* (n° 32), et qui furent effectivement isolés respectivement par Nilson en 1879, Lecoq de Boisbaudran en 1875, et Winkler en 1886 ; dès lors, la conception de Mendelejeff n'était plus discutable ; elle fut encore confirmée par la découverte du *polonium* (n° 84) par M^{me} Curie en 1898 ; enfin, le xx^e siècle voit se remplir peu à peu toutes les cases libres : parmi les éléments nouveaux, nous citerons tout particulièrement le *rhénium* (n° 75), qui présente cette particularité d'être immédiatement devenu un métal quasi industriel, étant employé à la confection de couples thermoélectriques, et les derniers-nés : le *mazurium* (n° 43), au sujet duquel les travaux se poursuivent, et le *moldavium* (n° 87). Aujourd'hui, le tableau de la classification périodique des éléments forme un tout bien homogène, s'étendant de l'hydrogène (n° 1) à l'uranium (n° 92), avec une seule lacune : le n° 85, homologue supérieur de l'iode, et, dans la colonne correspondant au groupe III, entre l'indium et le titane, une case « surabondante » renfermant tous les métaux des terres rares (n^{os} 57 à 71).

La périodicité des éléments était depuis longtemps déjà un fait certain, lorsque l'on en trouva la cause dans la structure même de l'atome, système planétaire minuscule dans lequel la charge du noyau positif, qui joue le rôle du soleil, représente précisément les numéros atomiques ; les lecteurs de *La Science et la Vie* savent quel merveilleux essor a pris récemment l'étude de ce « petit monde », qui fait l'objet de la *physique nucléaire* (1) ; bornons-nous à rappeler ici que la méthode d'investigation la plus féconde de cette science nouvelle consiste à bombarder l'atome à étudier avec des corpuscules rapides qui peuvent être des *protons* (noyaux d'atomes d'hydrogène), des *deutons* (noyaux d'atomes d'hydrogène lourd ou deutérium (2)), des *particules α* (noyaux d'atomes d'hélium) ou enfin — et surtout — des *neutrons* (résultat de l'union d'un proton et d'un négaton) ; ces derniers, électriquement neutres (d'où leur nom), ne sont nullement freinés dans leur course par la barrière de potentiel que crée la charge positive du noyau, et permettent ainsi de réaliser des transmutations nombreuses sur la plupart des atomes.

C'est grâce à ces projectiles si puissants que M^{me} Irène Joliot-Curie — à qui

(1) Voir *La Science et la Vie* n° 258 page 440. — 2) Voir *La Science et la Vie* n° 202 page 346.

l'on doit la découverte des radioéléments artificiels — a pu récemment, en collaboration avec M. Paul Savitch, *non plus compléter, mais étendre le tableau de Mendelejeff* au delà de l'uranium qui, nous l'avons vu, en constituait jusqu'à présent la fin, avec le numéro atomique 92. Irradié par un faisceau de neutrons, l'uranium donne un mélange de radio éléments qui, d'après MM. Hahn, Meitner et Strassmann, comporterait, à côté d'isotopes de l'uranium, les *quatre éléments transuraniens* n^{os} 93, 94, 95 et 96, homologues du rhénium, de l'osmium, de l'iridium et du platine ; opérant avec une source de neutrons constituée par un tube radon-glucinium de 300 à 1 000 millicuries et employant comme appareil de mesure un compteur de Geiger-Muller à parois d'aluminium minces, les savants français ont pu mettre en évidence la formation d'un nouveau radioélément, caractérisé par sa période de 3,5 heures, qui serait également un élément transuranien, mais dont les propriétés sont très différentes des précédents.

Ainsi donc, l'uranium ne constitue plus le terme ultime des éléments connus. Jusqu'où ira l'exploration du domaine transuranien et quels résultats nouveaux peut-elle nous apporter ? Il serait évidemment bien prématuré de le dire, et il est fort possible que de nouvelles surprises nous soient ménagées dans cette voie, surtout si l'on parvient à entamer la 7^e série de la classification, où l'on devrait trouver, avec un élément qui serait le n^o 97, dans le groupe 0, l'homologue supérieur du radon.

Une autre question qui vient à l'esprit est celle de l'existence possible d'*éléments transuraniens naturels* ; bien peu de recherches ont été faites jusqu'ici dans cette voie, et ce n'est que tout récemment que M. Hulubei — à qui l'on doit déjà le maldavium, dont nous parlions plus haut — et Mlle Yvette Cauchois ont pu, par une patiente étude spectrographique de minéraux uranifères et rhénifères (pechblendes, columbites, etc.), observer quelques raies semblant bien appartenir à l'élément 93, qui existerait ainsi à l'état naturel en quantité suffisante pour être décelé spectroscopiquement et, probablement, pour être concentré chimiquement.

ÉGYPTE-AUSTRALIE SANS ESCALE

L'aviation britannique a mis récemment à son actif un très bel exploit. Le 5 novembre 1938, à 3 heures du matin, trois *Vickers-Wellesley*, équipés de moteurs « Bristol Pegasus », décollaient d'Ismailia, près du Caire ; 48 heures et 7 minutes après l'envol, l'une de ces machines atterrissait à Port-Darwin (Territoire du Nord, Australie) ; la deuxième se posait trois minutes après sur le même terrain ; la troisième arrivait à bon port également, quoiqu'un peu plus tard parce que son équipage, craignant de manquer d'essence, avait jugé bon d'atterrir à Koepang, aux Indes néerlandaises. La distance entre Ismailia et Port-Darwin est d'environ 11 500 km. Jusqu'à Koepang, il y a plus de 10 000 km.

L'aviation britannique s'est ainsi attribué, avec trois appareils, le record du monde de distance sans escale, qui appartenait précédemment à un équipage soviétique placé sous les ordres de Gromor. Celui-ci avait relié Moscou à la Californie en passant par le pôle. Il importe de souligner que la vitesse moyenne de l'*Ant-25* de Gromor avait été de 163 km/h ; celle des *Vickers* britanniques sur le parcours Egypte-Australie, ressort à 240 km/h ! Et cependant les appareils — c'est là l'un des points les plus importants — étaient des avions de série, pris dans un stock de deux cent cinquante appareils du même type, récemment livrés aux forces aériennes britanniques. Seul, l'armement avait été supprimé et remplacé par quelques réservoirs de combustible supplémentaires.

La préparation méthodique de ce voyage exceptionnel entrepris en vol de groupe fait le plus grand honneur à l'aéronautique britannique.

Afin de mettre le plus de chances de leur côté avant de se lancer à l'assaut du record du monde, l'état-major britannique avait fait partir quatre *Vickers-Wellesley*,

en juillet dernier, de l'aérodrome de Cranwell à destination d'Ismailia. Ces appareils accomplirent si aisément le voyage qu'ils dépassèrent Ismailia, survolèrent Shaibah, en Irak, et, parvenus au-dessus d'un point situé entre Kowalt et Bahrein dans le golfe Persique, firent demi-tour pour rallier Ismailia. La distance ainsi parcourue, en moins de trente-deux heures, était de près de 8 000 km. La vitesse moyenne avait atteint 250 km/h. Le vol fut effectué à l'altitude générale de 3 000 m.

Il semble bien que l'état-major anglais ait ainsi voulu faire effectuer à ses équipages un long vol d'essai — le plus long accompli par une escadrille britannique en vol de groupe — afin de vérifier minutieusement la consommation des moteurs, problème essentiel quand on veut s'attaquer au record de distance sans escale, et de contrôler le bon fonctionnement des liaisons radioélectriques entre les appareils de l'escadrille et entre les appareils et les stations terrestres.

Il était prévu, à l'origine, que les quatre appareils reviendraient en Angleterre avant de tenter de battre le record soviétique. La bonne tenue du matériel au cours de ce long galop d'essai, l'exactitude reconnue des prévisions en matière de consommation, décidèrent l'état-major à brûler les étapes et à désigner immédiatement les trois équipages qui devaient effectuer le raid. Quant au quatrième, il fut chargé de gagner l'Australie par étapes, vraisemblablement afin de transporter du matériel de rechange. On sait la suite.

Ce très bel exploit montre l'excellente qualité du matériel de série (cellules et moteurs) en service dans les formations britanniques, le parfait entraînement des équipages et, enfin, l'immense intérêt porté par l'Angleterre aux longs vols sans escale. Le secret de cet intérêt n'est pas difficile à percer. Le centre de gravité de l'Empire britannique se situe à peu près sur l'océan Indien. Pour relier par la *Troisième Route*, selon l'expression de sir Philips Sassoon, les différents points de ce gigantesque Empire, il est nécessaire que les appareils anglais puissent, dans toutes les hypothèses, trouver toujours une terre anglaise où se poser.

Voilà pourquoi l'aéronautique britannique a cherché à s'approprier le record du monde de distance en hydravion et en avion. Elle y a réussi dans les deux cas : le premier avec le *Mercury-Mayo* sur le parcours Dundee (Écosse)-baie d'Alexandra (600 km au nord du Cap), et le deuxième avec ses trois *Vickers-Wellesley* (1) sur le trajet Egypte-Australie.

La renaissance de l'aviation britannique n'est pas un vain mot. C'est un fait.

DES ŒUFS DU JOUR... VIEUX DE HUIT MOIS

Si le froid permet de maintenir les denrées à l'abri de la putréfaction, il n'en reste pas moins que les aliments ainsi conservés perdent souvent une partie de leur valeur, sinon nutritive, du moins gastronomique, et, si les préventions de la ménagère vis-à-vis de la « frigo » ne sont pas justifiées, le gourmet reconnaît sans peine le produit frais de celui qui a été entreposé.

Ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne les œufs ; le froid entrave bien le développement des microorganismes, mais ne fait que ralentir les modifications que subit l'œuf indépendamment de l'action de ceux-ci : le blanc devient plus fluide, permettant le déplacement du jaune qui vient au contact de la membrane (chorion) ; l'indice d'acidité, le *pH* (2), passe de 7,8 à 9,5 ; parallèlement, l'albumine se décompose partiellement en peptides, et finalement il y a mise en liberté de traces d'ammoniaque qui, si minimes soient-elles, affectent fort désagréablement le palais.

Tout ceci peut être évité grâce à un procédé bien simple et, d'ailleurs, assez anciennement connu — il a été préconisé il y a trente ans par F. Lescardé, — mais

(1) Monoplans de 22,3 m. d'envergure, équipés de moteurs Bristol « Pegasus » de 900 ch.

(2) Rappelons que le *pH* est, par définition, le cologarithme de la concentration des ions hydrogène ; dire que le *pH* de l'eau pure est de 7 signifie que 1 litre d'eau pure contient 10^{-7} , soit 0,000 000 1 iongramme d'hydrogène. Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 95.

qui n'avait guère été mis en pratique : il consiste à allier à l'action du froid (environ 0°) celle du gaz carbonique ; il n'est d'ailleurs pas nécessaire que l'atmosphère entourant les œufs à conserver soit entièrement constituée par ce gaz : pratiquement, il suffit que l'air en contienne de 10 à 15 % pour que le résultat cherché soit atteint. Ce procédé est actuellement mis en œuvre sur une grande échelle, notamment à Courtrai et à Ostende. Voici comment sont comprises ces installations modernes :

Les œufs — qui doivent, bien entendu, être parfaitement frais — sont tout d'abord triés et pesés, puis placés en un seul lit dans des cadres en bois munis d'alvéoles en carton paraffiné ; après un dernier mirage, les cadres sont empilés dans des sortes d'autoclaves métalliques de 3 à 4 m de diamètre et de 21 m de long, pouvant contenir jusqu'à 1 million d'œufs ; on fait alors le vide dans l'autoclave, puis on y introduit le mélange d'air et de gaz carbonique sous une légère surpression, et le tout est placé en chambre frigorifique entre 0° et + 1°. Un point délicat est constitué par l'élimination de l'humidité (il ne faut pas perdre de vue que toute condensation de vapeur d'eau donnerait naissance à une solution d'acide carbonique qui dissoudrait les coquilles, sous forme de bicarbonate de chaux) ; il est aujourd'hui facilement résolu par l'adjonction de tubes supplémentaires, parcourus par une saumure à très basse température, sur lesquels l'humidité se condense ; une bonne méthode consiste d'ailleurs à sécher les œufs, avant de faire le vide, au moyen d'un courant d'air chaud.

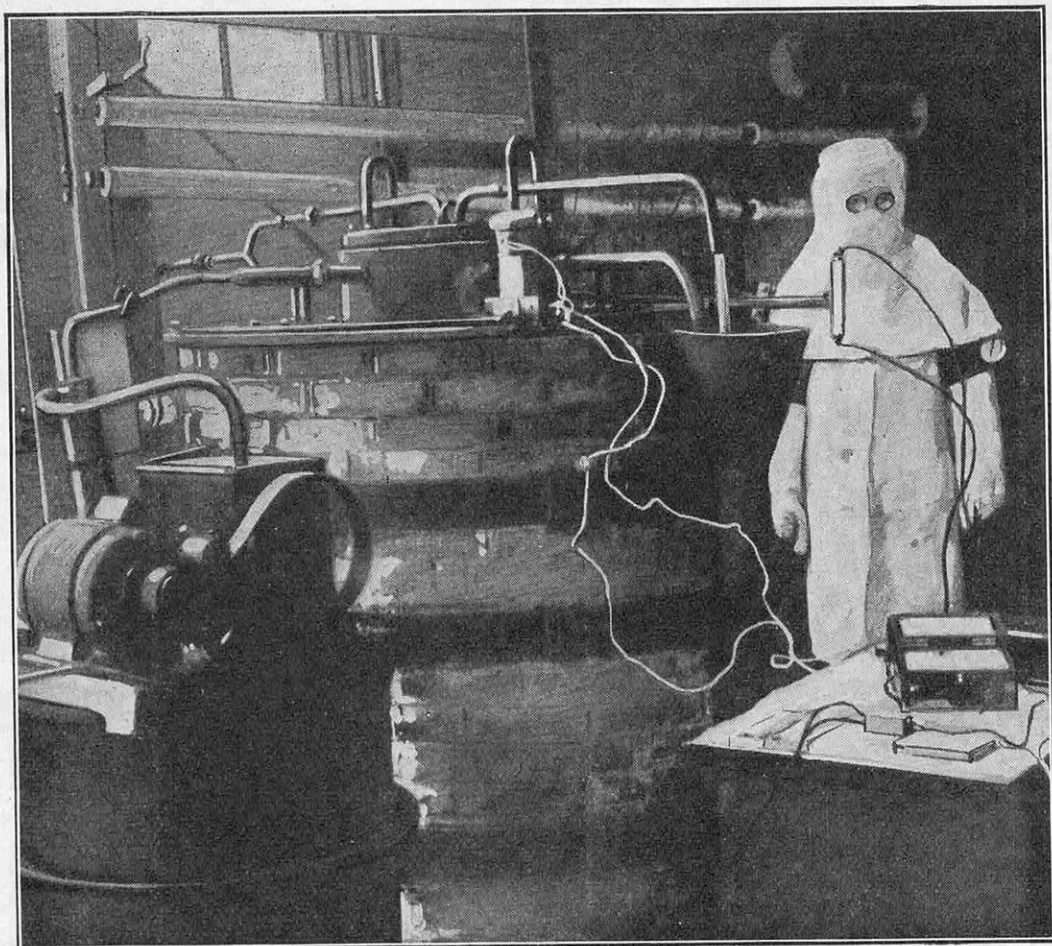
Les résultats obtenus sont parfaits, et l'on peut dire sans trop d'exagération que les œufs sortent de l'autoclave au bout de huit mois dans l'état exact où ils y ont été mis.

UNE DES PLUS ANCIENNES CONQUÊTES DE L'ÉLECTROCHIMIE, LE CALCIUM, REVIENT A L'ORDRE DU JOUR

Le calcium est, après l'aluminium, le métal le plus abondant dans l'écorce terrestre : son carbonate, la *calcite*, constitue la pierre à chaux, base de tous les calcaires ; son sulfate hydraté, le *gypse*, est la pierre à plâtre. Si l'on ajoute à cela que cet élément put être isolé, il y a cent trente ans, par Davy, Berzélius et Pontin, — utilisant, à une échelle bien modeste, l'action chimique du courant électrique sur un mélange humide de chaux et d'oxyde de mercure, — si l'on considère en outre que la fabrication électrochimique industrielle du calcium a été réalisée il y a plus de vingt ans (notamment aux usines de Clavaux de la Société française d'Electrochimie), on peut être surpris qu'un métal si répandu et si anciennement connu n'ait pas pris une place plus grande dans la métallurgie moderne.

En fait, il semble bien que la situation soit sur le point de changer, car — ainsi que le faisait récemment remarquer M. le professeur Bastien, qui a particulièrement travaillé la question — le calcium est maintenant au point où en était le magnésium en 1915 : les difficultés de fabrication et de raffinage sont résolues, et le métal peut être fourni, à un degré de pureté satisfaisant, à un prix qui ne fera que diminuer à mesure que les débouchés s'étendront.

La préparation se fait aujourd'hui presque exclusivement par électrolyse du chlorure anhydre fondu ; une première purification du métal brut d'électrolyse est effectuée par refusion en vase clos ; elle consiste en une « liquation », c'est-à-dire en une séparation du métal fondu et du bain d'impuretés (constituées presque exclusivement par un excès de chlorure) qui le surnage. Les lingots coulés à la suite de cette opération sont formés d'un métal dont la pureté est déjà grande : 98,4 à 98,6 % de calcium, le reste étant du silicium, du fer, de l'aluminium, de la chaux, des sels de calcium, et enfin des traces de sodium et de métaux alcalins. Lorsqu'une pureté plus grande est exigée, l'on doit recourir à la sublimation dans le vide et à la refusion dans une atmosphère d'argon (le calcium fondu se combine vivement à tous les gaz usuels, et notamment à l'azote) ; ce procédé, qui peut sembler appartenir à la technique du laboratoire, est aujourd'hui industriel : il permet à l'usine



VOICI, EN FONCTIONNEMENT A L'USINE DE JARRIE (ISÈRE), UN APPAREIL DE SUBLIMATION UTILISÉ POUR LA PURIFICATION DU CALCIUM OBTENU PAR ÉLECTROLYSE

de Jarrie (de la Société d'Electrochimie) de livrer un métal à 99,5 % de pureté.

On ne doit pas être surpris, car c'est là une règle générale, que les propriétés d'un métal déjà aussi pur se soient révélées bien différentes de celles qu'indiquent les anciens ouvrages, et qui se rapportent à des produits très imparfaits. Citons notamment la *résistance à la traction*, qui s'élève à 4,4 kg/mm², et classe ainsi le calcium beaucoup plus près de l'aluminium (6 kg) que du plomb (1,8 kg).

La principale application industrielle du « nouveau » métal — n'est-il pas permis d'appliquer ce qualificatif à un élément dont les conditions d'obtention, les propriétés et... le prix viennent d'être à ce point modifiés? — est, à l'heure actuelle, la fabrication des alliages plomb calcium, qui se divisent en deux groupes : *alliages durs*, à 0,1 % de calcium environ, remplaçant le plomb antimonié dans ses divers usages, avec de précieux avantages (stabilité des propriétés mécaniques, résistance à la fatigue, etc.) ; *alliages pour frottement*, à teneur en calcium plus élevée (0,5 à 3 %), dont le plus connu est le « Bahnmétall » de la Reichsbahn : c'est un antifriccion contenant 0,75 % de calcium, avec 0,5 % de sodium et 0,5 % de lithium.

Il semble bien que ces alliages, et ceux que ne manquera pas de créer l'ingéniosité des métallurgistes, assureront au calcium, dans un proche avenir, des débouchés autrement importants que ceux qui correspondent aux anciens emplois de ce métal comme désoxydant, déshydratant, pour la fabrication de l'hydrure ou « hydro-lithe », etc.

QUE NOUS RÉVÈLE LA PHOTOGRAPHIE AU CENT-MILLIONIÈME DE SECONDE ?

Par Pierre KESZLER

Quand Marey, au siècle dernier, eut analysé le mouvement des animaux à l'aide d'une série de silhouettes photographiées, on s'aperçut que rares étaient les artistes qui, jusque là, avaient donné des « instantanés » corrects du galop d'un cheval. Et pourtant le galop d'un cheval est un mouvement relativement lent. Aujourd'hui, les vitesses des phénomènes que l'ingénieur doit étudier — qu'il s'agisse de l'onde de choc ou des effets de « turbulence » engendrés par un obus, de la cavitation derrière une pale d'hélice, ou de la propagation d'une explosion dans un cylindre de moteur — sont souvent égales ou supérieures à la vitesse du son. On conçoit aisément la difficulté que présente l'observation directe de ces phénomènes pour lesquels la photographie au millième de seconde se révèle tout à fait insuffisante. Voici un nouvel appareil de photographie et de stroboscopie qui permettra de « fixer » le cent-millionième de seconde, et qui, à ce titre, doit rendre les plus grands services au laboratoire et à l'usine, dans des domaines où, pendant longtemps, savants et ingénieurs ont été réduits à énoncer des hypothèses plus ou moins justifiées et, en tout cas, impossibles à vérifier.

DE tout temps, une préoccupation de l'ingénieur a été de savoir comment se comportait une pièce ou une machine, non plus à l'état de repos mais en travail, voire en surcharge. Pour toutes les observations et mesures « statiques », aucune difficulté ne s'opposait au désir de l'ingénieur ou du savant. On peut mesurer la flexion d'un pont, la charge de rupture d'une éprouvette, etc., sans recourir à des méthodes complexes. Par contre, on a souvent besoin de connaître le comportement d'organes animés de mouvements rapides non plus au ralenti, mais en pleine vitesse et à pleine charge. Un procédé, déjà ancien, consiste à prendre une photographie instantanée de l'objet en mouvement. Mais, dans cette voie, on est assez vite limité. En effet, le 1/1 000 de seconde est la vitesse maximum qu'un obturateur puisse réaliser et, dans la plupart des cas intéressants, cette exposition de 1/1 000 de seconde est beaucoup trop longue pour que le corps en mouvement apparaisse immobile. Observons, par exemple, une hélice d'avion de 2 mètres de diamètre tournant à 1 000 tours/mn. L'extrémité des pales parcourt, en 1/1 000 de seconde, 0 m 10, c'est-à-dire que l'image d'un point quelconque de l'extrémité aura sur le cliché une longueur correspondant à 10 cm en vraie grandeur.

L'image sera parfaitement floue et aucune déduction ne pourra être faite de cette photographie. *A fortiori*, aucune observation

directe ne peut être entreprise, puisque, en vertu de la persistance des impressions rétinienne, notre œil ne voit, en fait d'hélice, qu'un disque transparent.

L'observation stroboscopique

Il y a déjà un certain temps que, pour pénétrer dans le domaine de l'observation des machines en mouvement, on a recouru aux phénomènes de stroboscopie (1). Lorsqu'un corps animé d'un mouvement périodique est éclairé pendant un laps de temps très court, et si, à chaque éclaircissement, il occupe la même place sur le cycle de son mouvement, l'observateur voit ce corps immobile.

On connaît ces disques de carton portant des bandes alternativement noires et blanches, que l'on pose sur le plateau d'un phonographe, pour en contrôler la vitesse. Les lignes noires sont tracées de telle sorte qu'à la vitesse de 78 tours à la minute, il s'écoule 1/100 de seconde entre le passage en un point donné de deux lignes noires successives. Comme le secteur électrique de distribution alternatif à une fréquence de 50 pér/s, soit 100 alternances, les lampes électriques qu'il alimente ne donnent pas, comme on pourrait le croire, une émission continue de lumière, mais 100 éclats lumineux par seconde. Les lignes noires et blanches, n'étant éclairées que chaque 1/100 de seconde, ont le temps de se remplacer les unes par les autres au cours de la période d'obscurité relative comprise

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

entre deux éclats. L'œil a donc l'impression que toutes ces lignes sont immobiles.

Cette méthode d'observation stroboscopique ne peut donner avec des lampes à

incandescence que des résultats assez médiocres en raison de l'inertie calorifique des filaments. Autrement dit, les moments pendant lesquels l'objet en mouvement est éclairé sont beaucoup trop longs pour permettre une observation précise et scientifique des phénomènes. D'autre part, à mesure que la fréquence de passage de l'objet à étudier en un même point devient plus considérable, les instants d'illumination doivent se succéder plus rapidement. On utilise alors des sources lumineuses de très faible inertie. Les tubes à gaz raréfiés conviennent parfaitement à cet usage et constituent la caractéristique des appareils « stroborama » (1).

Fonctionnement du « stroborama »

Nous donnons ci-contre le schéma de principe de l'appareil appelé « stroborama ». Comme on peut le voir sur ce croquis, un circuit, qu'on peut appeler circuit-pilote, est commandé par la machine à observer et détermine dans un tube luminescent une décharge électrique.

Cette décharge étant de faible intensité, n'illumine pas le tube, mais le rend conducteur. De ce fait, la résistance opposée à la décharge d'un autre circuit, à grande puissance, devient insuffisante et le tube luminescent émet un éclair lumineux assez in-

tense pour qu'on puisse se servir de l'appareil en plein jour. Le tube luminescent est enroulé sur lui-même dans une sorte de projecteur, et contient, suivant les utilisations, du néon, du krypton ou du xénon.

Le « stroborama » trouve de nombreuses applications dans les usines, les laboratoires industriels ou de recherches, les écoles techniques, etc.

Chaque fois que l'on veut étudier un mouvement périodique, on a recours à la méthode stroboscopique. Qu'il s'agisse de moteurs à explosions, à injection, de turbines, d'embellages de locomotives, d'hélices d'avions, d'hélices marines, voire de balanciers de montres, les enseignements fournis par cette méthode ont permis d'utiles progrès.

L'observation « au ralenti »

Un perfectionnement intéressant du « stroborama » consiste à déphaser légèrement le synchronisme entre la machine à étudier et les éclats lumineux. Ces derniers se produisant chaque fois avec un léger retard, la pièce étudiée aura parcouru une distance un peu plus grande sur son cycle. Au lieu de la voir immobile, comme lorsque le synchronisme est rigoureux, l'observateur peut

suivre, *au ralenti*, le mouvement dans chacune de ses phases. Mais, contrairement à ce qui se passerait si la machine tournait lentement, on ne voit pas les éléments travailler à charge réduite, mais au régime normal d'utilisation. C'est par cette méthode, par exemple, qu'on a amélioré le rendement

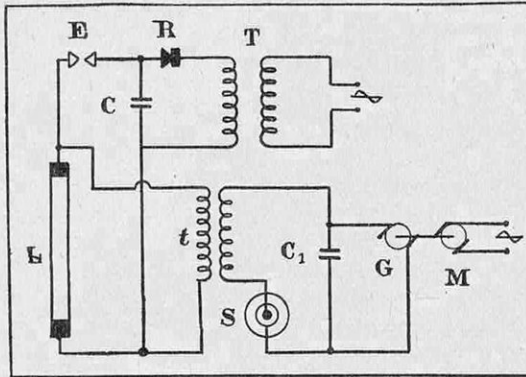


FIG. 1. — PRINCIPE DU « STROBORAMA »

Quand on coupe un courant de grande intensité, il se produit, par suite des effets de self-induction, un arc électrique dont la durée est courte mais non négligeable. Le dispositif ci-dessus a pour but de supprimer cet arc de rupture en vue d'obtenir une étincelle instantanée. Il se compose de deux circuits : l'un destiné à produire l'éclair lumineux dans le tube luminescent L, l'autre à provoquer cet éclair. Dans le premier circuit, le secteur alternatif, par l'intermédiaire d'un transformateur T et d'un redresseur R, charge continuellement le condensateur C. Celui-ci peut se décharger au travers du tube luminescent L et de l'éclateur E. Mais l'écartement des pôles de l'éclateur est réglé de telle sorte que la décharge ne puisse se produire lorsque le tube L n'est pas ionisé. Le second circuit, monté en dérivation sur le tube L, a pour fonction de l'ioniser. Ce circuit comprend un condensateur C₁ constamment chargé par une génératrice G mue par un moteur M, le primaire d'un transformateur sans fer t, et un rupteur S synchronisé avec la machine à étudier. Lorsque le synchroniseur ferme le circuit C₁, un courant à haute tension est engendré dans le secondaire du transformateur t, et provoque pendant un temps très court l'ionisation du tube L. Celui-ci, rendu ainsi conducteur, n'a plus la résistance suffisante pour s'opposer à ce que le condensateur C se décharge à travers l'éclateur E, produisant dans le tube L, par suite de la grande intensité qui passe dans le circuit CEL, un éclair très puissant. Par contre, le courant circulant dans le circuit C₁St étant faible, les contacts du rupteur S ne s'altèrent pas, et la production d'un arc de rupture en S est ainsi évitée.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 102, page 591.

et le silence des distributions dans les moteurs à explosions. Il a suffi d'observer au « stroborama » des arbres à cames et des soupapes pour dépister certaines causes de mauvais remplissage des cylindres et rectifier les profils de cames défectueux.

La photographie au millionième de seconde

Si, pour l'observation directe, la méthode stroboscopique convient parfaitement, il faut recourir à un moyen d'enregistrement précis pour effectuer des mesures. Toute mesure directe étant impossible sur un organe en mouvement, ce sera la plaque photographique qui va se charger de noter fort exactement toutes les indications fournies par le stroborama. Deux méthodes s'offrent à notre choix. La première consiste tout simplement à prendre un cliché pendant l'observation directe. Le pouvoir actinique de certains tubes étant considérable, nul besoin de poser bien longtemps. Mais, en principe, on ne se sert de cette méthode que si le phénomène étudié est parfaitement périodique. D'une manière générale, on préfère tirer la photographie en n'éclairant la machine que d'un seul éclat (1). Pour cela, on adjoint au circuit de décharge un condensateur supplémentaire dont l'énergie, s'ajoutant à celle qui est fournie par le dispositif normal, donne à l'éclair une puissance considérable. Il faut alors opérer en chambre noire ou tout au moins en lumière atténuée, car l'obturateur est ouvert quelques instants avant le déclenchement de l'éclair et fermé un peu après. La durée de cet éclair n'est que de 1 millionième de seconde, ce qui permet d'obtenir des clichés d'une grande netteté.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 166, page 335.

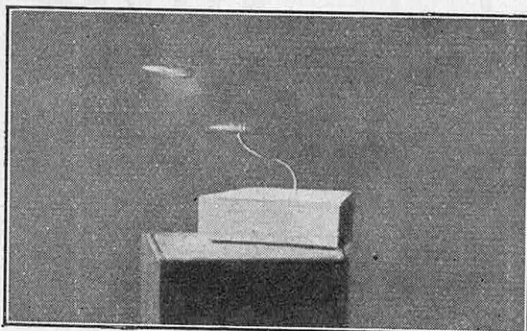


FIG. 2. — BALLE DE FUSIL LEBEL PHOTOGRAPHIÉE AU MILLIONIÈME DE SECONDE. L'instantané au millionième est insuffisant, comme on peut s'en rendre compte sur ce document en comparant le flou de la balle en mouvement avec la netteté de la balle immobile (en bas).

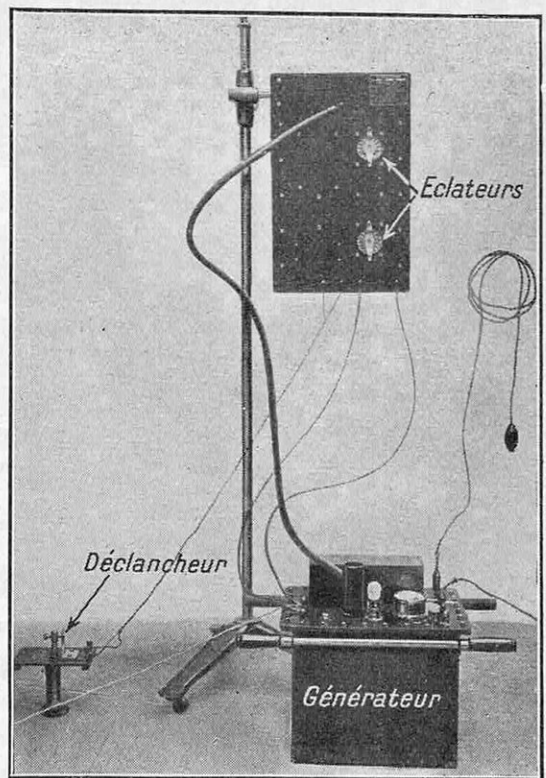


FIG. 3. — L'APPAREIL DE PHOTOGRAPHIE AU CENT-MILLIONIÈME DE SECONDE

Au premier plan, le générateur portatif alimenté par le secteur. Derrière lui, le panneau sur lequel sont montés deux éclateurs. Par terre, le dispositif déclencheur déterminant l'étincelle au moment choisi. Si les deux éclateurs fonctionnent ensemble, on obtient des ombres stéréoscopiques.

On se sert presque exclusivement, pour la photographie, de stéréoscopes, dont les images donnent l'impression du relief et offrent à l'observateur une vision très supérieure des détails, les mesures pouvant être effectuées sur l'une des deux images.

Nous avons pu voir ainsi l'effet de cavitation provoqué dans une veine liquide par une hélice tournant dans un canal d'observation, et le décollement des filets d'eau, peu évident sur l'épreuve unique, devenait saisissant lors de l'observation stéréoscopique.

Le cinéma à très grande vitesse

Les cameras de prises de vues cinématographiques ne peuvent, mécaniquement, dépasser la cadence de 120 à 138 images à la seconde sans détériorer le film. Cette cadence, qui, à la projection, donne un ralentissement de 5 (film sonore) ou de 8 (film muet) suffit habituellement pour l'étude des mouvements d'êtres vivants. Pour l'enre-

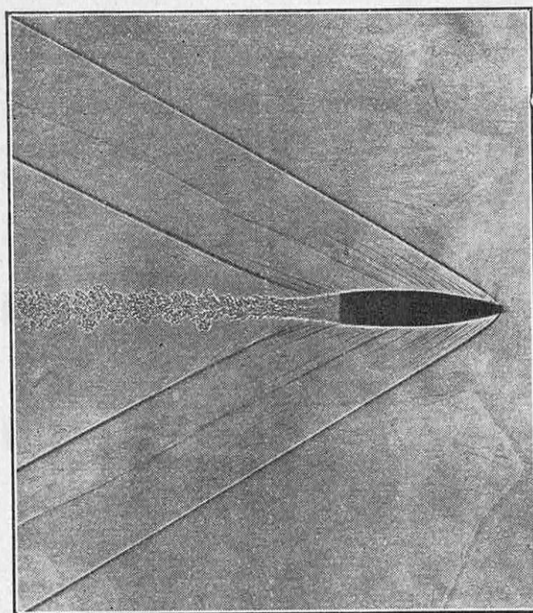


FIG. 4. — PHOTOGRAPHIE SANS OBJECTIF, AU CENT-MILLIONIÈME DE SECONDE, D'UNE BALLE DE FUSIL LEBEL

Ce cliché n'est pas une photographie à proprement parler, mais l'ombre portée d'une balle se déplaçant sur sa trajectoire. L'étude attentive de ce remarquable document montre que le projectile semble entouré d'une gaine blanche, trahissant une zone de perturbation tout au long du corps de la balle et s'épaississant vers le culot. L'onde de choc de tête de la balle est parfaitement nette, la mesure de son angle donne la vitesse : 665 m/s (voir fig. 5) Le creux du sillage de la balle (zone de dépression) détermine une seconde onde de choc, sensiblement parallèle à la première. Entre ces deux ondes de choc, on en distingue une troisième, moins accusée et périodiquement interrompue. C'est l'onde provoquée par la gorge de sertissage, partiellement comblée par les rayures de l'arme. Une mesure effectuée sur cette onde de choc permet de calculer la vitesse de rotation de la balle. On distingue, à la tête de l'onde de choc principale, une sorte de doublage, d'un seul côté. Cette particularité signifie que la balle est très légèrement inclinée sur sa trajectoire. Enfin, l'étude à la loupe du cliché original permet d'observer que de nombreuses ondes de choc naissent au long du corps de la balle, décelant autant de fines aspérités. Observé de la même façon, le sillage révèle que les tourbillons s'enroulent littéralement sur eux-mêmes, en forme hélicoïdale. Dans certains cas, pour rendre encore plus apparents tous ces phénomènes, on déclenche simultanément deux éclairs afin d'obtenir un effet stéréoscopique.

gistrement de phénomènes plus rapides, il fallait trouver autre chose. L'impossibilité d'entraîner le film image par image a entraîné les chercheurs dans une autre voie :

le film est enroulé sur un tambour tournant à grande vitesse, d'un mouvement continu. Au moment choisi, le stroborama émet une série d'éclairs correspondant au nombre d'images à impressionner. Ces éclairs ne durant que 1 millièmième de seconde, donnent sur le film, et malgré la vitesse de déroulement, des images parfaitement nettes. Bien entendu, le dispositif d'entraînement du tambour comme celui qui détermine la série d'éclairs sont synchronisés avec le mouvement à étudier, afin que les éclairs impressionnent le film en une succession régulière d'images. La cadence de prise de vues peut dépasser le chiffre de 10 000 à la seconde. Les appareils courants contiennent environ 1 m de film, ce qui correspond à une cinquantaine d'images.

Du millièmième de seconde au centième de millièmième de seconde

En dépit des qualités du procédé stroboscopique et de la photographie au millièmième de seconde, cette faible durée de l'éclair lumineux s'avérait encore excessive pour l'étude de certains phénomènes, notamment ceux qui ressortissent de la balistique et de l'aérodynamique aux vitesses supersoniques. Une balle de fusil Lebel, par exemple, quitte le canon de l'arme à une vitesse de 700 m à la seconde ; si nous la photographions au millièmième de seconde, elle parcourra, pendant le temps de l'illumination, 7/10 de mm, ce qui empêchera toute netteté photographique. Pour pouvoir tirer un cliché à une vitesse supérieure, il faut créer un circuit de décharge dont l'inductance soit réduite au minimum. Voici comment la technique du colonel Libesart a résolu le problème. Le circuit générateur du « stroborama » charge un condensateur, mais qui n'est plus déchargé dans un tube lumineux.

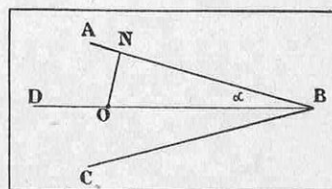


FIG. 5. — COMMENT ON DÉTERMINE LA VITESSE D'UN MOBILE D'APRÈS L'ANGLE FORMÉ PAR L'ONDE DE CHOC
La perturbation produite en O par le passage du mobile s'est propagée, à la vitesse du son, jusqu'en N pendant que le mobile parcourait la distance OB. Le rapport des vitesses ou des chemins parcourus, est déduit de la mesure de l'angle α .

De même que, dans le « stroborama », un éclair-pilote à faible intensité détermine un éclat à grande puissance, de

même, dans ce nouvel appareil, une étincelle-pilote provoque une puissante étincelle électrique ponctuelle dans un éclateur spécial. Cet éclateur est formé par une pointe et une plaque séparés par un diélectrique de grande rigidité et percé d'un canal circulaire de 2/10 de mm de diamètre. Ce canal se prolonge au travers de la plaque métallique, à l'extérieur de l'appareil. Lorsque le condensateur se décharge dans cet éclateur, l'étincelle jaillit à l'intérieur du canal et sa lumière se propage par son extrémité. L'importante énergie emmagasinée par le condensateur produit une étincelle nourrie, riche de radiations violettes et ultraviolettes, que l'on utilise en enregistrant, sur la plaque ou le papier sensibles, l'ombre portée de l'objet à photographier. De la sorte, le pouvoir actinique des rayons violets et ultraviolets est employé intégralement, n'étant pas partiellement absorbé par le verre d'un objectif (1). En outre, la source lumineuse, étant constituée

par un cercle dont le diamètre est de l'ordre de 2/10 de mm, peut être assimilée à une source ponctuelle; donc les ombres portées

(1) On sait que le verre intercepte une grande partie des radiations ultraviolettes.

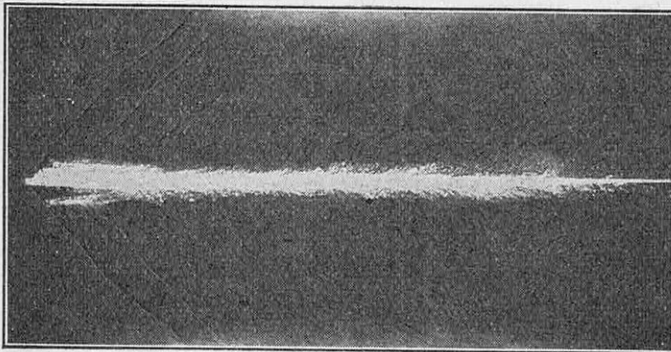


FIG. 6. — INJECTION D'UN MOTEUR A HUILE LOURDE PHOTOGRAPHIÉE AU CENT-MILLIONIÈME DE SECONDE (ÉPREUVE DIRECTE NÉGATIVE SUR PAPIER)

On sait que, dans les moteurs à combustion interne, la question de l'injection est capitale. Voici un cliché montrant que l'injection s'effectue à une vitesse d'environ 400 m/s. L'étude de tels documents permet de trouver la quantité optimum de combustible injecté, tandis que l'étude des diverses phases des mêmes phénomènes au stroboscope indiquera avec la plus absolue précision le moment idéal pour procéder à cette injection.

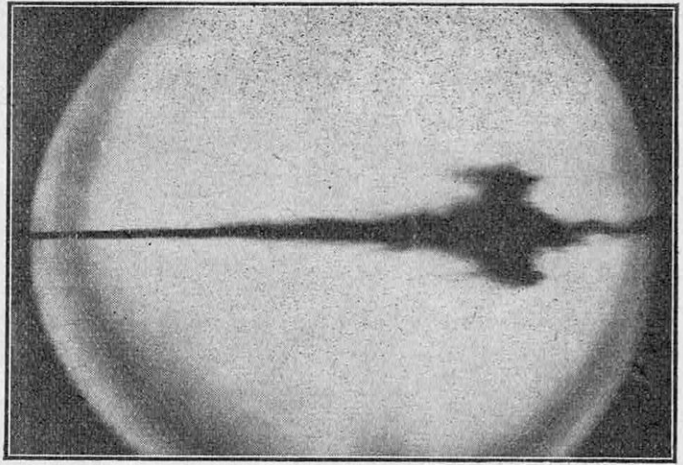


FIG. 7. — LE PHÉNOMÈNE DE RÉINJECTION DANS UN MOTEUR A HUILE LOURDE MIS EN RELIEF PAR LA PHOTOGRAPHIE AU MILLIONIÈME DE SECONDE

Lorsque, dans une injection d'huile, la distribution cesse, les conduites métalliques qui, auparavant, étaient soumises à une pression intérieure considérable, se contractent et chassent le résidu d'huile qu'elles contiennent. Il s'ensuit une véritable réinjection qui contrarie la dispersion et se produit trop tard dans le cycle du moteur. Ce phénomène, mis en relief par la photographie au millionième de seconde, a pu être minutieusement étudié grâce à la stroboscopie et presque totalement éliminé après modification de la distribution.

sont parfaitement nettes. Pour faire une photographie au 1/100 000 000 de seconde, on opère, soit en chambre noire éclairée en rouge inactinique, soit de nuit, en plein air, même par clair de lune. On installe un

stand de tir, les projectiles lancés par l'arme à feu se perdant dans une caisse à sable d'épaisseur suffisante. Parallèlement à la trajectoire et à environ 50 cm, on dispose une planchette destinée à recevoir, soit une plaque, soit du papier sensible au bromure d'argent.

A 4 ou 5 m de là, perpendiculairement à la surface sensible, on place l'éclaireur à étincelle, tandis qu'un appareil subissant le souffle de l'arme est installé près de sa bouche et légèrement au-dessous de la trajectoire. C'est cet appareil qui, au départ du coup, déclenchera l'éclair lumineux.

Ce que montrent les photographies au centième de millionième de seconde

Le pouvoir actinique de l'étincelle est si considérable qu'à plus de 5 m, elle est capable

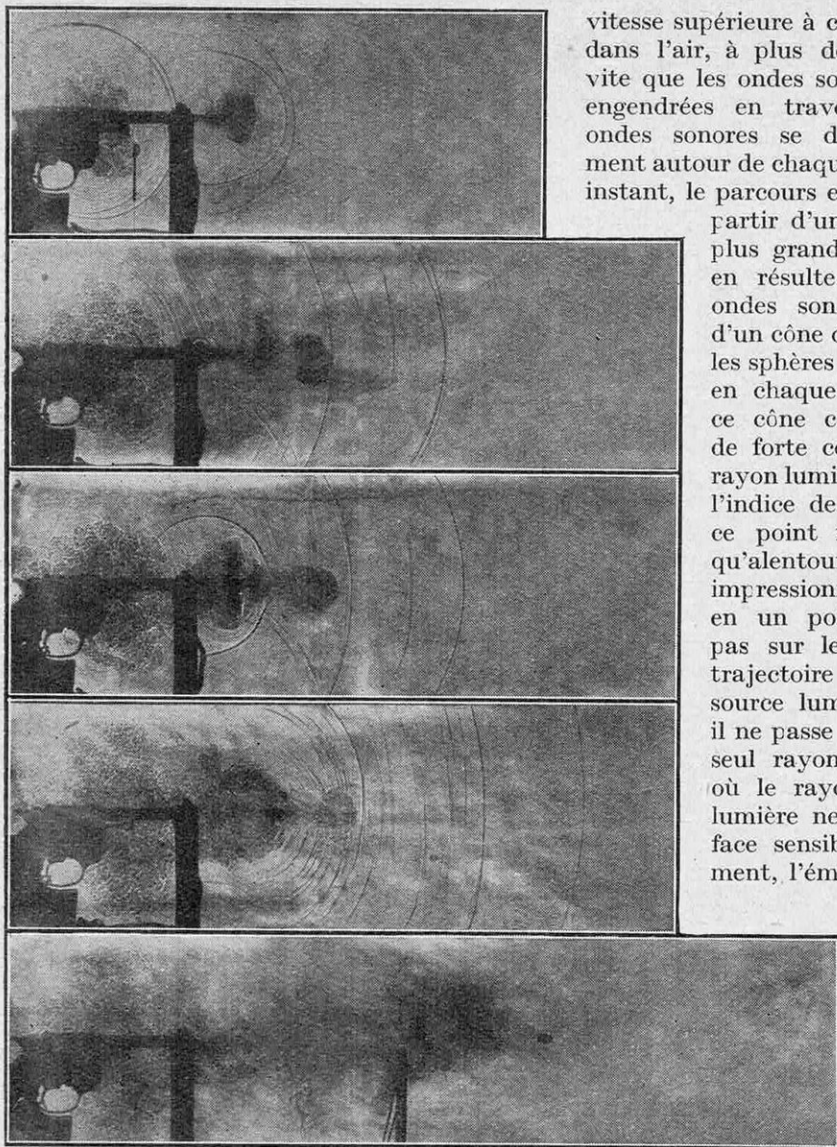


FIG. 8. — PHASES SUCCESSIVES DU TIR D'UN REVOLVER

Les gaz de la poudre sont émis à une vitesse supérieure à celle du son, et à chaque émission correspond une onde de choc. Par contre, la balle va moins vite que le son ; elle ne produit pas d'onde de choc.

d'impressionner 10 m^2 de surface sensible rapide. Sur les photographies obtenues par cette méthode, on peut découvrir beaucoup de choses. En effet, outre l'ombre de l'objet considéré, qui peut donner des indications fort intéressantes sur son comportement, on remarque de nombreuses lignes qui ne sont autre chose que les ondes de choc constituées par les enveloppes des ondes sonores émises par l'objet en mouvement. Comment se fait-il que ces ondes soient visibles sur l'épreuve ? L'explication est simple : lorsqu'un corps se déplace à une

vitesse supérieure à celle du son, c'est-à-dire dans l'air, à plus de 340 m/s , il va plus vite que les ondes sonores qu'il a lui-même engendrées en traversant le milieu. Ces ondes sonores se développent sphériquement autour de chaque point, mais, à chaque instant, le parcours effectué par le mobile à partir d'un point déterminé, est plus grand que celui du son. Il en résulte que l'enveloppe des ondes sonores affecte la forme d'un cône dans lequel s'inscrivent les sphères de propagation du son en chaque point. La surface de ce cône correspond à une zone de forte compression. Lorsqu'un rayon lumineux frappe cette zone, l'indice de réfraction de l'air en ce point n'étant pas le même qu'alentour, il est dévié et va impressionner la surface sensible en un point qui ne se trouve pas sur le prolongement de sa trajectoire initiale. Comme la source lumineuse est ponctuelle, il ne passe en chaque point qu'un seul rayon lumineux ; donc, là où le rayon est dévié, aucune lumière ne vient frapper la surface sensible, et, au développement, l'émulsion ne noircira pas.

Ailleurs, par contre, les rayons directs ayant frappé le bromure d'argent détermineront des plages sombres. Sur la copie positive, bien entendu, les zones claires et sombres s'intervertissent.

L'angle formé par l'onde de choc ainsi photographiée permet de calculer la vitesse instantanée du mobile considéré avec une précision supérieure à tous les autres procédés connus. En effet, dans ce cas, l'étalon de comparaison — en l'espèce la vitesse de propagation du son dans l'air — est du même ordre de grandeur que la vitesse à mesurer, ce qui autorise une approximation plus poussée.

Comment a-t-on mesuré la durée de l'étincelle électrique ?

Nous avons dit que la durée de l'éclair lumineux produit par cet appareil était du

centième de millionième de seconde. On a mesuré cette durée en photographiant l'explosion d'un cordeau détonnant. L'angle formé par l'onde de choc indiquait la vitesse de propagation, soit environ 6 000 m/s. Le point de combustion se déplaçait donc à la même vitesse ; or, ce point était net sur la photographie. Un calcul simple montre qu'un éclair lumineux de plus d'un centième de millionième de seconde n'aurait montré qu'une image floue.

Les observations permises par cette méthode

L'étude de certains phénomènes balistiques est grandement facilitée par la photographie à très grande rapidité. Les épreuves obtenues directement sur papier montrent les projectiles sur leur trajectoire, en apparence immobiles. La mesure de l'angle formé par l'onde de choc indique la vitesse instantanée de la balle ou de l'obus considéré. Toutes les saillies, ou changements de profil du projectile, provoquent, comme la tête, des ondes de choc dont chacune livre de précieux enseignements. Par exemple, l'onde de choc produite par la gorge de sertissage est interrompue périodiquement, ce qui permet de calculer la vitesse de rotation de la balle. Indépendamment des ondes de

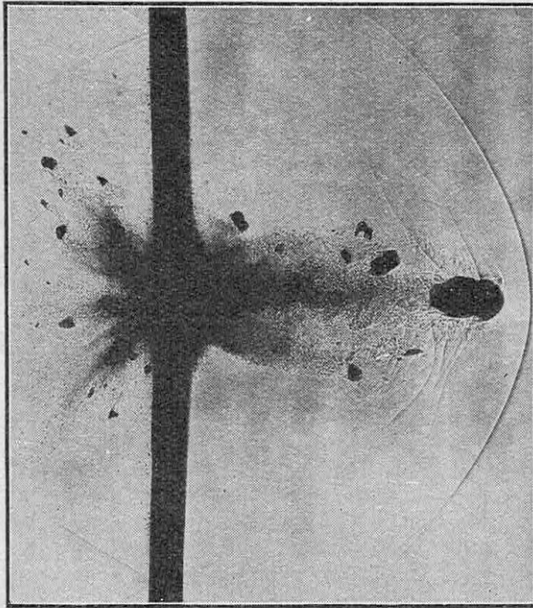


FIG. 9. — PERFORATION, PAR UNE BALLE DE FUSIL LEBEL, D'UNE PLAQUE DE BLINDAGE D'ACIER DE 5 MM

La vitesse de la balle passe de 670 m/s à 345 m/s. La balle, très déformée, emporte avec elle un morceau de la découpe de la plaque de blindage.

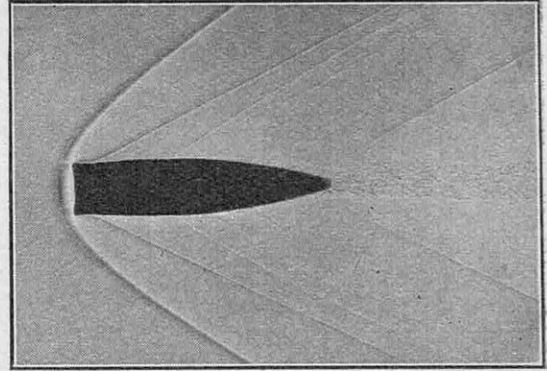


FIG. 10. — UNE BALLE QUI MARCHE A RECOLONS (POINTE EN ARRIÈRE)

L'onde de choc à l'avant est beaucoup plus accentuée que dans le cas de la figure 4 ; par contre, la dépression à l'arrière est fortement diminuée. Le profil optimum serait un profil bifuselé.

choc, toutes les zones de turbulence autour et derrière le projectile sont enregistrées avec la même fidélité.

La photo d'une balle venant de perforer une plaque de blindage, nous indique la vitesse de la balle avant et après la perforation, ainsi que sa rotation, sa position sur sa trajectoire, après la perforation, et les déformations qu'elle a subies.

Mais les projectiles d'armes à feu ne sont pas les seuls corps dont la vitesse de translation dépasse celle du son. Les extrémités de pales d'hélices d'avion, les injections d'huile dans les moteurs Diesel, par exemple, peuvent être photographiées avec ce nouveau stroborama. On a pu étudier, grâce à ces photos, la vitesse de l'injection et la mesurer.

En conjuguant la photographie ultra-rapide et l'observation stroboscopique, on arrive à étudier de façon très complète des phénomènes tels qu'ils se produisent « en grandeur réelle », alors qu'auparavant on était obligé de s'en tenir aux hypothèses, aux extrapolations, ou à la loi des similitudes qui, dans certains cas, ne se vérifie pas toujours, notamment en aérodynamique, selon qu'on étudie les translations à vitesse inférieure ou supérieure à celle du son. Bien que la photographie ultra-rapide n'ait atteint que depuis peu de temps le stade du centième de millionième de seconde, elle a déjà apporté à la recherche scientifique des documents d'appréciable valeur.

PIERRE KESZLER.

N. D. L. R. — Les documents illustrant cet article nous ont été obligeamment communiqués par la Société Recherches Mécaniques et Physiques.

OU S'ARRÊTE LE DOMAINE DE LA VIE ? DE LA STRATOSPHERE AUX PROFONDEURS ABYSSALES

Par Jean LABADIÉ

Le plus riche réservoir de matière vivante qui soit sur notre globe est le monde des eaux. Son exploration n'a porté jusqu'à présent que sur une épaisseur infime, ne dépassant pas quelque 100 mètres, là où s'élaborent, sous l'action de la lumière solaire, les produits de la synthèse chlorophyllienne qui, dans la mer comme sur terre, forment la nourriture de base de tout le règne animal. Les trop rares expéditions scientifiques de pêche aux grandes profondeurs ont démontré qu'alors que, seuls, des microbes « sporulés » peuvent subsister dans la stratosphère, non seulement des bactéries, mais aussi des êtres organisés ont pu s'adapter aux énormes pressions régnant dans les zones abyssales. On ne pouvait soupçonner cependant, avant les plongées récentes de l'Américain William Beebe, poursuivies jusqu'à 900 m de fond, la richesse de formes et l'abondance de la vie marine à cette profondeur, les espèces les plus grandes et les plus agiles échappant évidemment aux engins de pêche rudimentaires des océanographes. En est-il de même dans les plus grandes fosses océaniques ? Nous pouvons sans doute l'admettre, en attendant que la sphère d'acier avec laquelle le professeur belge Piccard pense atteindre les plus grandes profondeurs accessibles (9 750 m) rapporte aux biologistes une documentation unique sur les conditions de la vie dans les zones abyssales, qu'elle va explorer pour la première fois.

« C'est le temps du monde fini qui commence », a dit, de notre époque, un poète, Paul Valéry. Et comme ce poète n'ignore ni les mathématiques les plus abstraites, ni aucune des recherches scientifiques caractérisant ce siècle, il faut également tenir compte de cet autre aphorisme qu'il ne manque pas de souligner dans ses conversations : le *xx^e* siècle sera « biologique », comme le précédent fut « physicien ». En précisant, ces mots signifient que les sciences de la Vie vont prendre un essor incalculable — essor commencé, du reste, par les grandes découvertes de ces vingt dernières années.

La Vie est le plus merveilleux des phénomènes naturels — « phénomène » bien plus difficile à analyser que tous ceux de la Matière — parce qu'il nous intéresse au premier chef (que nous soyons « savants » ou non), et parce que le moindre comportement d'un infime animalcule contient plus de problèmes résolus que ne s'en sont posés, à l'heure actuelle, les chimistes et les physiciens. Aujourd'hui, la « civilisation » achève l'envahissement de la planète. Il n'y a plus de terres habitables à explorer. Autrement dit, l'effort humain *en extension* touche à son terme ; il se transpose maintenant *en intensité*. C'est bien « le temps du monde fini qui commence ».

Et déjà les savants, éternels pionniers de cet effort, se donnent, l'heure venue, comme champ d'exploration la troisième dimension de l'espace.

C'est pour des buts strictement scientifiques que Piccard est allé visiter, en effet, la stratosphère et que William Beebe est descendu à 900 mètres dans la mer, suspendu par un câble dans une sphère d'acier aux hublots de cristal : sa « bathysphère ». Et Piccard, à son tour, projette de descendre beaucoup plus bas, le plus bas possible, c'est-à-dire, s'il le faut, jusqu'aux 9 750 m qui marquent la cote abyssale la plus grande qu'ait touchée, à ce jour, la sonde des océanographes, aux îles Tonga.

Ainsi, l'observateur *biologiste* se prépare à explorer *dans sa totalité* le domaine où se développe le phénomène de la vie : la « biosphère ».

Les conditions d'existence de l'être vivant : « transformateur d'énergie »

Si l'on veut définir en toute rigueur la biosphère, la distinction moderne entre les trois aspects physiques de notre globe (solide, liquide, gazeux) apparaît insuffisante. Les quatre éléments des Anciens : la terre, l'eau, l'air et le feu, sont beaucoup plus indicatifs. Mais le mot « feu » des An-

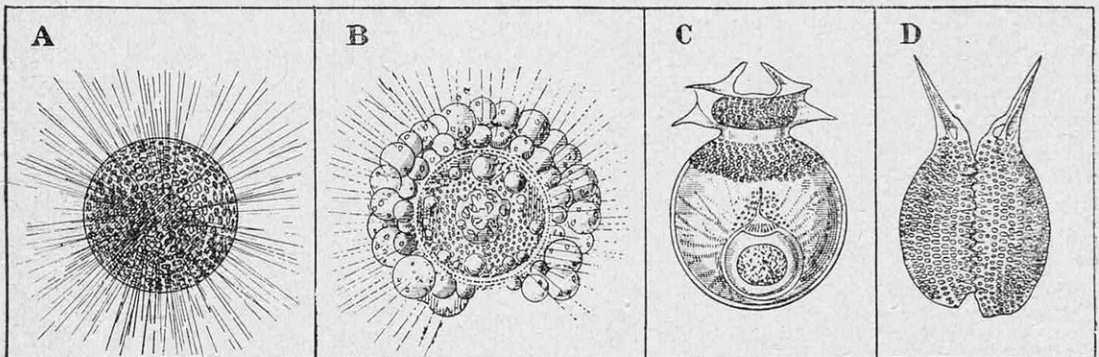
ciens représentera pour nous, d'une part, la *température* qui gouverne la vitesse des réactions chimiques, d'autre part, le *rayonnement lumineux* qui fournit l'énergie nécessaire pour certaines transformations. Nous sommes ainsi en possession de tout ce qui concourt à définir les conditions « physico-chimiques » compatibles avec la naissance et le maintien de la vie.

La première de ces conditions est la présence de l'oxygène (si nous laissons de côté les bactéries anaérobies qui vivent en l'absence d'oxygène).

Ensuite, tout être vivant se *nourrit* dans la mesure où il « subsiste ». Même quand elle

au milieu extérieur, pour lui en restituer les « déchets » après qu'il l'a « transformée » à son usage et pour des *fins* qui ne regardent que lui, au sein de la machine « physico-chimique » constituée par son milieu *intérieur*.

Seulement, si l'être vivant, l'animal en particulier, effectue dans ses tissus, comme nos machines thermiques dans les foyers de leurs chaudières, les réactions de combustion par fixation d'oxygène, la plante est capable de décomposer le gaz carbonique — qui figure le terme naturel d'une combustion — afin d'en assimiler le carbone et l'intégrer dans des molécules chimiques *de sa fabrication* qui sont d'un niveau énergé-



(D'après R. Perrier.)

FIG. 1. — « FORAMINIFÈRES » ET « RADIOLAIRES » FAISANT PARTIE DU PLANKTON

A, « globigérine » vivant en haute mer, où on la rencontre en quantités innombrables à la surface ou à des profondeurs plus ou moins grandes; après leur mort, les squelettes chitineux tombent sur le fond où ils s'accumulent dans la vase abyssale; B, « radiolaire » sans squelette, où l'on note la présence, sous l'apparence de points blancs, d'algues unicellulaires qui pourvoient, par leur chlorophylle, à la respiration de l'animal; C et D, autres formes de « radiolaires » de grandes profondeurs et, en général, d'assez grande taille. Quelques-uns de ces « phécariés » atteignent plusieurs centimètres.

dort, plusieurs mois durant, la marmotte « hibernante » se nourrit de sa propre graisse. La graine vit également de sa substance, en attendant qu'on la sème. Le microbe, momentanément rétracté dans sa forme la plus inerte, d'une « spore », n'échappe pas à cette seconde loi.

Enfin, la conservation de la vie exige que tout être se *reproduise*. C'est la troisième fonction définitive de la vie.

Les trois fonctions vitales ainsi définies sont conditionnées physicochimiquement par le « milieu ».

Mais encore le « milieu » nécessaire à l'évolution de toute vie se décompose en deux aspects : le milieu *intérieur* à tout corps vivant et le milieu qui lui est *extérieur*.

Or, le phénomène de la vie consiste en une perpétuelle *transformation d'énergie*, strictement analogue, dans son bilan total, aux transformations énergétiques de nos machines. L'être vivant emprunte de l'énergie

trique bien supérieur. Elles réalisent l'opération, à froid, en utilisant l'« énergie lumineuse » grâce à la fonction « chlorophyllienne ».

En bref, contrairement à la condition générale des transformations mécaniques et physicochimiques de la matière « inorganique » qui se soldent toujours par une chute de potentiel, *l'être vivant est capable d'accroître le potentiel physicochimique de son « milieu intérieur » à partir d'une énergie empruntée à l'extérieur.*

Les conditions physicochimiques nécessaires à la vie

La définition de la vie comme phénomène « transformateur d'énergie » étant ainsi acquise, nous allons comprendre les conditions qui doivent présider à la merveilleuse conjonction des circonstances « physico-chimiques » nécessaires à son développement.

L'élément minéral, pris dans la forme que nous avons appelée « terre », ne peut entrer

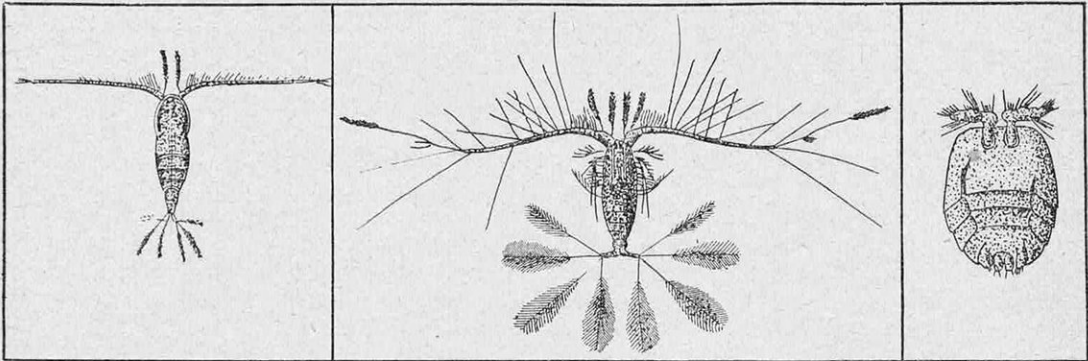
dans le « milieu intérieur » d'un corps vivant qu'à l'état de « solution » saline présentée par le milieu extérieur et à l'état de « colloïde », une fois *assimilé*. Dans les deux cas, un support est nécessaire : *l'eau*.

D'autre part, toutes les réactions « biochimiques » — depuis l'oxydation respiratoire jusqu'au dernier des échanges « intérieurs » — s'effectuent toujours à l'aide d'agents « catalyseurs ». Ces agents sont tantôt la lumière pour l'assimilation chlorophyllienne du carbone par les plantes ; tantôt des « biocatalyseurs » organiques, tels que les diastases pour l'assimilation animale, et tantôt des *catalyseurs minéraux* (le fer de

tésimales. Quarante corps simples ont été identifiés dans le corps humain. Et la liste n'est certainement pas close,

Un seul « milieu extérieur », la mer, offre *simultanément* toutes ces conditions, à l'état « optimum », comme nous allons le montrer ci-dessous.

Elle est donc le « milieu » où la vie se révèle comme *la plus facile* — ce n'est pas dire que la vie réalise dans la mer ses formes les plus « parfaites ». La perfection de l'être vivant ne s'obtient pas, en effet, sans un effort qui transcende nettement les lois « physicochimiques » pures. Celles-ci sont le moyen, non la cause de la vie.



(D'après R. Perrier.)

FIG. 2. — PETITS CRUSTACÉS ENTRANT DANS LE PLANKTON DE HAUTE MER

Ces « copépodes » sont de formes extrêmement diverses et, généralement, de coloration brillante. Leurs appendices sont souvent très allongés, terminés en forme de plumeau, et semblent leur servir de balancier. On en rencontre à des profondeurs très diverses, dans la zone littorale comme en haute mer. La forme arrondie de droite correspond à une espèce adaptée à la vie sur les algues.

l'hémoglobine sanguine pour l'oxydation des tissus ; l'iode, probablement, des sécrétions thyroïdiennes pour le métabolisme du calcium). Les catalyseurs minéraux agissent toujours à doses *infinitésimales*.

Les réactions biochimiques exigent, enfin, pour se réaliser normalement, des *conditions optima* de la part du milieu extérieur : conditions de *température* et d'ionisation inséparables de l'état « colloïdal » et même de celui des solutions salines. Ces conditions définissent par conséquent les « marges » hors desquelles *la vie ne pourra pas exister*. Elles définissent, *ipso facto*, la « biosphère ». Partout où nous trouverons ces conditions réalisées ou réalisables, la vie est possible. Partout ailleurs, elle ne l'est pas.

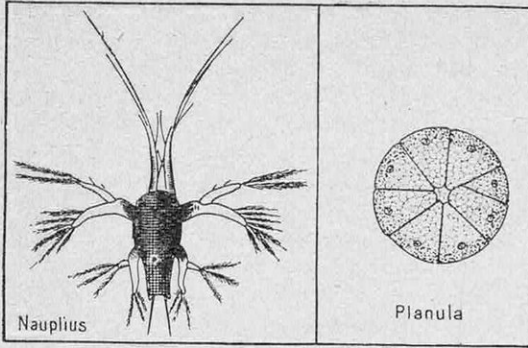
Résumons : la vie demande au milieu extérieur de l'oxygène, une certaine lumière, une certaine température, un certain état électrique et les matériaux de ses réactions d'assimilation, c'est-à-dire le carbone, l'azote et, en principe, *tous les éléments simples* à des doses diverses, le plus souvent infini-

L'eau de mer prototype du milieu vital La constance de son « pH »

Si la mer a précédé les terres émergées comme « face » originelle de la Terre, — pour reprendre l'expression de Suess, père de la géologie, — il est bien évident, et la paléontologie le démontre, que les premiers organismes furent « marins ». On connaît, du reste, la thèse célèbre de René Quinton, qui voit dans le sang actuel des vertébrés les plus évolués et, généralement, dans leur milieu liquide « intérieur » (intercellulaire) le reliquat du milieu « extérieur » qui fut commun à leurs ancêtres : l'océan primitif. La température élevée (37°) et la faible salinité de cet océan semblent bien correspondre à celles du « sang chaud » actuel.

Mais il n'est pas besoin de cette hypothèse pour consacrer la mer comme milieu « le plus naturel » de la vie, même de nos jours.

La mer est une solution saline. Nous venons d'évoquer comme l'une des conditions principales de la vie *l'état d'ionisation*



(D'après R. Perrier.)

FIG. 3. — AUTRES CONSTITUANTS DU PLANKTON DE HAUTE MER : LARVE DE CRUSTACÉ (« NAUPLIUS » A GAUCHE) ET DE MÉDUSE (« PLANULA » A DROITE)

de telles solutions. Il se définit, aujourd'hui, par la concentration des « ions » libres qu'elles contiennent. C'est à l'ion positif d'hydrogène (H^+), que l'on s'adresse pour cette mesure de la « concentration ionique ». Celle-ci se désigne par la notation symbolique : pH .

Rappelons (1) que le point de « neutralité » d'une solution saline est celui que marque l'eau pure : $pH = 7$. Telle est la base de l'« ionométrie ». Au-dessous de $pH = 7$, la solution présente une *acidité* croissante. Entre les valeurs $pH = 7$ et $pH = 14$, elle présente une *alcalinité* croissante. Cette alcalinité et cette acidité dépendent de la nature des sels dissous et de leur concentration.

La valeur du pH de l'eau de mer varie entre : 7,95 et 8,35. De 8,0 dans la mer du Nord, elle passe à 8,25 dans l'Atlantique et 8,35 dans la mer Noire. Le pH demeure donc remarquablement constant, ce qu'explique le volume des masses océaniques et leur perpétuel brassage par les courants et les marées.

Sachant cela, si nous apprenons que la photoréaction d'assimilation chlorophyllienne des plantes exige, pour s'accomplir, que le pH du milieu réagissant soit *toujours inférieur* à 9,2, nous ne pouvons qu'admirer cette « harmonie de la nature », comme dirait l'excellent Bernardin de Saint-Pierre. Non seulement l'Océan offre aux *algues* l'acide carbonique *nutritif*, mais encore il veille à ce que l'assaisonnement en pH de ce mets substantiel ne dépasse jamais le taux prohibitif.

Ce n'est pas tout ! Il y a les animaux. Un pH inférieur à 4,7 empêche absolument leur fécondation. Ce point d'acidité est, en effet, le point neutre, « isoélectrique », des « protides », albumines élémentaires. D'autre

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 95.

part, si le pH dépasse : 8,5, aucun animal ne peut s'en accommoder ; la faune des marais salants, pourtant adaptée, refuse de vivre dans un tel milieu. Mais la mer, répétons-le, n'atteint le $pH = 8,35$ que *rarement* près des côtes. Au large, elle stabilise son pH autour de 8,15, avons-nous dit.

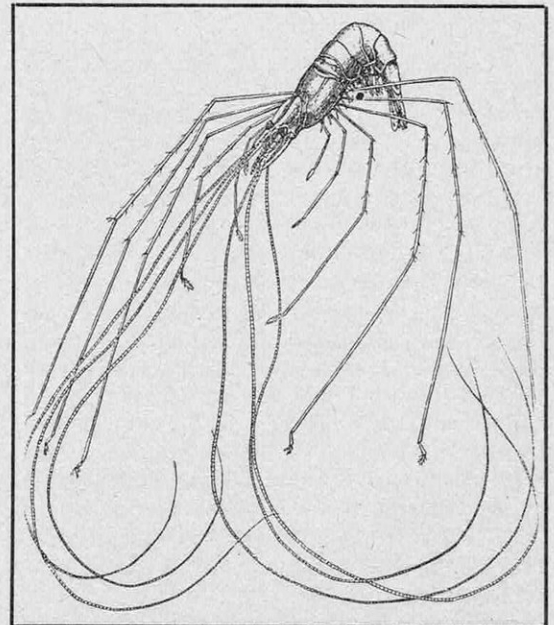
Il résulte bien de cette rapide incursion dans l'« ionométrie » biologique, qu'après avoir réglé son pH de manière à assurer *au mieux* l'alimentation de ses algues par « photosynthèse », tout en assurant le ravitaillement en acide carbonique, matière première de l'alimentation végétale, la mer garantit encore aux animaux, invités à paître ces algues, un pH compatible avec les nécessités de leur existence et de leur reproduction.

La lumière et la mer

Examinons à présent le rôle de la lumière, en milieu marin.

Aussi bien, la photosynthèse est à la base de la croissance des plantes qui sont elles-mêmes l'aliment de base de toute la vie marine. Quelle que soit l'assiduité des poissons à se dévorer entre eux, il faut bien une « première » victime à ce festin perpétuel. Ici, comme sur Terre, c'est le végétal qui tient ce rôle.

Jusqu'à quelle profondeur la lumière pénètre-t-elle sous les eaux ?



(D'après R. Perrier.)

FIG. 4. — UNE CREVETTE AUX ANTENNES GÉANTES : LE « NEMATOCARCINUS GRACILIPES » Elle vit à une profondeur de 850 m et peut, à la rigueur, se passer de voir : ses antennes et ses pattes lui permettent de « surveiller » l'espace.

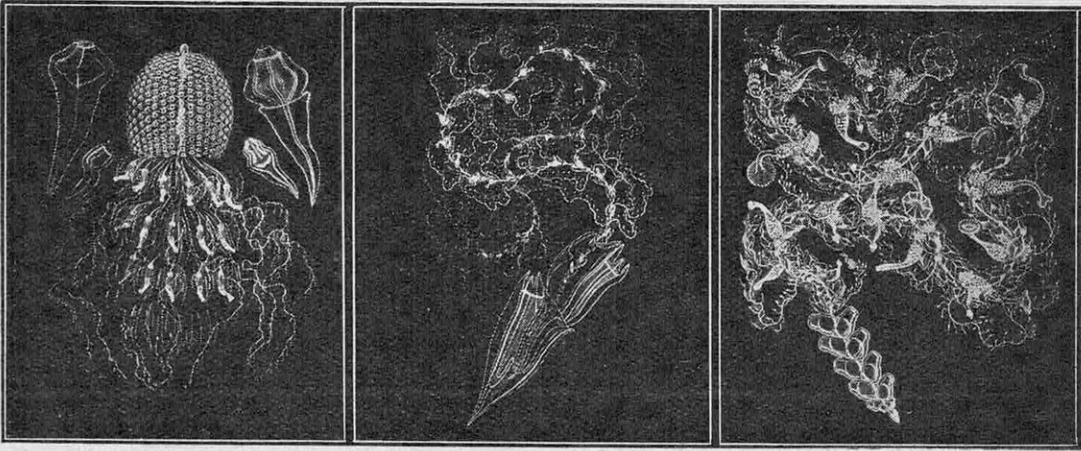


FIG. 5. — LA FAUNE SOUS-MARINE EST D'UNE INCROYABLE VARIÉTÉ DE FORMES

Voici quelques spécimens de siphonophores, curieuses floraisons phosphorescentes qui semblent chercher à présenter à l'eau qui les baigne la plus grande surface possible. Au cours de ses plongées, William Beebe les a observés flottant à 700 m de profondeur.

Dans le chapitre de son livre passionnant : *En Plongée*, qu'il intitule : « Au bout du spectre », William Beebe décrit admirablement l'évanouissement progressif, contrôlé au spectroscopie, de la lumière à partir de la surface de la mer. Il insiste sur ceci que le rouge disparaît très vite. Tous les promeneurs sous-marins « en casque » le savent ; des lunettes de plongée suffisent pour vérifier l'intense couleur verte sous-marine. Or cela ne fait aucunement l'affaire des plantes « chlorophylliennes » : elles nous apparaissent habillées de vert ; donc, elles absorbent la couleur complémentaire du vert, le rouge. Sans rouge, pas d'assimilation chlorophyllienne. Le « spectre inversé » relevé par Beebe (1) montre que le rouge, très suffisant jusqu'à 3 m (quoique déjà éclipsé par le reste du spectre), s'atténue rapidement jusqu'à 50 m. A 100 m, le spectroscopie n'en révèle plus de traces. A 150 m, le spectroscopie indique « 80 % de pourpre, 20 % de

(1) Page 102 de son livre : *En plongée*, planche en couleurs que nous nous excusons de ne pouvoir reproduire.

vert, mais pas d'autre couleur ». A 500 m, le noir est absolu pour l'œil, mais non encore pour le spectroscopie, qui devient insensible seulement vers 900 m, où les derniers rayons violets disparaissent. Au delà, il ne reste plus trace que d'ultra-violet — et, peut-être, de rayonnement cosmique (Millikan n'a pu fournir à Beebe des appareils de mesure compatibles avec la place disponible dans sa bathysphère.)

Les algues superficielles vertes peuvent donc aisément vivre jusqu'à 50 m. D'autant que leur présence clarifie la mer en fixant ses impuretés : la mer des Sargasses (vaste « continent » d'algues flottantes) est sept fois plus transparente que l'Océan moyen. D'autre part (tout est prévu), les impuretés organiques fixées par les algues et qui risqueraient de les obscurcir, sont nettoyées soigneusement par nombre d'animalcules.

Ce n'est pas tout. A mesure que l'on s'enfonce, la couleur des algues change, passant par le bleu, le brun et enfin le rouge. C'est qu'elles ont élaboré des pig-

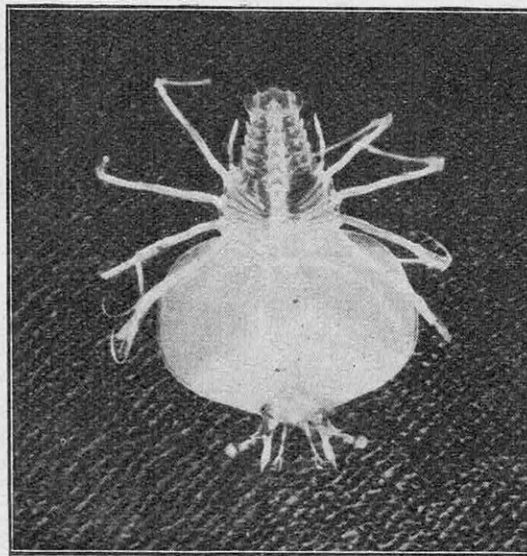


FIG. 6. — LARVES DE LANGOUSTE « PHYLLOSOMES » EN FORME DE FEUILLES QUI ENTRENT DANS LA COMPOSITION DU PLANKTON

Ces larves quittent les fonds de 200 à 500 m pour se développer à des profondeurs moyennes. (Grossissement : 2 à 3).



(Office scientifique des Pêches maritime.)

FIG. 7. — « COLOSSENDEIS » (« PYCNOGONIDE ») DES GRANDES PROFONDEURS MARINES PÊCHÉ, PAR 2 800 M DE FOND, AU COURS D'UNE CROISIÈRE DANS LE GOLFE DE GASCOGNE. Cet animal, qui se rapproche des araignées terrestres (il a huit pattes comme elles), possède, les pattes étendues, une envergure de près de 1 mètre.

ments nouveaux capables d'utiliser l'énergie lumineuse qui leur parvient sous une longueur d'onde de plus en plus courte. Ces pigments ont effectivement été isolés, et c'est grâce à eux que, suivant l'obliquité des rayons solaires et la limpidité de l'eau, l'assimilation chlorophyllienne peut se poursuivre jusque vers 200 m de fond. A cette prairie marine fixée le long des côtes, il faut ajouter les algues unicellulaires et microscopiques qui constituent, sur toute la surface des mers, le magma nutritif marin que les océanographes ont dénommé *plankton végétal*.

Les êtres marins nagent dans un océan de nourriture

Le *plankton*, c'est de la nourriture répandue « à flots » littéralement.

« On ne se fait pas une idée de l'abondance des êtres qui composent le *plankton*, écrit le professeur Joubin ; rien dans l'atmosphère que nous respirons ne peut lui être comparé. Si l'on filtre quelques litres d'eau de mer, on est stupéfait du nombre et de la variété des animaux et des plantes *microscopiques* qui s'y trouvent : algues, crustacés, mollusques, œufs et larves de poissons, etc. »

Le *plankton végétal*, formé d'une multitude innombrable d'algues unicellulaires, s'étendant en profondeur sur quelque 150 ou 200 m, fonctionne à la manière d'une gigan-

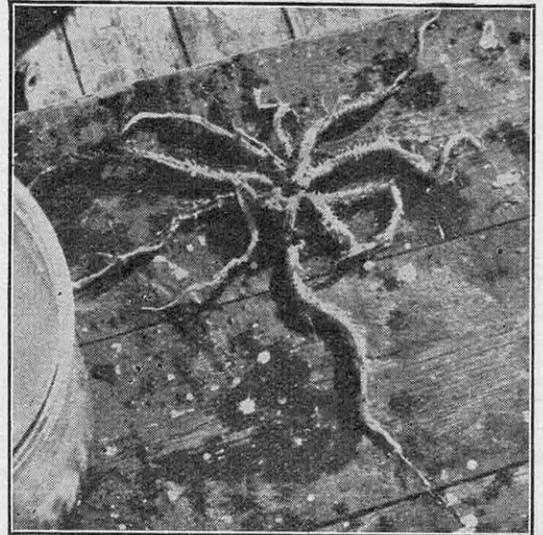
tesque usine de synthèse où s'élabore toute la matière vivante destinée à l'alimentation de la population marine tout entière. Les animaux herbivores la consomment, pour être à leur tour consommés par les animaux carnivores. Et comme la multiplication de ces derniers est fonction directe de la quantité de nourriture disponible, elle se trouve irrévocablement liée à l'activité du soleil, dispensateur capricieux du rayonnement indispensable aux photosynthèses végétales.

Le professeur Portier a souligné récemment (1) l'influence du nombre d'heures d'insolation pendant la période de printemps sur l'assimilation chlorophyllienne et par suite le rendement des campagnes de pêche. « Tel pêcheur expérimenté, qui connaît le nombre d'heures d'insolation pendant le premier printemps, peut prédire, à coup sûr, si la pêche de certains poissons, comme le maquereau, sera abondante ou déficiente au mois de mai. »

Sait-on que dans la Manche la production annuelle de *plankton végétal* a été estimée par Atkins à 1 400 tonnes par kilomètre carré ?

Le *plankton animal*, qui vit déjà de ces algues, comprend les larves innombrables des échinodermes, groupe dont font partie

(1) *La physiologie des animaux marins*, par Paul Portier, membre de l'Institut.



(Office scientifique des Pêches maritimes.)

FIG. 8. — ÉTOILE DE MER ABYSSALE (« BRISINGA ») A BRAS GRÊLES ET A DISQUE CIRCULAIRE, PÊCHÉE, PAR 2 800 M DE PROFONDEUR, DANS LE GOLFE DE GASCOGNE

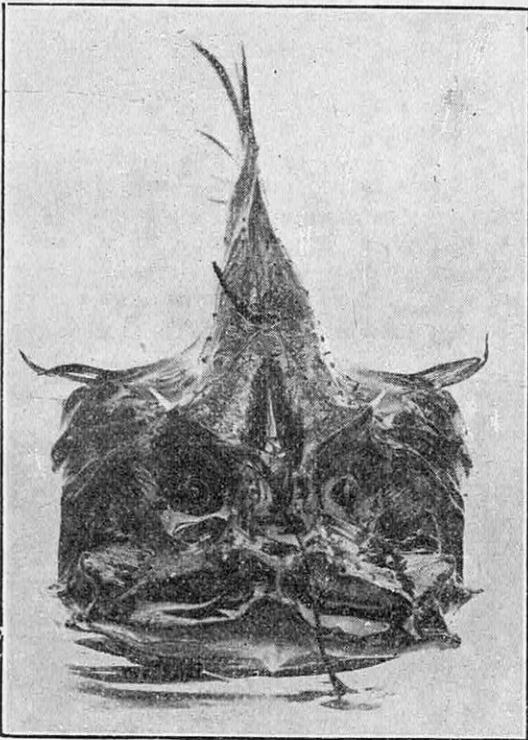
Il s'agit ici d'une étoile à neuf branches ; certaines espèces voisines possèdent jusqu'à dix-sept bras et 60 cm de diamètre total.

les oursins, des méduses, des vers, des crustacés, des mollusques, des radiolaires, des œufs d'espèces diverses, etc. Tel est l'océan de nourriture, la véritable « prairie » infinie où pâturent les animaux marins, les plus petits servant à leur tour de proie aux grands, aux mieux armés, aux plus agiles.

Mais l'assimilation chlorophyllienne se limite, avons-nous dit, aux quelque 200 premiers mètres à partir de la surface. Les animaux marins ne trouveraient-ils plus de nourriture au-dessous ? C'est ce que l'on a cru longtemps, jusqu'à ce que des expéditions scientifiques aient prouvé le contraire.

Vers les profondeurs des mers tombe sans cesse une véritable pluie de cadavres, plankton végétal et animal, animaux de toutes espèces, lorsqu'ils sont frappés par la mort, sans oublier les déchets de l'assimilation des êtres encore vivants.

Dans toute la masse des océans, jusque dans les zones abyssales, pullulent les bactéries de toutes sortes dont le rôle consiste, en quelque sorte, à entretenir la fertilité



(Office scientifique des Pêches maritimes.)

FIG. 9. — ESPÈCE NOUVELLE CAPTURÉE EN 1936, PAR 1 000 M DE PROFONDEUR ENVIRON, AU COURS D'UNE EXPÉDITION DU NAVIRE « PRÉSIDENT-THÉODORE-TISSIER »

Ce poisson (« oneirodes » Theoderi-Tissieri) porte à l'extrémité du museau un appendice filiforme terminé par un organe lumineux.

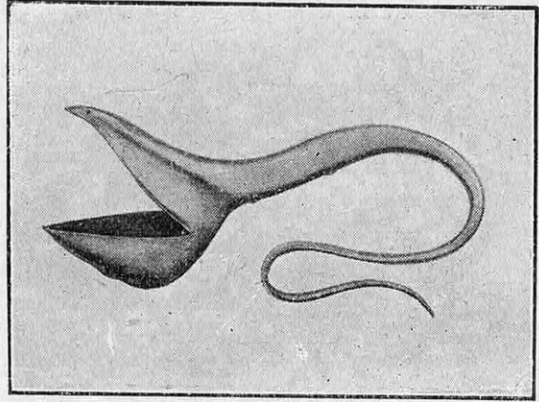


FIG. 10. — UN CARNASSIER DES GRANDS FONDS, L'« EURYPHARYNX PELICANOÏDES »

La lutte pour la vie continue aux grandes profondeurs, où elle semble même particulièrement âpre : cet Eurypharynx peut engloutir dans une poche qui rappelle celle du pélican — d'où son nom — une proie presque aussi grosse que lui.

de l'océan. Ces microorganismes transforment les tissus animaux (matières protéiques) en libérant les phosphates et transforment les matières azotées en nitrates (bactéries nitrifiantes). Les diatomées réalisent l'opération inverse en effectuant la synthèse de la substance organique à partir des substances chimiques remises par les bactéries dans la circulation générale.

Dans les zones abyssales s'accumulent ainsi des milliards de tonnes de nitrates et de phosphates que seuls les faibles courants sous-marins entraînent lentement pour les ramener parfois jusqu'à la surface où, comme les engrais dans la terre cultivée, ils viennent renouveler la fertilité des zones marines irradiées par le soleil.

Il est d'ailleurs probable qu'à côté de cette nourriture inerte, il existe un véritable plankton vivant des profondeurs. C'est ce que laissent supposer les observations de Beebe.

Les océanographes modernes considèrent, d'ailleurs, que la nutrition des animaux marins s'effectue, en partie tout au moins, à partir des substances organiques dissoutes dans l'eau de mer.

L'acide carbonique existe comme le plankton dans les grands fonds — et l'oxygène. Les analyses de « dégazage » des eaux profondes par Georges Claude l'ont, du reste, bien vérifié. Et, pour distribuer cet oxygène à leur milieu intérieur, comme la mer contient tous les corps élémentaires, si certains mollusques adoptent un sang bleu au lieu du sang rouge vulgaire, ne vous étonnez pas : ils ont simplement remplacé l'hémoglobine



(Dessiné par William Beebe.)

FIG. 11. — UN AUTRE POISSON A GRANDE CAPACITÉ STOMACALE

Ce *Saccopharynx Marrigoni* est distendu par la proie qu'il a voracement avalée.

classique par de l'hémocyanine à base de cuivre.

Quant aux marges de température exigées par la vie, les mers polaires (les plus peuplées du monde) rejoignent précisément le fond de l'Océan qui possède, comme elles, une température de 4° C.

Le surpeuplement des abîmes

Nous comprenons maintenant la vaste et pour ainsi dire totale « symbiose » que représente la mer. C'est la mer tout entière qui « vit ».

Aussi bien, tout ce que nous avaient appris les pêches de grand fond du prince de Monaco se trouve infiniment dépassé par le rapport des explorations de Beebe.

Nous savions qu'il existait, par 3 000 et 4 000 m de fond, des espèces monstrueuses de poissons dont l'un, l'*Eurypharynx*, est capable d'engloutir dans sa « bouche-estomac » une proie plus grosse que lui-même. De quelles diastases doit disposer ce poisson pour sa digestion ! Mais les expériences de J. Basset (1) n'ont-elles pas justement démontré que les « diastases » résistent à des pressions immensément plus grandes : 4 000 atmosphères ?

Le facteur « pression » est l'un des plus aisément surmontés par la vie. C'est sans difficulté que les anguilles de nos étangs vont, à l'âge adulte, s'enfoncer à 400 ou 500 m dans la mer des Sargasses, pour y pondre ! Et les sardines, les harengs, qui disparaissent subitement (leurs « bancs » sont pourtant assez vastes pour être suivis) s'enfoncent, quand l'appel de la vie le leur impose, pour des raisons encore mystérieuses. Les méduses de nos rivages ont des cousines

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 244, page 277.

(peut-être leurs sœurs) à 900 m, où Beebe les a vues, toutes phosphorescentes. C'est donc avec raison que Joubin évoque des « migrations verticales » et qu'il admet l'Océan habité jusqu'à son « plancher », c'est-à-dire jusqu'à 6 000 et 7 000 m de fond.

La variété inouïe des formes vivantes, grandes et minuscules, aperçues par Beebe dans le champ restreint de ses hublots de cristal (20 cm de diamètre) ira peut-être s'enrichissant encore lorsque Piccard s'aventurera plus profondément.

La biosphère « solide »

Après cette vision du domaine « liquide » de la biosphère, son domaine aérien, terrestre, nous apparaîtrait bien terne si nous ne notions précisément l'effort, l'« élan vital », dirait Bergson, que représente l'évasion des êtres hors du milieu marin.

De cet effort d'adaptation en vue de la conquête, nous sommes, humains, le produit le plus saillant, avec toute la machinerie par laquelle la science multiplie la puissance de nos membres et de nos sens. Cet effort d'adaptation conquérante se retrouve, du reste, dans tout le règne animal. Toujours l'animal résiste à la nature physique au lieu de céder à la loi de « moindre action », valable seulement dans le monde de la matière. Pourquoi voulez-vous, par exemple, que tel poisson « dévonien », surpris par la sécheresse périodique dans les marigots africains, se déclare vaincu ? Il se laisse emprisonner dans la gla se devenue « terre cuite », et il passe l'été entouré d'un mucos préservateur dont il a le secret. Il continue

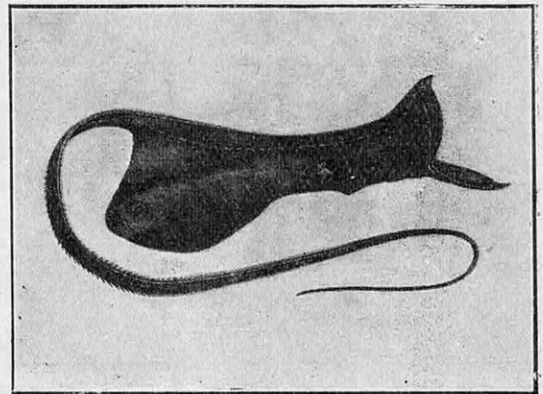


FIG. 12. — UNE DIGESTION LABORIEUSE

La paroi abdominale de ce *Saccopharynx Ampullaceus* laisse voir par transparence l'*Halargyreus* qu'il vient d'engloutir. Le long de son arête dorsale, on aperçoit une chaîne d'organes (suite de points) phosphorescents.

de vivre au ralenti, respirant peu à l'aide des poumons qu'il est parvenu à développer.

Défendez-vous encore à certains poissons d'eau douce, amateurs d'insectes, de venir les chasser sur les arbres de la rive, en grimant avec des nageoires griffues ?

Vous utilisez le pétrole pour détruire les larves de moustiques à la surface des mares. Très bien ! Mais tel *diptère* frondeur prétend « vivre sa vie » dans les mares *pétrolifères* de Californie.

Mais laissons le domaine « plat » et solide — le nôtre — de la « biosphère », très bien exploré à l'heure actuelle. Jetons notre dernier regard sur son domaine aérien.

L'altitude croissante est hostile à la vie

Il est des oiseaux — des oiseaux « de mer », il va sans dire — qui ne touchent terre qu'une seule fois par an, par nécessité de pondre. Le reste du temps, ces oiseaux n'ont pas un instant de repos : l'albatros vole des jours et des nuits, sans répit, à la suite des voiliers. Mais si l'air possède les facteurs essentiels de la vie : l'oxygène et la lumière solaire, il ne contient pas de nourriture. Aussi bien, il est assez vain de demander jusqu'où la vie peut persister *en altitude*, si ce n'est pour déterminer les conditions du vol très passager de nos avions. D'ores et déjà, ceux-ci montent plus haut que n'importe quelle espèce d'oiseaux. Ils emportent du reste un « milieu respirable » artificiel.

Cependant il est intéressant de rechercher quelle *utilisation* certains êtres vivants peuvent faire de l'atmosphère et jusqu'à quelle hauteur. Est-ce par hasard, ou pour des fins personnelles restant à découvrir, que certaines araignées suspendues à leur « fil de la vierge » s'en vont flotter jusqu'à 1 200 m

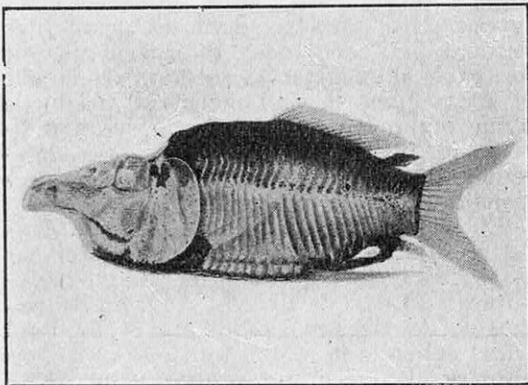


FIG. 13. — L' « OPISTHOPROCTUS GRIMALDII », POISSON DES GRANDS FONDS, A CHAIR TRANSPARENTE, PÊCHÉ PAR LE PRINCE DE MONACO A BORD DE LA « PRINCESSE ALICE »

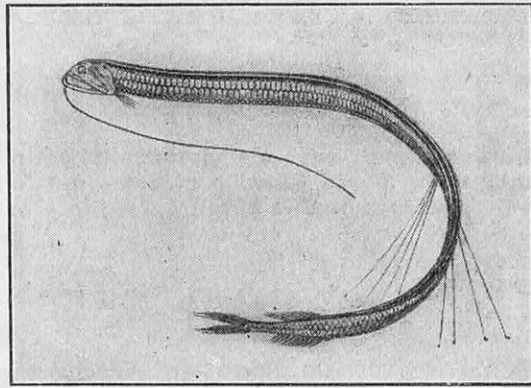


FIG. 14. — DEUX MANIÈRES DE S'ADAPTER A L'OBSCURITÉ DES ZONES ABYSSALES

Le Macrostomias longibarbatu est ponctué, de la tête à la queue, d'un chapelet serré de « lampes » phosphorescentes. De plus, il est muni d'organes tactiles, longs filaments qui complètent les organes de la vue, sans doute imparfaits.

d'altitude où Lucien Berland les a « pêchées » avec son « chalut » traîné par avion ?

La stratosphère est-elle « habitable » par des êtres vivants ? Dans l'affirmative, ce ne peut être que par des microbes préalablement « auto-préparés » dans leur forme de défense classique : la *spore*. Dans cet état, un germe microbien *peut* effectivement flotter dans un milieu *sec* et refroidi jusqu'aux températures de l'air liquide. Il lui suffit de posséder assez de réserves nutritives intérieures pour *durer*. Rien ne l'empêche, dans ces conditions, de se mêler à ces poussières volcaniques impalpables dont certains échantillons ont fait jusqu'à *trois fois* le tour du monde au cours d'un seul voyage « stratosphérique » (éruption du Krakatoa).

Et voici l'ultime problème : de telles spores, insensibilisées au froid et à la siccité extérieure, peuvent-elles se répandre dans l'univers interstellaire et atterrir sur une autre planète ? C'est l'hypothèse de la « panspermie » — ou de la fécondation universelle — que proposa naguère le savant Arrhénius.

Nous ne voyons pas que cette hypothèse, superflue en tant qu'elle rejette « ailleurs » le problème des origines de la vie, soit d'un grand avenir scientifique. Autant les biologistes, nous pensons l'avoir suffisamment montré, ont un intérêt immédiat à pousser l'exploration de la mer abyssale, autant il nous paraît sensé d'abandonner le ciel aux spéculations métaphysiques. Ce n'est peut-être pas sans raison que, depuis toujours, l'humanité a fait du ciel le royaume inaccessible de ses divinités. JEAN LABADIÉ.

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 SCIENTIFIQUE (1)

NOUS vivons un grand âge scientifique, et notre époque représente une période unique dans l'histoire de l'humanité. La culture intellectuelle doit être inlassablement diffusée, car elle constitue le meilleur rempart contre l'offensive d'une barbarie, que l'on a tort de nommer « scientifique », car elle n'a rien de commun avec la science.

Certes, la technique, née de la science, a bouleversé le cadre, censé immuable, de notre courte existence, et toute la vie sociale doit se plier à des conditions que l'on n'aurait même pas imaginées quelques générations auparavant : les distances disparaissent, et les nouvelles se transmettent — c'est le cas de le dire — avec la rapidité de l'éclair.

On a coutume, même dans les milieux qui passent pour cultivés, de confondre la science et la technique, en adressant à la première des reproches qui ne sont dus qu'à une mauvaise utilisation de la seconde. La science est pensée, uniquement pensée, et la « crise », qui s'abat si violemment sur l'humanité entière, tient essentiellement à deux grandes causes :

— d'une part, la crainte d'un effort nouveau, l'horreur de changer ses habitudes, la difficulté que chacun de nous éprouve à s'adapter aux conditions de vie qui nous sont imposées par le progrès ;

— et, d'autre part, l'immense et fatal retard qu'ont subi les sciences humaines par rapport à celles de la matière et du rayonnement. On s'est plu à croire pendant longtemps, et bien des gens persistent dans cette voie, que « la littérature » était seule apte à nous faire comprendre l'esprit humain. En réalité, la biologie devient de plus en plus précise et féconde, au fur et à mesure qu'elle sait mieux incorporer la physique et la chimie : la psychologie et la sociologie progresseront ensuite, d'après un ordre qui va du simple au complexe et qui est dans la nature des choses.

Telles sont les réflexions qui viennent tout naturellement à l'esprit quand on lit un petit ouvrage collectif, traduit récemment en français par le distingué astronome Paul Couderc (l'auteur d'*Univers 1937*) et

dû à la collaboration de six savants anglais, tous éminents dans leur spécialité : l'astronome James Jeans, le physicien William Bragg, le géophysicien E.-V. Appleton, les biologistes Edward Mellanby et J.-B.-S. Haldane, le sociologue Julian Huxley.

Dans le premier chapitre, James Jeans traite de *l'homme et de l'Univers*. En jetant un rapide coup d'œil sur l'histoire de l'astronomie, il fait justice des « stupidités astrophysiques » : les mouvements des corps célestes « n'ont rien à voir avec les faits et les méfaits humains, cela est clair... L'homme accomplit désormais sa destinée, sans crainte d'être troublé par l'intervention de dieux, d'esprits ou de démons ; il s'arroge les pouvoirs qu'il vient de dénier à ses dieux détrônés. » Mais le sujet essentiel de l'exposé de Jeans, c'est la liaison étroite, dont les lecteurs de *La Science et la Vie* ont été maintes fois avertis, qui existe entre la constitution des étoiles et les profondeurs de l'atome. Nous nous bornerons à noter au passage ces deux curieuses réflexions : « Il y a autant d'étoiles dans la Voie Lactée qu'il y a de grains de sable sur l'ensemble des plages de la Terre... Pendant que j'écris, le Soleil brille, et je tiens à la main une paire de lunettes. En les tenant d'une certaine façon, leur ombre sur mon papier consiste en trois côtés d'un carré. Quand je les tourne à angle droit, leur ombre consiste en deux cercles. Mais un être, dont les possibilités seraient limitées à deux dimensions, serait incapable d'imaginer la rotation de l'objet et d'expliquer la métamorphose graduelle d'une ombre en l'autre ; il concevrait difficilement que les deux images, très différentes, de l'ombre, pussent être les projections d'un même objet. »

Eh bien ! nous sommes exactement dans cette situation devant la dualité *ondes-corpuscules*, par laquelle la mécanique ondulatoire de Louis de Broglie, d'Erwin Schrödinger, de Werner Heisenberg et de Paul Dirac explique la réalité tout entière : nous aurons fait un grand progrès dans notre compréhension des choses quand nous verrons mieux comment l'explication par corpuscules se transforme progressivement en explication par ondes. Et inversement.

Le nom de William-Henry Bragg est

(1) *Le Progrès scientifique*, ouvrage collectif. Prix franco : France, 23 f 50 ; étranger, 25 f 50.

connu du Français moyen depuis l'ouverture du Palais de la Découverte : les Bragg père et fils (lauréats Nobel 1915) contribuèrent puissamment à nous faire connaître « l'architecture de l'Univers à un grossissement de quatre cents millions ». Son chapitre dénommé *Les Progrès de la Physique* est rempli de phrases suggestives, comme les suivantes : « Si une goutte d'eau se dilatait au point d'atteindre le volume du globe terrestre, chacune de ses molécules ne serait pas plus grande qu'un ballon de football. Le plus petit objet, qui puisse être examiné au microscope avec quelque détail, contient des millions d'atomes. Et il n'y a pas d'espoir que l'on puisse perfectionner la construction du microscope et approcher ces constituants simples, dont l'existence est certaine et que nous souhaiterions voir. La radiation, que nous appelons lumière et à laquelle réagit notre œil, est de texture trop grossière pour explorer l'infiniment petit : autant vaudrait se servir d'un mètre pour mesurer les détails des écailles d'une aile de papillon. » Bragg ne manque pas de signaler, en passant, les retentissements de la physicochimie sur notre connaissance des phénomènes vitaux ; en particulier, « c'est le raccourcissement des chaînes de protides — comme l'albumine — qui constitue la contraction de nos muscles ou le retrécissement de nos tissus ». Ne craignons pas de le répéter à ce propos : si ces techniques, relatives au corps humain, que sont l'hygiène et la médecine, sont encore dans l'enfance, la raison en est que notre espèce ne sait « travailler proprement » que depuis deux ou trois générations : sans présumer en rien d'un avenir plus éloigné, l'homme du xx^e siècle n'améliorera sa santé que dans la mesure où les recherches de laboratoire feront progresser notre connaissance de cet état colloïdal, dont tous les êtres vivants sont faits.

Puis, E.-W. Appleton nous entretient de l'électricité atmosphérique. Malheureusement, en abordant la géophysique, nous nous trouvons en présence d'une complexité effroyable, comparable à celle de la biologie. Emile Borel a pu dire que les météorologistes excellent à expliquer scientifiquement le temps qu'il a fait hier plutôt qu'à prévoir le temps qu'il fera la semaine prochaine ; c'est exactement le cas pour le médecin, non pas parce que la vie est d'une autre « essence » que la matière, mais bien plutôt parce que les phénomènes vitaux mettent en jeu des facteurs extraordinairement nombreux, dont il est fort difficile d'isoler les influences respectives. Aussi les thèses d'Appleton n'ont-elles pas l'imperturbable solidité des théories que James et Bragg ont rappelées. Il y a, nous dit-il, en permanence un millier d'orages en action ; les orages sont plus fréquents au-dessus des continents, et relativement rares sur la mer ;

les orages sont plus fréquents, en tout lieu, vers 16 heures. La formation orageuse habituelle résulte de l'élévation d'une charge positive au-dessus d'une charge négative, et ce déplacement total d'électricité, pour toute la surface terrestre, est de l'ordre d'un millier d'ampères. Enfin, il est vraisemblable que les orages sont responsables de la charge négative de la Terre, en dépit d'un courant antagoniste de l'air vers le sol.

Avec Edward Mellanby, nous abordons les sciences de l'homme, et son chapitre se nomme *Progrès des Sciences médicales*. Le savant anglais se préoccupe d'expliquer pourquoi la médecine reste une technique encore si arriérée : « Durant le moyen âge, on considérait que la vie n'était d'aucune importance, sauf en ce qui concernait la mort, le jugement dernier, le ciel et l'enfer. Le fait de considérer la maladie comme un phénomène surnaturel était incompatible avec tout progrès. Si nous mettons à part ces dernières années, il est étrange qu'il n'y ait eu qu'un progrès relativement faible dans la connaissance de la maladie et dans son contrôle. L'humanité avait pris un mauvais chemin : jusqu'à une époque relativement moderne, on n'avait aucune idée de la valeur de la méthode expérimentale. Il n'y a pas de limites aux connaissances nouvelles que cette méthode peut procurer. Les maladies ne sont pas toujours dues à l'invasion du corps humain par un agent morbide, mais elles proviennent parfois du défaut ou de l'excès d'un agent chimique, constituant normal et essentiel de l'organisme. » En particulier, l'auteur développe la question des hormones et des vitamines, sur lesquelles les « hommes de l'art » sont souvent si mal renseignés. Le malheur est que la vie est courte, et que les apprentis-médecins ont été, dès la fleur de l'âge, encombrés par l'étude des langues mortes : à tous ceux qui trouvent que tout est bien ainsi, Mellanby répond que « nous ne devons plus jamais retomber au stade où la rhétorique sans expérimentation était toute-puissante ». Qu'on y réfléchisse bien : c'est là l'origine profonde des déboires où l'humanité contemporaine se débat. Je me doute que bien des esprits vont s'offusquer des paroles « sacrilèges » du savant anglais ; mais les résultats de la culture livresque ne sont pas si brillants pour qu'ils hésitent à y regarder à deux fois...

L'avant-dernier chapitre est l'œuvre de J.-B.-S. Haldane : il s'agit de la *génétique humaine et de l'idéal humain*. On y trouvera un excellent raccourci des théories actuelles de l'hérédité ; là encore, la science décide en dernier ressort, et les considérations extra-scientifiques deviennent rapidement caduques. Notamment, « aucune base scientifique ne soutient le dogme des différences raciales ». En exacerbant leur égoïsme collectif, on peut leurrer les foules pendant

quelques années, mais la vérité scientifique, la vérité expérimentale ne tardera pas à « se venger ».

Comme sixième chapitre, portant comme titre *Science et besoins sociaux*, Julian Huxley précise le rôle que l'esprit scientifique doit jouer dans une société civilisée : « Au moyen âge — la lacune des âges obscurs — le grand responsable était le système théologique, et, dans la Grèce antique, où le système économique était fondé sur l'esclavage, l'application industrielle de la science ne se trouvait d'aucune nécessité. Nous avons laissé définitivement derrière nous les vieux temps de foi, soumis au principe d'autorité et à la révélation ; on ne saurait mêler, sans de désastreux effets, deux attitudes de vie :

— l'une scientifique dans les phénomènes matériels ;

— l'autre pré-scientifique ou (ce qui revient au même) anti-scientifique dans les phénomènes humains ». J. Huxley se demande si la science n'est qu'« une servante rétribuée du négoce et de la politique ». On rencontre bien des gens, même dans l'élite, qui considèrent la science « comme un génie malfaisant, père du chômage ; à coup sûr, le blâme devrait s'adresser à un système économique et social inadéquat, qui, au lieu d'épargner la peine et d'accroître les loisirs véritables, tout en augmentant la production, aboutit à cette plaie des loisirs forcés, dénommés chômage. La science est en grande partie asservie au profit et déviée par des pressions diverses dans le corps social. » Parmi ces « pressions diverses », le savant britannique insiste surtout sur ce qu'on peut appeler la conspiration tacite du surarmement : « Compter sur les sous-produits de la recherche guerrière rappelle la méthode du Chinois pour rôtir les pores : ce Chinois eut l'idée de mettre le feu à sa maison avec un petit cochon de lait dedans, qu'il trouva rôti et délicieux ; alors, il se mit à acheter des maisons, pour y enfermer des cochons et les brûler. » C'est ainsi que « des dizaines de milliards se dépensent dans le but d'accroître l'efficacité de la guerre, mais, pour autant que je sache, il ne se dépense pas d'argent pour rechercher les moyens d'éviter la guerre ». Julian Huxley se rencontre avec Frédéric Joliot (lauréat Nobel 1935), qui déclarait ces jours-ci avec tristesse : « Il faut qu'on sache qu'en France on ne consacre que le prix de quelques voitures de luxe pour rechercher les causes profondes du cancer. »

Ce qui émerge de ce petit livre tout à fait remarquable sur le *Progrès scientifique*, ce sont les caractères généraux encore si méconnus de la science actuelle. Pour plus de simplicité, nous les ramènerons à quatre :

1^o La science ne fait fi d'aucune des ressources des mathématiques. Celles-ci sont un admirable langage, condensé et synthé-

tique ; et, dès que l'on aborde des problèmes complexes, il survient ce fait, inouï dans les annales de l'humanité, que la réalité ne peut pas s'exprimer autrement : le simple langage grammatical devient inefficace ;

2^o Les savants attachent le plus grand prix aux *concordances numériques* : une des choses les plus improbables qui existent, c'est la coïncidence de deux nombres que l'on avait tout lieu de croire indépendants. Plus une conséquence apparaît invraisemblable, plus sa vérification sera probante pour la théorie dont elle découle ;

3^o La science fait profession d'un parfait désintéressement, d'une *implacable sévérité* à l'égard des idées reçues, d'où la nécessité de les abandonner de gaieté de cœur dès qu'elles conduisent à des impasses. Le grand savant d'origine allemande Hans Reichenbach, aujourd'hui à Istantoul, a démontré qu'au point de vue intellectuel, il n'y a plus rien à « tirer des Anciens », et il ajoute : « On n'est pas libre de choisir son sort : il faut l'accepter et s'en accommoder, si l'on veut vivre » ;

4^o La science témoigne d'une *rigoureuse objectivité devant les faits*, quels qu'ils soient et quelles que soient les lointaines conséquences de cette attitude. Il ne s'agit pas uniquement — nous venons de le voir à maintes reprises — des phénomènes du monde matériel, mais aussi, et surtout des *faits humains*. Il y a longtemps qu'Auguste Comte avait posé en principe que « toute proposition qui n'est pas strictement réductible à l'énonciation d'un fait ne peut offrir aucun sens réel et intelligible ». Les plus illustres savants sont unanimes sur ce point, qu'ils soient mathématiciens, comme Henri Poincaré, ou physiologistes, comme Claude Bernard : l'expérience est la source unique de vérité ;

5^o Grâce aux principes qui précèdent, la science conduit à une prévision qui, dans certains cas, dépasse les espoirs les plus optimistes. C'est même là l'aspect tangible du *déterminisme* : comme dit Léon Brillouin, le but de la science n'est pas de nous donner « une description plus ou moins colorée du monde extérieur ; parfois, la prédiction peut n'être qu'approximative et s'exprimer par des lois de probabilité ; dans certains cas, la prévision sera une certitude. Les lois de prévision, voilà le but de la science. »

Pour conclure, nous laisserons une dernière fois la parole à l'auteur du dernier chapitre du *Progrès scientifique* : « La science est le seul instrument sur lequel nous puissions compter pour sortir de notre marasme ; nous pourrions contrôler la nature humaine, nous pourrions laisser un monde meilleur à nos petits-enfants, à la condition d'améliorer les méthodes scientifiques et leurs applications. »

LA T. S. F. ET LA VIE

Par André LAUGNAC

Peut-on utiliser directement l'énergie des ondes hertziennes ?

UN très curieux procès s'est déroulé récemment devant le tribunal de Hambourg. Une colonie de maraîchers ayant réussi à s'éclairer en captant les ondes hertziennes rayonnées par la station émettrice de la ville, cette station déclarait que la puissance ainsi détournée abusivement atteignait 5 % de sa puissance totale et elle s'estimait lésée annuellement de 12 500 marks. Les trois accusés principaux furent condamnés au paiement d'une amende, en vertu d'une loi définissant les buts de la réception des émissions radiophoniques, et furent menacés de peines beaucoup plus sévères en cas de récidive. Beaucoup de sans-filistes en apprenant cette nouvelle se sont demandé par quels procédés il est possible de tirer, des ondes hertziennes émises par une station de radio-diffusion, suffisamment d'énergie pour s'éclairer. Nous allons donc examiner succinctement ce problème du point de vue purement technique et montrer quelles sont les conditions très particulières qui permettent de tirer d'un collecteur d'ondes le maximum d'énergie.

L'énergie qu'une antenne peut recueillir dans un champ électromagnétique est fonction de deux facteurs principaux : l'intensité de ce champ au point de l'espace considéré et les caractéristiques du collecteur d'ondes lui-même.

On sait que la valeur du champ électromagnétique développé par une antenne d'émission est définie par la valeur de ses composantes, électrique et magnétique. L'intensité du champ électrique se mesure en *volt par mètre*. Ainsi, par exemple, à quelques kilomètres de l'antenne de Paris P. T. T., de 120 kW de puissance porteuse, la valeur du champ électrique de l'onde porteuse est d'environ 1 volt par mètre. Le champ créé à des distances plus grandes est notablement plus faible, puisqu'il diminue proportionnellement à la distance. En pratique, on admet qu'il faut, au minimum, pour assurer une bonne réception, un champ de 1 millivolt par mètre à la campagne, et de 30 millivolts par mètre en ville, à cause du « niveau » relativement plus élevé des parasites.

On sait, d'autre part, que toute antenne réceptrice peut être caractérisée par sa « hauteur effective », c'est-à-dire par la longueur d'une antenne verticale supposée parcourue sur toute sa longueur par un courant uni-

forme égal à celui qui circule réellement à sa base. Les antennes élevées et très dégagées, telles qu'on les utilisait il y a quelques années pour les récepteurs à galène, avaient une hauteur effective atteignant parfois 10 m. Si l'on suppose que le rayonnement électromagnétique reçu se propage horizontalement, la force électromotrice induite dans une telle antenne sous l'action d'un champ de 1 volt par mètre sera égale au produit de la hauteur effective par le champ, soit 10 volts. Pour que le courant circulant dans l'antenne soit maximum, il est nécessaire d'accorder cette dernière sur la longueur d'onde désirée. Le courant ne sera ainsi limité que par la résistance totale de l'antenne, soit la somme de sa résistance de rayonnement et de sa résistance « passive ». Nous allons préciser ce qu'il faut entendre par ces termes.

La résistance de rayonnement, si l'on ne travaille pas sur ondes courtes, est faible et peut être négligée. En effet, cette résistance de rayonnement représente, pour une antenne réceptrice, la réaction qu'elle oppose au champ électromagnétique qui l'excite (1).

La résistance passive comprend elle-même, d'une part, la somme de la résistance ohmique de la prise de terre et des fils qui constituent l'antenne et, d'autre part, celle de la résistance d'utilisation. Pour une très bonne antenne de réception, la résistance de la prise de terre et des fils est de l'ordre d'une dizaine d'ohms. On démontre que l'énergie recueillie par la résistance d'utilisation est maximum si cette résistance est égale à la résistance ohmique de l'antenne, soit 10 ohms environ. Ainsi, dans le cas particulièrement exceptionnel que nous venons de considérer, le courant à la base de cette antenne sera d'environ $10 \text{ v} : 20 = 0,5$ ampère. La puissance dissipée dans la résistance d'utilisation sera de 1,25 watts en l'absence de modulation ; elle sera plus élevée tout en ne dépassant pas 2 watts lorsque l'onde sera complètement modulée. Ces résultats nous montrent qu'à moins d'opérer au voisinage immédiat d'une antenne d'émission, la puissance recueillie par un collecteur d'ondes même judicieusement utilisé ne sera pas susceptible d'application autre qu'une réception radiophonique. Les principes que nous venons d'exposer sont

(1) Sa valeur est donnée, dans le cas d'une antenne verticale, par la formule suivante : $R = 160 \pi^2 \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2$ où h est la hauteur effective et λ la longueur d'onde.

du reste entièrement applicables à la radio-diffusion, puisqu'ils permettent d'obtenir avec des récepteurs à cristaux, des réceptions plus puissantes. Les récepteurs modernes fonctionnant toujours avec antenne désaccordée de hauteur effective souvent très faible, ne tirent donc de leur collecteur d'onde qu'une puissance extrêmement faible et obligent ainsi à recourir à une amplification beaucoup plus élevée que celle des anciens récepteurs à circuit d'antenne accordé sur l'émission reçue. Nous allons voir un des inconvénients de cette forte amplification.

Le bruit de fond est-il impossible à éliminer dans les récepteurs modernes ?

LORSQUE l'on écoute une station faible ou éloignée, la réception est accompagnée d'un « souffle » ou « bruit de fond » qui dénature plus ou moins l'audition musicale. Le « souffle » est actuellement un des grands ennemis des montages sensibles auxquels font appel les récepteurs modernes.

On sait qu'en l'absence de parasites et de « signal » à l'entrée, tout amplificateur fournit à sa sortie un bruit de fond qui limite pratiquement l'amplification. Ce bruit de fond prend naissance à peu près exclusivement dans la lampe d'entrée d'une part, et dans les éléments (résistances, selfs, etc.) qui constituent le « circuit d'entrée », d'autre part ; il est dû aux mouvements désordonnés des électrons dans les conducteurs et dans la lampe elle-même. Des mesures précises, faites sur les origines de ce bruit de fond, montrent que les fluctuations de courant et de tension, résultant de cette agitation électronique, sont désordonnées et couvrent un spectre de fréquence très vaste. Dans certaines lampes de fabrication récente, on a cherché à obtenir une réduction du bruit de souffle par une disposition particulière des électrodes ; on s'efforce ainsi de réduire les courants captés par l'anode et surtout par la grille-écran, tout en conservant autant que possible des caractéristiques d'amplification très bonnes.

Le bruit de fond, qui prend naissance dans le circuit d'entrée de l'amplificateur, est un phénomène physique que l'on ne peut atténuer sans réduire du même coup l'amplification : un circuit accordé, peu amorti, introduira plus de « souffle », mais aussi apporte plus d'amplification qu'un circuit de moins bonne qualité ; or, ce qui importe, ce n'est pas seulement de réduire le bruit de fond, mais plutôt d'augmenter le rapport de l'intensité du « signal » utile à celle du bruit de fond nuisible : toute augmentation de

l'« impédance » du circuit d'entrée s'accompagne d'un accroissement du bruit de fond : l'amplification croîtra elle aussi, mais plus rapidement que le souffle, de telle sorte que l'on aura toujours intérêt à utiliser un circuit d'entrée d'impédance élevée. Le « souffle » lui-même est un phénomène physique contre lequel nous ne pouvons guère lutter. L'utilisation de lampes perfectionnées, précédées de circuits à haute impédance, l'atténue certainement ; le résultat est cependant très loin d'être parfait.

Pour augmenter néanmoins le rapport du « signal » au bruit de fond, la seule chose qui importe à l'auditeur, il faut augmenter l'intensité du « signal » à l'entrée. Le « réglage unique » est commercialement indispensable à tout récepteur moderne ; malheureusement ce perfectionnement, que tous les usagers de la radio apprécient vivement, n'a été obtenu qu'au prix de quelques compromis un peu regrettables du point de vue purement technique : en particulier ces récepteurs, devant fonctionner avec une antenne désaccordée, possèdent un couplage très faible entre le circuit d'antenne et le premier circuit accordé, afin d'assurer que, quelle que soit l'antenne utilisée, le désaccord introduit par sa capacité propre reste faible et dérègle peu le poste. Nous savons qu'une antenne désaccordée capte très peu d'énergie et, par suite du faible couplage, n'en transmet qu'une faible partie au récepteur. Si l'on veut recevoir les stations éloignées, il est indispensable d'avoir une amplification beaucoup plus élevée qu'avec nos anciens récepteurs démodés à réglage multiple. C'est cette amplification élevée à laquelle il est alors nécessaire d'avoir recours qui cause le souffle de nos super-hétérodynes modernes.

Le récepteur à réglage unique, sensible et sans souffle, fonctionnant avec une mauvaise antenne, ne peut exister en raison de son principe même, et seule l'installation d'un collecteur d'ondes bien établi peut procurer à l'auditeur des auditions pures pour les stations faibles ou éloignées. Il est certainement déplorable que tous les constructeurs de récepteurs radiophoniques se croient astreints au « réglage » unique dans toute sa rigueur, car il est certain que les auditeurs intéressés par l'écoute des stations éloignées tourneraient volontiers le bouton d'un petit condensateur d'appoint pour parfaire le réglage du circuit d'entrée de leur récepteur, si un « couplage d'antenne », nettement plus serré, leur assurerait des auditions exemptes de bruit de fond.

ANDRÉ LAUGNAC.

En 1937, l'axe Rome-Berlin enregistrait 2 392 000 naissances (1 400 000 pour l'Allemagne et 992 000 pour l'Italie) ; l'axe Paris-Londres n'en comptait que 1 340 000 (724 000 pour l'Angleterre et 616 000 pour la France).

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Le vélo dans un placard

La bicyclette moderne peut-elle encore subir des améliorations? Nous avons montré comment l'emploi du duralumin permettait d'alléger notablement le vélo, point fort important surtout pour les machines de piste où tout est sacrifié à la légèreté. Mais pour la bicyclette ordinaire, utilisée soit pour la promenade, soit pour des fins utilitaires, une des qualités les plus précieuses est le confort en même temps que le minimum d'encombrement.

Le *Petit Bi* a été précisément imaginé dans ce but (fig. 1 et 2). Cette petite machine est, en effet, montée sur roues de 45 cm (avec pneus « ballon »). Le bon état des routes et la souplesse des pneus font qu'il est inutile d'avoir encore recours à la roue de 70 cm. La tige de selle, verticale et télescopique, ne subit aucun effort de flexion.

La machine étant assez longue par rapport à ses roues, le cycliste est assis très en avant du moyeu et ressent très peu les cahots. Le pédalier est disposé aussi bas que possible, de sorte que l'on a l'impression de s'asseoir sur ce vélo au lieu de monter, comme sur une bicyclette ordinaire, d'où une plus grande sécurité.

Enfin, le porte-bagages forme une base sur laquelle on peut dresser le *Petit Bi*. Celui-ci est alors trois fois moins encombrant qu'une bicyclette normale. On peut le loger dans un placard après avoir baissé la selle, retourné la roue avant et replié les deux branches du guidon.



FIG. 1. — LE « PETIT BI » EN SERVICE

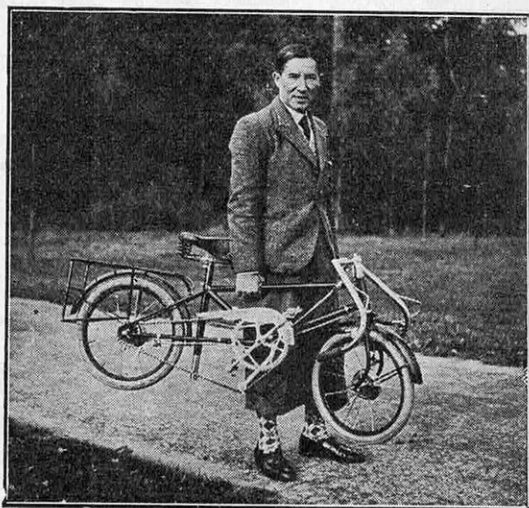


FIG. 2. — LE « PETIT BI » REPLIÉ

Les grandes latitudes de réglage de la tige de selle télescopique font du *Petit Bi*, construit sur un gabarit unique, la bicyclette d'homme, de femme ou d'enfant.

LE « PETIT BI », 9, rue Mazarine, Paris (6^e).

Superhétérodyne toutes ondes facile à monter et peu coûteux

La technique du radiorécepteur est, dit-on, à peu près stationnaire depuis environ un an. Il ne fait aucun doute cependant que les perfectionnements qui étaient encore réservés naguère à des postes chers sont maintenant de plus en plus mis en œuvre sur des appareils accessibles à toutes les bourses. Nous citerons parmi ceux-ci le *Scientific VI*, superhétérodyne à 6 lampes, y compris la valve et l'œil magique aujourd'hui indispensable à tout récepteur vraiment moderne. Son schéma ne présentant aucune complication, sa réalisation est à la portée de tout amateur. Elle est d'ailleurs facilitée par un plan de câblage et par les pièces détachées que son créateur tient à la disposition de ceux qui préfèrent effectuer eux-mêmes le montage dont nous donnons le schéma théorique figure 3.

Le *Scientific VI* comprend donc 6 lampes de la série américaine à culot octal à savoir :

Une 6 A 8 pentagrille, changeuse de fréquence, oscillatrice, modulatrice ; une 6 K 7 pentode amplificatrice de moyenne fréquence ; une 6 Q 7 double diode-triode, détectrice, lampe d'anfading et préamplificatrice basse fré-

quence ; une 6 F 6, pentode finale de puissance ; une valve biplaque 80 ; un trèfle cathodique E M 1, indicateur visuel d'accord.

Plusieurs pages seraient nécessaires pour décrire plus complètement le montage, en montrant les détails qui font de l'ensemble un poste de classe, ceux qui facilitent le montage en éliminant toute cause d'erreur et assurent le maximum de rendement.

Une fois mis au point — si l'on n'achète pas l'appareil monté — ce poste permet une très bonne audition des émissions européennes en

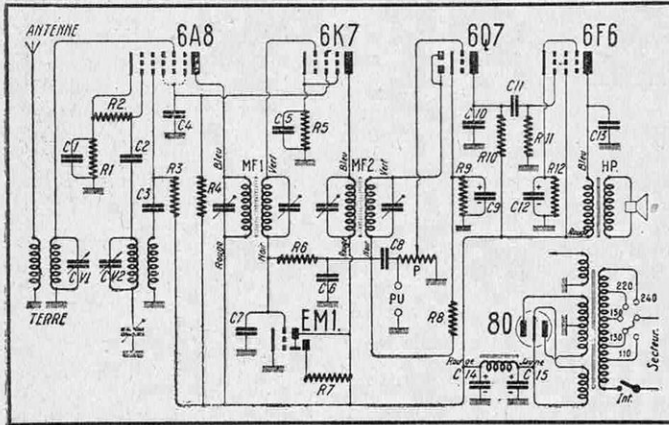


FIG. 3. — SCHÉMA DE MONTAGE DU « MEGA-RECORD-6 »

P. O. et G. O. et des principales émissions mondiales en O. C. Les gammes de longueurs d'onde sont : 19 à 52 m, 190 à 550 m, 850 à 2 000 m. La musicalité demeure toujours excellente par suite de la non-obligation de pousser à fond le volume-contrôle. La réserve de puissance permet donc d'obtenir l'ampleur voulue sans déformer l'audition.

RADIO-RECORD, 3, rue du Vieux-Colombier, Paris-6^e.

Miroirs en aluminium

L'ALUMINIUM est un métal paradoxal qui, très facilement oxydable, reste pratiquement inaltérable par les agents atmosphériques, la première couche d'oxyde formée isolant de l'air le métal sous-jacent. Cette faculté d'auto-défense, jointe à la légèreté du métal, en ont fait le succès. Malheureusement, le film protecteur, formé par oxydation naturelle, n'est qu'imparfaitement transparent et diffuse la lumière qui le traverse. On n'avait donc pu, jusqu'à maintenant, conserver aux objets d'aluminium poli un brillant satisfaisant, ce qui interdisait l'emploi de ce métal chaque fois qu'il fallait obtenir, pour la technique ou la décoration, des surfaces réfléchissantes de haute qualité optique.

Les métallurgistes américains ont réussi à combler cette lacune et ont mis au point des procédés d'oxydation rapide et contrôlée de l'aluminium. Le traitement qu'ils appliquent aboutit à la formation d'une couche d'oxyde relativement épaisse, fortement adhérente au métal sous-jacent, et, ce qui importe surtout, limpide et transparente. Par sa composition, ce revêtement pratiquement indestructible s'apparente aux pierres précieuses dérivées de l'alumine pure cristallisée : saphir, rubis.

Appliqué sur une surface d'aluminium polie à vif, il en fait un miroir inaltérable. Grâce à quoi l'aluminium américain a conquis, sous les noms d'*alzak* et *lunax*, de nouveaux champs d'application.

En principe, la transformation de l'aluminium ordinaire en métal *lunax* est simple. En fait, elle résulte d'opérations nombreuses, délicates, et qui doivent être conduites avec une extrême minutie. Elle nécessite aussi une grande pureté (99,8 ou 99,9 %) du métal soumis au traitement. La pièce usinée et polie doit d'abord être dégraissée à fond, sans que l'aluminium soit attaqué, même très superficiellement. Ceci nécessite que les corps gras et les lubrifiants employés dans les machines de formation soient entièrement saponifiables. Elle subit ensuite un premier traitement électrolytique qui dissout lentement, régulièrement, une couche superficielle de métal, élimine les dernières impuretés ayant résisté au dégraissage et donne à la surface métallique polie un brillant remarquable. Ce résultat n'est d'ailleurs atteint que si les constantes du bain et le régime de l'électrolyse sont réglés et maintenus à des valeurs bien déterminées.

Au cours d'une nouvelle action électrolytique est formée l'épaisse couche d'alumine qui protégera désormais contre toute altération le métal sous-jacent. Encore faut-il fixer cette couche qui, au sortir de l'électrolyse, est fragile et très poreuse, ce qui permet, d'ailleurs, si on le désire, de lui faire absorber des matières colorantes. La fixation se fait par immersion dans une eau bouillante distillée, de pH (1) bien déterminé. Tel est le schéma d'un traitement qui, en fait, se décompose en nombreux bains successifs, entre lesquels ont lieu des lavages très minutieux.

On obtient, enfin, un véritable miroir métallique dont la surface est protégée par une couche extrêmement dure d'oxyde transparent. Pour terminer, on fait subir à la couche superficielle un polissage très doux à la pâte d'orfèvre ou au savon abrasif. Le facteur de réflexion obtenu est aussi élevé que celui du verre argenté et il se conserve indéfiniment. La couche superficielle du *lunax* résiste aux agents corrosifs, aux intempéries, aux frictions les plus énergiques. La dureté en est comparable à celle du chrome. Ceci suffit à faire apprécier l'importance de ces perfectionnements que les Américains viennent d'apporter à la métallurgie de l'aluminium.

Canot miniature, remarquable travail manuel

SI la machine a conquis l'industrie avec juste raison, puisque seule elle autorise la fabrication en grande série, grâce à sa précision constante, et l'abaissement du prix de revient, l'adresse manuelle, jointe à la patience dans le travail, permet la réalisation d'objets mécaniques d'une fort belle exécution. C'est ainsi qu'un de nos lecteurs, M. Garnier, nous a montré un petit canot entièrement fait

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 95.

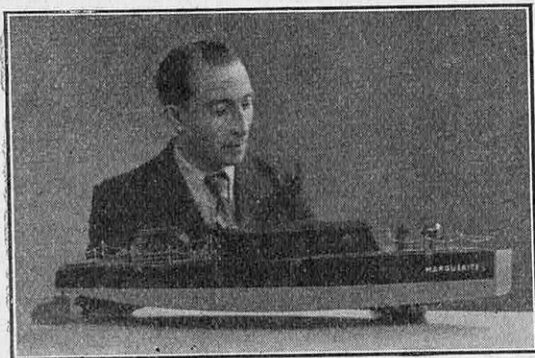


FIG. 4. — LE CANOT « TRANSATLANTIQUE »

à la main, mû par un ressort mécanique et capable de parcourir, lorsque le moteur est remonté à 116 tours, de 280 à 350 m en 18 mn, selon l'hélice adoptée. Mesurant 0,80 m de long sur 0,16 m de large, pesant au total 2,860 kg, ce canot, construit sans l'aide d'aucune machine ni d'outils spéciaux, est en bois contreplaqué, cintré et travaillé au feu. Le moteur est en duralumin, sauf les engrenages et les axes, en acier, ceux-ci tournant dans des coussinets en bronze. Le roulement à billes, dans lequel tourne l'arbre de l'hélice, mérite particulièrement de retenir l'attention. Il ne mesure, en effet, que 8 mm de diamètre et comporte des billes de 1 mm de diamètre seulement. Les cuvettes ont été taillées dans un foret de 8 mm et de 4 mm, tournées à la main et rectifiées à la pierre à huile. Une pile électrique assure l'éclairage d'un phare avant, soit automatiquement, soit au moyen de minuscules manettes. Nous n'étonnerons personne en disant que cette réalisation a exigé environ 3 000 heures de travail.

Le gaz épuré électriquement en Amérique

L'ÉPURATION du gaz d'éclairage et, notamment, les problèmes posés par l'accumulation de fines particules qui risquent d'obstruer les orifices étroits d'écoulement dans les appareils d'éclairage ou de chauffage ont retenu l'attention des techniciens de l'industrie gazière. Le gaz d'éclairage contient en effet, en dehors de ses constituants principaux (méthane, éthylène, hydrogène, oxyde de carbone, gaz carbonique, oxygène et azote), des carbures polyéthyléniques dont la polymérisation donne des produits solides en particules ultra-microscopiques. La présence d'oxydes d'azote a pour effet d'accélérer cette condensation. Ces carbures complexes sont donc responsables des dépôts constatés qui obstruent parfois les veilles d'appareils à gaz.

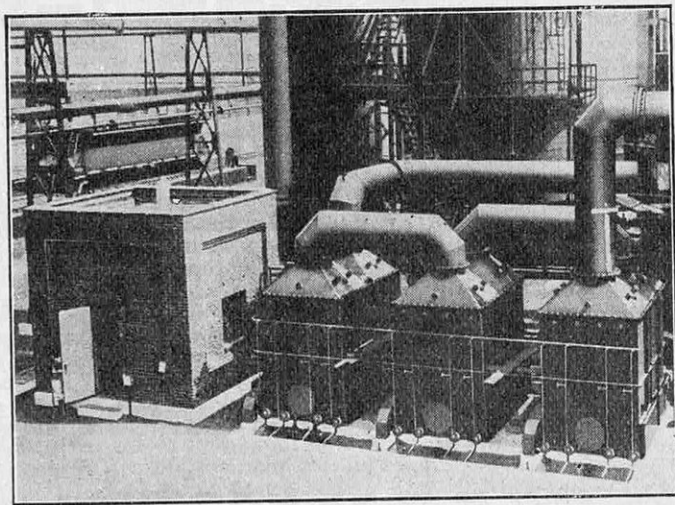
On peut séparer ces particules par centrifugation, mais M. Arnaudeau a conclu, au Congrès

du Gaz de juin 1937, qu'il était plus avantageux de les précipiter par l'électricité. Une telle installation de précipitation électrique est en service depuis 1935 à Philadelphie. Elle permet de traiter 680 000 m³ de gaz de fours à coke par jour. Voici le principe du procédé Koppers adopté. Sous l'influence d'une décharge électrique, en effluve, les oxydes d'azote du gaz — que l'on veut éliminer — tendent à former des oxydes supérieurs et les produits de la réaction peuvent être dissous dans l'eau ou dans certaines huiles.

Le dispositif de traitement électrique comprend trois unités où le gaz circule en série. Chaque unité est formée d'un double compartiment où sont situées les électrodes séparées par une cloison. Le gaz descend d'un côté de la cloison, remonte de l'autre et constitue le diélectrique situé entre les électrodes. On a fait appel, pour les électrodes qui doivent être planes et parallèles, à des plaques d'aluminium dont une, d'où jaillit la décharge, est garnie de pointes d'acier.

L'installation de Philadelphie comprend, pour chacun des deux compartiments de chaque unité de traitement électrique du gaz, treize plateaux porteurs de pointes.

Le courant, reçu à la tension de 440 V et 60 périodes, est élevé à 25 000 V (7 à 8 V pour chaque unité). L'énergie normalement absorbée est de 480 kWh par jour, plus 12 kWh pour la pompe qui assure l'arrosage des composés formés par de l'huile (57 litres à l'heure à la pression de 3,5 kg/cm²). Le prix de revient est évalué à 1 à 2 millimes par m³ de gaz traité. Au point de vue de l'efficacité, on a reconnu que 97 à 98 % de l'oxyde d'azote présent dans le gaz étaient ainsi éliminés.

FIG. 5. — INSTALLATION DE PHILADELPHIE, POUR LE TRAITEMENT DE 680 000 m³ DE GAZ DE FOURS À COKE PAR JOUR

Pour les sports d'hiver...

Pour les sports d'hiver et tous les sports en général, l'étanchéité d'une montre est chose pratiquement indispensable : aussi les Etablissements Sarda, réputés horlogers établis à Besançon depuis 1893, ont-ils mis au point plusieurs modèles de montres-



bracelets à fermeture absolument étanche. Certains, pourvus d'un dispositif « pare-chocs », sont incassables en cas de « chute » ou de « chocs ». N'est-ce pas là la montre idéale pour les fervents des « sports d'hiver » qui sont ainsi assurés d'avoir au poignet, partout et toujours, l'« heure exacte ».

Pour faire votre choix « comme à Besançon même », demandez l'envoi gratuit et franco du superbe album montres n° 39-65, présentant plus de 600 modèles pour dames et messieurs

avec une gamme complète de prix. (Chronomètres et chronographes de poche et bracelets, modèle « baguette » et joaillerie, etc.)

Ecrivez, dès aujourd'hui, à M. le directeur des ÉTABLISSEMENTS SARDA, à Besançon.

V. RUBOR.

CHEZ LES ÉDITEURS (1)

Les problèmes non résolus de la science, par A. W. Haslett. Prix franco : France, 53 f 50 ; étranger, 58 f.

M. A.-W. Haslett, qui appartient à l'Université de Cambridge, fait dans ce volume, traduit en français d'une manière irréprochable, un vaste tour d'horizon à travers les problèmes les plus importants qui préoccupent la recherche scientifique et qui attendent encore leur solution. Il va sans dire que ces problèmes sont extrêmement nombreux, car l'ignorance de la science est pour le moins aussi variée que ses connaissances. A bien des points de vue, elle est aussi plus intéressante, surtout pour le chercheur. M. A.-W. Haslett discute d'une manière très attrayante les théories générales édifiées à grand-peine par les savants, chacun dans leur spécialité — il y a souvent plusieurs théories dans la même spécialité — et s'attache à montrer où s'arrêtent les faits indiscutablement observés, et où commencent l'interprétation et la généralisation toujours entachées d'incertitude. C'est ainsi que, dans un chapitre de son volume si divers, il s'efforce d'analyser comment nous pouvons concevoir l'origine de notre univers, en nous aidant des renseignements que l'astronomie a pu nous fournir sur ses dimensions et son mouvement actuel — au moins apparent — d'expansion. Puis, examinant les planètes du système solaire, il discute pour chacune d'elles la possibilité d'existence de la matière vivante à sa surface, et c'est une occasion pour poser dans d'excellents termes la grande énigme de l'apparition de la « vie » sur la terre. Puis viennent les mouvements de l'écorce terrestre, mouvements lents de bascule, de dérive des continents, d'érosion, mouvements brusques ou tremblements de terre dont la prévision est un problème encore pratiquement entièrement neuf. M. A.-W. Haslett ne craint pas d'aborder les sujets les

(1) Les ouvrages annoncés peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE au reçu de la somme correspondant aux prix indiqués, sauf majoration.

plus variés : c'est ainsi qu'après deux intéressants chapitres consacrés l'un à la météorologie, l'autre aux rayons cosmiques, il s'attaque au problème passionnant des origines de l'homme d'après les découvertes d'ossements préhistoriques faites dans les différentes parties du globe, puis à celui des débuts de la civilisation d'après les récentes fouilles archéologiques. Viennent ensuite les grands problèmes à l'ordre du jour de la génétique (science de l'hérédité) et du rôle de l'éducation dans la formation de l'instinct. Bien entendu, les chapitres indispensables sur les « matériaux » de la nature et l'envahissement de la physique par les mathématiques, seules capables aujourd'hui de représenter les phénomènes, se trouvent en bonne place. Malgré sa haute tenue scientifique, ce volume est d'une lecture très attrayante et les lecteurs de *Science et Vie*, déjà familiarisés avec ces questions que nous avons abordées, sauf rares exceptions, à plusieurs reprises, y trouveront à la fois plaisir et profit.

L'oiseau-tonnerre, par Paul Coze. Prix franco : France et colonies, 26 f ; étranger, 30 f.

M. Paul Coze est un des « blancs » qui connaissent le mieux les mœurs, les pratiques religieuses, les coutumes traditionnelles, les cérémonies dites « magiques » des Peaux-Rouges pour avoir effectué sept séjours dans les réserves où les dernières populations indiennes ont été peu à peu — et par des méthodes qui ont souvent soulevé la réprobation universelle — refoulées au profit des pionniers qui défrichèrent le nouveau monde. Dans les pueblos indiens de la vallée du Rio Grande, les Peaux-Rouges, convertis superficiellement au christianisme, ont conservé non seulement leurs traditions, mais leurs croyances superstitieuses effroyablement compliquées. M. Paul Coze initie le lecteur au symbolisme obscur qui préside aux cérémonies indiennes et à tous les actes importants de la vie des individus. Il cite quelques exemples de « facultés supranormales » qui ne sauraient étonner le lecteur averti : nos spécialistes de la radiesthésie font beaucoup mieux, et cela prouve seulement que la crédulité humaine et l'absence d'esprit critique sont de tous les temps et de tous les pays.

La théorie de l'évolution cataclysmique et de l'évolution alternante, par le docteur G. Simoens. Prix franco : France, 16 f 60 ; étranger, 19 f 40.

Théorie nouvelle sur la formation du relief terrestre au cours des âges géologiques et sur les modifications continues qu'éprouve la croûte solide de notre globe.

Règlement pour la classification et l'inscription des véhicules automobiles. Prix franco : France, 32 f ; étranger, 34 f 50.

Signalons, sur un sujet qui intéresse les nombreux « sourciers », l'ouvrage de H. Gachot : **Baguette et pendule** (fiction et réalité).

Prix franco : France, 16 f 40 ; étranger, 18 f 80.

N. D. L. R. — Les photographies qui illustrent l'article sur les dessins animés paru dans notre n° 258 nous ont été obligeamment communiquées par R. K. O. RADIO FILMS, Paris.

— L'abondance des matières nous oblige à reporter au prochain numéro le tableau des abonnements.



FIAT

**250 trolleybus Fiat en
service dans les prin-
cipales villes d'Italie.**

SECTION MATERIEL FERROVIAIRE

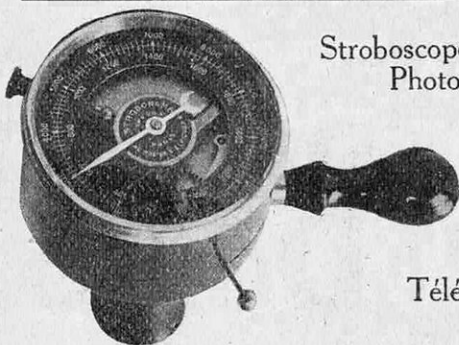
TURIN (Italie) - Via Nizza 250

RECHERCHES MÉCANIQUES ET PHYSIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 100.000 FRANCS

STROBORAMA (Brevets SÉGUIN Frères)

2, rue Danton, à LEVALLOIS (Seine) — PEReire 34-60



Stroboscopes "STROBORAMA" à grande puissance.
Photographie et cinématographie ultra-rapides.

STROBORAMA pour photos u. r. de
phénomènes aux vitesses supersoniques.
(Études de profils, balistique.)

Télé-tachymètres "STROBORAMA".

STROBORET (TYPE R)
A COMMANDE A MAIN
Mesure des vitesses à distance.

Moteurs électriques à régulateur à vitesse constante
et réglable sans rhéostat.

Appareils de médecine et de chirurgie -- Microtomes
Études d'ÉLECTROMÉCANIQUE

LE PLUS MODERNE DES JOURNAUX
Documentation la plus complète et la plus variée

EXCELSIOR

GRAND QUOTIDIEN ILLUSTRÉ

ABONNEMENTS

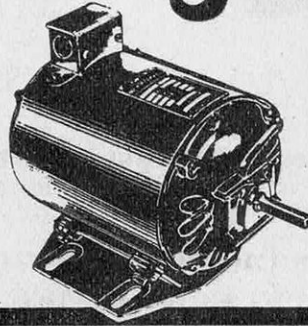
FRANCE ET COLONIES.. . . .	Trois mois.. . . .	40 fr.
	Six mois.. . . .	77 fr.
	Un an.. . . .	150 fr.
BELGIQUE..	Trois mois.. . . .	48 fr.
	Six mois.. . . .	93 fr.
	Un an.. . . .	180 fr.
ÉTRANGER (tarif postal réduit)	Trois mois.. . . .	73 fr.
	Six mois.. . . .	135 fr.
	Un an.. . . .	260 fr.
ÉTRANGER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

*Partout où passe
le courant lumière*

...ET SANS INSTALLER
LA FORCE!..

vous pouvez brancher un

Ragonot- Delco

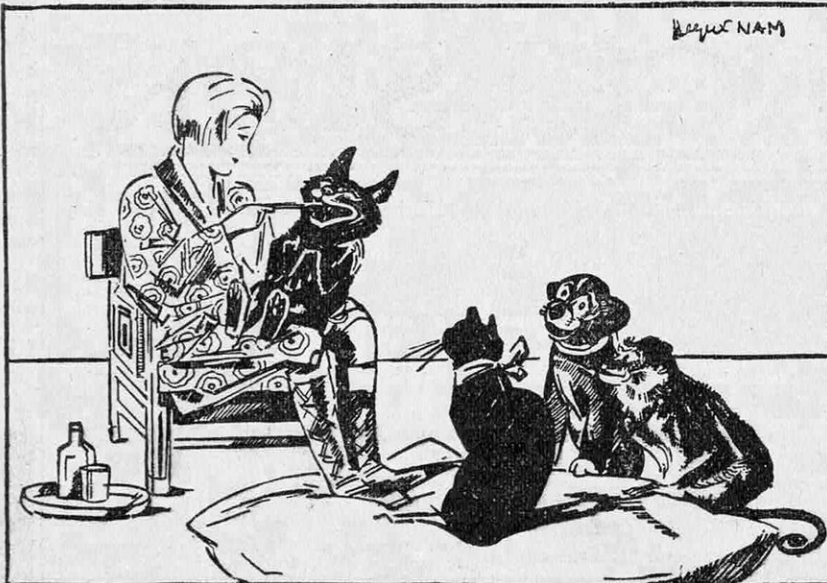


ETS RAGONOT

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

Pub. R.-L. Dupuy.

LE FAVORI



Quel veinard ! on lui lave les dents au "DENTOL".

D
E
N
T
O
L

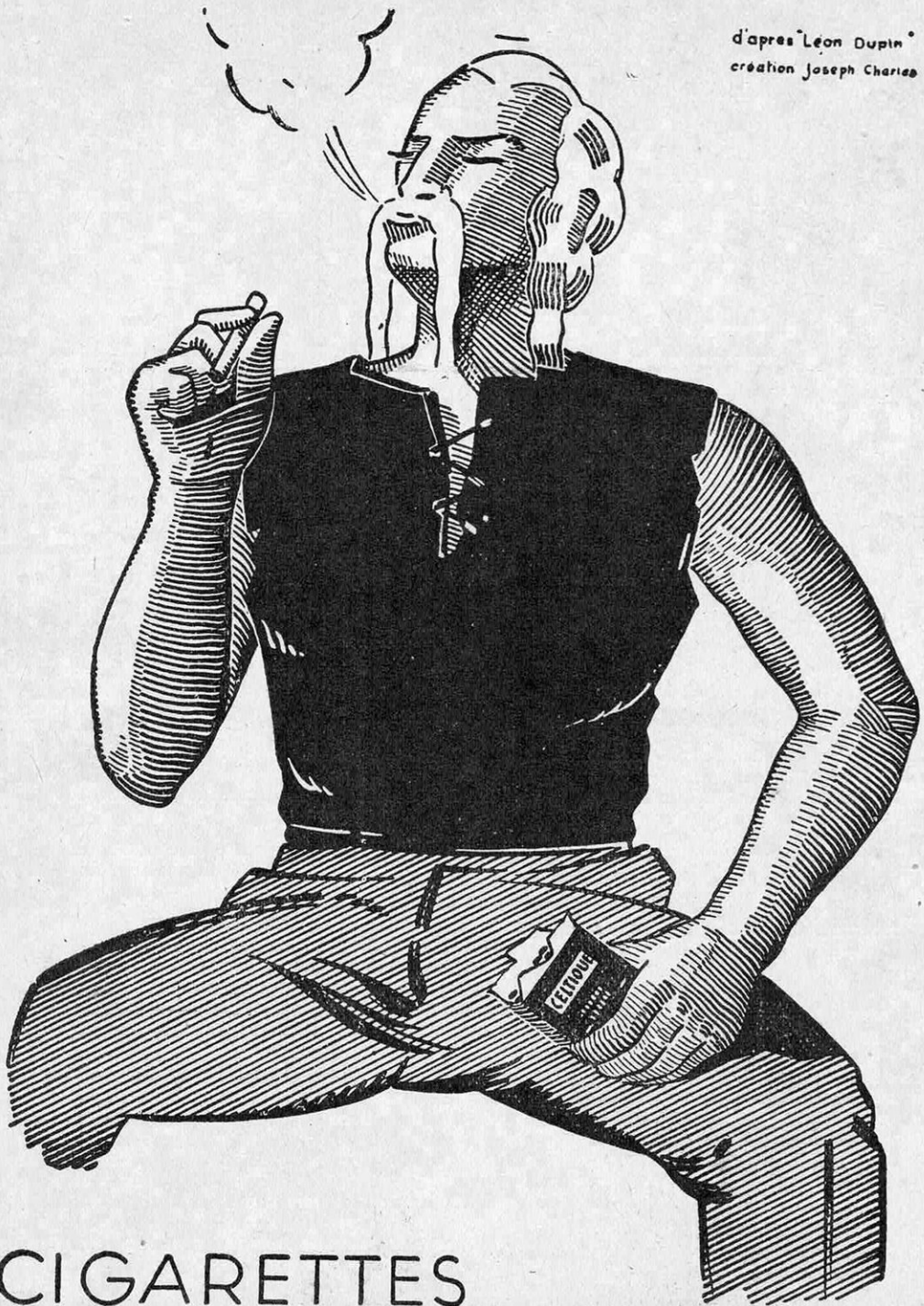
DENTIFRICE
ANTISEPTIQUE

♦
EAU - PÂTE
POUDRE - SAVON

♦
Maison FRÈRE
19, r. Jacob, Paris

Echantillon gratuit sur
demande en se recom-
mandant de LA SCIENCE
ET LA VIE.

d'après "Léon Dupin"
création Joseph Charis



CIGARETTES

CELTIQUE

CAISSE AUTONOME
D'AMORTISSEMENT ■

GROS MODULE



ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL ET DE LA NAVIGATION

placés sous
le haut patronage
de plusieurs Ministères

152, avenue de Wagram, PARIS-17^e
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.

L'OUTILERVÉ

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

L'OUTILERVÉ
remplace tout un atelier.

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

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

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

950 francs

SIAME

Succ^{rs} de la S. A. RENÉ VOLET

Demander notices et tous renseignements à la

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

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

