

## Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

|                           |                                                                                       |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Notice du Volume          |                                                                                       |
| Auteur(s) volume          | [s.n.]                                                                                |
| Titre                     | La science et la vie                                                                  |
| Volume                    | Tome 52. n. 245. Novembre 1937                                                        |
| Adresse                   | Paris : La Science et la Vie, 1937                                                    |
| Collation                 | 1 vol. ([XXVI] p.-p.[331]-408) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm                    |
| Cote                      | SCI. VIE 245                                                                          |
| Sujet(s)                  | Sciences -- Vulgarisation<br>Culture scientifique et technique<br>Presse scientifique |
| Thématique(s)             | Généralités scientifiques et vulgarisation                                            |
| Typologie                 | Revue                                                                                 |
| Langue                    | Français                                                                              |
| Date de mise en ligne     | 10/12/2019                                                                            |
| Date de génération du PDF | 05/12/2019                                                                            |
| Permalien                 | <a href="http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.245">http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.245</a> |



France et Colonies : 5 fr.

N° 245 - Novembre 1937

# LA SCIENCE ET LA OPTIQUE VIE

SCIENCE ET LUMIÈRE À L'EXPOSITION DE 1937





**CIGARETTES**

**noija**

**TABAC D'ORIENT**

**RÉGIE FRANÇAISE**

**CAISSE AUTONOME D'AMORTISSEMENT**

ET DE LA VASSÈLE 36 Rue de CHATELAIN, PARIS



Le nouveau  
modèle  
**402**  
**LÉGÈRE**

a démontré  
aux 24 heures  
du Mans  
ses prodigieuses  
qualités de  
vitesse et  
d'endurance

•

49 voitures au départ  
17 seulement à l'ar-  
rivée ... dont les 3

**"402 LÉGÈRE"**

(Chassis de série  
Carrosseries Darl'Mat)  
Seule équipe complète  
2700 kms à plus de  
114 de moyenne

•



**402 LÉGÈRE**  
**Peugeot**

Chassis 302  
renforcé

Moteur 402  
"1938"

PHOTO NEUBERT



## Offre sensationnelle à tous ceux qui veulent apprendre **UNE LANGUE ÉTRANGÈRE !**

**S**UR simple demande de votre part, sans aucun frais, sans aucun engagement, Linguaphone vous offre un essai gratuit de 8 jours, chez vous, d'un cours complet dans la langue de votre choix : Anglais, Allemand, Italien, Portugais, Espagnol, Russe, etc., etc.

Plus que jamais, il est indispensable de connaître une langue étrangère. C'est une grande supériorité, la possibilité de voyager agréablement et utilement, d'assumer des situations importantes et bien payées.

**Maintenant il vous est possible d'apprendre rapidement n'importe quelle langue étrangère avec Linguaphone.**

**PARCE QUE** pour apprendre une langue *il faut écouter.*

Avec Linguaphone *vous écoutez* et ensuite vous parlez naturellement.

Seul Linguaphone vous offre l'essai loyal d'un cours *complet* pendant 8 jours, chez vous. Profitez immédiatement de ces facilités qui vous sont offertes, gratuitement et sans aucun engagement pour vous.

**Remplissez simplement le coupon ci-dessous et retournez-le nous au jourd'hui même.**

**INSTITUT LINGUAPHONE (Annexe B 3)  
12, rue Lincoln (Champs-Élysées), PARIS**

*Veuillez m'envoyer gratuitement, et sans engagement pour moi, l'ouvrage sur le Linguaphone contenant l'offre d'essai gratuit de huit jours.*

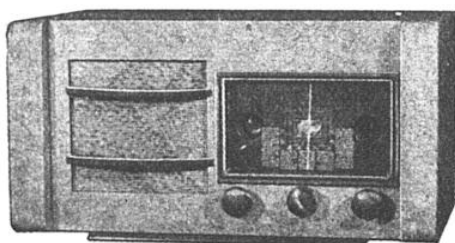
La langue qui m'intéresse est : .....

NOM .....

ADRESSE .....

## HELIONDE

LE POSTE DE QUALITÉ



**Le RK-5 C superhétérodyne 5 lampes**

Antifading — Prise pick-up — Stabilité parfaite

— Sélectivité, 5 kilocycles à 6 decibels —

Grand cadran rectangulaire 3 couleurs —

Coffret véritable ébénisterie.

**995 fr. — taxes comprises**

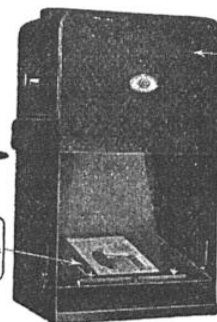
Construction vérifiée en laboratoire,  
qualité et régularité contrôlée

GARANTIE UN AN

**HELIONDE, 26, rue Roussel, Paris - 17<sup>e</sup>**

Téléphone : WAGRAM 39-46

Conditions spéciales aux lecteurs de La Science et la Vie



Boîte à Lumière  
contenant le Brûleur  
d'Ultra-violet

Support  
inclinable  
du Document  
à contrôler

*Une nouvelle Lanterne de Contrôle  
à la Lumière de Wood*

La nouvelle Lanterne de Contrôle à la Lumière de Wood, figurée ci-dessus, a été plus spécialement étudiée pour l'analyse et l'examen par fluorescence des Matières premières, Documents et Echantillons de toutes sortes. De forme et de dimensions appropriées à cet usage, elle est munie d'une Plaque mobile inclinable destinée à supporter les objets à examiner et d'une Boîte à Lumière absolument étanche. Grâce à l'amovibilité de son Filtre et à la puissance de son Brûleur à Vapeur de Mercure elle peut être utilisée dans toutes les applications de la Lumière Ultra-Violet.

Pour tout ce qui concerne l'Ultra-Violet ;  
demander renseignements, catalogues et devis à

**LA VERRERIE SCIENTIFIQUE**  
12, AV. DU MAINE, PARIS, XV<sup>e</sup> T. Littré 90-13

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

28, Boulevard des Invalides, 28, PARIS (7<sup>e</sup>)

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

Nom et 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.





**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, débilisés, affaiblis et déprimés.

**1re Partie : SYSTÈME NERVEUX.**

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

**2me Partie : ORGANES SEXUELS ET APPAREIL URINAIRE.**

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

**3me Partie : MALADIES de la FEMME**

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

**4me Partie : VOIES DIGESTIVES**

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

**5me Partie : SYSTÈME MUSCULAIRE ET LOCOMOTEUR**

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

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

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

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

**C'EST GRATUIT**

Hommes et femmes, célibataires et mariés, écrivez une simple **carte postale** à **Mr le Docteur L. P. GRARD, 30, Avenue Alexandre-Bertrand, BRUXELLES-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.

**LE PLUS MODERNE  
DES JOURNAUX**

*Documentation la plus complète  
et la plus variée*

**EXCELSIOR**

**GRAND  
QUOTIDIEN  
ILLUSTRÉ**

**ABONNEMENTS**

|                                        |                 |         |
|----------------------------------------|-----------------|---------|
| FRANCE ET COLONIES ..                  | { Trois mois .. | 35 fr.  |
|                                        | { Six mois ..   | 65 fr.  |
|                                        | { Un an ..      | 120 fr. |
| BELGIQUE ..                            | { Trois mois .. | 42 fr.  |
|                                        | { Six mois ..   | 80 fr.  |
|                                        | { Un an ..      | 150 fr. |
| ÉTRANGER (tarif postal<br>réduit) ..   | { Trois mois .. | 65 fr.  |
|                                        | { Six mois ..   | 120 fr. |
|                                        | { Un an ..      | 230 fr. |
| ÉTRANGER (tarif postal<br>augmenté) .. | { Trois mois .. | 90 fr.  |
|                                        | { Six mois ..   | 175 fr. |
|                                        | { Un an ..      | 340 fr. |

**EXCELSIOR**  
*modes*

**Le Bréviaire de l'Élégance**

Grand supplément trimestriel d'EXCELSIOR paraissant à chaque nouvelle saison de la Mode et donnant tous les modèles-types de la haute Couture.

**48 pages luxueusement illustrées**

Savez-vous que  
pour **7** centimes de l'heure  
par radiateur...

## LE CHAUFFAGE CENTRAL **IDEAL CLASSIC**

APPORTERA CHEZ VOUS  
UN CONFORT INCOMPARABLE

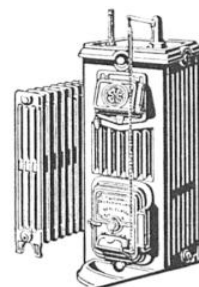
Pourquoi donc vous priver de tant de bien-être alors que votre chauffage actuel ne vous offre pas le quart des avantages du chauffage "IDEAL CLASSIC" et vous coûte beaucoup plus cher ?...

Réfléchissez... Documentez-vous... Questionnez parmi les centaines de milliers d'usagers d'"IDEAL CLASSIC"...

...Et vous n'hésitez plus à adopter bien vite le chauffage central "IDEAL CLASSIC" si agréable, si pratique et tellement plus économique.

### GRATUITEMENT

A l'aide du coupon ci-dessous, demandez la très intéressante Brochure N° A-68 sur le chauffage central "IDEAL CLASSIC"



NOM \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_  
RUE \_\_\_\_\_ DÉP. \_\_\_\_\_  
VILLE \_\_\_\_\_

## **COMPAGNIE NATIONALE DES RADIATEURS**

149, Boulevard Haussmann, PARIS (8<sup>e</sup>)

LYON

MARSEILLE

BORDEAUX

1, Rue de la République

26, Cours Lieutaud

128, Cours d'Alsace-Lorraine

USINES à : AULNAY-sous-BOIS, DAMMARIÉ-les-LYS, DOLE, CLICHY, ST-OUEN, ARGENTEUIL, BLANC MESNIL



# ÉTUDES CHEZ SOI

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

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

## L'ÉCOLE UNIVERSELLE,

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

L'efficacité des méthodes de l'Ecole Universelle, méthodes qui sont, depuis 30 ans, l'objet de perfectionnements constants, est prouvée par

### LES MILLIERS DE SUCCÈS

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

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

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

**BROCHURE N° 30.003**, concernant les *classes complètes de l'Enseignement primaire et primaire supérieur* jusqu'aux Brevet élémentaire et Brevet supérieur inclusivement — concernant, en outre, la préparation rapide au *Certificat d'études primaires*, au *Brevet élémentaire*, au *Brevet supérieur*, pour les jeunes gens et jeunes filles qui ont déjà suivi les cours complets d'une école — concernant, enfin, la préparation au *Certificat d'aptitude pédagogique*, aux divers *Professorats*, à l'*Inspection primaire*, au *Certificat d'études P. C. B.* et à l'*examen d'herboriste*.

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

**BROCHURE N° 30.008**, 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° 30.010**, 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° 30.015**, 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° 30.021**, 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° 30.026**, 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° 30.030**, 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° 30.038**, concernant la préparation à toutes les carrières de l'**Agriculture**, des **Industries agricoles** et du **Génie rural**, dans la Métropole et aux Colonies. — **Radiesthésie**.  
(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs agronomes, Ingénieurs du Génie rural, etc.)

**BROCHURE N° 30.040**, 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° 30.047**, 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° 30.051**, concernant la préparation aux carrières du **Cinéma** : Carrières artistiques, techniques et administratives.  
(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

**BROCHURE N° 30.056**, concernant la préparation aux carrières du **Journalisme** : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc.  
(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

**BROCHURE N° 30.062**, 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° 30.066**, 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° 30.073**, 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° 30.075**, concernant l'**enseignement complet de la musique** : Musique théorique (Solfège, Chant, Harmonie, Contrepoint, Fugue, Composition, Instrumentation, Orchestration, Transposition), Musique instrumentale (Piano, Accompagnement au piano, Violon, Flûte, Mandoline, Banjo, Clarinette, Saxophone, Accordéon) — concernant également la préparation à toutes les carrières de la **Musique** et aux divers **Professorats** officiels ou privés.  
(Enseignement donné par des Grands Prix de Rome, Professeurs membres du jury et Lauréats du Conservatoire national de Paris.)

**BROCHURE N° 30.081**, 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° 30.084**, concernant l'**Art d'écrire** (Rédaction littéraire, Versification) et l'**Art de parler en public** (Eloquence usuelle, Diction).

**BROCHURE N° 30.090**, enseignement pour les **enfants débiles ou retardés**.

**BROCHURE N° 30.095**, concernant les **carrières féminines** dans tous les ordres d'activité.

**BROCHURE N° 30.097**, **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°)

R.L.D

# VOTRE RÊVE...

PARTIR,  
BATIR,  
VIVRE...

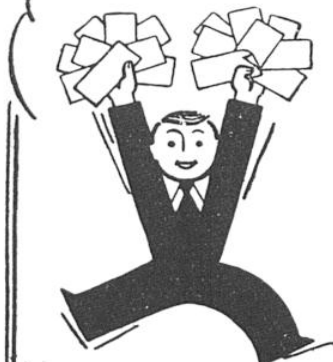
....il est là

dans le billet qui vous attend,  
à quelques pas de chez vous.

VOTRE BILLET du  
prochain tirage de la

## LOTÉRIE NATIONALE

prenez votre chance !



### Situations DANS L'AVIATION

**L**e temps presse surtout pour les jeunes. Il ne s'agit pas de s'endormir. C'est donc vers l'Aviation qu'une partie des candidats à une situation d'avenir doivent tourner les yeux, d'abord parce que l'Aviation est une arme d'élite pour y faire son service militaire, ensuite, parce qu'en quittant le service, l'aviateur est toujours certain de trouver une situation civile.

**AVIATION MILITAIRE.** — Les jeunes gens n'ayant qu'une instruction primaire peuvent devenir : **Mécaniciens** en suivant les cours sur place ou par correspondance à l'Ecole de Navigation de Paris et à condition de faire un peu de travail manuel ; **Pilotes**, en préparant l'examen des bourses de Pilotage ; **Radios**, en suivant la préparation spéciale de l'Ecole.

Ceux qui ont l'instruction du Brevet élémentaire peuvent entrer à l'Ecole des Mécaniciens de Rochefort (2<sup>e</sup> année), ou à l'Ecole des pilotes d'Istres, ou préparer un brevet de radio, toujours avec l'Ecole de Navigation.

Ceux qui ont l'instruction du Baccalauréat peuvent aspirer à l'Ecole de l'Air, qui forme les Officiers Pilotes, ou à l'Ecole des Officiers mécaniciens.

**AVIATION CIVILE.** — Enfin, ceux qui ont terminé leur service militaire pourront devenir **Agent technique**, **Ingénieur adjoint**, **Ingénieur**, **Radiotélégraphiste** au Ministère de l'Air.

Dans tous les cas, solde et traitements élevés — avancement — prestige — retraites.

Jeunes gens, n'hésitez pas : allez vers l'Aviation.

Renseignements gratuits auprès de l'ÉCOLE DE NAVIGATION MARITIME ET AÉRIENNE, 19, RUE VIÈTE, PARIS (17<sup>e</sup>).

### “DESSINEZ”

RAPIDEMENT ET EXACTEMENT  
même sans savoir dessiner, grâce à la

**Chambre Claire Universelle**

(2 modèles de précision) : 255 ou 395 francs

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

OU AU

**Dessineur** (Chambre Claire simplifiée) : 125 fr.

Port : France, 5 fr. — Etranger, 10 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 :**  
Photos, Paysages,  
Objets, Plans, Des-  
sins, Portraits, etc.

**P. BERVILLE**  
18, rue La Fayette

PARIS - IX<sup>e</sup>  
Ch. Post. : 1.271-02







RENAULT présente...  
la Voiture des Jeunes

La nouvelle  
**JUVAQUATRE**  
à roues avant indépendantes

La première voiture à roues avant indépendantes, ne comportant pas plus d'articulations qu'une suspension classique

4 personnes transportées à grande allure, très confortablement, en toute sécurité, pour un prix d'achat et un coût d'entretien minimes  
Moteur 4 cylindres, 1 litre de cylindrée, aux accélérations vigoureuses, énergiques. Construction sérieuse pour une longue durée du véhicule  
Châssis-caisson dont les longerons-caissons jouent le rôle de puissants pare-chocs latéraux.

Tenue de route parfaite, par la répartition rationnelle des poids  
— Court rayon de braquage — Direction douce et précise — Grande facilité de garage — Réservoir d'essence à l'arrière — Toit métallique — Glaces de sécurité

Une seule carrosserie  
la Conduite Intérieure  
**4 PLACES**  
**95 kms à l'heure**  
**7 litres aux 100**  
**Assurance 6 cv.**

NE FAITES VOTRE CHOIX QU'APRÈS AVOIR ESSAYÉ LA JUVAQUATRE

**RENAULT**

*La voiture qui accélère vos joies et qui freine vos dépenses*

**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.

**UN OUVRAGE UNIQUE AU MONDE !...**

Vient de paraître... c'est

## L'ENCYCLOPÉDIE DE LA RADIOÉLECTRICITÉ

DICTIONNAIRE FORMULAIRE ULTRA-MODERNE  
LE SEUL EXISTANT A L'HEURE ACTUELLE

PLUS DE  
**600 PAGES**

3.493 ARTICLES

2.980 FIGURES  
ET SCHÉMAS

162 ABAQUES,  
GRAPHIQUES  
ET COURBES

59 TABLEAUX

TRADUCTION DE TERMES  
en ANGLAIS et en ALLEMAND

- TOUS LES TERMES. TOUTES LES DÉFINITIONS.
- TOUTES LES EXPLICATIONS SIMPLES ET CLAIRES  
DE TOUS LES PHÉNOMÈNES RADIOÉLECTRIQUES.

*Cette œuvre gigantesque et ultra-moderne est le recueil  
de toutes les connaissances radioélectriques pour 1937.*

Elle a sa place dans votre bibliothèque. Informez-vous.

## ENCYCLOPÉDIE DE LA RADIOÉLECTRICITÉ

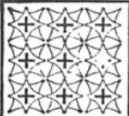
ÉTIENNE CHIRON, ÉDITEUR  
40, RUE DE SEINE — PARIS-VI<sup>e</sup>

**BON A DÉCOUPER**

pour recevoir GRATUITEMENT un spé-  
cimen de l'Encyclopédie de la Radio.

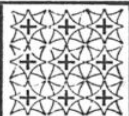
NOM .....

ADRESSE .....



**LA SCIENCE ET LA VIE**

EST LE SEUL MAGAZINE DE VULGARISATION  
SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE



**ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES**

**◀ FILTRE ▶**

DANS TOUTES BONNES MAISONS  
et 155, faubourg Poissonnière, Paris

MALLIÉ





## Un poste fait pour votre intérieur

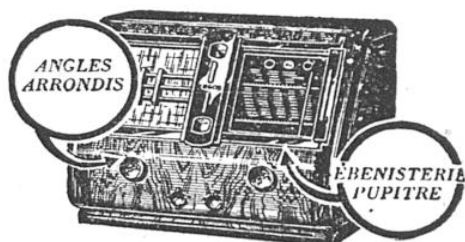
Dans un intérieur moderne ou ancien le poste ERGOS "EVOLUTION 38" se trouvera dans son cadre. Notre brochure "Evoluer c'est simplifier" vous en donnera la preuve et vous amènera à partager l'opinion générale : les postes EVOLUTION 38 fournissent des auditions aussi pures que l'émission.

Cette brochure vous sera adressée gracieusement sur demande de votre part.

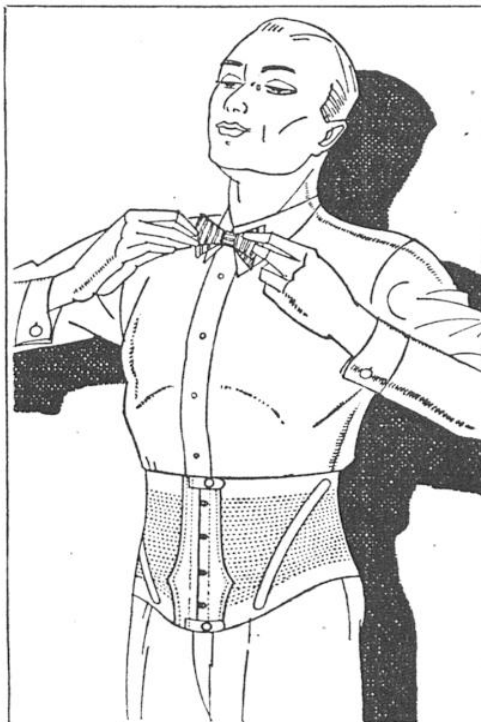
## ÉVOLUTION 38

LA NOUVELLE SÉRIE PUPITRE

## ERGOS



98, Avenue Saint-Lambert, NICE  
99, Fg St-Martin, PARIS  
Vente à crédit



Pour sa Santé !  
Pour sa Ligne !

## L'HOMME MODERNE

doit porter la

## Nouvelle Ceinture

# Anatomic

**INDISPENSABLE** à tous les hommes qui "fatiguent" dont les organes doivent être soutenus et maintenus.

**OBLIGATOIRE** aux "sédentaires" qui éviteront "l'empatement abdominal" et une infirmité dangereuse : **l'obésité.**

| Nos | TISSU ÉLASTIQUE<br>— BUSC CUIR — | Haut.<br>devant | COTE<br>forte | COTE<br>souple |
|-----|----------------------------------|-----------------|---------------|----------------|
| 101 | Non réglable...                  | 20 c/m          | 80 f.         | 100 f.         |
| 102 | Réglable.....                    | 20 c/m          | 100 f.        | 120 f.         |
| 103 | Non réglable...                  | 24 c/m          | 110 f.        | 130 f.         |
| 104 | Réglable.....                    | 24 c/m          | 130 f.        | 150 f.         |

**Recommandé :** 102 et 104 (se serrant à volonté).

**Commande :** Indiquer votre tour exact d'abdomen.

**Echange :** par retour si la taille ne convient pas.

**Envoi :** rapide, discret, par poste, recommande

**Port :** France et Colonies : 5 fr - Étranger : 20 fr

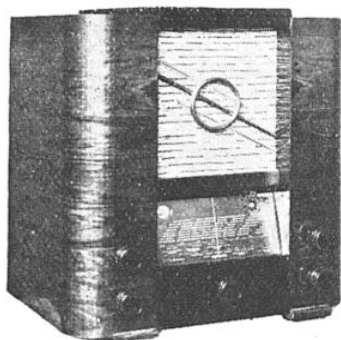
**Paiement :** mandat ou rembours (sauf Étranger)

**Catalogue :** échantill. tissus et feuil. mesur. Fco.

## BELLARD - V. - THILLIEZ

SPÉCIALISTES

22, Faub. Montmartre - PARIS-9<sup>e</sup>



## SOYEZ MODERNES ! ADOPTEZ LA CONTRE-REACTION LE SUPER - EXCELSIOR 388

Super 8 lampes rouges, antifading, toutes ondes: 12 m. 50 à 2.075 m. 4 gammes, contrôle de tonalité réglable, étage H. F. apériodique, sélectivité variable. B. F. à contre-réaction. Se fait en courant alternatif ou en tous courants.

Sera vendu à titre publicitaire aux lecteurs de *La Science et la Vie*, pendant quelque temps seulement, complet en ordre de marche, **1.195 Francs** au prix exceptionnel de ..

(VALEUR : 1.895 francs)

IL EXISTE ÉGALEMENT UNE GAMME COMPLÈTE D'AUTRES MODÈLES DE 4 À 9 LAMPES

Demandez les conditions spéciales accordées aux lecteurs de «La Science et la Vie».

NOTICE DESCRIPTIVE CONTRE TIMBRE DE 1 FRANC

**GÉNÉRAL-RADIO** 1, boul. Sébastopol, PARIS (1<sup>er</sup>)  
Métro: CHATELET



**VOS  
POUMONS**  
ont  
soif d'air pur

Toutes les 6 secondes un litre de sang vient y

chercher l'oxygène nécessaire à sa régénération.

SEUL...

un air riche en ozone et en oxygène naissant peut assurer la régularité de fonctionnement de l'organisme.

# OZONAIR

ASSAINIT - DÉSODORISE - VITALISE  
électriquement l'atmosphère de tous locaux

Pour résister à la fatigue physique et intellectuelle, faites une cure de grand air à domicile.

Notice et références franco — Essai gratuit  
PROCÉDÉS OZONAIR, 63, r. de Lancry, Paris (10<sup>e</sup>)

Téléphone : Botzaris 24-10 et 11

## LANGUES VIVANTES

Which is the way to Biscadilly?



Voulez-vous comprendre, écrire et parler parfaitement l'ANGLAIS, l'ALLEMAND, l'ESPAGNOL, l'ITALIEN, et cela en quelques mois et sans effort?

Adoptez

# ASSIMIL

LA MÉTHODE FACILE

Grosse économie de temps et d'argent.  
7 leçons d'essai et documentation complète contre 2 fr. en timbres ou coupons-réponses pour chaque langue.

ASSIMIL, 4, r. Lefebvre, Paris (15<sup>e</sup>)  
(SERVICE S. C.)

58, rue Lesbroussart, Bruxelles

## SOURDS



2 Inventions nouvelles :  
le CONDUCTOS INTÉGRAL  
ET LE  
CONDUCTOS STABILISÉ  
vous feront

**ENTENDRE IMMÉDIATEMENT**

Demandez le tableau-diagnostic du Docteur RAJAU à  
DESGRAIS, 140, rue du Temple, Paris-3<sup>e</sup>

OFFREZ A VOS AMIS  
UN ABONNEMENT A

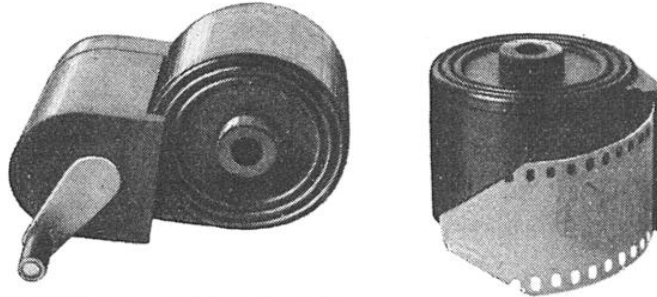
## La Science et la Vie

VOUS LEUR FEREZ  
— PLAISIR —



# PHOTOGRAPHIE 24x36

## une révolution !



**LA BOBINEUSE SUMMOR  
ET LA CARTOUCHE — 10 MÈTRES SUMMOR**

VOUS PERMETTENT DE RECHARGER

**EN PLEIN JOUR**

VOS MAGASINS MÉTALLIQUES OU À LÈVRES DE VELOURS ET DE LES GARNIR DU

**NOMBRE DE VUES QUE VOUS DÉSIREZ**

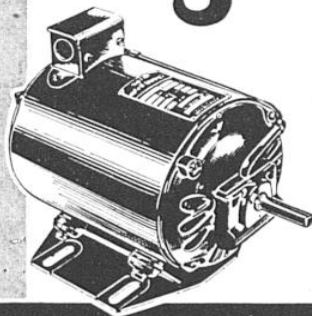
EN VENTE CHEZ VOTRE REVENDEUR HABITUEL

Documentation : **LES SPÉCIALITÉS SUMMOR**, 27, place Alphonse-Deville - PARIS-VI<sup>e</sup>



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

# Ragonot- Delco



**ETS RAGONOT**

15, Rue de Milan - PARIS-IX<sup>e</sup>  
Téléphone: Trinité 17-60 et 61

Pub. R.-L. Dupuy



R.L.D

## Un gros risque de moins avec le SURVOLTEUR-DÉVOLTEUR CB 2

Plus de lampes "claquées" plus de moteurs qui chauffent ou qui grillent. D'un coup de pouce vous ramenez la tension à la valeur convenable

Documentation complète n° 80 sur demande

**"FERRIX"** 98, Av. St-Lambert - NICE  
172, Rue Legendre - PARIS

**Les JEUNES GENS**  
trouveront actuellement des débouchés de tout premier ordre dans la

## RADIOTÉLÉGRAPHIE

De nombreuses situations sont offertes dans les Administrations, les Compagnies de Navigation maritime et aérienne et dans l'industrie.

◆ ◆

**RENSEIGNEZ-VOUS AUJOURD'HUI MÊME** en demandant la documentation complète et gratuite, dont le sérieux ne vous échappera pas, qui a été établie à l'intention des lecteurs de *La Science et la Vie* par

**L'ÉCOLE FRANÇAISE DE RADIOÉLECTRICITÉ**  
10 bis, rue Amyot, PARIS (5<sup>e</sup>)  
Téléphone : Port-Royal 05-95

*Les meilleurs emplois*

sont réservés aux techniciens de l'AVIATION, de l'ÉLECTRICITÉ, de l'AUTOMOBILE, du BÉTON ARMÉ et du CHAUFFAGE CENTRAL, branches vitales de l'activité industrielle. Quels que soient votre âge et vos connaissances actuelles, vous pouvez, après quelques mois d'études agréables chez vous, occuper une belle situation dans un de ces cinq domaines.

DEMANDEZ AUJOURD'HUI A  
**L'INSTITUT MODERNE  
POLYTECHNIQUE**  
15, av. Victor-Hugo — Tél. Mol. 29-33  
BOULOGNE (PARIS)  
sa brochure programme S gratuite.  
*Indiquer spécialité préférée.*

**POMPES DAUBRON**  
57, avenue de la République, PARIS

**ÉLECTRO-POMPES DOMESTIQUES**  
pour villas, fermes, arrosage, incendies

**FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE**  
Distribution d'eau sous pression  
par les groupes

**DAUBRON**  
**POMPES INDUSTRIELLES**  
tous débits, toutes pressions, tous usages

Voir article  
n° 254, page 511.

**La Lunette de Lit**

permet, dans la position couchée, de lire sans fatigue

Elle est indispensable à tous les alités et même aux bien portants. — Elle existe sans correction ou pour Myopie, Hyperopie et Presbytie.

**H. & M. RENAULT - Optique Wagram**  
107, rue Jouffroy, Paris - 17<sup>e</sup>



# Une **INVENTION NOUVELLE**

est souvent une source de profits pour son auteur.

# Un **BREVET d'INVENTION**

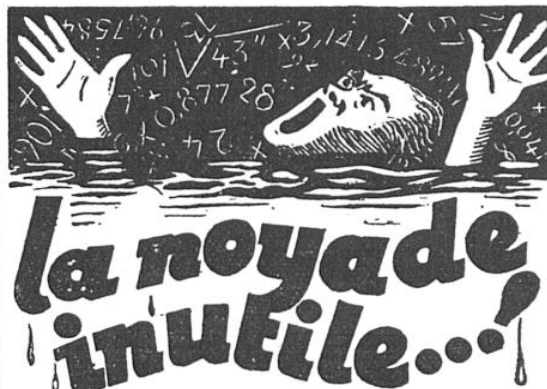
bien étudié permet seul d'en tirer parti.

POUR AVOIR  
UNE BONNE  
PROTECTION  
**UTILISEZ LES  
SPÉCIALISTES**

DE  
**LA SCIENCE ET LA VIE**

RENSEIGNEMENTS  
GRATUITS SUR PLACE  
ET PAR ÉCRIT AU  
SERVICE SPÉCIAL DES  
**INVENTIONS NOUVELLES**  
DE  
**LA SCIENCE ET LA VIE**

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



S'empêtrer dans les chiffres, s'y noyer même, quand la règle à calculs est là - si simple - c'est négliger nettement son intérêt et freiner sa propre réussite.

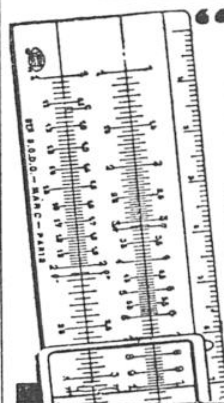
Pour vous sauver de l'erreur, vous fournir des solutions faciles, promptes, justes, pour gagner un temps précieux, renseigner un client, établir un prix de revient, simplifier tous vos calculs, et arriver au rendement le plus remarquable, la règle "MARC" vous aidera efficacement.

Son emploi est si aisé que vous la trouvez dans toutes les mains renseignées et pratiques.

Ainsi, de l'élève au mathématicien en passant par l'employé, l'ouvrier, l'ingénieur, le commerçant, l'industriel, toutes les professions y trouvent force avantages.

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 À CALCUL DE POCHES**



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

SCOLAIRE 28 Fr. — MANNHEIM 54 Fr.  
BÉGIN 34 Fr. — SINUS ET TANGENTE 38 Fr.  
ELECTRICIEN 40 Fr. — RIETZ 40 Fr.  
Notice envoyée gratuitement.

EN VENTE: PAPETIERS, LIBRAIRES  
OPTICIENS  
INSTRUMENTS DE PRÉCISION.  
**RÈGLES "MARC"**  
24, R. de Dunkerque - Paris-X<sup>e</sup>

**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 \_\_\_\_\_

*de vraies Besançon*



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

Choisissez la montre à votre goût dans une qualité sûre et durable parmi les 600 modèles pour DAMES et MESSIEURS présentés sur le nouvel Album MONTRES N° 37.65, envoyé gratuitement sur demande par les Etablissements SARDA, les réputés horlogers installés à BESANCON depuis 1893.

Echanges et reprises de montres anciennes

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

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

Editeurs : FÉLIX ALCAN, Paris - NICOLA ZANICHELLI, Bologne - AKADEMISCHE VERLAGSGESELLSCHAFT m. b. H., Leipzig - DAVID NUTT, Londres - G. E. STECHERT & Co., New York - RUIZ HERMANOS, Madrid - F. KILLIAN'S NACHFOLGER, Budapest - GEORG & Co, Genève - F. MACHADO & Cie, Porto - THE MARUZEN COMPANY, Tokyo.

## "SCIENTIA"

Revue internationale de synthèse scientifique  
Paraissant mensuellement (en fascicules de 100 à 120 pages chacun)

Directeurs : F. BOTTAZZI, G. BRUNI, F. ENRIQUES  
Secrétaire général : PAOLO BONETTI

**EST L'UNIQUE REVUE** à collaboration vraiment internationale - à diffusion vraiment mondiale - de synthèse et d'unification du savoir, traitant par ses articles les problèmes les plus nouveaux et les plus fondamentaux de toutes les branches de la science : philosophie scientifique, histoire des sciences, mathématiques, astronomie, géologie, physique, chimie, sciences biologiques, physiologie, psychologie, sociologie, droit, sciences économiques, histoire des religions, anthropologie, linguistique ; articles constituant parfois de véritables enquêtes, comme celles sur la contribution que les différents peuples ont apportée au progrès des sciences ; sur la question du déterminisme, sur la relativité, la physique de l'atome et des radiations ; sur le vitalisme. « Scientia » constitue le premier exemple d'organisation internationale du mouvement philosophique et scientifique.

Les articles sont publiés dans la langue de leurs auteurs, et à chaque fascicule est joint un supplément contenant la traduction française de tous les articles non français. La revue est ainsi entièrement accessible même à qui ne connaît que le français. (Demandez un fascicule d'essai gratuit au Secrétaire général de « Scientia », Milan, en envoyant 3 francs en un seul timbre-poste de votre pays, à pur titre de remboursement des frais de poste et d'envoi.)

ABONNEMENT : Fr. 230. »

Il est accordé de fortes réductions à ceux qui s'abonnent pour plus d'une année.

BUREAUX DE LA REVUE : Via A. De Togni 12 - Milano (116)

## ÉCOLE DES MÉCANICIENS DE LA MARINE et de l'AIR

19, rue Viète - PARIS

MÊME ÉCOLE

56, boul. Impératrice de Russie  
NICE (Alpes - Maritimes)

### MARINE DE GUERRE:

Ecole des Elèves-Ingénieurs, Ecoles de Sous-Officiers et Ecole des Apprentis-Mécaniciens, Ingénieurs-Mécaniciens de deuxième classe d'active et de réserve, Brevets simple et supérieur de Mécaniciens.

### MARINE MARCHANDE:

Officiers Mécaniciens de première, deuxième et troisième classe. Diplôme d'Aspirant Mécanicien-Électricien.

### AIR:

Agents techniques, Elèves-Ingénieurs, Dessinateurs, Sous-Ingénieurs et Ingénieurs Dessinateurs. Ecole des Apprentis-Mécaniciens de Rochefort et Ecole des Elèves - Officiers Mécaniciens.

PROGRAMMES GRATUITS

COURS SUR PLACE  
COURS PAR CORRESPONDANCE

## un ensemble unique...

PHOTOGRAVURE  
CLICHERIE  
GALVANOPLASTIE  
DESSINS  
PHOTOS  
RETOUCHES

pour  
illustrer vos  
Publicités

Établissements  
**Laureys Frères**  
17, rue d'Enghien, Paris



# Si vous pouvez écrire Vous pouvez **DESSINER**



Charmant croquis  
de notre élève M<sup>lle</sup>  
Germaine Fontaine.

**A**VEC sa méthode curieuse et nouvelle, l'Ecole A.B.C. vous permettra d'apprendre rapidement à dessiner les mille et une scènes charmantes de la vie quotidienne.

Utilisant l'habileté graphique que chacun a acquise en apprenant à écrire, elle permet à de véritables débutants de faire d'après nature, dès la première leçon, d'excellents croquis d'objets et de personnages en mouvement.

Le cours A.B.C. de dessin donne une instruction si complète que vous pouvez vous spécialiser dans la mode, la publicité, la décoration, l'illustration, etc... Et ceci sans augmentation de prix.

Informez-vous immédiatement de toutes les possibilités que vous offre le dessin. Demandez-nous l'Album gratuit, illustré par les élèves de l'Ecole; il contient tous renseignements sur la méthode

A. B. C. et sur les spécialisations professionnelles du dessin. Il vous suffit de remplir le bon ci-dessous et de nous le retourner.

**ECOLE A. B. C. DE DESSIN (Studio B 2), 12, rue Lincoln — PARIS (VIII<sup>e</sup>)**

*Veuillez m'envoyer gratuitement et sans aucun engagement l'album de renseignements illustré par les élèves de l'Ecole.*

Nom..... Age.....

Adresse.....

## CARNAVAL



— Vous n'êtes pas très rigolo; venez prendre une bouteille de Champagne.

— Offrez moi plutôt une bouteille de DENTOL.

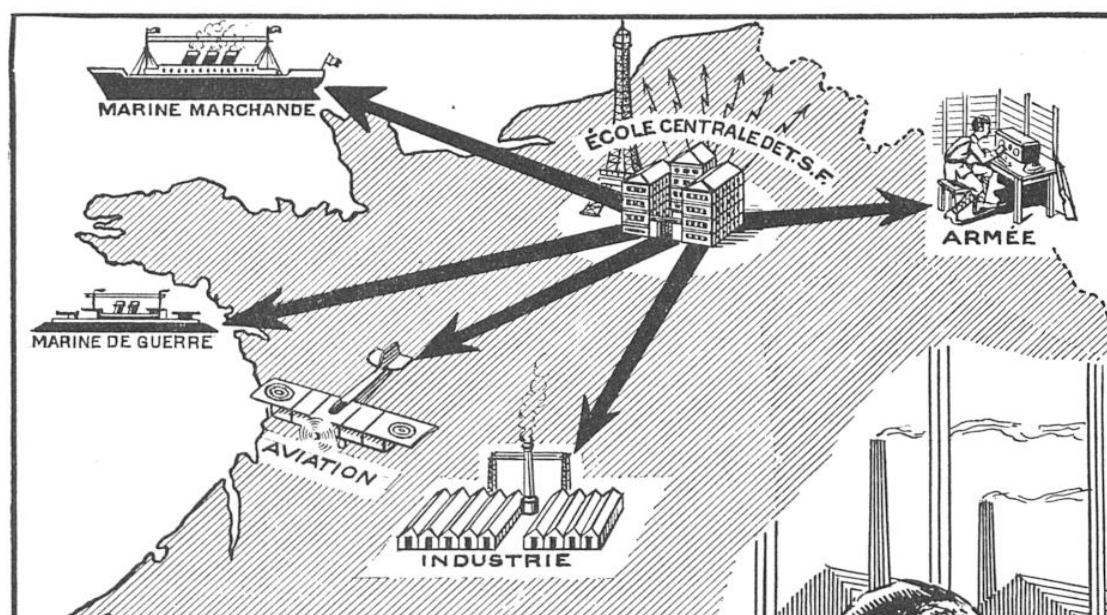
# D E N T O L

**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.*



# ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

12, Rue de la Lune - PARIS (2<sup>e</sup>)

## Toutes les préparations

**PROFESSIONNELLES.** - Radiotélégraphistes des Ministères ; Ingénieurs et Sous-Ingénieurs Radios ; Chefs-Monteurs ; Radio-Opérateurs des Stations de T. S. F. Coloniales ; Vérificateurs des installations électro-mécaniques ; Navigateurs Aériens.

**MILITAIRES :**

- Génie.** - Chefs de Postes et Elèves Officiers de Réserve.
- Aviation.** - Brevetés Radio.
- Cours spéciaux de Navigateurs Aériens.**
- Marine.** - Brevetés Radio.

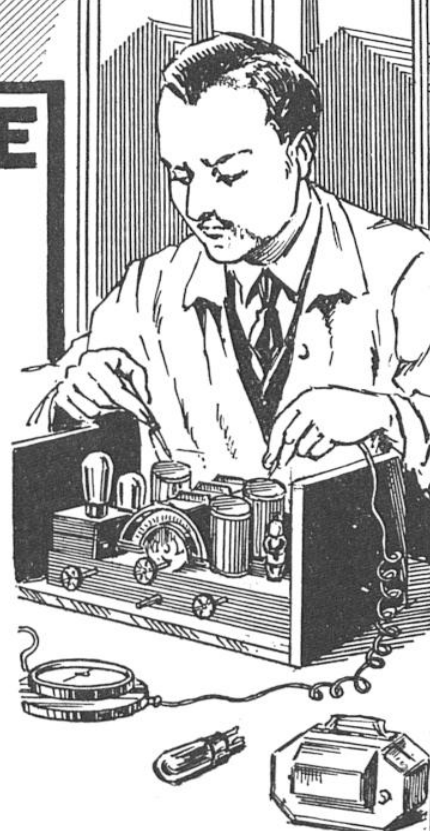
*Durée moyenne des études : 6 à 12 mois*

*L'Ecole s'occupe du placement et de l'incorporation*

**Cours du jour, du soir et par correspondance**

*Demandez tous renseignements pour les différentes sessions.*

*Notices et brochure "Les Carrières de la T.S.F." envoyées franco sur simple demande*






# LA SCIENCE ET LA VIE

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

Rédigé et illustré pour être compris de tous

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

Chèques postaux : N° 91-07 - Paris — Téléph. : Provence 15-21

RÉDACTION, ADMINISTRATION et PUBLICITÉ : 13, rue d'Enghien, PARIS-X°

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

Copyright by La Science et la Vie, Novembre 1937, R. C. Seine 116.544

Tome LII

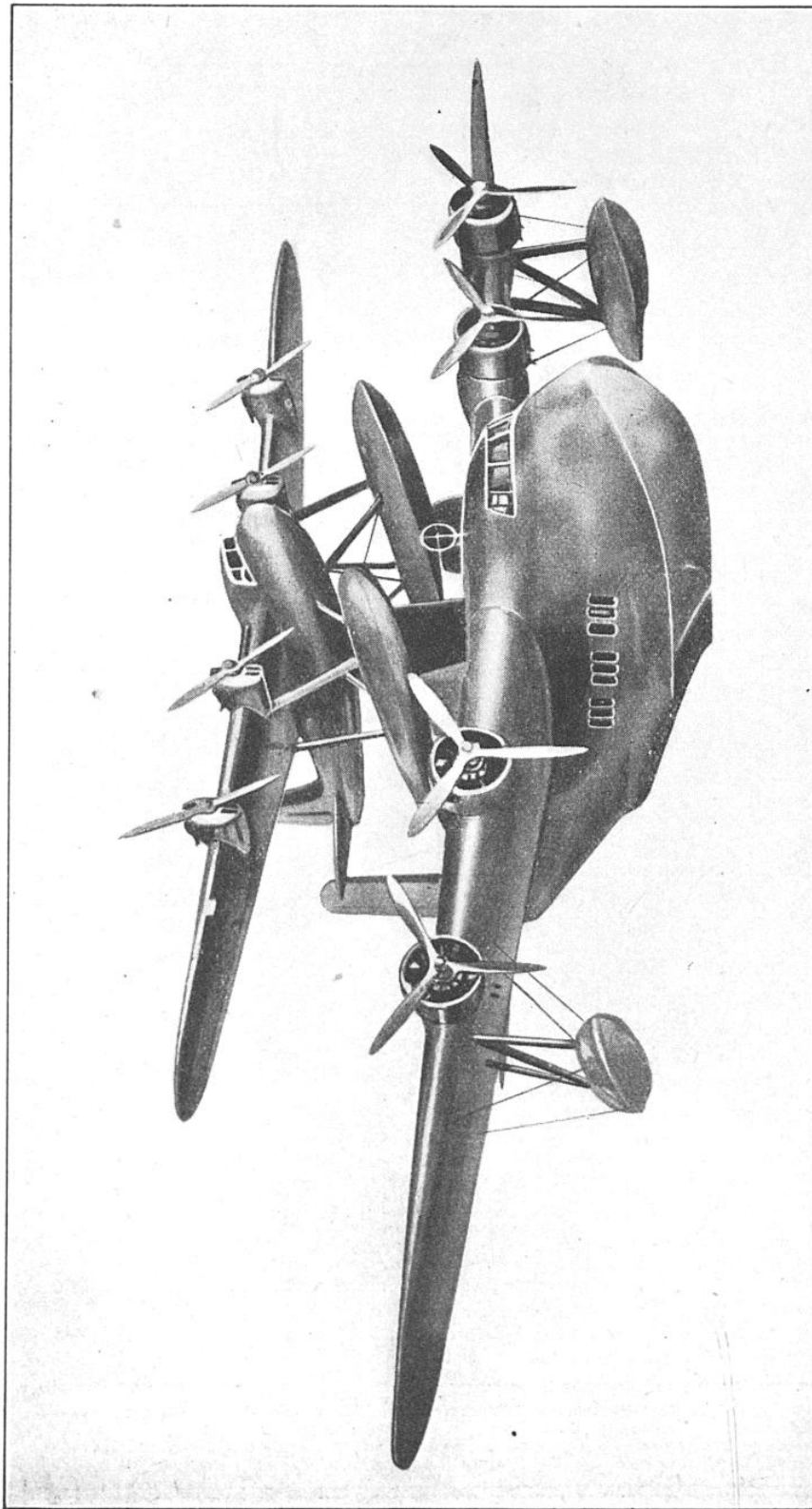
Novembre 1937

Numéro 245

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                           |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----|
| Pourquoi l'avenir appartient-il aux hydravions géants dans l'exploitation des grandes routes aériennes ? .. .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | A. Verdurand .. .                                         | 333 |
| En Europe comme en Amérique, on tend, pour les voyages transocéaniques, à utiliser les gros hydravions (de l'ordre de 100 t). La grande finesse de ces appareils géants (superstructures enfermées dans les ailes, surfaces d'ailes réduites) autorise, en effet, une charge utile et un rayon d'action sensiblement accrus par comparaison avec les avions et hydravions de plus faible tonnage, et cela sans consommation de combustibles prohibitive. | Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.                    |     |
| Qu'est-ce que la cinétique chimique ? .. .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | L. Houlléviqne .. .                                       | 343 |
| A l'étude classique des états, d'équilibre en chimie se substitue maintenant l'étude des réactions considérées comme phénomènes de mouvement, dont les conséquences pratiques, déjà entrevues, peuvent être d'une portée considérable.                                                                                                                                                                                                                   | Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.        |     |
| Ce que l'on peut attendre de la mécanique de l'atmosphère. .. .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Jean Labadié .. .                                         | 348 |
| L'étude des tourbillons cellulaires, réalisés au laboratoire et reproduits au Palais de la Découverte, a mis en évidence l'analogie profonde entre ces phénomènes et ceux que l'on observe dans la Nature (nuages). C'est une nouvelle science qui paraît devoir apporter un précieux concours à la météorologie.                                                                                                                                        |                                                           |     |
| Comment la technique moderne des sciences appliquées au cinéma a réalisé le film moderne .. .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | P. Keszler .. .                                           | 357 |
| Pour le développement, le montage des négatifs, le tirage des copies, la préparation des bandes sonores, etc., voici des machines perfectionnées, présentées à l'Exposition de 1937, qui constituent de véritables chefs-d'œuvre de mécanique et d'automatisme.                                                                                                                                                                                          |                                                           |     |
| Comment se présente, en 1937, le problème de la distribution de l'énergie électrique dans le monde .. .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Ch. Brachet .. .                                          | 365 |
| L'interconnexion des centrales hydrauliques et thermiques, les transports de l'énergie à très haute tension sont à l'ordre du jour, en vue d'assurer notamment la sécurité dans la distribution de l'énergie (câbles souterrains, élimination des surtensions, etc.).                                                                                                                                                                                    |                                                           |     |
| La science de l'hérédité — génétique — crée à son gré des races de vers à soie .. .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Victor Jouglan .. .                                       | 373 |
| La sériciculture est devenue aujourd'hui une véritable science, dont les laboratoires scientifiques améliorent sans cesse les produits, grâce à des croisements successifs qui aboutissent à des races sélectionnées à haut rendement. C'est là une merveilleuse découverte de la biologie appliquée à l'industrie.                                                                                                                                      |                                                           |     |
| Notre poste d'écoute .. .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | S. et V. .. .                                             | 384 |
| Science et lumière au Palais de la Découverte .. .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Jules Lemoine .. .                                        | 392 |
| Voici, clairement et scientifiquement exposés, les phénomènes de l'optique géométrique (rayons lumineux) et de l'optique physique (théorie ondulatoire) qui font l'objet, au Palais de la Découverte, de démonstrations saisissantes et accessibles à tous, tout en montrant les applications industrielles qui se multiplient au fur et à mesure que les laboratoires de recherches se développent.                                                     | Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers. |     |
| Les livres qu'il faut méditer .. .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | S. et V. .. .                                             | 400 |
| L'automobile et la vie moderne .. .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | S. et V. .. .                                             | 402 |
| A travers notre courrier .. .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | S. et V. .. .                                             | 406 |
| Une nouvelle conquête de l'aluminium : toitures étanches et inaltérables.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | S. et V.                                                  |     |

La Section de l'Optique, au Palais de la Découverte de l'Exposition de 1937, a mis en évidence les progrès accomplis dans ce domaine de la recherche théorique comme dans celui des applications pratiques à la vie moderne. Cette lumineuse présentation reproduite sur cette couverture constitue, en quelque sorte, le frontispice du « Laboratoire » de la Lumière. (Voir l'article page 392 de ce numéro.)



VOICI UNE RÉALISATION AUDACIEUSE, LE «COMPOSITE MAYO», HYDRAVION ANGLAIS DOUBLE CONÇU POUR LA TRAVERSÉE DE L'ATLANTIQUE-NORD. Le Composite Mayo comprend un hydravion postal transatlantique du type Mercury et un hydravion du type Short « Empire » destiné à « catapulter » le premier. L'hydravion transatlantique est un appareil à flotteurs, entièrement métallique, équipé de quatre moteurs Napier du type « Ravier » à refroidissement par eau de 320 ch. Son poids total est de 9 tonnes. Cet appareil est prévu pour effectuer sans escale la traversée Irlande-New York. Quant à l'hydravion Short « Empire », baptisé Maia, il porte sur ses ailes deux berceaux destinés à supporter les flotteurs du Mercury. L'ensemble décolle et monte à l'altitude d'utilisation du Mercury. Celui-ci se détache alors du Maia et continue son vol jusqu'à destination. L'avantage de ce dispositif est double : les flotteurs du Mercury sont de petites dimensions, puisqu'ils servent seulement pour l'amérissage qui a lieu après consommation de toute la charge d'essence ; en second lieu, la charge des ailes par m<sup>2</sup> peut être augmentée sans inconvénient, puisque c'est le Maia qui assure le décollage en s'aidant d'ailerons de la voilure et des moteurs du Mercury. Le Mercury a effectué récemment son premier vol seul en décollant à vide. Il n'a pas encore volé avec le Maia.



# POURQUOI L'AVENIR APPARTIENT-IL AUX HYDRAVIONS GÉANTS POUR EXPLOITER LES GRANDES ROUTES AÉRIENNES ?

Par A. VERDURAND

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Deux appareils ont, au cours de l'été dernier, effectué avec une régularité de marche remarquable les traversées d'essais préliminaires en vue de l'établissement d'un service de transports aériens régulier entre l'Europe et l'Amérique du Nord. Il s'agit d'un hydravion anglais Short, type Empire (quadrimoteur « Bristol-Pegasus » de 800 ch, pesant 20 t en ordre de vol) et d'un hydravion américain, le Panamerican Clipper Sikorsky S.-42 (quadrimoteur « Pratt et Whitney » de 750 ch) pesant 17 t en ordre de vol. Mais la Grande-Bretagne et les Etats-Unis disposent en outre — ou vont disposer d'ici peu — d'autres appareils capables d'assurer un service régulier sur l'Atlantique-Nord : ce sont, en Angleterre, le Composite Mayo, ce curieux assemblage de deux hydravions qui se séparent en vol ; aux Etats-Unis, le Boeing-314 de 40 t, commandé à six exemplaires par les « Panamerican Airways », plus un Sikorsky et un Glenn Martin, l'un et l'autre de 50 t (1). L'Allemagne, enfin, à côté de la série des Dornier-18 (catapultables) qui ont déjà effectué l'an dernier des traversées d'études entre l'Europe et l'Amérique du Nord, possède maintenant l'hydravion Ha-139 (quadrimoteur à huile lourde, catapultable également malgré son poids de 16 tonnes) et achève la construction du Dornier-20 de 50 t. La position de la France dans cette compétition internationale apparaît moins brillante, puisque, en fin de 1937, elle ne dispose, pour entreprendre des voyages d'essais sur ce parcours, que d'un quadrimoteur terrestre du type Farman dont la mise au point n'est pas encore terminée (2). Quant au matériel d'exploitation, dont les prototypes (de 40 à 60 t) viennent d'être commandés, ils ne pourront évidemment entrer en service, si tout va bien, avant 1939. Envisagé du point de vue constructif aussi bien que de celui de l'économie d'exploitation, l'hydravion transatlantique semble devoir évoluer de plus en plus vers les très gros tonnages, de l'ordre de 100 t et peut-être davantage, suivant en cela la tendance constatée en Europe et en Amérique où sont déjà en construction des appareils de 40 à 60 t et à l'étude des appareils de 100 à 120 t. C'est qu'en effet, ainsi qu'on le verra ci-dessous, seuls les hydravions « géants » pourront posséder des caractéristiques de beaucoup supérieures à celles des appareils actuels. Ainsi, pour ce qui concerne la finesse, eux seuls permettront d'annuler complètement les résistances parasites dues aux superstructures en les enfermant toutes à l'intérieur des ailes, en réduisant simultanément à leur minimum les résistances de frottement sur le revêtement des ailes et du fuselage. En outre, sur les très gros hydravions, on peut adopter des charges alaires très élevées, dépassant 200 kg/m<sup>2</sup>, d'où une surface d'aile extrêmement réduite et une diminution corrélative de la résistance de l'aile à l'avancement, diminution qui peut atteindre 35 % pour un hydravion de 100 t par rapport à un hydravion actuel qui ne dépasse pas 20 t ! Pour le même rayon d'action, ces véritables paquebots aériens augmenteront leur vitesse et économiseront leur combustible tout en emportant une charge commerciale — c'est-à-dire payante — très supérieure au quintuple de celle emportée sur le même trajet par un hydravion de 20 t. L'hydravion de très fort tonnage — qui trouvera le long de toutes les côtes de vastes plans d'eau naturels pour les décollages et amerrissages à grande vitesse que sa grande inertie lui permet d'effectuer en toute sécurité — apparaît donc comme devant fournir la solution la plus rationnelle du problème des liaisons à la fois rapides et économiques sur les grandes routes de l'air, aussi bien pour les relations avec les pays d'Extrême-Orient que pour les services transocéaniques.

(1) Ces derniers appareils sont destinés aux American Export Lines, filiale qui vient d'être créée par l'American Export Steamship Co pour concurrencer les Panamerican Airways sur l'Atlantique-Nord.

(2) On sait que l'hydravion Lieutenant-de-Vaisseau-Paris, dont la vitesse de croisière (180 km/h) est insuffisante et qui ne présente pas toutes garanties de sécurité sur un parcours de 4 300 km (puisque'il a fallu renoncer à l'escale des Açores), n'a pas été autorisé par le ministre de l'Air à effectuer la tentative de liaison projetée entre la France et l'Amérique du Nord.

L'augmentation de finesse (1) des avions a fait l'objet de nombreuses recherches au cours de ces dernières années et les résultats déjà acquis sont susceptibles d'exercer une énorme influence sur le développement de l'aviation en général et des transports transocéaniques en particulier.

On peut diviser en quatre catégories principales les résistances que l'air oppose à la propulsion de l'avion :

1° Frottements de l'air sur la surface de l'avion ;

2° Frottements et tourbillons engendrés par l'air de refroidissement des moteurs ;

en escamotant les trains d'atterrissage, en carénant les postes de pilotage.

Pour achever de faire disparaître les tourbillons dus aux interactions entre les diverses parties constitutives de l'avion, on recherche de la façon suivante les points où ils prennent naissance. On promène, au voisinage de la maquette placée dans le courant d'air du tunnel (1), un fil de laine porté à l'extrémité d'un fil de fer. Là où les filets d'air sont perturbés, le fil de laine se replie sur lui-même, en suivant les volutes du tourbillon. On modèle alors la maquette avec de la cire, de façon à corriger les formes aux endroits

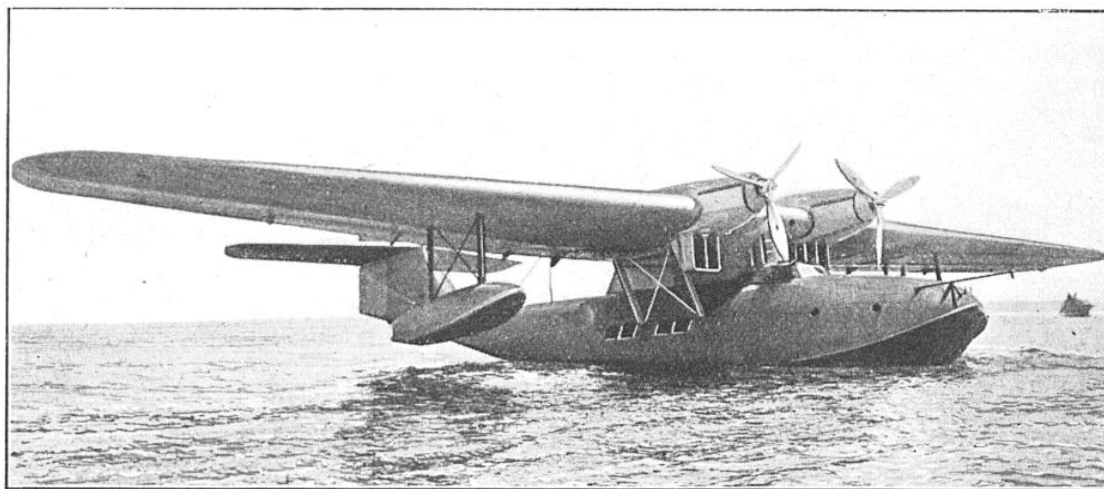


FIG. 1. — HYDRAVION FRANÇAIS « LIORÉ-OLIVIER-47 » DE 17 TONNES

Équipé de quatre moteurs Hispano-Suiza « 12 Y-drs », de 920 ch, à compresseurs, cet appareil atteint une vitesse maximum, à 4 000 m, de 360 km/h. Sa vitesse de croisière, à 55 % de sa puissance, est de 280 km/h. Son rayon d'action, par vent debout de 50 km/h, avec une charge commerciale de 1 500 kg, est de 4 000 km. Cet appareil, commandé à cinq exemplaires pour le service Dakar-Natal, sur lequel il transportera 8 passagers et 500 kg de fret postal, pourra être employé comme appareil postal sur la ligne transatlantique Paris-New York, à condition de faire une escale à la base française de Saint-Pierre-et-Miquelon lorsqu'elle sera équipée. Cet hydravion est d'ailleurs susceptible d'être catapulté.

3° Tourbillons engendrés par les extrémités d'ailes ;

4° Tourbillons engendrés par les superstructures de l'avion (mâts, haubans, trains d'atterrissage, pare-brise) et par les interactions entre l'aile et le fuselage.

Dans les anciens avions, ce sont les résistances de cette dernière catégorie qui étaient de loin les plus importantes. C'est donc à elles qu'on s'est attaqué en premier lieu. On les a déjà réduites dans d'énormes proportions, en supprimant mâts et haubans,

(1) La finesse d'un avion est mesurée par le rapport de sa portance à sa traînée. Pour une même portance, la finesse est d'autant plus grande que l'avion est mieux « fuselé » et que sa surface externe est plus lisse.

où elles donnent naissance aux tourbillons. Après quoi, on recommence l'essai au tunnel qui montre s'il reste des corrections à faire. On arrive ainsi, par tâtonnements, à obtenir des formes presque parfaites.

Toutefois, il reste encore, dans les avions actuels, des carénages de moteurs qui, aux endroits où ils recouvrent l'aile, en détruisent la portance et, par conséquent, diminuent la finesse de l'avion. Cette perte de finesse disparaîtra complètement sur les gros hydravions de 100 tonnes, parce qu'on pourra loger les moteurs dans les ailes et qu'ils actionneront des hélices situées derrière le bord d'attaque. L'effet de sillage

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 226, page 263.



des hélices sur les ailes sera ainsi supprimé.

Ainsi, on arrivera bientôt à l'avion « parfaitement fuselé », dans lequel la résistance du planeur sera réduite aux frottements sur l'aile et sur le fuselage, et aux tourbillons d'extrémités d'ailes. Dès à présent, les avions les plus modernes se rapprochent beaucoup de cet idéal.

**Vers la suppression totale  
des frottements engendrés  
par le refroidissement des moteurs**

Les tourbillons et frottements engendrés par le refroidissement des moteurs repré-

ce qu'il s'écoule à faible vitesse à travers leurs alvéoles. Puis on l'évacue à grande vitesse, afin qu'à la sortie de l'orifice d'évacuation il ait la même vitesse que l'air extérieur.

On s'est également préoccupé de réduire les surfaces des radiateurs en utilisant, pour le refroidissement, le « prestone » (1), liquide qui ne bout qu'à 150°. Le radiateur peut alors rester à une température supérieure à 100°, ce qui, pour la même quantité de chaleur à dissiper dans l'atmosphère, permet de diminuer sa surface dans la proportion de 3 à 1, puisque la quantité de chaleur emportée par l'air de refroidissement croît

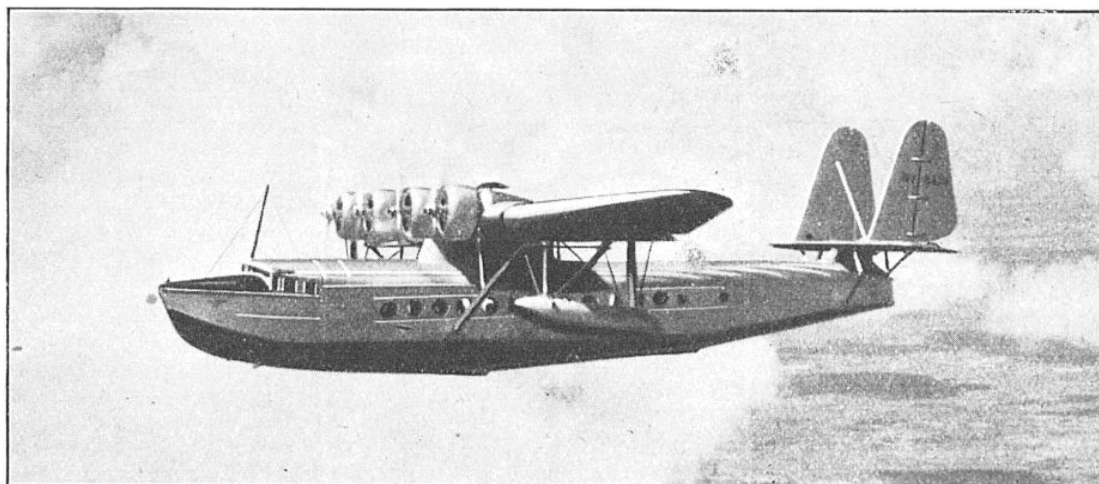


FIG. 2. — HYDRAVION AMÉRICAIN « SIKORSKY S.-42 » DE 17 TONNES

*Cet appareil est équipé de quatre moteurs Pratt et Whitney « Hornet », de 800 ch. à refroidissement par air. Sa vitesse de croisière, à 55 % de la puissance, est de 240 km/h. Son rayon d'action, avec 500 kg de fret, est de 3 000 km, par vent debout de 50 km/h. Cet hydravion est en service sur la ligne Miami-Buenos-Aires, des Panamerican Airways, où il peut transporter jusqu'à 40 passagers sur des étapes de 800 km. Il a été utilisé pendant l'été 1937 pour des voyages d'études sur le parcours New York-Terre-Neuve-Irlande. Toutefois, son rayon d'action et sa vitesse trop faibles ne permettent pas d'envisager son emploi pour assurer un service régulier entre les Etats-Unis et l'Europe.*

sentent, sur les avions actuellement en service, près de 25 % de la résistance totale. On s'est donc préoccupé de les diminuer. Pour cela, on a remarqué que la puissance qu'ils absorbent est proportionnelle à la surface de refroidissement, tandis qu'elle croît comme le carré de la vitesse d'écoulement de l'air le long de cette surface. On a donc imaginé des dispositifs destinés à réduire la vitesse de l'air en augmentant la surface de refroidissement.

Pour les moteurs à refroidissement par liquide, on augmente la surface et la profondeur des radiateurs et on les enferme à l'intérieur de l'aile ou du fuselage. On canalise ensuite l'air sur ces radiateurs, de façon à

proportionnellement à la différence de température qui existe entre l'air et le radiateur. Enfin, dans l'hydravion transatlantique *C. A. M. S.-161* de 37 tonnes, en cours de construction, on emploiera en croisière la surface des bords d'attaque pour le refroidissement du prestone. On supprimera ainsi complètement la résistance due aux radiateurs et, en même temps, on supprimera les dégivreurs, puisque le chauffage du bord d'attaque à 100° empêchera la formation d'un dépôt de glace. Les radiateurs à nid d'abeilles serviront seulement pour le décol-

(1) Le « prestone » est le nom commercial de l'éthylène-glycol employé aux Etats-Unis comme liquide antigel dans les radiateurs d'automobiles.

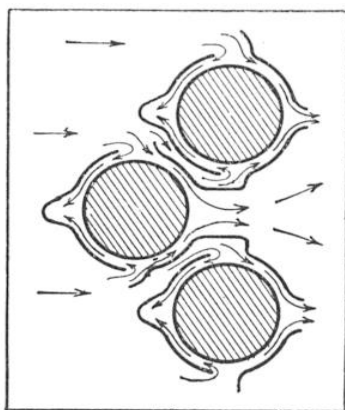


FIG. 3. — SCHÉMA DE LA CIRCULATION DE L'AIR AUTOUR DES CYLINDRES D'UN MOTEUR EN DOUBLE ÉTOILE

dans les canaux formés par les nervures ; cet air, après avoir contourné le cylindre, s'évacue du côté opposé par une cheminée verticale qui aboutit à la périphérie du capot-moteur. Des cloisons réunissent extérieurement les chemises de deux cylindres voisins, de façon à empêcher toute circulation d'air autre que celle qui lèche les ailettes des cylindres. L'air qui arrive ainsi à la périphérie du capot-moteur est évacué à l'extérieur par une fente circulaire qui fait le tour du capot, et dont l'ouverture peut être réglée par le mécanicien d'après la température du moteur. Pour cela, l'un des bords de la fente est formé d'une série de volets mobiles qu'on peut rapprocher ou éloigner, à volonté, de l'autre bord.

Cette fente débouche dans la dépression engendrée par l'écoulement de l'air autour du capot ; de cette façon, l'air chaud est aspiré hors du capot. En même temps qu'il règle la fente de sortie, le mécanicien règle de la même façon l'ouverture circulaire d'admission d'air qui entoure le moyeu d'hélice. De cette façon, il ne passe dans le capot que juste la quantité d'air indispensable au refroidissement et cet air est si bien canalisé par les chicanes et par les ailettes qu'il n'est le siège d'aucun tourbillon de nature à freiner l'avion.

Au cours des essais faits, au N. A. C. A. (2),

(1) Le remplacement des radiateurs à nid d'abeilles par des radiateurs de bord d'attaque, rendu possible par l'emploi du prestone, entraîne une économie de combustible de 3 tonnes sur Paris-New York pour un hydravion de 40 tonnes navigant à 300 km/h.

(2) National Advisory Council for Aeronautics, organisme américain spécialisé dans les recherches aéronautiques. Voir *La Science et la Vie*, n° 226, page 269.

lage et la montée à pleine puissance, après quoi ils seront escamotés (1).

Pour les moteurs à refroidissement par air (fig. 3), on entoure chaque cylindre d'une chemise circulaire en duralumin munie d'une fente verticale, par laquelle l'air de refroidissement pénètre

sur ces nouveaux capots, on a même constaté que l'échauffement de l'air sous le capot le dilate et augmente ainsi sa vitesse d'écoulement par la fente d'évacuation du capot qui est dirigée vers l'arrière. Il produit ainsi un effort de propulsion qui s'ajoute à la traction de l'hélice. Ce supplément de propulsion obtenu par récupération d'énergie calorifique serait, paraît-il, assez important, aux vitesses de plus de 400 km/h, pour que la résistance totale du groupe moteur avec son capot s'en trouve annulée.

### Sur les avions rapides, les tourbillons des extrémités d'ailes deviennent négligeables

On sait qu'une dépression règne au-dessus de l'aile, tandis qu'au-dessous règne une compression. Par suite, en bout d'aile, l'air comprimé par l'intrados se trouve aspiré par la dépression de l'extrados. Il s'écoule donc constamment de bas en haut, en donnant naissance à un tourbillon (fig. 6) ; c'est ainsi que prend naissance ce qu'on appelle la « résistance induite ». On diminue cette résistance induite en donnant à l'avion des extrémités d'ailes aussi pointues que possible, de façon à réduire la largeur du tourbillon engendré par elles. D'ailleurs, sur les avions à grande vitesse, cette résistance devient négligeable pour une raison facile à comprendre. La différence de pression qui existe entre l'intrados et l'extrados est sensiblement la même, quelle que soit la vitesse, puisque c'est cette différence qui engendre la portance, et que la portance est cons-

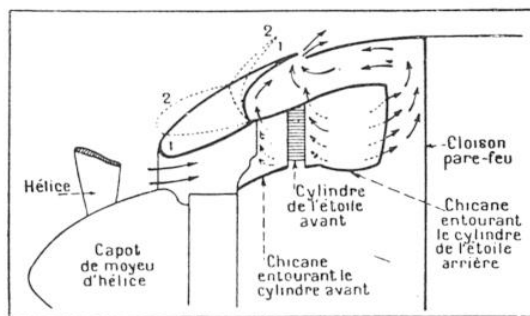


FIG. 4. — SCHÉMA DU REFROIDISSEMENT PAR L'AIR D'UN MOTEUR EN DOUBLE ÉTOILE, MONTRANT LES DEUX POSITIONS DES VOILETS MOBILES DU CAPOT

Les cylindres des deux étoiles sont entourés de chemises, ou chicanes cylindriques, qui guident l'air tout le long des ailettes de refroidissement des cylindres. La position 1 des volets mobiles du capot est celle de croisière, et la position 2 est utilisée pour le décollage et la montée.



tante et égale au poids de l'avion. Le tourbillon d'extrémité d'aile reste donc le même quelle que soit la vitesse ; par suite, la force de résistance qu'il engendre est, elle aussi, sensiblement indépendante de la vitesse. Au contraire, les autres résistances engendrées par les frottements, ou par les interactions, croissent comme le carré de la vitesse. On voit donc que l'importance relative de la résistance induite devient négligeable sur un avion qui vole à grande vitesse.

**Pour réduire les frottements de l'air, les revêtements doivent être parfaitement polis**

Ces résistances prennent naissance de la façon suivante (fig. 5). Dans la partie avant de l'aile et du fuselage, la couche d'air voisine de la surface de l'avion est constituée par une série de couches superposées infiniment minces et qui glissent les unes sur les autres à des vitesses progressivement croissantes à partir de la couche en contact avec l'avion, laquelle est immobile. A une certaine distance du bord d'attaque, la constitution laminaire de cette « couche limite » est en partie détruite : les couches externes deviennent tourbillonnaires, les couches très voisines du revêtement conservant seules une constitution laminaire. A partir du point où la « couche limite » devient tourbillonnaire, la résistance de frottement augmente naturellement dans de fortes proportions. La résistance totale de frottement dépend donc de la position du point où se produit cette dislocation de la couche laminaire. On ne connaît pas encore les causes qui la provoquent ; mais les mesures de résistance faites en tunnel et en vol ont montré que le coefficient global de résistance de frottement diminue lorsque les dimensions de l'aile et du fuselage augmentent. Ceci est extrêmement important pour les prochains types d'avions géants, qui se rapprocheront beaucoup de la forme idéale de l'avion parfaitement fuselé, car, sur ces avions, la résistance de frottement repré-

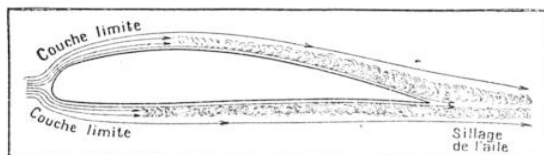


FIG. 5. — LES TOURBILLONS QUI SE FORMENT AU-DESSUS ET AU-DESSOUS DE L'AILE. A PARTIR DU POINT DU PROFIL DE L'AILE OU LA COUCHE LIMITE SE DÉSAGRÈGE, DONNENT NAISSANCE A UNE RÉSISTANCE CONSIDÉRABLE

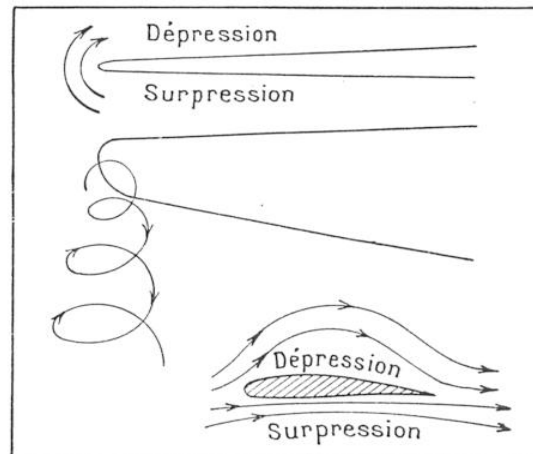


FIG. 6. — COMMENT PRENNENT NAISSANCE LES TOURBILLONS AUX EXTRÉMITÉS DES AILES. L'air comprimé par l'intrados tend à s'écouler vers l'extrados en contournant l'extrémité de l'aile. Il se forme donc un tourbillon quand l'avion se déplace.

sentera les trois quarts de la résistance totale. Pour augmenter le rendement aérodynamique de l'avion, la seule ressource qui restera aux constructeurs sera de chercher comment réduire cette résistance de frottement.

Pour cela, ils emploieront des surfaces parfaitement polies. Mais un autre moyen de la diminuer consistera à augmenter les dimensions de l'appareil. Les mesures faites au tunnel montrent, en effet, que, sur cet avion idéal dont nous ne sommes plus très éloignés, la puissance par tonne de poids total nécessaire pour le propulser à une vitesse de 400 à 500 km/h sera, sur un avion de 100 tonnes, plus faible de 22 % que celle qui sera nécessaire pour un avion de même forme pesant seulement 10 tonnes.

**La supériorité des gros hydravions s'affirme au point de vue économique**

Si l'on réunit toutes les remarques que nous venons d'exposer au sujet des divers éléments qui composent la résistance à l'avancement de l'avion, on s'aperçoit finalement que les avions géants auront des supériorités considérables sur les avions actuels. En effet, eux seuls permettront de réduire à zéro les résistances parasites dues aux superstructures en les enfermant toutes à l'intérieur des ailes.

En second lieu, ils réduiront à leur minimum les résistances de frottement sur le revêtement des ailes et du fuselage. Et, enfin, nous allons voir qu'ils permettront

de réduire encore la surface des ailes, parce qu'ils autorisent l'adoption de charges alaires de plus de 200 kg au m<sup>2</sup>. Cette importante innovation résulte de l'étude méthodique, faite par les *Panamerican Airways*, des conditions d'amérissage des grands hydravions. Cette Compagnie a constaté que les manœuvres d'amérissage sont d'autant plus faciles et d'autant moins dangereuses qu'un hydravion est de plus fort tonnage. Ceci peut, à première vue, paraître paradoxal, car tout le monde sait

clair que cette prise de contact exige de la part du pilote d'autant plus de virtuosité que l'hydravion est plus petit. Il n'est pas besoin d'être expert pour comprendre que la prise de contact d'une coque de 1 m 50 de largeur, de 1 m 80 de hauteur et de 7 m de longueur avec des vagues de mêmes dimensions risque fort d'avoir pour résultat un capotage, si le pilote n'a pas l'adresse de poser son appareil exactement sur la crête de la vague en longeant cette crête, ce qui l'oblige généralement à amérir avec vent

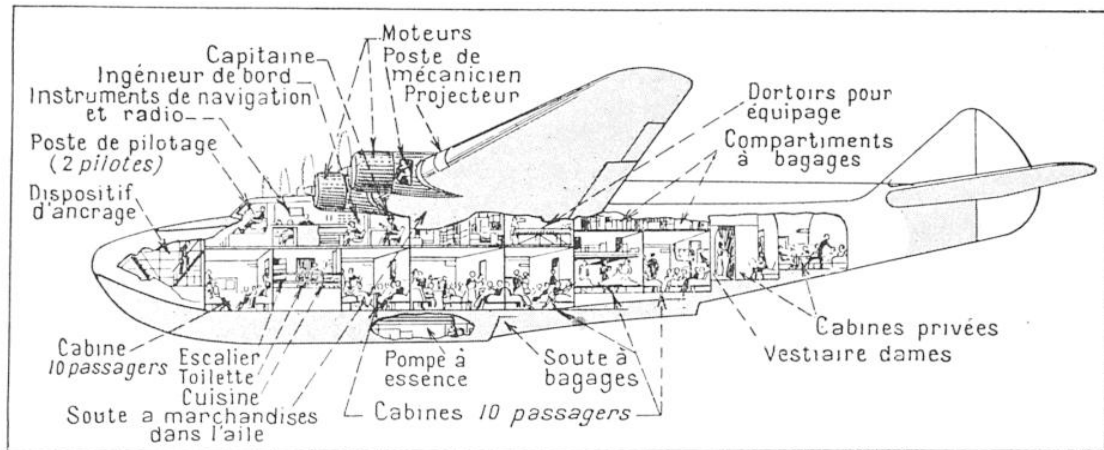


FIG. 7. — PLAN SCHÉMATIQUE DE L'AMÉNAGEMENT DE L'HYDRAVION TRANSATLANTIQUE AMÉRICAIN « BOEING-314 » DE 40 TONNES

Cet appareil sera équipé de quatre moteurs d'une puissance totale de 6 000 ch. Prévu initialement pour des moteurs à huile lourde, il sera vraisemblablement équipé de quatre moteurs Wright « 2 600 », de 1 500 ch, en double étoile. La vitesse de croisière sera de 300 km/h et son rayon d'action maximum sera de 6 000 km, par vent debout de 50 km/h. Il sera équipé pour 72 passagers et 2 250 kg de fret. Mais cette charge maximum ne pourra pas être transportée sur le parcours transatlantique pour lequel l'appareil sera aménagé avec des couchettes. Une charge aussi élevée sur un appareil de 40 tonnes ne serait pas compatible avec le rayon d'action nécessaire. L'équipage comprend un commandant, deux pilotes, un navigateur, un radio, un mécanicien et deux maîtres d'hôtel. Les *Panamerican Airways* ont commandé, sur plans, six appareils de ce type, qui pourront effectuer leurs premières traversées pendant l'été 1938.

qu'il est plus facile d'entrer dans le port du Havre en pilotant un canot automobile qu'en pilotant le paquebot *Normandie*. Mais la comparaison entre un paquebot et un hydravion n'a, dans ce cas, aucune valeur pratique, pour cette simple raison que l'entrée du port du Havre comporte le parcours d'un long chenal dont il est malaisé de suivre les méandres avec un énorme paquebot, tandis que l'hydravion n'a qu'à se poser droit devant lui sur le vaste plan d'eau qui l'accueille. Et nous allons montrer que cette manœuvre est d'autant plus facile que son inertie est plus considérable.

En premier lieu, qu'est-ce qui rend délicate la prise de contact d'un hydravion avec la surface liquide ? C'est la houle. Or, il est

de côté. Imaginons, au contraire, une coque de 6 m de largeur, de 8 m de hauteur et de 40 m de longueur. La même houle qui aurait roulé notre petit hydravion de 3 t comme une coque de noix imprimera tout juste à la lourde coque de notre énorme hydravion quelques légères oscillations, à peine perceptibles pour le pilote. Ce n'est d'ailleurs pas la seule considération à faire entrer en ligne de compte. Si le pilote du petit hydravion se trompe sur la hauteur à laquelle il doit redresser son appareil pour la prise de contact avec la houle et s'il le laisse tomber de 1 m de hauteur, l'effet du choc consécutif à cette chute aggraverait encore l'effet de la rencontre avec la vague.

Au contraire, avec le gros hydravion,



une chute de même hauteur sur la houle sera à peine perçue des passagers et restera sans influence sur l'équilibre de l'hydravion. Supposons enfin que l'hydravion, après avoir touché l'eau, rebondisse. La faible inertie du petit hydravion réduira la longueur du bond à quelques mètres et sa durée à une ou deux secondes, durant lesquelles le pilote aura à peine le temps de la réflexion pour effectuer la manœuvre destinée à corriger l'effet du rebondissement. Au contraire, l'inertie du gros hydravion don-

du même coup la résistance que l'air oppose à la propulsion de l'appareil. On estime que, pour les hydravions de 100 t, on pourra admettre des vitesses de décollage et d'amerrissage de 160 km/h (1) et, par conséquent, des charges par m<sup>2</sup> de 230 kg, alors que la charge alaire des hydravions actuels de 20 t n'est que de 140 kg. On voit, par là, combien sera réduite la résistance à l'avancement des hydravions géants : cette réduction de la résistance de l'aile sera de l'ordre de 35 %, rien que pour ce qui



FIG. 8. — HYDRAVION ALLEMAND «HA-139», A FLOTTEURS, DE 16 TONNES

*Cet appareil postal, catapultable, est équipé de quatre moteurs à huile lourde Junkers « Jumo-205 » de 600 ch. Sa vitesse de croisière est de 240 km/h ; son rayon d'action, de 4 000 km, par vent debout de 60 km/h. Deux appareils de ce type seront utilisés pour un service postal avec escale à Lisbonne et aux Açores. Ils ont effectué plusieurs voyages d'études pendant l'été 1937, catapultés par le navire Schwabenland. Ce catapultage est d'ailleurs indispensable car, à pleine charge, ils ne peuvent pas décoller par leurs propres moyens, leurs flotteurs étant pour cela de trop petites dimensions.*

nera naissance à un bond beaucoup plus long et de plus grande durée, pendant lequel le pilote aura tout le temps d'effectuer la manœuvre nécessaire.

En résumé, dans le cas d'un petit hydravion, c'est le pilote qui doit amérir l'appareil, tandis que, dans le cas d'un très gros hydravion, c'est — pour ainsi dire — l'appareil qui amérise tout seul. Voilà pourquoi les *Panamerican Airways* ont constaté que les pilotes moyens amérissaient de façon parfaite les gros hydravions.

La conséquence de cette constatation, c'est qu'on peut, sans danger, admettre pour les gros hydravions des vitesses de décollage et d'amerrissage beaucoup plus élevées que pour les petits appareils.

Par suite, on peut réduire considérablement leurs surfaces d'ailes, ce qui réduit

concerne la diminution de surface portante.

Toutes ces réductions accumulées de résistances à l'avancement ont pour effet de renverser une fois de plus les anciennes prévisions de la théorie concernant l'avenir des appareils de gros tonnage. Il n'y a pas très longtemps, en effet, que les théoriciens démontraient de la façon suivante l'impossibilité de construire des avions géants utilisables pour les transports aériens à grande distance. Le poids des avions, disaient-ils, croît comme le cube des dimensions, tandis que la surface des ailes et, par suite, la portance croissent seulement comme le carré de ces mêmes dimensions. Il en

(1) On remarquera que cette possibilité d'amérir à très grande vitesse confère aux hydravions géants une supériorité importante sur les avions de même tonnage.

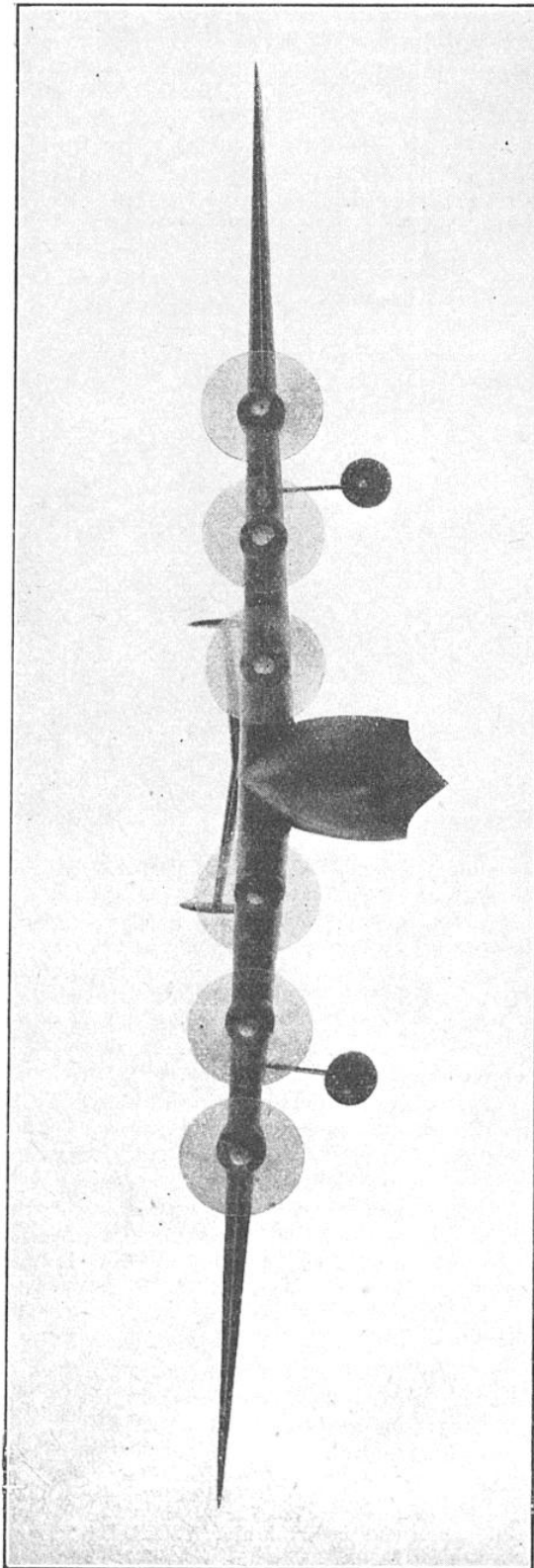


FIG. 9. — HYDRAVION FRANÇAIS « LIORÉ-OLIVIER-49 » HEXAMOTEUR DE 56 TONNES

Équipé de six moteurs Guome et Rhône « P-18 », de 1 500 ch, à compresseurs et à refroidissement par l'air, cet appareil — actuellement en construction — possède une vitesse de croisière, à 55 %, de la puissance, de 300 km/h. Son rayon d'action, avec 40 passagers, est de 6 000 km, par vent debout de 60 km/h. Son équipage comprend un chef de bord premier pilote, un second pilote, un navigateur, un radio, deux mécaniciens et deux maîtres d'hôtel.

résulte que, lorsqu'on voudra augmenter le tonnage d'un appareil, on ne pourra pas se contenter d'augmenter les ailes dans la même proportion que la coque. Si l'on veut que l'appareil puisse décoller, il faudra augmenter les ailes beaucoup plus que la coque ; et cette nécessité aura un résultat désastreux, car l'augmentation de charge utile qui pourrait résulter de l'augmentation du tonnage sera ainsi absorbée, en premier lieu, par l'excédent de surface qu'on devra donner aux ailes et, en second lieu, par l'augmentation de poids des moteurs et du combustible qui sera nécessaire pour traîner le supplément de surface des ailes. Ce raisonnement paraissait irréfutable et, par suite, désespérant ; heureusement, l'expérience a montré, par la suite, que l'augmentation de tonnage provoque toutes les diminutions de résistance que nous venons d'énumérer.

Et c'est ainsi que, contrairement aux prévisions, les hydravions de 100 t seront plus économiques que les hydravions de 20 t, car, pour le même rayon d'action, ils permettront d'emporter une charge commerciale qui dépassera le quintuple de la charge de ceux-ci.

Bien plus, dans le cas de traversées maritimes — comme la traversée Paris-New York qui comporte une étape de 6 000 km, avec des vents contraires dont la vitesse moyenne sur l'ensemble du parcours peut atteindre 50 km — il eût été impossible d'envisager la réalisation d'un service de passagers si les hydravions géants n'avaient pas apporté la possibilité de réaliser une énorme augmentation de finesse (1). Cette augmentation de finesse permettra d'augmenter considérablement la vitesse sans augmenter la puissance, c'est-

(1) Il faut remarquer qu'un service aérien qui, sur ce parcours, serait retardé par des escales intermédiaires perdrait beaucoup de son intérêt pratique, en raison de la durée de plus en plus réduite des traversées maritimes avec les paquebots modernes à grandes vitesses.



à-dire d'augmenter le rayon d'action tout en diminuant la charge de combustible nécessaire à la traversée, puisque celle-ci durera moins longtemps. Le poids de combustible ainsi économisé pourra être remplacé par des passagers et par du fret ; en outre, cette augmentation de vitesse rendra négligeable l'effet retardateur des vents contraires. Il est facile de calculer que, avec les hydravions actuels dont la vitesse de croisière est de 240 km/h, un vent debout de 60 km/h augmenterait la durée de la traversée de 8 h 30, tandis qu'elle ne l'augmentera que de 3 h 30 pour les appareils dont la vitesse

d'échappement, ce qui améliore le remplissage à l'admission et accélère le vidage du cylindre à l'échappement. On a trouvé les moyens de régler la composition du mélange carburé de façon plus précise à tous les régimes, en sorte que le combustible injecté brûle complètement et qu'il ne reste cependant pas d'excès d'air dans les gaz brûlés. Ainsi sont évitées les pertes de combustible, en même temps que la capacité du cylindre est utilisée dans sa totalité. On recommence à fabriquer des turbo-compresseurs comme celui que Rateau adapta aux avions français tout de suite

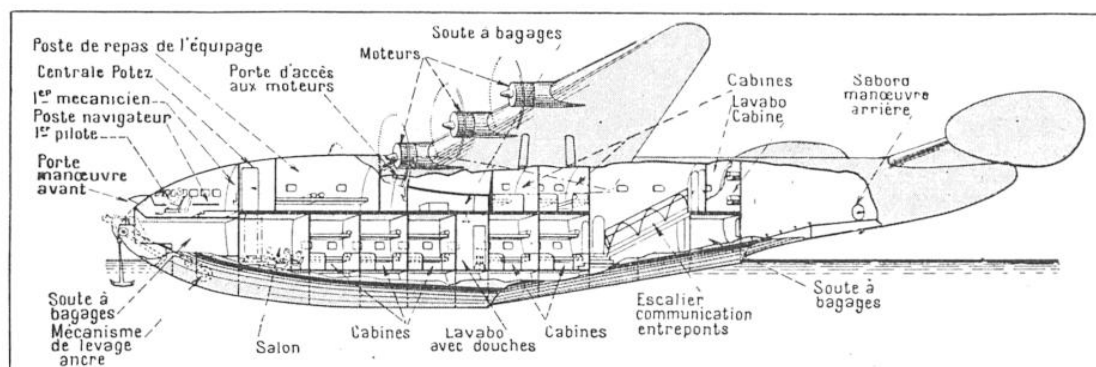


FIG. 10. — PLAN SCHÉMATIQUE D'AMÉNAGEMENT DE L'HYDRAVION TRANSATLANTIQUE DE 56 TONNES « LIORÉ-OLIVIER-49 » A SIX MOTEURS

*L'insonorisation sera réalisée par des procédés tels que le bruit dans la coque sera inférieur à ce qu'il est dans un wagon de train de luxe. L'aération sera obtenue par une distribution d'air conditionné aspiré dans les bords d'attaque des ailes, réchauffé par une chaudière au « prestone » utilisant les gaz d'échappement, et évacué par l'extrados de l'aile. La cuisine comporte un fourneau électrique et un frigidaire. Le plus grand confort est assuré aux passagers qui disposent notamment, pour leur toilette, d'une salle de douches et, pour leurs distractions, d'un salon à l'avant et d'un bar à l'arrière.*

sera de 350 km/h. La réserve de combustible à emporter sur l'appareil le plus rapide ne sera ainsi que les deux cinquièmes de ce qu'elle eût été sur le moins rapide.

### **Voici d'autres progrès dans le domaine du groupe motopropulseur**

Des recherches méthodiques sont en cours depuis plusieurs années, en vue d'augmenter le rendement des moteurs d'avions et, par conséquent, de réduire leur consommation de combustible. Des résultats très importants ont déjà été obtenus dans cette voie. On sait fabriquer maintenant des combustibles antidétonants qui permettent d'adopter de hautes compressions et, par suite, en augmentant la détente des gaz brûlés, de leur demander davantage de travail. On sait aussi fabriquer des moteurs sans soupapes, à distribution par tiroirs qui augmentent les orifices d'admission et

après la guerre, et qui permettent d'utiliser la chaleur perdue à l'échappement pour comprimer l'air au carburateur, afin que le moteur conserve toute sa puissance aux hautes altitudes où devront s'effectuer normalement les traversées transocéaniques.

Enfin, on sait construire des hélices à pas réglable par un régulateur automatique, de façon à ce qu'elles fonctionnent en toutes circonstances, avec un rendement de l'ordre de 80 à 85 %, sans que le pilote ait à intervenir dans ce réglage.

Tous ces perfectionnements sur les moteurs se traduisent, dans la pratique, par les résultats suivants. Alors que les moteurs actuellement en service sur les avions de transport consomment encore 230 g au ch-heure, il existe des moteurs nouveaux qui ne consomment plus que 195 g et les perfectionnements en cours permettent de

prévoir que, dans cinq ou six ans, il existera des moteurs à essence qui ne consommeront plus que 170 g. Quelles en seront les conséquences pour un appareil transatlantique? Imaginons un hydravion de 100 t et de 12 000 ch, dont la vitesse sera de 350 km/h à demi-puissance. Par vent debout de 50 km/h, cet appareil effectuera la traversée Paris-New York en 20 heures. Avec les moteurs actuels, il consommerait :  $20 \times 6\,000 \times 0,230 = 29$  tonnes de combus-

rapides, capables d'effectuer sans escale la traversée directe Paris-New York par les vents les plus forts, va être rendue possible, à la fois par la construction d'hydravions géants à grande finesse et par l'établissement de moteurs à faible consommation.

Il est d'ailleurs évident que l'emploi de ces grands hydravions ne sera pas limité dans l'avenir aux traversées transocéaniques.

On en étendra évidemment l'emploi à toutes les grandes lignes mondiales, qui,

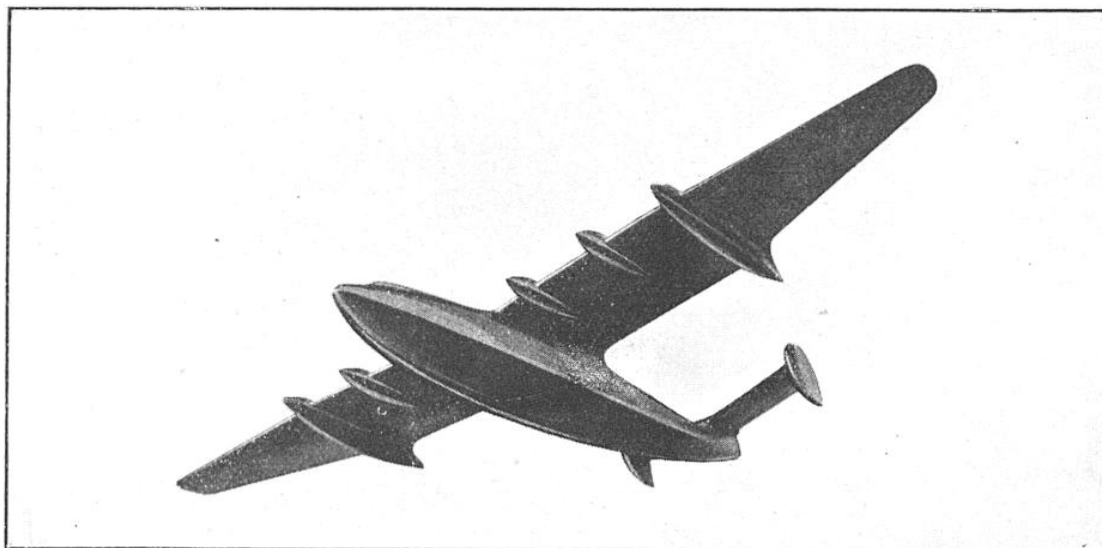


FIG. 11. — HYDRAVION FRANÇAIS « CAMS-161 » DE 37 TONNES

*Cet appareil sera équipé de six moteurs Hispano « 12 Y-drs », de 920 ch, à compresseurs. La vitesse de croisière atteindra, à 55 % de la puissance et à l'altitude de 4 000 m, 300 km/h. La charge commerciale sera de 20 passagers et 800 kg de fret postal; son rayon d'action, de 6 000 km, par vent debout de 60 km/h. Sur cet appareil, la finesse aérodynamique a été poussée à un chiffre qui est le même que celui des avions de chasse les plus modernes par l'emploi de dispositifs nouveaux tels que : ballonnets rétractables dans l'aile, refroidissement des moteurs au « prestone » (voir page 335), radiateurs de montée escamotables dans l'aile, radiateurs de croisière constituant le bord d'attaque de l'aile.*

tible. Il n'en consommera que 21 t avec les moteurs futurs. Les 8 t ainsi économisées correspondent à une économie de l'ordre de 10 000 f (prix américain) et à une recette supplémentaire de l'ordre de 120 000 f (20 passagers à 6 000 f, en supposant que l'appareil est utilisé en moyenne à 50 % de sa capacité, et que le poids d'un passager, de ses bagages et des aménagements nécessaires pour le loger atteint 200 kg).

Mais nous avons vu aussi que les augmentations considérables de finesse, qui pourront être réalisées par l'emploi de gros tonnages, permettront d'obtenir des économies du même ordre. Il résulte donc de tout ce qui précède que la réalisation pratique de paquebots aériens économiques,

en pratique, sont toutes des lignes côtières.

Ainsi sera tranchée, pour ces lignes, la question de savoir lequel doit l'emporter de l'avion ou de l'hydravion; l'hydravion l'emportera dans la pratique, parce qu'il trouve le long de toutes les côtes de vastes plans d'eau naturels qui permettent d'effectuer, sans danger, les décollages et atterrissages à grande vitesse, et qui autorisent ainsi l'emploi des hydravions géants à fortes charges alaires et à très grande vitesse.

Ainsi sera bientôt résolue par l'hydravion la question des liaisons rapides et économiques sur les grandes routes mondiales :

New York à 20 heures de Paris ;

Buenos-Aires et Saïgon à 40 heures ;

Tokio à 50 heures. A. VERDURAND.



# QU'EST-CE QUE LA CINÉTIQUE CHIMIQUE ?

Par Louis HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

*Suivant la théorie cinétique, molécules et atomes de tous les corps, gazeux ou en solution, sont animés de mouvements rapides en apparence désordonnés, et échangent continuellement leur énergie par des « collisions » successives que semblent régir les seules lois du hasard. Cette théorie fournit aujourd'hui une explication rationnelle de la plupart des phénomènes d'ordre physique. Les travaux de Van't Hoff (1884), d'Arrhénius (1889) notamment, ont établi les fondements d'une branche nouvelle de la chimie : la cinétique chimique, qui fait précisément appel à cette théorie cinétique pour expliquer ou prévoir l'évolution des réactions chimiques. C'est du nombre de chocs par seconde entre les molécules des différents corps en présence (c'est à-dire de leur concentration dans le mélange) que dépend la « vitesse » d'une réaction. Mais on a reconnu récemment que seuls devaient entrer en ligne de compte les chocs entre molécules « activées » soit par les radiations absorbées suivant la règle des quanta (1) par certaines molécules privilégiées, soit par les chocs intermoléculaires eux-mêmes transférant l'énergie d'une molécule à l'autre dans des conditions extrêmement variées et fort complexes, suivant leur forme et leurs mouvements de translation et de rotation. Ce problème se complique encore lorsqu'on passe des réactions les plus simples aux réactions en chaînes (droites ou ramifiées, matérielles ou énergétiques), c'est-à-dire celles où apparaissent, entre les produits initiaux et finals, un certain nombre d'états temporaires intermédiaires. Cette théorie cinétique chimique marque, dans le développement de la science des combinaisons entre les corps dits « simples », une orientation nouvelle aussi bien au point de vue du but à atteindre que de la méthode à employer. Jadis, la chimie classique étudiait essentiellement les états d'équilibre ; à cette conception statique se substitue maintenant l'étude des réactions considérées comme phénomènes de mouvement. C'est là, semble-t-il, une véritable révolution dont les conséquences pratiques peuvent avoir une portée considérable dans un avenir relativement rapproché.*

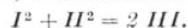
## Thermodynamique et théorie cinétique

Pour expliquer ou prévoir ce qui se passe lorsqu'on met plusieurs corps en contact, on s'est adressé d'abord à la thermodynamique ; considérant uniquement la chaleur dégagée dans les réactions, Berthelot avait énoncé une certaine règle du travail maximum, qui se trouve en défaut dans de nombreux cas ; serrant alors le problème de plus près, Gibbs et Pierre Duhem montrèrent que les phénomènes étaient sous la dépendance d'une fonction plus compliquée, qui est le potentiel thermodynamique ; malheureusement, cette fonction renferme des termes, énergie interne et entropie, dont la valeur est généralement inconnue, ce qui rend impossible l'application des règles posées par la thermodynamique. Et, par ailleurs, cette science, si elle représente les phénomènes, ne les explique pas, c'est-à-dire qu'elle n'en démonte pas le mécanisme intime, et laisse par conséquent l'esprit humain insatisfait.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 120, page 500.

Cependant la théorie cinétique, qui explique les phénomènes physiques par les mouvements des atomes, prenait chaque jour plus de précision et de certitude ; il devenait donc tout naturel d'y chercher également l'explication des phénomènes chimiques. Pendant longtemps, ces tendances restèrent dans le vague ; on parlait bien de batailles et de conflits atomiques, mais sans préciser. Ce sont Van't Hoff, en 1884, et Arrhénius, en 1889, qui ont véritablement posé les fondements de la cinétique chimique, et les règles qu'ils ont établies restent, bien qu'amendées et complétées, à la base de tous les travaux modernes. Aussi est-il nécessaire, ne serait-ce que pour comprendre le langage en usage dans cette science, d'indiquer d'abord en quoi consiste la règle de Van't Hoff.

Considérons pour cela le plus simple des phénomènes chimiques, la synthèse de l'acide iodhydrique dans un mélange gazeux contenant, en nombre égal, des molécules d'iode et d'hydrogène, conformément à la formule





SVANTE ARRHÉNIUS  
(1859-1927)

*Ce physicien suédois, auteur de la théorie de la dissociation électrolytique, précisa l'action de la température sur la vitesse d'une réaction chimique.*

suivant l'usage, par  $(H^2)$  la concentration en hydrogène et par  $(I^2)$  la concentration en vapeur d'iode, le nombre de chocs sera, d'après la théorie cinétique, proportionnel au produit de ces deux concentrations, et la règle de Van't Hoff prendra la forme simple :

$$v = k \times (H^2) \times (I^2)$$

dans laquelle le coefficient numérique  $k$  dépend uniquement de la température ; et Arrhénius a précisé cette dépendance, en établissant que  $k$  était une « fonction exponentielle » de la température absolue (c'est-à-dire de la température centigrade augmentée de 273°).

Si pourtant le mélange d'hydrogène et d'iode n'est pas fait à égalité moléculaire, c'est-à-dire qu'il y a  $m$  molécules du premier pour  $n$  molécules du second, les probabilités de rencontre par choc d'une molécule d'hydrogène et d'une molécule d'iode seront proportionnelles à  $(H^2)^m$  et à  $(I^2)^n$  et la vitesse de réaction devra être représentée par la formule :

$$v = k \times (H^2)^m \times (I^2)^n$$

D'une façon plus générale, si une réaction porte sur  $m$  molécules du corps  $A$  pour  $n$  molécules de  $B$ , on aura toujours :

$$v = k \times (A)^m \times (B)^n$$

le coefficient  $k$  dépendant uniquement de la température.

Dans cette relation, la somme  $m + n$  représente ce qu'on est convenu d'appeler

La *vitesse de réaction*  $v$ , c'est-à-dire la masse du mélange qui se combine dans l'unité de temps, dépend nécessairement de la concentration en iode et en hydrogène, car, pour s'unir, il est nécessaire que deux molécules se rencontrent, et le nombre de chocs par seconde est proportionnel à la concentration. Si donc on représente,

l'ordre de la réaction ; il existe des réactions du premier ordre, où  $m = 1$ ,  $n = 0$  ; ce sont celles où un seul corps est soumis à l'action d'une certaine quantité d'énergie : par exemple, la dissociation d'une molécule chimique sous l'action de la chaleur, ou de certaines radiations, sera du premier ordre ; la synthèse de l'acide iodhydrique, dans un mélange équimoléculaire, sera une réaction du second ordre, parce que  $m + n = 2$ , mais elle pourra être d'un ordre plus élevé, si les molécules des constituants ne sont pas à égalité. Je dois ajouter, d'ailleurs, que, dans l'esprit des chimistes d'aujourd'hui, ces coefficients  $m$  et  $n$  sont définis empiriquement, d'après la vitesse de réaction mesurée, de telle sorte que l'ordre d'une réaction, devenu une grandeur expérimentale, s'est écarté de sa signification originelle.

### Existence de molécules activées

Mais revenons à l'hypothèse cinétique et cherchons à la confronter avec l'expérience, en prenant comme exemple la réaction inverse de celle que j'ai envisagée tout à l'heure, c'est-à-dire la dissociation de l'acide iodhydrique en ses deux constituants, hydrogène et iode. Comme la transformation chimique s'opère en milieu gazeux, la théorie nous permet de calculer, avec une bonne approximation, le nombre de molécules en présence dans un volume donné et le nombre de chocs par unité de temps. Pour la température de 283° C et pour une pression correspondante à une molécule-gramme par litre, le calcul montre que,



J.-H. VAN'T HOFF  
(1852-1911)

si tous les chocs étaient efficaces, il se décomposerait 21 millions de molécules par seconde et par

*Ce chimiste hollandais, fondateur, avec Arrhénius, de la cinétique chimique, énonça la loi qui relie la vitesse d'une réaction chimique à la concentration des corps en présence.*



litre ; or, Bodenstein a trouvé expérimentalement que la décomposition affecte un peu moins de 4 molécules (exactement 3,52) en 10 millions de secondes ; autrement dit, la vitesse de réaction effective est *cent mille milliards de fois plus lente* que celle qu'on pourrait calculer d'après la théorie cinétique.

Le cas n'est pas isolé ; chaque fois qu'on a pu confronter le calcul et l'expérience, on a trouvé que la vitesse de réaction était  $10^{10}$  à  $10^{20}$  fois plus petite que celle qu'on pouvait attendre du nombre de chocs. Ceci nous amène à penser que tous les chocs ne sont pas efficaces ; Arrhénius avait déjà abouti à cette conclusion, en étudiant l'inversion de la saccharose, et il avait admis que la réaction chimique ne s'effectue qu'entre *molécules actives* : autrement dit, le combat atomique comprend infiniment plus de spectateurs que d'acteurs.

Ceci admis (et comment ne pas l'admettre ?), il s'agit de savoir quelle cause a sélectionné certaines molécules en leur donnant la faculté de réagir. La première qui ait été envisagée, à la suite des travaux classiques de Dixon et de Baker, est la présence, à dose minime, d'éléments catalyseurs ; on constate, il est vrai, que la présence de 1 cent-millième d'oxygène suffit à doubler la vitesse de dissociation de l'acétaldéhyde gazeuse, et que des traces de vapeur d'eau favorisent un grand nombre de réactions ; mais, sans nier la réalité de ces constatations, il ne semble pas qu'on puisse conférer aux catalyseurs la faculté d'activation, sans quoi les produits purs seraient incapables de réagir, ce qui est tout de même invraisemblable.

Cette explication fut donc abandonnée, vers 1918, et l'attention se concentra sur

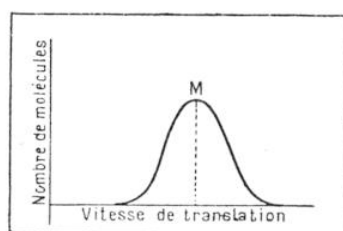


FIG. 1. — GRAPHIQUE MONTRANT LA RÉPARTITION DES VITESSES DE TRANSLATION ENTRE LES MOLÉCULES

*Les vitesses de translation des molécules varient à chaque instant, dans de larges limites, autour d'une valeur moyenne.*

l'ingénieuse hypothèse radiochimique, défendue en Allemagne par Trautz, en France par Jean Perrin ; l'activation était attribuée à la radiation propre de l'enceinte, absorbée suivant la règle des quanta par les molécules

privilegiées ; d'après cette théorie, la vitesse de réaction dépend exclusivement de l'intensité du rayonnement excitateur, c'est-à-dire de la température ; elle augmente donc, comme le rayonnement, avec cette température, ce qui est bien conforme à l'observation.

Pourtant, en serrant de près cette théorie, il apparaît que l'énergie radiante est beaucoup trop faible pour expliquer les réactions observées ; elle suffit seulement pour expliquer la fluorescence de divers composés organiques, phénomène purement physique ; devant ces difficultés, les théoriciens de la nouvelle chimie se sont rabattus sur l'hypothèse qui paraît, *a priori*, la plus vraisemblable ; c'est celle qui attribue l'activation au choc moléculaire lui-même.

En effet, les molécules ne sont pas des billes de billard, lancées toujours à la même vitesse ; d'une part, leur forme est plus ou moins compliquée, et elles peuvent s'aborder dans des positions relatives diverses ; d'autre part, leurs vitesses de translation varient à chaque instant, et, pour chacune d'elles, de part et d'autre d'une certaine valeur moyenne, suivant la loi de répartition représentée par la figure 1, de telle sorte que l'énergie transférée par le choc peut varier entre de larges limites ; enfin, ces molécules sont animées, outre leur vitesse de translation, de mouvements de rotation qui entrent pour une part dans l'énergie cinétique totale. Les conditions de choc sont donc extrêmement variées, et, de plus, le transfert d'énergie d'une molécule à l'autre peut être soumis à des conditions quantiques qui n'ont pas encore été précisées.

L'hypothèse du choc offre donc des possibilités d'explication presque illimitées, ce qui, d'ailleurs, n'est pas fait pour simplifier le problème.

Mais quel que soit le mécanisme qui, finalement, entre en jeu, il y aura toujours

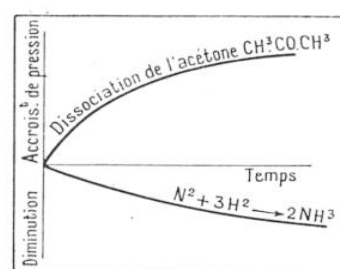


FIG. 2. — COMMENT VARIE LA PRESSION AU COURS D'UNE RÉACTION CHIMIQUE

*Cette pression croît avec le temps au cours de la décomposition de l'acétone et décroît, au contraire, au cours de la synthèse de l'ammoniaque. De la mesure de la pression il est possible de déduire la « vitesse » de la réaction.*

proportionnalité entre le nombre de chocs et celui des molécules activées ; or cette conséquence paraît incompatible avec les résultats observés dans certaines réactions, où la vitesse de transformation est indépendante du nombre des chocs ; Lindemann a tenté de lever cette nouvelle difficulté, en admettant que les molécules actives ne sont pas capables de réagir aussitôt qu'elles ont acquis l'énergie nécessaire, mais qu'il existe un *temps mort* (de l'ordre de  $10^{-10}$  seconde) entre le début de l'activité et la réaction ; un certain nombre de molécules actives auront donc leur activité détruite par un nouveau choc, avant d'avoir eu le temps de réagir.

### Le rôle de l'expérience

Jusqu'ici, ce sont des vues théoriques, axées sur la représentation cinétique, qui nous ont servi de guides ; il s'agit maintenant de savoir comment les réalités peuvent entrer dans les cadres créés par l'esprit. La difficulté n'est pas médiocre, et je ne pourrais en donner une idée qu'en entrant dans le détail des techniques. On devra, évidemment, s'adresser d'abord aux réactions qui s'accomplissent en milieu gazeux, puisque c'est dans ce cas que les phénomènes présentent le maximum de simplicité ; cependant, on peut noter, en passant, que cette simplicité appartient aussi à un certain nombre de réactions en solution diluée. Enfin, il est préférable d'étudier à fond un petit nombre de transformations typiques, plutôt que d'accumuler des renseignements incomplets sur un grand nombre de réactions.

On a vu, dès le début de cet article, que le facteur dominant dans ces études était la vitesse de réaction ; on s'efforcera donc de mesurer cette vitesse, dans diverses conditions de température et de pression,

de façon à pouvoir la mettre sous la forme représentée ci-dessus par l'équation de Van't Hoff, le coefficient de température étant lui-même mis sous la forme définie par Arrhénius ; si on y parvient, c'est qu'on a affaire à une *réaction simple*, dont les coefficients  $m$  et  $n$  définissent l'ordre par leur somme  $m + n$ . Si cette représentation s'avère impossible, c'est que les phénomènes sont, en réalité, plus complexes, et qu'on a affaire alors à des *réactions en chaîne*, dont je parlerai tout à l'heure.

Pour mesurer ces vitesses de réaction,

les physico-chimistes ont mis en œuvre des procédés variés ; le premier consiste à prélever, à intervalles réguliers, des échantillons qu'on immobilise par le froid et qu'on analyse ; beaucoup plus commode et précise, lorsqu'on peut l'employer, est la mesure des variations de pression ; ainsi, lorsqu'on étudie, à une température donnée et fixe, la

synthèse de l'ammoniaque, qui se fait avec condensation de moitié, la pression diminue avec le temps (fig. 2) ; elle augmente, au contraire, lorsqu'on observe la décomposition de l'acétone, et, des courbes ainsi tracées, on pourra déduire les vitesses de réaction.

Un bon exemple d'appareillage, pour ces expériences, est fourni par la figure 3 : le vase à réaction est placé dans un four électrique dont la température est contrôlée par un couple thermoélectrique ; une pompe permet de faire le vide dans le vase à réaction après quoi on y admet les matières réagissantes, gaz contenus dans divers récipients, matières à vaporiser dans des ampoules ; des manomètres et une jauge de MacLeod permettront de suivre les variations de pression ; enfin, des gaz peuvent être prélevés, aux fins d'analyse, par une burette ou une pipette.

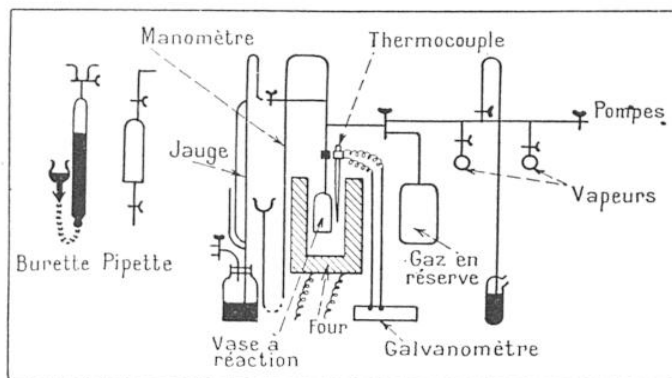


FIG. 3. — SCHÉMA D'UN APPAREIL DE LABORATOIRE POUR LA DÉTERMINATION DE LA VITESSE D'UNE RÉACTION CHIMIQUE PAR MESURE DE LA PRESSION

La réaction s'effectue dans un vase placé dans un four où la température est mesurée par un thermocouple. Les corps y sont introduits lorsque le vide y a été fait, et la variation de la pression, au cours de la réaction, est observée par le manomètre et la jauge. La burette et la pipette permettent de prélever des échantillons au moment voulu. Cette méthode a été appliquée, en particulier, à la dissociation de l'acétone.

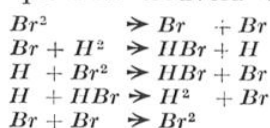


### Réactions en chaînes

Les réactions simples sont exceptionnelles ; le plus souvent, entre les produits initiaux et finaux apparaissent temporairement un certain nombre d'états auxquels on a donné le nom de *centres propagateurs* ; si la série des transformations est unique, chaque produit intermédiaire en donnant un seul autre, la chaîne est *droite* ; sinon, on a affaire au cas, plus compliqué, des chaînes *ramifiées* ; nous ne nous occuperons, et encore très sommairement, que des premières.

Cette nouvelle notion, dont le principe a été suggéré en 1913 par Bodenstein, et précisé en 1918 par Nernst, s'est montrée très féconde. C'est ainsi que la synthèse et aussi la dissociation de l'acide bromhydrique  $HBr$ , loin d'être simples comme celles de l'acide iodhydrique  $HI$ , ont été décomposées en 1919 par Christian-

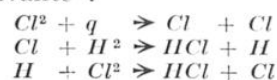
sen qui y a signalé une chaîne formée des cinq réactions successives que l'on trouvera ci-dessous :



Et il ne faudrait pas croire que cette série d'équations soit un simple jeu de formules, établies *a priori* ; l'existence simultanée des transformations qu'elles représentent, dans un mélange d'hydrogène et de vapeur de brome, a été soumise à des contrôles qui lui confèrent un haut degré de probabilité.

A côté de ces chaînes matérielles, il existe encore des chaînes énergétiques, où un quantum d'énergie  $q$  s'introduit, comme agent intermédiaire, dans la série des

réactions. Ainsi, pour expliquer la combinaison du chlore et de l'hydrogène sous l'action de la lumière, Nernst propose la chaîne suivante :



Evidemment, dans l'étude de ces problèmes, c'est l'hypothèse cinétique qui prend les devants et qui entraîne après elle l'expérience chargée de la confirmer ou de l'infirmer ; les résultats acquis avec

certitude sont encore en nombre très limité, mais la foule des travailleurs qui s'est engagée dans la voie nouvelle ne pourra qu'en accroître le nombre. Ce qu'il importe de noter en terminant, c'est le changement radical de but et de méthode, qui renouvelle entièrement la chimie classique. Celle-ci n'étudiait, dans les réactions, que le point de départ et le point d'arrivée, c'est-à-dire des

états d'équilibre ; elle faisait de la *statique chimique* ; la réaction est maintenant étudiée comme un phénomène de mouvement, qui justifie le nom de *cinétique* sous lequel la nouvelle chimie se désigne elle-même. Autrement dit, les anciens chimistes, opérant sur des produits morts, faisaient de la dissection ; ceux d'aujourd'hui, étudiant la matière vivante, font de la biologie chimique. C'est par ce changement de but, plus encore que par l'importance des résultats acquis, que la nouvelle science est intéressante.

L. HOULLEVIGUE.

Aux lecteurs qui ne se contenteraient pas de cet exposé, je signale une série d'études publiées dans les *Actualités scientifiques et industrielles*, particulièrement celles de M. Maurice Letort, parues sous les n° 509 et 510, et celle de M. Lalande, parue sous le n° 426, à laquelle nous avons emprunté pour une part les schémas qui illustrent cet article.

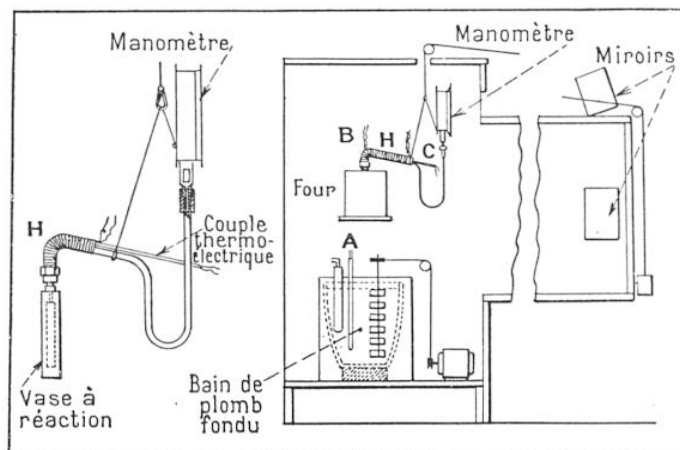


FIG. 4. — ENSEMBLE DE L'APPAREILLAGE POUR L'ÉTUDE DES VITESSES DE RÉACTION SOUS PRESSIONS ÉLEVÉES

Le vase à réaction, rempli du composé dont on veut étudier la dissociation, est relié à un manomètre et à un thermocouple. Après avoir été chauffé dans le four, il est plongé dans un bain de plomb fondu assurant la constance de la température. On suit alors les variations de la pression indiquée par le manomètre grâce au jeu de miroirs. Les couples thermoélectriques A, B, C contrôlent la température.

## 1937 : ANNÉE DE L'EXPOSITION DES TECHNIQUES, A PARIS

### CE QUE L'ON PEUT ATTENDRE DE LA MÉCANIQUE DE L'ATMOSPHÈRE

Par Jean LABADIÉ

*A l'origine, la météorologie, telle que la concevait Le Verrier vers 1850, considérait comme facteurs déterminants des mouvements réguliers et irréguliers de l'atmosphère terrestre : la température, la pression, la tension de la vapeur d'eau, mesurées respectivement par le thermomètre, le baromètre et l'hygromètre, et c'est tout. Les cartes synoptiques donnant l'ensemble de ces observations faites au sol à un même instant sont aujourd'hui complétées par les mesures en altitude effectuées à l'aide de ballons-sondes équipés d'appareils émetteurs de T. S. F. (1). Elles peuvent fournir ainsi une image assez exacte de l'état de l'atmosphère terrestre sur une trentaine de kilomètres d'épaisseur. Mais celle-ci est loin de posséder l'homogénéité que lui attribuait Le Verrier au siècle dernier, et les progrès des récentes méthodes de mesure scientifiques ont démontré que la simple distinction entre « cyclones » et « anticyclones » était tout à fait insuffisante pour expliquer les perturbations « ordonnées » et « désordonnées » de l'atmosphère. Des expériences de laboratoire, reproduites au Palais de la Découverte, nous ont montré d'une manière saisissante le rôle non seulement de la température, mais aussi de l'électricité atmosphérique dans la formation des nuages « en rouleaux » reproduisant à grande échelle les tourbillons cellulaires thermoconvectifs de M. Bénard et électroconvectifs de MM. Avsec et Luntz, plus ou moins déformés suivant l'intensité des vents. D'autres facteurs entrent également en jeu pour conditionner l'évolution des phénomènes météorologiques. Parmi ceux-ci, il faut distinguer les uns de portée générale, comme la rotation de la terre ; les autres d'influence locale, comme les inégalités accidentelles de la croûte terrestre. Tels sont les éléments fort complexes dont la coordination rationnelle est à la base même de la nouvelle « mécanique atmosphérique ». Celle-ci est statique lorsqu'elle s'intéresse aux électro et thermoconductions locales ; elle est dynamique lorsqu'elle fait, au contraire, intervenir la force centrifuge composée due à la rotation de la terre. Cette nouvelle science s'avère seule capable, selon nous, de dresser, pour les pilotes aériens qui la réclament depuis longtemps, la carte détaillée des perturbations atmosphériques qu'ils doivent rencontrer sur leur route, et surtout elle doit être en mesure de prévoir leur évolution à plus ou moins longue échéance. Le jour où elle fournira rigoureusement et constamment ces indications, la navigation aérienne aura fait un grand pas au point de vue sécurité et régularité des communications.*

**L**a dernière et — comme il est fatal — « l'ultime » conquête de l'humanité en mal de déplacement n'est autre que l'atmosphère. Le domaine de l'air reprend aujourd'hui, dans les fastes humains, le rôle que tinrent autrefois les mers, dont la navigation marqua de ses étapes celles de la civilisation elle-même.

Mais, tandis que les obstacles de la mer demeurent consignés sur des cartes à peu près immuables, de précision croissante, et que ses dangers furent toujours acceptés peu ou prou « à la grâce de Dieu », l'aviateur ne saurait s'embarquer avec le même fatalisme. S'élançant pour couvrir en six heures

autant de chemin qu'un voilier en six jours, il ne peut se contenter de « tirer sur le manche » en criant, comme le marin larguant l'amarre : « A Dieu vat ! ». Avant de partir, le pilote aérien réclame une « carte » supplémentaire, celle des « perturbations atmosphériques » qu'il va rencontrer sur son trajet. C'est la tâche qu'assument les Offices de Météorologie.

Nous savons (1) comment les services météorologiques dressent cette carte d'après des informations rapides qui leur parviennent, par concert international, de toutes les parties du monde. Mais ce que nous savons moins, ce que personne ne sait

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

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 174, page 457.



encore avec précision, c'est la *durée de validité* de ces cartes du temps, du « temps probable », comme disent les météorologues, scientifiques autant que circonspects.

La météorologie est, en effet, dans ses *conseils pratiques*, une science de « probabilité ».

D'autre part, nos lecteurs n'ignorent pas quel rôle *fondamental* joue la probabilité dans toute la science moderne, y compris la physique (1). Nous savons comment les physiciens ramènent à des « calculs de probabilité » les lois les plus certaines de la « radioactivité » et de la « thermodynamique ». Le jeu mécanique des « molécules » de vapeur se heurtant au hasard dans une chaudière explique mathématiquement les comportements de cette vapeur et le rendement de son travail dans les machines, tant et si bien que, grâce à cette vue « statistique »

d'un *mouvement moléculaire désordonné*, la science thermodynamique apparaît comme une « mécanique rationnelle » de l'énergie. Les ingénieurs l'utilisent sans répit.

Elle ne leur a jamais apporté la moindre désillusion, ce qui justifie leur confiance.

Peut-on espérer de constituer pareillement une « mécanique de l'atmosphère » qui permette de déterminer et, par conséquent, de prévoir ses « états successifs » à partir d'un « état initial » donné par l'observation à la manière dont le principe de Carnot (2) permet de déterminer les états successifs de la vapeur évoluant dans une machine ?

Comme on voit, le problème est d'importance. Conduite à s'en préoccuper, la météorologie touche là à un tournant décisif, autant pour ses résultats pratiques que pour sa valeur scientifique. C'est pourquoi la « mécanique de l'atmosphère » — un mot nouveau — est venue à l'ordre du jour des spécialistes.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 110, page 97.

(2) Autrement dit, le « principe de Carnot », qui relie mathématiquement les « états successifs » d'un fluide, s'est trouvé totalement justifié par le calcul « statistique » appliqué aux molécules du fluide.

Nous voudrions initier nos lecteurs à cette science qui se lève, aspirant, elle aussi, à l'idéal de l'exactitude.

### En un siècle, la météorologie a posé plus de problèmes qu'elle n'en a résolu

Nous avons comparé l'atmosphère à une « chaudière ». Sa température et sa pression sont, en effet, les facteurs déterminants des mouvements de l'air que les océans, d'autre part, saturent d'humidité. Mais il est d'autres facteurs qui jouent un rôle non moins capital dans la détermination des météores aériens ; ce sont l'électricité et la rotation de la Terre.

De plus, cette « chaudière » a ceci de bien particulier qu'elle possède une seule paroi : le sol. L'autre, son dôme, n'est autre que le vide céleste.

En outre, le sol terrestre, singulièrement accidenté, intervient même dans le régime de certains vents (c'est l'Himalaya qui crée la mousson) et, plus encore, dans la formation des accidents météorologiques locaux dont l'intérêt est si particu-

lier, à tout instant, pour l'aviateur en voyage.

On voit, par là, dans quel sens précis doit s'orienter le problème réel d'une mécanique atmosphérique.

Comprenons bien pourquoi il vient à son heure.

Le baromètre de Torricelli (1643), grâce auquel Pascal et son beau-frère Périer purent effectuer les premiers sondages d'altitude à la Tour Saint-Jacques et au Puy-de-Dôme (1648) et définir ainsi la notion de « pression atmosphérique », le baromètre demeure bien l'instrument central des mesures météorologiques. Mais ses données numériques, même accompagnées de celles du thermomètre et de l'hygromètre (mesurant la tension de vapeur d'eau) n'ont jamais suffi à l'explication des phénomènes observés.

Synthétisées par Le Verrier (1854), sur une carte synoptique, grâce aux informations rapides du télégraphe, ces mesures faites au sol se sont complétées par l'uti-

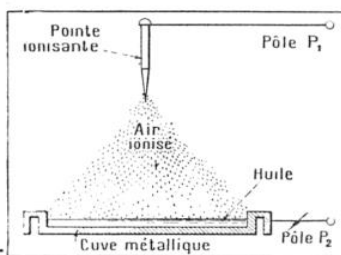


FIG. 1. — SCHÉMA DU DISPOSITIF PERMETTANT DE PRODUIRE AU LABORATOIRE LES TOURBILLONS CELLULAIRES THERMOCONVECTIFS ET ÉLECTROCONVECTIFS

L'huile est, dans le premier cas, légèrement chauffée par dessous. Dans le deuxième, on établit entre les deux pôles  $P_1$  et  $P_2$  une différence de potentiel électrique. La pointe métallique ionise l'air qui se trouve ainsi rendu conducteur. Au contact avec la surface libre de la couche d'huile, il constitue une véritable électrode plane. La deuxième électrode est constituée par la cuve métallique reliée à  $P_2$ . Entre ces deux électrodes prennent naissance les tourbillons électroconvectifs.



lisation des ballons-sondes, qui vont prélever les mêmes données en altitude. Ce progrès capital est dû à Teisserenc de Bort, qui le pratiqua dès 1899, à la station de Trappes. Les ballons-sondes permirent à ce savant de découvrir la « stratosphère », en tant que limite supérieure de « l'atmosphère troublée » : la « troposphère ». Celle-ci devenait ainsi le domaine proprement météorologique : la chaudière « atmosphérique » avait trouvé une paroi.

Perfectionnés par l'adjonction de très légers appareils de T. S. F. (Idrac, 1927), les ballons-sondes (1) permettent aujourd'hui de transformer la carte synoptique de Le Verrier en un graphique à trois dimensions. Les stations d'observations qui procèdent aux « radio-sondages » se multipliant chaque jour, çà et là dans le monde, les pressions et les températures au sol deviennent peu à peu base de la troisième « coordonnée » météorologique : le « gradient » (c'est-à-dire la variation locale) de la pression et de la température, en fonction de l'altitude.

La carte des observations météorologiques ainsi complétées commence à donner l'image exacte des « états » réels de l'atmosphère terrestre, sur 30 et 35 kilomètres d'épaisseur.

Mais fussent-ils renseignés heure par heure sur les variations d'un tel graphique,

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

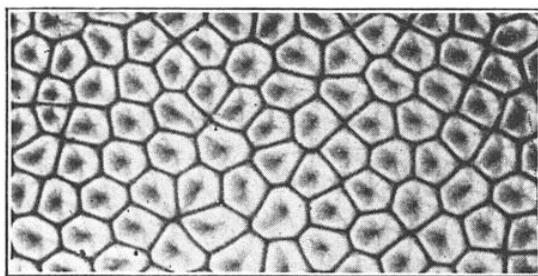


FIG. 2. — TOURBILLONS CELLULAIRES THERMOCONVECTIFS PHOTOGRAPHIÉS À LA SURFACE DE LA COUCHE D'HUILE (VOIR FIGURE 1)

On notera la formation caractéristique et régulière en nid d'abeilles de ces tourbillons cellulaires. Cette formation est rendue visible grâce à la poudre d'aluminium incorporée au liquide.

les météorologistes reconnaissent qu'il convient de préciser encore ce tableau, si l'on veut posséder toutes les données du problème. Il faut entamer l'étude de ce qu'ils nomment « la météorologie à petite échelle », c'est-à-dire l'influence du relief du sol sur l'écoulement de l'air, l'évolution des perturbations locales, les mouvements aériens verticaux (ceux qui

justement permettent le « vol à voile ») et, enfin, l'analyse de la « structure fine » du vent (turbulence atmosphérique). Tous ces points sont à l'ordre du jour, depuis environ sept ans (1930).

Ainsi, lentement poussés par les progrès des moyens de mesure scientifiques, les météorologistes ont été conduits — tout en perfectionnant de leur mieux leur service empirique d'informations quotidiennes et bi-quotidiennes — à cette constatation que l'atmosphère est très loin de posséder l'homogénéité sur laquelle tablait Le Verrier. Ce précurseur dessinait effectivement la « carte du temps » par de simples « isobares » (lignes d'égales pressions) délimitant des « cyclones » et des « anticyclones », exactement comme les courbes de niveau dessinent les vallées et les monts sur une carte d'état-major.

L'atmosphère terrestre ainsi découpée en dénivellations barométriques était consi-

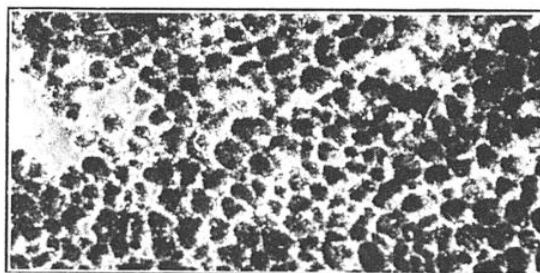
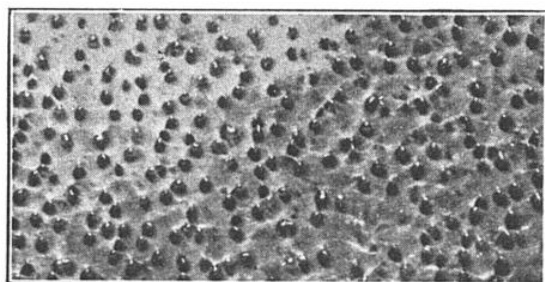


FIG. 3 ET 4. — TOURBILLONS CELLULAIRES ÉLECTROCONVECTIFS TELS QU'ON A PU LES PHOTOGRAPHIER AU LABORATOIRE ET LES OBSERVER À LA SURFACE DU SOLEIL

A gauche, photographie de la surface d'un bain d'huile obtenue suivant la technique de la figure 1. — A droite, photographie des « grains de riz » de la surface de la photosphère solaire dont l'analogie avec les tourbillons cellulaires électroconvectifs réalisés au laboratoire est frappante. Cette analogie, d'après H. Bénard et l'astronome anglais J.-S. Plaskett, est une véritable identité.



dérée comme un océan dont les *creux* et les *crêtes* devaient tendre à s'équilibrer mutuellement en « s'écoulant » les uns dans les autres, en vertu du principe des vases communicants. Les courants d'équilibre ne seraient autres que les « vents ».

Le soleil et sa chaleur rayonnante n'intervenaient, dans l'esprit de ces précurseurs, que pour troubler cet équilibre et le remettre sans cesse en question. A ce compte, les habitants du globe ne devraient connaître, en fait de « perturbations atmosphériques », que la brise du matin et la brise du soir ! Nous savons que les météores nous réservent d'autres surprises... Aussi bien, la notion de « perturbation atmosphérique » a pris aujourd'hui, chez les spécialistes, un aspect infiniment plus complexe. Ceux-ci en sont venus à distinguer les perturbations *ordonnées* des perturbations *désordonnées*.

Les premières donnent naissance à ce qu'on peut appeler dès maintenant la mécanique « statique » de l'atmosphère, les secondes à sa mécanique « dynamique ». Or, tandis que la dynamique atmosphérique travaille précisément à utiliser le calcul des probabilités, la statique atmosphérique apparaît au contraire, dans une harmonieuse clarté, avec des figures quasi géométriques que l'on reproduit au laboratoire après les avoir observées dans le ciel.

Nous séparerons donc les deux questions et, en attendant de revenir sur la dynamique de l'atmosphère (telle que la conçoivent, entre autres savants, MM. Wehrlé, directeur de notre Office National de Météorologie et son adjoint Dedebant), nous nous contenterons, pour aujourd'hui, d'exposer les splendides phénomènes auxquels donnent lieu les « perturbations ordonnées ».

### Les figures d'équilibre de certains nuages

Qui de nous ne s'est extasié, par un soir ou un matin calmes, devant les figures que dessinent les *brumes légères* dans la haute atmosphère, par exemple le ciel « pommelé » ?

Les nuages, immobiles, y apparaissent divisés en « balles de coton » toutes égales ou encore en rouleaux parallèles, allongés à perte de vue. A travers les interstices de ces « cellules » ou de ces « rouleaux », le bleu très pur du ciel transparait.

Quelle est la cause de ce phénomène, en vertu de quelle loi physique s'est établi un ordre aussi géométrique ?

Allez faire un tour au stand de la météorologie du Palais de la Découverte, de savants opérateurs, élèves de M. Bénard, professeur à la Sorbonne, vous montreront comment on réalise un *ciel en rouleaux*, en soufflant une bouffée de cigarette dans une longue

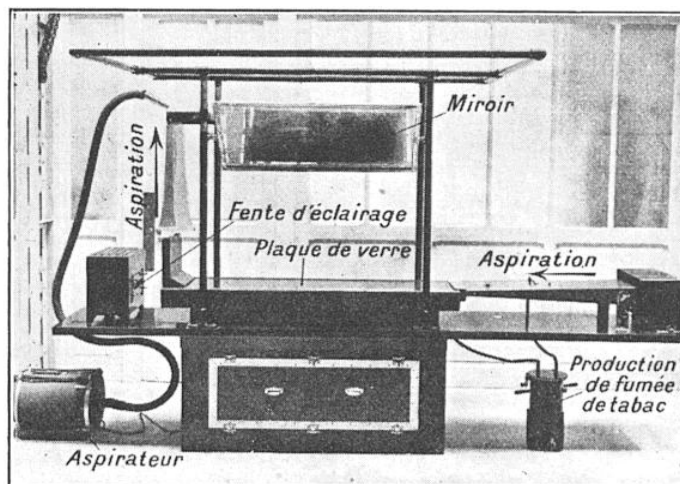


FIG. 5. — COMMENT ON RECONSTITUE EXPÉRIMENTALEMENT LES PHÉNOMÈNES THERMOCONVECTIFS DANS LES GAZ AU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE

*De la fumée de tabac insufflée par la droite et aspirée par la gauche rend visibles les phénomènes tourbillonnaires qui prennent naissance sous la lame de verre et dont le miroir incliné reflète les images pour les rendre visibles par les spectateurs.*

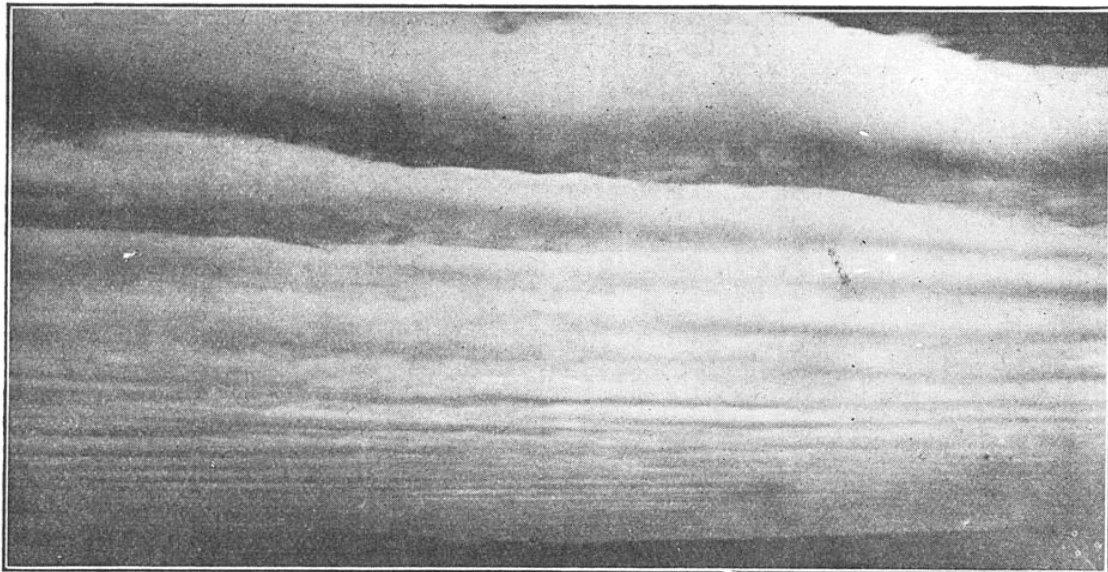
convenablement ventilée, et un *ciel pommelé* dans une cuve remplie d'un liquide visqueux chargé d'une fine poudre d'aluminium (matérialisant la vapeur d'eau atmosphérique).

Le facteur de tels phénomènes n'est plus la « pression », mais la *température*, ainsi que l'a démontré M. Bénard, voilà déjà longtemps. Mais c'est également l'*électricité*, ainsi que viennent de le démontrer à leur tour, en 1936, MM. Avsec et Luntz, les deux élèves que M. Bénard a chargés précisément de présenter leur propre découverte.

Qu'il s'agisse de l'un ou de l'autre facteur (température ou électricité), nous nous trouvons immédiatement en présence de cette troisième coordonnée météorologique, le « gradient », dont je viens de faire état.

On conçoit que c'est en éliminant les





(Photo de l'Office National Météorologique.)

FIG. 6. — EXEMPLE DE NUAGES EN BANDES ALLONGÉES

*Cette formation nuageuse très caractéristique présente d'étroites analogies avec les tourbillons de la figure 7 réalisés au laboratoire et peuvent s'observer fréquemment dans le ciel par vent très fort.*

deux autres, c'est-à-dire en reproduisant les conditions du « temps calme » mouvementé seulement dans la troisième dimension, que les phénomènes apparaissent dans toute leur pureté.

Voici les dispositifs expérimentaux.

#### **Les « tourbillons cellulaires » de H. Bénard**

C'est en 1901, à l'occasion de sa thèse de doctorat, que M. H. Bénard produisit pour la première fois le phénomène des tourbillons « convectifs » qui, depuis, ont été variés par les expérimentateurs de toutes manières possibles.

L'expérience fondamentale de M. Bénard

est reproduite en permanence au stand du Palais de la Découverte. Une cuve très plate, remplie d'huile dans laquelle flotte une poussière impalpable d'aluminium, est soumise par sa base à un léger échauffement. Chauffée, la couche inférieure du liquide tend à monter et à traverser la couche supérieure restée froide au contact de l'air.

On croirait, à première vue, que les deux couches vont se mélanger confusément. Il n'en est rien. La viscosité du liquide s'oppose au mélange désordonné. La couche chaude perce donc la froide seulement en des points précis et s'élève par les cheminées ainsi pratiquées, tandis que la couche froide descend en suivant des zones cylin-

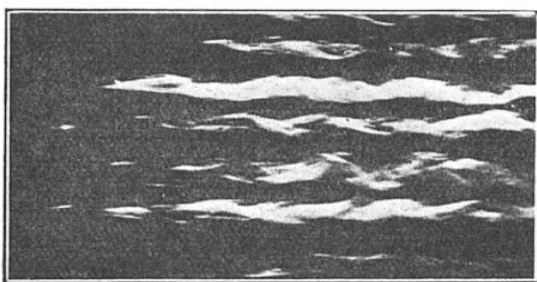


FIG. 7. — TOURBILLONS EN BANDES ALLONGÉES RÉALISÉS AU LABORATOIRE

*Ces tourbillons, rendus visibles par la fumée de tabac, s'étirent dans la direction du courant d'air qui les engendre lorsqu'il est suffisamment rapide.*

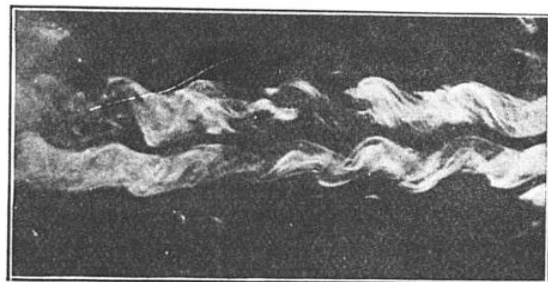
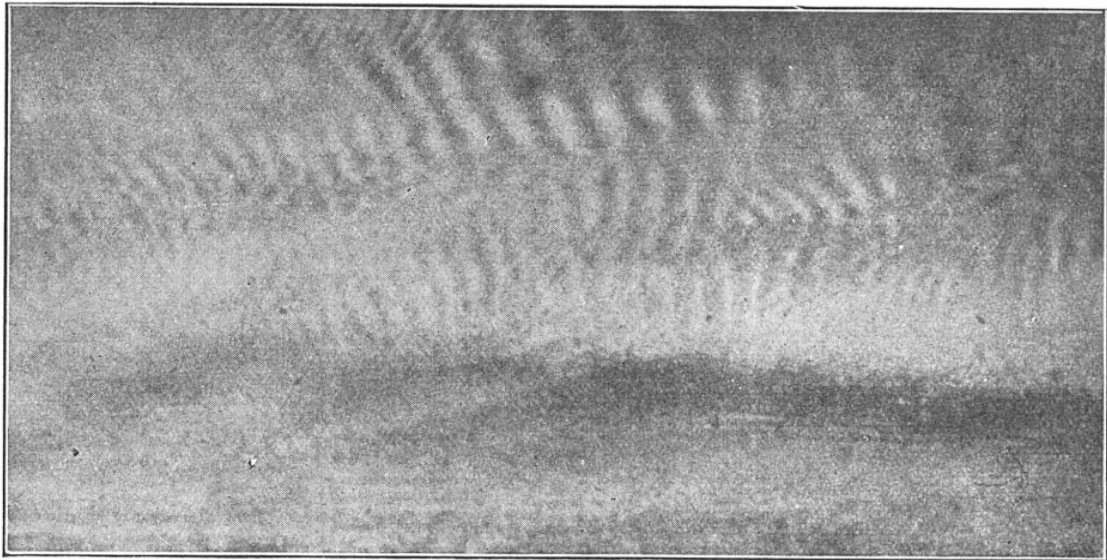


FIG. 8. — TOURBILLONS EN BANDES HÉLICOÏDALES RÉALISÉS AU LABORATOIRE

*Ces tourbillons hélicoïdaux dérivent des tourbillons précédents en bandes allongées lorsque la chute verticale de température (gradient) vient à s'accroître.*





(Photo de l'Office National Météorologique.)

FIG. 9. — EXEMPLE DE NUAGES EN ROULEAUX TRANSVERSAUX

*Cette formation nuageuse, également caractéristique, s'observe d'une manière générale par vent très faible et est à rapprocher des tourbillons transversaux expérimentaux de la figure 10.*

driques qui enveloppent ainsi ces cheminées.

Au contact du fond de cuve, le liquide se réchauffe et remonte par la cheminée centrale pour redescendre suivant la périphérie. Une minuscule « cellule » cylindrique verticale est ainsi réalisée, de laquelle le courant convectif vertical aller et retour ne diverge plus.

Ce mouvement de « convection » thermique, stabilisé de la sorte en une infinité de cellules toutes semblables, forme, par juxtaposition des cellules, un véritable « nid d'abeilles ». Les cellules juxtaposées ne gardent pas, en effet, la forme cylindrique par contact mutuel ; elles se transforment en prismes hexagonaux (plus exactement, elles tendent vers cette figure géométrique).

Quant à la poudre d'aluminium, le mouvement de convection l'accumule progressivement dans la partie centrale supérieure de la cellule tourbillonnaire où sa masse représente exactement les « balles de coton » constituant le « ciel pommelé ».

Si nous passons, en effet, aux conditions atmosphériques réelles, voici comment il convient de les traduire.

#### Les tourbillons de Bénard visibles en plein ciel

Le sol, surchauffé par le soleil au cours d'une journée calme, communique sa chaleur aux couches inférieures de l'atmosphère qui s'élèvent chargées de vapeur d'eau invisible à cause précisément de sa température élevée. Mais les couches aériennes chaudes s'élèvent sans se mélanger avec les couches froides qu'elles rencontrent en altitude. Celles-ci tendent à descendre et forment alors

avec les précédentes des « tourbillons cellulaires convectifs », exactement du même type que ceux réalisés au laboratoire par M. Bénard.

Parvenus à une certaine altitude, les courants « thermoconvectifs » ascendants, rencontrant de basses pressions, condensent leur vapeur d'eau dans l'axe de leur cheminée, et l'air froid redescend pour se charger à

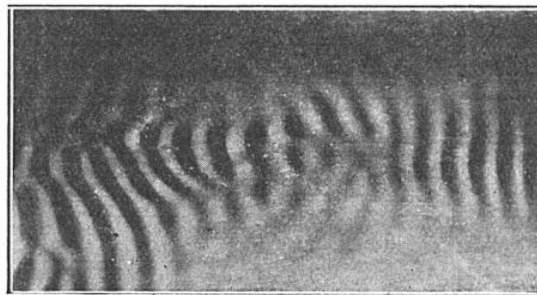


FIG. 10. — TOURBILLONS TRANSVERSAUX RÉALISÉS AU LABORATOIRE

*Les rouleaux de fumée s'organisent transversalement à la direction du courant d'air (et non plus longitudinalement) lorsque celui-ci demeure faible.*



nouveau de chaleur humide au contact du sol.

L'analogie est donc merveilleuse. Les courants thermiques ascendants ont, du reste, été mis en évidence *de manière directe*, dans l'atmosphère. Ils expliquent pourquoi les gypaètes d'Égypte, par exemple, peuvent planer des heures entières sans donner un coup d'aile, au-dessus d'une plaine de sable, c'est-à-dire faire du « vol à voile » dans des conditions toutes différentes de celles que les amateurs de ce sport vont rechercher d'ordinaire au voisinage des collines de la Banne d'Ordanche, de la Rhön, des Alpilles, où les courants ascendants sont de toute autre nature (ressauts du vent heurtant latéralement ces obstacles).

Pourtant, de graves difficultés théoriques viennent gêner l'assimilation totale des tourbillons convectifs atmosphériques avec les tourbillons cellulaires de Bénard. Le « théorème de similitude » (qui préside, comme on sait, à la mécanique des fluides (1) et

qui fait intervenir le coefficient de viscosité du fluide expérimenté), autorise l'analogie sur une certaine échelle, c'est-à-dire jusqu'à une certaine altitude. Mais, quand les formations convectives se montrent dans les très hauts cirrus, vers 5 ou 6 km d'altitude et plus haut encore, le théorème de similitude indique nettement qu'il convient de leur chercher une autre *cause* que le gradient thermique que nous avons invoqué jusqu'ici.

#### MM. Avsec et Luntz font intervenir l'électricité

C'est pour répondre à cette nouvelle interrogation posée par la Nature aux savants que les deux élèves de M. Bénard précités ont songé à faire intervenir un autre « gradient », dont l'existence est indéniable : celui de l'électrisation atmosphérique.

Or, il est certain (les mesures du professeur Piccard l'ont largement confirmé), que l'atmosphère est d'autant plus électrisée (ionisée), qu'elle se raréfie. Avec l'altitude, les couches atmosphériques, de moins en moins denses, reçoivent une dose croissante du rayonnement solaire *ultra-*

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 190, page 270.

*violet*. Et l'on sait que la lumière ultraviolette a pour effet d'électriser les molécules gazeuses.

MM. Avsec et Luntz ont donc imaginé de réaliser, au laboratoire, des conditions strictement analogues à l'expérience de Bénard, en remplaçant le « gradient de température » par un gradient électrique, exactement « d'ionisation ». Ce gradient est réalisé en plaçant au-dessus de la cuve contenant l'huile mélangée de poudre une pointe fortement électrisée. L'ionisation des molécules d'air autour de la pointe se continue, au sein du liquide, en ionisation des particules d'huile.

Celles-ci prennent alors un mouvement convectif vertical qui restitue exactement

la forme des tourbillons cellulaires thermoconvectifs de H. Bénard.

La photographie en lumière rasante révèle cette division cellulaire caractéristique du liquide. Si la similitude des clichés n'est pas rigoureuse,

cela tient uniquement aux dispositifs expérimentaux. Mais une coupe pratiquée dans la masse liquide (au moyen d'une vitre verticale), montre bien le double mouvement d'ascension centrale et de descente périphérique au sein d'un même tube prismatique.

Voilà donc, physiquement expliqué, le ciel « pommelé » des nuages « cellulaires », quelle que soit l'altitude de ces nuages. L'électricité relève la chaleur, en altitude, comme agent nécessaire et suffisant pour rendre compte de ces formes d'équilibres.

#### Le passage des tourbillons cellulaires aux nuages « en bandes » et « en rouleaux »

Et, maintenant, *sans faire, pour l'instant, aucune hypothèse particulière* sur l'origine des vents, il nous faut comprendre de quelle manière les courants aériens horizontaux vont transformer les tourbillons convectifs.

Les réactions des tourbillons convectifs à un déplacement d'air latéral sont matérialisés à leur tour dans l'appareil dont nous donnons la photographie page 351.

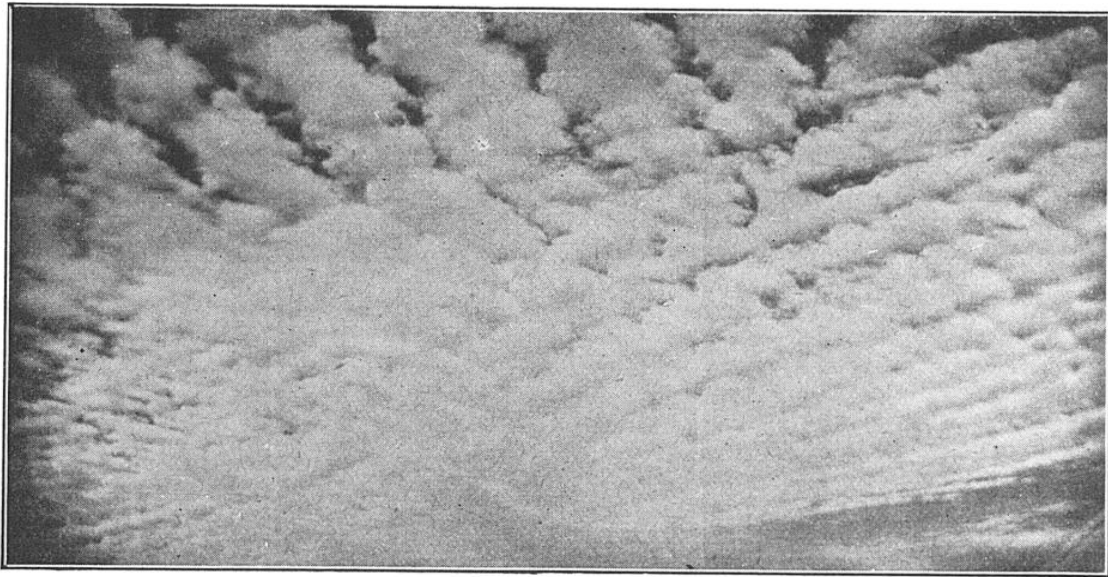
Dans une longue caisse vitrée, c'est la fumée de tabac qui va matérialiser les courants « thermoconvectifs ». L'obtention



FIG. 11. — COUPE TRANSVERSALE DE TOURBILLONS  
CELLULAIRES CONVECTIFS DANS UN BAIN D'HUILE

Cette photographie met en évidence le double mouvement ascendant et descendant du fluide chargé de poussière métallique.





(Photo de l'Office National Météorologique.)

FIG. 12. — EXEMPLE DE NUAGES EN TOURBILLONS STATIONNAIRES

*Cette formation nuageuse, dite « ciel pommelé », s'observe fréquemment en l'absence de vent. Elle offre d'étroites analogies avec les tourbillons expérimentaux représentés sur la figure 13.*

des tourbillons cellulaires y est plus malaisée : il y faut un calme absolu. Une fois réalisés, une faible aspiration (provoquée par un aspirateur) déforme les cellules en les organisant par bandes transversales.

Une aspiration plus forte rend ces bandes longitudinales.

Un accroissement du gradient vertical de la température au sein de la caisse d'expériences a pour effet d'imprimer à ces bandes longitudinales une torsion hélicoïdale : autrement dit, un troisième mouvement est venu se composer avec ceux de la convection verticale et de l'aspiration horizontale.

Avec ces trois derniers cas, nous avons expliqué trois autres aspects du ciel par temps « calme » au sol, mais non pas en altitude. En sorte que, si vous apercevez dans la très haute atmosphère, par jour d'été « calme », un ciel « tigré », c'est-à-dire organisé en bandes transversales à peine ondulées, telles les vagues d'une mer peu agitée, c'est qu'un vent élevé est apparu, transversalement au

creux de ces vagues. Si vous voyez, au contraire, des bandes très épaisses, fuyant vers un même « point de vue » (par perspective), c'est la marque d'un vent élevé assez fort, orienté suivant cette même direction. Si, enfin, les rouleaux tourbillonnent sur eux-mêmes, c'est qu'ils sont soumis à un gradient thermique ou électrique très élevé — autrement dit, la couche atmosphérique intéressée par ces nuées en bandes est soumise à une grande différence de potentiel, soit électrique, soit thermique (température) entre sa base inférieure et sa limite supérieure.

Une différence de potentiel ? C'est donc un « travail » qui se prépare et qui se dégagera par la jonction des deux « niveaux » de potentiels différents. Ce « travail », vous l'avez deviné, ce sera un orage. Un orage, c'est-à-dire un phénomène électrique se manifestant par des éclairs, concomitant d'un phénomène thermodynamique se manifestant par une condensation de vapeur, la pluie.

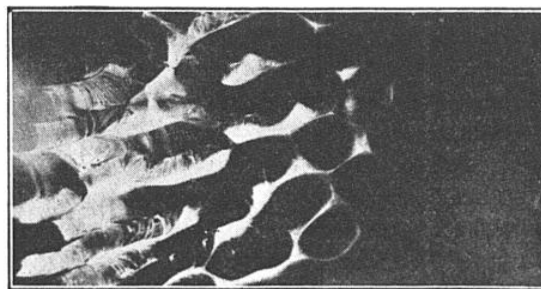


FIG. 13. — TOURBILLONS CELLULAIRES STATIONNAIRES RÉALISÉS AU LABORATOIRE

*Les tourbillons cellulaires, très nets vers la droite du cliché, vont en se désagrégeant progressivement avec formation de rouleaux en bandes par l'effet d'un courant d'air presque insensible.*



Le tout va aboutir à une violente turbulence atmosphérique. Nous touchons ainsi, le plus naturellement du monde, au second aspect de la mécanique atmosphérique, à son aspect « dynamique », celui des « perturbations désordonnées ».

### Et le désordre lui-même possède des lois que, dès maintenant, l'on entrevoit

Car, dès que le désordre s'est installé dans l'atmosphère, il y engendre le désordre, jusqu'à ce que soient épuisés en travail tous les « potentiels » (électriques ou thermiques) dont elle est « chargée ».

Nous avons eu déjà l'occasion, voilà quelques années, d'examiner ici (1) les extraordinaires et violents courants qui animent intérieurement ce nuage géant qui suffit, à lui seul, pour caractériser l'état orageux : le cumulo-nimbus. Nous avons vu comment il prépare les coups de foudre par accumulation de l'électricité que transportent les molécules aériennes, bien vite secondées par les gouttes de pluie. La théorie de la foudre selon Simpson est capitale en l'espèce. Les « orages » ainsi conçus sont le type des perturbations « désordonnées » et cependant soumises à des lois internes.

Puis il faudra envisager cet orage, si particulier et dynamiquement ordonné, que l'on nomme un cyclone. Le cyclone — au sens de « typhon » — compose son mouvement avec celui de la planète et c'est par une conjonction de la thermo-convection et de la rotation terrestre qu'il prend naissance, s'organise pour s'élancer sur sa trajectoire aussi mathématique (sur la carte) que celle d'un astre dans le ciel.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 171, page 197.

Mais le cyclone, fils de la rotation terrestre, s'élargit encore pour adopter des formes moins brutales : celles que définissent sur « la carte du temps » les lignes isobares (d'égale pression) de Le Verrier. Ces zones sont de deux sortes : avec un *creux* central, ce sont des cyclones ; avec une *proéminence* centrale, ce sont des anticyclones.

Nous les rencontrons ainsi non plus comme un état de fait, à partir duquel, jadis, on prétendait expliquer les vents et les variations atmosphériques de toute sorte, mais comme des effets complexes d'une cause initiale sans laquelle l'atmosphère jouirait probablement d'un calme quasi perpétuel, ne connaissant précisément que les perturbations stables, thermo ou électro-convections locales. Cette cause initiale, c'est la « force de Coriolis » (force centrifuge composée) assez délicate à expliquer. Explication que nous réserverons pour la seconde partie de notre étude. D'autant que la force de Coriolis est encore responsable des grands vents réguliers (*alizés*) qui, durant des siècles, furent les auxiliaires des navigateurs.

Qu'il nous suffise, pour aujourd'hui, d'avoir montré combien rationnellement s'édifie la mécanique de l'atmosphère, avec des expériences et des théories contrôlées au laboratoire, pour commencer.

Il est évident que, pour atteindre totalement leur but, les théories et les calculs devront également suivre les phénomènes jusque dans leur évolution au sein du laboratoire le plus universel de la nature : l'atmosphère elle-même (1).

JEAN LABADIÉ.

(1) Voir également, pour les tourbillons cellulaires, l'étude de MM. Avsec et Lantz dans *La Météorologie*.

Si la loi Roosevelt prescrivant la neutralité de l'U. S. A. vis-à-vis des nations belligérantes était un jour appliquée au conflit sino-japonais, les conséquences pour le commerce d'exportation américain seraient désastreuses, en ce qui concerne les fournitures effectuées au Japon comme à la Chine. D'après les statistiques qui viennent d'être publiées pour le premier semestre de l'année 1937, le commerce des États-Unis avec ces deux grandes nations de l'Extrême-Orient atteint en effet au moins 4 milliards 1/2 de francs français (cours moyen par rapport au dollar, septembre 1937). Il est vrai qu'au point de vue juridique le Japon et la Chine ne sont pas en état de guerre... Et puis l'Amérique a investi d'importants capitaux en Chine, ne fût-ce que pour « financer », avec certaines grandes nations européennes, l'équipement ferroviaire de ce vaste territoire de près de 400 millions d'habitants et de 12 millions de km<sup>2</sup>, environ (1).

(1) Les publications de l'Institut des Relations dans le Pacifique renferment une documentation précieuse sur tout ce qui concerne, entre autres questions, l'économie des peuples d'Extrême-Orient. On y trouve notamment qu'en moins de quatre ans l'Angleterre, la France, l'Allemagne, la Belgique, la Tchécoslovaquie, les États-Unis d'Amérique ont fourni des crédits considérables pour industrialiser cet immense continent chinois, crédits qu'on peut évaluer approximativement à près de 3 milliards 300 millions de francs actuels (livre sterling à 144 f). Les capitaux européens et américains ainsi investis constituent évidemment un facteur qui influera sur l'orientation de la politique des commanditaires.



## 1937 : ANNÉE DE L'EXPOSITION DES TECHNIQUES, A PARIS

# COMMENT LA TECHNIQUE MODERNE DES SCIENCES APPLIQUÉES AU CINÉMA A RÉALISÉ LE FILM MODERNE

Par Pierre KESZLER

*L'Exposition de 1937 a permis, même aux profanes, de se rendre compte de la perfection technique réalisée aujourd'hui par le film cinématographique sonore. Il s'agit encore, évidemment, du film en noir et blanc, car la mise au point du film en couleurs naturelles n'est pas encore parfaite et ne peut donner lieu, actuellement, à une exploitation vraiment pratique. Dans cette évolution du film ordinaire, ce sont les applications des différentes branches de la Science qui ont permis d'obtenir ces réels et appréciables progrès. C'est ainsi que l'optique intervient deux fois au moins dans la chaîne des opérations successives : lors de la prise de vues et lors de la projection. Puis voici la chimie, avec la fabrication et le traitement des émulsions (orthochromatiques-panchromatiques), ainsi que la fabrication de la pellicule qui les porte. L'éclairage joue un rôle essentiel pour la mise en valeur des vues photographiques, pour leur projection sur l'écran comme pour l'illumination des salles. De l'acoustique et de l'électrotechnique relèvent et la prise de son et la reproduction fidèle de la voix ou de la musique. La mécanique de précision intervient à son tour pour réaliser ces merveilleux appareils modernes qu'on ne saurait comparer qu'aux chefs-d'œuvre de la chronométrie. Et c'est à l'architecture que l'on doit l'édification des salles de projection. Une telle synthèse de la technique cinématographique dans son ensemble n'a pas été, hélas ! présentée à l'Exposition des Arts et Techniques comme on pouvait l'espérer, en dépit des promesses faites il y a un an par les « initiés ». Cependant quelques maquettes détaillées résumant au Pavillon « Photo-Ciné-Phono » les principales opérations qui se succèdent dans la fabrication, l'impression, le développement, le tirage, la projection d'un film. On verra ici les perfectionnements les plus récents qui ont été apportés à ces opérations particulièrement délicates, et dont la « minutie » conditionne la qualité technique du film et fait varier dans de larges limites l'établissement de son prix de revient.*

### Comment on fabrique la pellicule

**L**A matière première de la pellicule, c'est le coton, autrement dit la cellulose. Pour les films *negatifs*, c'est même de la nitrocellulose, c'est-à-dire, sinon du coton-poudre, du moins une matière éminemment inflammable.

Comme les films négatifs ne sont utilisés que dans des appareils de prise de vues, ou dans des tireuses dans lesquelles la lumière est fournie par des lampes à incandescence, on n'a pas trop à redouter l'incendie. Mais il faut toutefois prendre des précautions.

Lorsque la bande de nitrate de cellulose transparente a été bien séchée et débarrassée des poussières qui pouvaient y adhérer, on dépose sur une de ses faces les différentes couches qui constituent l'émulsion. A partir de ce moment, toutes les

opérations s'effectuent en laboratoire, c'est-à-dire en lumière rouge foncé pour les films orthochromatiques et en absence de toute lumière pour les films panchromatiques (1). La couche sensible une fois déposée et séchée, le film est découpé en bandes de différentes largeurs, selon les formats auxquels il est destiné. Il y en a de 40 cm de large pour les clichés de rayons X, de 24, 18, 13, 9, 6 1/2, 6, 4 1/2, pour les différents formats photographiques, enfin 35 mm, 17 mm 5, 16 mm, 9 mm 5 et 8 mm pour les films cinématographiques. Ces dernières bandes sont alors perforées et mises en boîtes de fer étanches à la lumière. Pour être tout à fait complets, nous devons ajouter que la plupart des émulsions destinées aux amateurs, comme du reste celles destinées à la projection, sont étendues sur du film en acétate

(1) Sensibles à toutes les couleurs.

de cellulose, communément appelé inflammable. Si ce film est capable de brûler, il ne le fait que lentement et le danger d'incendie est pratiquement écarté. Malheureusement, il est un peu plus cassant que le film ordinaire, donc plus fragile.

### La prise de vues (1)

Le film vierge est livré aux sociétés productrices, dans des boîtes métalliques hermétiques, par rouleaux de 300 m. En laboratoire, ces rouleaux sont montés sur

qui le contenait avant cette opération.

Il s'agit maintenant de développer cette pellicule. Toujours enfermée dans son carter, elle est envoyée à l'usine de développement.

### Des machines qui développent automatiquement 2 400 m de pellicule à l'heure

Il importe au premier chef que le film confié à l'usine de traitement soit retourné au producteur dans le plus bref délai. En effet, si, par hasard, la photographie est pâle, la pellicule rayée ou une scène manquée,

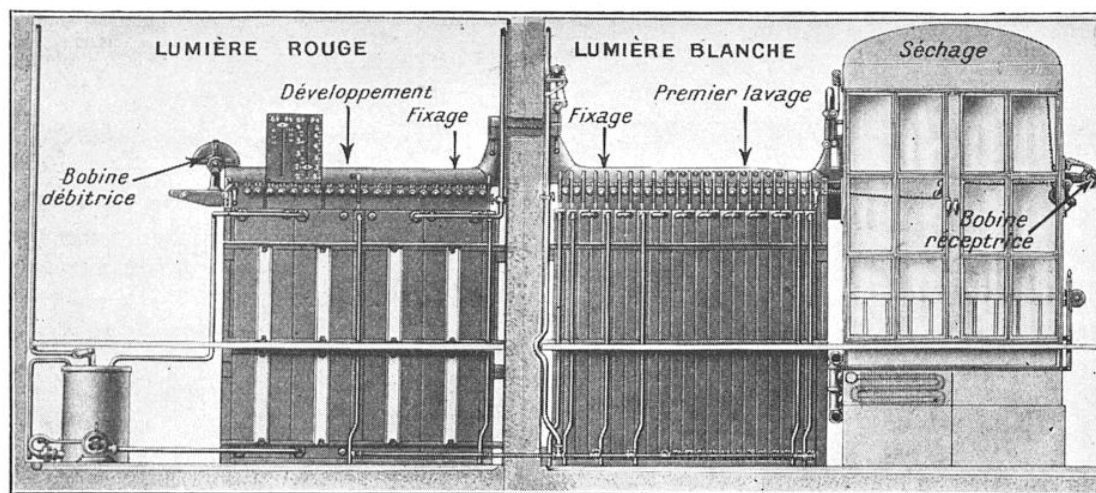


FIG. 1. — COUPE SCHÉMATIQUE D'UNE INSTALLATION POUR LE DÉVELOPPEMENT CONTINU ET TRÈS RAPIDE DES FILMS CINÉMATOGRAPHIQUES

Dans la partie du laboratoire éclairée en lumière rouge se trouvent les cuves de développement, de premier lavage et le début du fixage. Le film, après avoir traversé toutes ces cuves, sort du laboratoire obscur pour poursuivre le fixage, le dernier lavage et pénétre dans l'armoire de séchage dans laquelle il est soumis à l'action d'un courant d'air chauffé à 30° environ. Après de nombreuses allées et venues dans cette armoire, il s'enroule sur la bobine réceptrice. A l'autre extrémité, l'opérateur raccorde la fin de chaque bobine en cours de développement au début de la suivante au moyen de pinces spéciales qui n'empêchent pas les perforations de s'engrener dans les rouleaux dentés d'entraînement.

des noyaux de bobines et enroulés dans des carters étanches. On laisse seulement sortir l'extrémité du film qui prend le nom d'*amorce*. Le carter est alors placé dans l'appareil de prise de vues.

Les cameras constituent les appareils fondamentaux de l'industrie cinématographique, et méritent à elles seules une étude approfondie que nous ne saurions entreprendre dans cette revue d'ensemble et que nous comptons présenter prochainement à nos lecteurs. Dépassons donc tout de suite le stade de la prise de vues, et reprenons notre film, qui, après passage dans la camera, est impressionné et enroulé dans un carter récepteur, absolument analogue à celui

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 228 page 480.

il faut recommencer avant que les décors ne soient abattus et les artistes dispersés.

L'usine de traitement doit donc être équipée de telle sorte qu'elle soit en mesure de livrer le film en quelques heures et, en même temps, traiter ce dernier avec assez de précautions pour qu'aucun accident ne lui arrive pendant qu'il lui est confié.

Selon le caractère de la scène photographiée, son éclairage et l'émulsion employée, l'opérateur de prise de vues signale quel genre de développement il désire et quelle durée. Pratiquement, le film panchromatique étant presque le seul utilisé dans les studios, la nature du bain de développement ne variera guère. Il change pourtant avec chaque entreprise de traitement et le secret



de sa composition est rigoureusement gardé.

Autre chose est de développer une plaque photographique, même de grandes dimensions, une bobine de pellicule d'appareil photographique ou bien une bobine de 300 m de long. Le matériel utilisé est donc approprié à cette forme de travail.

Primitive-ment, on enroulait le film impressionné sur des cadres en nickel que l'on plongeait dans des cuves contenant le bain révélateur. Depuis longtemps, cette technique a été abandonnée pour le principe du développement continu. Le film, roulant sur des galets, est entraîné régulièrement, suit un trajet sinusoïdal s'enfonçant dans une première cuve contenant le révélateur, puis en ressort pour plonger à nouveau dans une cuve d'eau de

lavage. Après cette cuve, il passe de la même manière dans une cuve de fixage, deux ou trois cuves de lavage, quatre ou cinq cuves de séchage dans lesquelles il est

exposé à un énergique courant d'air, puis au bout de la machine il est enroulé sur une bobine. La machine ne s'arrête jamais, les films se succédant à l'alimentation où ils sont raccordés les uns aux autres par des pinces spéciales et, à défaut de film à développer, on introduit dans la machine une bande perforée sans émulsion. La machine ne peut être arrêtée que lorsqu'elle est entièrement garnie de film sans émulsion.

Le débit de ces machines, par perfectionnements successifs, a été accru sensiblement. On peut arriver aujourd'hui, avec un temps de développement de

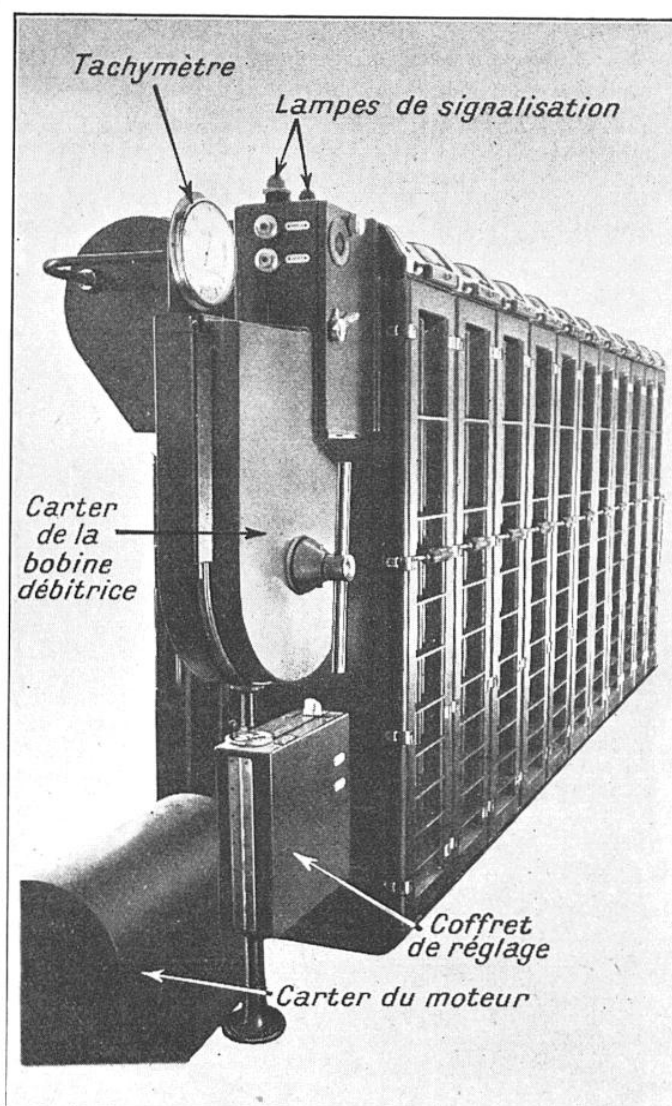


FIG. 2. — LA MACHINE CONTINUE A DÉVELOPPER LES FILMS CINÉMATOGRAPHIQUES « MULTIPLEX » VUE DE FACE. SON DÉBIT PEUT ATTEINDRE 2 100 M DE FILM A L'HEURE

Au premier plan, fermé par un grand levier, le carter étanche dans lequel est introduite la bobine renfermant le film à développer. Le film passe alors dans le boîtier que l'on aperçoit au-dessus du carter, puis dans la première armoire qui fonctionne en récupératrice de film ; puis il traverse successivement trois éléments pour le développement, un pour le lavage, trois pour le fixage, cinq pour le dernier lavage, sept pour le séchage, un pour réserve avant enroulement et, finalement, s'enroule sur un moyeu, à l'autre extrémité de la machine. Le tachymètre situé au-dessus du carter indique la durée du développement, qui peut être modifiée par réglage sur la vitesse du moteur situé, sous carter, à la base. Aucun organe mobile n'est apparent : des lampes et une sonnerie avertissent l'opérateur de l'achèvement d'une bobine débitrice ou réceptrice, ou de tout incident.



3 mn, au débit record de 2 400 m à l'heure. On voit que ce débit est supérieur à celui d'un appareil de prise de vues ou de projection, dont la cadence est de 24 images par seconde, soit environ 1 700 m à l'heure.

Mais ces machines de traitement du film avaient, en dépit de leur perfectionnement, deux défauts. D'abord, celui de nécessiter la chambre obscure pour toute la partie du développement et du fixage, deuxièmement de fonctionner à l'air libre. Pour le développement des films panchromatiques, par exemple, qui ne doivent même pas voir de lumière rouge, la difficulté résidait dans la conduite de la machine dans l'obscurité totale. D'autre part, les bains révélateurs, étant réducteurs, s'altéraient vite à l'air libre. Une firme spécialisée a donc cherché une autre solution et a présenté, voici deux ou trois ans, une machine entièrement automatique, complètement étanche à l'air et à la lumière, dont le débit atteint selon les modèles 700, 1 400 ou 2 100 m à l'heure pour un développement de 3 mn.

Bien entendu, si le temps de développement doit être un peu plus grand, le débit de la machine diminue d'autant.

Cette machine, dont nous donnons des photographies, est composée d'éléments standards en matière moulée, de 1 m 60 environ de haut et de 0 m 30 de large, affectant la forme d'armoires. En haut et

en bas de chacune de ces armoires se trouvent des galets de caoutchouc, tournant fous sur leur axe. Il n'existe qu'un seul galet d'entraînement par armoire. Le film parcourt vingt-quatre fois la hauteur du bain dans la cuve, puis passe à la cuve suivante. La première et la dernière armoire sont d'un type légèrement différent. Les

galets inférieurs sont montés sur des axes pouvant se déplacer dans le sens de la hauteur.

De la sorte, si, à un moment donné, il se produit un retard dans l'alimentation, la première armoire peut encore fournir le film à cadence régulière quand elle-même n'en reçoit plus, et ce, pendant un temps suffisant pour qu'un opérateur même maladroit ait le temps de placer une nouvelle bobine. De même à la sortie, quand le noyau récepteur est complètement garni, la machine va emmagasiner le film jusqu'à ce que l'opérateur ait disposé un nouveau noyau.

Que la machine soit étanche serait déjà un progrès, mais incomplet si la bobine débitrice n'était elle-même protégée.

Au départ, nous trouvons donc un carter qui absorbe la bobine telle qu'elle arrive à l'usine, la fermeture du carter provoquant d'un même mouvement l'ouverture de la bobine et la libération du noyau.

Qu'il s'agisse d'un négatif-images, d'un négatif-son ou d'un positif, la technique ne change pas, mais seulement les bains révélateurs et la cadence de développement.

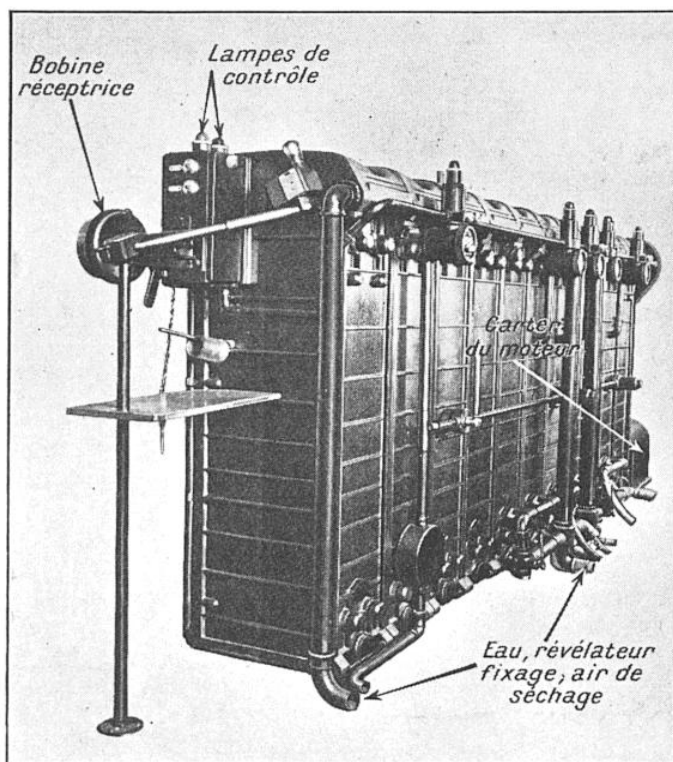


FIG. 3. — LA MACHINE CONTINUE A DÉVELOPPER LES FILMS CINÉMATOGRAPHIQUES « MULTIPLEX » VUE DE L'ARRIÈRE, COTÉ RÉCEPTEUR

Sur la face postérieure des armoires, on distingue les différentes canalisations qui permettent la vidange ou le brassage des bains ainsi que la circulation de l'air de séchage. Des thermostats, invisibles sur cette photographie, règlent par chauffage électrique la température des bains et celle de l'air.



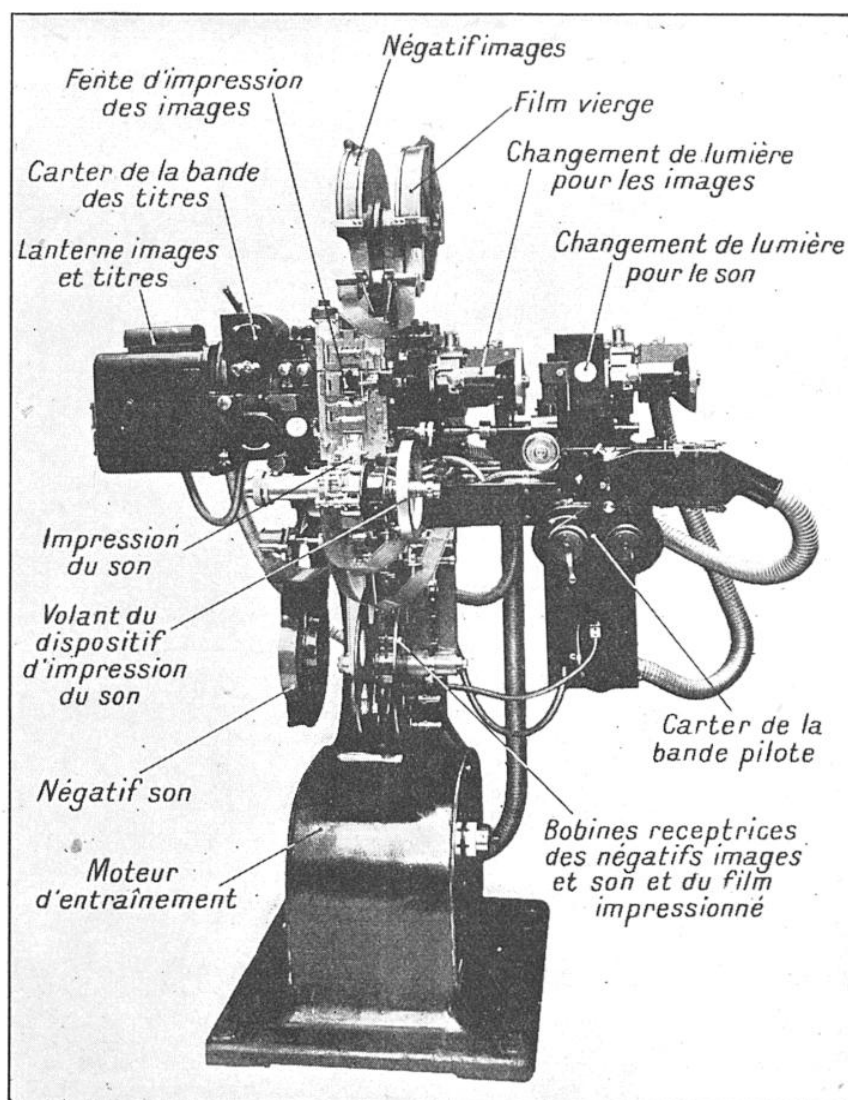
Pour les positifs, le temps de 3 mn est le plus courant ; pour les négatifs-images, le temps de développement peut atteindre 15 ou 16 mn (débit 140 m à l'heure au lieu de 700).

La machine 700 m se compose de 10 armoires, celle de 1 400, de 15, et celle de 2 100, de 21 éléments.

Cette machine, construite en France, est en train de conquérir le monde entier.

### Le montage du négatif

Le cinéaste, lorsque les prises de vues sont terminées et les négatifs vérifiés, devient homme de laboratoire. Il s'agit de raccorder tous les éléments du film, placer les scènes dans l'ordre voulu, d'abord pour les images, ensuite pour le son. C'est un travail de patience exigeant de l'ordre et du soin. En effet, au départ de chaque scène, on photographie un tableau noir portant un numéro d'ordre et le « coup de claquettes ». Pour ce faire, un machiniste vient se placer dans le champ de la caméra et frappe l'une sur l'autre deux lattes de bois. On trouvera donc sur les images un *départ* du son, figuré par le coup de claquettes, et sur la bande sonore, enregistrée



(Etablissements Debrie.)

FIG. 4. — CETTE MACHINE A TIRER LES FILMS, LA PLUS MODERNE DU MONDE, EST CAPABLE D'IMPRESSIONNER 750 M DE FILM A L'HEURE. Cet appareil reporte sur un même film les images, le son et les sous-titres enregistrés séparément. Le film vierge et le négatif-images passent gélatine contre gélatine devant la fenêtre d'impression. Le négatif-images va alors s'enrouler sur sa bobine réceptrice, en bas. Le négatif-son est, à son tour, juxtaposé au film vierge, passe devant la fenêtre d'impression sonore, et les deux films s'enroulent sur leurs bobines réceptrices. La lumière fournie par la lanterne « images et titres » traverse la bande-titres, puis un jeu de lentilles, se réfléchit totalement sur un miroir en acier poli, puis traverse le négatif-images et le film vierge. La bande-pilote, enfermée dans le petit carter de droite, commande tous les mécanismes par l'intermédiaire de contacts électriques et de relais dont les fils sont protégés par des tubes métalliques flexibles.

sur une autre pellicule, un signe très net correspondant au choc des deux morceaux de bois. A partir de ce point, il suffira de compter le nombre d'images jusqu'au début

effectif de la scène, puis reporter ce nombre sur la bande sonore pour pouvoir synchroniser exactement images et son.

Lorsque le montage des négatifs-images et son est terminé, il faut préparer le tirage.

### Comment s'effectue le tirage des copies

Dans la plupart des cas, quand les frais de décors ou d'interprètes sont élevés, on prend simultanément deux négatifs. Mais si, pour des raisons diverses, on n'a pas pu, ou voulu, tirer deux négatifs, pour préserver la bande originale de toute avarie (elles peuvent être nombreuses au cours des manipulations de montage), on tire un premier positif, avec lequel on obtient un nouveau négatif appelé contre-type, ou, plus communément *lavande*, en raison de la couleur mauve de l'émulsion.

Nous voici donc en possession de deux négatifs, dont le synchronisme relatif est établi, l'un pour le son, l'autre pour l'image. Il s'agit maintenant d'en faire un positif complet, comprenant image et son, afin de pouvoir le projeter sur l'écran. On va se servir pour cela d'une machine extrêmement perfectionnée, la *tireuse*.

Qu'aurons-nous à demander à cette machine ? D'abord le report des images, par impression, sur une pellicule vierge. Ensuite, même opération pour le son. Mais il est possible — et même probable — que le négatif n'ait pas une transparence uniforme. D'une scène à l'autre, il peut y avoir des différences d'intensité qui doivent être rattrapées au tirage. Donc l'intensité lumi-

neuse de la lanterne devra pouvoir varier, et si possible automatiquement. Même observation pour la piste sonore. Enfin, beaucoup de films doivent être présentés avec des sous-titres en langue étrangère, pour

les spectateurs n'entendant point la langue dans laquelle s'expriment les acteurs.

La tireuse va donc recevoir, outre le film vierge qui sera la copie, 6 autres bandes de film : le négatif-images, le négatif-son, une bande portant en noir sur blanc les sous-titres devant apparaître en blanc au bas des images, une bande pilote qui va commander toute la machine, enfin une bande commandant les changements de lumière pour les images et une pour le son.

La bande comportant les sous-titres n'est impressionnée qu'une image sur deux, chaque sous-titre n'étant impressionné qu'une fois ; la bande-pilote est établie sur une table spéciale où se déroulent en même temps qu'elle le négatif-images et le négatif-son. Mais la bande-pilote est entraînée vingt fois moins vite. Pour une bobine de 300 m, elle n'aura donc que 15 m. Elle passe sous trois leviers destinés à la perforer quand il le

faudra. L'opérateur fait défiler devant un dépoli les bandes images et son. Si un changement de lumière est nécessaire à un moment donné, il abaisse le levier correspondant aux images ou au son. La bande-pilote est alors perforée à l'endroit précis correspondant au changement nécessaire. Si c'est un sous-titre qui doit apparaître, l'opérateur abaisse le levier correspondant et

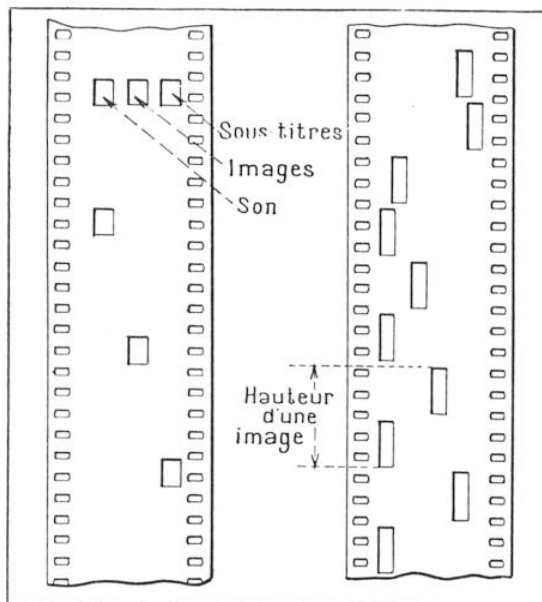


FIG. 5. — VOICI DEUX DES BANDES QUI COMMANDENT LA TIREUSE AUTOMATIQUE

A gauche, la bande-pilote qui est perforée selon trois pistes longitudinales : la première déclenche les changements de lumière pour le son ; la seconde, les changements de lumière pour les images ; la troisième, le dispositif de sous-titres. Cette bande, qui est vingt fois moins longue que le négatif, se déroule de façon continue et exactement proportionnellement au métrage de négatif passant dans la machine. — A droite, une bande de changements de lumière. Cette bande peut être très longue ou très courte ; cela dépend uniquement du nombre de changements à effectuer. Lorsque la bande-pilote la déclenche, elle avance de la hauteur d'une image, et les deux perforations comprises dans cet espace actionnent un dispositif de relais électromécaniques qui introduisent dans le circuit de la lampe une résistance dont on prélève, de la sorte, une plus ou moins grande partie. Par la position relative des deux perforations, on obtient vingt

résistances différentes.



perfore également la bande. Il doit également la perfore un peu plus loin, quand il estime qu'il sera alors passé assez de film pour qu'on ait eu le temps de lire le sous-titre.

Un second opérateur perfore une autre bande, celle des changements de lumière (une son, une images), selon un code qui permet l'obtention de 20 éclairagements différents, et, bien entendu, selon la transparence des divers négatifs.

la machine. Les quatre autres bandes sont à leur tour installées sur leurs moyeux respectifs et la machine est prête à fonctionner. Contact, le moteur unique tourne. Aussitôt, la bande-pilote déclenche un électroaimant qui provoque le déclenchement de l'organe destiné à régler la lumière, tant pour le son que pour les images. Ce dernier lit la bande perforée et règle automatiquement le courant qui traverse d'une

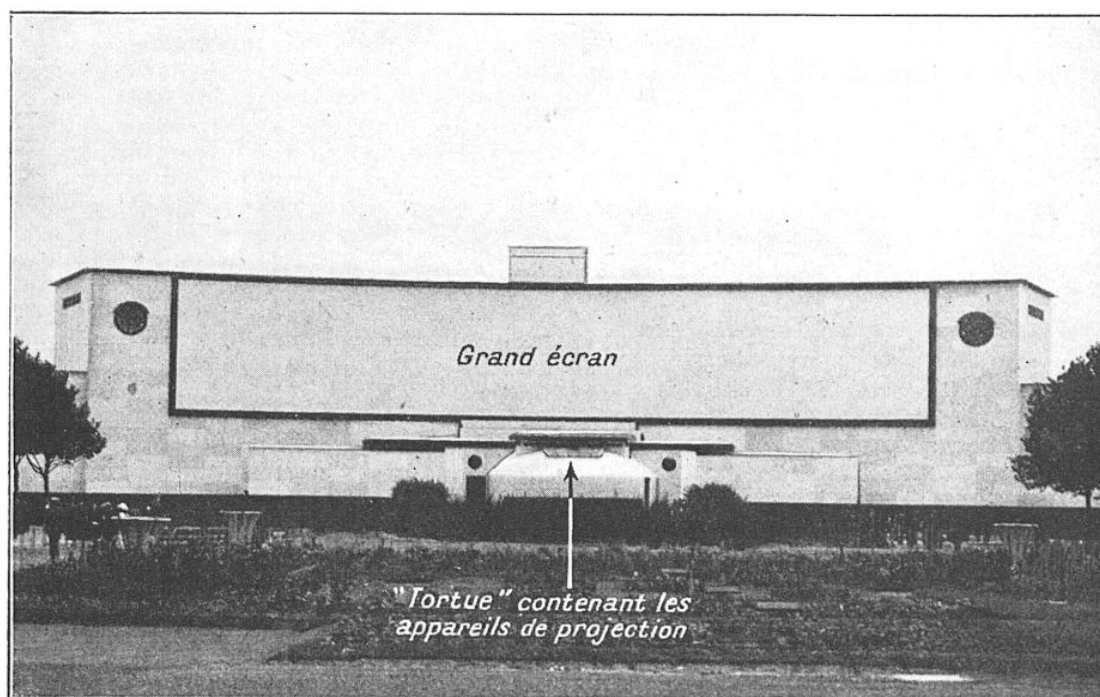


FIG. 6. — LE GRAND ÉCRAN DU PAVILLON DE LA LUMIÈRE A L'EXPOSITION 1937

*Large de 60 mètres, haut de 10, cet écran géant sert à la projection de films panoramiques issus de deux appareils synchronisés munis d'objectifs spéciaux à foyer variable appelés « hypergonar ». Bien entendu, les films utilisés ont été impressionnés en synchronisme par des caméras munies d'objectifs appropriés.*

### La tireuse automatique de précision, triomphe de l'industrie française

La tireuse fonctionne en lumière rouge. On place une bobine, débitrice, de film vierge. Ce film passe devant une fenêtre, devant laquelle il est en contact, émulsion contre émulsion, avec le négatif-images ou la « lavande », puis devant une seconde fenêtre devant laquelle il passe dans les mêmes conditions en contact avec le négatif-son. Des repères sont tracés sur les deux négatifs, pour que le *départ* de chacune des deux bandes se trouve décalé de 19 images sur le film vierge. Ces repères de départ sont placés devant des témoins gravés sur

part la lampe à incandescence éclairant le négatif et, d'autre part, le courant d'accumulateurs agissant sur la lampe de son. Tirés par des griffes en acier nitruré, le négatif-images et la pellicule vierge passent devant la fenêtre lumineuse et le film vierge est impressionné, image par image, d'un mouvement saccadé, avec obturation de la lumière pendant le mouvement des films. Par contre, le passage devant la fenêtre du son est continu, rigoureusement équilibré par un lourd volant. La bande pilote se déroule vingt fois moins vite que le négatif. S'il survient un changement de lumière elle déclenche à nouveau les bandes d lumière et automatiquement les lampes

modifient leur rayonnement. Si un titre doit apparaître, la bande-pilote détermine un nouveau contact électrique, qui fait avancer d'une image la bande des sous-titres et la place entre la lampe des images et le négatif, dans le champ d'un dispositif optique qui reproduit exactement le cadre du film sous-titres dans la fenêtre d'impression des images. Quand le sous-titre doit disparaître, la bande-pilote lance un nouveau courant qui fait avancer la bande d'une image et qui la déplace perpendiculairement à l'axe optique du dispositif d'impression. De la sorte, les granulations ou poussières pouvant affecter la surface de la bande sous-titres, n'étant plus au point dans la fenêtre-images ne peuvent altérer la qualité de la photographie. Quand toute la bobine est passée, la tireuse s'arrête automatiquement. Construite avec un soin extrême, cette belle machine débite environ 750 m à l'heure.

### **La technique nouvelle du cinéma panoramique sur l'écran géant de 60 mètres de large**

Une fois développée, la copie est prête pour la projection.

Le Pavillon du Cinéma nous montre une cabine modèle, équipée de deux appareils de projection sonore, avec leurs amplificateurs et leurs lanternes à arc (les plus puissantes atteignent une consommation de 250 ampères), leurs dispositifs de protection contre l'incendie et leurs accessoires : réenrouleuse, colleuse, réparatrice de perforations.

Nous ne reviendrons pas plus sur la question des salles que sur celle des studios, nos lecteurs ayant déjà parcouru avec nous quelques cités du cinéma (1) et visité plusieurs salles très modernes (2).

Mais il est un autre coin de l'Exposition où les amateurs de technique cinématographique trouveront une attraction digne de les intéresser. Il s'agit de l'écran géant installé sur le mur concave du Pavillon de la Lumière et des appareils spéciaux qui permettent une projection atteignant 60 m de large et 10 m de haut.

Cet écran est revêtu d'un enduit spécial extra-lumineux dans lequel sont incorporées de minuscules perles de verre, projetées au pistolet. C'est évidemment un procédé assez onéreux, mais dont le rendement lumineux est considérable. On s'en convaincra quand nous aurons dit que les appareils sont à 40 m de l'écran, ce qui serait déjà joli

dans une salle obscure, mais qui, en plein air, devient un record, si l'on veut bien considérer que l'ambiance lumineuse de l'Exposition ne favorise pas particulièrement une projection à grande distance et de grande surface.

Les dimensions de l'image projetée varient d'ailleurs de façon saisissante entre les proportions classiques de 10 m sur 12, écran normal, et celles de 60 sur 10 qui sont absolument inhabituelles. Il s'agit là de cinéma panoramique, et c'est une réalisation du professeur Chrétien, auquel nous sommes déjà redevables de certains télescopes spéciaux (1), de l'« hypergonar », c'est-à-dire de l'objectif à foyer variable qui permet à certaines salles de cinéma de tripler à volonté les dimensions de leur écran, sans modification de l'appareil de projection ni du film, et, enfin, des dispositifs optiques qui autorisent l'anamorphose des pistes sonores, dans la copie des films en format réduit (2). C'est un procédé analogue qui est utilisé à l'Exposition, la projection sur le grand écran étant assurée par deux projecteurs synchronisés couvrant chacun une surface de 30 m sur 10. Il apparaît tout de suite que ces dimensions de 30 m sur 10 ne correspondent en aucune façon aux proportions entre les côtés de l'image photographique qui est presque carrée. Il y a donc dans ce procédé une sorte d'éirement horizontal de l'image, en tout point analogue à l'anamorphose des pistes sonores qui, reproduites, conservent leur largeur, mais sont réduites de moitié en longueur. Du côté de la projection, il est donc bien évident que le professeur Chrétien a simplement appliqué à ce problème particulier les mêmes principes qui lui avaient permis l'anamorphose des pistes sonores.

A la prise de vues on utilise deux cameras synchronisées, munies d'objectifs spéciaux qui, tout en conservant la hauteur relative des images, réduisent considérablement leur largeur apparente. A la projection, l'objectif spécial leur rend le rapport correct entre hauteur et largeur.

A l'Exposition, la démonstration est faite avec deux appareils, mais il serait facile d'envisager un rendement intéressant avec un seul, puisque, déjà, une image de 10 m sur 30 constituerait un rapport de hauteur à largeur infiniment plus considérable que le rectangle presque carré de l'écran normal. L'impression de panorama deviendrait, en salle close, tout à fait saisissante.

PIERRE KESZLER.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 232, page 313.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 228, page 480.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 229, page 347.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 219, page 242.



## A PROPOS DE LA RÉCENTE CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES GRANDS RÉSEAUX

### COMMENT SE PRÉSENTE EN 1937 LE PROBLÈME DE LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DANS LE MONDE

Par Charles BRACHET

*La « liaison » indispensable entre usines hydrauliques et usines « thermiques » productrices d'énergie électrique, d'une part, et les centres de consommation, d'autre part, qui sont souvent fort éloignés des lieux de production, est maintenant assurée par les grandes artères à très haute tension (jusqu'à 220 000 V en France). Celles-ci ont, comme l'on sait, pour mission non seulement de transporter économiquement cette marchandise impondérable que constitue l'énergie électrique, mais encore, grâce à l'interconnexion des réseaux, de répartir au gré de la « demande » (souvent irrégulière suivant les exigences de l'heure, du jour et de la saison) la « charge » entre les différents producteurs, en tenant compte des possibilités de chacun d'eux. Tous les deux ans se réunit à Paris une Conférence internationale — dont La Science et la Vie analyse les travaux — où les techniciens de tous pays parmi les plus qualifiés viennent d'Europe et d'Amérique exposer les résultats de leur expérience, discuter l'application des solutions neuves, envisager ces problèmes si variés et si complexes que pose le transport et la distribution de l'énergie électrique dans le monde. Interconnexion des réseaux (France et étranger), emploi des câbles souterrains à très haute tension à pression d'huile et de gaz, élimination des surtensions, protection contre les décharges atmosphériques, telles sont les principales questions qui ont été abordées au cours de la Conférence internationale des grands réseaux de 1937. Voici, du point de vue synthétique, ce que nous devons en retenir.*

**Q**UAND les plus éminents électriciens d'Europe se réunissent à Paris tous les deux ans, pour tirer de leurs études en commun les enseignements dont il convient de faire bénéficier les « grands réseaux à haute tension », c'est tout un monde qui s'ouvre à l'esprit de l'auditeur averti. La Conférence qui s'est tenue en juillet dernier n'a pas manqué de renouveler, dans le même émerveillement, notre connaissance du transport de l'énergie électrique.

#### **L'harmonieux travail d'un « grand réseau »**

La « haute tension », ce mot résume tout l'effort des machines, toute la difficulté que présentent la manipulation et la distribution de l'impondérable et coûteuse — donc précieuse — marchandise qu'elles produisent. Il résume également l'effort des techniciens. D'autant que les tensions élevées ne sont qu'un moyen. La tension électrique est le facteur principal de l'extension géogra-

phique de ces réseaux géants qui visent à couvrir le territoire total d'un pays sous la même manette de commande, sous la baguette, faudrait-il dire, du même « chef d'orchestre ». Du reste, ce dernier terme est bien celui dont on désigne techniquement le chef du bureau central de « dispatching » (1).

L'œil sur les tableaux qui lui indiquent à tout instant la charge des différentes lignes, les accidents éventuels dont elles viennent à pâtir, soit dans leurs nerfs, les câbles, soit dans leurs ganglions, les alternateurs, le chef d'orchestre doit interpréter, à la fois, les « nuances », les « modulations » du travail général et parer à ses « couacs ».

Il lui faut d'abord maintenir l'accord parfait, je veux dire le « synchronisme » du rythme unique suivant lequel travaillent tous les éléments du réseau, sans aucune exception : ce rythme, c'est la « fréquence » standard (50 périodes). Il ne doit jamais se

(1) Voir *La Science et la Vie* n° 188, page 133.

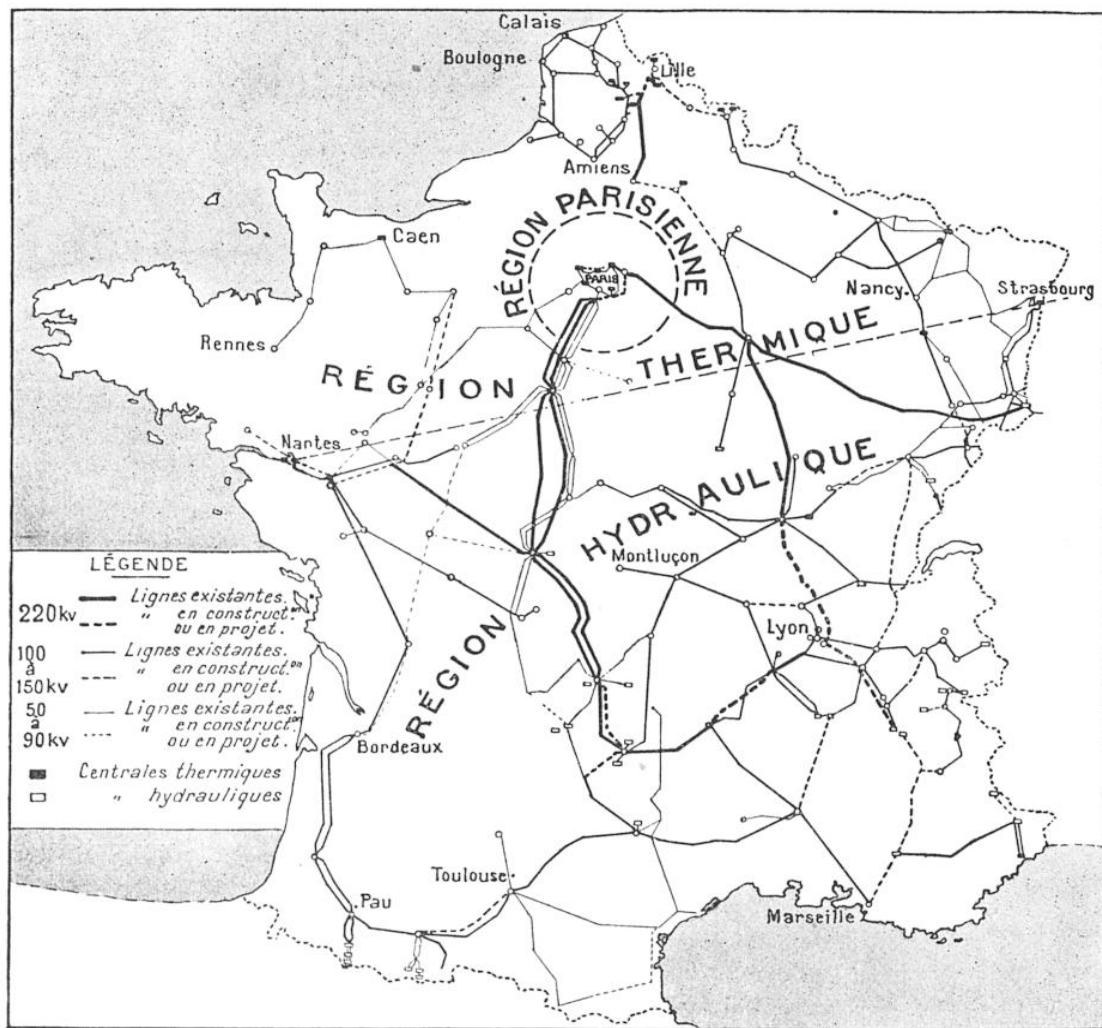


FIG. 1. — LE RÉSEAU FRANÇAIS D'INTERCONNEXION EN 1937

Presque toutes les centrales thermiques, situées au voisinage des mines ou dans la région parisienne, se trouvent au nord d'une ligne tirée de Nantes à Strasbourg. Au sud, se rencontrent les centrales hydro-électriques. Mais les régimes hydrologiques des différents massifs montagneux sont loin d'être semblables. Les Alpes et les Pyrénées ressortissent du régime dit « glaciaire », (abondance d'eau en été) tandis que le Massif Central appartient essentiellement au régime pluvial (abondance d'eau en hiver.)

« déphaser » d'une ligne à l'autre — sans quoi la collaboration des éléments se transformerait en bataille.

De plus, les intensités de la production et de la demande doivent s'harmoniser de façon que l'effort soit également réparti dans toutes les directions du réseau. Il ne suffit pas aux machines de marcher au même pas, il leur faut encore tirer ensemble. Or, la consommation se révèle toujours plus ou moins capricieuse.

Mais si elle est flottante en détail, la consommation de courant se révèle singu-

lièrement ordonnée quand on la prend en bloc, sur l'ensemble du territoire. Elle apparaît alors en une courbe, sinueuse en fonction de la saison, du jour, de l'heure. Mais la périodicité la plus complexe n'effraie jamais le technicien, pourvu qu'elle soit certaine. Il sait en extraire les harmoniques. Et de cette interprétation résulte le devis du travail d'ensemble et le calcul des réserves hydrauliques qu'il faut accumuler dans les barrages, comme la prévision des stocks de charbon qu'il convient de réserver aux centrales thermiques.



### Où en est la France ?

Un rapport de M. Vignes, ingénieur à l'Energie électrique du Rhin, nous offre, sur notre propre pays, le plus bel exemple qui soit de l'harmonie d'un grand réseau national.

La carte des lignes de transport de l'énergie électrique française montre ces lignes groupées en un certain nombre de réseaux régionaux qui, par l'intermédiaire d'artères de transport de grande capacité, tendent de plus en plus à se souder entre eux. Depuis 1936, l'interconnexion générale du réseau français est pratiquement réalisée. Le Nord, les Alpes, le Rhin, les Pyrénées ont rejoint Paris à la façon dont les nerfs d'un même corps rejoignent le cerveau.

Notre pays a donc suivi l'évolution générale vers la concentration. Toutefois, chaque territoire national ayant son visage propre, l'interconnexion de l'énergie électrique rencontre, en France, des problèmes très particuliers.

On peut diviser la France en deux zones par une frontière idéale allant de Strasbourg à Nantes. La zone nord ainsi délimitée est alimentée par centrales thermiques ; la zone sud, par centrales hydrauliques. Mais la zone sud, à son tour, comporte le Plateau Central où l'énergie se retire de « l'eau de pluie », tandis que les régions périphériques (Alpes et Pyrénées) extraient la leur des neiges et des glaciers. La première espèce d'énergie hydraulique donne son maximum en hiver, la seconde en été. La compensation est donc merveilleusement préparée ici par la nature.

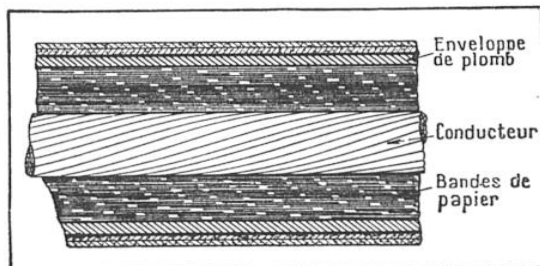


FIG. 2. — SECTION LONGITUDINALE D'UN CÂBLE A REMPLISSAGE GAZEUX

Ce câble comprend un conducteur toronné et protégé par un écran ; l'isolement est assuré par des bandes de papier soumises à une imprégnation préalable et appliquées dans l'air, au-dessus desquelles est posé un écran métallique. Enfin viennent l'enveloppe de plomb et les feuillards métalliques. Des espaces libres sont réservés entre les enroulements voisins des bandes de papier posées en hélice. Lorsque le câble est complètement terminé, il est rempli d'azote sec sous pression.

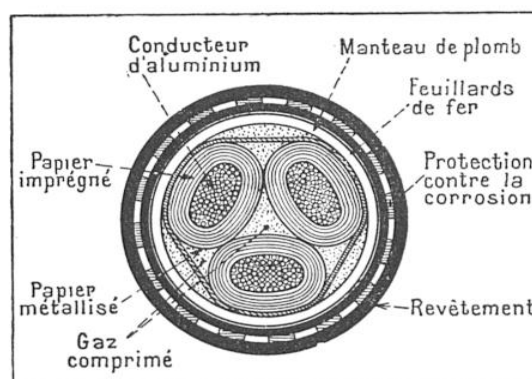


FIG. 3. — COUPE D'UN CÂBLE TRIPHASE A 33 000 VOLTS SOUS PRESSION DE GAZ

Les espaces libres entre les conducteurs jouent le rôle de réservoirs de gaz comprimé entre 5 et 7 atmosphères. Dans le modèle de câble représenté schématiquement ci-dessus, ce gaz peut être de l'air.

La zone de production thermique se décompose à son tour.

La région minière du Nord est nourrie, tout naturellement, par le charbon (souvent intransportable de par sa qualité) qui passe sans frais du carreau de la mine aux foyers de la centrale. Le bassin sidérurgique de Lorraine, le plus important de l'Europe, transforme, non moins rationnellement, en électricité le gaz de ses hauts fourneaux et de ses fours à coke. Une troisième région, celle de Paris, est enfin obligée d'avoir à sa disposition immédiate de grandes centrales thermiques en banlieue. L'économie de transport du courant veut qu'il en soit ainsi, étant donné la quantité consommée.

Le centre directeur de la consommation devient ainsi le volant régulateur de la production. Les nerfs moteurs et les sensitifs se sont noués au même centre.

La boucle se trouve donc actuellement parfaitement fermée. Il n'est plus que de la perfectionner.

M. Vignes nous expose les soins apportés au réglage des tensions, des « puissances actives et réactives » (nous avons déjà exposé ce problème qui consiste à réduire au minimum la perte des transformateurs travaillant « à vide »). Le volume de l'énergie échangée entre les grandes divisions du réseau national que nous venons de décrire a exigé l'unification des couplages de transformation. Les défauts accidentels sont sélectionnés et localisés. Les télécommunications par « ondes » portent les messages téléphoniques de service, sur le câble de ligne.



Les conséquences de l'interconnexion ainsi généralisée sont énormes : les conditions d'alimentation du territoire et tout le marché de l'électricité se trouvent réellement transformés, de ce fait, dans notre pays.

Désormais, on ne saurait donc prévoir de problèmes techniques nouveaux. La tension de 220 000 V (Eguzon, Chevilly) ne sera pas dépassée (1). Les inconvénients d'un tel dépassement seraient plus grands que ses avantages.

### **Les câbles souterrains à haute tension peuvent atteindre 200 000 volts**

L'usage industriel des hautes tensions est analogue à celui des hautes pressions dans les chaudières à vapeur. Les unes et les autres tendent à se stabiliser sur un palier économique, qui paraît atteint.

Sans doute, on pourrait utiliser des lignes à 300 000 et 400 000 V : mais il suffit de lire les rapports des spécialistes pour comprendre quelle difficultés apporteraient ces voltages à l'établissement des câbles, des pylônes, des isolateurs, des transformateurs et de leurs disjoncteurs. Les ingénieurs ont déjà bien assez de fil à retordre avec les 220 000 V de service.

Ne parlons pas des lignes aériennes très souvent décrites ici. Insistons par contre sur les lignes souterraines que les conditions d'exploitations urbaines développeront de plus en plus. Au voisinage des aérodromes, les lignes aériennes sur pylônes sont d'ailleurs inadmissibles. Et les aéroports deviendront aussi nombreux que les gares du chemin de fer.

Il y a quelques années, on ne songeait guère à dépasser 60 kilovolts de tension dans ce genre de conduites. Et les matériaux diélectriques utilisés pour l'isolement du câble, qui devaient être soignés à l'extrême, restaient solides quoique souples. Mais voici que le conducteur souterrain modernisé est devenu un tube étanche dans lequel circule comme isolant, soit de l'huile, soit du gaz sous pression — une pression qui atteint, dans le devis des spécialistes à l'étude, jusqu'à 22 kg par cm<sup>2</sup>. Le cylindre conducteur de l'électricité devient ainsi l'émule de la conduite forcée hydraulique, en même temps que celui de la chaudière.

Les motifs d'une telle métamorphose reviennent toujours au maître mot, la « haute tension ».

D'abord le conducteur souterrain de haute tension exige qu'il soit entouré d'un « écran » métallique qui concentre, pour ainsi dire, le

champ électrique de son âme de cuivre (champ dirigé suivant les rayons divergents du cylindre). La gaine de plomb représente cet écran. On la consolide avec des feuillards *enroulés en hélice*. Ensuite, à l'intérieur même du cylindre, il faut arrêter les « effluves » d'ionisation qui rayonnent proportionnellement à la tension dans la même direction que le « champ ». C'est l'office du diélectrique isolant. Souple (quelles que soient la gomme utilisée et la qualité du papier qu'on lui offre comme support), l'isolant ainsi constitué n'est jamais homogène : il y faudrait le même verre — très étudié — qui sert à fabriquer les isolateurs des pylônes, dans les lignes aériennes. Le défaut d'homogénéité se traduit par des fuites par « ionisation » de l'air contenu dans les interstices. Comment tourner la difficulté?

C'est à l'huile, isolant adopté dans les cuves des transformateurs, que l'on s'adresse tout d'abord. L'huile imprègne toute l'armature souple dont s'entoure l'âme du câble. Sous pression, la moindre bulle d'air se voit chassée par elle. C'est ainsi que les câbles à remplissage d'huile ont pris place dans les canalisations électriques souterraines. On conçoit la complication. Il faut annexer au câble un service d'injection qui, de place en place, assure la permanence de la pression. Et les « boîtes de jonction » d'un tel câble — car ces gros conducteurs se dévident, à l'installation, par bobines forcément limitées en longueur — deviennent aussi onéreuses que minutieuses à établir.

Mais, nous le savons, il est un autre moyen de combattre les effluves d'ionisation. Les molécules gazeuses s'électrisent (*s'ionisent*) d'autant plus aisément que la pression du milieu gazeux ambiant est plus faible. Si l'on comprime ce milieu, l'effluve trouve donc un barrage dans la pression. C'est ainsi qu'ont pris naissance les transformateurs à gaz sous pression. Les câbles souterrains commencent à adopter le même isolant idéal : l'air *sec* très comprimé. S'il porte 220 000 V, le câble à remplissage gazeux devra supporter 22 kg au cm<sup>2</sup> de pression. Naturellement, les câbles de 30 000 V se contenteront de bien moins (2 kg au cm<sup>2</sup>). A cette faible tension, le remplissage gazeux apparaît économique. A la tension de 220 000 V, il l'est déjà théoriquement. Il le deviendra pratiquement.

### **Les surtensions, leur étude, leur surveillance**

Si la « haute tension » une fois installée se tenait sagement dans les cadres techniques

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



dont les techniciens l'ont harnachée, le réseau fonctionnerait comme une horloge. Mais cette horloge, ultra-délicate, est une machine au travail. Et le travail, santé de l'homme, se traduit, pour les machines, par l'usure.

Un câble *vieillit*, de par son travail mécanique s'il est tendu sur pylônes, de par les attaques chimiques qui le guettent, de par les variations de température auxquelles il est soumis. Nos câbles sous pression travaillent à 70° C.

Un isolant *vieillit*, car cet effort statique qui consiste à supporter une tension s'adresse aux molécules mêmes de sa matière.

Un isolement qui « claque », c'est une « onde » de surtension qui se déclenche et envahit tout le réseau. La surtension provoquée est d'autant plus grande que la corde était plus tendue.

Il s'ensuit deux conséquences techniques capitales : il faut d'abord que l'on puisse surveiller avec précision le vieillissement des matériaux et des appareils et qu'on dispose, en outre, des protections automatiques contre l'accident que la plus active surveillance n'aura pas pu éviter. C'est pourquoi les *appareils de mesure* ont pris une telle importance en électrotechnique. Ils ne diffèrent pas des montages les plus savants dont se servent les laboratoires. Ils leur sont même supérieurs en ce sens qu'un « oscillographe cathodique », par exemple, lorsqu'il passe du laboratoire à la pratique industrielle courante, doit aussi s'industrialiser.

Il faut que ses indications soient immédiatement lisibles par l'opérateur et que celui-ci puisse le transporter le long du réseau, comme un arpenteur transporte un théodolite.

Les ondes de surtension courent dans un réseau à l'état quasi permanent. De même qu'il se produit, en permanence, 1 800 éclairs par minute dans l'atmosphère terrestre prise dans son ensemble, de même chaque enclenchement ou déclenchement d'un appareil d'utilisation, une locomotive ou un laminoir qui démarre, un disjoncteur qui joue, lancent des ondes qu'il faut absorber. C'est le frémissement normal des lignes.

Nous n'entrerons pas dans le détail, trop complexe, des travaux concourant à la protection normale ou à l'isolement automatique et rapide des défauts sur les réseaux.

Cette revue a décrit les laboratoires spéciaux dans lesquels on provoque artificiellement les « chocs », afin d'étudier les dispositifs de protection.

Nous nous contenterons de suivre M. Dauzère dans l'étude de cette surtension exceptionnelle qui menace constamment les

grands réseaux de distribution d'énergie et qui ne dépend que du ciel, la foudre.

### Etude expérimentale de la foudre

Et d'abord, les propriétés de « décharges artificielles » éclatant entre des électrodes sont-elles de même nature que la décharge de la foudre?

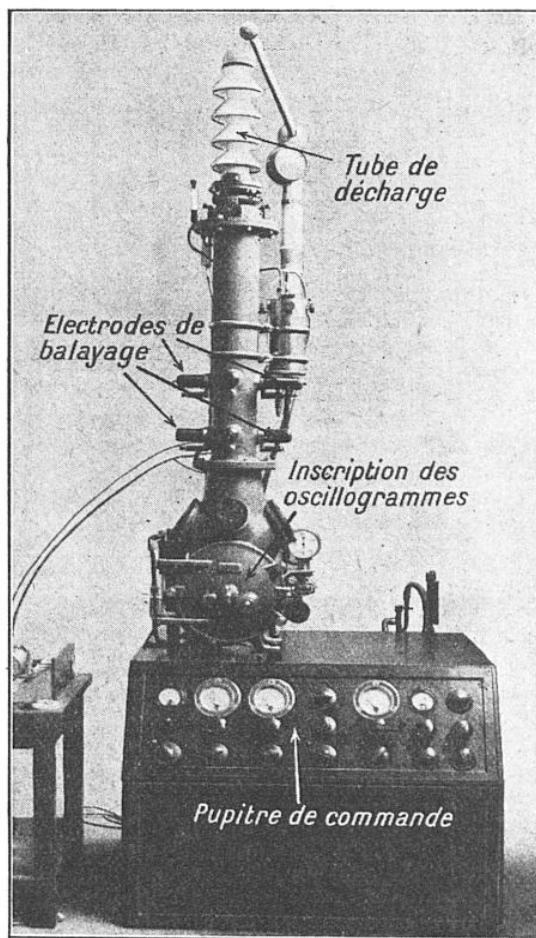


FIG. 4. — OSCILLOGRAPHE CATHODIQUE INSTALLÉ AU LABORATOIRE D'ÉTUDES DE M. ANGELINI, A TURIN (ITALIE)

*Cet appareil permet l'étude des phénomènes transitoires dont l'allure est très rapide, tels que les perturbations atmosphériques, le comportement des lignes et des isolants des machines sous l'action des surtensions d'origine externe (foudre) ou interne (déclenchement d'interrupteurs, arcs à la terre, courts-circuits, etc.)*

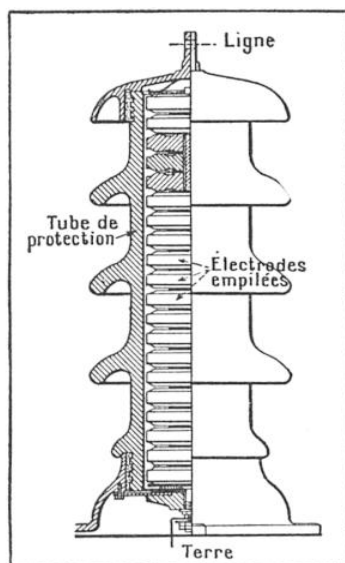


FIG. 5. — COUPE D'UN PARAFoudre LS A HAUTE TENSION

Ce parafoudre est constitué par un empilage d'électrodes en un matériau semi-conducteur, le « carbosial », et dont le nombre et la section dépendent de la tension de service. Lorsque la tension entre deux électrodes atteint la valeur critique, des arcs s'amorcent comme le montre la figure 6.

ment, se déchargent en un *chapelet* d'étincelles élémentaires dont le parcours peut atteindre des dizaines de kilomètres. Chaque décharge élémentaire durerait 30 microsecondes (30 *millionièmes* de seconde). Comment, dans ces conditions, assigner même un *sens de parcours* à l'éclair? Nous avons vu ici (1) que les « éclairs » forment une arborescence, généralement dirigée du ciel où le tronc s'implante dans le nuage vers la terre; mais il y a des arborescences inverses qui montrent l'éclair remontant du sol vers le nuage. La *polarité* du coup de foudre atteignant le sol n'est donc pas certaine.

Des expérimentateurs sud-africains, Schonland et Collens, ont réussi, par la photographie stéréoscopique, composée d'une rotation rapide du double objectif, à dissocier l'éclair en ses éléments, à le « polariser » et à calculer sa vitesse de propagation.

Le « coup de foudre » au sol prend alors un singulier aspect. Les décharges élémentaires sont oscillantes, mais elles suivent

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 171, page 200

Dans l'un et l'autre cas, « l'étincelle » transporte des « ions », c'est-à-dire des charges électriques fixées à des molécules gazeuses. Mais, tandis que le « champ électrique » est nul à l'intérieur d'une électrode métallique, il est loin d'en être ainsi à l'intérieur des nuages « entre lesquels » la foudre éclate. A l'intérieur d'un nuage les ions se forment par brassage de l'air, s'accroissent en charges de signes opposés et, brusque-

ment, se déchargent en une *flèche-guide* (*leader stroke*) dirigée vers le bas. En arrivant au sol, une *décharge principale* plus intense se forme, dirigée vers le haut en forme de flamme. La « flèche-guide » se propage à raison de 7 000 km par seconde; la « décharge principale », à raison de 38 000 km/s. La première transporte vers le sol des ions négatifs. La seconde transporte des ions positifs vers le nuage.

Quant aux points de chute de la foudre (question de premier intérêt pour les réseaux aériens), ils sont déterminés en tant qu'aboutissement de la ligne de plus grande *conductivité électrique* que suit nécessairement la décharge atmosphérique à travers l'air atmosphérique.

M. Dauzère a observé que dans les lieux fréquemment foudroyés la conductibilité pour les ions négatifs présente d'ordinaire une valeur plus grande que la conductibilité pour les ions positifs.

Des expériences méthodiquement conduites, dans ce sens, ont mis en évidence le rôle important de l'ionisation des couches d'air voisines du sol. Il s'ensuit, et la vérification en a été faite, que la foudre tombe de préférence sur les lieux où existe, dans le sol, une masse plus grande qu'ailleurs de matières radioactives; certains granits communs relèvent de ce cas, de même que les lieux d'émergence de sources profondes (même présentement tarées). Les alluvions, les calcaires compacts (non fissurés par des failles profondes) sont au

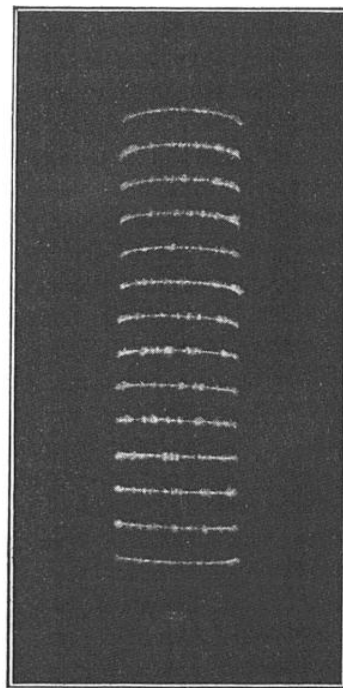


FIG. 6. — UN PARAFoudre LS ÉCOULANT UNE DÉCHARGE

Cette photographie met en évidence la répartition régulière des arcs élémentaires entre les électrodes de « carbosial ». La décharge ci-dessus est celle d'un courant de choc de 2 000 A pendant 30 microsecondes à travers un parafoudre à 15 000 V.



contraire peu visités par la foudre. Ainsi, voilà les géologues appelés à l'aide des électrotechniciens dans le tracé des lignes et l'implantation des pylônes.

Quant aux variations de tension et à l'intensité que représente un coup de foudre, C.-T.-R. Wilson évalue à 300 000 V par mètre courant le gradient du « potentiel explosif » que doit vaincre l'éclair pour franchir la distance séparant le nuage du sol. Si le nuage est à 2 km d'altitude, l'éclair évolue donc sous une tension « aux bornes », de un milliard de volts.

La quantité moyenne d'électricité transportée par un éclair est de 20 coulombs. Si nous appliquons le coefficient de « durée de transport » à cette quantité « électrostatique » nous avons, *ipso facto*, l'intensité de l'éclair en ampères, soit : entre 50 000 et 100 000 A.

Et cela fait une « énergie transportée »

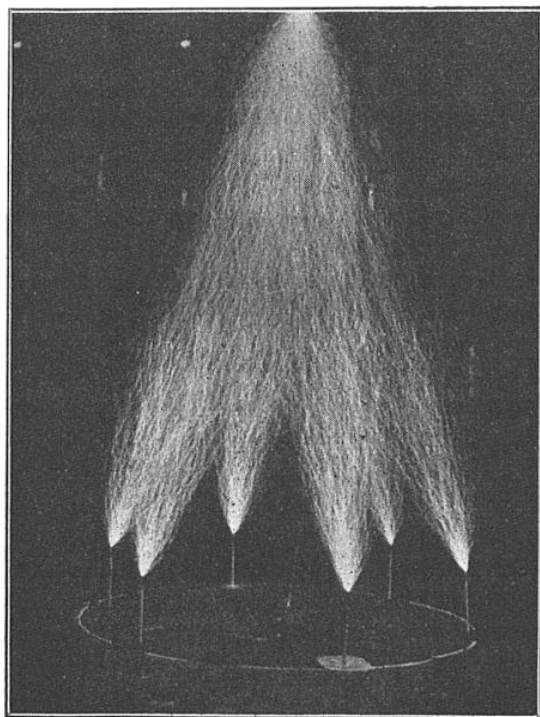


FIG. 7. — LES PARAFOUDRES A TIGES MULTIPLES ASSURENT UNE PROTECTION EFFICACE DE LA ZONE QU'ILS DÉLIMITENT

Cette curieuse expérience, réalisée au laboratoire des surtensions de l'Institut Electrotechnique de l'U. R. S. S., montre que, sur 1 000 décharges enregistrées photographiquement, un seul foudroisement a atteint le plan protégé par six parafoudres répartis régulièrement et symétriquement par rapport à la position de l'électrode centrale.

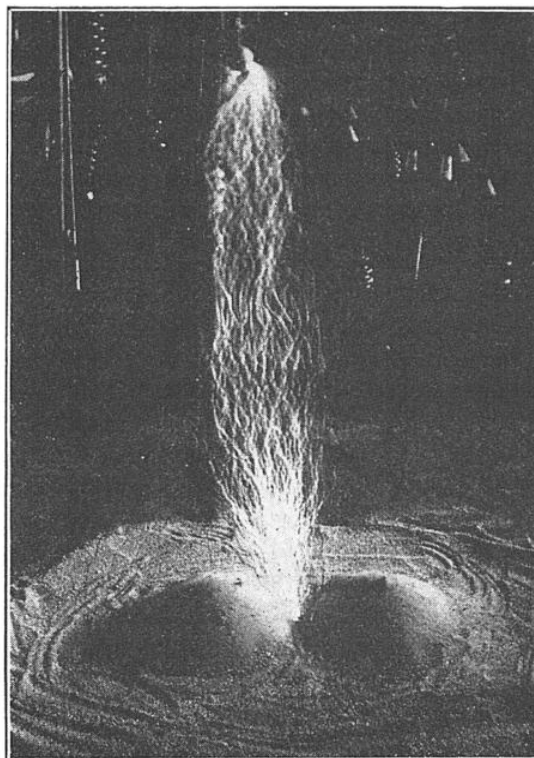


FIG. 8. — EXEMPLE DE FOUDROIEMENT « SÉLECTIF » OBTENU AU LABORATOIRE DE L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE DE L'U.R.S.S.

Au lieu de frapper le sommet des collines, la foudre aboutit dans un col par suite de la présence dans le sous-sol d'une couche de terre conductrice qui affleure au col. Dans la nature, le facteur déterminant du foudroisement sélectif pourrait être une veine d'eau souterraine non apparente ou une couche d'argile de conductivité élevée.

variant de un à dix milliards de joules.

Ainsi ramené à un « courant » électrique, l'éclair doit, en conséquence, développer un champ magnétique, d'induction. On sait d'ailleurs que ce champ dérègle les boussoles sur un navire touché par la foudre et que les pièces d'acier sont désaimantées par la foudre. Par contre, certaines roches renfermant de la magnétite, tel les basaltes, sont aimantées par la foudre.

Pour obtenir dans la pratique une mesure quelque peu précise du champ magnétique de la foudre, il s'est trouvé des expérimentateurs assez habiles pour offrir à la foudre des éprouvettes d'acier étalonnées qui ont été « foudroyées » et dont le magnétisme rémanent a fourni, après coup, les données numériques convoitées. Elles confirment les chiffres précédents.



### Les mesures de protection rivalisent également de virtuosité

Connaissant avec précision cet ennemi, ce concurrent qu'est la foudre, l'électricien est mieux armé pour l'attendre de pied ferme.

Il sait que la résistance à la base des pylônes métalliques exerce une très grande influence sur l'amorçage des arcs le long des

ture même des lignes de transmission. Ils aboutissent aux curieuses formes de pylônes que montre la photographie ci-dessous.

Les dérivations classiques de la surtension par des chemins de moindre résistance, préparés d'avance sur le parcours de ligne, demeurent en faveur et se perfectionnent. Nous n'y insisterons pas plus longuement dans cette revue rapide.

Voici, pour terminer, le plus inattendu

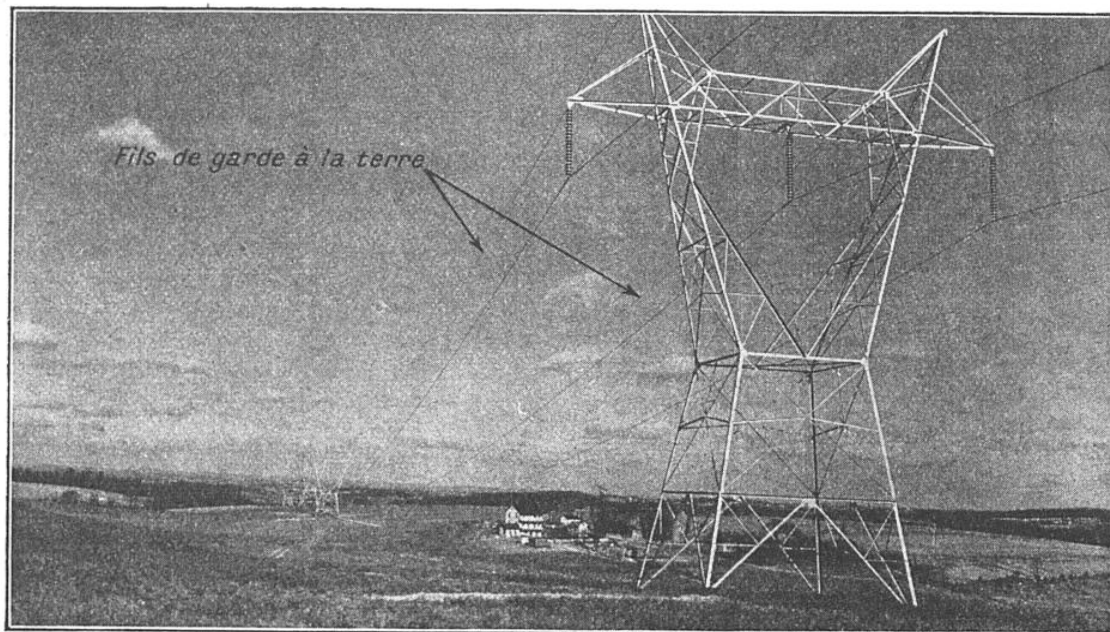


FIG. 9. — PYLONE DE SUSPENSION DE LA LIGNE AÉRIENNE A 230 000 VOLTS QUI RELIE LA CENTRALE DE SAFE HARBOUR AUX VILLES DE BALTIMORE ET WASHINGTON, AUX ÉTATS-UNIS. Cette ligne a une longueur de 147 km et sa protection contre la foudre a été spécialement étudiée. C'est ainsi que des fils de garde à la terre, placés très haut au-dessus des conducteurs, constituent un écran efficace pour la protection contre les coups de foudre directs. Les isolateurs de ligne sont formés par des chaînes de vingt éléments. Pour réduire la résistance de terre des pylônes, des contrepoids électriques (mises à la terre de grande surface judicieusement aménagées) ont été prévus. Depuis 1931, date de sa mise en service, cette ligne n'a subi qu'une seule interruption de deux minutes causée par la foudre.

isolateurs. Le pylône lui-même devient un « résonateur » pour l'onde de surtension qu'apporte la foudre. Le pylône métallique sera construit en conséquence.

La ligne, manchonnée d'enregistreurs magnétiques, suivant la technique dont nous venons de parler, accuse de son côté les courants dus à la foudre. Autant de mesures instructives utilisées par la suite pour améliorer progressivement la protection contre les décharges atmosphériques.

Mais, du point de vue pratique, il s'agit d'établir le meilleur « paratonnerre » de protection. Certains techniciens américains ont recherché cette protection dans la struc-

ture des « coups de foudre ». C'est celui qui peut frapper les hommes ou les animaux des champs dans un rayon considérable autour d'électrodes mises à la terre simplement pour dériver les surtensions accidentelles de la ligne.

Des techniciens britanniques ont été conduits à étudier les formes de sécurité qu'il faut donner à ces électrodes enfouies, en fonction de la nature du sol.

L'imitation de l'électricité naturelle par l'industrie humaine en mal de « haute tension » en est arrivée jusque là, d'avoir à se considérer comme dangereuse à l'égal de Jupiter tonnant. CHARLES BRACHET.



1937 : ANNÉE DE L'EXPOSITION DES TECHNIQUES, A PARIS

## LA SCIENCE DE L'HÉRÉDITÉ — GÉNÉTIQUE — CRÉE A SON GRÉ DES RACES DE VERS A SOIE

Par Victor JOUGLA

*Les lecteurs de La Science et la Vie connaissent bien (1) la loi de « disjonction des caractères héréditaires », qui est à la base même de la génétique, et qui a été découverte par Mendel en 1865. Mais c'est seulement depuis à peine un quart de siècle que la science de l'hérédité a obtenu droit de cité parmi les sciences exactes, et cela grâce surtout aux incomparables travaux du célèbre biologiste américain Thomas-Hunt Morgan consacrés à la mouche « drosophile ». La théorie des chromosomes (2) — ces éléments essentiels des noyaux cellulaires qui se retrouvent semblables dans toutes les cellules d'un même individu, quelle que soit leur différenciation suivant les organes — est aujourd'hui capable d'expliquer scientifiquement la répartition qualitative et quantitative des caractères héréditaires entre les individus appartenant à plusieurs générations successives. Ce sont, en effet, les chromosomes qui portent en eux les germes de ces caractères en instance de transmission aux descendants. Pour certaines espèces animales, on est même parvenu à déterminer l'emplacement exact, dans le chromosome, de tel ou tel « gène », représentant tel ou tel caractère en « puissance ». Compte tenu des facteurs de « dominance » qui font que, de deux caractères opposés représentés à la fois chez le même individu, l'un (dominant) apparaît seul, parce qu'il l'emporte sur l'autre (récessif), les éleveurs sont maintenant en mesure, par des croisements successifs appropriés, de faire apparaître, dans toute la descendance de certaines espèces, les caractères désirés dans toute leur pureté et de créer ainsi, par sélection, de véritables races nouvelles. Cette technique nouvelle, appliquée à la sélection des vers à soie à la station séricicole des Arcs (en Provence), a permis récemment, à la suite d'une patiente et méthodique expérimentation, de réunir dans les mêmes individus les qualités propres de deux races différentes, par exemple celle de la Chapelle (Cévennes) et celle d'Aojiku (Japon), et d'obtenir ainsi des cocons à la fois blancs, soyeux, très fournis et faciles à dévider. La sériciculture française, qui a su mettre en application sur le plan industriel et agricole ces lois fondamentales de la génétique, pourra ainsi soutenir plus aisément, sur le marché mondial, la concurrence des autres producteurs de soie naturelle (Japon, Chine, Italie, Grèce, Tchécoslovaquie, Turquie), grâce à l'exploitation rationnelle de races sélectionnées à haut rendement, parfaitement adaptées au climat particulier des provinces de notre pays où se pratique, de longue date, l'élevage précieux et minutieux des vers à soie.*

J'ai déjà exposé dans cette revue les éléments d'une science encore neuve, la génétique (3), qui, depuis un quart de siècle, sous l'impulsion de T.-H. Morgan, le célèbre biologiste américain, a développé les lois de l'hérédité avec une précision quasi géométrique. La génétique est une science exacte, dans laquelle les lois de Mendel jouent le même rôle que les postulats d'Euclide en géométrie. La comparaison est du professeur Blaringhem, l'un des plus éminents biologistes français.

Je voudrais montrer aujourd'hui comment la génétique est entrée dans l'application industrielle par les services qu'elle rend à ces biologistes spécialisés qui ont mission, dans nos stations séricicoles du Midi, de créer, de maintenir et de développer les meilleures races de vers à soie. Races dont la qualité aussi bien que le rendement quantitatif influencent évidemment une industrie de premier plan.

Deux problèmes se posent à la production séricicole : celui de la quantité et celui de la qualité.

La qualité « blanche », qui semblait naguère de second intérêt (les filateurs

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 221, page 359.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 221, page 361.

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

de la génération précédente comptant sur la teinture pour rectifier la couleur, jaune ou rose, des cocons récoltés), se trouve maintenant de plus en plus demandée sur le marché européen. Aussi bien, c'est dans l'obtention de ce caractère que M. Albert Rebouillon, directeur de la station séricicole des Arcs (Var), a obtenu les succès caractéristiques que nous allons mettre en évidence.

Mais, en ce qui nous concerne, c'est la méthode scientifique employée qui nous intéresse plus que la technique proprement dite. Nous sommes curieux seulement de surprendre l'« ingénieur agricole » — spécialisé dans cet élevage d'insectes tout comme il aurait pu l'être dans celui des végétaux — de le surprendre, disons-nous, en train d'appliquer à ses recherches pratiques les fameuses lois de Mendel exactement comme l'ingénieur chimiste applique dans sa fabrication (réactions chimiques) les formules atomiques tout idéales.

### Le principe de base de Mendel : qu'est-ce que la disjonction des caractères héréditaires ?

La loi fondamentale, découverte par Mendel en 1865 (redécouverte, en 1900, par Hugo de Vries), est fort simple : *Les caractères fournis par chacun des parents se séparent dans les cellules reproductrices (gamètes) du descendant, sans avoir eu aucune influence l'une sur l'autre.*

Telle est la loi de disjonction des caractères héréditaires.

Croisons, comme fit Mendel, un pois à graines jaunes et un pois à graines vertes : l'un des parents fournira, à l'hybride ainsi créé, le « caractère-unité » jaune et l'autre parent, le « caractère-unité » vert. Mais, si l'hybride vient à produire, à son tour, une génération nouvelle, celle-ci présentera autant de pois à graines jaunes que de pois à graines vertes.

On dirait que les caractères des « grands-parents », momentanément mélangés dans les cellules de leur première génération

( $F_1$ ), reprennent toute leur indépendance dans celles des petits-fils (deuxième génération  $F_2$ ).

— Comment, me direz-vous, peut-on, dans ces conditions, « croiser » utilement deux races en vue de les améliorer par fusion de leurs « qualités » respectives et, sans doute aussi, par élimination de leurs « défauts » ?

Puisque, à la seconde génération ( $F_2$ ), les qualités et les défauts vont reprendre leur indépendance chez les individus procréés, tout sera donc à recommencer pour l'éleveur dont la fonction est de multiplier la famille indéfiniment.

La difficulté serait insoluble si l'on ne devait précisément compléter la loi mendélienne comme il suit : *les caractères transmis*

*par les parents n'ont pas tous la même fixité : les uns sont « dominants », les autres « récessifs », les premiers tendant à effacer les seconds au cours d'une procréation continue.*

L'exemple classique est celui du caractère « coloration

des yeux » chez la mouche du vinaigre, *Drosophila melanogaster*, rendue célèbre par les travaux de Morgan et de son équipe. Si l'on croise deux individus possédant l'un les yeux rouges, l'autre les yeux blancs, leurs petits-enfants auront les « yeux rouges » dans la proportion de trois contre un « yeux blancs ». On dit que le caractère rouge domine le caractère blanc. Celui-ci est récessif.

Mais encore, sur les trois enfants « yeux rouges » l'un d'eux possédera ce caractère d'une manière absolument pure et le transmettra à ses propres descendants en toute certitude, tandis que les deux autres risqueront de voir renaître le caractère « yeux blancs » à travers leur propre descendance. On dit que cet enfant est « homozygote » pour « yeux rouges », tandis que ses frères sont « hétérozygotes » pour ce même caractère.

### La théorie des chromosomes

Les faits précédents s'expliquent (géométriquement, j'y insiste) dans la théorie déjà exposée ici des « chromosomes » (1) sur

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

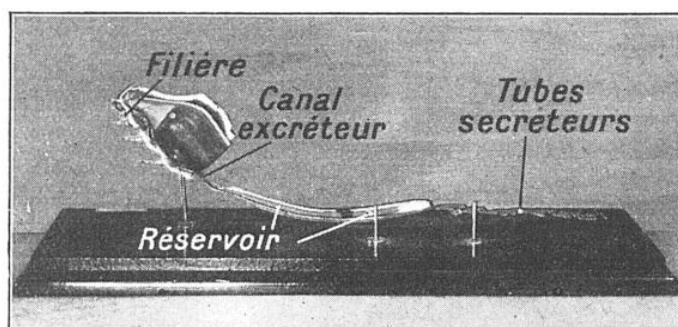


FIG. 1. — COUPE D'UN VER A SOIE MONTRANT SES DIVERS ORGANES PRODUCTEURS DE SOIE



laquelle nous ne reviendrons pas en détail.

Contentons-nous de rappeler que les chromosomes sont les *éléments* des « noyaux » cellulaires, et censés porter en eux les *germes des caractères en instance de transmission héréditaire*.

Il faut bien comprendre comment s'effectue cette transmission des chromosomes du père et de la mère à l'enfant.

Les cellules *normales* du père et de la mère contiennent toujours les chromosomes *par paires* (la *drosophile* en possède 4 paires ; l'homme, 24 ; la tomate également, etc.). Mais, lors de la préparation (ou maturation) des cellules sexuelles destinées à la reproduction, chaque paire de chromosomes se *réduit* (dans les noyaux de ces cellules) à un *seul filament apparent* qui se divise ensuite à nouveau pour donner au spermatozoïde (ou à l'ovule) un *seul jeu de chromosomes*. Les nouvelles cellules font exception à la règle des paires : en effet, leur conjonction dans la fécondation est justement destinée à rétablir la « *pariade* » des chromosomes chez l'enfant.

Tout le mystère de la transmission des caractères réside donc dans cette *préparation préalable du nouveau et unique chromosome*

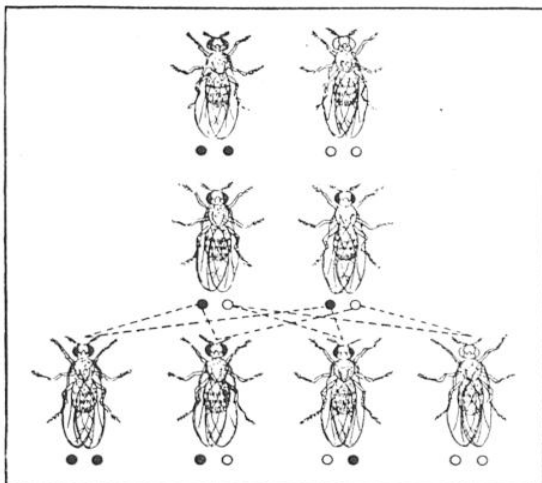


FIG. 2. — SCHÉMA DE LA RÉPARTITION DES CARACTÈRES À LA DEUXIÈME GÉNÉRATION

Il s'agit ici de croisement entre les mouches *drosophiles* « yeux rouges » et « yeux blancs ». À la première génération, on obtient uniquement des « yeux rouges », car le rouge domine le blanc, mais le caractère « yeux blancs » subsiste toujours, dissimulé. À la deuxième génération, on obtient trois rouges pour un blanc. Parmi les rouges, seul celui de gauche est intégralement rouge (homozygote pour le rouge), tandis que les deux autres ne paraissent rouges qu'à cause de la « dominance » de rouge (hétérozygotes pour le rouge).

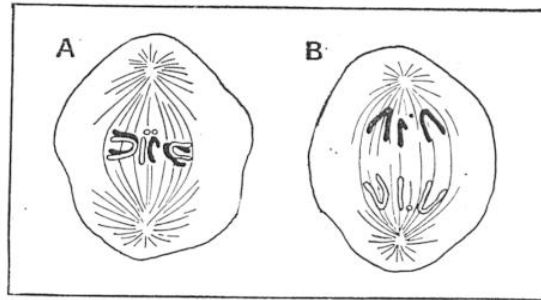


FIG. 3. — COMMENT S'EFFECTUE LA SÉPARATION DES CHROMOSOMES LORS DE LA FORMATION DES CELLULES REPRODUCTIVES

Les chromosomes présents par paires dans A commencent par se rapprocher deux à deux jusqu'à ce que chaque paire ne forme plus qu'une seule masse chromatique. Puis ils se séparent à nouveau et forment deux jeux qui se séparent pour donner les cellules reproductrices qui n'ont ainsi que quatre chromosomes au lieu de huit. Dans la caryocinèse (fractionnement d'une cellule pour en former deux) normale, chaque chromosome se fissure longitudinalement, de sorte que les cellules filles ont toujours huit chromosomes.

sexuel à partir des deux chromosomes normaux. Il est certain que celui-là emprunte ses éléments à ceux-ci, mais dans quel ordre ? Suivant quel choix ?

Toute l'ambition des généticiens est de comprendre le *mécanisme* de cette *transmission des caractères*, de génération à génération, afin de parvenir à l'influencer à leur gré par une sélection intelligente.

### La géométrie de l'infiniment petit biologique

Ils ont d'abord observé que, parmi les innombrables « caractères » sujets à leurs observations, certains se transmettaient *par séries*. Ils semblaient plus ou moins « liés » entre eux.

Ce fait est immédiatement compréhensible. Puisque les paires de chromosomes sont peu nombreuses, chaque paire doit être chargée de *séries* de caractères bien déterminées qui, par conséquent, marcheront ensemble, iront de « pair », au fil de la transmission héréditaire.

Les chromosomes peuvent, dès lors, être conçus comme des « chapelets » de caractères en puissance (1) — chacun de ces caractères

(1) Il est bien évident que les « caractères » n'ayant d'existence réelle que par leur réalisation dans les individus, ce sont donc des « caractères à l'état potentiel » sur lesquels nous sommes obligés de raisonner ici. Aussi bien les généticiens parlent, dans ce cas, non de caractères « rouge » ou « blanc » mais de *facteurs* pour le rouge ou pour le blanc. Nous simplifions seulement cette terminologie.

étant rattaché en principe à un grain déterminé du chapelet. Ce grain s'appelle un « gène ». C'est un élément de raisonnement aussi « théorique » que l'électron ou que l'atome des physiciens, mais qui se prête, lui aussi, à la mesure !

En effet, dans l'hypothèse chromosomique, les gènes paternels et les gènes maternels se font *vis-à-vis*, d'après ce que nous venons de dire, dans chaque paire de

chromosomes et les reconstituer par tranches de grains aussi diverses qu'elle voudra, mais à une condition : celle de respecter l'ordre des « vis-à-vis » ; les gènes qu'elle élimine du côté paternel, par exemple, ont leurs remplaçants tout indiqués dans le chromosome d'en face, le maternel.

Dès lors, en notant les pourcentages des divers caractères apparus en séries, au cours des générations successives, les généticiens

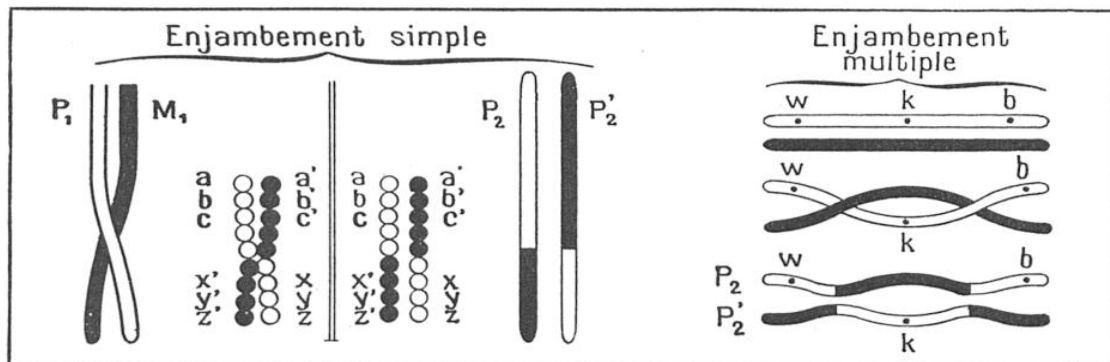


FIG. 4. — DIAGRAMME MONTRANT L'ÉCHANGE ET LA DISPERSION DES « CARACTÈRES » ENTRE CHROMOSOMES, LORS DE LA MATURATION SEXUELLE

Les chromosomes  $P_1$  et  $M_1$  sont ceux du père et de la mère que tout individu porte, par paires, dans chacune de ses propres cellules. Lors de la maturation des cellules destinées à la reproduction (gamètes), les chromosomes de celles-ci s'enroulent dans chaque paire ; puis se séparent à nouveau, mais transformés comme l'indique le schéma intermédiaire. Les grains noirs et les grains blancs sont censés représenter les « facteurs » des caractères allélomorphes ( $a, b, c$ ) du père  $P_1$  et ( $a', b', c'$ ) de la mère  $M_1$ . Comme on voit, les nouveaux chromosomes  $P_2, P_2'$  que l'individu (supposé mâle ici) va transmettre à ses propres enfants sont composés de deux séries exactement complémentaires. Comme cette séparation des caractères peut s'effectuer de toutes les manières possibles, on voit que les divers enfants seront diversement caractérisés. L'enjambement des chromosomes en voie de maturation sexuelle peut être multiple, ce qui accroît la diversité des séries, mais ce qui aide à préciser les « points de croisement » grâce à la seule déduction logique appliquée aux observations et, par conséquent, à numérotiser les divers « facteurs » qui constituent théoriquement les « grains » du chapelet chromosomique. Si l'on marque, en effet, par  $w, k, b$ , trois facteurs de caractères pris au hasard, une « réduction » à trois enjambements peut, comme on voit, en distribuer deux au nouveau chromosome  $P_2$  et un seul à son partenaire  $P_2'$ . Le généticien « déduira » cette distribution « géométrique » de la seule observation des individus engendrés. Il lui suffit de raisonner en suivant les principes de génétique exposés par Mendel.

chromosomes que l'enfant hérite par moitié de chacun de ses parents. Les caractères — plus exactement leurs « facteurs » — ainsi placés en vis-à-vis sur chromosomes homologues sont dits « allélomorphes ».

Il est évident que l'enfant ne peut les adopter simultanément s'ils sont contradictoires. Son organisme doit choisir. Ou plutôt, la nature choisit pour lui.

Et c'est ici que le généticien attend la nature au détour du raisonnement mathématique.

Les choix possibles de la nature sont, en effet, soumis à des conditions mathématiques inéluctables. La nature peut bien morceler les doubles chapelets chromoso-

mes parvenus à calculer, le long du chapelet chromosomique, la position relative que chaque caractère doit y occuper, étant donné ses obligations de voisinage avec les autres caractères de la même série. C'est ainsi, vous dira T.-H. Morgan, que le caractère « tordu » est situé à une distance de tant d'unités (c'est-à-dire de tant de grains ou gènes supposés numérotés) relativement au caractère « cerise », sur le chromosome I ou chromosome porteur du premier groupe des caractères de la mouche *Drosophile*. Ce groupe I contient à l'heure actuelle 58 caractères-unités (ou « facteurs ») mathématiquement repérés. De même pour les trois autres groupes avec des nombres différents.



Voilà donc les quatre paires de chromosomes de *drosophile* parfaitement imaginées en tant que doubles chapelets de « qualités » et de « défauts » offerts, moitié par le père, moitié par la mère, aux cellules élémentaires de leurs enfants possibles. Cependant les ailes d'une *drosophile*-fille ne peuvent jamais être à la fois « longues » et « courtes », ni ses yeux « rouges » en même temps que « gris ».

La nature va donc procéder à ses choix en tenant compte, répétons-le, de la dominance de certains caractères sur leurs antagonistes, et en faisant jouer toutes les combinaisons permises par le jeu de « pile ou face » (1)... et elles sont multiples !

Elle décide par exemple — nous l'avons vu — que, si un mâle de *drosophile* yeux blancs est apparié à une femelle yeux rouges, le rapport de la génération consécutive sera de trois rouges pour un blanc. Entre les deux allélomorphes, le « rouge » placé sur un chromosome et le « blanc »

placé sur son vis-à-vis, la nature marque ainsi sa préférence.

Elle décide encore que si un mâle yeux éosine est uni à une femelle yeux rouges, le rapport de trois rouges pour un éosine sera pareillement réalisé chez les enfants.

Mais si, dans une troisième expérience, le même mâle yeux blancs est croisé avec une femelle yeux éosine, quel sera le rapport de ces deux caractères dans la génération consécutive ? On constate qu'il est de trois éosines pour un blanc.

Mais les deux expériences précédentes nous avaient prévenus que rouge dominait éosine, tout comme il domine blanc. Pour que « rouge » puisse ainsi chasser blanc dans un cas et éosine dans l'autre, il faut évidemment que les trois facteurs soient situés au même niveau sur le chromosome qui les porte. Ils sont tous trois « allélomorphes ».

Cette loi des « allélomorphes multiples »

(1) D'ailleurs, pour des motifs que lui impose encore la théorie chromosomique (et qu'il serait trop long d'exposer ici), la nature doit tenir compte aussi de l'énigme sexuelle (mâle ou femelle) des caractères à transmettre.

est extrêmement importante, parce qu'elle permet à l'éleveur de distinguer, dans les croisements successifs qu'il a pour métier d'expérimenter, les caractères qui se révèlent comme « récessifs » et ceux qui se révèlent comme « dominants », à mesure que son expérimentation se développe.

Aussi bien, lorsqu'il cherche, par exemple, à fixer (c'est-à-dire à rendre homozygote) le caractère blanc des cocons de vers à soie et s'il constate, grâce à la loi des allélomorphismes multiples, que ce caractère « blanc » convoité se dirige vers la « récessivité », il n'a pas à insister. Sa recherche est en mauvaise voie. Si, au contraire, le caractère blanc évolue vers la « dominance », le succès

se précise. Il faut insister dans la sélection des homozygotes observés — ou plus exactement « présumés » — jusqu'à ce que la certitude de pureté du caractère soit acquise.

Ainsi, avec beaucoup de patience, l'hybrideur parviendra peut-

être à obtenir la race de vers à soie conforme à celle dont les éleveurs et les filateurs lui ont « passé commande ».

### Les premières tentatives « empiriques » d'amélioration des vers à soie

Avertissons sans plus tarder notre lecteur que la théorie chromosomique a pu être établie avec une certitude croissante sur les quatre paires de chromosomes de la mouche *drosophile* précisément grâce au petit nombre de chromosomes de cet organisme, le plus petit nombre connu dans le monde vivant si l'on excepte le cas (non moins instructif d'ailleurs) d'un ver, *ascaris*. L'existence de cette mouche, de ce « matériel » de travail, a donc été providentielle. Il serait vain d'espérer que les vingt-quatre paires de chromosomes garnissant la cellule humaine pourront jamais être analysés de la même façon mathématique. Le nombre des combinaisons à envisager se chiffrerait par milliards : il n'existe pas sur la terre deux hommes possédant tous les mêmes caractères.

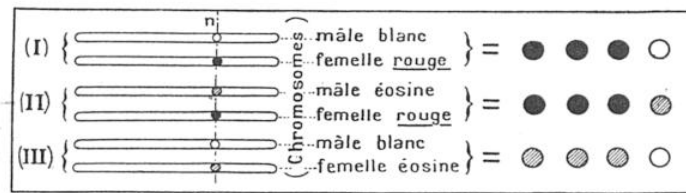


FIG. 5. — CHEZ LA MOUCHE DROSOPHILE, LES FACTEURS POUR LES « YEUX ROUGES », « YEUX BLANCS », « YEUX ÉOSINE » OCCUPENT DES EMPLACEMENTS CORRESPONDANTS SUR LES CHROMOSOMES

En effet, suivant le schéma de la figure 2, on obtient à la deuxième génération des proportions semblables de 3 contre 1, par suite de la « dominance » de rouge sur blanc, rouge sur éosine, et éosine sur blanc (fig. 2). Ces facteurs sont dits « allélomorphes ».

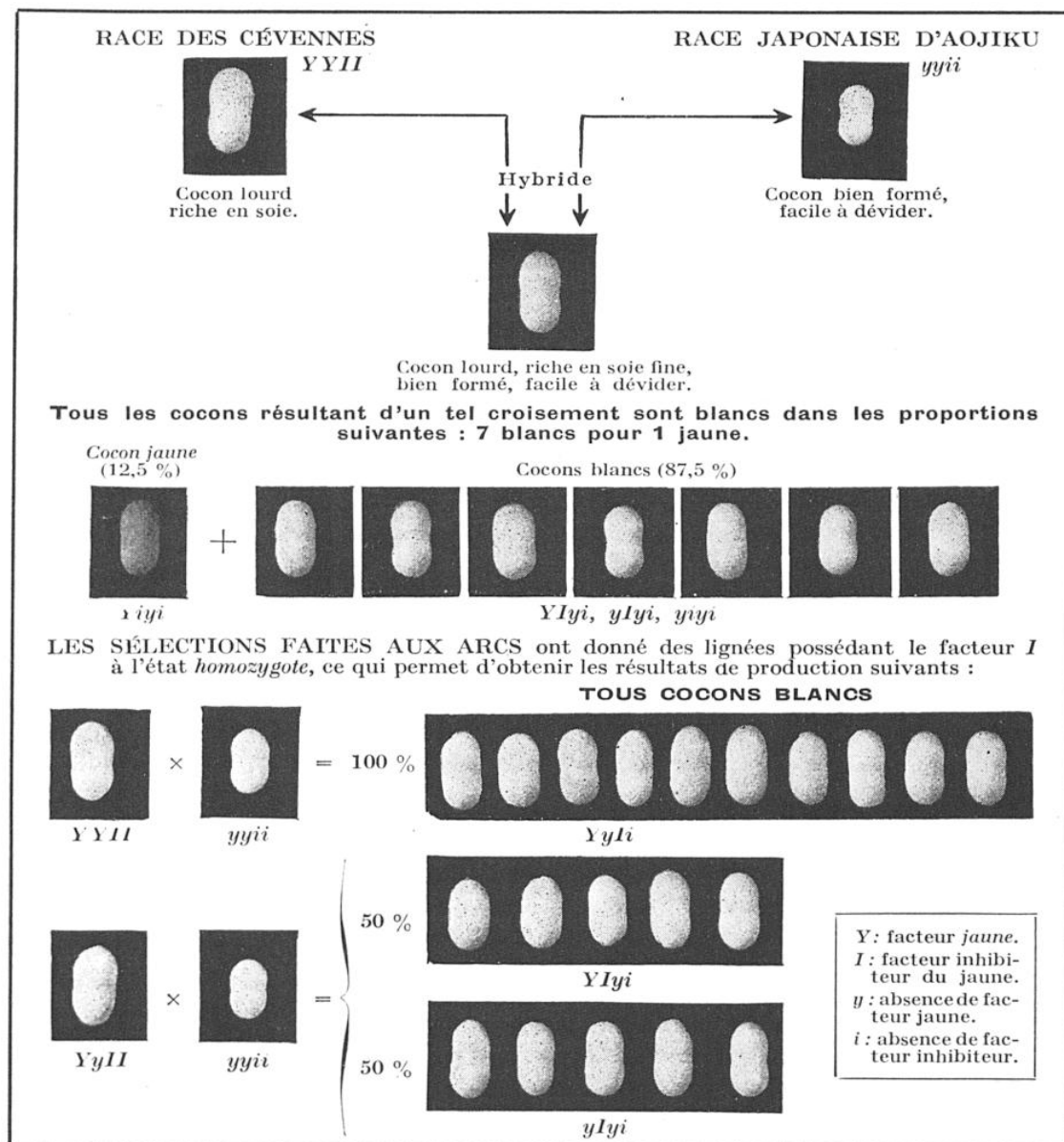


FIG. 6. — TABLEAU SYNOPTIQUE MONTRANT LES RÉSULTATS OBTENUS PAR CROISEMENT DE LA RACE FRANÇAISE DES CÉVENNES AVEC UNE RACE JAPONAISE

Les facteurs qui intéressent ici le sériciculteur sont : cocon lourd, riche en soie (race des Cévennes), bien formé et facile à dévider (race d'Aojiku). Les caractères de ces deux races, réunis par un croisement industriel de première génération, se compléteraient de façon parfaite, mais la race blanche des Cévennes est en réalité une race jaune possédant le facteur héréditaire  $Y$  conférant sa couleur, et elle ne doit sa blancheur qu'à la présence, dans sa formule héréditaire, à côté du facteur  $Y$ , d'un autre facteur  $I$  inhibiteur du jaune, lequel n'a pas besoin d'être homozygote pour masquer la couleur jaune.  $YYII$ ,  $YYIi$ ,  $YyII$ ,  $YyIi$  sont donc quatre formules à cocons blancs. Ces quatre formules existent dans la race des Cévennes en quantités inégales, avec prédominance de  $YYII$  et  $YyII$  sur les autres, d'où le résultat approximatif suivant après croisement avec la race japonaise d'Aojiku :  $1/8^e$  jaunes,  $7/8^e$  blancs. Les sélections faites à la station séricicole des Arcs (en Provence) ont tendu à rendre le facteur  $I$  homozygote (formules  $YYII$  et  $YyII$ ), de manière à assurer sa présence dans la première génération suivante, obtenue par croisement avec la race japonaise, donc de manière à obtenir une première génération dite « industrielle » (parce que réservée à l'industrie) intégralement blanche.



Les caractères des insectes *qui nous intéressent* sont, fort heureusement, beaucoup moins variés. Surtout si l'on se borne aux caractères uniquement recherchés par les exploitants de vers à soie.

Cocons blancs, jaunes, dorés, roses...; cocons lourds ou légers; soie duveteuse ou non. Le tour des caractères « industriels » du ver à soie est donc vite fait, même si l'on y ajoute celui de la sensibilité à la fluorescence ultraviolette, fort important.

a exposés au stand de la sériciculture du Centre rural de l'Exposition (fig. 6).

Ils sont faits pour le public. Nous sommes maintenant assez bien armés pour les comprendre. Lisons-les donc. Mais, auparavant, il nous faut savoir quel est le *matériel de départ* dont dispose un centre d'études séricicoles pour effectuer ses recherches. Evidemment, il ne peut consister qu'en races élevées empiriquement par les générations de paysans cévenols ou provençaux, depuis des

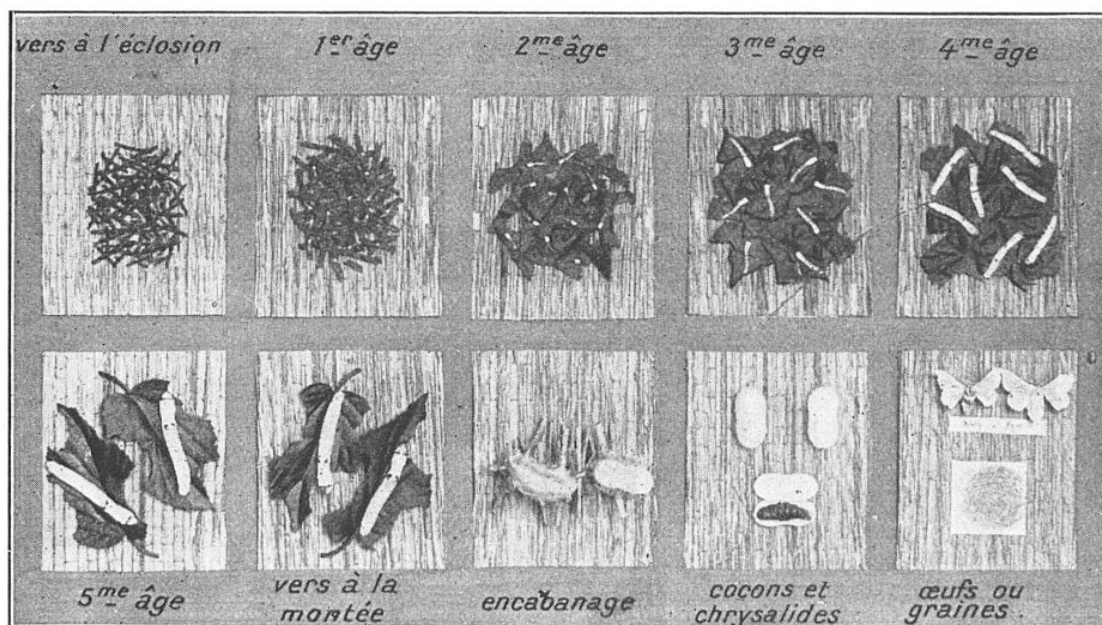


FIG. 7. — LES PHASES SUCCESSIVES DE L'EXISTENCE DES VERS A SOIE

De gauche à droite, en commençant par le haut, on voit d'abord l'ensemencement de la « graine » sur feuilles de mûrier hachées, puis l'éclosion et les quatre mues successives. Ensuite, le ver est prêt à « monter » pour former son cocon et s'« encabaner ». Les deux planches en bas et à droite montrent, d'une part, un cocon mâle et un cocon femelle, ce dernier plus gros, et une coupe mettant au jour la chrysalide; d'autre part, un couple de papillons avec, au-dessous, leur ponte (graine).

Par contre, le nombre des chromosomes caractérisant la précieuse chenille est beaucoup trop élevé pour que le plus patient génétiste puisse entreprendre à son propos les observations et les analyses théoriques qu'a conduites *more geometrico* l'« équipe de la drosophile » — l'escadrille de la mouche, comme on dit chez T.-H. Morgan. Cette analyse théorique serait d'ailleurs ici sans intérêt immédiat. Il suffit d'appliquer les « lois » théoriques (que nous venons de rappeler) à la recherche du caractère particulier que l'on désire fixer.

Pour juger des résultats qui peuvent être obtenus de cette manière, il suffit de prendre connaissance des tableaux que M. Rebouillon

siècles — et en races qu'il importe de l'étranger. Vous imaginez ce que chaque échantillon de cocons ainsi apporté au laboratoire contient de facteurs héréditaires latents.

De plus, on n'avait pas attendu la *génétique* exacte pour tenter le perfectionnement des races. En France, Georges Coutagne avait essayé de perfectionner une race indigène par sélection des cocons les plus soyeux. Mais faute de connaître le principe mendélien de non-hérédité des caractères acquis et de disjonction des caractères dès la seconde génération, Coutagne commit l'erreur de croire au perfectionnement de sa race soyeuse en ligne directe. Il ne voyait pas que les caractères soyeux n'étaient qu'accident et



que la prétendue sélection isolait également des déficiences.

L'industrie spéciale du « grainage », qui consiste à *spécialiser la production des œufs*, dont les « éducateurs » feront, ensuite, des vers et des cocons de filature, — le *grainage* appliqué aux croisements de Coutagne conduisait évidemment à la catastrophe. Les descendants n'étaient pas *homozygotes* pour le caractère « très soyeux » que le premier croisement avait mis en évidence.

La sélection des cocons usuellement

des différents facteurs chromosomiques.

Instruit par les exemples précédents, il a renoncé à la sélection empirique de Coutagne pour améliorer les races par croisement. La sélection pratiquée par M. Rebouillon se borne à *conserver les meilleures qualités rencontrées dans une race donnée*, mais surtout à *rechercher l'isolement, à l'état homozygote, des facteurs héréditaires commandant à ces qualités*.

Voici un bel exemple de ce travail, qui a permis d'aboutir à la réussite.

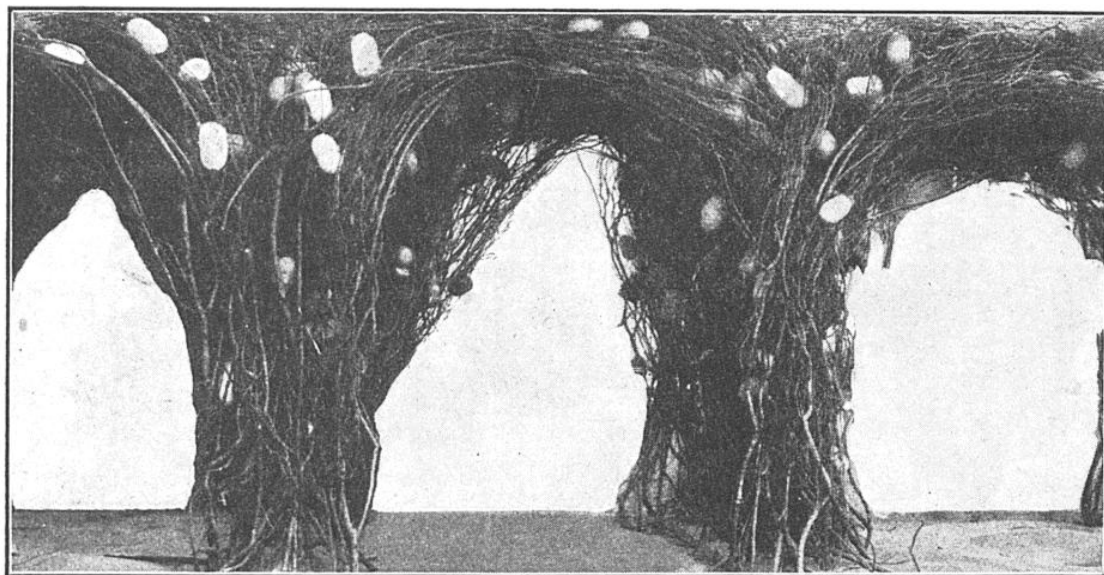


FIG. 8. — L'« ENCABANAGE » DES VERS A SOIE ADULTES

*Lorsqu'ils ont atteint l'âge convenable, les vers à soie doivent « monter » dans un rameau sec et aéré pour orner leur cocon entre les brindilles. Les éleveurs leur offrent dans ce but des rameaux de bruyère. On utilise également avec succès des systèmes de claies régulières qui facilitent la récolte.*

pratiquée et qui consistait à réserver pour le grainage les plus *pesants* des cocons mâles et femelles (eux-mêmes plus pesants que les mâles), — *cette sélection avait cependant porté des fruits*.

Dès 1902, un auteur italien, Enrico Quajjat, avait essayé, de son côté, d'autres croisements. Mais Quajjat en arriva à connaître la loi de disjonction. Il en conclut aussitôt *qu'il ne fallait pas faire du grainage sur les produits obtenus*. Ceux-ci furent donc réservés à la filature. C'est ainsi que, malgré tout, l'hybridation était parvenue à des résultats déjà extrêmement intéressants, par croisement de races d'Extrême-Orient (Chine et Japon).

M. Rebouillon fut le premier qui attaqua ce problème délicat des croisements en se fondant sur la théorie rationnelle

### Croisement de la race de la Chapelle avec la race japonaise d'Aojiku

La race qu'il choisit comme point de départ fut la race blanche de la Chapelle (indigène des Cévennes). Blancs et soyeux, les cocons de la Chapelle auraient été parfaits s'ils avaient pu devenir plus serrés, mieux fournis et plus facile à dévider. Or, ces dernières qualités étaient précisément offertes par une race japonaise également blanche, celle d'Aojiku.

Les caractères de ces deux races réunies par un croisement industriel de première génération se complèteraient donc parfaitement, *mais la race blanche cévenole n'est pas une race vraiment « blanche »* : c'est une race « jaune » marquée, en conséquence, par le facteur héréditaire Y (Yellow) ; seu-



lement ce facteur héréditaire se trouve neutralisé par un facteur *I* (inhibiteur du jaune). Voilà pourquoi les cocons de la race « jaune » de la Chapelle sont quand même « blancs » pour les filateurs.

La variété blanche de la Chapelle était *hétérozygote* vis-à-vis du facteur inhibiteur *I* : le croisement donnait donc, à l'origine, une certaine proportion de *cocons jaunes*. Grâce à un système de sélection utilisant un « rétrocroisement » de sa conception, avec un matériel d'isolement entièrement original, M. Rebouillon a pu rendre la variété en question « homozygote vis-à-vis de *I* ». De ce fait, il éliminait toute apparition de jaune dans le croisement industriel de première génération.

C'est ce qu'expose le tableau reproduit fig. 6 où le lecteur trouvera les notations habituelles aux zootechniciens, dans lesquelles les lettres majuscules représentent les facteurs et les minuscules l'absence de ces mêmes facteurs (sur le chapelet chromosoméen des caractères).

#### Autre exemple : croisement de la race d'Andrinople et d'une race chinoise

Voici un autre résultat concret.

Les cocons de la « race d'Andrinople »,  *fins*  et  *blancs* , ont une soie très appréciée. Mais ils sont  *légers*  et  *peu nourris* . Les lignées de cette race (sélectionnées aux Arcs) possèdent en outre, à l'état  *homozygote* , un facteur héréditaire  *I*  d'inhibition de la couleur.

Voici maintenant une « race chinoise », dont les cocons sont  *lourds* , mais  *jaunes* , riches en soie, mais de soie très peu fine.

Croisons ces deux races, de qualités apparemment complémentaires.

Grâce à la présence du facteur  *I* , apporté par la race d'Andrinople,  *tous les cocons*  de la première génération du croisement seront  *très blancs* , tout en possédant des qualités industrielles supérieures à celles des races croisées.

Toutefois, au cours d'une deuxième génération, la loi de disjonction des caractères fait s'éclipser le facteur d'inhibition suivant un pourcentage qui interdit l'utilisation de ces cocons pour la reproduction. Le croisement sera donc renouvelé toutes les années, ses produits étant, en entier, envoyés à la filature ; il s'agit, selon une expression que M. Rebouillon emprunte aux zootechniciens, d'un  *croisement industriel de première génération* .

#### La sériciculture de l'avenir

Ces exemples (il y en a d'autres, surtout en bonne voie de préparation) suffisent à montrer la fécondité pratique de la nouvelle méthode scientifique.

« Les croisements, écrit M. Rebouillon, donneront satisfaction aux industriels et aux agriculteurs si l'on apprend à les combiner avec méthode. Et nous ne voyons, ajoute-t-il, que des difficultés pratiques  *surmontables*  ».

La renaissance française de la sériciculture française dépend donc, pour une bonne part, de cette réussite, qui permettrait d'utiliser au maximum, sous le climat français, des méthodes industrielles d'élevage que, faute sans doute de races appropriées, l'on n'est pas encore parvenu à implanter complètement. Faisons confiance aux chercheurs ; les difficultés pratiques jugées par eux « surmontables » seront surmontées.

VICTOR JOUGLA.

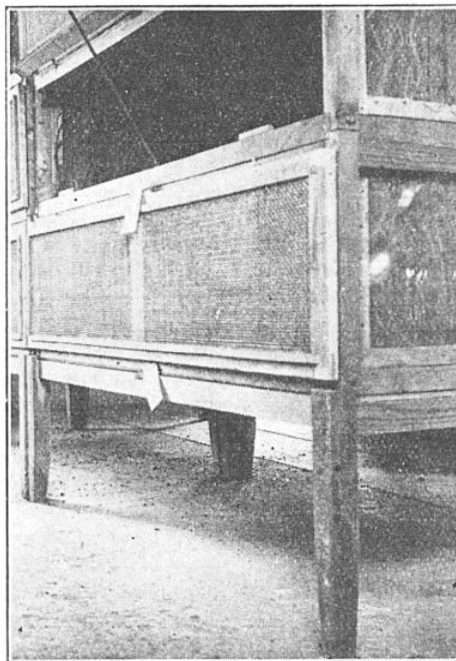


FIG. 9. — CASIERS D'ÉLEVAGE PERMETTANT D'EFFECTUER LES CROISEMENTS CONVENABLES POUR LA PRODUCTION DES COCONS DESTINÉS À L'INDUSTRIE ET LA SÉPARATION DE CEUX RÉSERVÉS À LA REPRODUCTION

## CE QUE NOUS A APPRIS JUSQU'ICI LA GUERRE CIVILE ESPAGNOLE

**A** la suite des informations publiées par *La Science et la Vie* (1) sur les enseignements de la guerre civile en Espagne, certains ont paru surpris que les moyens militaires mis en œuvre aient abouti — du moins quant à présent — à des résultats assez peu concluants. En cas d'une attaque aérienne, puissamment et méthodiquement préparée avec des centaines d'appareils du « dernier type » équipés de perfectionnements inconnus des profanes, pour la précision de lancement des projectiles, par exemple, il en serait sans doute tout autrement (2). Au contraire, l'emploi en quantité des avions à grande vitesse de qualités militaires bien supérieures à celles des appareils encore utilisés par les deux aviations espagnoles (balayage à la mitrailleuse au ras du sol des organisations défensives, par exemple) aboutirait en effet — et rapidement — à des résultats plus décisifs, tout au moins dans un secteur déterminé. Il faudrait aussi tenir compte des effets considérables que provoqueraient les nouveaux projectiles incendiaires — bombes allemandes entre autres, de 3 kg à thermité (3) et à détonateur du plus récent modèle — susceptibles d'être transportés rapidement et en grand nombre sur les agglomérations ennemies. Il existe même des bombes qui ne pèsent qu'une livre et qui, cependant, en dépit de leurs poids et de leur chargement réduits (composition spéciale genre aluminothermique, ou au phosphore, sans négliger

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 241, page 63.

(2) Les premiers événements militaires du conflit sino-japonais tendraient — déjà — à démontrer qu'il en sera, en effet, tout autrement avec les engins modernes employés en grand nombre dans cette « guerre » de l'Extrême-Orient qui ne fait que commencer. Mais il est d'ores et déjà permis d'affirmer, d'autre part, que les moyens de défense contre l'aviation ont réalisé récemment des progrès considérables, qu'on n'aurait pas envisagé comme possibles il y a seulement quelques années. Nous y reviendrons.

(3) La thermité est un mélange d'oxyde de fer pulvérisé et de poudre d'aluminium dont la combustion dégage une quantité de chaleur suffisante pour fondre le fer. Aussi est-elle utilisée pour la soudure des rails (procédé aluminothermique de l'Allemand Goldschmidt, décrit dans *La Science et la Vie*, n° 8, page 163, de novembre 1913). Nous possédons d'autres formules de bombes incendiaires, mais les secrets de la Défense nationale nous interdisent d'en reproduire ici la composition chimique.

d'autres compositions actuellement en expérimentation), provoqueraient des dégâts comparables à ceux des gros projectiles. Représentez-vous alors ce spectacle d'épouvante que provoquerait la projection (sur un grand centre industriel, par exemple) d'un demi-million de projectiles de ce genre déterminant autant de foyers d'incendie. De telles formations aériennes, rapides, nombreuses, à grand rayon d'action, pouvant emporter à bord une charge utile d'au moins une tonne, produiraient des dégâts qu'on ne saurait comparer même de loin à ceux constatés actuellement en Espagne et même en Chine. Le calcul est facile à faire, si on veut connaître cette puissance de destruction au moyen de tels engins... D'autre part, en dépit des concours étrangers, les Espagnols n'ont pas non plus à leur disposition ces moyens de défense si perfectionnés contre l'aviation, susceptibles d'interdire maintenant aux assaillants le survol de leur territoire (avions intercepteurs ultra-rapides à grande puissance de feu, signalisation, repérage, canons antiaériens semi-automatiques, etc., etc.).

Cependant, chaque jour nous apporte des renseignements nouveaux, résultant de témoignages et de rapports dignes de foi, concernant les aviations en présence dans la guerre civile espagnole, en attendant une documentation semblable sur les événements militaires du conflit sino-japonais. Ainsi, tout dernièrement, un officier aviateur de nationalité étrangère a affirmé que certains avions de chasse de construction italienne « surclassaient » leurs adversaires à tel point que l'on considère que c'est de « la chasse » (aviation légère) que dépend la maîtrise de l'air, paralysant ainsi l'action de l'aviation lourde (bombardiers). Ceci expliquerait que les grandes cités ibériques n'ont, jusqu'ici, subi que des destructions partielles, alors qu'elles auraient dû être entièrement détruites si l'aviation de bombardement avait pu opérer en toute sécurité... Mais les « chasseurs » veillaient de part et d'autre et, dès lors, les expéditions — à plus ou moins grande distance — devenaient de plus en plus aléatoires.

On nous a également signalé que l'avion de combat lutte plus étroitement aux côtés de



l'infanterie et participe maintenant activement aux engagements terrestres. Dans une grande guerre vraiment moderne, les moyens de destruction mis en œuvre par l'aviation ennemie seront certes plus importants : il faudra des avions de chasse en quantité et en qualité si l'on veut « défendre » l'accès du ciel au-dessus des principales agglomérations. C'est alors que l'avion-canon — pour la chasse (1) — peut jouer un rôle essentiel ; mais, en Espagne, à notre connaissance, cet engin destructeur n'est pas encore intervenu dans le combat aérien. Ajoutons que les nouveaux avions de chasse définitivement mis au point dans certains pays comportent des canons automatiques de 20 à 23 millimètres, protégés par un blindage léger mais résistant. Comme les « chasseurs » possèdent actuellement des qualités militaires remarquables pour les formations aériennes d'assaut, cette aviation légère devrait être complétée — suivant certains — par des avions bombardiers plus légers que ceux constituant l'aviation lourde actuelle, c'est-à-dire plus rapides, plus maniables, en un mot se rapprochant davantage du « chasseur » que du « bombardier » proprement dit. Avec de tels engins, il serait plus aisé, d'après les compétences, d'attaquer soit convois motorisés, soit unités mécanisées en stationnement, en déplacement, en formation de combat. C'est là un point que certains officiers, revenant du front espagnol, semblent avoir retenu plus particulièrement après les résultats de l'affaire de Guadalajara.

Quoi qu'il en soit, l'avion-canon, ou le chasseur-canon, serait désormais appelé à jouer dans la bataille, de par son puissant

armement même (tir axial) comme de par sa vitesse, ses qualités manœuvrières et sa légèreté, un rôle beaucoup plus important que l'on était accoutumé à l'escompter, d'après la conception de certains états-majors de l'aviation. Ce sont, du reste, les mêmes qui, en France, se montrèrent partisans du « multiplace » : celui-ci, en Espagne, a fait indiscutablement faillite.

Depuis plus d'un an que se poursuit la guerre civile en Espagne, il a été possible de tirer certaines conclusions qui seront utilisées par les sections techniques des différentes armes dans les différents pays, tant au point de vue des améliorations du matériel que de leur emploi tactique. Ainsi, les chars d'assaut, pour la première fois depuis la guerre, ont évolué sur le terrain d'opérations et sous le feu de l'ennemi. C'est ce qui a appris aux Allemands que leurs tanks étaient peu maniables, et aussi insuffisamment blindés, ce qui les rendait trop vulnérables, trop lents à démarrer et faciles à incendier... Soyez assurés qu'ils en tiendront compte, surtout en ce qui concerne la protection (blindage) (1). Cette guerre civile aura, en outre, révélé les moyens considérablement améliorés de la défense antiaérienne et le rôle de l'aviation légère dans la bataille terrestre. Tout cela doit être retenu et servir à réaliser, dans les grandes armées modernes, les perfectionnements désirables pour remédier à des infériorités ou des défaillances constatées, de part et d'autre, aussi bien pour l'aviation que pour la motorisation, sans négliger les armes automatiques, l'artillerie et les engins de défense aérienne.

(1) Actuellement, les services techniques de l'Armement du III<sup>e</sup> Reich procèdent à des essais pour accroître la résistance des blindages (épaisseur, composition chimique des aciers spéciaux et traitements thermiques). De plus, en grand secret, ils poursuivent l'expérimentation de moteurs Diesel et semi-Diesel pour la propulsion des « tanks ».

(1) Le nouveau moteur-canon allemand de 23 mm (*Messerchmitt*) donne, paraît-il, toute satisfaction au Service de l'Armement du Ministère de l'Air du Reich. Il serait aussi « dangereux » que le canon de 23 mm, de fabrication française mis au point dès 1936.

La prospérité d'une nation dépend notamment de l'équilibre entre son industrie et son agriculture. L'économie agricole doit donc tenir dans un pays — comme le nôtre où la majorité de la population est rurale — une place aussi grande que l'économie industrielle dans les préoccupations des gouvernants. Or, la Statistique générale de la France publie régulièrement les indices des prix agricoles. On y voit qu'en juillet dernier cet indice était de 557, alors qu'en 1936 il atteignait à peine 421 à la même époque, soit une hausse de 32 %. La revalorisation des produits de la terre est certes appréciable... mais, pendant la même période, l'indice pour les prix des articles industriels est passé de 361 (juillet 1936) à 610 (août 1937), soit une hausse de 68 %. Comparer ces deux indices (le rural et l'industriel), c'est formuler cette conclusion que le paysan français vend ses produits près de moitié moins cher qu'il n'achète les objets nécessaires fabriqués par l'industrie (engrais en particulier). Peut-on, dans ces conditions, parler des avantages de la revalorisation agricole ?

## PRENONS L'ÉCOUTE

### LE SECOND CUIRASSÉ DE 35 000 TONNES ITALIEN

Et la course aux armements — sur mer comme sur terre et dans les airs — s'accroît. Voici le croiseur cuirassé de 35 000 t italien (1), le *Littorio*, dont le lancement (en août 1937) a suivi de près (à peine un mois) celui de son aîné le *Vittorio Veneto* (en juillet 1937). Ces deux bâtiments auront été construits en moins de deux ans dans les chantiers navals italiens (Trieste et Gênes). Leur vitesse, rappelons-le, est de l'ordre de 30 nœuds ; leur armement, de 9 pièces du calibre 380 comme artillerie principale ; l'artillerie secondaire (D. C. A. et contre les bâtiments légers) comprend 12 canons de 152 mm, 12 canons à tir rapide de 100 mm, 20 canons (de 25 à 40 mm) pour la défense aérienne ; enfin 4 avions embarqués catapultés. Mais c'est au point de vue de la protection (contre les bombes d'avions, les torpilles, les mines sous-marines) que ces nouveaux bâtiments de ligne réalisent de réels progrès sur les unités de construction antérieure, alors que le « péril aérien » était à peu près inexistant. Les ponts à blindages en aciers spéciaux et à forme convexe, le compartimentage serré à l'intérieur des coques sont destinés à permettre aux bâtiments de continuer à flotter même lorsqu'ils sont sérieusement « touchés ». Non seulement on a renforcé en Italie comme en France l'épaisseur du cuirassement (les plaques atteignent en certains points 250 mm et même plus) mais grâce aux progrès de la sidérurgie (nouveaux aciers préparés par introduction à dose déterminée de métaux étrangers tel que vanadium par exemple) on est parvenu à opposer aux projectiles une résistance beaucoup plus grande sans pour cela exagérer le poids des cuirasses, qui diminue les qualités militaires du navire de combat (vitesse, capacité, etc.) Toutes les marines du monde ont étudié les mêmes problèmes et bien qu'encore relativement secrètes, les solutions adoptées sont presque toutes semblables. Nous avons donné ici à propos de notre cuirassé de 26 500 t *Dunkerque* (2) quelques indications assez précises à ce sujet. Ainsi la flotte italienne aura en 1939 en service dans ses escadres deux magnifiques bâtiments de ligne ultra-modernes (qui manquaient jusqu'ici à son corps de bataille) et qui accompagneraient les quatre anciens cuirassés de 25 000 t — en cours de modernisation (3), tel le *Cavour*, et dont la valeur est loin d'être négligeable. A ces grandes unités viendront s'ajouter progressivement les bâtiments neufs prévus au nouveau programme naval, soit 12 torpilleurs de 1 600 t (environ) plus rapides puisque leur vitesse doit atteindre 39 nœuds, 16 torpilleurs plus petits et un peu moins rapides dont le tonnage n'atteint pas tout à fait 700 t et qui filent 34 nœuds, enfin une vingtaine de sous-marins perfectionnés dont 13 de 900 t et 6 de 600 t. Cette tranche du programme naval italien en cours d'exécution en ce qui concerne la flotte sous-marine porte celle-ci à près de 110 unités (dont 90 % modernes) ce qui la mettra sensiblement sur le pied d'égalité avec la

(1) Si les gros cuirassés sont indispensables sur les océans, ils semblent moins indiqués pour une mer aussi étroite que la Méditerranée où, au contraire, les croiseurs et destroyers rapides ont un rôle éventuel à accomplir. Il en est de même, du reste, pour la guerre sous-marine dans cette mer interne.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 224, page 162.

(3) La transformation de deux de ces bâtiments est actuellement terminée.



flotte des sous-marins française. Ainsi s'affirme l'effort naval en Méditerranée — mer unique — pour l'Italie qui n'a besoin dès lors que d'une seule flotte (à l'encontre de la France et de l'Angleterre) ce qui lui assurera d'ici peu la suprématie dans cette vaste mer intérieure où nous ne pourrions concentrer toutes nos forces navales puisqu'une partie — la plus moderne — doit pour l'instant conserver ses bases sur l'Atlantique en vue de faire face aux escadres d'une flotte allemande (1) en pleine reconstitution — et cela malgré une collaboration étroite avec la marine britannique appelée elle aussi à se « partager ».

### RAYONS D'ACTION ET MISSIONS DE LA MARINE MILITAIRE

Dans un ouvrage récent, M. H. Klotz, ancien officier de la marine impériale allemande, a montré comment l'Amirauté du III<sup>e</sup> Reich envisage la Baltique comme théâtre d'opérations navales destinées à assurer les communications avec la Scandinavie, où l'industrie allemande s'approvisionne en matières premières, — notamment en minerais de fer et produits chimiques pour la fabrication des gaz de combat, — contrairement à ce qui se passerait dans l'Atlantique et la mer du Nord où il s'agit avant tout de paralyser le commerce maritime de l'ennemi. Pour répondre à ce dernier point de vue, l'Amirauté a non seulement intensifié la construction des sous-marins, mais encore a demandé à ses ingénieurs du Génie maritime d'accroître sensiblement le rayon d'action des bâtiments de guerre en général, et en particulier des croiseurs cuirassés (type *Deutschland*) et croiseurs légers. Actuellement, ces rayons d'action sont respectivement, pour chaque catégorie envisagée, de 18 000 milles marins à la vitesse de route de 13 nœuds et de 9 000 milles pour une vitesse de 14 nœuds. Dans le premier cas, les croiseurs-cuirassés pourraient donc contourner l'Ecosse, gagner les îles du cap Vert, Dakar (A. O. F.) et retour sans besoin de « faire du combustible ». De leur côté, les croiseurs légers pourraient « pousser » jusqu'aux Canaries et y faire la guerre de course dans ces parages si fréquentés par les bâtiments de commerce. Ainsi, l'Atlantique, jusqu'au cap Vert, se trouverait dans le rayon d'action de la flotte germanique qui, par suite, menacerait les communications avec l'Amérique et l'Afrique du Sud. Il est évident que, dans une mer intérieure, telle que la Baltique, on n'a pas besoin de réaliser d'aussi grands rayons d'action pour accomplir certaines autres missions qui incombent à la marine de guerre. Il n'y a, en effet, que 1 000 km entre le littoral allemand et le Danemark ! Et puis, avec d'aussi grands rayons d'action pour des bâtiments de

(1) Rappelons que le Reich possède déjà deux cuirassés de 26 000 t (qui, en réalité, atteignent au moins 27 000 t) de construction toute récente, *Scharnhorst* et *Gneisenau*, et qu'il a en chantier deux cuirassés de 35 000 t (pour répondre à nos bâtiments de ligne de même tonnage en construction, *Jean-Bart* et *Richelieu*). Quant aux Anglais, avec leurs quinze vieux cuirassés (les plus jeunes sont de 1922), ils sont aussi en pleine période de réarmement dans tous les domaines de la défense nationale. Ils ont immédiatement riposté en confiant à leurs différents chantiers navals les futurs cuirassés de 35 000 t (au nombre de cinq à exécuter en deux étapes, soit, au total, 175 000 t : *Prince of Wales*, *King George V*, *Amiral Beatty*, *Amiral Jellicoe*, *Amiral Anson*). De l'énumération de cette dizaine de gros cuirassés français, italiens, anglais, allemands, puissamment armés, appartenant aux principales puissances maritimes européennes, il résulte que, vers 1940, les « corps de bataille » de leurs flottes respectives seront dotés des plus fortes unités que jamais la mer ait portées dans ses flancs. Et nous avons laissé volontairement de côté ici la seconde et la troisième marine militaire du monde : la marine américaine et la marine nipponne. Au train où vont les armements, on est en droit de se demander s'il sera possible un jour aux nations militaires de retrouver jamais des finances saines ! Chacun de ces géants des océans ne coûte-t-il pas plus de quelque 1200 millions de nos francs actuels (armement compris). Quant à l'U. R. S. S. qui, vers 1940, possédait à peine 300 000 t de navires de combat (contre les 800 000 t, par exemple, du Japon), il ne saurait en être question — du moins pour l'instant — son activité s'exerçant ailleurs et plus particulièrement dans le domaine aérien où sa supériorité s'affirme. Si l'on établit le bilan des unités vraiment modernes qui constituent le corps de bataille de la France d'une part, de l'Italie et de l'Allemagne réunies (y compris les cuirassés en construction), on arrive à cette comparaison : 2 cuirassés de 15 000 t pour la France contre 5 pour Allemagne-Italie ; 2 cuirassés de 26 600 t contre 1 pour Allemagne-Italie ; 3 cuirassés de 22 000 t contre 2 pour Allemagne-Italie ; aucun cuirassé de 12 000 t contre 3 pour Allemagne-Italie. Ce qui veut dire qu'en 1937, nous aurons 7 cuirassés, alors que l'Allemagne et l'Italie réunies en possèdent déjà 11. Il s'agit, bien entendu, ici, de cuirassés modernes ou modernisés. Or, notre situation sera moins brillante encore en 1940, car 3 de nos cuirassés de 22 000 t seront à réformer et nous n'en aurons plus que 4 à opposer aux 11 de l'Allemagne et de l'Italie !

combat, il y a aussi les raids possibles sur les colonies de l'adversaire... et ce n'est pas là un objectif négligeable.

### SEULE, L'ALLEMAGNE SAIT ENCORE FABRIQUER LE MOTEUR D'AVIATION A HUILE LOURDE

L'année 1929 marque une date mémorable dans l'histoire de la propulsion des avions, puisque, alors, le constructeur allemand Junkers fit connaître les résultats de ses recherches sur les moteurs à huile lourde appliqués à la locomotion aérienne. Les progrès accomplis en Allemagne dans ce domaine, depuis cette époque, sont impressionnants. Ce fut, en effet, la mise en service du premier moteur Junkers (du type « Jumo-204 » de 30 litres de cylindrée) sur les lignes de la Compagnie *Lufthansa* (1). Celle-ci, progressivement, équipa par la suite tous ses appareils, au fur et à mesure que les perfectionnements apportés par le constructeur permettaient d'en apprécier et la régularité et la sécurité et l'économie (2). Aujourd'hui, les avions allemands utilisant l'huile lourde pour alimenter leurs moteurs Diesel accomplissent mensuellement plus de 2 000 heures de vol sans aucune défaillance ! C'est là le triomphe du moteur à deux temps à injection qui, au début, n'avait pas trouvé un très bon accueil auprès des exploitants de transports aériens, surtout en France. Depuis lors, bien que convaincus, la plupart des constructeurs dans différents pays ont été incapables d'imiter l'Allemagne. Ainsi, en 1937, notre aviation (civile et militaire) utilise exclusivement le moteur à essence en dépit des recherches encouragées par le ministère de l'Air : aucune application pratique en dehors des essais de laboratoire et de quelques vols d'expérience assez peu concluants... Revenons à l'Allemagne : différents types de moteurs Junkers ont été successivement adoptés, tels que le « Jumo-205 » (18 litres de cylindrée environ), puis le « Jumo-206 » (de 25 litres environ). Ce qu'il importe de noter à ce sujet, c'est l'abaissement continu du poids au ch, qui passe de 0 kg 95 à 0 kg 63 seulement, soit un gain de près de 35 % ! En outre, si on « tirait » au début 28 ch de 1 litre de cylindrée, actuellement on a obtenu plus de 42 ch (et, paraît-il, même 45 ch). Cet accroissement de puissance, objet de travaux patients et minutieux, résulte évidemment de l'accroissement de la vitesse de régime. Celui-ci a pu être réalisé grâce à la diminution du rapport course-alésage, qui passe successivement de 3,5 à 2,5, ce qui est un résultat fort appréciable ; grâce aussi à la pression moyenne accrue. La mise au point fut particulièrement laborieuse (notamment au point de vue du balayage des gaz résiduels de la combustion). Un dispositif ingénieux, imaginé depuis peu, a permis d'obtenir par la suite des résultats satisfaisants en remédiant à l'inconvénient primitif. Les études publiées à ce sujet dans différentes revues techniques montrent à quel point le problème était complexe pour arriver à une solution vraiment industrielle... Il fallait, en effet, ne pas augmenter la consommation spécifique, régler l'allumage (retard) en fonction de l'injection (durée), tout en tenant compte que le moteur devait fonctionner à pleine charge ; enfin, il fallait déterminer les caractéristiques des différentes huiles lourdes destinées à alimenter le moteur à combustion interne. Ce sont, actuellement, les *huiles à indice de cétène élevé* (3) que l'on dut préférer au *gas oil* du commerce, combustible peu indiqué pour les moteurs d'aviation puisque précisément son indice de cétène est trop bas (60 environ). Il faut reconnaître à cet égard la maîtrise et la supériorité de la mécanique de précision allemande, qui a su « injecter » les combustibles sous 530-550 kg/cm<sup>2</sup> en moins de 1 millième de seconde (avant passage au point mort-haut). Rien qu'au point de vue de l'étanchéité, n'a-t-il pas fallu trouver d'ingénieux et sûrs dispositifs pour suppléer aux segments de piston insuffisants dans les conditions où fonctionne le Diesel d'aviation. L'examen détaillé de l'anneau utilisé à cet effet constitue un chef-d'œuvre que, seuls, peuvent apprécier des spécialistes qui savent

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 157, page 13. — (2) Voir *La Science et la Vie*, n° 233, pages 354 et 417. — (3) Voir *La Science et la Vie*, n° 240, page 476.



quelles difficultés on rencontre pour évacuer les calories à des températures avoisinant 250° C. (Comme dirait un mécano : « Voyez dilatation... »). Signalons encore l'emploi de canaux creusés dans la paroi mince de la chemise du cylindre (avec frettage cylindrique) où circule de l'éthyl-glycol qui permet de diminuer (au point de vue refroidissement) la surface des radiateurs et de réduire, par suite, la résistance à l'avancement (aérodynamique) (1). Et voici encore de nouveaux progrès à l'actif de la firme Junkers, « mère » du Diesel d'aviation à huile lourde. C'est un modèle destiné aux hautes altitudes, qui sera muni d'une turbine à gaz d'échappement pour provoquer l'entraînement d'un compresseur de suralimentation (afin de maintenir la puissance du moteur à 5 000 m). Après maints essais, on aurait adopté — paraît-il — un turbo-compresseur qui, à partir d'une certaine altitude (la turbine entrant en fonctionnement), augmenterait de vitesse, d'où accroissement du taux de compression. Ce serait un nouveau système de compresseurs à deux étages, dont le premier étage s'accouplerait directement à la turbine afin de réaliser une « unité » libérée du moteur. Les ingénieurs allemands auraient, dit-on, depuis peu mis au point un « Jumo-205 » suralimenté ainsi, équipé d'une turbine à gaz pesant moins de 40 kg et qui, à 6 000 m, développerait 150 ch au minimum. Quant au second étage, un dispositif inédit à roue permettrait au turbo-compresseur d'atteindre un taux de compression de l'ordre de 2,41. Ce point est important, car la consommation de combustible au ch-heure serait particulièrement réduite. Elle n'aurait pas dépassé, entre 4 000 et 6 000 m, 160 g (consommation spécifique). De tels moteurs sont dès maintenant mis au point : ils seraient bientôt construits en série pour des puissances de 1 500 à 2 000 ch et pesant moins de 500 g par cheval. De plus, une disposition dite « en carré » (quatre lignes de cylindres deux à deux) et à quatre vilebrequins placés au sommet de ce carré, adoptée pour les futurs moteurs, permettrait de diminuer notablement la résistance à l'avancement de l'avion, puisque la surface portante serait alors sensiblement réduite. Ces quelques aperçus suffiront sans doute à expliquer pourquoi la technique allemande, en matière de moteur d'aviation à huile lourde, surclasse — du moins jusqu'à présent — toutes les autres.

### TOUJOURS LA QUESTION DE L'HÉLIUM POUR DIRIGEABLES

L'Allemagne, soucieuse de l'avenir de ses dirigeables (2), a non seulement obtenu des U. S. A. l'autorisation d'acheter de l'hélium américain, sous certaines réserves, mais encore fait actuellement procéder à la prospection du sol mexicain en vue d'y trouver le précieux gaz de sécurité qui doit exister ailleurs qu'aux États-Unis et, suppose-t-on, en Amérique du Sud. En attendant que les géologues aient mené à bien cette mission, la Compagnie Zeppelin se préoccupe de trouver des solutions pratiques au problème posé par l'emploi de ce gaz, incombustible il est vrai, mais qui diminue sensiblement la force ascensionnelle d'un aéronef (à volume égal) par rapport à l'hydrogène. En outre, il ne faut pas perdre de vue que l'aménagement d'un dirigeable destiné à être gonflé à l'hélium diffère sensiblement de celui établi pour utiliser l'hydrogène, particulièrement dangereux mais le plus léger de tous les gaz connus à ce jour. Par suite, la capacité de transport d'un zeppelin est évidemment plus faible avec l'hélium qu'avec l'hydrogène. On se rappelle que le *Hindenburg* avait été primitivement conçu, par mesure d'économie, pour utiliser, grâce à un dispositif ingénieux, à la fois ces deux gaz ; l'hélium entourait et isolait les ballonnets gonflés à l'hydrogène ; celui-ci risquait ainsi beaucoup moins de s'enflammer ou d'exploser suivant les proportions du mélange hydrogène-comburant (oxygène de l'air). Un tel dispositif de sécurité — encore bien relative — présentait cependant un autre avantage : celui d'assurer à bon compte l'équilibre statique de l'aéronef, puisqu'il

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 211, page 22.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 244, page 295. Le nouveau dirigeable *LZ-130* entrerait en service en avril 1938. Il pourrait emporter, en 20 cabines, 40 passagers au lieu des 50 prévus dans le projet original.

suffisait d'évacuer au moment voulu l'hydrogène qui coûte peu, alors qu'avec de l'hélium coûteux on aurait rejeté, en pure perte, un gaz qui revient à plus de 25 f le m<sup>3</sup> au prix actuel !

On a de même cherché à réaliser la sustentation par un autre moyen : il consiste à remplir les ballonnets avec ce même gaz — combustible celui-là — qui, précisément, alimente les moteurs pour la propulsion du dirigeable et dont le prix est, par contre, assez bas. C'est le « Blau-gas » — du nom de son inventeur — dont nous nous avons montré ici les utilisations à bord des plus légers que l'air. En chassant ce gaz (1) carburant, léger et bon marché, des ballonnets au fur et à mesure que l'allègement croissant du dirigeable se manifeste (cette diminution de poids est provoquée par la consommation progressive du combustible alimentant les Diesel), le commandant à bord peut dès lors maintenir l'altitude voulue pour la navigation aérienne en usant judicieusement du dispositif ci-dessus.

### OU EN EST L'ALIMENTATION DES MOTEURS AU GAZ EN ALLEMAGNE EN 1937 ?

Au cours de cette année, une revue technique allemande a montré quel développement avait pris récemment, dans le Reich, l'utilisation des « gaz riches » pour la locomotion mécanique. Depuis longtemps déjà, *La Science et la Vie* (2) a exposé les applications du gaz de ville comme carburant dans les moteurs à explosion (plus exactement à carburation), tels que ceux qui sont alimentés à l'essence. En Allemagne, tant que les récipients-réservoirs destinés à contenir le gaz sous pression furent d'un poids prohibitif, les véhicules à gaz de ville n'eurent aucun succès. Il n'en fut plus de même lorsque apparurent les nouveaux récipients en acier, jugés susceptibles d'emmagasiner sous pression (200 atmosphères) le gaz d'éclairage et qui ne pèsent pas plus de 20 kg, pour une capacité intérieure de 10 litres. On se souvient que 1 600 cm<sup>3</sup> de gaz (mesurés à pression et température ordinaires), peuvent remplacer 1 000 cm<sup>3</sup> d'essence liquide. Cette économie a donc incité à généraliser l'emploi de gaz plus ou moins liquéfiables sur les tracteurs automobiles, et aussi les gaz aisément liquéfiables (en provenance de la houille, des huiles minérales), tels que le propane, le butane, obtenus ainsi que nous l'avons exposé précédemment (3), se liquéfiant à la température ordinaire sous pression modérée (maximum 20 atmosphères). Aussi est-il facile de les conserver dans des bouteilles de faible épaisseur et, par suite, assez légères pour être manipulées facilement pour leur transport. En effet, le poids mort de ces récipients n'atteint pas 600 g pour 1 000 cm<sup>3</sup> de capacité interne. Rappelons aussi (4) qu'au point de vue calorifique, le gaz a un pouvoir supérieur de 1 500 calories (grandes calories) à celui de l'essence ordinaire. Il faut donc en déduire que 1 kg de carburant gaz (propane-butane) peut remplacer plus de 1 700 cm<sup>3</sup> de carburant essence. Il existe de même, sur le territoire allemand, des camions alimentés par des bouteilles en acier forgé d'un contenu de 75 kg de propane-butane et d'un poids (à vide) de 45 kg seulement. On a vu précédemment ici comment, au moyen de dispositifs fort simples (détendeur, réchauffeur, soupape de mélange avant carburateur), le gaz alimentait le moteur automobile ordinaire, mais adapté au carburant gazeux. Si le Reich n'a pas encore en service plus de véhicules de ce genre, cela tient à ce que sa production actuelle ne dépasse pas 20 000 t par an. Comme l'on sait également que les gaz propane et butane proviennent du cracking (5), lors de la fabrication de l'essence destinée à la carburation, il est possible que cette quantité s'accroisse au fur et à mesure que les raffineries produiront davantage, et

(1) Les Américains arrivaient au même résultat sur leurs dirigeables, en condensant l'eau des gaz d'échappement des moteurs qui, elle aussi, joue le rôle de *test* ; mais l'installation à bord est encombrante et alourdit l'équipement de l'aéronef ; or, dans la navigation aérienne, — surtout, — gagner sur le poids mort, c'est gagner de la place pour la charge utile ou encore augmenter le rayon d'action. — (2) Voir *La Science et la Vie*, n° 213, page 251. — (3) Voir *La Science et la Vie*, n° 222, page 483. — (4) Voir *La Science et la Vie*, n° 189, page 233. — (5) Voir *La Science et la Vie*, n° 126, page 485.



cela en tenant compte des régions industrielles. Quoi qu'il en soit, des autobus, des cars, des tracteurs, etc., circulent en appliquant ce mode de propulsion. Il existe, à côté de gaz facilement liquéfiables, d'autres gaz dits « permanents » qui le sont beaucoup moins ! Ce sont notamment le méthane et le gaz de ville, auquel nous faisons allusion au début de cette documentation, sans omettre un mélange de composition sensiblement voisine provenant des fours à coke.

Le gaz, nous l'avons vu, peut être transporté dans des récipients en acier (bouteilles cylindriques), sous 200 atmosphères de pression, qui sont suffisamment légers grâce aux progrès de la sidérurgie, et c'est là un point capital pour l'exploitation des transports. Si on se rappelle qu'au cours la guerre il fallait compter près de 14 kg par mètre cube de gaz emmagasiné, et qu'il faut maintenant un peu plus de 5 kg de poids mort pour la même quantité, on peut apprécier le gain ainsi réalisé en 1937. Si nous reprenons le rapport précédent, 1 700 cm<sup>3</sup> de gaz équivalant à 1 000 cm<sup>3</sup> d'essence, on arrive au chiffre de 8 kg environ, représentant le supplément de poids nécessaire pour le gaz comprimé ramené à 1 litre d'essence. Récemment, le fretage des bouteilles (corde à piano) a permis d'atteindre 3 kg seulement par mètre cube de gaz emmagasiné. Ainsi, on constate que des véhicules urbains à gaz de ville (au voisinage de stations de compresseurs et de ravitaillement) circulent maintenant régulièrement et économiquement (1).

### A PROPOS DU CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA PRESSE TECHNIQUE A PARIS (EXPOSITION DE 1937)

Le Congrès international de la Presse Technique et Périodique, tenu à Paris à l'occasion de l'Exposition de 1937, a mis en évidence la place sans cesse croissante qu'elle a prise, au cours d'un demi-siècle à peine, dans notre civilisation contemporaine, c'est-à-dire depuis que la Science appliquée à la vie moderne a bouleversé les conditions mêmes de notre existence matérielle et modifié nos mœurs. Cette presse technique, de par sa documentation universelle, de par ses études, de par ses informations plus « poussées » que celles des quotidiens, constitue maintenant l'indispensable complément du journal. Le roi Albert I<sup>er</sup> de Belgique, président, peu avant sa fin tragique, le banquet de l'une des plus anciennes revues littéraires françaises, n'affirmait-il pas que le périodique actuel jouait un rôle essentiel, ne fût-ce que pour rectifier (2) notamment les jugements ou les interprétations souvent trop hâtives et parfois inexacts des journaux ? Les faits et les événements qui surviennent dans le monde entier dans le domaine scientifique, technique, économique, exigent d'être présentés, analysés, commentés avec une réelle précision, d'où nécessité de fournir au lecteur des chiffres exacts, des renseignements précis, sur leurs causes et leurs effets. En un mot, il s'agit de pratiquer intégralement cette méthode d'analyse critique qui est la condition même de la probité intellectuelle. A ce point de vue, il importe donc que la Rédaction d'une publication — de réelle valeur documentaire — soit totalement indépendante des considérations commerciales qui entravent si souvent la liberté d'appréciation. Pour l'annonceur, la partie réservée, dans chaque livraison, à la publicité doit être exclusivement son champ d'action sans chercher à influencer

(1) C'est à Hanovre que fut installée la première station de ce genre, en 1935-36, avec compresseur pour porter à 300 atmosphères 70 m<sup>3</sup> de gaz à l'heure avec trois réservoirs à détenteur de pression. Il existe des stations, en outre, à Berlin, Stuttgart, etc. En France, le concours des camions à gaz comprimé — qui a eu lieu du 14 au 25 septembre dernier sur les étapes : Paris-Orléans-Châteauroux-Limoges-Périgueux-Bordeaux-Saintes-Poitiers-Tours-Le Mans-Chartres-Paris, soit 1 300 km en 11 jours — a montré que 10 bouteilles de 50 litres chacune contenant 100 m<sup>3</sup> de gaz comprimé à 200 kg/m<sup>3</sup> assurent, à un camion de 7 t, un rayon d'action supérieur à 170 km. Etant donné le nombre de villes fabriquant leur gaz d'éclairage (dont la production peut être portée à 500 millions de m<sup>3</sup> par an), il serait aisé d'installer sur les routes, tous les 150 km environ, des postes de ravitaillement alimentés par des usines outillées (compresseurs) pour assurer le remplissage des bouteilles.

(2) Nous employons ici à dessein ce terme au sens qu'on lui accorde dans les ateliers de mécanique de précision pour « rectifier » une pièce, c'est-à-dire pour lui donner sa forme d'usinage aussi parfaite que possible.

le lecteur par d'autres moyens tels que, par exemple, des « attendus » développés dans le texte proprement dit de la publication. Ceci a, hélas ! trop fréquemment nui à la *qualité* des revues. On doit donc inciter avant tout un commerçant, un industriel à faire connaître ses produits exclusivement dans les périodiques qui réalisent précisément ces conditions : la *qualité* et la *quantité* des lecteurs, seuls facteurs qui, « périodiquement », sont capables d'influencer favorablement l'acheteur éventuel en plaçant sous ses yeux des annonces *bien présentées*, susceptibles de mettre en évidence sous une forme « attractive » les avantages de tel ou tel objet. La liaison établie de cette façon entre le producteur et le consommateur atteint ainsi le but essentiel que justifie la publicité insérée dans la presse. Elle constitue aussi, pour elle, l'une de ses principales et honorables ressources, ce qui lui permet de vendre moins cher ses numéros bien présentés, scrupuleusement rédigés.

### POLITIQUE ALLEMANDE DU FILM

Pour la cinématographie allemande, Neubabelsberg est, en quelque sorte, la capitale du film où l'U.F.A., notamment, a édifié la cité de la camera à quelques kilomètres de Potsdam. Elle y offre au visiteur son instructif musée consacré au septième art où sont scientifiquement rassemblés tant de documents qui retracent son évolution relativement récente : le film ne date que de quarante ans à peine ! On y voit entre autres l'histoire des réalisations de l'écran en liaison avec les grandes nations artistiques, telles que l'Italie et le Nippon notamment. Cette production, spécifiquement germanique, est, à notre avis, l'une des plus remarquables qui soit au monde, à en juger aussi par le succès de certains films en Europe Centrale comme en Extrême-Orient, qui a été considérable — surtout à cause de la qualité de ses magnifiques extérieurs. Le Reich, par ce précieux truchement de la pellicule, intensifie ainsi sa propagande mondiale : en Hongrie comme aux Indes, en Pologne comme en Finlande, et cela grâce à la qualité de cette « exportation » intellectuelle dont la probité documentaire — indéniable — surclasse la plupart des films étrangers. Une telle propagande, ainsi méthodiquement organisée par l'Allemagne, se traduit par des chiffres : en 1936, le Reich a expédié à travers les continents près de 1 450 « copies » au format normal (35 mm), et plus de 700 de format réduit (16 et 17,5 mm). Rien que pour attirer en territoire germanique des touristes de plus en plus nombreux, les écrans de la plupart des nations du globe ont offert à leur public 1 million 1/2 de projections à caractères touristiques ! L'Exposition de Dusseldorf de 1937 — avec son slogan « une nation à l'œuvre » — a montré, cette année même, comment le III<sup>e</sup> Reich savait attirer sur son sol une foule de « voyageurs » soucieux de s'instruire, curieux de contempler des centres pittoresques, historiques ou artistiques dans l'une des régions les plus peuplées et les mieux exploitées, à tous égards, de la civilisation occidentale.

### UN NOUVEAU PROGRAMME DE STOCKAGE DES PRODUITS PÉTROLIERS EN ANGLETERRE

Un spécialiste des mieux renseignés sur les questions pétrolières a exposé récemment (*G. C.*, Tome CXI, n° 11), dans une étude bien documentée, le programme de stockage des produits pétroliers en Grande-Bretagne : ravitaillement par tankers (30 000 t par jour en moyenne), aménagement des stocks, conditions de stockage, solutions proposées (voir rapport H. Moore), construction et prix de revient des réservoirs, entrepôts, pipe-lines, stations de pompage à établir en Angleterre, conservation de l'essence (surtout essences d'aviation, etc.), carburants de remplacement, etc. Les Anglais seraient donc maintenant moins enthousiastes pour hydrogéner leur houille (en vue de l'obtention de l'essence synthétique) et en reviendraient à la politique des stocks comme elle est pratiquée aux Etats-Unis d'Amérique. Le point



de vue financier (investissements énormes et prix de revient encore trop élevés) n'est sans doute pas étranger à une telle évolution.

### LES RICHESSES AGRICOLES DE LA FRANCE EN 1937

L'Exposition de Paris 1937 a constitué en quelque sorte un inventaire des richesses nationales de la France, parmi lesquelles les ressources provenant de l'agriculture tiennent la première place. Voici des chiffres (d'après les dernières statistiques se rapportant à l'année 1936) : 73 % de notre sol sont cultivés par le paysan. Le territoire agricole est exploité par : 199 000 métayers (soit 10 %), 278 000 fermiers (soit 30 %) ; 2 729 000 propriétaires « font valoir » directement. Il y a en France 3 656 exploitations agricoles dont à peu près la moitié ne dépassant pas 5 hectares ! Par contre, 12 % d'exploitants ont de 20 à 100 hectares. Cette dernière catégorie représente à peu près 40 % des terres, alors que, pour la catégorie d'exploitants la plus nombreuse, le pourcentage de leurs terres n'excède pas 10 % au total.

Le travail de la terre a produit en 1936 : 80 millions de quintaux de blé, 72 pour les autres céréales, 85 de betteraves à sucre, 300 de betteraves fourragères. La France produit en moyenne 350.000 quintaux de tabac sur son propre sol, ce qui est loin de répondre à ses besoins en qualité (1) comme en quantité. Nos herbages sont, par contre, très abondants : 553 millions de quintaux pour 1936. Notre vin représente annuellement à peu près 70 millions d'hectolitres ; le tonnage de nos fruits (sans compter le raisin de table évalué à 1 million de quintaux), dépasse 33 millions de quintaux, alors que nos légumes atteignent 14 millions par an. La France produit 1 800 000 tonnes de viande, dont la valeur (pour 1936) est voisine de 15 milliards de francs (valeur du franc de la loi monétaire de 1936). Chaque Français consomme, en moyenne, 42 kg de viande annuellement. Il absorbe 250 litres de lait (y compris beurre et fromage) sur les 14 milliards de litres produits par an et 140 œufs par tête d'habitant. Le cheptel français est des plus imposants : 15 millions 600 000 bovidés, 9 500 000 moutons, 7 millions de porcins, 2 800 000 chevaux et 120 millions d'animaux de basse-cour qui fournissent annuellement 5 milliards d'œufs d'origine française (sans compter les œufs d'importation lointaine et conservés grâce au progrès scientifique appliqué à l'alimentation, froid, etc.)

Voilà des chiffres qui démontreront au citadin que les vieilles formules à la Sully n'ont rien perdu de leur actualité, car, au point de vue de la prospérité, la France demeure un pays à structure essentiellement agricole de par son sol et son climat. Notre économie rurale est, du reste, harmonieusement complétée par une production industrielle qui peut rivaliser, sinon en quantité, du moins en qualité, avec celles de l'Angleterre, de l'Allemagne. La France offre donc les principales conditions d'équilibre économique indispensables à sa prospérité. Malheureusement, à côté du potentiel de production, il y a d'autres facteurs aussi importants (finances, loyer de l'argent, prix de revient, rendement du travail, etc.) qui doivent entrer en ligne de compte pour affronter, avec chance de succès, la lutte commerciale avec nos concurrents. Notre balance commerciale et notre balance des comptes en dépendent.

(1) Le tabac, plante d'origine tropicale, ne développe pleinement ses qualités que sous un climat très chaud et humide. C'est ce qui explique que les pays de prédilection pour la culture du tabac se trouvent soit en Amérique Centrale, soit dans certaines régions de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud, soit aux Indes Néerlandaises, soit sur quelques points de l'Europe méditerranéenne. Quand les plantations s'écartent de ces régions, les principales qualités du tabac s'atténuent. C'est ce qui explique aussi que les tabacs français, cultivés sous un climat relativement modéré (Quercy, Savoie, etc.), ne possèdent pas intégralement le goût et l'arôme acquis par les plants cultivés sous des climats extrêmes. En conséquence, dans les pays tempérés, les fabricants sont conduits à utiliser, concurremment avec leurs tabacs nationaux, des tabacs provenant de pays tropicaux. Les remarques qui précèdent s'appliquent à l'ensemble des produits fabriqués en France. Il y a lieu de signaler, en outre, que certains produits spéciaux, tels que les cigarettes dites « goût anglais » ou « goût Orient » sont constitués par des tabacs possédant un arôme particulier ; les premiers sont composés essentiellement de tabacs de Virginie dorés, les seconds comportent presque exclusivement des tabacs provenant de certains pays de l'Europe orientale et de l'Asie mineure. Enfin, pour l'enrobage des cigares de choix, il est nécessaire d'utiliser des tabacs d'une finesse extrême qui se rencontrent principalement aux Indes Néerlandaises.

# 1937 : ANNÉE DE L'EXPOSITION DES TECHNIQUES, A PARIS

## SCIENCE ET LUMIÈRE AU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE (SECTION DE L'OPTIQUE)

Par Jules LEMOINE

PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

*Par le terme de lumière, on désigne couramment le phénomène très particulier qui provoque, par l'intermédiaire de la rétine, les sensations visuelles. Pour le physicien, le sens du mot lumière est, au contraire, beaucoup plus étendu : il embrasse non seulement le domaine précédent — restreint — des radiations dites « lumineuses », mais encore celui plus vaste des radiations non lumineuses, qui est, en effet, pratiquement illimité. La lumière est constituée, comme chacun sait, par une série de trains d'ondes électromagnétiques qui se propagent à la vitesse de 300 000 km par seconde. Que la longueur d'onde de ces radiations varie depuis zéro jusqu'à l'infini, ou plutôt depuis le milliardième de millimètre (rayons gamma du radium) jusqu'à plusieurs kilomètres (ondes longues de la Radio), leur nature profonde demeure identique. Aussi, pour le physicien, l'étude de la lumière — synonyme de rayonnement — constitue donc une tâche d'importance primordiale. Suivant l'heureuse expression de notre éminent collaborateur M. Charles Fabry, de l'Institut, c'est même la moitié au moins de l'étude de l'univers, puisque, suivant les idées actuelles, cet univers est entièrement matière et lumière, l'une étant d'ailleurs susceptible — comme on l'a vu dans La Science et la Vie (1) — de se transformer intégralement en l'autre. Le domaine particulier de l'optique, dans ce cadre général, apparaît singulièrement plus modeste. A l'optique géométrique, fondée sur la notion de rayon lumineux, revient l'étude des instruments d'optique par application des lois simples de la réflexion, de la réfraction ; à l'optique physique, fondée sur la théorie ondulatoire de la lumière, est dévolue l'étude des phénomènes d'interférence, de réfraction, de polarisation qui trouvent maintenant de nombreuses applications dans les laboratoires de recherche scientifique et de contrôle industriel. C'est grâce aux expériences fondamentales dans ces domaines respectifs que nous possédons aujourd'hui des connaissances très précises sur la lumière et les radiations invisibles. Le mérite des savants qui ont organisé la Section d'Optique au Palais de la Découverte a été de les reproduire sous une forme accessible à tous, comme celui du professeur Lemoine est de les exposer ici sous une forme claire et attrayante.*

**A** la base de notre connaissance des propriétés de la lumière se trouve la loi de la propagation rectiligne du *rayon lumineux*. La lumière se propage en ligne droite, parcourant dans chaque seconde une distance de 300 000 km si le milieu traversé demeure *isotrope*. S'il survient un changement, soit que le rayon lumineux heurte un miroir, soit qu'il franchisse la surface de sépara-

tion de deux corps transparents, une « *brisure* » du rayon se produit. Dans le premier cas, on observe une réflexion, accom-

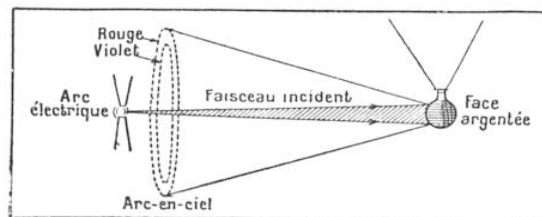


FIG. 1. — COMMENT EST PROJETÉ L'ARC-EN-CIEL SUR L'ENTRÉE DES SALLES D'OPTIQUE

Un faisceau tombe sur un ballon de verre rempli de cinnamate d'éthyle (liquide très dispersif) et argenté sur sa face arrière. Les rayons en sortent en formant un faisceau conique. L'angle de ce cône est plus grand pour le rouge que pour le violet. (Voir la couverture de ce numéro.)

agnée d'une diffusion plus ou moins grande dans toutes les directions suivant que la surface du solide rencontré est plus ou moins bien polie. Dans le deuxième cas, on assiste à une réfraction. Réflexion et réfraction constituent les phénomènes fondamentaux sur lesquels repose tout le déve-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 235, page 18.



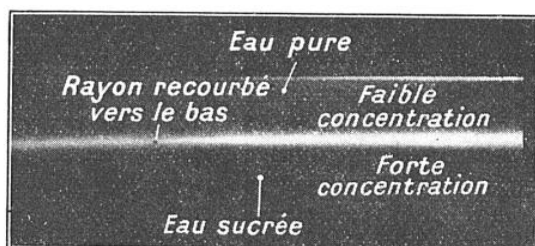


FIG. 2. — COURBURE D'UN RAYON LUMINEUX TRAVERSANT UNE SOLUTION SUCRÉE NON HOMOGÈNE (COURBURE VERS LE BAS)

Une cuve fermée par des glaces transparentes contient de l'eau sucrée concentrée à sa partie inférieure et de l'eau pure à sa partie supérieure. Par suite de la diffusion, la concentration diminue quand on s'élève. Un rayon pénètre obliquement dans le bac et monte. Les réfractions qui en résultent le courbent de façon que sa concavité soit tournée vers le bas.

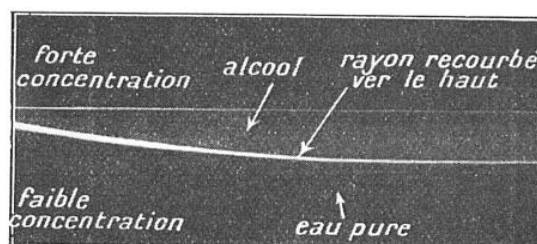


FIG. 3. — COURBURE D'UN RAYON LUMINEUX TRAVERSANT UN MÉLANGE ALCOOLISÉ NON HOMOGÈNE (COURBURE VERS LE HAUT)

Une cuve analogue à la précédente a été à moitié remplie d'eau sur laquelle on a versé, avec précaution, de l'alcool. Les deux liquides diffusent lentement l'un dans l'autre et la concentration en alcool diminue régulièrement de haut en bas. Le rayon lumineux oblique arrivant dans le haut est alors courbé de façon que sa concavité soit tournée vers le haut.

loppement de la branche de l'optique dite «géométrique», dont les applications sont si nombreuses et si importantes. M. Charles Fabry, par les soins de qui les expériences d'optique géométrique ont été installées au Palais de la Découverte, a judicieusement souligné que la théorie des instruments d'optique commande, plus ou moins directement, toutes les autres sciences et

leurs applications. Le microscope, par exemple, a permis de constituer la science des êtres vivants et, en particulier, la bactériologie, qui domine aujourd'hui toute la médecine; c'est à lui également que nous devons, pour une grande part, notre connaissance de la structure intime des métaux et des alliages. Sans télescopes ni lunettes, d'autre part, l'astronomie

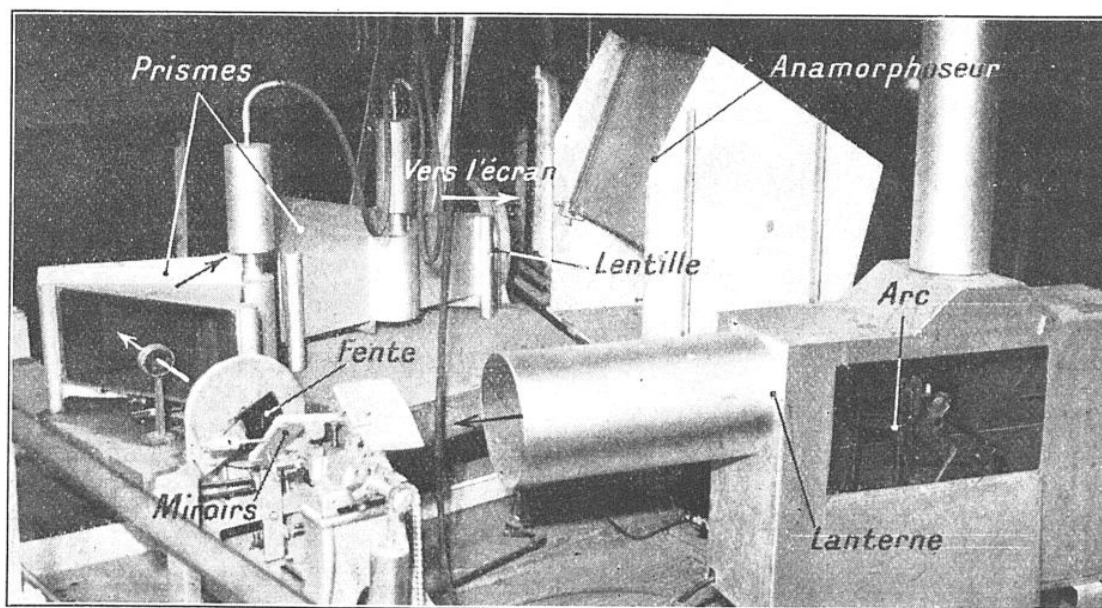
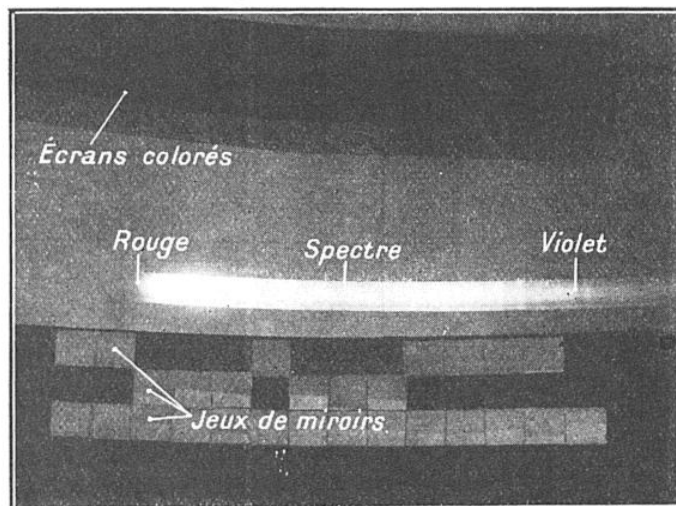


FIG. 4. — VUE D'ENSEMBLE DE LA PLATE-FORME RASSEMBLANT LES SOURCES DE LUMIÈRE ET L'APPAREILLAGE POUR L'ANALYSE SPECTRALE

Une puissante lanterne à arc éclaire, par un jeu de miroirs, une fente verticale. Au delà, on trouve deux gros prismes remplis de cinnamate d'éthyle. Au-delà se trouve une lentille convergente qui projette le spectre sur un mur vertical placé à une dizaine de mètres (voir fig. 5). Un anamorphoseur formé de deux miroirs cylindriques peut intervenir pour allonger le spectre. Au-dessus de la plate-forme, dans le toit, s'ouvre une fenêtre qui regarde le ciel. Les rayons du soleil, renvoyés par des miroirs toujours convenablement orientés, descendent verticalement et sont utilisés à la place de l'arc. Une cellule photoélectrique commande le passage de l'un à l'autre quand le soleil apparaît ou disparaît. C'est aussi de la plate-forme que part le faisceau qui produit le phénomène de l'arc-en-ciel (fig. 1).



végéterait sans doute encore au stade qu'elle avait atteint avant l'invention des lunettes. Qu'il s'agisse des verres relativement simples destinés à corriger les défauts de l'œil, des objectifs photographiques, des télémètres les plus perfectionnés, — pour ne



que, au Palais de la Découverte, sont consacrées à ces lois simples, le trajet des faisceaux lumineux étant rendu visible dans l'air par une trace de fumée d'encens, dans l'eau par un peu de fluorescéine. Sensiblement plus spectaculaire est l'expérience classique

FIG. 5. — SPECTRE DE LA LUMIÈRE SOLAIRE PROJETÉ SUR LE MUR.

Un mouvement périodique lent d'oscillation de la plate-forme fait monter et descendre le spectre sur le mur. En haut sont des bandes horizontales de papier coloré. Quand le spectre se trouve sur ces bandes, elles ne renvoient par diffusion que leurs propres couleurs, tandis que l'écran blanc les renvoie toutes. Divers corps absorbants peuvent d'ailleurs être intercalés sur le trajet du rayon lumineux, avant la fente de la figure 4, et produire des bandes d'absorption. Au-dessous, divers jeux de miroirs renvoient sur un écran placé près de la plate-forme soit toutes les couleurs et donnent alors la synthèse de la lumière blanche, soit une partie seulement des couleurs et produisent le phénomène des couleurs complémentaires.

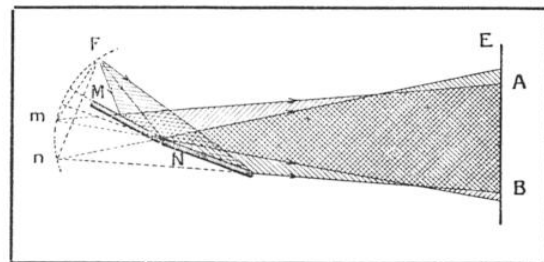
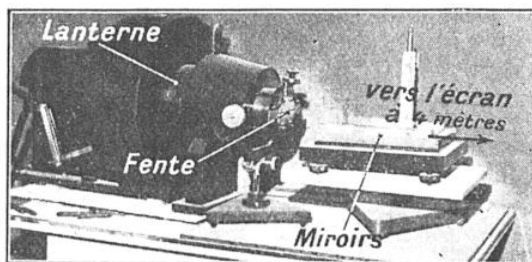


FIG. 6 ET 7. — DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL POUR LA PRODUCTION DES FRANGES D'INTERFÉRENCE DE FRESNEL (A GAUCHE) ET SCHÉMA DE SON FONCTIONNEMENT (A DROITE)

Une lanterne de projection éclaire une fente horizontale F. Deux miroirs plans M et N, juxtaposés, donnent de F deux images très rapprochées m et n. Les deux faisceaux réfléchis correspondent recouvrent, sur un écran E placé à 4 m, la région commune AB où apparaissent des franges brillantes, séparées par des franges obscures (fig. 8).

citer que ces exemples, — partout on retrouve la mise en application des lois fondamentales simples de la réflexion et de la réfraction auxquelles se ramènent les combinaisons les plus savantes de miroirs, de lames à faces parallèles, de prismes, de lentilles, etc., utilisées dans la pratique. Quelques salles de l'Optique géométrique

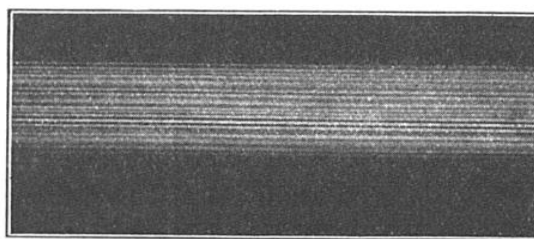


FIG. 8. — LES FRANGES D'INTERFÉRENCE DE FRESNEL PHOTOGRAPHIÉES SUR L'ÉCRAN E

Les franges lumineuses sont telles que la différence des chemins parcourus depuis F (fig. 7) est un nombre entier de longueurs d'ondes. Les franges obscures correspondent à un nombre impair de demi-longueurs d'ondes. Les franges sont colorées parce que la longueur d'onde de la lumière varie du rouge au violet.

des « miroirs conjugués », réalisée ici d'une manière fort originale. Dans une première installation, une lampe électrique de 1 500 watts est placée à l'un des foyers. Au foyer conjugué se trouve un ballon rempli d'eau portée en quelques minutes à l'ébullition. Dans une deuxième, un mélange réfrigérant remplace la lampe, et

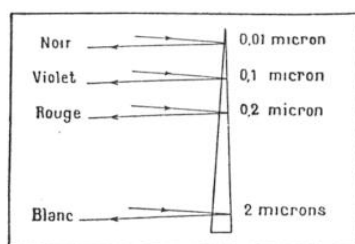


un corps placé d'une manière précise à l'autre foyer se refroidit.

### Comment on explique le mirage

La loi de la propagation rectiligne de la lumière semble, cependant, parfois en défaut. Voici deux cuves (fig. 2 et 3) où le rayon lumineux se propage suivant une ligne courbe, parce que la lumière ne traverse pas un milieu homogène, mais un mélange dont l'indice de réfraction varie d'une manière continue. Il en résulte une infinité d'infiniment petites brisures du rayon qui nous apparaît comme une courbe continue. C'est, d'ailleurs, un phénomène familier aux astronomes, car notre atmosphère terrestre n'est pas homogène et la réfraction atmosphérique dévie les rayons lumineux dans leur voyage entre l'étoile et la lunette qui la regarde. De même s'expliquent les mirages dus à l'échauffement de l'air au contact du sol.

Mais ce rayon lumineux n'a pas une structure simple. On sait, depuis Newton, que la lumière blanche est formée par la superposition d'une infinité de couleurs, qui apparaissent séparées dans le spectre solaire et, plus familièrement, dans l'arc-en-ciel. Chacun des rayons colorés possède des propriétés optiques



ici figurée, croît, de haut en bas, de zéro à plusieurs microns. Eclairons-la par un faisceau de rayons parallèles et recevons les deux rayons réfléchis, un par la face antérieure, l'autre par la face postérieure de la lame. Ces rayons superposés interfèrent, donnant un maximum de lumière si les deux trains d'ondes sont concordants, un minimum nul s'ils sont discordants. Voici alors l'ordre de grandeur du phénomène observé. Épaisseur, quelques centièmes de micron : les ondes sont discordantes, la lame paraît noire ; épaisseur, 0,1 micron : les ondes bleues sont concordantes, la lame paraît bleue ; épaisseur, 0,2 micron : la lame paraît rouge. Les couleurs du spectre entre le violet et le rouge apparaissent entre les épaisseurs 0,1 et 0,2 micron. Quand on double ou triple ces épaisseurs, les mêmes couleurs se reproduisent, mais de plus en plus lavées de blanc.

FIG. 9. — SCHÉMA DE PRINCIPLE MONTRANT LA COLORATION DES LAMES MINCES PAR INTERFÉRENCE

L'épaisseur de la lame mince,

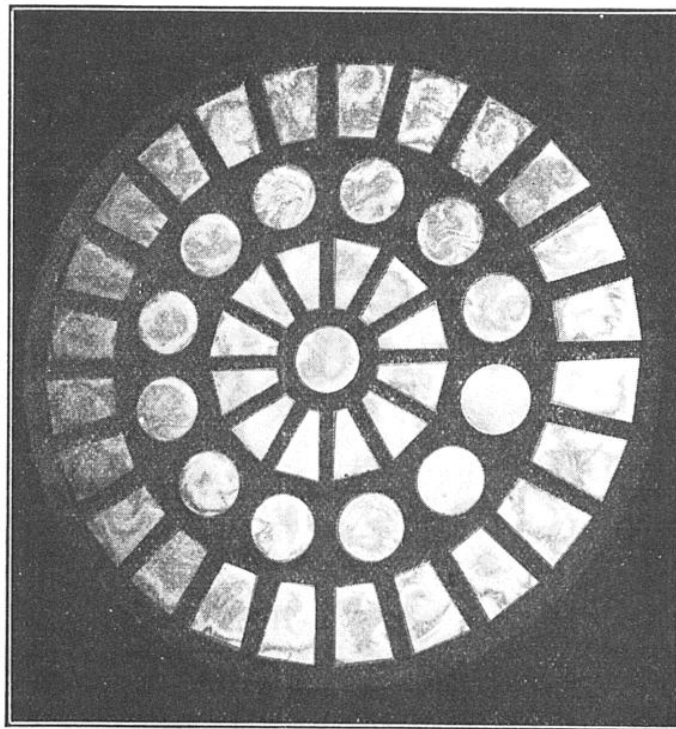


FIG. 10. — GRANDE ROSACE DÉCORATIVE IRISÉE MONTRANT LA COLORATION DES LAMES MINCES

Chaque fenêtre de cette rosace est formée par une feuille très mince de vernis desséché, d'épaisseur variable d'un point à un autre et inférieure à 1 micron. Les rayons incidents issus d'un plafond très blanc se réfléchissent sur les deux faces des lames minces et vont frapper l'œil de l'observateur. Les lames minces paraissent vivement colorées, d'une façon d'ailleurs assez capricieuse suivant la distribution de l'épaisseur.

différentes, et comme ils sont aussi nombreux que les couleurs de l'arc-en-ciel, lesquelles sont innombrables, on voit quelle est la complexité des problèmes que peut soulever l'étude un peu poussée des instruments d'optique en lumière blanche.

### La théorie ondulatoire de la lumière

Une source lumineuse émet des vagues que nous nommons des ondes et qui cheminent à la vitesse attribuée précédemment aux corpuscules lumineux. La longueur des ondes jaunes, c'est-à-dire la distance de deux crêtes successives de vagues, égale 0,6 micron. Les ondes rouges sont plus longues (0,8 micron) et les ondes violettes plus courtes (0,4 micron). Le spectre lumineux va donc de 0,8 à 0,4 micron. Inutile d'ajouter qu'il se prolonge dans les deux sens : du côté du rouge par l'infrarouge, puis par les ondes de la radioélectricité ; du côté du violet, par l'ultraviolet, puis par les rayons X, de longueurs d'ondes plus petites encore.

Mais revenons à la lumière visible : si deux trains de vagues passent sur un même point et que les crêtes du premier train se superposent aux creux du second, la vibration du point considéré est nulle et il reste dans l'obscurité. On dit que les deux trains interfèrent : *lumière + lumière = obscurité*.

Si, au contraire, les crêtes des vagues coïncident, l'amplitude de la vibration double et

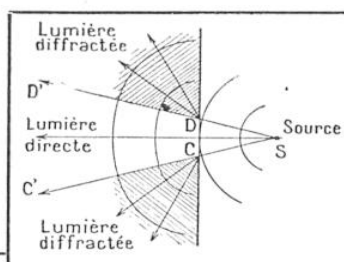


FIG. 11. — SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA DIFFRACTION DE LA LUMIÈRE

Le cône C'SD' correspond à la propagation rectiligne de la lumière. Mais des rayons lumineux déviés à partir des bords C et D de l'ouverture se propagent entre la surface du cône précédent et l'écran (zones hachurées). Cette lumière, inattendue dans la théorie de l'émission, est dite « diffractée ».

blanche qui donnent naissance aux irisations rappelant le spectre lumineux, et que l'on observe par réflexion sur les lames minces lorsque leur épaisseur est inférieure à 1 micron. Ces irisations nous sont très familières, car elles apparaissent dans les bulles de savon, dans les pellicules d'huile de graissage qui recouvrent un sol mouillé, dans la couche d'émail qui recouvre certaines céramiques d'art, etc.

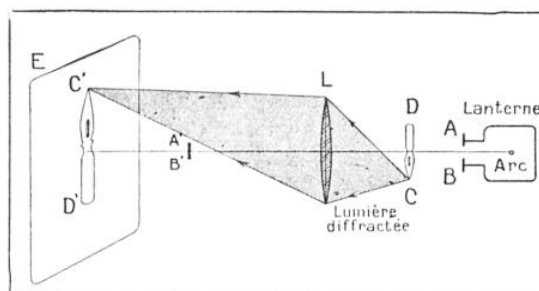
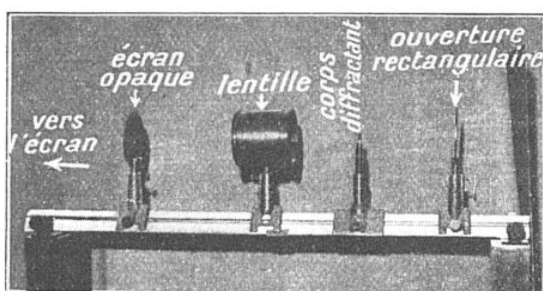


FIG. 12 ET 13. — COMMENT ON RÉALISE DES PROJECTIONS À L'AIDE DE LA LUMIÈRE DIFFRACTÉE

Au sortir du condenseur de la lanterne, l'ouverture rectangulaire AB peut être considérée comme source de lumière. La lentille L en donne une image réelle A'B' ; et sur l'écran E, plus éloigné, une tache éclairée. On place alors en A'B' une lame opaque de la dimension de A'B' ; elle arrête toute lumière et l'écran E redevient sombre. Ceci réglé, on intercale entre AB et L un corps opaque CD. Les rayons lumineux passant près du contour de cet objet sont diffractés. La lentille fait converger ces rayons en C' (E et CD doivent être dans deux plans conjugués par rapport à L). On voit donc sur E un dessin ou trait lumineux qui suit le contour de l'objet (voir fig. 14).

l'éclaircissement du point considéré est plus grand.

La célèbre expérience de Fresnel (fig. 6, 7 et 8) précise qualitativement et quantitativement cette théorie si féconde. Elle est magistralement répétée dans la section d'optique physique à laquelle s'est consacré M. Cotton. Sur l'écran, il se forme d'ailleurs autant de systèmes de franges d'interférence qu'il y a de longueurs d'ondes présentes dans la lumière utilisée.

### Les irisations des lames minces

Ce sont ces phénomènes d'interférence en lumière

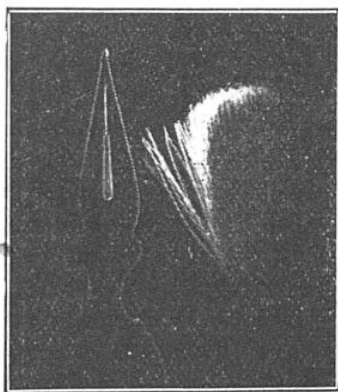


FIG. 14. — DESSIN D'UNE PLUME ET D'UN PINCEAU OBTENU PAR PROJECTION PAR LUMIÈRE DIFFRACTÉE

Ainsi apparaît sur l'écran E (fig. 13) l'image des objets placés en CD. Si on enlevait le rectangle opaque A'B', les images C'D' apparaîtraient au contraire sur l'écran en sombre sur fond clair.

Ce phénomène d'interférence peut servir à une mesure très pratique et très précise des épaisseurs et on ne sera pas surpris qu'il rende les plus grands services dans la métrologie industrielle. Il a aussi permis à Lippmann de photographier les couleurs. La mesure de la longueur d'onde des rayons X, invisibles, mais pouvant être photographiés, a pu être faite en utilisant ces mêmes interférences.

### Diffraction, biréfringence et polarisation

La lumière étant due à un transport d'ondes, la loi de la



propagation rectiligne devient moins évidente et elle n'est en effet qu'une première approximation. L'onde qui rase les bords de l'écran pénètre dans l'ombre géométrique et il y apparaît de la lumière diffractée, utilisable par exemple au lieu

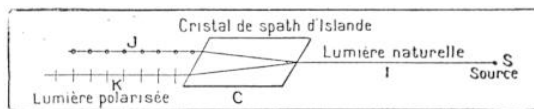


FIG. 15. — PRINCIPE DE LA BIRÉFRINGENCE

Le rayon I, de lumière naturelle (vibrations transversales orientées dans toutes les directions), tombe sur le cristal de spath. Les deux rayons émergents sont polarisés; J, par exemple, ayant ses vibrations perpendiculaires au plan de la figure et K les ayant dans ce plan. Si I était polarisé (vibrations perpendiculaires au plan de la figure), seul J subsisterait. De même K resterait seul, si les vibrations de I étaient toutes dans le plan de la figure.

dinaire, d'une lampe, d'une étoile, c'est-à-dire de la lumière naturelle, la vibration en un point peut prendre, dans le plan de l'onde, toutes les directions possibles. Cependant, sous l'influence de certains miroirs ou de certains corps, cette lumière

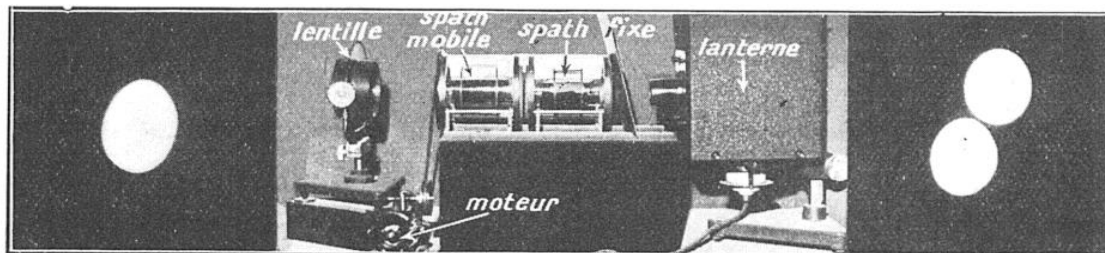


FIG. 16. — APPAREILLAGE POUR L'ÉTUDE DE LA BIRÉFRINGENCE DU SPATH

La lumière traverse successivement deux spaths, l'un fixe, l'autre animé d'un mouvement de rotation autour du rayon. Lorsqu'ils sont orientés de même façon, l'effet est celui d'un spath unique de longueur double; on a deux images écartées (à droite). Lorsqu'ils se contrarient (rotation de  $180^\circ$ ), l'effet est le même qu'avec un spath égal à leur différence, très faible; on a deux images presque concentriques. Dans le cas général, on a quatre images.

de la lumière directe pour réaliser une projection (fig. 12, 13 et 14).

Comment est dirigée la vibration lumineuse en chaque point du rayon? Elle est *transversale* au rayon, c'est-à-dire dans le plan de l'onde. Si la lumière est celle d'une source or-

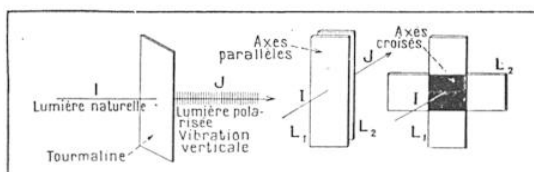


FIG. 17. — PRINCIPE DE LA POLARISATION DE LA LUMIÈRE PAR LA TOURMALINE

Un rayon incident normal I, de lumière naturelle, donne un seul rayon émergent J polarisé (dichroïsme). Deux lames superposées laissent passer la lumière quand leurs axes sont parallèles, et l'arrêtent quand ils sont rectangulaires (fig. 18 et 19).

naturelle peut devenir *polarisée*. Le *polariseur* a pour effet d'amener dans un plan invariable (plan de vibration) toutes les vibrations qui glissent sur le rayon. Si le rayon ainsi polarisé rencontre un second polariseur, jouant alors le rôle d'*analyseur*, il ne

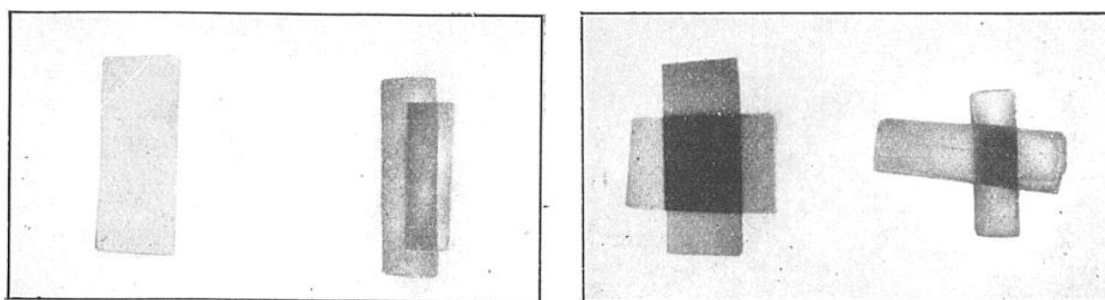


FIG. 18 ET 19. — LA POLARISATION PAR LES LAMES DE TOURMALINE ET D'HÉRAPATITE

Ces dernières sont des lames polarisantes artificielles constituées par des feuilles de cellulose transparente renfermant une infinité de cristaux d'un composé chimique d'iode et de quinine nommé « herapatite ». Il faut que tous les axes cristallins soient orientés parallèlement, et pour cela on fait agir un champ électrique ou magnétique pendant la solidification de la cellulose. Il est probablement possible aussi d'obtenir l'orientation parallèle des axes des cristaux sous la seule influence de l'écoulement en lame mince du fluide visqueux.

laisse passer que les vibrations parallèles à celles qu'il fournit lui-même. Si on lui présente des vibrations perpendiculaires, il ne les laisse pas passer, et éteint le rayon.

Avec la plupart des cristaux, le spath d'Islande par exemple, apparaît un autre phénomène : celui de la *biréfringence*. Le cristal sépare le rayon de lumière naturelle qui le traverse en deux rayons qui s'écartent plus ou moins l'un de l'autre et qui sont d'ailleurs polarisés, les deux plans de vibration étant à angle droit.

Les cristaux fournissent les polariseurs (en même temps qu'analyseurs) le plus fréquemment employés. Le plus souvent, on ne garde que l'un des deux rayons que fournit le cristal. Dans le prisme de Nicol, l'un des deux rayons est écourté par une ré-

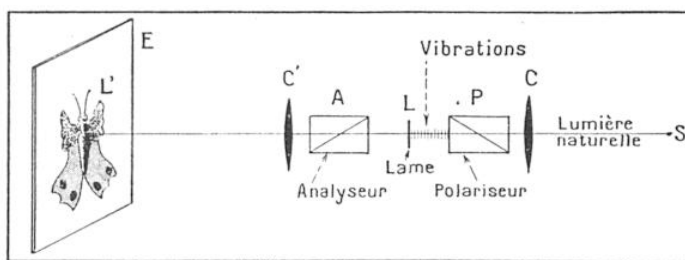


FIG. 20. — PRINCIPE DE LA POLARISATION CHROMATIQUE DES LAMES CRISTALLINES MINCES

La lame cristalline mince L (spath, gypse, mica découpé), placée entre le polariseur P et l'analyseur A, est projetée par la lentille C' sur l'écran E. Elle y apparaît avec des couleurs très vives, dont l'aspect change lorsqu'on fait tourner l'analyseur. La vibration incidente fournie par P est décomposée par L en deux vibrations rectangulaires, qui se propagent dans l'épaisseur de L avec des vitesses différentes. A la sortie, les ondes sont en concordance pour certaines couleurs, en discordance pour d'autres.

seul rayon émergent, d'ailleurs polarisé.

La lumière polarisée a des applications industrielles qui se développent chaque jour.

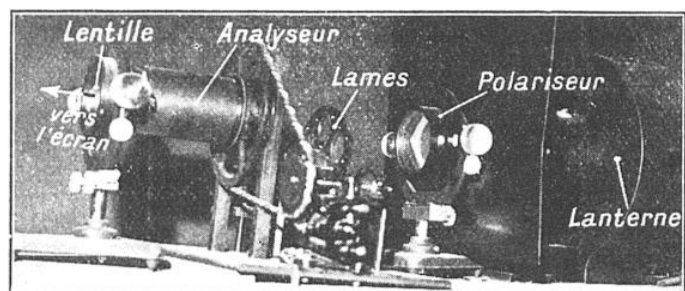


FIG. 21. — APPAREIL DE PROJECTION MONTRANT LA POLARISATION CHROMATIQUE PAR LES LAMES CRISTALLINES

Une lame cristalline mince (gypse, mica, hyposulfite de sodium) prend de vives colorations quand on l'intercale entre un polariseur et un analyseur, réglés par exemple à l'extinction. La vibration fournie par l'analyseur est

décomposée en deux vibrations qui traversent la lame avec des vitesses différentes. Elles se retrouvent à la sortie, toujours

flexion sur une coupure faite dans le cristal.

Les cristaux *dichroïques* sont tels que le pouvoir absorbant du cristal n'est pas le même pour les deux rayons qu'il a provoqués. C'est ainsi que la tourmaline qui reçoit un rayon de lumière naturelle ne laisse sortir qu'un

seul rayon émergent, d'ailleurs polarisé.

Une lame cristalline mince (gypse, mica, hyposulfite de sodium) prend de vives colorations quand on l'intercale entre un polariseur et un analyseur, réglés par exemple à l'extinction. La vibration fournie par l'analyseur est

décomposée en deux vibrations qui traversent la lame avec des vitesses différentes. Elles se retrouvent à la sortie, toujours

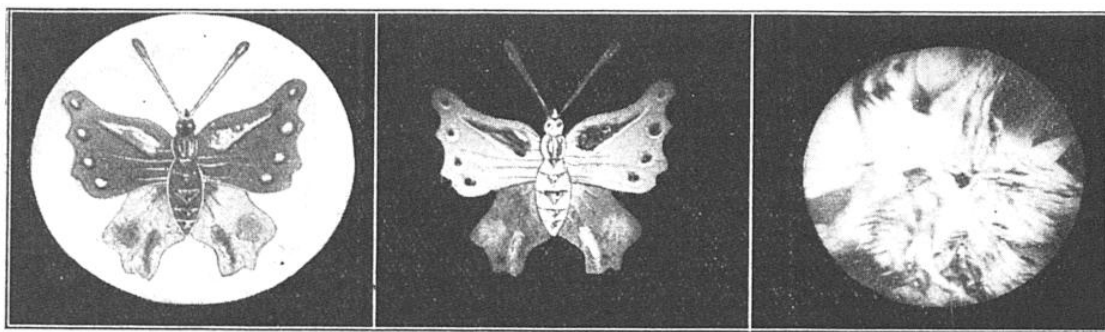


FIG. 22, 23 ET 24. — PROJECTIONS COLORÉES OBTENUES PAR LA POLARISATION CHROMATIQUE

Le papillon est réalisé avec des feuilles de mica, d'épaisseurs et d'orientation différentes. Les deux photographies montrent des couleurs complémentaires, la première correspondant à P et A (fig. 20) parallèles (fond blanc), et la deuxième à P et A croisés (fond noir). Enfin, à droite, on voit le même phénomène provoqué par de l'hyposulfite cristallisé en aiguilles plus ou moins régulières. Quand on liquéfie par échauffement les cristaux, les couleurs disparaissent.



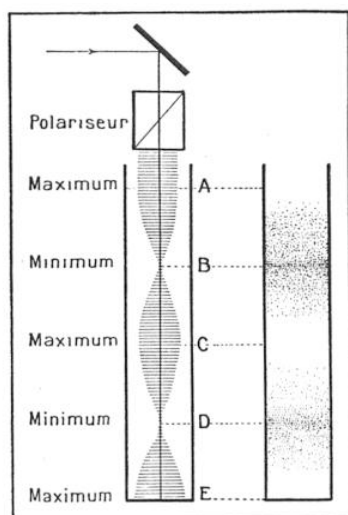


FIG. 25. — EXPÉRIENCES SUR LA POLARISATION ROTATOIRE D'UNE SOLUTION SUCRÉE

Le tube vertical est rempli d'une solution sucrée. Un faisceau vertical polarisé descendant suivant l'axe du tube, sa vibration tourne. Cette rotation est mise en évidence par une émission de lumière perpendiculairement au plan de la vibration. En observant le tube latéralement, on a des maxima et minima de lumière successifs. En outre,

on peut observer que le pouvoir rotatoire dépend de la couleur utilisée (il croît du rouge au violet). Les maxima du rouge sont plus écartés que ceux du violet, d'où la production d'irisations qui manifestent la « dispersion chromatique de la polarisation rotatoire ».

rectangulaires, mais les ondes sont en concordance pour certaines couleurs, en discordance pour d'autres. L'analyseur ouvre le passage aux composantes qui sont dirigées suivant sa vibration propre. Les deux composantes s'ajoutent pour certaines couleurs, se détruisent (interfèrent) pour d'autres couleurs. La lumière fournie par la lame est finalement colorée.

Enfin, en traversant certains corps doués de « polarisation rotatoire », tels que de l'eau sucrée, la vibration polarisée tourne autour de l'axe du rayon lumineux pendant qu'elle progresse à travers le milieu actif. Elle décrit aussi une surface hélicoïdale, comme celle d'une vis dont le pas serait peu serré. La figure 25 montre une belle expérience sur la polarisation rotatoire, dite « expérience de Lallemand », qui met bien

en évidence cette rotation d'un rayon lumineux polarisé.

Depuis la propagation rectiligne jusqu'à la polarisation rotatoire, la section d'optique rassemble ainsi les phénomènes fondamentaux dont la science de la lumière sait aujourd'hui donner l'explication aussi bien qualitative que quantitative. Bien entendu, nous n'avons pu, au cours de cette revue rapide, pénétrer aussi profondément qu'il l'eût fallu dans les théories modernes qui nous eussent permis, dans chaque cas, une démonstration précise des phénomènes observés. Il faudrait pour cela des volumes, ceux de la bibliothèque d'un physicien, pour justifier scientifiquement tous les éléments de l'admirable leçon de choses que présente le Palais de la Découverte.

JULES LEMOINE.

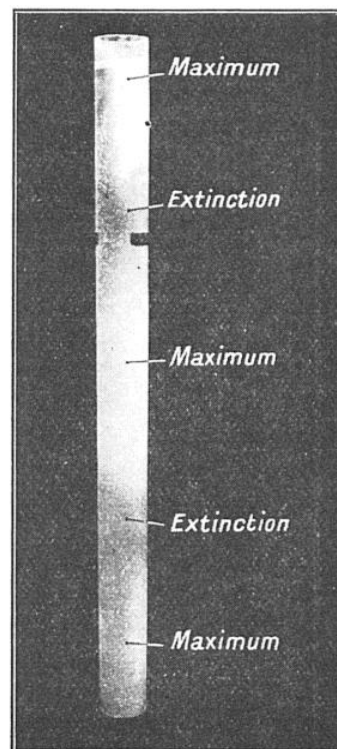


FIG. 26. — PHOTOGRAPHIE DU TUBE DE SOLUTION SUCRÉE OU SE MANIFESTE LA POLARISATION ROTATOIRE DE LA LUMIÈRE (EXPÉRIENCE DE LALLEMAND)

La tempête sur l'Asie provoque certaines réflexions assez amères : l'Europe, dit M. P. Dominique, n'a pas compris « qu'un jour ou l'autre les peuples colonisés ou indigènes cesseraient d'être des clients pour devenir des fabricants ». C'est pourquoi elle se trouve maintenant dans une situation toute différente par rapport à l'Asie. Moins étendue, moins peuplée (450 millions d'Européens contre 900 millions d'Asiates), elle se trouve maintenant dans une période de natalité décroissante en face d'une population croissante. De plus, main-d'œuvre « chère » contre main-d'œuvre « bon marché » ; potentiel en matières premières inférieur et en voie d'affaiblissement par rapport aux ressources de l'Asie qui, elle, possède notamment le coton et le caoutchouc. Ceci nous incite, en effet, à réfléchir en songeant à l'avenir.

## 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 modernes.

### LA FRANCE N'A NI POLITIQUE DU LIVRE, NI POLITIQUE DE LECTURE PUBLIQUE

A la suite d'une enquête internationale sur l'utilisation des bibliothèques publiques dans les loisirs ouvriers, il est apparu que c'est en France que l'« outillage » intellectuel accessible à tous est le plus arriéré. Il est bien inférieur à ce que nous présentent, dans ce domaine culturel, la plupart des pays étrangers. Dans un récent rapport, solidement documenté par des professionnels éminemment qualifiés de l'industrie du Livre, nous avons constaté, avec satisfaction, une tendance nouvelle pour développer la lecture dans le monde du travail. Il résulte en effet des renseignements fournis par l'Institut international de Coopération intellectuelle que la propagande et les moyens de développer le goût de la lecture en France sont quasi inexistantes, faute de bibliothèques publiques — urbaines ou rurales — adaptées à la « clientèle » qu'il s'agit de prospecter, faute aussi de bibliothécaires compétents désignés suivant la formule même des Américains, sous le vocable d'« ingénieurs sociaux ». Ajoutez à cela l'absence de budget et vous ne serez plus surpris de l'état lamentable dans lequel se trouve encore, en 1937, notre outillage national en ce qui concerne la culture intellectuelle du peuple. Ainsi, pour un citoyen français, il est dépensé par an 0 f 50 (franc de 1935, époque de l'enquête), si on considère le budget (officiel ou privé) des bibliothèques mises à sa disposition ; en Amérique (U.S.A.), cette dépense par tête d'habitant atteint 25 f ! Elle est de 20 f en Allemagne, 10 f en Angleterre et près de 4 f dans la petite mais laborieuse Belgique... Veut-on être encore plus convaincu de notre infériorité à cet égard, voici d'autres chiffres : pour ses 120 millions d'habitants, l'U. S. A. possède près de 11 000 bibliothèques publiques ; pour 170 millions d'habitants, l'U. R. S. S. en possède déjà 18 000. La Pologne n'a encore que 32 millions d'habitants et cependant elle compte déjà plus de 8 000 bibliothèques.

Il en est de même de la Tchécoslovaquie, qui offre à ses 15 millions de citoyens plus de 16 000 bibliothèques ! L'Italie, qui compte actuellement environ 42 millions d'habitants, possède près de 3 000 bibliothèques... et nous pourrions continuer cette énumération démonstrative. Mais ce qui nous a frappé le plus, c'est de constater que la Belgique (7 millions seulement d'habitants) met à la disposition du public exactement 2 388 bibliothèques. En France, où la population métropolitaine atteint à peu près 41 millions, nous enregistrons en tout et pour tout comme établissements de lecture actuellement « ouverts au public » le chiffre dérisoire de 400 !

Continuons à parcourir l'intéressant rapport, si magnifiquement présenté, sur l'organisation de la lecture publique publié en 1937 par le Comité intersyndical du Livre parisien : on y apprend bien d'autres choses que le grand public ignore. Ainsi, la législation étrangère relative à l'organisation de bibliothèques créées et gérées par les collectivités locales est à la base même de ce vaste réseau de bibliothèques qui comprend les cités comme les agglomérations rurales. C'est le cas des U. S. A., du Reich notamment. A ce point de vue, la France n'a presque rien fait pour mettre en œuvre cette prophétie de Carnegie : « L'avantage le plus grand pour une société, c'est de mettre à la portée de *tous* les trésors du monde emmagasinés dans les livres. » Voilà l'opinion d'un Américain qui, d'après ses confidences, devait beaucoup à ses lectures. Celles-ci, de toute évidence, n'ont pas été étrangères à sa prodigieuse carrière. Étonnez-vous maintenant que le commerce du livre, chez nous, se trouve dans une situation peu enviable ! Nos éditeurs — à part quelques-uns auxquels nous nous plaisons à rendre hommage — ne sauraient d'autre part rivaliser, quant à leur valeur professionnelle, avec leurs collègues des autres grandes



nations intellectuelles. De culture moyenne, dépourvus souvent d'idées générales, connaissant mal le marché, sans action collective pour l'exploiter, ils en sont réduits à un chétif effort individuel qui se poursuit depuis quelque vingt-cinq ans, pour attirer à eux la clientèle, en employant toujours les mêmes moyens si peu efficaces. Se rendent-ils compte de l'évolution des idées, des besoins, des goûts de cette clientèle dont une partie des acheteurs est, hélas ! de plus en plus défailante, chez nous, par suite des difficultés économiques de l'heure présente ? Ces « vieilles » maisons d'édition sont, pour la plupart, demeurées indifférentes vis-à-vis et des classes moyennes et de certaines catégories de classes populaires qui sont cependant plus avides de s'instruire qu'autrefois. Elles cherchent — souvent en vain — des livres vraiment appropriés à leur alimentation intellectuelle. Et, cependant, les statistiques démontrent qu'on lit plus qu'il y a un quart de siècle. Le succès d'un magazine tel que *La Science et la Vie* en est un exemple probant parmi d'autres, à en juger par le succès des nombreux hebdomadaires créés au cours de ces dernières années. L'édition est indiscutablement en retard sur le journal. Seules, quelques maisons d'édition — surtout parmi celles de création récente — ont été de l'avant aussi bien pour la qualité de leur production que pour celle de la présentation, et cela à des prix abordables. En toute objectivité, nous ne craignons pas d'affirmer que l'incompétence des uns, la carence des autres ont abouti au marasme actuel des ouvrages français. A quand l'Office du Livre, le Code des Libraires, des Editeurs, des Commissionnaires, si on veut sérieusement organiser une corporation *moderne* capable de trouver les remèdes (1) à la crise dont elle souffre ? Tous ceux qui voyagent à l'étranger ne nous démentiront certes pas à ce sujet. C'est de l'incohérence de la production et de la distribution que résultent et cette situation précaire et notre infériorité par rapport à la concurrence étrangère. Le Conseil National Economique n'a-t-il pas cependant insisté sur la plus grande diffusion de nos livres et périodiques dans tous les pays comme facteur essentiel de notre propagande à l'étranger ?

Si l'on compare, par exemple, les tonnages (en *quintaux métriques*) de nos exportations de livres de 1928 à 1935, on est

(1) Nous dénonçons, à ce propos, au Comité inter-syndical du Livre certains éditeurs français qui font imprimer leurs ouvrages à l'étranger, où les prix de revient sont moins élevés, sans pour cela abaisser leurs prix de vente en France !

stupéfait de constater leur décroissance *continue*. Quelques données étayeront cette affirmation. En 1928, l'Allemagne recevait, en tonnage, 1 026 et, en 1935, 104 ; l'Amérique du Sud, 2 035 et 264 ; le Canada, 3 418 et 1 298 ; les Etats-Unis, 1 870 et 767, et il en est de même, hélas ! pour les autres nations importatrices, et cela dans les pays mêmes où la langue française est la plus répandue ! Prenons le cas d'un de nos éditeurs parisiens de bonne renommée, spécialisé dans les Sciences et la Médecine : son chiffre d'affaires (à l'exportation) de 1935-36, par rapport à 1929-30, a baissé de 35 % en Belgique, de 95 % en Italie, de 80 % en Allemagne, de 40 % au Portugal (où, cependant, on apprécie, paraît-il, particulièrement la production « spirituelle » française), de 40 % en Amérique du Sud, de 40 % en Amérique du Nord... et le lecteur nous fera grâce de l'énumération des vingt-sept pays cités dans le rapport susvisé, où l'allure de la courbe descendante est en tout point comparable. Mais ce qui est encore plus inquiétant, c'est de constater une tendance diamétralement opposée chez certaines nations d'Europe. Depuis la guerre de 1914-1918, le livre et le périodique y sont devenus les précieux outils de la culture et constituent les meilleurs moyens d'information pour enrichir les connaissances d'un peuple, en tenant compte des catégories sociales qui le composent.

La France — au moment où précisément elle se préoccupe d'organiser les loisirs, où elle tend à développer l'enseignement technique et professionnel — n'a ni politique du livre, ni politique de la lecture. C'est là, à notre point de vue, un problème capital à résoudre si l'on veut mettre plus en valeur la *pensée* française. Nous n'avons fait qu'effleurer ici un tel sujet, sur lequel il nous faudra revenir, au moment où les Pouvoirs publics se décideront à agir ; souhaitons que nous n'attendions pas trop longtemps... pour sauvegarder ce « capital intellectuel » de la France (1). G. B.

(1) Si la majorité des Français, consommateurs quotidiens d'apéritifs, — ces boissons qui intoxiquent l'individu et abâtardissent la race, — consentaient à consacrer à leur alimentation intellectuelle seulement un dixième de la dépense qu'ils acquièrent aux débitants, la culture des différentes classes de la nation y gagnerait considérablement, et le livre comme le périodique se développeraient — en qualité et en quantité. On l'a constaté, du reste, dans certains pays de l'Ancien et du Nouveau Monde. Les statistiques révèlent que c'est en France que le nombre des débits est le plus élevé par rapport à la densité de la population, et que c'est aussi chez elle que l'absorption d'alcools est l'une des plus fortes par tête d'habitant.



## L'AUTOMOBILE ET LA VIE MODERNE

Que se passe-t-il dans un cylindre de moteur d'automobile ? —  
Du rôle de la chambre de combustion dans le moteur à carburation.

PRENONS un moteur à explosions d'une automobile qu'on dénomme encore improprement « voiture de tourisme ». Ce moteur à carburation à essence fonctionne suivant le cycle classique à quatre temps, qui « traduit » tout ce qui se passe dans le cylindre pendant que le vilebrequin accomplit deux révolutions correspondant à ce cycle : *aspiration* (ou admission) — *compression* — *allumage et combustion-explosion* (temps moteur) — *détente et échappement*. Cette schématisation des phénomènes ne suffit pas à tout expliquer dans un moteur à grande vitesse actuel. Les changements qui s'y produisent dans la masse gazeuse, à l'intérieur du cylindre, à des *instants extrêmement rapprochés les uns des autres*, exigent un examen plus poussé.

M. H. Petit a clairement exposé cette question, avec toutes les précisions nécessaires, afin de bien se rendre compte de ce qui se passe *réellement* dans un cylindre de moteur d'automobile, qui, par exemple, tourne à 4500 t/mn ; cela correspond à 75 t/s, chaque course du piston représentant 1/150<sup>e</sup> de seconde. Pendant un temps aussi court, un certain nombre de phénomènes se produisent successivement et rapidement. C'est ainsi que, pendant « le temps » de l'admission nous enregistrons, dans l'ordre : ouverture de la soupape, puis descente du piston et mise en mouvement par aspiration de la masse des gaz renfermée dans la tuyauterie d'aspiration. Ces gaz pénètrent alors dans le cylindre et, à la *remontée* du piston, la fermeture de la soupape d'aspiration se produit ; c'est alors le *début* de la compression ; l'étincelle jaillit ensuite, et commence à ce moment la combustion *avant que le piston ne soit parvenu*, dans sa course ascendante, au point « mort haut ». Or, pour le temps correspondant à la combustion des gaz, il a fallu 30<sup>e</sup> de rotation du vilebrequin avant que le piston n'attaque le point mort haut de sa course, et environ 30<sup>e</sup> plus tard (soit 60<sup>e</sup> au total). Tout ceci correspond exactement à 2/1 000 de seconde ! Pendant un laps de temps déjà si court, un certain nombre de phénomènes se produisent qui doivent être étudiés par rapport à des *unités de temps plus petites encore* que le millième de seconde (c'est-à-dire le *millionième de seconde*).

L'ingénieur Petit a proposé les termes de « milliseconde » pour le millième de seconde,

et de « microseconde » pour le millionième de seconde. Il a limité son examen au cas suivant : on part du moment où les gaz frais franchissent le passage sous la soupape d'admission jusqu'au moment où ces gaz passent au-dessous de la soupape d'échappement. C'est alors qu'on commence seulement à se rendre compte des phénomènes internes (jusqu'ici insoupçonnés) qui se manifestent dans le cylindre d'un moteur à carburation, grâce à ces méthodes aussi récentes que perfectionnées de la physique moderne. Rappelons que, dans un moteur à carburation ordinaire, le mélange *dosé carburant* (vapeur d'essence)-*comburant* (oxygène de l'air) s'effectue *au préalable* à l'extérieur dans un carburateur. En dépit de ce dosage, ce mélange air-essence, au sortir du carburateur, est encore *imparfait*, c'est-à-dire qu'il n'est pas *homogène*. C'est seulement dans le cylindre que ce mélange peut être considéré comme *à peu près homogène*, car, auparavant, il contenait de l'air (qu'on peut dénommer « air pur »), de l'essence *vaporisée* et de l'essence liquide *en gouttelettes* de différents diamètres. Parmi ces gouttelettes, les plus petites contribuent à former un *brouillard*, les plus grosses sont *mécaniquement* entraînées par l'air en mouvement. Et ce n'est pas tout : de l'essence liquide pénètre aussi dans le cylindre, le long des parois où elle se trouve à l'état de couche mince. Dès lors, quand l'air et l'essence atteignent la soupape d'admission, on peut affirmer que l'homogénéité du mélange n'existe pas. De plus, cette soupape d'aspiration, en régime normal de fonctionnement du moteur, se trouve portée à une température dépassant 100° C (dans les moteurs refroidis par l'eau). C'est alors que les phénomènes se compliquent encore ; en effet, des mouvements tourbillonnaires se produisent, résultant du brassage de l'air et de l'essence liquide entraînés dans le passage très étroit qui existe sous cette soupape d'admission. Ces gouttelettes sont projetées contre les parois *chaudes* du cylindre et de la soupape, s'y pulvérisent (mécaniquement et physiquement) et se vaporisent de plus en plus totalement.

De ceci, il résulte donc qu'après passage sous la soupape d'admission le mélange gazeux a *gagné en homogénéité*, mais il n'est pas encore identique (composition) en tous ses points. C'est alors qu'il faut faire inter-



venir la détente des gaz, qui se manifeste lorsque ceux-ci entrent dans le cylindre. D'après les observations expérimentales recueillies et exposées par M. H. Petit, on admet qu'aux grandes vitesses de rotation d'un moteur à explosions, la pression dans le cylindre reste encore inférieure à la pression atmosphérique pendant que le vilebrequin décrit un angle de l'ordre de 30 à 40°. C'est pour cela que la soupape d'aspiration demeure ouverte après que le piston est passé au point mort et ne se ferme qu'avec un retard notable : décalage de fermeture de l'admission (1). Ce n'est que lorsque cette soupape d'aspiration se ferme que commence à ce moment précis la compression. Là encore, M. Petit nous apprend des choses d'un réel intérêt pour les lecteurs de *La Science et la Vie*, curieux de se rendre compte du pourquoi et du comment des phénomènes. Parmi eux, ceux qui se produisent alors dans la chambre de compression (ou de combustion) ne doivent pas les laisser indifférents.

On sait que le rapport volumétrique (rapport entre le volume total du cylindre et le volume de la chambre de compression) est indépendant du réglage de la distribution du moteur. Mais comme la compression ne commence qu'à la fermeture de la soupape d'admission et qu'il s'y produit un décalage, il faut (pour obtenir le rapport réel de compression) corriger le premier rapport qui ne tient pas compte de la différence entre le volume occupé par les gaz au début de la compression et le volume total des cylindres. En effet, il importe de considérer le volume qui se trouve au-dessus du fond du piston au moment où cette compression commence. Ce taux de compression ainsi corrigé est plus faible. Ceci permet d'interpréter scientifiquement certaines constatations : en particulier pourquoi un moteur fonctionne bien avec un rapport 7, alors qu'un autre semblable, alimenté dans les mêmes conditions avec un rapport 6,5, fonctionne beaucoup moins bien. Ceci, suppose-t-on, provient de ce que le taux réel, dans le premier cas, est plus faible que dans le second, à cause précisément de la différence de décalage de la soupape d'aspiration. Pour simplifier, on admet que le temps de la compression dure depuis l'instant où le piston remonte jusqu'à celui où il atteint le point mort haut. Mais, en réalité, il en est tout autrement, car, au début de la compression, il existe tout d'abord au-dessus du piston des gaz frais (non brûlés) ; puis, l'allumage se produisant, la masse gazeuse comprend alors deux fractions : l'une, compressée, de gaz qui sont en train de brûler ou qui sont déjà brûlés ; l'autre formée des gaz frais non encore brûlés (puisquela combustion ne les a pas encore touchés).

Si nous suivons le développement du phé-

(1) Cette masse gazeuse comprend, en poids, 15 d'air pour 1 d'essence (vapeur).

nomène, nous constatons alors que ces gaz frais sont encore soumis à la compression du piston, qui se trouve encore dans sa course ascendante puisque l'allumage se produit avant que le piston n'ait atteint le point mort haut (1). On peut donc admettre que, pendant ce temps de compression, les gaz sont comprimés en vase clos avec une vitesse assez grande pour que l'échange de température entre masse gazeuse et paroi soit d'importance négligeable. On peut, par suite, considérer ces échanges comme nuls. D'autre part, la thermodynamique a démontré qu'un gaz comprimé s'échauffe quand le gaz contenu ne cède pas de chaleur au contenant. Dans le cas d'une compression s'effectuant ainsi sans échange de chaleur (calories), on dit qu'elle est *adiabatique*. Mais si c'est, au contraire, la température du gaz contenu qui demeure constante pendant le temps que dure la compression, on dit alors que celle-ci est *isotherme*. Ces notions assez élémentaires (depuis que l'étude du principe de Carnot fait partie de nos programmes d'enseignement) vont nous servir à mieux comprendre ce qui se passe dans un moteur thermique en faisant appel à une autre loi, également bien connue.

La voici : dans une compression isotherme, le produit du nombre qui exprime la pression de la masse gazeuse et du nombre qui exprime le volume occupé par cette masse est constant. C'est ici d'un rapport qu'il s'agit. En pratique, il faut ici faire une remarque : dans un moteur thermique, la compression n'est pas réellement isotherme. Il existe, en effet, une autre loi de thermodynamique qui lie la pression au volume dans le cas d'une compression *adiabatique*. Si nous nous rappelons cette formule bien connue et on ne peut plus simple :  $P$  (pression)  $\times V$  (volume) =  $K$  (constant), il faut la modifier comme suit :  $P \times V^\gamma = K$ . Cet indice  $\gamma$  représente le rapport qui existe entre la chaleur spécifique de ce gaz sous pression constante et la chaleur spécifique de ce gaz, cette fois, à volume constant. Ce rapport  $\gamma$  est théoriquement égal à 1,45. Mais lorsqu'un échange (si minime soit-il) se produit entre parois et gaz, alors le rapport  $\gamma$  diminue et, pratiquement, on le ramène à 1,3. Mais rappelons-nous que, pendant la détente, la vapeur saturée contenue dans un gaz se condense et qu'au contraire, pendant la compression, c'est une vaporisation qui se produit. Tel est le cas pour les dernières gouttes d'essence encore liquides. Si, dans un moteur à explosions, ces conditions sont pratiquement réalisées, le cylindre doit, en fin de compression, ne contenir qu'une masse de gaz exempte de gouttelettes liquides (2), et c'est là une conclusion d'importance.

(1) M. Petit fait remarquer qu'un autre effet de compression intervient aussi dans la compression des gaz en ignition.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 244, page 245.



Mais voici l'allumage qui intervient à son tour. Là, d'après M. H. Petit lui-même, il reste certains points à éclaircir, car, actuellement, on ne sait pas exactement comment l'inflammation des premières particules gazeuses se produit au contact de l'étincelle des pointes de la bougie. Et cela, en dépit des nouveaux procédés cinématographiques et stroboscopiques (1) utilisés pour observer « ce qui se passe » dans la chambre de combustion des cylindres. Il faudra attendre encore les résultats des patientes recherches en cours dans divers laboratoires. Actuellement, des travaux se poursuivent en effet, en Hollande notamment, dans les services de recherches scientifiques d'une compagnie pétrolière, sous la direction d'un savant spécialisé dans l'étude des phénomènes de combustion : M. Boerlage. A elles seules, ces minutieuses recherches méritent un article à part (2). On peut cependant, dès maintenant, affirmer que l'on commence à posséder des *méthodes* d'investigation et d'expérimentation sûres et précises qui nous changent des procédés empiriques. Cependant, il est juste de constater que ces anciens procédés ont néanmoins abouti aux remarquables progrès réalisés qui ont engendré le moteur moderne.

Reste à examiner maintenant la *détente*, c'est-à-dire la *période de travail utile* (temps moteur). Là aussi, on se livre encore à des hypothèses pour savoir si les gaz sont totalement ou partiellement brûlés. On sait, par contre, que leur température finale est d'autant moins élevée que le *rapport de détente* est plus considérable. Ce rapport est (dans la pratique) sensiblement égal à celui de compression. Le maximum, dans les moteurs à carburateur, égale 7 et dans les moteurs à injection ce maximum égale 20. C'est ce qui explique que les gaz d'échappement des moteurs Diesel (combustion interne à injection) sont plus froids que ceux des moteurs à explosions (à carburation), car, au moment où va s'ouvrir la soupape d'échappement dans ces derniers, les gaz dans le cylindre sont encore à 500 ou 600° C.

Et le cycle s'achève quand le piston, pour arriver au point « mort bas », n'a plus que 45° à parcourir ; alors, la soupape d'échappement s'ouvre ; à ce moment, dans le cylindre, la pression atteint encore près de 4 kg/cm<sup>2</sup> et les gaz, animés d'une grande vitesse, s'échappent dans l'atmosphère (3) après détente dans le dispositif d'échappement (pot et tuyau).

Puis, lorsque le piston remonte jusqu'au haut du cylindre, les gaz résiduels de la

combustion sont refoulés de telle sorte que la chambre de combustion du cylindre en est remplie. Ce sont ces gaz résiduels qui (lorsque s'amorce le cycle suivant) viennent se mélanger (comme nous l'avons antérieurement constaté) aux gaz *frais*.

On doit aussi retenir de ce qui précède que les gaz chauds en mouvement chauffent plus ou moins toutes les pièces avec lesquelles ils sont en contact. C'est le cas des soupapes d'échappement qui peuvent être même ainsi portées au rouge (moteur travaillant à pleine charge) !

Ce long exposé permettra sans doute au lecteur de se rendre compte de la multiplicité et de la difficulté des questions à résoudre dans l'étude des phénomènes qui se succèdent pendant le cycle d'un moteur à quatre temps. Si la thermodynamique nous a déjà permis de résoudre certains problèmes de mécanique appliqués à la construction des moteurs à combustion interne — qu'ils soient à *carburation* (tel que le moteur à explosions d'automobile) ou à *injection* (tel le type Diesel), il est certain que, pour savoir exactement « ce qui se passe » dans un cylindre de moteur, nous devons attendre que les physiciens aient mis au point de nouvelles méthodes scientifiques (auxquelles il était fait allusion précédemment) pour pénétrer, par exemple, les secrets de la chambre à combustion... Là aussi, le laboratoire de recherches sera encore le précieux auxiliaire du constructeur. Des résultats de cette collaboration, demain, l'usager bénéficiera comme il en a profité hier et aujourd'hui.

### Du rôle de la chambre de combustion dans le moteur à carburation

LE moteur d'automobile est le siège, comme chacun sait, de vibrations (1). Il est évident que les principaux organes qui sont les plus exposés à ces vibrations sont ceux qui sont animés de plus ou moins grandes vitesses : bloc des cylindres et carter (dont la déformation provoque la rudesse de marche), vilebrequin avec son embrayage (vibrations de torsion), etc... De même qu'on peut combattre les vibrations en renforçant les organes du moteur, on peut aussi chercher à diminuer l'amplitude des forces qui provoquent ces vibrations. Or, même ceux de nos lecteurs qui ne possèdent que des notions élémentaires de mécanique comprendront que ces forces sont les *harmoniques* des variations de pression des gaz (2) dans les cylindres, etc. De l'amplitude de ces harmoniques dépend, par exemple, la rudesse de marche provenant

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 166, page 335.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 244, page 245.

(3) Le phénomène de l'échappement est, comme celui de l'explosion, un phénomène *ondulatoire*, et on a pu même faire fonctionner des moteurs à deux temps en mettant à profit ce phénomène (système Kadenacy).

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 227, page 405, et rapport de M. Heldt, traduit par H. Petit, T. A. A., n° 178, année 1937.

(2) C'est-à-dire que leur fréquence est un multiple simple de celle des variations de pression dans les cylindres.



de la déformation de certains organes (carter, etc.). Or, cette amplitude dépend aussi, partiellement, de la vitesse d'accroissement de la pression des gaz. De là, il est logique de conclure que, pour atténuer la rudesse de marche, il faut diminuer cette rapidité d'augmentation de pression qui résulte elle-même de la surface du front de flamme (1). Autrement dit, cette vitesse est sensiblement *proportionnelle* à la surface de ce front de flamme. Pendant la première partie du phénomène de la combustion, — lorsque, par conséquent, le front de flamme est encore voisin du point d'allumage, — sa surface, par suite, ne peut être *grande*. Par contre, lorsque ce front a parcouru 15 % de son trajet (total), il doit être maintenu *pratiquement* constant pendant 20 ou 30 % de ce trajet total, afin que la surface du front de flamme, d'une part, et la vitesse d'accroissement de pression, d'autre part, ne puissent — en aucun point — atteindre des valeurs excessives. Les techniciens admettent donc que, pour supprimer le phénomène de détonation, il importe que la portion de la chambre de combustion dans laquelle s'achève cette combustion soit *très étroite*. L'expérience a permis, en effet, de constater que si la surface du front de flamme, à environ 20 % de son trajet total (maximum), est *plus grande* qu'à 40 %, le moteur présentera un fonctionnement doux (qualité opposée précisément à l'inconvénient de *rudesse*).

Dans l'imposant mémoire de M. Heldt, traduit et adapté par M. H. Petit, nous trouvons un autre exposé des « vues » de l'auteur américain sur les économies réalisables en ce qui concerne la consommation en carburant par les moteurs de construction récente. Et voici ces aperçus pleins d'enseignements, qui situent l'état actuel de cette question intéressant les usagers aussi bien que les techniciens. La consommation d'une automobile ordinaire ne dépend que de son moteur. Dans celui-ci, le *rendement thermique* comme la puissance spécifique dépendront du *rapport volumétrique* (2). Si on augmente ce rapport, on détermine un accroissement des pressions de combustion et, par suite, on augmente les frottements internes. Il est peu probable dès lors qu'on réalise une économie ! Par contre, une distribution uniforme du carburant aux cylindres améliore sensiblement la consommation ; il en est de même de la plus ou moins grande richesse du mélange carburé. On admet, d'après l'expérience, que le rapport 1 d'essence à 16 d'air est le plus économique ;

mais la puissance maximum est obtenue avec 1 d'essence pour 12 d'air. C'est en se rapprochant de ce dernier rapport que l'on règle les carburateurs, pour avoir précisément le maximum de puissance. De plus, dans ce rapport comburant-carburant, l'allumage du mélange s'effectue plus rapidement lorsque le moteur est encore froid (carburant non encore vaporisé). On sait, par expérience, que les mélanges pauvres sont, par contre, assez difficiles à allumer, surtout quand les électrodes des bougies sont peu écartées et aussi quand le mélange gazeux renferme une proportion élevée de gaz *déjà brûlés*. C'est pour la première de ces raisons qu'on a tendance maintenant à écarter davantage les électrodes. Il faut se rappeler à ce propos que plus cet écartement est grand, plus la tension (en volts) de la bobine doit être forte. Ainsi, l'on peut diminuer d'une façon appréciable la consommation, avec un mélange carburé pauvre et un écartement des électrodes plus important qu'avec les bougies ordinaires. En effet, si le *voltage est plus élevé*, si l'étincelle est *plus longue que dans le cas normal*, celle-ci est plus « chaude » au sein du mélange — même pauvre — qu'elle enflamme alors plus aisément.

Sans entrer ici dans l'étude d'un autre facteur d'amélioration non négligeable pour le bon fonctionnement du moteur à explosions (1), nous dirons cependant qu'il importe d'avoir une *avance variable à l'allumage*. En effet, le mélange carburant-comburant (essence-air) ne brûle pas instantanément, car le phénomène de combustion exige une certaine durée bien déterminée. Dans de telles conditions, la transformation de la calorie en énergie mécanique s'effectuera avec un rendement d'autant plus élevé que le mélange est plus comprimé *jusqu'à la fin de la course du piston* (diagramme pression-volume) et que la chaleur produite par cette combustion se dégage *quasi instantanément*. Dans de semblables conditions, il se produirait une élévation de pression quasi instantanée ; mais, lorsque le piston parcourrait le chemin en sens inverse, il se produirait par contre une chute rapide de la pression. Ainsi serait réalisée cette double condition, désirable parce qu'avantageuse : à la fois maximum de puissance et maximum d'économie. On voit, par ce sommaire exposé des travaux les plus « poussés » des spécialistes, de combien de facteurs dépend l'amélioration de fonctionnement d'un moteur d'automobile ! Ce sont ces patientes recherches au laboratoire et les expériences prolongées à l'atelier comme sur la route qui permettent de se rendre compte des avantages respectifs acquis, en vue de l'utilisation pratique d'une voiture par son propriétaire.

(1) D'après l'ingénieur Petit, si nous considérons le front de flamme situé à une distance  $a$  des pointes de la bougie d'allumage où commence la combustion, la surface du front de flamme représente la surface d'une portion de sphère de rayon égal à  $a$ , ayant son centre aux pointes de la bougie, portion découpée sur cette sphère par les parois mêmes de chaque chambre de combustion.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 241, page 71.

(1) Voir Heldt, traduction de H. Petit, T. A. A. n° 178, page 111.



## A TRAVERS NOTRE COURRIER...

Chaque mois, des milliers de lettres arrivent à « La Science et la Vie » de tous les points du monde. Nous nous efforçons toujours d'y répondre avec précision. Mais ce courrier abondant et varié aborde parfois des questions d'ordre scientifique et industriel qui peuvent être portées à la connaissance de tous. Aussi, sous cette rubrique, nous nous proposons de sélectionner les plus intéressantes d'entre elles pour la majorité de nos lecteurs.

### *L'automobile atteindra-t-elle 600 km/h ?*

LE record de vitesse absolue en automobile est, on le sait, détenu par le major Campbell, depuis 1935, avec 485 km/h (1). La construction d'une nouvelle voiture par l'Anglais Eyston, propulsée par deux moteurs « Rolls Royce » de 3 000 ch chacun, en vue d'améliorer cette performance, pose à nouveau le problème de la vitesse-limite d'un véhicule terrestre. Celle-ci dépend évidemment de trois facteurs : résistance à l'avancement ; stabilité de direction ; adhérence au sol, afin d'utiliser au mieux la puissance motrice. Au point de vue *aérodynamique*, le profil d'aile d'avion a été depuis longtemps reconnu plus avantageux que la forme « en obus » adoptée autrefois pour les voitures de course, par suite notamment de la difficulté d'« habiller » convenablement le mécanisme de direction, de transmission, les essieux, etc. La *stabilité*, à des vitesses qui doivent atteindre 160 m/s, soulève des problèmes techniques dans lesquels interviennent les diverses forces engendrées par le mouvement (action de l'air sous la voiture, qui tend à la faire décoller ; action générale de l'air sur toute la carrosserie appliquée en un point appelé « centre de pression » ; action du vent latéral susceptible de provoquer des embardées qui peuvent être fatales). Ainsi, on a reconnu que, lorsque la voiture décolle, — ce qui arrive toujours aux grandes allures, — elle ne conserve sa ligne de progression que si son centre de gravité est situé en avant du centre de pression. Cette condition exige — pour une voiture à roues *arrière motrices*, sur lesquelles une charge importante est nécessaire en vue d'améliorer l'adhérence —

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 237, page 225. On sait que le célèbre conducteur détient aussi le record de vitesse sur l'eau depuis le 2 septembre 1937, avec 208, 400 km/h. Le canot *Blue-Bird* avec lequel cette performance a été réalisée, de 2 m 75 de large et de 6 m 50 de long seulement, était actionné par un moteur Rolls-Royce, dont la puissance a atteint 2 700 ch. Le poids total du canot ne dépassant pas 2 tonnes, le rapport puissance-poids était donc de 1,35 ch au kg (sur le *Miss America-X* de Gar Wood qui détenait le record, ce rapport n'était que de 0,56 ch par kg, le poids étant de 12 t pour une puissance 6 400 ch). Enfin l'hélice du *Blue-Bird* tournait à la vitesse de 7 000 t/mn.

une étude approfondie des formes, et notamment un allongement considérable de la caisse vers l'arrière (dans l'*Oiseau-Bleu* de Campbell, le centre de gravité était à 42 mm en avant du centre de pression). Enfin, l'*adhérence* est intimement liée au poids et à la forme du véhicule. D'après une ancienne formule, la vitesse-limite est proportionnelle à la racine carrée du poids. Pour atteindre 600 km/h, le poids ainsi déterminé dépasserait 7 tonnes. Cependant, les performances récentes, accomplies notamment par les voitures allemandes « Mercedes » et « Auto-Union », — qui ont approché 400 km/h en pesant 1 100 kg seulement — ont démontré que cette formule de Ravi-gneaux devait être corrigée en tenant compte de la forme de la caisse. En effet, l'action du vent relatif, dû à la vitesse, peut, si cette forme est bien étudiée, plaquer en quelque sorte la voiture sur le sol et accroître l'adhérence par une force atteignant plus d'une demi-tonne. Enfin, les pneumatiques modernes et les revêtements routiers améliorent encore cette adhérence. C'est à l'étude de tous ces facteurs qu'Eyston a dû consacrer ses recherches en vue de mener à bien son expérience. N'oublions pas que du succès de telles tentatives dépendent souvent les améliorations de la voiture utilitaire.

### *L'armement de la Chine*

ULAN-BATOR est, en quelque sorte, la capitale de la Mongolie et constitue une base importante de l'aviation soviétique. C'est, en outre, le siège du commandement des armées russes d'Extrême-Orient. D'après les accords sino-soviétiques, ce sera sans doute l'un des centres les plus importants de matériels de guerre destinés aux armées chinoises, surtout pour l'équipement des forces aériennes (personnel technique et armements). Il s'agit de préparer militairement la Chine avant que le Japon ne soit en mesure de lui opposer des moyens plus puissants au cours des opérations futures. L'armée nippone est certes redoutable au point de vue de la valeur des effectifs, mais ses armements ne sont pas aussi modernes que certains le croient...

Si la Chine dispose du temps nécessaire



pour renforcer considérablement son armement grâce aux fournitures de l'U. R. S. S. et des Etats-Unis (l'industrie américaine livre depuis plusieurs mois au gouvernement chinois avions et armes diverses en quantités impressionnantes et de qualité éprouvée), les événements d'Extrême-Orient pourraient prendre un développement inattendu au point de vue des opérations militaires.

### Où en est la puissance navale allemande ?

LES unités navales les plus puissantes de la marine allemande sont bien actuellement les cuirassés *Scharnhorst* et *Gneisenau*, de 26 000 t. Ils ont été construits après les bâtiments du type *Deutschland*. L'accord anglo-allemand du 18 juin 1935 autorisait, en effet, le III<sup>e</sup> Reich à posséder une flotte d'un tonnage égal à 35 % de celui de la flotte britannique, sauf pour les sous-marins où cette proportion pouvait atteindre 45 %. Si l'on compare le *Deutschland* au *Nelson*, le plus puissant cuirassé britannique, de 33 500 t, voici les chiffres qu'il y a lieu de retenir : tonnage, 10 000 t contre 33 500 t ; vitesse : 28 nœuds contre 23,6 nœuds ; portée de l'artillerie, 43 000 m contre 32 000 m ; calibre, 280 mm contre 406 mm. Par sa vitesse et par la portée de ses pièces, le *Deutschland* apparaît donc devoir surclasser le *Nelson*. Cependant, les vibrations dues aux moteurs Diesel du *Deutschland*, qui nuisent à la précision du tir, ont fait abandonner ce mode de propulsion sur les navires de 26 000 t pour revenir aux turbines à vapeur (chauffe au mazout ou au charbon pulvérisé).

Voici maintenant l'état actuel des constructions navales allemandes : 2 cuirassés de 26 000 t ; 3 croiseurs de 10 000 t ; 16 destroyers de 1 625 t ; 14 sous-marins de 250 à 750 t, sans compter les navires spéciaux (transports d'avions, ravitailleurs, mouilleurs de mines, pétroliers, vedettes rapides torpilleuses). L'accroissement de la vitesse, de la portée de l'artillerie et de la capacité de perforation des obus, ainsi que les perfectionnements apportés dans les méthodes électromagnétiques pour la conduite du tir, assurent à la nouvelle flotte allemande certains avantages considérables. En ce qui concerne les sous-marins de faible tonnage, rappelons que l'on procède aux essais d'un nouveau moteur à hydrogène permettant la suppression des accumulateurs électriques pour la navigation en plongée, ce qui éliminerait toute trace apparente à la surface de l'eau et, de plus, ne nécessiterait plus qu'un moteur unique au lieu de deux (moteur de plongée, moteur de surface). Un électrolyseur à haute pression assurerait la séparation de l'hydrogène et de l'oxygène de l'eau. Les produits de la

combustion du moteur seraient donc uniquement de la vapeur d'eau facile à condenser ; on pourrait, en outre, utiliser l'oxygène pour rendre respirable l'atmosphère du sous-marin en plongée.

### Encore de nouveaux avions en Angleterre

DES nouveaux types d'avions destinés aux forces aériennes britanniques ont en effet été présentés récemment à Hatfield. Ils possèdent certaines caractéristiques qui suffisent à les placer au premier rang parmi les autres matériels d'aviation du monde. Ainsi, pour la chasse, en dehors des *Handley-Page*, des *Armstrong* et des *Fairey*, déjà incorporés dans les escadrons (1), il faut citer les *Hurricane*, construits par *Hawker*. Ce sont des monoplaces équipés d'un moteur « Merlin » de 1 000 ch et les *Gloster* dont la vitesse dépasse 500 km/h, paraît-il. En ce qui concerne les bombardiers légers, voici également les nouveaux *Bristol Blenheim*, monoplaces bimoteurs, les plus rapides des appareils dans leur catégorie (460 km/h). Les *Henley* de *Hawker*, triplaces à moteur « Rolls-Royce Merlin » de 1 000 ch (vitesse 400 km/h). Enfin les bombardiers lourds *Wellesley* de chez *Vickers* sont des monoplans équipés d'un seul moteur « Bristol Pegasus », dont l'autonomie de vol atteint 12 000 km ! Les Anglais ayant depuis longtemps compris que la fabrication de prototypes constituait une politique pratiquement inopérante ont immédiatement entrepris la construction en série de ces différents appareils dont la mise au point — cellules et moteurs — a été si rapidement terminée. Une judicieuse organisation entièrement nouvelle dans la répartition du travail a permis d'obtenir ce résultat : toute firme de construction mécanique a été invitée à créer de toutes pièces une usine spéciale, techniquement dirigée par ses propres services, mais dont toutes les dépenses d'exploitation et de fabrication — achats de matériels, règlement des salaires — ont été mises à la charge de l'Etat. Chacun de ces établissements industriels a une tâche bien délimitée et une production spécialisée : fabrication des cellules, des pistons, des carter, par exemple, etc... Ce système est éminemment favorable au développement de la construction « grande série ». C'est ainsi que la Grande-Bretagne possédera d'ici la fin de 1937 plus de 2 000 avions modernes destinés à entrer très prochainement dans ses formations aériennes (*Royal Air Force*). En 1939, les moins optimistes parmi les Anglais qualifiés estiment qu'on en aura construit alors près de 6 000, et cela en moins de deux ans !

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 230, page 117.



## La ligne américaine transpacifique

**S**UR San-Francisco-Hong-Kong, soit un parcours de plus de 13 000 km, les appareils de l'aviation commerciale américaine transportent en effet, depuis cette année, près de 24 tonnes de charge utile (dont la moitié pour le courrier postal). Cela permet de loger à bord une douzaine de passagers. Cette exploitation transpacifique est en voie de donner un bon rendement commercial, puisque, actuellement, elle n'a plus recours à l'Etat que pour 25 à 27 f au km parcouru. D'ici peu, cette subvention ne sera même plus nécessaire, car l'opération sera rémunératrice. A titre de comparaison, la traversée Atlantique Sud (Dakar-Natal) sur la ligne française nécessite une subvention de l'Etat de près de 125 f au km parcouru, afin de combler le déficit (recettes insuffisantes, frais d'exploitation exagérés).

## A propos du raid aérien Moscou-Los Angeles

**C'**EST bien avec l'avion russe *A. N. T.-25* (1) qu'a été réalisé le raid de 10 150 km entre l'aérodrome de Chelkovo, près Moscou, et San Jacinto (à 65 km sud-est de Los Angeles) en passant par le pôle Nord (170 km/h de vitesse moyenne). Il est identique, du reste, à celui qui, le 20 juin dernier, avait dû atterrir à Vancouver (Canada). Cet avion déjà ancien rappelle le type *Trait-d'Union* de Dewoitine (2), qui, en 1934, a réalisé, en circuit fermé, un vol de 12 411 km. Par contre, un réglage spécial des carburateurs a été mis au point en vue du régime le plus économique — au détriment de la vitesse — et a permis aux aviateurs de franchir cette distance avec un approvisionnement de 6 000 litres de carburant seulement (350 kg d'huile). Muni d'un radio récepteur-émetteur R. R. D., l'avion, au cours de ce voyage, a éprouvé certaines difficultés pour se maintenir en liaison avec les stations actuellement existantes (3), par suite du manque de radioguidage dans ces régions où l'infrastructure n'existe pas encore. Dans les régions polaires, on ne peut pas non plus se fier « aveuglément » aux instruments électromagnétiques. C'est pourquoi les explorateurs soviétiques vont se livrer à des observations polaires en vue d'étudier et les variations du champ magnétique terrestre dans l'Arctique et les phénomènes, mal connus, d'ionisation de l'atmosphère, qui faussent les indications des appareils de mesure de précision. Enfin, à quatre reprises, les aviateurs ont dû rechercher des condi-

tions atmosphériques plus douces, pour éviter la formation de dépôt de glace (givrage) sur leur avion. Les températures les plus basses enregistrées furent de l'ordre de — 30° C. Quant à la sécurité, la disposition de ballonnets sous les ailes, faciles à gonfler, — l'avion étant un appareil terrestre, — et un canot de caoutchouc à bord constituaient des mesures indispensables en cas d'amérissage forcé.

## Statistique automobile

**V**OICI les renseignements concernant 1936 pour les dernières statistiques relatives à la « densité » des automobiles dans le monde : U. S. A., une voiture pour 4,85 habitants ; Canada, pour 9 ; Australie, pour 11 ; France, pour 20 ; Angleterre, pour 23 ; Argentine, pour 49 ; Belgique, pour 51 ; Allemagne, pour 59 ; Italie, pour 108.

## Accidents d'automobiles aux Etats-Unis

**V**OICI, d'après le « Bureau for street Traffic Research of Harvard University » chargé, aux Etats-Unis, de la circulation routière, les plus récentes statistiques publiées concernant les accidents d'automobiles en Amérique. En 1935, on a enregistré 827 000 accidents (37 000 tués, 105 000 invalides à vie, 1 million de blessés) : 61 % proviennent de la rencontre de véhicules dont 17 % pour ceux allant en sens inverse et 44 % dans le même sens (doublage avec rabattement trop brusque effectué sans avertir, changement de file) ; 19 % aux croisements (prise en écharpe) — ce sont, en général les plus graves comme conséquences ; 20 % résultent du mauvais état de la route, de l'imprudence des piétons. On peut, d'autre part, évaluer à 15 % le nombre de conducteurs dont les fautes professionnelles provoquent les accidents. Pour le véhicule automobile proprement dit, on impute 5 % des accidents à des défauts mécaniques (mauvais entretien, freins insuffisants). L'abaissement du centre de gravité, l'amélioration de la direction ont contribué à une tenue de route maintenant satisfaisante ; les carrosseries tout acier, plus résistantes, protègent mieux les « passagers ». Mais la route est encore, dans bien des cas, la grande coupable. C'est ce que nous examinerons un jour.

**N. D. L. R.** — Dans le n° 243 (septembre 1937), page 233, à propos de l'utilisation de deux canalisations séparées pour l'aspiration au carburateur en vue d'améliorer le rendement du moteur d'automobiles, il y a lieu de rectifier la note parue au bas de la première colonne. L'ingénieur H. Petit estime, en effet, que ce dispositif est applicable à tous les moteurs, alors qu'une erreur matérielle nous a fait écrire qu'il ne pouvait être utilisé sur des moteurs à soupapes ordinaires.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 242, page 80.

(2) Monoplan, à aile basse, train d'atterrissage escamotable, 34 m d'envergure pesant 1 125 kg, rayon d'action 1 200 km, vitesse maximum 260 km/h. Il est équipé d'un moteur de 1 000 ch « A. M.-34 ».

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 242, page 81.



## UNE NOUVELLE CONQUÊTE DE L'ALUMINIUM : TOITURES ÉTANCHES ET INALTÉRABLES

**L'**ALUMINIUM, que le four électrique permet d'obtenir à un haut degré de pureté (on réalise couramment des titres de 98 et 99 % et, pour certains emplois particuliers, 99,5 et 99,8 %), s'est assuré, de par ses propriétés remarquables, une place de choix dans de nombreuses industries. Sa légèreté (il pèse trois fois moins que le cuivre ou le zinc), sa conductibilité thermique et électrique, son inaltérabilité le font employer, en effet, aussi bien en électrotechnique (câbles, etc.), que dans les moteurs modernes (culasses et pistons), dans la construction métallique des chemins de fer et l'alimentation (emballages, papier d'aluminium).

### L'aluminium et la couverture des bâtiments

Rappelons simplement ici que la résistance de l'aluminium à l'action des agents atmosphériques provient de son affinité chimique pour l'oxygène de l'air. La pellicule très mince d'alumine qui se forme rapidement sur l'aluminium au contact de l'air, dure, imperméable et inaltérable, protège le métal contre toute attaque ultérieure. Comme, d'autre part, on obtient aisément, par laminage, des tôles ou des bandes d'aluminium de grande surface et d'épaisseurs relativement faibles, il était tout naturel que ce métal fût essayé pour la couverture des bâtiments. En fait, il fut utilisé dès 1912 en France, en 1915 en Allemagne, et depuis 1918, les essais répétés dans ces pays, ainsi qu'en Amérique, dans des circonstances très diverses, ont prouvé la parfaite tenue de l'aluminium (couverture de centrales électriques dans les Alpes en 1930, d'immeubles à loyers modérés à Francfort, du phare Lindbergh à Chicago, etc.). Non seulement, en effet, une telle couverture pèse trois fois moins que si elle était réalisée en zinc ou en cuivre, mais encore le pouvoir réfléchissant de l'aluminium, extrêmement élevé, permet de conserver aux locaux sous-jacents une température nettement plus fraîche.

La seule condition qui pourrait limiter l'emploi de l'aluminium comme couverture des bâtiments est qu'il faut éviter son contact *direct* avec des matériaux à réaction alcaline (chaux, plâtre, ciments, etc.), et encore le ciment fondu ou électro-

fondus est admissible). On ne doit pas non plus l'employer nu ou à découvert au voisinage immédiat de la mer. Il en est de même, du reste, des autres métaux usuels.

La généralisation de l'emploi de l'aluminium comme couverture demeurerait cependant entravée jusqu'ici pour deux raisons. Tout d'abord, l'aluminium, tout en étant très léger, se trouvait, comme matériau de couverture, d'un prix trop élevé en raison de l'épaisseur nécessaire. Ensuite, les procédés habituels de pose exigeaient une main-d'œuvre experte, à faible rendement, et entraînaient une perte exagérée de matière, du fait des recouvrements indispen-

sables pour assurer l'étanchéité. Nous allons voir comment ces difficultés ont été récemment surmontées, grâce à la combinaison de deux matériaux, l'aluminium et le bitume.

### Qu'est-ce que le « paxalumin » ?

Nous avons vu qu'au point de vue de l'inaltérabilité, seule compte la pellicule d'alumine qui se forme à la surface de l'aluminium au contact de l'air. le reste de l'épaisseur de la tôle utilisée

servant uniquement à donner à l'ensemble le poids, la rigidité et la résistance mécanique indispensables à la bonne tenue de la couverture. D'autre part, c'est précisément cette épaisseur qui est responsable du prix de revient excessif. Il fallait donc conserver l'épaisseur utile au point de vue protection et supprimer la partie inutile et coûteuse, en la remplaçant par une matière moins onéreuse.

Ainsi est né le *paxalumin*. Ce n'est pas un alliage d'aluminium, mais un complexe formé d'une feuille mince d'aluminium fixée sur une texture bitumineuse économique, résistante, pratiquement indéchirable, inattaquable par l'eau, l'humidité et le gel, absolument imperméable et de durée illimitée : la texture *Solka*. Cette texture est d'ailleurs revêtue, sur la face opposée à celle en contact avec l'aluminium (la face inférieure dans le cas d'une toiture, l'aluminium restant au-dessus comme protecteur), d'une couche de bitume pur, qui sert de matière de liaison entre le paxalumin et les surfaces à recouvrir : bois, ciment, briques, etc.

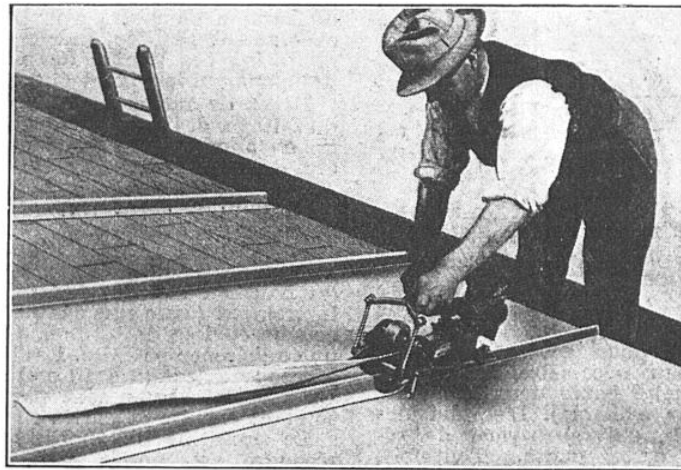


FIG. 1. — POSE A LA MACHINE D'UN COUVRE-JOINT  
« PAXALUMIN » SUR UNE TOITURE



Pour répondre à toutes les circonstances d'emploi, trois types de paxalumin ont été créés : le *type standard* (feuille d'aluminium, couche de bitume, texture Solka, couche de bitume et, éventuellement, un papier imperméabilisé lorsqu'il est livré en longues plaques) destiné à la couverture des toitures en pente formées de voliges jointives ; le *type « renforcé »*, identique au précédent, mais où la sous-couche de bitume a une épaisseur plus importante, utilisé soit pour assurer la couverture et l'étanchéité de toitures en pente construites en béton : voûtes, combles, etc. (la sous-couche de bitume assurant l'adhérence avec le matériau revêtu), soit pour réaliser l'étanchéité de terrasses où l'on ne circule que pour l'entretien (nettoyage, ramonage, etc.) ; le *type « doublé »*, qui se différencie nettement des précédents. En effet, la feuille d'aluminium plus épaisse qui est adoptée sert seule de support au bitume qui la revêt sur *chaque* face. Le surcroît d'aluminium et de bitume permet de supprimer la texture spéciale. L'armature métallique (aluminium) de ce type lui procure une grande résistance. Ce paxalumin doublé est employé pour recouvrir

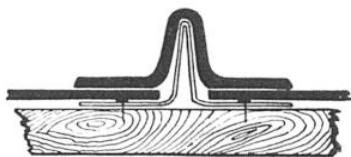


FIG. 2. — COUPE MONTRANT LA DISPOSITION DES BANDES DE « PAXALUMIN », DU SOUS-JOINT ET DU COUVRE-JOINT

#### Comment on utilise le « paxalumin »

Le cas le plus fréquent est celui des toitures en pente, l'inclinaison n'étant prévue que pour assurer l'écoulement *rapide* de l'eau nécessaire, par suite du manque d'étanchéité entre deux éléments successifs (tuiles, par exemple). L'emploi des métaux (zinc, plomb, cuivre) permet de réduire sensiblement cette pente. Toutefois, leur dilatation interdit la soudure directe à partir de certaines surfaces, ce qui entraîne des assemblages compliqués n'assurant pas toujours l'étanchéité totale, c'est-à-dire résistant à un jet d'eau violent projeté dans n'importe quel sens. La toiture la plus économique et la plus pratique est donc celle qui réalise cette étanchéité avec le minimum de pente. Avec le paxalumin, cette pente peut être ramenée de 30 % à 5 % sans inconvénient, d'où réduction du prix de la couverture, de la charpente, et suppression d'espaces inutilisables (combles).

Supposons donc la toiture recouverte de voliges jointives. Sur ce voligeage, et dans le sens des pentes, on trace l'emplacement des « sous-joints » espacés de 68 centimètres d'axe en axe (les feuilles de paxalumin ont 67 centimètres de largeur). Ces sous-joints sont constitués par des tôles minces en forme de T renversé. Les bandes de paxalumin déroulées entre ces sous-joints clouées sur les voliges laissent donc un vide d'environ 5 mm entre leurs bords et la partie saillante du sous-joint. Elles sont clouées, et, enfin, on place le couvre-joint paxalumin à cheval sur la partie verticale du sous-joint (fig. 3). Cette opération consiste à faire fondre la face bitume de la bande couvre-joint, afin de la faire adhérer parfaitement sur le sous-joint

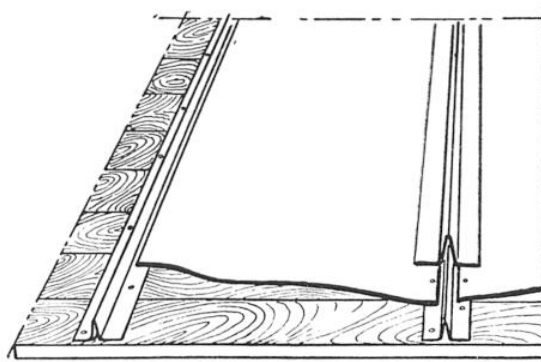


FIG. 3. — SCHÉMA D'UNE COUVERTURE EN « PAXALUMIN »

et sur les feuilles adjacentes de paxalumin. Une petite machine spéciale permet d'exécuter rapidement cette opération. Il suffit de considérer la figure 2 et de se rappeler les qualités du bitume pour concevoir que l'étanchéité est absolument réalisée, même si, par suite de la dilatation des bandes de paxalumin, les trous des clous qui les fixent étaient ovalisés.

Il est de même facile d'assurer l'étanchéité du faitage, des raccords avec les gouttières, avec les cheminées, vitrages, lanterneaux, lucarnes, etc., de la toiture.

Pour les toitures en béton, on utilisera le paxalumin renforcé (hangars d'aviation, halls de machines, usines, etc.). Dans ce cas, la toiture étant d'abord revêtue d'une couche-écran de bitume, les feuilles de paxalumin sont déroulées du haut en bas des pentes en faisant fondre légèrement (avec une lampe à braser) la sous-couche épaisse de bitume. Une pression assure une adhérence parfaite. Les bandes sont placées à recouvrement (6 à 10 cm) sans couvre-joints. Un résultat absolument parfait est obtenu en soudant ensuite la partie en recouvrement.

Le problème d'étanchéité le plus difficile à résoudre est, on le sait, celui des *toitures-terrasses*. Nous ne pouvons entrer ici dans le détail des conditions optima à remplir par l'architecture de la terrasse pour permettre un recouvrement parfaitement étanche.

Lorsque aucune circulation n'est à prévoir, on utilise le paxalumin renforcé en augmentant la quantité de bitume. L'aluminium, à l'air libre, assurera la protection. Tous les raccords peuvent être réalisés grâce à la malléabilité de l'aluminium et du bitume.

Lorsqu'il faut prévoir une circulation fréquente sur la terrasse, on a recours au *paxalumin doublé*, dont la feuille d'aluminium forme l'âme-support du bitume déposé sur chaque face. Le métal est ainsi lui-même protégé de tout choc et des dalles de ciment, carreaux d'ardoises, etc., qui permettent de circuler sur la couverture étanche.

Ainsi, grâce à l'aluminium, souple, léger, inaltérable, ont pu être mis en valeur par les Etablissements Paix et C<sup>ie</sup> les qualités remarquables du bitume au point de vue de l'étanchéité. C'est une nouvelle conquête du métal léger auquel nous sommes redevables en grande partie des progrès de la locomotion mécanique sur terre, sur l'eau, dans l'air, comme des réalisations les plus modernes dans les domaines les plus variés.



## UNE VOITURE BRILLANTE ET ÉCONOMIQUE : LA « SIMCA-8 »

UNE vitesse de plus de 110 km/h, avec une consommation inférieure à 9 litres d'essence aux 100 km avec 4 personnes à bord, voilà deux chiffres contrôlés qui mettent nettement en évidence les qualités de la « SIMCA-8 », présentée au dernier Salon de l'Automobile de Paris (1). C'est grâce à l'application rationnelle de tous les perfectionnements techniques du moteur, du châssis, de la carrosserie, tel qu'un résultat a pu être atteint. Un rapide exposé des caractéristiques techniques de la « SIMCA-8 » suffit pour s'en convaincre.

**Moteur.** — Quatre cylindres de 1 100 cm<sup>3</sup> de cylindrée ; à 4 000 t/mn, la puissance effective développée dépasse 32 ch. Chaque cylindre ayant 75 mm de course et 68 mm d'alésage, le moteur est du type carré. Ainsi, pour un même nombre de tours, le déplacement linéaire des pistons et, par suite, l'usure des organes en mouvement sont réduits au minimum. Pour améliorer le rendement thermodynamique, il faut utiliser au maximum l'énergie thermique du carburant, donner à la chambre d'explosion la forme la plus compacte en vue de concentrer l'effort produit sur la tête

du piston, assurer le meilleur remplissage des cylindres et l'échappement rapide des gaz brûlés. Les soupapes en tête commandées par tiges et culbuteurs (fonctionnement silencieux, mécanisme simple), à sièges rapportés (emploi d'alliages à haute résistance de longue durée), ont apporté au problème une heureuse solution.

Signalons encore l'adoption de la culasse en aluminium sur la « SIMCA-8 », qui, en absorbant et dissipant la chaleur trois fois plus rapidement que la fonte, évite la formation de points chauds et, par suite, autorise une plus forte compression, c'est-à-dire encore un meilleur rendement ; le carburateur inversé (*down draft*) améliorant l'utilisation des gaz et les reprises (2).

Enfin, pour éviter la répercussion des vibrations du moteur à 4 cylindres, celui-ci est suspendu élastiquement en trois points sur le châssis (deux supports caoutchoutés au droit de son centre de gravité, un à l'arrière de la boîte de vitesses).

**Boîte de vitesses.** — La « SIMCA-8 » comporte

(1) Evidemment, la voiture deux places idéale demeure la « SIMCA-cinq », que nos lecteurs connaissent bien. (Voir *La Science et la Vie*, n° 241.)

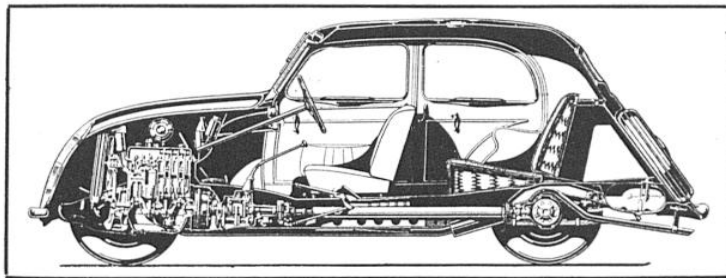
(2) Il est muni d'un starter automatique, avec filtre à air, fonctionnant ainsi comme silencieux d'aspiration.

quatre vitesses et une marche arrière. Nous avons montré déjà que ce dispositif assure la meilleure utilisation du moteur. Avec la troisième vitesse silencieuse et synchronisée, on monte à 90 km/h et les démarrages sont remarquables.

**LE CHASSIS.** — Le succès des roues avant indépendantes obtenu sur la « SIMCA-cinq » a fait adopter ce dispositif (constance de l'écartement des roues malgré les cahots), qui améliore la suspension, supprime tangage et roulis. Cette suspension est réalisée par deux ressorts souples en acier et quatre amortisseurs hydrauliques à double effet.

Mais un point à signaler tout particulièrement est le *Stabilisateur « anti-déportant »*, qui accroît très sensiblement le confort. En effet, dans les virages, il oblige les ressorts arrière de droite et de gauche à fléchir dans la même mesure de sorte que le plan de la carrosserie reste toujours parallèle à la route.

Voici maintenant le freinage par quatre freins hydrauliques « Lockheed » à tambours d'aluminium de grand diamètre, munis de nombreuses ailettes pour le refroidissement. Le frein à main auxiliaire, indépendant des freins



COUPE DE LA « SIMCA-8 »

Cette voiture dépasse 110 km/h et consomme moins de 9 litres aux 100 km.

sur roues, agit sur la transmission (sécurité supplémentaire).

La direction, douce et précise, à vis et pignon hélicoïdal, avec rattrapage de jeu, commande directement et séparément chaque roue.

Mentionnons encore : le graissage par pompe ; la circulation d'eau par *thermo-siphon* ; l'allumage par batterie avec avance automatique et correcteur à main ; l'embrayage monodisque fonctionnant à sec sur moyeu élastique ; la transmission par arbre tubulaire ; le pont arrière à couple conique silencieux réglable de l'extérieur ; l'équipement électrique fort complet.

**LA CARROSSERIE.** — Monocoque en acier, la carrosserie « quatre places », très étudiée au point de vue aérodynamique, assure le maximum de sécurité. La conduite intérieure « quatre portes » offre, lorsque celles-ci sont ouvertes, une ouverture de 1 m 60 sur 1 m 10, car elle ne comporte pas de montants de portes intermédiaires. L'accès des sièges, situés entre les essieux (confort), est donc très aisé.

Cet exposé succinct des caractéristiques de la « SIMCA-8 » suffit à montrer les qualités exceptionnelles de cette voiture, vraiment conçue et réalisée pour « faire de la route ».





## LES A COTÉ DE LA SCIENCE

### INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

#### Du nouveau en radio

**N**OUS avons signalé déjà l'*Auto-Bloc*, commande unique assurant neuf manœuvres différentes, mis au point par Philipps. En vue d'obtenir une plus grande fidélité, on trouve sur les nouveaux postes un équilibreur de tonalité, un montage à trois diodes, qui améliore la contre-réaction, et un «*expanseur de contrastes*». On sait que, à l'émission radiophonique, les courants microphoniques sont amenés à une «*table des mélanges*» en vue de «*mélanger*» les impressions isolées captées par les différents microphones. Dès qu'un passage trop fort résonne, il est atténué pour ne surcharger ni l'émetteur ni, ultérieurement, le haut-parleur du récepteur. De même, tout passage trop faible est amplifié afin que la modulation de l'onde porteuse de l'émetteur soit suffisante. Il y a évidemment un grand intérêt, pour l'obtention d'une audition artistique, à reproduire, à la réception, les contrastes ainsi atténués. C'est ce que permet, notamment, le *Philips-890* (Série «*symphonique 38*») muni d'un étage de sortie de 18 W. On peut, avec cet appareil, soit recevoir l'émission dans sa forme adaptée par la table des mélanges, soit dans toute son ampleur naturelle, grâce à l'«*expanseur de contrastes*» qui, automatiquement, amplifie les passages atténués à l'émission et atténue les passages faibles amplifiés à l'émission.

PHILIPS, 2, cité Paradis, Paris (10<sup>e</sup>).

#### Le pneu Bergougnan

**L**ES pneus «*poids lourds*» constituent un facteur important des frais généraux, l'équipement en pneus d'un seul véhicule pouvant parfois atteindre plusieurs dizaines de milliers de francs. Toute entreprise sérieuse doit suivre de très près le travail et le rendement de chaque pneumatique. Sûr de sa fabrication, Bergougnan s'est donc attaqué d'abord à ce problème, le plus difficile au point de vue technique, mais aussi le plus convaincant.

Malgré sa spécialisation dans les pneus «*poids lourds*», Bergougnan n'a pas négligé le pneu «*tourisme*», dont les types «*standard*» et «*renforcés*» répondent à toutes les nécessités.

Le pneu Bergougnan est un pneu complet, assurant dans tous les cas le meilleur kilométrage avec des garanties incontestées de sécurité. Toute une partie des vastes usines Bergougnan, de Clermont-Ferrand, est donc affectée à la fabrication des pneus de véhicules automobiles, «*tourisme*» et «*poids lourds*»; Bergougnan est aussi un gros producteur de pneus pour avions (les pilotes les plus en renom de notre aviation ont attesté leur satisfaction) et de pneus pour vélos et motos.

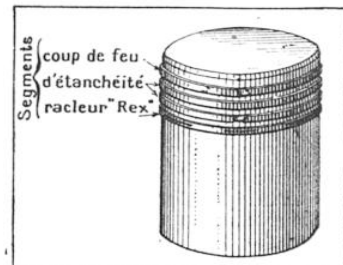
Citons encore parmi ses fabrications les

tuyaux pour les usages les plus variés; les tapis dont l'emploi se répand de plus en plus; les courroies utilisées comme transmission ou transporteuses; les semelles et talons, etc...

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DES ÉTABLISSEMENTS BERGOUGNAN, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

#### Les segments de pistons et le moteur d'automobile

**T**ROP peu d'automobilistes apprécient à sa juste valeur le rôle des segments disposés sur les pistons des moteurs. Or, si nous avons montré à plusieurs reprises qu'à tout accroissement de compression des gaz carburés avant l'explosion correspondait une amélioration du rendement thermodynamique du moteur, il est clair que cette compression ne peut conserver la valeur pour laquelle ont été calculés alésage, course du piston, volume de la chambre de combustion, que si les gaz ne peuvent passer entre le piston et le cylindre. Cependant, il est évidemment nécessaire qu'un certain jeu existe entre le piston et le cylindre. On sait que ces conditions opposées ont été précisément remplies par l'emploi de segments, sortes de bracelets élastiques montés dans des gorges prévues sur les pistons. Ces bracelets se plaquent

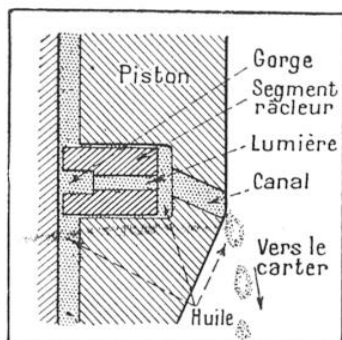


SUR LES QUATRE SEGMENTS D'UN PISTON, LE PREMIER REÇOIT L'EXPLOSION, LES DEUX AUTRES SERVENT SURTOUT À L'ÉTANCHÉITÉ, LE QUATRIÈME DOIT RACLER L'HUILE ENTRAÎNÉE

première dépend également l'étanchéité. Matière première et usinage sont donc à la base de la fabrication du segment parfait. Dans ce domaine, il faut reconnaître les services qu'a rendus M. Grenier à l'industrie automobile.

La matière première doit être de la fonte, seule substance présentant la dureté et l'élasticité convenables. Dure, elle l'est assez pour résister à l'usure et pas trop pour ne pas attaquer le cylindre et l'ovaliser. Une autre qualité à





COUPE DU SEGMENT RACLEUR  
« REX » ASSURANT LE RETOUR  
DE L'HUILE AU CARTER

ditions par l'emploi d'une fonte (« Finelectric ») au titane vanadium, soumise à un traitement thermique spécial, exécuté au four électrique à température rigoureusement constante excluant tout refroidissement partiel, tous points de trempe, tout déséquilibre de tensions internes.

Au point de vue de l'usinage, il est réalisé au moyen de machines automatiques dont la précision atteint le *millième de millimètre*.

Enfin, le segment, ou tout au moins un des segments du piston, a une autre fonction. Il doit racleur l'huile qui remonte du carter et l'obliger à retomber dans celui-ci. Ici encore, M. Grenier, dans ses segments *Rex* et *Super-Rex*, a apporté d'heureuses modifications. Grâce aux longues lumières fraisées ménagées au fond de la rainure du segment communiquant avec un canal pratique dans la jupe du piston (fig. ci-dessus), l'huile retourne constamment dans le carter.

Le rôle du segment est, on le voit, multiple. De sa perfection dépend le rendement du moteur, l'économie de carburant, l'amélioration des reprises, l'accroissement de souplesse.

SEGMENTS H. GRENIER, 55, quai de Boulogne, Boulogne-sur-Seine.

## Accumulateurs et automobiles

Il est indéniable que l'on exige, aujourd'hui, d'une batterie d'accumulateurs pour automobiles un service beaucoup plus dur qu'autrefois. L'accroissement de la puissance réelle et du nombre de cylindres des moteurs modernes, celui du nombre des accessoires fonctionnant à l'électricité ont accru considérablement la consommation de courant. Cependant, il ne faudrait pas une batterie d'accus beaucoup plus forte pour donner satisfaction. L'expérience a prouvé, en effet, que, de deux batteries de 6 V, l'une de 90 A.h, l'autre de 105 A.h (soit 15 % seulement d'augmentation de capacité), déchargées en régime continu à 300 A, après avoir été maintenues pendant 24 h dans une chambre froide à  $-18^{\circ}\text{C}$  (régime moyen d'une décharge de démarrage), la première ne débite que pendant 3 mn, la seconde pendant 4 mn. Pratiquement, on peut compter sur un accroissement de 50 % de l'énergie disponible.

Pour cela, il n'est cependant pas nécessaire de recourir à des batteries encombrantes. La batterie Dinin *Super Porex* donne, en effet, à dimensions égales, 75 A.h au lieu de 60 A.h,

rechercher est le minimum de frottement afin d'améliorer le rendement et de réduire l'échauffement. Enfin, le segment doit évacuer le plus rapidement possible la chaleur qu'il reçoit du piston dont la tête est soumise à 50 ou 60 explosions par seconde ! M. Grenier a su concilier toutes ces con-

90 A.h au lieu de 75, et 105 A.h au lieu de 90 A.h. Nous avons montré déjà la sévérité des essais auxquels elle est soumise (1).

ACCUMULATEURS DININ, Nanterre (Seine).

## Les segments racleurs à 3 étages

Voici, au sujet des segments, la création d'Amédée Bollée : les *segments racleurs 3 E*, destinés aux moteurs usagés.

Les racleurs sont constitués par trois éléments indépendants, superposés dans la même gorge ; on les monte à la place des racleurs ordinaires (à fentes ou à trous). Le glissement des éléments les uns sur les autres assure un nettoyage automatique et continu des passages d'huile entre les éléments. L'huile racleuse passe au-dessous des racleurs ; elle atteint rapidement le fond de la gorge du piston, qui doit être perforée de trous assez nombreux et assez grands (2 mm 5).

Dans le cas de grande usure, les trois éléments appuient sur la paroi du cylindre et le racleur est toujours effectif aux trois étages.

La « Société Centrale des Chemins de fer », 121, boulevard Malesherbes, à Paris, a généralisé l'emploi des racleurs 3 E sur ses 240 autobus — service routier. Les relevés indiquent une économie de 30 % réalisée par les racleurs 3 E, depuis six mois, sur la consommation totale.

De même, « les Rapides de Champagne », 11, rue Condorcet, à Reims, qui utilisent les racleurs 3 E sur la totalité de leurs voitures, signalent une économie contrôlée de l'ordre de 32 %.

La consommation d'huile est à peu près réduite au remplacement de l'huile usagée.

SEGMENTS AMÉDÉE BOLLÉE, Le Mans (Sarthe).

## Indispensable aux sans-filistes et aux usagers de l'électricité

Voici un petit appareil, le *Chrono-rupteur*, de la grosseur et ressemblant à une montre, qui se branche instantanément et sans installation sur n'importe quelle prise de courant. Dès lors, le système d'utilisation (récepteur de T. S. F., fer à repasser, bouilloire, éclairage des vitrines de magasins, allumage des feux de position d'une voiture automobile, etc.) peut être mis en marche automatiquement ou arrêté au moment choisi.

Cet appareil fonctionne indifféremment sur tous courants.

M. RAOUL GAY, 11, rue de la Madeleine, La Varenne-Saint-Hilaire (Seine).

## Le film « Summor » 35 m/m

Voici le film panchromatique *Summor* à grain très fin qui, en plus de ses qualités d'émulsion, est muni d'une couche dorsale évitant au séchage les dépôts d'eau calcaire. Le film *Summor* de 35 m/m est conditionné en 18 vues, 36 vues et 5 m. On sait que la bobineuse *Summor* (2) permet, grâce à un magasin de 10 m, de préparer le film en plein jour, au nombre de vues désiré.

LES SPÉCIALITÉS SUMMOR, 27, place Alphonse-Deville, Paris (6<sup>e</sup>).

V. RUBOR.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 233, page 423.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 244, page xxx



CHEZ LES ÉDITEURS <sup>(1)</sup>

**Bilan du communisme**, publié sous la direction de *Henry Perret*. Prix franco, France: 21 f 20 ; étranger, 24 f 20.

Les « Cahiers économiques et sociaux », dont la valeur technique et économique s'affirme aussi éclectique qu'impartiale, nous offrent un « bilan » total du communisme pour permettre à tout esprit cultivé de mieux comprendre les événements sociologiques actuels, depuis l'origine du communisme jusqu'à la présente année. L'établissement d'un tel bilan a été confié à plusieurs spécialistes qualifiés — de réels connaisseurs — appartenant aux partis les plus opposés : depuis M. Pierre Dominique jusqu'à Henry Peyret, en passant par certains fonctionnaires soviétiques mieux désignés que quiconque pour nous parler de l'U. R. S. S. Afin d'apprécier en toute objectivité la portée d'une doctrine, les conditions de son application à la société contemporaine, il importait avant tout de puiser à toutes les sources de documentation, de suivre l'expérimentation, de reprendre les données et les résultats de l'observation. C'est alors seulement qu'on est en mesure de se rendre compte de l'évolution du communisme dans les différents pays — en Russie et hors de Russie — et de comprendre pourquoi les uns l'envisagent comme un « péril de mort », les autres comme la conséquence inéluctable du marxisme à la recherche du pouvoir comme suite de l'expérience soviétique. Nier l'évidence des événements historiques et sociologiques — en perpétuel devenir, — ignorer les événements qui se sont produits depuis la révolution russe de 1917, et méconnaître les répercussions qu'ils ont exercées sur le prolétariat mondial serait aussi puéril que de ne pas admettre le bouleversement spirituel, moral, social déclenché il y a deux mille ans, lors de l'apparition — providentielle — du christianisme sur la terre. Pour devenir adepte d'une doctrine — en dehors des avantages matériels qu'elle peut apporter — il faut y croire sans tomber pour cela dans une stérile idéologie. On a la foi ou on ne l'a pas. Il ne suffit pas, en effet, d'affirmer pour convaincre. Une doctrine, pour être viable, — politiquement et économiquement parlant, — doit admettre que les faits cadrent avec les plans, que l'individu — même le moins conscient — sente les bienfaits immédiats d'une nouvelle formule de civilisation. Certaines contradictions, certaines absences de sincérité qui apparaissent dans ce « bilan » démontreront à tout lecteur de bonne foi — c'est-à-dire dégagé et de l'esprit de parti et de tout conformisme périmé — que le communisme dans ses manifestations actuelles n'a pas encore atteint ce but, même dans les pays comme l'U. R. S. S. où il s'est implanté « officiellement ». Il ne faudrait cependant pas pour cela méconnaître les enseignements pleins d'intérêt qui, dès maintenant, découlent d'un tel bilan, ni considérer certaines formules d'un impératif catégorique sans ménagements comme de simples slogans de propagande internationale. Le philosophe social doit savoir

sélectionner les semences que toute doctrine renferme en puissance, s'efforcer de les transplanter dans un terrain préparé pour y devenir fécondes. Une telle transformation s'accomplira peut-être un jour sans pour cela engendrer la Révolution universelle et brutale, objectif permanent de la III<sup>e</sup> Internationale, dont le siège est à Moscou. Là s'exerce, en dépit des protestataires, une tyrannie asiatique, collectiviste, hiérarchisée, que nous ne croyons pas susceptible de convenir au peuple français, plus épris de collectivisme « égalitaire » que de marxisme intégral. Ces deux tendances sont trop divergentes pour aboutir au même but. Selon Aristote, « l'homme est un animal politique » ; en France, tout citoyen est à la fois un animal politique, mais il est aussi irréductiblement individualiste... et ceci explique bien des choses.

**La nouvelle guerre allemande**, par *Helmut Klotz*. Prix franco : France, 32 f ; étranger, 34 f.

Nos lecteurs ont pu apprécier ici même (1) la valeur de la documentation de cet auteur soucieux d'exposer, en toute objectivité, les informations techniques qu'il a su recueillir en vue d'en dégager les idées générales ayant trait à l'évolution militaire du III<sup>e</sup> Reich. Ancien officier de la Marine impériale, exilé par les autorités nationales socialistes, il s'est efforcé de s'affranchir de toute passion politique. C'est pourquoi son livre doit être lu. Il renferme en effet des vérités qu'il n'a pas craint d'affirmer et qu'on doit connaître, car elles sont basées sur des faits indiscutables avec chiffres à l'appui. A ce point de vue, l'organisation des nouvelles armées allemandes constitue un inventaire assez complet des ressources militaires de l'Allemagne au début de cette année même. Répartition régionale, répartition des garnisons, différentes armes (infanterie, artillerie, etc.), divisions cuirassées, motorisation des troupes en campagne, autostrades stratégiques, font l'objet de renseignements mis à jour qui incitent à réfléchir sur la valeur du « potentiel guerrier » de l'Allemagne contemporaine. Les chapitres concernant la marine de guerre, l'aviation, apportent aussi une documentation suffisamment nourrie pour permettre de se rendre compte de la grandeur de ce potentiel dans toutes les activités de la défense nationale. Et, si l'on passe du plan technique et tactique sur celui de la stratégie, on y voit développées certaines conceptions de von Seeckt, de Göring, de Epp, — sans oublier Ludendorff, cet apôtre de la guerre totale, — qui doivent être pesées et méditées. Dans cette conception germanique de la guerre totale, la préparation économique tient désormais une place primordiale. La politique pétrolière y occupe une place prépondérante... Du temps où les jeunes — qui firent la guerre de 1914-18 — lisaient les livres du capitaine Danrit (pseudonyme du commandant Driant) sur la « Guerre de demain », bien des vues semblaient alors des fictions. Cependant, ce précurseur avait assez bien imaginé comment se réaliserait, quelque quinze ans plus tard, un gigantesque conflit.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 231, page 218.

(1) Les ouvrages annoncés peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE, au reçu de la somme correspondant au prix indiqué sauf majorations.



armé. Or, l'officier allemand Helmut Klotz, vingt années après la guerre universelle qui a bouleversé le monde, fait lui aussi œuvre de prophète... mais en s'appuyant sur les faits et sur les chiffres. Il a scruté les plans, il a consulté certains hommes renseignés et, avec ces éléments sélectionnés, il a construit sa « Nouvelle guerre allemande »... celle de demain ou d'après-demain. Ceux qui admettent qu'en France le système D a fait son temps doivent, après avoir lu ce livre, reconnaître de bonne foi que, depuis le 7 mars 1936 (réoccupation de la Rhénanie), il y a quelque chose de changé en Allemagne : prévoir, c'est savoir...

**Le Palais de la Découverte à l'Exposition de 1937** (huit fascicules consacrés aux sections biologique, médicale, chirurgicale).

*La Science et la Vie* a, elle-même, consacré au Palais de la Découverte, à l'Exposition de 1937, une série d'articles sérieusement documentés sur toutes les branches des recherches scientifiques qui ont abouti à l'édifice de la connaissance, dans les différents champs d'activité créatrice, en vue de pénétrer les secrets de la matière et d'établir les lois qui régissent les phénomènes. C'est là, en particulier, l'objet des sciences expérimentales (mécanique, physique, chimie, etc), et aussi de la biologie qui embrasse l'étude de la vie elle-même, dans ses origines mystérieuses comme dans ses multiples et complexes manifestations. C'est dans ce vaste domaine que nous signalons la collection de fascicules récemment édités afin de laisser une « trace » écrite de l'admirable effort synthétique présenté au Palais de la Découverte, bien que celui-ci doive subsister à l'Exposition elle-même. Ces opuscules, fort bien rédigés par des spécialistes de haute valeur intellectuelle et professionnelle, traitent des sujets suivants : la *Microbiologie* (l'œuvre de Pasteur et ses conséquences) ; la *Biologie végétale* (cycle du carbone, ondes bioélectriques, psychophysiologie de sen-

sations, biométrie humaine, tels en sont les principaux chapitres) ; la *Biologie animale* (culture des tissus, greffes, hérédité, sexualité, parthénogénèse, etc.) ; *Hérédité, Mutation et Evolution* (œuvre de Hugo De Vries, origine des espèces, mutations ou hybrides, arbre généalogique et origine des espèces, végétation houillère, etc.) ; *Hybrides sexuels et Mosaïques* (œuvre de Mendel et de Naudin, applications de la génétique, hérédité des caractères dans le domaine végétal qui donne lieu à l'étude de tant de problèmes captivants aux applications pratiques en vue d'améliorer les cultures et de « créer » des variétés nouvelles) ; *Symbiose et Parasitisme* (œuvre de Noël Bernard, qui a donné lieu à de si savantes interprétations et de si curieuses réalisations dans le domaine des plantes). Enfin, voici la *Médecine* (aspects de la Science médicale) et la *Chirurgie*, avec leurs étapes successives et leurs conquêtes progressives, aussi bien en pathologie qu'en art opératoire ou dans l'asepsie, l'anesthésie, la transfusion — trois précieux moyens qui ont autorisé toutes les audaces...

**OUVRAGES A SIGNALER :**

**Manuel pratique de construction des planeurs et motoplaneurs**, par G. Sablier. Prix franco : France, 13 f 40 ; étranger, 15 f 80.

**Pour le blanchisseur**, par A. Chaplet. Prix franco : France, 13 f 40 ; étranger, 15 f 80. Petit livre pratique à l'usage des praticiens.

**Pour l'électricien amateur**, par J. de Thelisme. Prix franco : France, 13 f 40 ; étranger, 15 f 80.

Ouvrage écrit par un praticien qui sait se mettre à la portée de l'amateur.

**Un exemple d'organisation**, par J. Laval. Prix franco : France, 11 f 20 ; étranger, 13 f 20.

**TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »**

**FRANCE ET COLONIES**

|                                   |                    |                         |                    |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| Envois simplement affranchis..... | { 1 an..... 55 fr. | Envois recommandés..... | { 1 an..... 65 fr. |
|                                   | { 6 mois... 28 —   |                         | { 6 mois... 33 —   |

**BELGIQUE**

|                                   |                            |                         |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Envois simplement affranchis..... | { 1 an... 70 f. (français) | Envois recommandés..... | { 1 an... 90 f. (français) |
|                                   | { 6 mois. 36 f. —          |                         | { 6 mois. 45 f. —          |

**ÉTRANGER**

Pour les pays ci-après : *Afghanistan, Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines, Indes Néerlandaises, Irlande, Islande, Italie et Colonies, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Pérou, Rhodésie, Suède.*

|                                   |                    |                         |                   |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|
| Envois simplement affranchis..... | { 1 an..... 90 fr. | Envois recommandés..... | { 1 an... 110 fr. |
|                                   | { 6 mois... 46 —   |                         | { 6 mois.. 55 —   |

Pour les autres pays :

|                                   |                    |                         |                     |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| Envois simplement affranchis..... | { 1 an..... 80 fr. | Envois recommandés..... | { 1 an..... 100 fr. |
|                                   | { 6 mois... 41 —   |                         | { 6 mois.. 50 —     |

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 1 franc en timbres-poste.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X<sup>e</sup>  
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

Directeur : G. BOURREY. — Gérant : M. LAMY.

Paris. — Imp. MAURICE BERNARD, 18, rue d'Enghien.



Vient de paraître :

# NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ

DEUX FORTS VOLUMES

Format 21 x 29, reliés dos cuir, plat  
toile, 1.400 pages de texte. Gravures,  
dessins, schémas.

Publiée sous la direction de **M. DESARCES**, Ingénieur E. C. P.,  
avec la collaboration d'Ing. électriciens des Arts et Métiers, de  
l'Ecole Sup. d'Electricité et de l'Inst. électrotechn. de Grenoble.

SEPT MODÈLES DÉMONTABLES  
diversement coloriés de MACHINES  
et INSTRUMENTS ÉLECTRIQUES.

**L**A NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ est  
enfin terminée. Elle était depuis longtemps attendue par tous les  
ouvriers, les spécialistes, les contremaîtres, les chefs de chantiers, les  
ingénieurs, etc., et tous ceux également qui, de près ou de loin, ont  
fréquemment à rechercher des solutions pratiques de montage, de construc-  
tion, d'installation, de mise au point ou de réparations quelconques de  
machines ou d'appareils électriques.

Ils trouveront dans cet ouvrage si complet tous les renseignements utiles  
qu'ils chercheraient en vain dans de nombreuses publications séparées.

Les auteurs se sont surtout appliqués à réunir

## LA THÉORIE A LA PRATIQUE

L'homme de métier trouvera dans ce nouvel ouvrage des données techniques  
ou théoriques que le temps lui a fait oublier ou que sa spécialisation ne lui a  
permis que d'affleurer au cours de ses études, et le lecteur non spécialisé, désireux

## D'APPRENDRE ET DE COMPRENDRE

en trouvera ample matière à enseignement ; il poursuivra sans fatigue et avec  
un intérêt de plus en plus croissant l'étude si attachante des phénomènes  
électriques et leurs féériques applications.



## TABLE DES MATIÈRES

### TOME I

Phénomènes électriques. Phénomènes magnétiques. — Cour-  
rents alternatifs : Simples, Monophasés, Polyphasés. — Effets Phy-  
siologiques des courants industriels. Courant à haute fréquence.  
— Générateurs et Moteurs Electrostatiques. — L'Electron.  
Symboles concernant l'Electrotechnique. — **Dynamos à cou-  
rant continu.** Fonctionnement d'une Dynamo. Construction  
des Dynamos. Tableaux d'installation. Essai des Dynamos. Dé-  
rangement des Dynamos en fonctionnement. — **Alternateurs.**  
Fonctionnement. Construction. Tableaux d'installation. Essai  
des Alternateurs. — **Moteurs à courant continu.** — Propriétés  
générales. Fonctionnement. Installation et Régulation. Essai.  
Cause des dérangements. — **Moteurs à courant alternatif.** —  
Moteurs Synchrones, Monophasés et Polyphasés. Moteurs asyn-  
chrones. Polyphasés et Monophasés à collecteurs. — **Accumula-  
teurs** au plomb et alcalins. — **Transformateurs** Statiques. Thé-  
orie et fonctionnement. Construction, emploi. Essais de réception.  
— **Moteurs générateurs** Groupes et commutatrices. Généra-  
trices asynchrones. — **Machines spéciales** pour l'amélioration  
du facteur de puissance. Moteurs synchrones surexcités. Moteurs  
d'instruction avec collecteurs en cascade. Moteurs asynchrones  
synchronisés. Moteurs spéciaux à courant alternatif. — **Conden-  
sateurs** statiques. — **Redresseurs** à Vapeur de mercure. Redres-  
seur Tungar. Redresseur à Oxyde de cuivre. Redresseur électro-  
lytique. Redresseurs à Vibreurs. — **Mesures** électriques des cou-  
rants, des résistances, de capacité et de coefficient de Self induc-  
tion, de puissance. Transformateurs de Mesures. Etudes des  
courbes et des courants alternatifs. Instruments à lecture directe.  
— **Compteurs** pour courants continu, alternatif. Etalonnage.  
Tarification de l'énergie électrique. — Système de Télécommande.

— **Transmission de l'énergie.** — Distributions. Canalisations.  
Type de Câbles et fabrication, Essais, Pose. Recherches des câbles  
posés. Lignes aériennes. Eléments constitutifs, Construction et  
exploitation des lignes. Interconnexion des centres de production.  
— **Usines centrales.** Usines Hydrauliques Les mesures en  
hydraulique. — **Appareils de protection.** Disjoncteurs haute  
tension. Protection sélective.

### TOME II

**Installations** électriques dans immeubles et dépendances. —  
Règlements. Calcul des Canalisations. Appareillage. Outillage et  
Tours de main. Divers Schémas. — **Eclairage.** Etude de la  
Lumière. Photométrie. Principes généraux. Eclairage des voies  
publiques. Lampes à incandescence et à Arc. Application de  
l'Eclairage aux Locaux, Théâtres, Bibliothèques, etc... — **Trac-  
tions** électriques diverses. Transmission de l'énergie aux Motrices  
et Equipement. Freinage et Récupération. Traction spéciale  
par accus. — **Télégraphie** électrique. Appareils divers. Transmis-  
sions automatiques multiples, successives. Téléimprimeur. —  
**Téléphonie.** Récepteurs et Transmetteurs. Lignes. L'Automat-  
ique. Divers systèmes. — **Radiotélégraphie.** Ondes. Circuits  
oscillants et couplés. Lampes à électrodes. Emission. Réception.  
Ondes courtes. Applications de la radioélectricité. — **Electro-  
chimie et Métallurgie.** Fours électriques. Soudure. — **Elec-  
tricité Médicale.** Radiologie. Accidents et traitements. —  
**Signalisation** électrique. Cellules photoélectriques. Applica-  
tions. — **Appareils domestiques.** Chauffage. Cuisine Electrique.  
Production du froid. — **Horlogerie** Electrique. — **Ascenseurs**  
Monte-charge. — **Distribution** de l'Energie. Appareil. Installa-  
tion. Réseaux. Electrification rurale.

## BULLETIN DE COMMANDE

Veuillez m'expédier en compte ferme la NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE  
PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ en 2 volumes reliés (21 x 29) au prix de 255 francs  
payables aux conditions ci-après :

- 15 francs par mois jusqu'à parfait paiement ;
- En 3 paiements mensuels de 82 fr. 45 (3 % d'escompte) ;
- En un seul paiement de 239 fr. 70 (6 % d'escompte) à la livraison.

Chaque commande est majorée de 10 fr. nos pour frais de port et d'emballage  
et chaque quittance de 1 franc pour frais d'encaissement.

Signature :

Nom et prénom .....

Profession .....

Domicile .....

Ville ..... Dép. ....

Le ..... 1937 (Indiquer le paiement adopté)

## BON pour une NOTICE ILLUSTRÉE

Veuillez m'adresser le prospectus spécimen  
de la NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ.

Nom .....

Adresse .....

Détacher ce BON ou ce BULLETIN et l'envoyer à la

**LIBRAIRIE ARISTIDE QUILLET** S. A. au Capital de 20.000.000 de fr. **278, B<sup>d</sup> St-Germain, Paris-7<sup>e</sup>**



# **UNIQUE EN FRANCE !!!**

L'application nouvelle de notre

## **GARANTIE STANDARD DE 3 ANS**



comprenant :

**UN SERVICE D'ENTRETIEN**  
et 3 VÉRIFICATIONS GRATUITES par AN

ÉCHANGE

INSTANTANÉE

DE TOUS

CHASSIS

OU POSTES

QUELQUE SOIT  
LA CAUSE DE L'ARRÊT

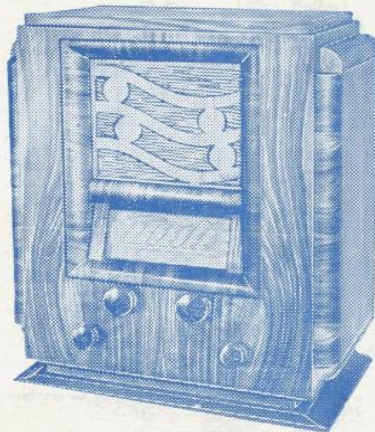
### **SÉCURITÉ - QUALITÉ - RENDEMENT**

Notre dernière création...

## **L'ULTRAMERIC IX** TOUTES ONDES MÉTAL

Récepteur ultra-moderne 9 lampes à grande sensibilité par amplification moyenne fréquence à 3 transfos. Haute fidélité et relief sonore par push pull triode

- 9 LAMPES MÉTAL
- TOUTES ONDES 17-2.000 M.
- ACCORD 460 KC.
- SÉLECTIVITÉ 8 KC.
- PUSH PULL TRIODE
- RÉGLAGE visuel par trèfle cathodique
- ANTIFADING 100 %
- CONTRÔLE DE TONALITÉ



- 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 alter. 110-240 v.

**PLUS de 130 STATIONS, ainsi que les ONDES COURTES sur antenne de fortune**

**PRIX DE RÉCLAME IMBATTABLE**  
**pour châssis. Complet.. .. 995. »**

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

## **RADIO-SÉBASTOPOL**

Téléphone :  
TURBIGO 98-70

**100, boulevard de Sébastopol, PARIS**

Téléphone :  
TURBIGO 98-70

EXPÉDITIONS IMMÉDIATES EN PROVINCE  
EXPÉDITIONS CONTRE REMBOURSEMENT

COMPTE CHÈQUES POSTAUX : PARIS 1711-28  
VERSEMENT UN QUART À LA COMMANDE

FOURNISSEUR DES GRANDES ADMINISTRATIONS — CHEMINS DE FER — ANCIENS COMBATTANTS — MUTILÉS DE GUERRE, etc.

MAISON DE CONFIANCE