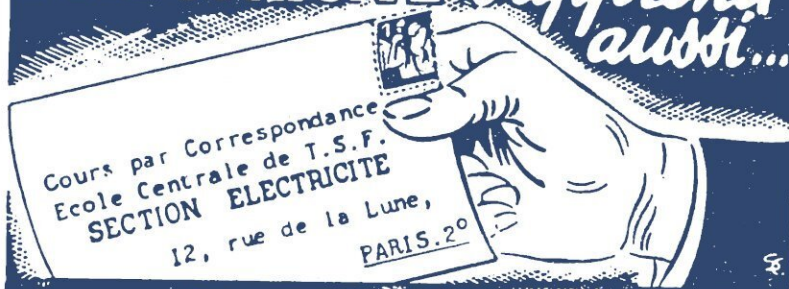


# SCIENCE ET VIE



# L'ÉLECTRICITÉ s'apprend aussi...



Cours par Correspondance  
Ecole Centrale de T.S.F.  
SECTION ELECTRICITE  
12, rue de la Lune,  
PARIS.20

## ...par CORRESPONDANCE



# ECOLE CENTRALE DE T.S.F.

12 rue de la Lune - Paris

25<sup>e</sup> année de  
fonctionnement  
et d'expériences

instruits et placés  
25.000 élèves

Demandez à notre annexe : 8, rue Porte-de-France, à VICHY, le  
« **Guide des carrières de la Radio** » qui vous sera adressé  
gracieusement.

PUBLICITES REUNIES

## Apprendre LE DESSIN par correspondance devient plus FACILE encore !

**La Méthode du DESSIN FACILE**  
inventée par **MARC SAUREL** a prouvé son  
excellence par l'enthousiasme unanime  
de ses élèves.

Le public a pu en juger à sa récente exposition.

**Mais MARC SAUREL veut faire mieux**

car depuis 32 ans il n'a cessé d'améliorer sa profonde expérience de l'enseignement du dessin par correspondance. Sans rien changer au fond de sa méthode, il vient d'ajouter une quarantaine de magnifiques documents photographiques inédits aux 80 qui constituaient déjà la documentation de son cours. Ils ont été établis spécialement pour vous faciliter vos premiers contacts avec la nature. Vous étudierez ainsi chez vous, sous la direction personnelle de professeurs éminents, les principes qui vous permettront de dessiner aussitôt sans difficultés d'après nature et d'imagination.

Brochure illustrée contre 4 frs 50 en timbres, joindre le Bon ci-dessous et indiquer vos préférences.



LES COURS DE L'ÉCOLE  
MARC SAUREL

● **LE DESSIN FACILE**

(Cours pour adultes)  
Croquis, Paysage, Por-  
trait, Caricature, etc...

● **JE DESSINE**

(Cours pour enfants de  
6 à 12 ans)

● **COURS SPÉCIAUX**

PUBLICITÉ, LETTRES  
MODÈ, ILLUSTRATION,  
DESSIN ANIMÉ, DESSIN  
INDUSTRIEL.

# BON

## "LE DESSIN FACILE"

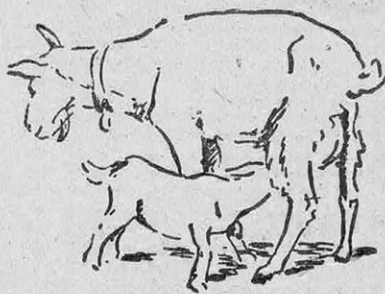
11, Rue Keppler - S.V. 44.  
PARIS-16<sup>e</sup>

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

Cette formule n'est pas une simple affirmation, la preuve en est faite puisque, grâce à la méthode A. B. C., plus de 60.000 personnes ont, depuis 24 ans, appris à connaître les joies du dessin.

Voulez-vous réaliser dès la première leçon des croquis expressifs, personnels ? Il n'est pour vous qu'une méthode : la Méthode A. B. C. qui vous apprendra à dessiner d'APRÈS NATURE.

L'enseignement de l'Ecole A. B. C. présente, en outre, une double particularité qui l'a rendu célèbre dans le monde entier : INDIVIDUEL, il permet à chaque élève de développer sa personnalité ; PRATIQUE, il s'adapte aux exigences de la vie moderne en spécialisant ses élèves par des artistes réputés dans une des branches du dessin appliqué à la mode, la publicité, la décoration, l'illustration, etc...



Croquis exécuté par un de nos élèves.

**BROCHURE GRATUITE, (spécifiez bien N° C. B. 20)**

Demandez la brochure de renseignements n° C. B. 20 en joignant 5 francs en timbres pour tous frais. Indiquez le cours qui vous intéresse : Cours pour Adultes ou Cours pour Enfants.

## ECOLE A. B. C. DE DESSIN

12, rue Lincoln, PARIS (8<sup>e</sup>) - 6, rue Bernadotte, PAU (Basses-Pyr.)



**ECOLE TECHNIQUE  
DE RADIOÉLECTRICITÉ  
ET DE  
SCIENCES APPLIQUÉES**  
[ 2, Rue du Salé, 2 ]  
[ TOULOUSE ]

**ENSEIGNE PAR CORRESPONDANCE  
PRÉPARE AUX DIPLOMES D'ÉTAT**

Préparation  
aux  
Carrières  
de

TENEUR DE LIVRES  
COMPTABLE AGRÉÉ  
EXPERT COMPTABLE

DESSINATEUR INDUSTRIEL  
DESSINATEUR D'ÉTUDES

MONTEUR DÉPANNEUR  
RADIO TECHNICIEN

OPÉRATEUR DES P.T.T.  
RADIO TÉLÉGRAPHISTE  
DES STATIONS MOBILES

Toutes ces études peuvent être entreprises à la base par des élèves ayant une instruction du niveau du C.E.P.

BON. 5810 à joindre à toute demande de renseignement.  
Documentation Gratuite (Spécifier la carrière demandée)

# ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL NICE | ÉCOLE DE T. S. F.

3, rue du Lycée

## ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

**MATHÉMATIQUES** Enseignement des Mathématiques, Physique, Mécanique, Chimie, Astronomie, à tous les degrés.

**INDUSTRIE** CONTREMAÎTRE, DESSINATEUR, TECHNICIEN, SOUS-INGÉNIEUR, INGÉNIEUR en Mécanique générale, Constructions aéronautiques, Electricité, Electromécanique, Chimie industrielle, Bâtiment, Travaux publics, Constructions navales, Géomètres.

**COMMERCE - DROIT** Comptable, Secrétaire, et Directeur, capacité en droit, études juridiques, brevet d'expert comptable de l'Etat.

**AGRICULTURE** Agriculture générale, Mécanique et Génie agricole, Sylviculture, Industries agricoles.

**ADMINISTRATIONS** Tous les cours techniques des diverses administrations France et Colonies.

**AVIATION CIVILE** Brevets de navigateurs aériens et de Pilotes. Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs adjoints, Météorologistes. Opérateurs radioélectriciens, Chefs de Poste et Mécaniciens d'aéronefs.

**BACCALAURÉATS. ECOLES NATIONALES** Préparation à l'entrée à toutes les Ecoles nationales, secondaires, techniques et supérieures et aux Baccalauréats. Brevets Math.-Géné.

Ces cours ont également lieu à Paris, 152, avenue de Wagram.

Envoi du programme désiré contre 5 francs en timbres. - (INSCRIPTIONS A TOUTE ÉPOQUE)

Pour la Section Radio, adresser les demandes à : M. J. GALOPIN, aux Cordeliers, Issoudun (Indre).

## JEUNES GENS !

Les meilleures situations, les plus nombreuses, les plus riches, les mieux payées, les plus attrayantes...

## sont dans la RADIO

P. T. T. AVIATION, MARINE, NAVIGATION AÉRIENNE, COLONIES, DÉFENSE DU TERRITOIRE, POLICE, DÉPANNAGE, CONSTRUCTION INDUSTRIELLE, TELEVISION, CINEMA.

## COURS SCIENTIFIQUES, TECHNIQUES, PRATIQUES, PAR CORRESPONDANCE

Les élèves reçoivent des devoirs qui leur sont corrigés et des cours spécialisés. Enseignement conçu d'après les méthodes les plus modernes, perfectionné depuis 1908

Tous nos cours comportent des exercices pratiques chez soi : lecture au son, manipulation, montage et construction de poste.

Préparation à l'entrée aux écoles privées d'Enseignement maritime.

# LES MEILLEURES ETUDES PAR CORRESPONDANCE

se font à l'ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS où les meilleurs maîtres, appliquant les meilleures méthodes d'enseignement par correspondance, forment les meilleurs élèves.

## LA MÉTHODE MÉTHODE DE CULTURE MENTALE DUNAMIS

... permet à chacun, moyennant vingt à trente minutes par jour d'exercices attrayants, de développer au maximum son attention, son intelligence, sa mémoire, son imagination, sa volonté, d'acquiescer la confiance en soi et, selon l'expression d'un éminent pédagogue, de FORCER LE SUCCÈS EN TOUS DOMAINES. Elle s'adresse à tous ceux, hommes et femmes, qui veulent non seulement conserver intact, mais encore accroître, chaque jour, le trésor de leurs facultés mentales. Demandez la notice gratuite numéro R. 339.

## LA MÉTHODE PHONOPOLYGOTIE

... unit les avantages de l'enseignement par correspondance et du phonographe, et surclasse tous les autres systèmes actuellement en usage; professeur impeccable, Phonopolotte ne vous fait entendre que des accents parfaitement purs, et vous permet, à la suite d'études agréables, de comprendre, de parler, de lire et d'écrire l'allemand, l'anglais, l'espagnol ou l'italien, selon la langue choisie. Demandez la brochure gratuite numéro R. 340.

## LE COURS DE DESSIN

... où, pour la première fois dans l'histoire de l'enseignement des arts graphiques, a été appliqué le principe : « APPRENDRE À DESSINER, C'EST APPRENDRE À VOIR; QUI SAIT VOIR SAIT DÉJÀ DESSINER », vous rendra capable de dessiner paysages, natures mortes et portraits; en

outre, il vous permettra, le cas échéant, de vous spécialiser dans une des nombreuses carrières ouvertes aux dessinateurs. Demandez la notice gratuite numéro R. 341.

## LE COURS D'ELOQUENCE

... vous rendra maître de votre langage, vous affranchira de la funeste timidité, vous donnera le moyen de vous exprimer dans les termes les plus choisis et les plus persuasifs; vous permettra, d'une part, d'improviser compliments, speeches ou allocutions dans toutes les circonstances de la vie familiale ou professionnelle, et, d'autre part, de préparer aisément des conférences, des discours selon les meilleures et les plus sûres traditions de l'art oratoire. Demandez la brochure gratuite numéro R. 342.

## LE COURS DE PUBLICITE

... essentiellement pratique, mettra à votre disposition tous les secrets de la technique publicitaire sous toutes ses formes, et vous permettra soit de vous créer une situation dans la publicité, soit de développer dans des proportions inespérées le volume de vos affaires, quelle qu'en soit l'importance actuelle. Demandez la notice gratuite numéro R. 343.

Si vous désirez faire des ETUDES PRIMAIRES OU SECONDAIRES, n'oubliez pas que l'efficacité de l'enseignement de l'ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS est consacrée par les nombreux et brillants succès que remportent ses élèves au BREVET ÉLÉMENTAIRE, au B.E.P.S., au CERTIFICAT D'ÉTUDES CLASSIQUES ou MODERNES et au BACCALAURÉAT. Demandez l'envoi gratuit de la brochure numéro R. 344 (études primaires) ou numéro R. 345 (études secondaires).

# ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

81, boulevard des Belges, LYON (Rhône).

16, rue du Général-Mallette, PARIS (16<sup>e</sup>).

# SCIENCE ET VIE

Tome LXV N° 319

Mars 1944

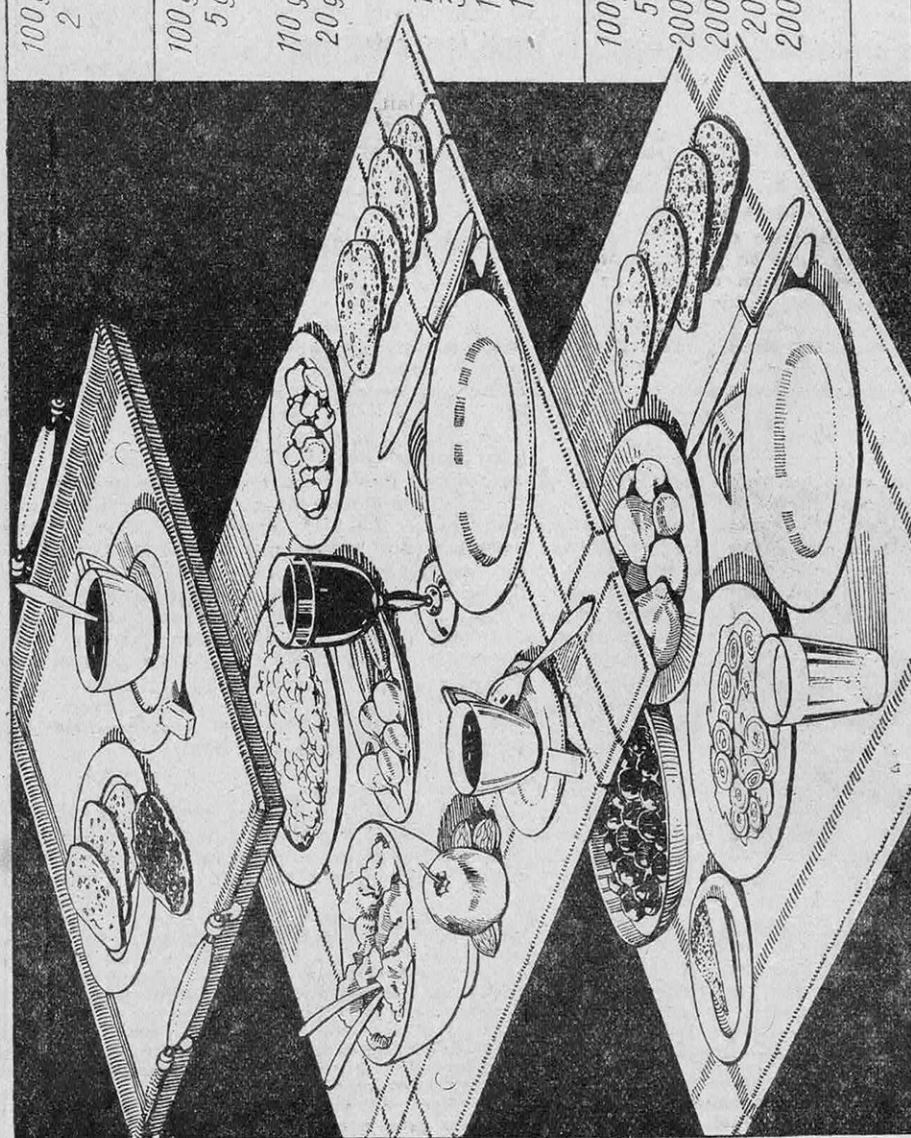
## SOMMAIRE

- ★ Santé et restrictions, par Jean Francis..... 91
- ★ Une nouvelle particule élémentaire de la physique : le mésoton, par Maurice E. Nahmias..... 99
- ★ Les problèmes du tir dans le combat aérien, par Georges Lafre ..... 106
- ★ Formes et symétries dans le monde matériel et le monde vivant, par A. Sainte-Laguë..... 112
- ★ Comment s'opère la « démagnétisation » des avions, par Paul Lucas..... 127
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor..... 131



L'ampleur prise depuis 1940 par les opérations aériennes et surtout la multiplication des raids de bombardiers lourds, de jour et de nuit, à une grande distance de leur base de départ, se traduisent par un nombre sans cesse plus élevé de rencontres entre formations aériennes offensives et défensives. Les tableaux de chasse des unités proposées à la défense des territoires survolés, dont les chiffres nous sont connus par les communiqués officiels, démontrent l'efficacité obtenue aujourd'hui dans l'utilisation des armes automatiques, mitrailleuses et canons, qui équipent les chasseurs, ainsi que les progrès accomplis dans la tactique du combat aérien, malgré les énormes vitesses atteintes par les deux adversaires et les altitudes élevées où se déroulent, comme sur la couverture du présent numéro, les duels à mort entre pilotes de chasse et mitrailleurs des tourelles des multimoteurs. (Voir page 106 l'article sur les bases techniques du combat aérien.)

« Science et Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la vie moderne. Rédaction. Administration, actuellement 3, rue d'Alsace-Lorraine, Toulouse. Chèque postal : numéro 184.05 Toulouse. Téléphone : 230-27. Publicité : 68, Rue de Rome, Marseille. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « Science et Vie », Mars mil neuf cent quarante-quatre. Registre du Commerce : Toulouse 3235 B. Abonnements : France et Colonies, un an : cent dix francs.



100 g Pain	200 cal.
2 Morceaux de sucre (dont un sous forme de confiture)	50
<hr/>	
100 g Pain	200
5 g Matières grasses	40
Hors d'oeuvre (radis,...)	50
110 g Haricots blancs (du jardin famil.)	400
20 g Champignons séchés (conserves familiales)	100
Salade	15
1 Pomme	60
3 Noix	100
1 Verre de vin	60
1 Morceau de sucre dans le café	25
<hr/>	
	1050
<hr/>	
100 g Pain	200
5 g Matières grasses	40
200 g Carottes	100
200 g Pommes de terre	180
20 g Fromage	40
200 g Chataignes	400
<hr/>	
	1000
<hr/>	
Total des 3 repas :	2300

RATION JOURNALIÈRE TYPE A 2 300 CALORIES POUR JOUR SANS VIANDE

Ce tableau illustre la possibilité, pour un habitant d'une petite ville semi-industrielle, de compléter sa ration journalière en dehors du ravitaillement officiel sans même tenir compte de la basse-cour ou de l'abâtage familial. Dans les grandes villes, l'attribution de rations supplémentaires compense en partie la réduction de cette possibilité, qui existe cependant à un degré plus ou moins grand pour presque tout le monde (cols familiaux, etc.), de sorte que le déficit de notre bilan énergétique n'atteint en général pas des proportions désastreuses quant à ses conséquences immédiates. On voit également ici l'importance prise par les aliments hydrocarbonés dans l'alimentation actuelle, et qu'en temps normal les matières grasses employées dans la préparation des aliments apportent presque autant de calories.

# SANTÉ ET RESTRICTIONS

par Jean FRANCIS

S'il nous est possible de diminuer dans une certaine mesure les effets des restrictions sur l'équilibre de notre organisme, notamment par une utilisation judicieuse des aliments non rationnés, il serait illusoire d'espérer y échapper totalement. Selon les conditions dans lesquelles il se trouve placé, et selon sa résistance propre, chacun voit sa santé menacée par les conséquences d'une alimentation déséquilibrée, ainsi que par celles de la pénurie de combustibles, de médicaments, etc... Il est commode, pour les étudier, de classer les « maladies de restrictions » suivant ces causes déterminantes, mais il ne faut pas perdre de vue que c'est le plus souvent leur action conjuguée qui joue un rôle prédominant en affaiblissant notre état général. La surveillance de notre état physique et de notre alimentation doit donc recueillir tous nos soins si nous voulons éviter de donner prise aux graves dangers qui nous assaillent, sinon aux troubles bénins qui disparaîtront avec les restrictions.

## L'illusion du « choix rationnel des aliments »

DEPUIS l'introduction en France du rationnement alimentaire, les problèmes de la nutrition sont à l'ordre du jour et ont fait l'objet de nombreuses études. La plupart d'entre elles se proposaient de démontrer que nous étions loin d'être hors de mesure de trouver dans notre ration, augmentée d'un choix « rationnel » d'aliments communs non rationnés, des quantités suffisantes de tel ou tel élément indispensable à notre alimentation. On nous a ainsi recommandé tels végétaux comme riches en protéines, tels autres comme doués d'une valeur calorifique élevée, tels autres encore comme contenant tel élément minéral, ou telle vitamine, etc. Indépendamment du fait que les aliments en question sont souvent introuvables — nous n'en voulons prendre pour exemple que la liste des végétaux riches en calcium qui commence par le cresson, le soja, l'amande, l'olive, la mandarine, la figue sèche, le citron, etc. — toute personne de bon sens n'a pu manquer de relever la disparité de ces diverses listes. Ainsi la tomate, riche en vitamine C, est particulièrement pauvre en protéines; le cresson, dont nous venons de mentionner la forte teneur en calcium, a une valeur calorifique à peu près nulle, sinon négative, etc.

Pour introduire dans notre alimentation des quantités suffisantes de tous les éléments nécessaires nous serions donc conduits à ingérer quotidiennement des quantités considérables d'une foule de végétaux, ce qui est évidemment impossible pour des raisons matérielles (sans parler du danger présenté par une alimentation hypercellulosique) (1).

Ne pouvant compter sur les denrées rationnées qui, si elles ne sont pas toujours les plus avantageuses de tel point de vue particulier, sont du moins précisément les plus intéressantes quant à la diversité de leurs éléments (exem-

ple : le lait, aliment complet par excellence), nous voyons donc obligatoirement certains de ces éléments nous faire défaut. Remarquons au passage que même en temps de paix, où nous disposons abondamment de telles denrées « polyvalentes », il était difficile de faire entrer dans notre alimentation des quantités adéquates de certains éléments minéraux, vitaminiques, etc. (1) (à plus forte raison était-ce quasi impossible avec un régime végétarien). On n'échappait à certaines carences que grâce à la variété d'un régime empirique combinée avec cette fameuse *suralimentation* dont on a trop tendance actuellement à ne dépendre que les inconvénients. Encore n'y échappait-on pas toujours, et l'on comprend d'autant plus aisément qu'il n'est plus aujourd'hui de Français dont l'organisme ne subisse inévitablement les répercussions d'un déficit alimentaire plus ou moins grave. En quoi consiste ce déficit? C'est ce que révèle l'examen comparé des rations normale et actuelle.

## Que nous manque-t-il?

Personne n'ignore plus aujourd'hui que les éléments indispensables à notre alimentation sont :

- L'eau;
- Des aliments énergétiques et plastiques (glucides, lipides, protides) (2);
- Des vitamines;
- Des sels minéraux.

La carence de glucides est certainement la moins à craindre dans les circonstances actuelles. Ils constituent en effet la base nutritive de la plupart des aliments rationnés (pain, sucre,

(1) Ceux qui prônent l'alimentation rationnelle perdent en effet souvent de vue le facteur économique : on ne peut demander à tout le monde de se nourrir d'agrumes, d'œufs, de fruits secs, etc... Même en négligeant cette difficulté, il resterait à prouver qu'une ration de 2 500 calories peut être mieux équilibrée que notre ration d'avant guerre au point de vue minéral, vitaminique, etc., étant donnée la composition des aliments mis à notre disposition par la nature et l'industrie.

(2) Hydrates de carbone (sucres et féculents) matières grasses et matières azotées.

(1) Voir : « La cellulose dans l'alimentation humaine » (Science et Vie, n° 309, mai 1943).

pâtes, pommes de terre, etc.) ou non (légumes et fruits). Dans une certaine mesure, il est même possible de compenser par leur moyen le manque de lipides et de protides. Il n'est, pour s'en rendre compte, que de pointer les aliments hydrocarbonés sur les menus de la figure page 90.

Les lipides figurent évidemment parmi les

notre bilan énergétique est équilibré ou déficitaire.

Parmi les « macroéléments » de notre alimentation, ce sont certainement les *protides* dont notre organisme manque le plus, surtout chez les sujets *jeunes*, qui n'ont pas seulement à entretenir leur organisme, mais encore à l'édifier. On sait en effet que, s'il est en principe possible de subvenir *quantitativement* au manque d'aliments d'origine animale par des végétaux riches en protéines, le problème est pratiquement insoluble du point de vue *qualitatif*, ce qui a nécessairement des répercussions sur notre état de santé.

En ce qui concerne les *vitamines*, c'est le facteur D, régulateur de l'ossification, qui nous fait le plus défaut. Comme par surcroît les éléments *minéraux* — à partir desquels s'effectue précisément cette ossification — voient également leur équilibre rompu (au détriment du calcium), on saisit toute l'importance qu'a pour notre santé la teneur en « microéléments » de notre alimentation.

### Amaigrissement et ptoses

Alors que nos besoins énergétiques quotidiens peuvent être évalués à un chiffre qui oscille entre 2 000 et 4 000 calories selon notre degré d'activité (fig. 1), les denrées rationnées ne nous apportent guère de quoi en couvrir actuellement plus de la moitié. Le déficit ne peut être comblé que grâce à nos réserves organiques d'une part, aux denrées non rationnées et aux ressources non officielles d'autre part.

Le secours à nos réserves organiques se traduit par l'amaigrissement général, qui atteint en moyenne 10 à 15 %. L'organisme humain normal contient environ 15 % de *graisses*, et ce sont elles surtout qui ont fait les frais de cette perte de poids. Nous n'avons recours à la *fonte musculaire* que dans des cas exceptionnels, et c'est pourquoi il faut bien admettre que si l'amaigrissement a été généralement suivi d'une stabilisation à un nouvel état d'équilibre pondéral, c'est que les besoins énergétiques du moteur humain ont diminué en même temps que son adiposité. Ceci s'explique, en partie par la proportionnalité approximative qui lie le *métabolisme basal* à la masse de l'organisme (qui est également cause que les besoins de la femme, plus légère, soient inférieurs à ceux de l'homme), en partie par la diminution géné-

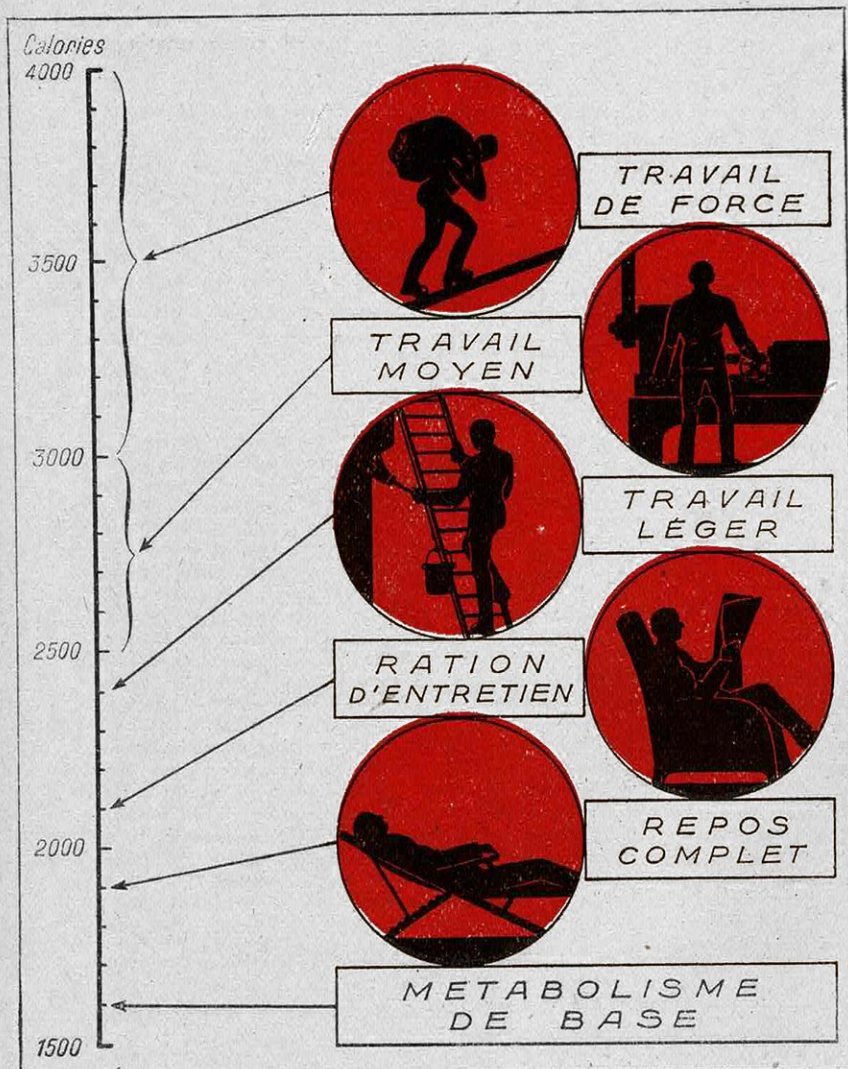


FIG. 1. — DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE DE L'HOMME A DIVERS DEGRÉS D'ACTIVITÉ (LA FEMME ENCEINTE FIGURE ENTRE LE TRAVAIL LÉGER ET LE TRAVAIL MOYEN)

denrées les plus sévèrement rationnées. Il est probable que l'organisme pourrait s'en passer totalement sans dommage si nous disposions d'une autre source de vitamines liposolubles et s'ils étaient remplacés par une quantité *isodynamique* de glucides. Si la disette de matières grasses est celle dont les ménagères souffrent le plus, ce serait donc plutôt pour des raisons de commodité culinaire que pour des causes physiologiques, n'étaient les difficultés pratiques qu'elles éprouvent à trouver suffisamment d'aliments glucidiques pour permettre un tel remplacement. Selon que ces difficultés peuvent ou ne peuvent pas être entièrement surmontées,



rale de l'activité de l'organisme. On peut enfin rapprocher cet effet de celui de l'exercice physique, qui améliore incontestablement le rendement de l'organisme et dont il sera question plus loin.

Mais si la diminution de poids n'atteint que très rarement des proportions désastreuses, c'est principalement grâce aux aliments non rationnés (fruits et légumes), d'une part, et d'autre part aux ressources qu'offrent à chacun dans une mesure variable selon sa situation personnelle les jardins familiaux, les organisations coopératives, les colis familiaux, etc. Le ravitaillement général tient d'ailleurs fort justement compte de cet état de choses en proportionnant les distributions distribuées à l'importance des localités, c'est-à-dire à la difficulté de recourir à de telles ressources. Enfin, il convient de rappeler ici que les malades, à qui un régime de suralimentation est nécessaire, ont droit à des rations supplémentaires équivalant à près de 250 calories par jour, et qui contribuent efficacement à prévenir des accidents graves.

Il est donc en général possible d'équilibrer notre bilan énergétique. La preuve en est que nos formes anatomiques, bien qu'ayant perdu de leur plénitude et de leur rotundité, sont restées reconnaissables. Il arrive cependant parfois que l'organisme en vienne à épuiser ses

réserves grasses : l'amaigrissement est alors suivi d'effets désagréables, sinon graves, qui consistent d'abord en douleurs lancinantes ayant leur siège dans les régions dorsale et lombaire. L'origine de ces douleurs est la disparition des coussinets de graisse qui maintiennent normalement en place les divers viscères : les organes ne sont plus soutenus et, sous l'effet de la pesanteur, sont sujets à des chutes ou poses qui causent des tiraillements sur les filets nerveux appartenant aux plexus dorsaux et lombaires. D'où les douleurs ressenties dans ces régions.

Lorsque un tel amaigrissement affecte la paroi abdominale, on assiste fréquemment à la déclaration d'une hernie, jusqu'alors masquée par un coussin de graisse qui tenait naturellement lieu de pelote en empêchant l'intestin de s'affaisser à travers l'orifice.

## La disette de protéines

Les protéines (1) sont les aliments plastiques par excellence. Aussi n'est-il que juste que les consommateurs de la catégorie « B » touchent des suppléments de viande puisqu'ils sont en pleine croissance. De même pour les femmes enceintes, qui voient évidemment leurs besoins en protides accrus. Il est, par contre, peu logique que la ration de viande des vieillards soit aussi élevée que celle des autres consommateurs, alors que la réparation de leurs tissus se fait beaucoup moins intensément.

Rappelons que les aliments végétaux jouent également un rôle important dans notre alimentation protidique (2) : le pain contient 8 % de protéines, les pâtes 16 %, les légumes 20 à 24 %. Il n'est pas jusqu'à la pomme de terre qui n'en contienne 2 %, si on la fait cuire avant de la peler (les protéines se trouvent juste sous la peau).

Malheureusement l'apport de protéines par les végétaux est toujours insuffisant parce que qualitativement déséquilibré, et une proportion de 40 % de protéines animales est indispensable pour que certains acides aminés ne nous fassent pas défaut.

Quantitativement, nos besoins en protéines sont généralement évalués à 1 gramme par jour et par kilogramme

de poids de l'individu. Il est en tout cas certain que nous ne pouvons pas nous passer impunément d'un minimum de 0,8 g. En descendant au-dessous de cette limite, nous nous exposerions à des troubles baptisés *œdèmes de guerre*. Quoique heureusement peu nombreux jusqu'à présent, ils ont fait l'objet, ces trois dernières années, de plusieurs études en France, et le rôle dans leur étiologie (3) de l'insuffisance protidique d'une alimentation par ailleurs peu abondante est clairement établi à présent. L'œdème se déclare chez de grands

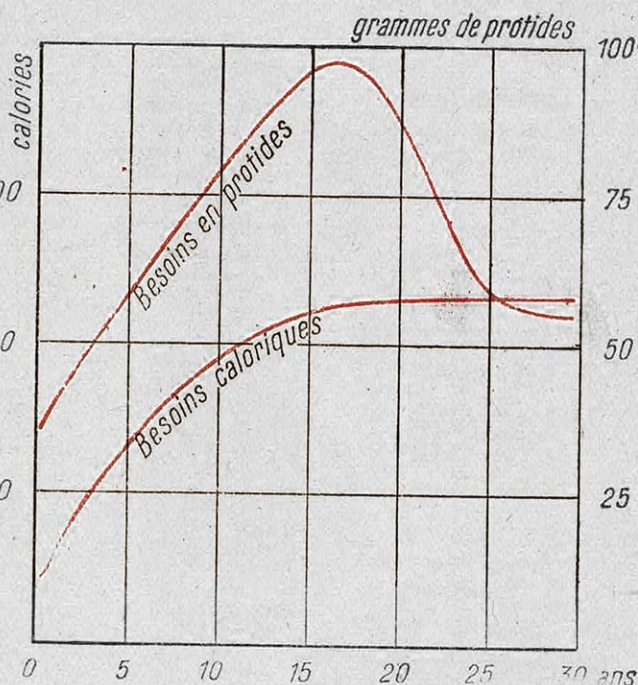


FIG. 2. — ÉVOLUTION DES BESOINS ÉNERGÉTIQUES ET PROTIDIQUES AVEC L'ÂGE (D'APRÈS LES DONNÉES DU COMITÉ D'HYGIÈNE DE LA SOCIÉTÉ DES NATIONS)

Alors que les besoins énergétiques augmentent régulièrement jusqu'à 12 ans pour rester ensuite sensiblement constants, les besoins en protéides passent par un maximum entre 15 et 20 ans, âge à partir duquel l'organisme est édifié et n'a plus besoin que d'être entretenu.

(1) Voir : « Les protéines » (*Science et Vie*, n° 315, août 1943).

(2) Voir : « L'alimentation végétale rationnelle » (*Science et Vie*, n° 282, février 1941).

(3) L'étiologie d'une maladie est l'étude de ses causes déterminantes.

amaigris, et est en général précédé d'une crise diarrhéique. Il affecte en premier lieu les chevilles, puis l'enflure se propage et gagne tour à tour les mains, la face, l'abdomen, le thorax. Il s'accompagne de douleurs, d'anémie et souvent de troubles nerveux du type polynévritique. Une semaine de repos au lit suffit en général à faire disparaître tous ces symptômes au moyen d'une polyurie qui fait rapidement perdre au patient les 3 à 8 kilogrammes d'eau qui s'étaient accumulés dans son organisme. Il suffit ensuite de veiller à ce que la ration protéinique du malade soit suffisante pour éviter une rechute. Les œdèmes de guerre affectent principalement les individus astreints à un travail très dur. Ils furent extrêmement fréquents lors de la grande famine qui sévit en Ukraine il y a une douzaine d'années.

### Les carences vitaminiques

Personne n'ignore aujourd'hui que chaque vitamine est caractérisée par les troubles organiques particuliers que fait apparaître son ab-

trop nous en féliciter. D'autres par contre font souvent défaut (B<sub>1</sub>, PP) et l'une ne peut actuellement se rencontrer en quantité suffisante chez personne (D).

L'avitaminose B est nettement caractérisée. Elle donne lieu à des troubles nerveux du type polynévritique pouvant aboutir au tableau complet du *béribéri*, maladie courante chez les peuples d'Extrême-Orient où elle affecte les individus qui se nourrissent exclusivement de riz décortiqué, mais rare dans les pays où la nourriture est généralement abondante et variée. Comme on pouvait s'y attendre, les sujets déjà déficients du point de vue nerveux sont particulièrement prédisposés à souffrir de la carence en vitamine B<sub>1</sub>. En général, l'administration de vitamine B<sub>1</sub> a donné de bons résultats, tant dans le traitement du *béribéri* proprement dit que dans celui des simples affections nerveuses périphériques qui sont les manifestations ordinaires d'une précaréance en cette vitamine. Rappelons au passage que l'un des meilleurs moyens de prévenir l'avitaminose B<sub>1</sub> est de consommer l'eau de cuisson des légumes (1).

Bien plus encore que le *béribéri*, la *pellagre* (ou avitaminose PP) est une maladie étrangère, presque inconnue en France avant la guerre. Cette maladie, principalement caractérisée par les *érythèmes*, c'est-à-dire les rougeurs qu'elle provoque sur les parties découvertes de l'épiderme, ainsi que par des troubles digestifs, nerveux, et même psychiques, faisait surtout des victimes en Italie, aux Etats-Unis, en Egypte, en Roumanie, parmi les individus ayant une alimentation pauvre, essentiellement composée

VITAMINE	NOM CHIMIQUE	ROLE PHYSIOLOGIQUE principal	MALADIE PAR CARENCE	BESOINS QUOTIDIENS en mg
A	Axérophthol	Croissance	Xérophtalmie Héméralopie	1 à 1,5
B <sub>1</sub>	Aneurine	Catabolisme glucidique	Béribéri	3
B <sub>2</sub>	Lactoflavine	Utilisation nutritive	—	1,5 à 2
B <sub>6</sub>	Adermine	id.	—	2
PP	Amide nicotinique	id.	Pellagre	50
C	Acide ascorbique	Nutrition osseuse	Scorbut	75
D <sub>3</sub>	Calciférol	Métabolisme calcique	Rachitisme	0,01
E	Alpha-tocoférol	Reproduction	Stérilité	1
K <sub>1</sub>	Méthyl-phytyl-naphthoquinone	Coagulation du sang	Hémorragies	1

TABLEAU I. — LES PRINCIPALES VITAMINES ET LES TROUBLES AUXQUELS DONNE LIEU LEUR « CARENCE »

sence totale ou partielle de notre alimentation ou *carence*. Parmi les aliments qui nous font le plus défaut à l'heure actuelle figurent les plus riches en certaines vitamines (notamment les matières grasses, pour la vitamine D) ainsi que ceux renfermant à la fois la plus grande variété de vitamines (foie, lait, œufs, certains poissons, etc.). Aussi est-il inévitable qu'apparaissent certains des troubles en question ou *maladies de carence*.

Remarquons dès l'abord que la discrimination des diverses carences est souvent beaucoup plus malaisée et moins rigoureuse dans la pratique qu'en théorie. Le plus souvent plusieurs facteurs font défaut simultanément et l'on a affaire à des *multicarences*. De plus, ces carences sont rarement totales. Dans la majorité des cas, on constate des symptômes partiels, des troubles relativement bénins auxquels on cherche à remédier, alors que l'on n'a encore à combattre qu'une *précaréance*.

Parmi les vitamines, il en est qu'en dépit des restrictions notre alimentation nous apporte en quantité à peu près suffisante. Tel est même le cas de la plupart d'entre elles pour presque tout le monde — et nous ne saurions

de maïs. Actuellement, elle frappe surtout les pauvres hères qui souffrent d'un manque de légumes dû à des raisons pécuniaires. La plupart de ceux d'entre eux qui ont été recueillis dans les hôpitaux de Paris souffrant de troubles pellagroïdes ont parfaitement guéri grâce à un traitement par la vitamine PP, ce qui a confirmé le rôle qu'on attribue à la carence de ce facteur dans l'étiologie de la maladie. Le même traitement s'est avéré efficace dans certains cas de désordres mentaux qu'il a permis d'identifier comme étant des formes frustes, c'est-à-dire incomplètes et atténuées, de la pellagre.

### Calcium, phosphore et vitamine D

La carence vitaminique la plus fréquemment observée en ce moment est celle du facteur D. La multiplication des troubles de l'ossification est donc d'autant plus inévitable que notre alimentation est également déséquilibrée du point

(1) Voir : « Le problème des vitamines » (*Science et Vie*, n° 280, décembre 1940).

de vue minéral, car c'est l'action conjuguée des trois éléments : calcium, phosphore et vitamine D, qui règle la croissance et l'entretien de notre squelette (1).

En ce qui concerne les deux premiers, ce ne sont pas seulement leurs quantités absolues qui

interviennent mais surtout le rapport  $\frac{\text{Calcium}}{\text{Phosphore}}$  qui doit être au moins de 0,6 chez l'adulte et de 0,8 chez l'enfant. Le lait de vache et ses dérivés sont des sources pratiquement irremplaçables de ces deux éléments, qui s'y trouvent de surcroît dans le rapport particulièrement favorable d'environ 1,4.

Quels sont les effets de cette carence multiple? Ce sont principalement des ostéopathies pouvant se présenter sous des apparences diverses. On peut assister soit à un ramollissement ou ostéomalacie (dans ce cas il semble que la maladie soit également en partie imputable à une déficience parathyroïdienne), soit à une fragilité osseuse qui prédispose à des fractures (pouvant notamment affecter le col du fémur) et que l'examen radiologique dénonce en révélant des zones claires et transparentes dues à une extension des cavités osseuses. Signons également dans cet ordre d'idées la décalcification dentaire, cause de la fréquence actuelle des caries et déchaussements. Enfin le rachitisme, maladie de misère par excellence, affecte un nombre d'enfants bien plus considérable qu'en temps normal. L'administration de sels de calcium et de vitamine D constitue le traitement habituel de toutes ces affections, qu'elle permet généralement de guérir. La thérapeutique classique utilise des doses minimes et quotidiennes de vitamine D, mais on tend à préférer depuis quelques années l'administration à intervalles espacés de doses massives (de 600 000 unités internationales). Ce traitement, dont l'innocuité est absolue (on est allé jusqu'à donner à des enfants 4 000 000 U. I. par mois sans inconvénient) s'est avéré particulièrement efficace dans les cas de rachitisme. De plus, il constitue souvent une utile épreuve de diagnostic dans les cas douteux. Quant à la thérapeutique préventive des ostéopathies, elle consiste à combler artificiellement le déficit alimentaire en éléments minéraux et vitamine D (tableau II). On ne saurait trop insister sur son utilité pour assurer la croissance harmonieuse du squelette des enfants et adolescents (2). Félicitons-nous à cet égard d'avoir la possibilité,

grâce à l'avancement de nos connaissances chimiques, de synthétiser industriellement la vitamine D dont nous serions sans cela totalement dépourvus du fait de l'impossibilité de nous ravitailler en huile de foie de morue.

### L'alimentation hypervégétarienne

Si le calcium et le phosphore attirent notre attention sur l'importance de leur rôle par les conséquences de leur manque dans l'alimentation actuelle, il n'en va pas de même d'un autre élément minéral,

le potassium, qui se signale aujourd'hui par les effets de son absorption à doses excessives. On sait en effet depuis fort longtemps que c'est le potassium qui confère à la plupart des légumes, tisanes, etc., leurs propriétés diurétiques (que les physiologistes modernes attribuent à l'action déshydratante de cet élément sur les tissus). Or ces végétaux tiennent aujourd'hui dans notre alimentation une place prépondérante, et leur ingestion à doses massives s'accompagne inévitablement de l'absorption de quantités excessives de potassium. Si l'on tient de plus compte des quantités considérables d'eau que contiennent la plupart des légumes (de 80 à 95 % de leur poids), et qu'ils

introduisent dans notre organisme, on s'explique facilement l'obligation où nous nous trouvons d'expulser plus souvent et plus abondamment qu'autrefois le « superflu de la boisson » (tableaux III et IV). Les inquiétudes de nombreuses personnes relatives à cette polyurie et à cette pollakiurie sont parfaitement injustifiées car il ne s'agit là que d'un phénomène temporaire qui prendra fin avec les restrictions et ne constitue que dans peu de cas un symptôme de troubles organiques.

Parmi les effets de l'alimentation « hypervégétale » il convient enfin de mentionner les méfaits de la cellulose (diarrhées, déperdition d'éléments nutritifs) (1).

### Les effets du froid

Il est un facteur qui, sans tirer son unique origine des restrictions alimentaires, a néanmoins droit de cité dans cette étude, c'est le froid. En effet, la pénurie de combustibles a d'aussi importantes répercussions sur notre santé que celle des éléments indispensables à notre alimentation. D'ailleurs si nous avons plus froid qu'autrefois en hiver, n'est-ce pas également parce que nous ne sommes plus isolés du milieu ambiant par ce que le docteur Bouquet appelle « la doublure grasse et chaude dont la nature nous a gratifiés », doublure dont il ne nous reste souvent que le souvenir?

(1) Voir : « La cellulose dans l'alimentation humaine » (Science et Vie, n° 309, mai 1943).

AGE	COMPLÉMENT corrigeant le déficit	
	phosphate tricalcique en grammes	vitamine D en U. I.
1 à 5 ans	Néant (1)	400
6 à 8 ans	0,70 à 1,22	400
8 à 12 ans	1,22 à 1,71	400
14 à 20 ans	2,34 à 3,50	200
Adulte...	3,50	200
Femme enceinte après le 5 <sup>e</sup> mois.	5,67 à 6,24	800 à 1000
Nourrice		

(1) Si la ration quotidienne de 0,75 litre de lait est absorbée intégralement.

TABLEAU II. — CORRECTION DU DÉFICIT DE LA RATION ALIMENTAIRE EN CALCIUM ET EN VITAMINE D (D'APRÈS H. ET M. HINGLAIS)

(1) Voir : « L'alimentation rationnelle en principes minéraux » (Science et Vie, n° 287, juillet 1941).

(2) Nous engageons vivement nos lecteurs à n'appliquer aucun des traitements mentionnés dans cette étude autrement que sous contrôle médical.

Notre organisme et nos foyers manquant également de combustible, les restrictions n'ont pas manqué d'apporter à un grand nombre d'entre nous de douloureuses engelures. Ce fut une véritable épidémie, au cours de laquelle on constata fréquemment des lésions d'une étendue et d'une gravité inconnues jusqu'alors. Si, en effet, l'engelure classique (dite *érythème pernio*) n'est caractérisée que par des rougeurs violacées à localisation élective sur les extrémités, et accompagnées de troubles sensitifs plus ou moins accentués, la froidure (1) du deuxième degré est marquée par des fissures ou des bulles séreuses bien plus douloureuses encore. L'étiologie de ces lésions est encore mal connue. On incrimine en général le froid humide mais on s'explique mal pourquoi elles affectent bien plus volontiers les femmes que les hommes. Certains auteurs tirent argument de l'efficacité de la thérapeutique vitaminique des engelures pour voir en elles un effet de la carence en vitamines A, PP, ou même D.

Outre ces affections douloureuses, mais en général bénignes, le froid est cause indi-

recte de troubles qui peuvent être bien plus graves. On sait en effet qu'il contribue dans une large mesure à affaiblir la résistance de l'organisme aux maladies infectieuses. Ceci s'applique principalement aux maladies des voies respiratoires supérieures ou profondes. C'est ainsi que le *coryza* ou rhume de cerveau se complique à présent fréquemment de trachéites, ou rhumes de poitrine. Nombreux sont également les cas de bronchites, pleurésies, broncho-pneumonies et pneumonies, maladies affectant souvent gravement les voies profondes. Citons encore les aggravations par le froid de maladies diverses, notamment du cœur ou des reins, aggravations dues à l'impossibilité de chauffer convenablement les chambres des malades. Enfin on peut rendre le froid responsable des nombreuses intoxications par l'oxyde de carbone causées par l'emploi de poêles à combustion lente que l'on utilise souvent dans un but d'économie.

### Le facteur moral

Il est universellement reconnu que la santé de tout individu est conditionnée non seulement

(1) On groupe sous le nom de *froidures* (par opposition aux *brûlures*) toutes les lésions dues au froid. Les froidures comprennent notamment les engelures (dues au froid humide) et les gelures (dues au froid intense).

par son état physique, mais également par son moral. Or si les restrictions influent sur les conditions matérielles de notre existence, elles déterminent également certaines psychoses qui peuvent affecter notre équilibre mental et nerveux plus ou moins gravement selon sa stabilité. Mais si les préoccupations d'ordre alimentaire sont celles qui affectent le plus grand nombre d'individus, combien ne pâlisseraient-elles pas lorsqu'on les compare aux souffrances des familles endeuillées, dispersées, qui voient leurs foyers détruits et quelle amertume n'y ajoute pas l'indifférence générale et le triomphe du veau d'or? Aussi ne nous étonnerons-nous guère que M. Laignel-Lavastine, étudiant par exemple les sentiments de la femme responsable de la

garde des tickets familiaux ou la mentalité de celle qui passe ses journées à « faire la queue » (« uraphobie », « uraphilie », « uramanie »), aboutisse à des conclusions rassurantes quant à la gravité de ces psychoses, mais admirerons-nous bien plutôt l'heureuse mentalité de tous ceux qu'aux pires moments n'a jamais cessé de soutenir la confiance dans un avenir meilleur. Cette manifestation d'un vif instinct de

TENEUR EN POTASSIUM (mg par 100 g)	
Haricots.....	1 320
Lentilles.....	894
Pommes de terre..	549
Carottes.....	178
Pain.....	138
Vin blanc.....	99
Vin rouge.....	78

TABLEAUX III ET IV. — TENEUR EN EAU DE QUELQUES LÉGUMES ET TENEUR EN POTASSIUM DE QUELQUES ALIMENTS VÉGÉTAUX (D'APRÈS LEULIER)

Les deux causes principales de la polyurie qui affecte presque tout le monde en ce moment sont l'augmentation des quantités d'eau et de potassium que nous ingérons. Elles sont dues au caractère végétarien de notre alimentation. En effet, nous ne buvons guère moins d'eau qu'autrefois, car les mets salés donnent toujours soif, et l'eau des légumes est donc absorbée en supplément. D'autre part, nos besoins en potassium sont d'environ 2 grammes par jour et nos rations de pommes de terre suffiraient à les couvrir. L'excès produit un effet diurétique, surtout si l'on consomme par surcroît les eaux de cuisson pour éviter une déperdition de vitamine B.

conservation autorise d'ailleurs les plus beaux espoirs en ce qui concerne la renaissance de la nation, en démentant le mythe d'une prétendue dégénérescence de la race.

Ces généralités énoncées, il n'en reste pas moins qu'un certain nombre de personnes prédisposées se sont ressenties d'émotions consécutives aux événements de guerre.

Les secousses morales peuvent enfin affecter gravement la santé de certains malades, cardiaques notamment, et même jouer un rôle dans la genèse de certaines maladies.

### Les maladies infectieuses

Si le manque de tel élément de notre alimentation, si telle conséquence matérielle ou morale des restrictions sont souvent à l'origine de troubles particuliers, on n'en comprend que plus aisément que l'ensemble des conditions défavorables dans lesquelles se trouve placé notre organisme exerce sur son état général une action conjuguée ayant pour effet de diminuer sa résistance aux maladies. Le rôle du terrain est en effet capital dans tous les domaines de la médecine. Il peut avoir des conséquences sur les troubles organiques cardiaques, digestifs, néphrétiques, etc.; en chirurgie, il se manifeste par la difficulté actuelle de l'arrêt de l'écoulement du sang ou hémotase (cause d'hémorragies secondaires), ainsi que par la lenteur des

cicatrisations; mais c'est surtout dans la résistance aux *maladies infectieuses* que le terrain exerce une influence prépondérante. Félicitons-nous à cet égard de l'avancement de nos connaissances médicales, notamment dans le domaine de la prophylaxie (vaccinations contre la variole, la diphtérie, la thyphoïde, etc.) : les médecins n'ont en général pas constaté de sérieuse multiplication ou aggravation des maladies infectieuses et les épidémies ont été rares et localisées. A peine signale-t-on que les gripes, bronchites, etc., affectent souvent une durée et une gravité inusitées.

Il est cependant une maladie qui fait à cette règle une exception d'une importance malheureusement considérable : la *tuberculose*. Dans ce cas, en effet, la science médicale, jusqu'ici incapable d'appliquer une thérapeutique préventive ou curative directe, ne peut agir que sur le terrain, dont elle cherche à favoriser la résistance à l'infection par le repos, l'alimentation équilibrée, le changement d'air, etc.

Il convient enfin de mentionner certaines infections dues à des conséquences indirectes des restrictions. Ainsi la pénurie d'engrais a incité nombre de jardiniers amateurs inconscients du danger auquel ils s'exposaient à utiliser comme fumier les excréments humains et cette pratique a été à l'origine de nombreux cas de *colibacillose* consécutifs à la consommation de légumes provenant de potagers ainsi fumés. D'autre part, la consommation de lait de brebis ou de chèvre et produits dérivés, d'origine insuffisamment contrôlée, a parfois apporté la *fièvre de Malte*.

### Les intoxications alimentaires

Après les infections favorisées ou causées par les restrictions, voici à présent les *toxi-infections* et *intoxications* auxquelles on s'expose souvent dans les temps actuels.

Tout d'abord la consommation de viandes provenant du « marché noir » peut être dangereuse parce que l'abatage clandestin se fait parfois dans des conditions d'hygiène douteuses, et aussi parce que des individus peu scrupuleux écoulent ainsi des animaux malades. Les microbes dangereux appartiennent surtout au groupe des *salmonelloses*. Le bacillus proteus, agent banal de la putréfaction, n'est pas toujours pathogène.

Quant au *botulisme*, il est dû au bacillus botulinus, anaérobie dont les spores résistent assez bien à la chaleur. Ce germe est très répandu dans la nature, aussi peut-il se trouver dans des conserves mal stérilisées (conserves

familiales) ainsi que dans les poissons et charcuteries fumées. Il est peu virulent, mais la toxine qu'il a secrétée à l'intérieur de la conserve est redoutable; on peut cependant la détruire par un quart d'heure de cuisson à l'ébullition. Le botulisme, dont les symptômes sont digestifs et nerveux, donne lieu à une mortalité qui varie entre 15 et 70 %, selon les épidémies.

Les œufs avariés peuvent également provoquer des intoxications, soit qu'ils soient infectés dès l'origine (ce qui arrive notamment pour les œufs de canes dont l'oviducte s'emplit des microbes pullulant dans les eaux bourbeuses où

s'accouplent les canards), soit qu'une fêlure de la coquille ou d'une membrane permette une infection d'origine exogène.

L'*ergotisme*, qui peut affecter une forme convulsive ou gangréneuse, peut enfin se manifester chez les consommateurs de farine, pain, biscuits, etc., d'origine incontrôlée. On est allé jusqu'à lui attribuer un rôle dans les affections de la peau dont on rend le pain actuel responsable.

Outre ces toxi-infections d'origine microbienne, les restrictions, ou plutôt les efforts qu'on déploie pour y parer, sont parfois à l'origine de véritables intoxications. Ainsi pour les feuilles de rhubarbe, que certaines personnes ont voulu préparer à la manière des épinards, alors que seules les côtes de rhubarbe sont comestibles. De même

des accidents, parfois mortels, ont été dus à l'ingestion d'amandes d'abricots avant que la législation n'en ait réglementé l'emploi en confiserie. Les alcools d'origine incontrôlée risquent, eux, de provoquer des intoxications par l'*alcool méthylique* qu'ils peuvent contenir. Quant aux empoisonnements par les *champignons*, ils sont trop connus pour être cités autrement que pour mémoire.

En conclusion, on ne saurait donc trop insister sur la prudence qu'il y a lieu d'observer à l'égard des produits d'origine incontrôlable; on n'est pas obligé de s'en tenir à ses ressources personnelles, mais il faut se méfier des marchandises présentées par des intermédiaires.

### La pénurie de médicaments (1)

On a vu jusqu'ici les principales répercussions directes et indirectes des restrictions sur notre état de santé. Il importe encore de souligner l'aggravation que peut apporter à ces répercussions la difficulté de nous approvisionner en certains médicaments. Si en effet la synthèse

(1) Voir : « Les médicaments de remplacement (Science et Vie, n° 312, août 1943).

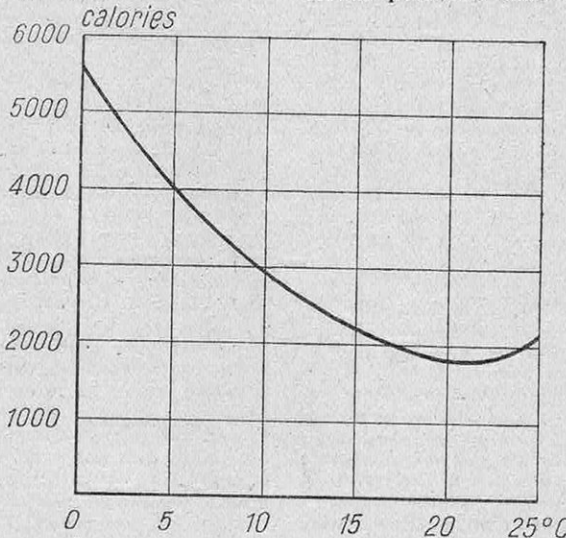


FIG. 3. — INFLUENCE DU FROID SUR NOS BESOINS ÉNERGÉTIQUES (D'APRÈS LES DONNÉES DE LEFÈVRE)

A l'action propre du froid sur la résistance de l'organisme s'ajoute l'augmentation qu'il provoque de nos besoins caloriques, augmentation qui peut prendre des proportions énormes selon la température ambiante. On constate que la courbe passe par un minimum vers 22° (point de neutralité thermique), température où l'organisme humain ne dépense d'énergie ni pour s'échauffer ni pour se refroidir lorsqu'il est vêtu en « demi-saison ».

chimique permet de subvenir au manque de quelques-uns, il est de nombreux produits exotiques qui, dans l'état actuel de nos connaissances pharmaceutiques et chimiques, restent irremplaçables.

Impossible de nous ravitailler en *quinquina*, donc en *quinine* nécessaire au traitement des fièvres coloniales, ainsi qu'en *café*, donc en *caféine* (tonique cardiaque), en *cacao*, donc en *théobromine* (tonique cardiaque et diurétique puissant), en *kola*, etc. De même étaient de provenance exotique des analgésiques comme l'*opium* et ses alcaloïdes, ainsi que la *cocaïne*, des régulateurs du système neuro-végétatif comme la *pilocarpine* et l'*ésérine*, des toniques nervins comme la *strychnine*, etc. Or si ces corps peuvent parfois être remplacés par des substances synthétiques de propriétés analogues, celles-ci n'ont presque jamais une action identique et ne sauraient donc être utilisées dans tous les cas.

En plus des produits *organiques* dont nous venons de citer les principaux, nous manquons des sels *minéraux* comme ceux d'*argent*, de *zinc*, de *cuivre*, et surtout ceux de *bismuth*, qui sont si importants dans le traitement des troubles gastro-intestinaux et de la syphilis, etc. L'*iode* également a des propriétés spécifiques qui le rendent irremplaçable dans certaines de ses applications. Mentionnons à son propos que certains chirurgiens reconnaissent que les circonstances présentes leur imposent une certaine imperfection dans la pratique de l'antisepsie, en raison notamment du manque de teinture d'*iode*, d'*éther*, etc., ce qui serait à l'origine des suppurations fréquemment constatées, notamment au niveau des points de suture.

C'est encore l'industrie opothérapique (1) qui manque de matières premières en raison de la pénurie de glandes et se trouve ainsi, par exemple, hors de mesure de produire toute l'*insuline* que nécessitent les diabétiques.

### Les bienfaits des restrictions

Les répercussions des restrictions sur notre santé peuvent cependant être salutaires dans quelques cas. On a ainsi noté une régression sensible de l'obésité, de la dyspepsie, des affections hépatiques, de la goutte, des rhumatismes, voire de l'eczéma, maladies à l'origine desquelles la suralimentation joue souvent un rôle important. Mais la conséquence la plus certainement favorable des restrictions est la diminution de l'*alcoolisme*. L'alcool fournirait certes un appoint non négligeable à notre alimentation (2), mais d'un autre côté ne faut-il pas plutôt se féliciter d'en être privés par force, à la pensée des excès qu'aucune législation ne pourrait empêcher dans les circonstances actuelles, et des effets lamentables qu'ils produiraient sur des organismes en état de résistance physique amoindrie? La régression de l'*alcoolisme* est certainement pour beaucoup dans la diminution des entrées dans les asiles d'aliénés.

### Sous-alimentation et exercices physiques

En conclusion de cette étude, on voit donc la diversité des troubles qui menacent l'organisme sous-alimenté. On ne saurait donc trop

(1) Voir : « Les produits opothérapiques » (*Science et Vie*, n° 309, mai 1943).

(2) Voir : « L'alcool est-il un aliment? » (*Science et Vie*, n° 315, novembre 1943).

insister sur la nécessité absolue où se trouve chacun d'apporter tous ses soins au maintien d'un équilibre alimentaire le moins faussé possible s'il veut, non pas échapper entièrement aux conséquences des restrictions, mais en subir le moins possible les répercussions : plus que jamais, il importe d'appeler le médecin à la moindre alerte et de soumettre les enfants à un contrôle médical régulier; aucune occasion ne doit non plus être négligée de compléter nos rations. Mais notre bilan énergétique, pour être équilibré, ne doit pas seulement avoir les recettes les plus élevées possibles; encore faut-il veiller à ne pas dépenser nos « calories » inutilement, et l'on touche ici du doigt la question délicate de savoir si l'exercice physique est utile ou nuisible dans les circonstances actuelles.

Il semble qu'aucune règle générale ne puisse être énoncée; seule la considération du bilan énergétique de chaque individu ou groupe d'individus peut décider de l'opportunité qu'il y a pour lui de s'adonner aux sports. Il est constant qu'au-dessus d'un certain minimum alimentaire, l'exercice physique est bienfaisant.

M. M. Barrière écrit à ce sujet : « Il semble que l'on puisse faire intervenir avant tout une meilleure adaptation de l'organisme tout entier à l'effort, aboutissant à un meilleur rendement, et surtout à une économie de l'énergie dépensée à l'occasion des efforts physiques, économie qui peut être importante. Ce n'est là qu'une hypothèse, vraisemblable, mais qu'aucun fait précis ne nous permet dans le cas particulier d'appuyer ». Peut-être cette économie se fait-elle suivant le même processus analogue que celle que nous avons relevée comme cause possible de l'arrêt de l'amaigrissement lorsqu'un nouvel équilibre pondéral est atteint?

Quoi qu'il en soit, il importe d'insister sur le fait que l'exercice physique n'est bienfaisant que pour les sujets convenablement alimentés. On ne peut donc que s'associer aux conclusions de M. Barrière, qui dit : Nos constatations prouvent une fois de plus, semble-t-il, les heureux effets de l'entraînement physique sur l'organisme. Mais, et nous ne saurions trop insister sur ce point, ces résultats ont été obtenus dans les conditions précises suivantes : nous avons examiné des sujets bien constitués physiquement, et en bonne santé, dont la ration alimentaire n'a été réduite que dans des proportions modérées (30 %) et atteint un minimum de 2 600 calories avec un équilibre et une vitaminisation suffisantes. D'autre part leur profession n'exige pas de nos sujets de gros efforts musculaires et leur entraînement est soigneusement réglé. Enfin ils sont soumis à une surveillance médicale attentive. Il est certain que si une ou plusieurs de ces conditions n'est pas remplie, la pratique des sports, et surtout des sports de compétition, exigeant des individus un effort maximum, pourrait avoir de graves conséquences. Nous n'en voulons pour preuve que les constatations que nous avons faites sur les sportifs ne disposant que d'une ration de 1 700 à 2 000 calories : leur perte de poids a dépassé nettement celle de leurs camarades non sportifs ».

Dans ce domaine comme dans bien d'autres, c'est l'individu seul qui doit être pris en considération, quand même l'on serait tenté de considérer le bien de la collectivité comme une fin en soi au lieu de l'envisager comme condition nécessaire au développement harmonieux des individualités.

Jean FRANCIS.

# UNE NOUVELLE PARTICULE ÉLÉMENTAIRE DE LA PHYSIQUE : LE MÉSOTON

par Maurice-E. NAHMIA  
Docteur ès Sciences physiques

*A l'électron, au positon, au proton, au neutron, au neutrino, est venu s'ajouter depuis peu une nouvelle particule élémentaire : le mésoton. Elle a été proposée, en 1936, par un théoricien japonais pour expliquer les forces qui régissent la matière, et, d'après lui, le mésoton servirait d'intermédiaire dans les échanges et interactions entre les particules déjà admises comme constituants fondamentaux des noyaux atomiques. Un aspect de cette hypothèse toute théorique fut confirmé assez vite par l'expérience (1938). Des physiciens américains, puis d'autres, anglais et français, mirent en évidence l'existence du mésoton dans le rayonnement cosmique. Elle semble aujourd'hui admise par la majorité des physiciens et reconnue indispensable dans l'édification d'un ensemble cohérent qui tenterait d'expliquer les forces nucléaires telles qu'elles sont déduites des données expérimentales.*

UNE particule élémentaire nouvelle est venue enrichir le petit arsenal dont dispose le physicien pour édifier les éléments matériels et expliquer les forces qui s'exercent entre eux. Elle a été proposée par un mathématicien japonais, Yukawa, en 1936. On se souviendra par analogie de la conception d'abord toute théorique du positon (électron de charge positive) que le mathématicien anglais Dirac présenta au monde scientifique vers 1930. Il fut donné aux physiciens américains d'être les parrains de ces deux particules élémentaires du monde physique. En effet, peu après la conception de Dirac, l'électron positif fut découvert par Anderson dans le rayonnement cosmique, et un an après la publication de la théorie de Yukawa, plusieurs physiciens d'outre-Atlantique trouvèrent le mésoton dans ce même rayonnement céleste.

## Le mésoton et la radioactivité

Parmi les substances radioactives, celles qui émettent des particules  $\beta$  (électrons négatifs

ou positifs) ont posé aux physiciens des problèmes théoriques particulièrement ardu. Sous peine de voir mettre en défaut un des grands principes qui gouvernent les phénomènes du monde matériel, celui de la conservation de l'énergie, force a été d'admettre l'existence d'une particule quasi immatérielle, le neutrino (1), douée de propriétés paradoxales et qui n'a pu jusqu'à aujourd'hui être retrouvée expérimentalement. L'hypothèse du neutrino a été émise par le théoricien suisse Paoli et sa théorie établie par l'Italien Fermi. Elle n'est pas parvenue malheureusement à rendre compte de tous les faits. En particulier, la théorie de Fermi faisait prévoir des valeurs beaucoup trop faibles pour les périodes (2) des radioéléments  $\beta$

(1) Voir : « A la recherche du neutrino (*Science et Vie*, n° 291, novembre 1941).

(2) La période d'un élément radioactif est le temps au bout duquel la moitié des atomes présents dans une masse quelconque se trouvent désintégrés. Pour la majorité des radioéléments  $\beta$ , ce temps est voisin de 1 000 secondes.

D'APRÈS FERMI	D'APRÈS YUKAWA
Neutron $\longrightarrow$ proton + électron + neutrino	Neutron $\longrightarrow$ proton + mésoton négatif
	↓
	électron + neutrino
	↓
Proton $\longrightarrow$ neutron + positon + neutrino	Proton $\longrightarrow$ neutron + mésoton positif
	↓
	positon + neutrino

TABEAU I. — LE MÉCANISME DE LA RADIOACTIVITÉ  $\beta$  D'APRÈS FERMI ET YUKAWA, CE DERNIER FAISANT INTERVENIR LE MÉSOTON, NÉGATIF OU POSITIF

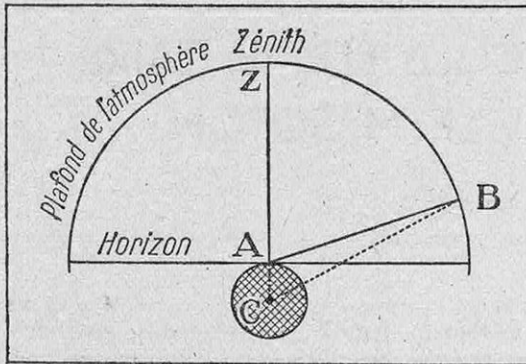


FIG. 1. — POURQUOI ON DOIT OBSERVER PLUS DE MÉSOTONS AU ZÉNITH QUE DANS TOUTE AUTRE DIRECTION

Si l'observation était faite au centre C de la terre, la distance parcourue par une particule cosmique serait la même dans n'importe quelle direction, car CZ est égal à CB. Mais pour toute observation faite à la surface de la terre, au point A par exemple, il y a une direction privilégiée, AZ étant plus petit que toute autre droite telle que AB.

tant naturels qu'artificiels. Il a donc fallu faire une hypothèse supplémentaire, et introduire dans la théorie un processus capable d'allonger la période de l'atome radioactif. Voici la solution proposée par Yukawa.

Pour Fermi, le corpuscule  $\beta$  (électron) est émis en même temps qu'un neutrino par le noyau de l'atome par suite de la transformation dans celui-ci d'un neutron en un proton (1). Pour Yukawa, le processus est plus complexe et fait intervenir une entité nouvelle, le *mésoton*, dont il existerait, pour les besoins de la cause, deux variétés, l'une négative, l'autre positive. Le tableau 1 schématise le mécanisme de l'émission  $\beta$  avec les deux interprétations.

Par le calcul, Yukawa était parvenu à parfaire la théorie de Fermi et à justifier l'ordre de grandeur des forces nucléaires mises en jeu en donnant au mésoton une masse hypothétique égale à environ 200 fois celle de l'électron au repos, et une « vie » moyenne de l'ordre du cent-millionième de seconde.

Le plus surprenant fut qu'un aspect de ces vues purement théoriques reçut une confirmation éclatante par l'expérience. On trouva en effet dans les clichés, pris à l'aide d'une chambre de Wilson (2), des trajectoires cosmiques

(1) Rappelons que l'on admet que le noyau d'un atome est constitué par un groupement de protons et de neutrons tel que le nombre total de ces particules soit égal à la masse atomique de l'élément considéré, et celui des protons seuls, à la charge du noyau (charge positive neutralisée d'ailleurs par les électrons planétaires de l'atome) ou au numéro de l'élément dans la classification de Mendeleïeff.

(2) Enceinte contenant de la vapeur d'eau sursaturée dans laquelle l'ionisation provoquée par le passage d'une particule électrisée (proton, électron, mésoton, etc...) provoque la condensation en gouttelettes de la vapeur

dont les traces photographiques n'étaient imputables, ni à des électrons, ni à des protons (la masse d'un proton est près de 1800 fois celle d'un électron). Elles ne pouvaient être dues qu'à des particules de masse intermédiaire et de charge électrique parfois positive et parfois négative. La mesure de la densité des ions (1) créés sur ces trajectoires fixait la limite de cette masse du mésoton entre 100 et 300 fois celle de l'électron.

### La vie du mésoton

L'accord entre la théorie et l'expérience en ce qui concerne la vie moyenne du mésoton est aussi bon. En effet, on trouve pour cette particule, à l'état libre (c'est-à-dire sans préjuger de son comportement dans les noyaux atomiques où elle n'est pas libre comme dans le rayonnement cosmique) une vie moyenne de l'ordre du millionième de seconde; sa vitesse étant voisine de celle de la lumière (300 000 km/s), on en déduit que son libre parcours moyen est de l'ordre de 300 m.

Donc, dans nos laboratoires, situés pratiquement près du niveau de la mer, nous ne pouvons guère observer que les mésotons qui ont pris naissance à de faibles altitudes. Une des conséquences de cette vie moyenne si courte devrait être l'observation de certaines différences dans l'intensité et la qualité de la composante mésotonique du rayonnement cosmique en fonction de l'altitude du laboratoire. De plus, dans un laboratoire déterminé, on devrait

tout le long de cette trajectoire, ainsi rendue visible grâce à un éclairage adéquat. Généralement, un fort champ magnétique permet de reconnaître le signe de la charge de la particule ionisante, d'après le sens de la courbure de sa trajectoire.

(1) Les lois relatives à ces mesures sont loin d'être bien connues, car nous ne disposons pas à volonté de particules de très fortes énergies. On voit tout l'intérêt qu'il y a à construire des cyclotrons géants.

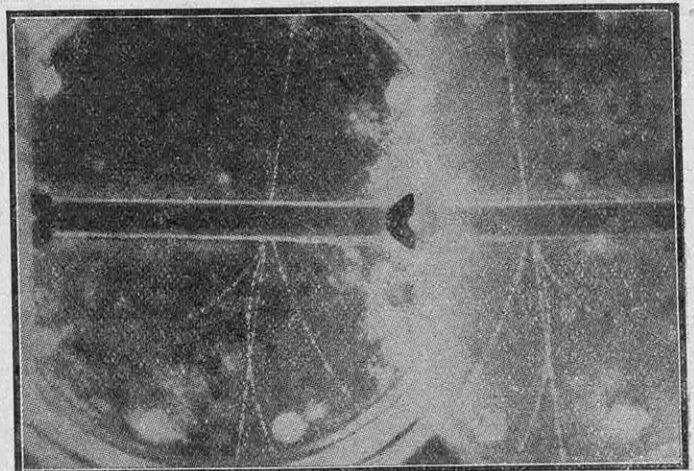


FIG. 2. — UNE PETITE « GERBE » PHOTOGRAPHIÉE DANS LA CHAMBRE DE WILSON

Cette vue stéréoscopique montre une particule cosmique de grande énergie venant du haut de la figure et tombant sur une plaque de platine de 1 cm d'épaisseur. Elle donne naissance à une petite gerbe d'électrons et de positons que l'on distingue grâce à la courbure en sens inverse de leurs trajectoires dans le champ magnétique intense créé dans la chambre. (Neddermeyer et Anderson.)



aussi observer des différences analogues en fonction de l'angle d'inclinaison sur l'horizontale du « télescope » de compteurs de Geiger (1). Il est évident que dans la position zénithale on détectera plus de particules qu'à 30° sur l'horizontale par exemple, les particules du rayonnement cosmique étant moins ralenties et moins désintégrées dans la première direction que dans la deuxième (fig. 1).

De même la température moyenne de l'atmosphère doit faire sentir son influence. En effet, lorsque la température s'élève vers midi du temps solaire, les couches atmosphériques se dilatent et la zone où les particules cosmiques sont susceptibles de perdre de l'énergie s'étend en hauteur. Le voyage étant plus longuement accidenté, on devra observer, venant du zénith, moins de mésotons à midi qu'à minuit. Les observations à ce sujet sont faites, soit à la chambre de Wilson contrôlée par des compteurs de Geiger, soit par une série de compteurs.

De la nature de ces variations en fonction de l'altitude, de la température, de l'angle du cône d'observation et de l'absorption du rayonnement cosmique dans différents matériaux on peut déduire la vie moyenne du mésoton.

### La nature du rayonnement cosmique

Le mésoton et sa désintégration spontanée (phénomène différent d'une radioactivité) expliqueraient, outre les phénomènes liés à la radioactivité  $\beta$ , et dont le détail théorique ne

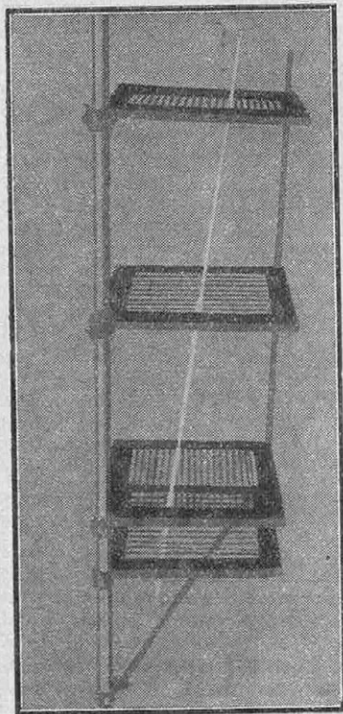


FIG. 3. — COMMENT ON MATÉRIALISE LA TRAJECTOIRE D'UNE PARTICULE COSMIQUE À L'AIDE DES COMPTEURS DE GEIGER

Une droite s'appuie à la fois sur tous les compteurs qui ont fonctionné simultanément.

(1) Un compteur de Geiger-Müller consiste en une enceinte généralement cylindrique portant une électrode centrale; une tension d'un millier de volts étant établie entre l'électrode et la paroi du cylindre, le passage d'une particule ionisante à travers la chambre permet à l'électrode de recueillir certaines charges électriques. Un amplificateur relié à l'électrode décèle donc le passage d'une telle particule. En pratique, on superpose ou juxtapose un certain nombre de tels compteurs pour ne retenir que les indications concernant les particules ayant traversé à la fois tous les compteurs, c'est-à-dire celles venant de la direction où est braqué le « télescope » de compteurs.

peut être donné ici, certains aspects du rayonnement cosmique. C'est ainsi que les « gerbes » cosmiques (1) seraient dues en partie à la disparition de ces mésotons qui, parvenus rapidement au terme de leur brève carrière, seraient capables d'exploser en quelques douzaines de particules électroniques et positoniques (fig. 2). Certaines conditions ambiantes seraient nécessaires pour que ce processus ait lieu. Le champ de force au voisinage d'un noyau de plomb serait, par exemple, plus propice à la création d'une gerbe de particules,

à partir d'un mésoton, que le vide interplanétaire, voire même que les noyaux légers d'oxygène et d'azote qui sont les principaux constituants de notre atmosphère.

On imagine ainsi que les confins de notre atmosphère reçoivent continuellement des photons, des neutrons et des protons qui viennent on ne sait d'où et dont certains peuvent parvenir sans encombre jusqu'à la surface de la terre. Nombreux sont ceux qui s'émettent en route, tandis que d'autres se transforment et donnent naissance à des mésotons. Suivant l'altitude où ils prennent naissance, ces mésotons nous arrivent porteurs de plus ou moins d'énergie ou sous la forme d'une riche progéniture d'électrons et de positons.

Voici schématiquement un certain nombre de réactions que l'on suppose réalisables avec le rayonnement cosmique :

1° Un photon rencontre un neutron et donne un proton plus un mésoton négatif ( $\gamma + n_1^0 \rightarrow p_1^+ + M^-$ ) (2).

(1) On peut distinguer en gros dans le rayonnement cosmique observable au laboratoire : le rayonnement primaire direct (ou plutôt la partie qui a survécu aux rencontres atomiques) et le rayonnement secondaire issu de la dégénérescence du rayonnement primaire. Une partie de ce dernier est constituée par des « gerbes » d'électrons des deux signes ayant une origine commune, généralement au voisinage d'un atome lourd.

(2) Dans toutes les formules ci-contre,  $\gamma$  désigne un ou des photons (radiations électromagné-

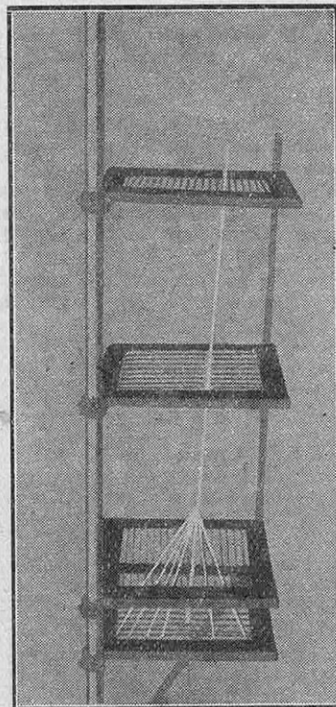


FIG. 4. — COMMENT ON MATÉRIALISE UNE GERBE

Le fonctionnement simultané de plusieurs compteurs permet de reconstituer la naissance d'une « gerbe » en un point d'une trajectoire cosmique.

2° Un proton rencontre un mésonon négatif et donne un neutron et un ou plusieurs photons ( $p_1^+ + M^- \longrightarrow n_1^0 + \gamma$ ).

Ces deux réactions sont inverses l'une de l'autre. Dans la deuxième les photons formés peuvent être des rayons très pénétrants dont certains seraient observables sous forme de matérialisation électronique et positonique (phénomène inverse de celui de l'annihilation de la matière).

3° Un photon rencontre un proton et donne un neutron et un mésonon positif ( $\gamma + p_1^+ \longrightarrow n_1^0 + M^+$ ).

4° Un neutron rencontre un mésonon positif et donne un proton et un ou plusieurs photons ( $n_1^0 + M^+ \longrightarrow p_1^+ + \gamma$ ).

Ces deux réactions sont encore inverses l'une de l'autre et les photons formés peuvent éventuellement être remplacés par des paires de particules électroniques.

5° Un photon de très grande énergie se matérialise aux confins de notre atmosphère en une ou plusieurs paires de mésonons de deux signes ( $\gamma \longrightarrow M^- + M^+$ ).

Dans certains cas exceptionnels on pourrait aussi observer l'apparition de paires de mésonons lorsqu'un neutron rencontre un mésonon positif ou lorsqu'un proton rencontre un mésonon

négatif ( $n_1^0 + M^+ \longrightarrow p_1^+ + M^- + M^+$  ou  $p_1^+ + M^- \longrightarrow n_1^0 + M^- + M^+$ ).

Dans d'autres cas encore plus exceptionnels on pourrait observer des phénomènes d'« évaporation nucléaire » (1) avec libération de plusieurs neutrons et protons lors de la rencontre, au voisinage d'un noyau lourd :

— D'un neutron avec un mésonon positif ( $n_1^0 + M^+ \longrightarrow p_1^+$ )

tiques analogues à la lumière), M un mésonon (négatif ou positif suivant son signe), n un neutron (masse 1 en indice, charge 0 en exposant), p un proton (masse en indice, charge positive + en exposant).

(1) On tend de plus en plus à considérer les noyaux atomiques comme des édifices ayant beaucoup d'analogies avec un liquide plutôt qu'avec un gaz.

— D'un proton avec un mésonon négatif ( $p_1^+ + M^- \longrightarrow n_1^0$ )

Le nombre de ces possibilités augmenterait encore si on admettait l'existence du proton négatif,  $p_1^-$ .

### Le proton de charge négative

Si une telle particule existait, elle prendrait naissance dans des réactions absolument calculées sur celles dont il vient d'être question. Il y aurait ainsi une symétrie assez attrayante entre les particules élémentaires :

— Electron et positon.

— Mésonon négatif  $M^-$  et mésonon positif  $M^+$

— Proton négatif  $p_1^-$  et proton positif  $p_1^+$

En fait, il a été suggéré, pour expliquer les forces d'échange et d'interaction entre particules, non seulement l'existence du proton négatif, mais aussi celle du mésonon de charge nulle  $M^0$  ou neutretto. Il y aurait alors les réactions suivantes :

— Un neutron se transformerait, dans certaines circonstances, en un neutron de moindre énergie plus un neutretto ( $n_1^0 \rightleftharpoons n_1^0 + M^0$ , réaction réversible).

— Un proton ferait de même en émettant

un proton de moindre énergie plus un neutretto ( $p_1^+ \rightleftharpoons p_1^+ + M^0$ , réaction réversible).

D'autre part, pour arriver à un accord satisfaisant avec l'expérience qui donne un millionième de seconde comme vie moyenne du mésonon libre dans le rayonnement cosmique et les vies moyennes des radioéléments  $\beta$ , il a été suggéré qu'il existerait peut-être, dans le processus de la radioactivité  $\beta$ , un autre état intermédiaire.

Considérons, par exemple, le cas de la radioactivité électronique dans laquelle un neutron se transforme finalement, au sein du noyau, en un proton et où un rayon  $\beta$  (électron) est émis avec un neutrino. Pour allonger le processus « Fermi », on scinde la réaction nucléaire en trois stades : 1. — Le neutron tend vers l'état proton et cette transition libère momentanément à l'intérieur du

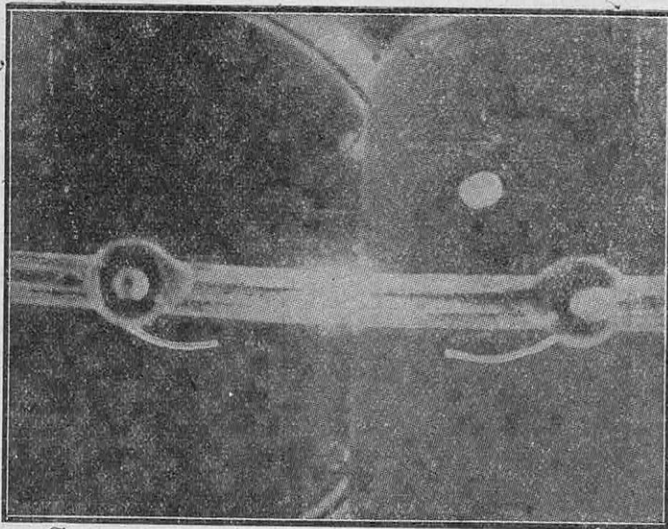


FIG. 5. — VUE STÉRÉOSCOPIQUE DE LA TRAJECTOIRE D'UN MÉSONON

La particule incidente, venant du haut de la figure, est à peine visible. Elle est ralentie à son passage à travers le compteur de Geiger placé au centre de la chambre de Wilson et sa trajectoire est alors parfaitement visible. De la valeur du champ magnétique qui s'exerce dans la chambre, de l'épaisseur de matière traversée, du rayon de courbure et de la densité d'ionisation de la trajectoire, on déduit qu'il s'agit d'un mésonon de masse 220 fois environ supérieure à celle de l'électron au repos. (Neddermeyer et Anderson.)

noyau, en voie de transformation radioactive, un mésonon négatif. 2. — Le mésonon est absorbé, dans le même noyau, par un proton dans un état d'énergie négative, ce qui provoque la mort du mésonon. Il faut que ce proton soit en état d'énergie négative, car s'il avait une énergie positive, son annihilation avec le mésonon libérerait une quantité d'énergie telle que l'on pourrait l'observer à l'extérieur du noyau. Or, par analogie avec la théorie de Dirac sur le positon, on peut dire que la disparition d'un proton positif dans un état d'énergie négative peut être considérée comme l'apparition d'un proton négatif. Ces états intermédiaires hypothétiques peuvent s'accomplir d'ailleurs sans qu'il y ait conservation de l'énergie. Ce qui compte, c'est le bilan énergétique définitif entre l'état initial du noyau et son état final. Ce sont ces stades « virtuels » qui permettent d'allonger le processus « Fermi ». 3.

— Sitôt que les processus décrits en 2 s'achèvent, le neutron en voie de transformation protonique atteint le stade définitif de la transition neutron  $\rightarrow$  proton avec émission, finalement, d'une particule  $\beta$  et d'un neutrino.

On peut ne pas faire appel à cette transition complexe en admettant que le mésonon libre, observé dans le rayonnement cosmique, obéit à d'autres lois de désintégration et possède une vie moyenne cent fois plus longue que celle du mésonon nucléaire non libre. Nous reviendrons sur cette dualité possible du mésonon un peu plus loin.

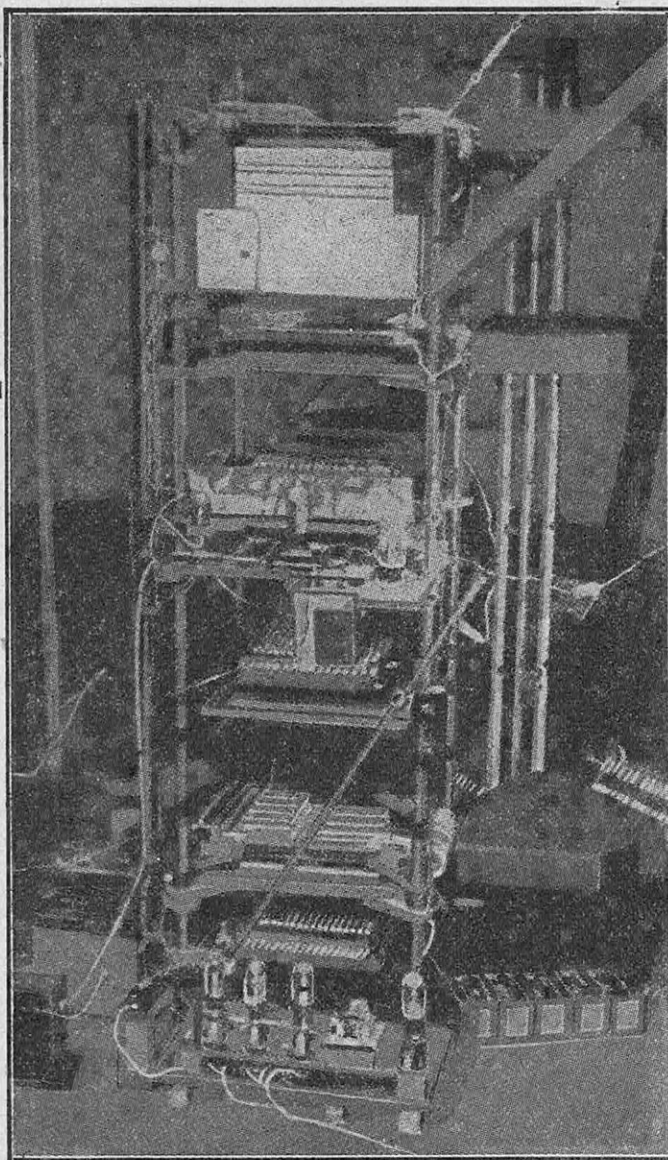


FIG. 6. — L'ÉTUDE DES RAYONS COSMIQUES PAR LES COMPTEURS DE GEIGER

Le meuble ci-dessus comporte six plateaux contenant chacun plusieurs compteurs de Geiger servant à étudier, par la méthode des coïncidences (c'est-à-dire le fonctionnement simultané de plusieurs compteurs, mettant en évidence la direction d'où provient les particules), les rayons cosmiques et les « gerbes » qu'ils produisent sur leur parcours. (Swann.)

## Proton négatif et astrophysique

Pour en finir avec la question du proton négatif, il est intéressant de signaler que, d'après des considérations théoriques toutes différentes, le mathématicien russe Gamow prévoit aussi l'existence possible du proton négatif. Nous n'entrons pas dans le détail de cette théorie, dont une des conclusions ne manque pas de grandeur. Gamow envisage l'existence possible d'univers, comme ceux que les astronomes classent dans les nébuleuses spirales, dont la matière serait « l'image » de celle que nous rencontrons dans notre univers propre, celui qui englobe la voie lactée. Sur la terre, sur les planètes, sur le soleil et sur les étoiles de notre galaxie, les protons positifs confèrent la charge électrique aux noyaux atomiques et les électrons négatifs occupent les orbites électroniques autour de ces noyaux. Dans une ga-

laxie « image » de la nôtre, les charges électriques seraient inversement réparties. Les noyaux seraient chargés par des protons négatifs, et les orbites seraient occupées par des positons.

La rencontre, ou le voisinage éventuel, de deux galaxies « images » l'une de l'autre occasionnerait une catastrophe monstre, un incendie stellaire, où leurs masses se dématérialiseraient en donnant naissance à des rayonnements divers depuis le rayonnement visible (1)

(1) Les novae, étoiles de grande brillance passagère, seraient peut-être des creusets astronomiques de réactions nucléaires.

jusqu'aux rayons cosmiques les plus pénétrants, en passant par toute la gamme des rayons X et des rayons  $\gamma$ .

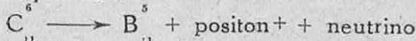
### A la recherche du proton négatif

Il était intéressant de tenter une vérification expérimentale et de voir, par exemple, si certaines réactions nucléaires, *a priori* possibles uniquement si le proton négatif existe, avaient effectivement lieu.

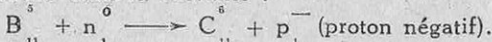
Nous avons eu l'occasion de nous occuper de ce problème. Nous avons choisi la réaction nucléaire bien connue du Bore qui, bombardé par des protons, donne du carbone radioactif dont l'émission positonique décroît, après le bombardement, avec une période de 21 minutes. Voici le schéma de ce processus (1) :



le carbone radioactif formé se désintégrant suivant l'équation :



Nous avons tenté de fabriquer ce carbone radioactif en bombardant du bore, non pas avec des protons, mais avec une source très intense de neutrons (cyclotron de Berkeley). La réaction prévue était la suivante :



Si le proton négatif pouvait être émis, nous aurions dû observer la radioactivité de 21 minutes du carbone. Le résultat expérimental a été négatif. Jusqu'ici, on n'a donc aucune preuve de l'existence de cette particule. Mais rien ne prouve que la théorie de Gamow ne soit exacte dans une galaxie « image » de la nôtre. On ne voit pas encore comment le vérifier, car au point de vue spectroscopique on ne doit s'attendre à observer aucune différence dans les spectres de la lumière venant de ces galaxies par rapport à ceux donnés par les astres et la matière de notre univers.

### Mésoton cosmique et mésoton nucléaire

Quelles sont les preuves d'après lesquelles certains corpuscules cosmiques sont des mésotons et non des protons ou des électrons ?

1° *Parcours dans le plomb.* — Deux trajec-

toires de même courbure dans le champ magnétique d'une chambre de Wilson présentent l'une un parcours de 1 cm, l'autre de 14 cm dans un écran de plomb. Si la première est manifestement due à un proton, la seconde doit être due à une particule de masse moindre, un dixième environ de celle du proton, ou 200 fois

celle de l'électron. Ceci est conforme à la prédiction théorique touchant la masse du mésoton.

2° *Particules des deux signes électriques.* — Les trajectoires ainsi attribuées aux mésotons existent suivant deux courbures dans le champ magnétique. Comme l'existence du proton négatif est encore à prouver, on peut en conclure que ces particules porteuses d'une charge négative sont plutôt des mésotons négatifs.

3° *Densité d'ionisation.* —

Les mésotons ne sont pas des particules électroniques, car à courbure égale dans le champ magnétique de la chambre de Wilson, les mésotons donnent des trajectoires de cinq à dix fois plus riches en gouttelettes que les électrons et les positons (fig. 5).

4° *Vie moyenne des mésotons cosmiques.* — Leur mesure expérimentale, par différentes voies mentionnées au début de cet article, est proche de la valeur théorique.

5° *Perte d'énergie.* — A partir de la variation du rayon de courbure de la trajectoire on peut calculer la perte d'énergie de la particule dans le gaz de la chambre de Wilson. De ce fait, le rayon de courbure augmente constamment et la trajectoire est plutôt de forme spirale. Cette variation est plus ou moins prononcée, suivant l'énergie et la masse du corpuscule. Ici encore la masse déduite est comprise entre 100 et 300 fois celle de l'électron, soit environ (en gramme) : 2 divisé par un 10 suivi de 24 zéros, ou  $2 \times 10^{-25}$  g.

6° *Variation de l'absorption avec la nature de l'absorbant.* — Le coefficient d'absorption des électrons varie comme le carré du numéro atomique de l'absorbant, tandis que l'expérience prouve que, pour les mésotons de grande énergie, cette variation est proportionnelle au numéro atomique.

Voyons maintenant, sans entrer dans le détail naturellement, les difficultés qui subsistent, même en admettant comme certaine l'existence du mésoton :

féremment par  $\text{p}^+$  ou  $\text{H}^+$  comme ici, la dernière représentation exprimant que le proton est le noyau de l'atome d'hydrogène.

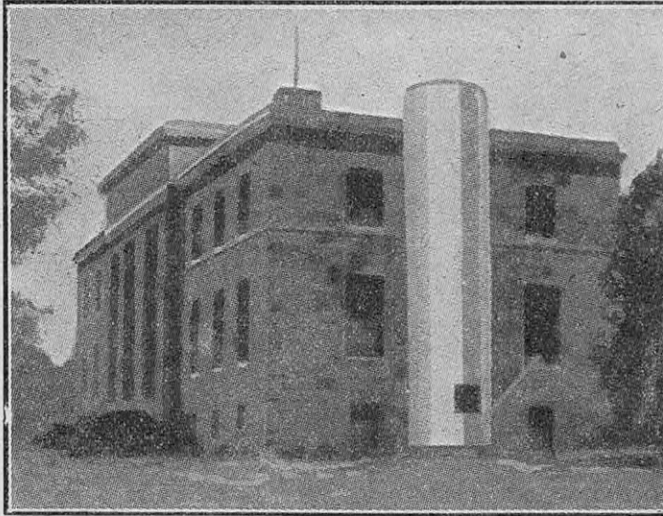


FIG. 7. — LA TOUR DU FRANKLIN INSTITUTE (ETATS-UNIS) POUR L'ÉTUDE DES RAYONS COSMIQUES

L'appareil de la figure 6 est placé à la partie inférieure de la tour dont la partie supérieure est remplie d'eau pour étudier l'absorption des rayons cosmiques.

(1) Les masses sont portées en indices et les charges en exposants. Le proton peut être désigné indif-

1° Pourquoi n'observe-t-on pas de mésotons de faibles énergies? Que deviennent es mésotons qui gaspillent constamment leur énergie et qui ne sont pas, au moment où l'on expérimente sur eux, morts de vieillesse? (à cause de leur vie moyenne). Pourquoi n'a-t-on pas observé jusqu'ici de mésotons d'énergie inférieure à 50 millions de volts (1)?

2° Lorsque le mésoton positif se transforme en un positon plus un neutrino, suivant le schéma du tableau I, il y a création d'un positon libre. Cette création n'est pas compatible avec ce que nous savons de cette particule. En effet, l'électron positif ne peut jamais être créé

(1) L'énergie des particules s'évalue en prenant pour unité l'énergie qu'acquiert une particule portant l'unité de charge (celle de l'électron) quand elle traverse un espace où règne une différence de potentiel de 1 volt. C'est l'électron-volt ou par abréviation le volt.

seul à l'état libre, il naît toujours accompagné de son jumeau négatif, *sauf dans le cas d'une radioactivité*. On est alors obligé d'admettre qu'il ne s'agit pas d'une désintégration du mésoton, mais d'une radioactivité de cette particule. On est ainsi conduit à donner au mésoton nucléaire une vie moyenne un peu plus longue et identique à celle observée pour le mésoton cosmique (1).

Comme on le voit, la question est encore bien complexe et passionnera de nombreux théoriciens et physiciens, avant qu'une conséquence d'ordre pratique, issue de toutes ces considérations en apparence académiques, ne vienne éventuellement passionner aussi le grand public.

Maurice-E. NAHMIA.

(1) Une autre source de difficultés est le « spin » du mésoton. Nous ne pouvons qu'effleurer ici ce problème.

La chimie agricole s'est surtout fixé jusqu'ici pour tâche d'accroître quantitativement le rendement des cultures par l'emploi judicieux des engrais de diverses catégories. L'amélioration qualitative des produits récoltés a fait l'objet de recherches infiniment moins nombreuses, bien qu'il y ait là un domaine d'importance pratique primordiale. Un exemple des résultats que l'on peut attendre de ce point de vue par une fumure plus rationnelle nous est fourni par les récents travaux de Schmalfluss sur la culture du lin. On se rappellera que l'huile de lin est constituée principalement d'un mélange de glycérides complexes de trois acides gras qui portent les noms d'acide oléique, d'acide linoléique et d'acide linoléique, dont la molécule est formée pour tous trois d'une longue chaîne de 18 atomes de carbone réunis par des liaisons simples, à l'exception d'une liaison double pour l'acide oléique, deux pour l'acide linoléique et trois pour l'acide linoléique. Ces molécules sont donc de moins en moins saturées en hydrogène et leur valeur énergétique va donc en décroissant. Mais, du point de vue physiologie de la nutrition, s'il ne s'agit pas de corps uniquement « de réserve », ce qui importe surtout pour les substances ingérées, c'est leur capacité d'entrer en combinaisons, capacité d'autant plus grande évidemment que les carbonés de la molécule sont moins saturés. Or, on a remarqué que l'huile de lin en provenance d'un pays à climat chaud est particulièrement riche en acides gras saturés. Schmalfluss a étendu cette constatation à ce qu'il appelle le « climat intérieur » de la plante conditionné en grande partie par les sels minéraux mis à sa disposition. Des ions tels que l'ion calcium et l'ion sulfate gênent, d'après lui, l'absorption de l'eau par la plante et favorisent sa transpiration, réalisant en somme les conditions d'un climat chaud et sec, d'où la formation préférentielle d'acides gras saturés. Au contraire, l'ion potassium et l'ion chlore faciliteraient l'absorption d'eau et diminueraient la transpiration, conditions correspondant à un climat humide favorisant la production d'acides gras non saturés. Il est intéressant dans le même ordre d'idées de signaler les résultats obtenus par Selke quant à la teneur des céréales en matières protéiques, accrue dans de très fortes proportions par l'emploi de doses supplémentaires d'engrais azotés, fournis sous une forme facilement assimilable à un moment propice de la végétation, celui où, la croissance de la tige étant terminée, l'épi commence à se former. Selke évalue l'augmentation du rendement en matières protéiques entre 20 et 50 %. Ces recherches encore fragmentaires ne constituent que des étapes vers un des buts importants de l'avenir, encore très éloigné, qui serait d'orienter l'agriculture par des engrais appropriés vers des productions où, à côté de composés de haute valeur énergétique, figureraient des substances de haute valeur biologique, vitamines, acides gras, acides aminés, oligoéléments divers, etc., dont la physiologie a reconnu le rôle capital dans l'alimentation de l'homme et des animaux.

# LES PROBLÈMES DU TIR DANS LE COMBAT AÉRIEN

par Georges LAFRE

La balistique, science qui a pour but l'étude du mouvement des projectiles, se partage généralement en balistique intérieure, relative aux phénomènes qui ont lieu dans l'âme d'une arme à feu au départ du coup, jusqu'à ce que le projectile ait franchi la bouche, et en balistique extérieure, qui s'intéresse au projectile lancé à travers l'atmosphère et soumis en particulier à l'influence perturbatrice de l'air ambiant, calme ou animé par les vents, dense au niveau de la mer ou raréfié à haute altitude. La première n'est pas considérée ici, encore que le calcul des armes spécialement destinées à équiper les avions, mitrailleuses légères (calibres de l'ordre de 7,5 mm), ou lourdes (calibres de 13 mm), ou canons automatiques (calibres de 15 à 35 mm), pose des problèmes très particuliers en vue de réduire les poids au strict minimum, tout en améliorant la cadence de tir, la portée par accroissement des vitesses initiales, et l'efficacité des projectiles malgré les efforts exercés sur eux au départ. Quant à la balistique extérieure, ses lois intéressent directement le pilote de l'avion de chasse et le mitrailleur du multimoteur qui ont à en faire l'application lorsqu'ils pointent, l'un ses armes fixes, l'autre ses armes mobiles sur l'endroit présumé du ciel où les projectiles doivent rencontrer l'ennemi. De ce point de vue, les tâches de l'un et de l'autre apparaissent particulièrement ardues étant données les vitesses atteintes par les deux antagonistes et la rapidité de leurs évolutions qui rendent à peu près impossible pratiquement tout calcul de corrections de tir, tels que ceux que se permettent les artilleurs terrestres.

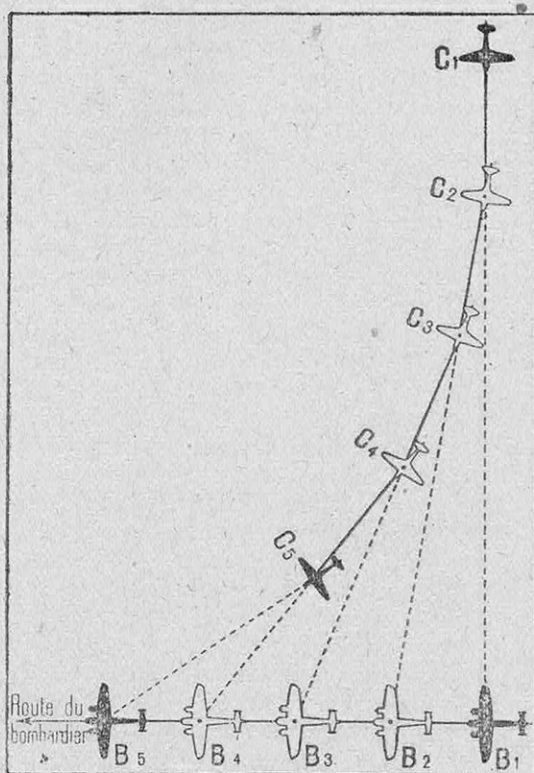
## La vitesse

C E qui caractérise principalement le combat aérien et lui confère sa physionomie propre, c'est la vitesse. Le tir sur but mobile, à partir d'un engin lui-même mobile, a été pratiqué depuis longtemps sur mer, depuis quelques années sur terre. Mais un char ne parcourt guère plus d'une dizaine de mètres par seconde, 14 ou 15 m au maximum, lorsque, tout à fait exceptionnellement, il se lance à 50 km/h. Qu'est-ce là à côté des vitesses initiales des armes à feu de toutes sortes qui s'échelonnent entre 400 ou 500 m/s et 800, 1 000 ou même 1 500 m/s pour les antichars les plus modernes? Que sont aussi, par comparaison, les 30 nœuds des cuirassés qui se traînent littéralement à 15 m/s, ou les 40 nœuds des contre-torpilleurs qui atteignent péniblement 20 m/s?

Dans l'air, au contraire, dès que l'on commença à monter un armement offensif ou défensif sur les premiers avions militaires, les condi-

FIG. 1. — PRINCIPE DE LA COURBE DE POURSUITE D'UN BOMBARDIER PAR UN CHASSEUR

Le chasseur demeure constamment pointé sur le bombardier. La route qu'il suit a été décomposée ci-dessus en éléments rectilignes, mais est évidemment continue dans la réalité. De C<sub>1</sub>, le chasseur vise le bombardier B<sub>1</sub>. Au bout d'un temps très court, parvenue en C<sub>2</sub>, il doit modifier sa direction, le bombardier étant parvenu en B<sub>2</sub>, et ainsi de suite. On a supposé ici que la durée de trajet des projectiles est nulle.



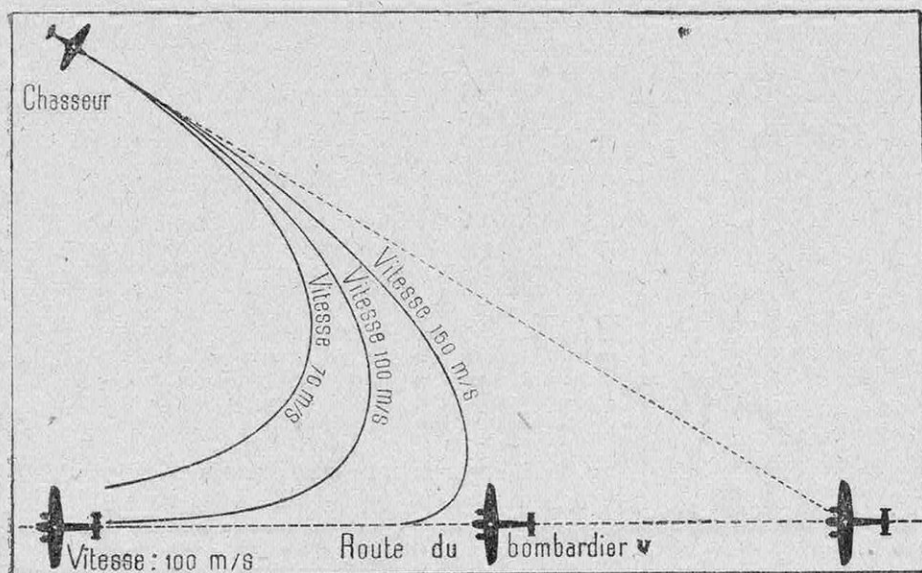


FIG. 2. — TROIS COURBES DE POURSUITE THÉORIQUES

On voit ici l'allure générale des courbes de poursuite lorsqu'on suppose que la vitesse du chasseur est inférieure (à gauche), égale (au centre) ou supérieure à celle du bombardier (la vitesse des projectiles étant supposée infinie).

tions se révélèrent tout autres. Aujourd'hui, à 350 km/h, un bombardier parcourt 100 mètres par seconde; un chasseur, à 550 km/h couvre 150 m en une seconde. L'écart s'est réduit sensiblement par rapport à la vitesse initiale des armes de bord dont les propriétés balistiques se trouvent ainsi modifiées. Avec la vitesse initiale du projectile, mesurée par rapport à l'affût de l'arme, vient se « composer » la vitesse propre de cet affût. Ainsi, dans le tir vers l'avant, la vitesse propre de l'avion s'y ajoute; elle s'en retranche dans le tir vers l'arrière. Dans le premier cas, la portée du projectile, sa force de pénétration, etc se trouvent accrues. Elles sont réduites dans le second. Le tir latéral exige des corrections de pointage si importantes et si difficiles à préciser que souvent on est amené à y renoncer.

### Le tir du chasseur : tir axial

Si les armes du bombardier, qui ont un rôle essentiellement défensif, sont disposées pour tirer dans toutes les directions possibles de l'espace, avec des angles morts aussi réduits que possible, celles d'un chasseur sont dirigées exclusivement vers l'avant. Qu'elles soient disposées dans les ailes, réparties autour du moteur dans le fuselage pour le tir à travers l'hélice, ou faisant corps avec le moteur pour le tir à

travers le moyeu creux, ces armes sont fixes. Le pointage ne peut se faire qu'en orientant l'appareil lui-même. De ce fait, la trajectoire du chasseur prononçant une attaque est étroitement liée géométriquement à celle de l'avion attaqué. Le calcul des courbes ou lignes de poursuite est, depuis Bouguer et Maupertuis, un problème classique auquel le combat aérien confère aujourd'hui une actualité inattendue.

On a représenté sur la figure 1 (1) un bombardier que l'on a supposé suivre une route rectiligne à vitesse constante. Le pilote de l'avion de chasse qui l'attaque devrait normalement viser non pas le bombardier lui-même, mais un point

sur son avant, comme fait le chasseur dans le tir au canard. Mais supposons provisoirement dans ce qui va suivre que la vitesse des projectiles soit infiniment grande, donc la durée de trajet nulle, ce qui nous permet de négliger en première approximation la correction de direction. L'avion de chasse est donc constamment pointé sur le bombardier, et le pilote est amené à modifier constamment son orientation pour maintenir l'axe de son appareil dans la direction précise du but. Il suit ainsi une courbe en apparence simple, mais en réalité d'équation mathématique compliquée, encore que nous

(1) Les figures de cet article ont été inspirées pour la plupart de celles d'une étude de A. S. Taumberger, parue dans « Luftwissen ».

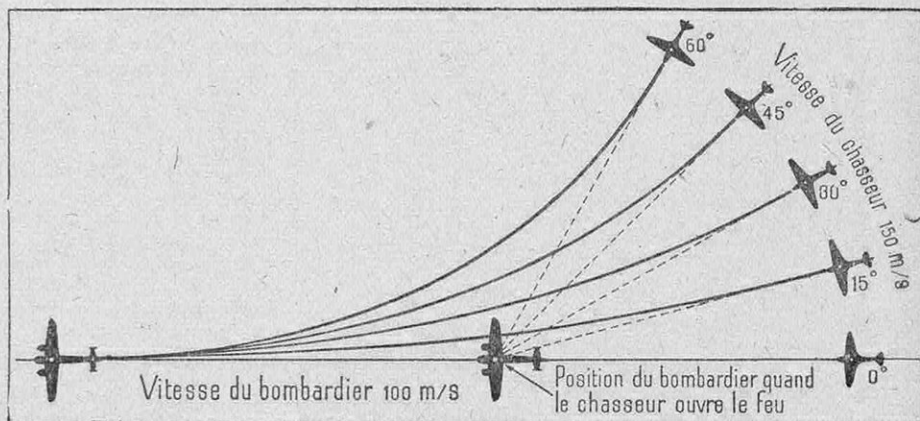


FIG. 3. — COURBES D'ATTAQUE D'UN CHASSEUR

On a supposé que le chasseur se trouvait dans tous les cas à la même distance du bombardier quand il ouvre le feu. La vitesse des projectiles est toujours supposée infinie.

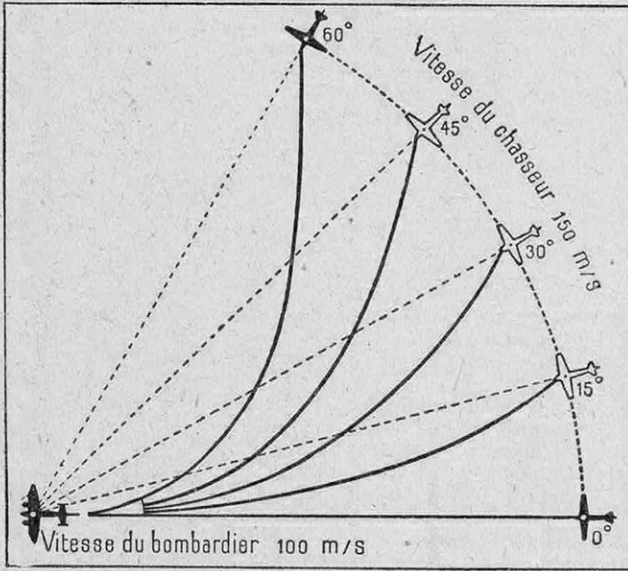


FIG. 4. — LES TRAJECTOIRES DES CHASSEURS, TELLES QU'ELLES APPARAISSENT A L'ÉQUIPAGE DU BOMBARDIER

Ces courbes sont tracées par rapport à des axes liés au bombardier. Alors que sur la figure 3 l'axe du chasseur était constamment tangent à sa trajectoire, ici il est toujours dirigé vers le bombardier, mais la trajectoire apparente ne lui est plus tangente. Ici encore la vitesse des projectiles est supposée infinie.

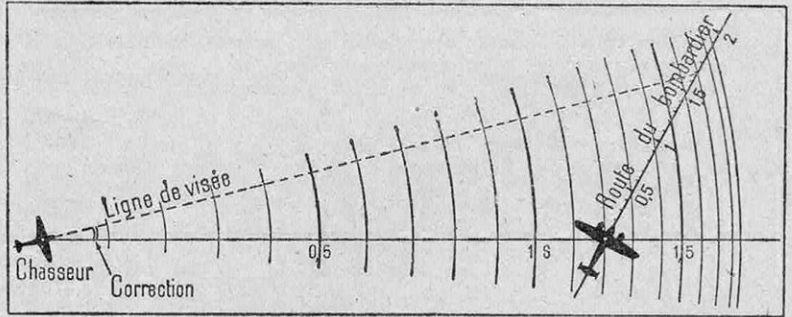


FIG. 6. — UN PROCÉDÉ POUR DÉTERMINER LA CORRECTION DE POINTAGE DANS LE TIR DU CHASSEUR

On trace autour du point figurant le chasseur une série de cercles concentriques numérotés d'après les durées de trajet des projectiles. Sur la route supposée connue du bombardier et à partir du point qui le représente, on marque également ses positions en fonction du temps. Le point où le projectile rencontrera l'avion porte la même cote sur les deux graduations.

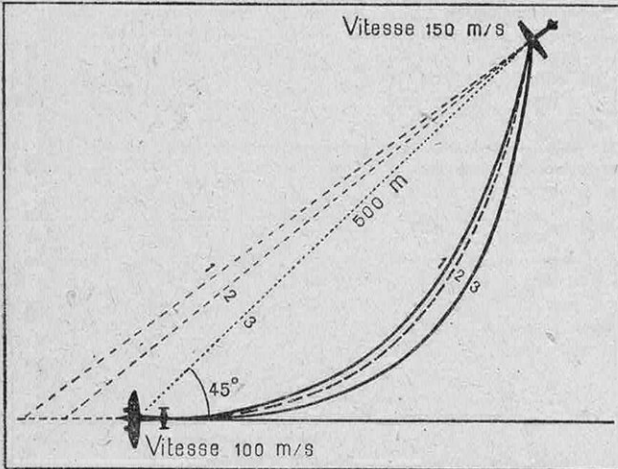


FIG. 5. — COURBES DE POURSUITE CORRIGÉES

La courbe 3 est celle définie précédemment (vitesse du projectile infinie), pour des positions initiales du chasseur et du bombardier distantes de 500 m, la ligne chasseur-bombardier étant alors inclinée de 45° sur la route du bombardier. Les courbes 2 et 1 se rapprochent plus de la réalité, car elles tiennent compte de la durée de trajet du projectile, sans résistance de l'air (courbe 2) et avec résistance de l'air (courbe 1). Le chasseur est pointé en effet normalement non sur le bombardier, mais sur un point situé sur son avant, à une distance égale au produit de la vitesse du bombardier par la durée de trajet du projectile. Les axes de référence sont ici liés au bombardier comme pour la figure 4.

ayons simplifié les choses à l'extrême, en supposant, en particulier, que le bombardier suive une route rectiligne à vitesse constante.

L'allure générale de ces courbes de poursuite est donnée par la figure 2. Suivant que la vitesse de l'avion qui attaque est supérieure, égale ou inférieure à celle de l'avion attaqué, le premier rattrape le second au bout d'un temps plus ou moins long ou bien ne le rattrape jamais. Dans la pratique, le chasseur est naturellement plus rapide que le bombardier; de plus, seule la partie inférieure de la courbe doit être prise en considération, car il est évident que le chasseur n'exécute sa manœuvre et n'ouvre le feu que lorsqu'il est à bonne portée. Sur la figure 3 ont été tracées les courbes correspondant à différentes valeurs de l'angle d'attaque initial du chasseur que l'on a supposé ouvrir le feu à la même distance du bombardier dans tous les cas.

**Le chasseur vu du bombardier**

Mais il est beaucoup plus important et plus intéressant de considérer le problème du point de vue du bombardier, c'est-à-dire de tracer

les courbes d'attaque, non plus par rapport à des axes de références fixes dans l'espace à travers lequel se déplacent chasseur et bombardier, mais bien par rapport à des axes de référence fixes par rapport au bombardier. La figure 4 montre comment apparaissent à l'équipage du bombardier les évolutions du chasseur qui le poursuit, pour les mêmes valeurs de la distance et de l'angle d'attaque que précédemment, mais toujours avec la même hypothèse touchant la vitesse infinie des projectiles.

Dans la réalité, il faut introduire dans le calcul au moins deux corrections importantes, l'une pour tenir compte de la vitesse non infinie des projectiles, l'autre de la résistance de l'air. On voit sur la figure 5, qui correspond au cas où le chasseur se présente à l'origine à 45° sur la route du bombardier, que la trajectoire du chasseur se trouve sensiblement modifiée.

**La protection par la vitesse**

La détermination des corrections de pointage nécessaires peut se faire par une construction



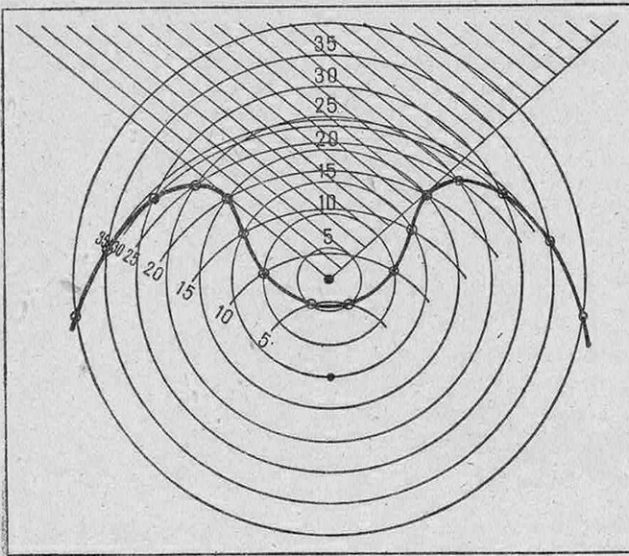


FIG. 7. — LA VITESSE DU BOMBARDIER RÉDUIT PRATIQUEMENT LA PORTÉE DES ARMES DU CHASSEUR

La courbe ci-dessus est obtenue d'après le procédé de la figure 6, mais en supposant que le bombardier peut se diriger dans toutes les directions de l'espace. Elle unit les points d'intersection des cercles portant le même numéro et appartenant à deux séries dont l'une correspond au projectile et l'autre au bombardier. C'est la courbe des points où serait atteint le bombardier. Seule sa partie supérieure est à considérer en pratique, la partie inférieure répondant au cas paradoxal où le bombardier rattraperait le projectile freiné par l'air. On voit que lorsque le bombardier se dirige vers le secteur ombre, il ne peut être atteint, bien que sa distance (1 500 m) soit nettement inférieure à la portée de l'arme du chasseur (de l'ordre de 3 500 m).

graphique simple dont la figure 6 indique seulement le principe. Cette même figure met en évidence une particularité curieuse du tir contre but animé d'une très grande vitesse. On a supposé que le bombardier était à une distance assez grande du chasseur, par exemple 1 500 m. D'ores et déjà l'emploi de canons automatiques à grande vitesse initiale permet d'envisager de telles distances dans le combat aérien. Mais les projectiles perdent peu à peu leur vitesse le long de leur trajectoire, et si l'avion visé est assez loin et assez rapide lui-même, il arrive un moment où les projectiles ne pourront le rattraper bien que la distance du chasseur au bombardier au moment du tir soit sensiblement inférieure à la portée normale de l'arme. La figure 7, qui répond au cas d'une vitesse initiale modérée, montre que le bombardier se trouve en sécurité dans un secteur plus ou moins large, où sa vitesse lui confère une protection efficace contre le tir du chasseur, tant que celui-ci ne se rapproche pas de lui. Pratiquement, le chasseur n'ouvre pas le feu à des distances aussi considérables, et ses armes fixes sont réglées pour des distances de combat

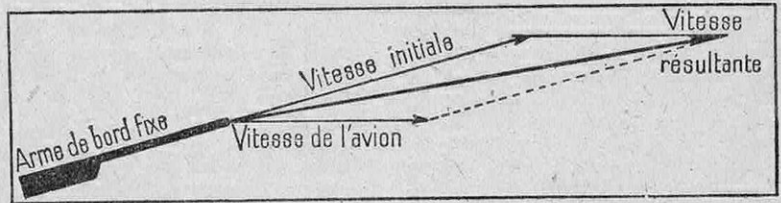


FIG. 8. — INFLUENCE DE LA VITESSE DE L'AVION SUR LA PORTÉE D'UNE ARME AXIALE

L'arme de bord fixe est montée de manière à être très légèrement inclinée sur l'horizontale, afin que le projectile, dans sa trajectoire à allure parabolique, se retrouve dans le plan horizontal de départ à la distance normale de tir. Avec la vitesse initiale de l'arme, dirigée suivant son axe, vient se composer la vitesse horizontale de l'avion. On remarque ainsi que la vitesse résultante fait un angle plus petit avec l'horizontale, ce qui tend à raccourcir la portée. Mais sa valeur est plus élevée, ce qui tend à accroître cette portée. De ces deux effets antagonistes, le second est en général prépondérant.

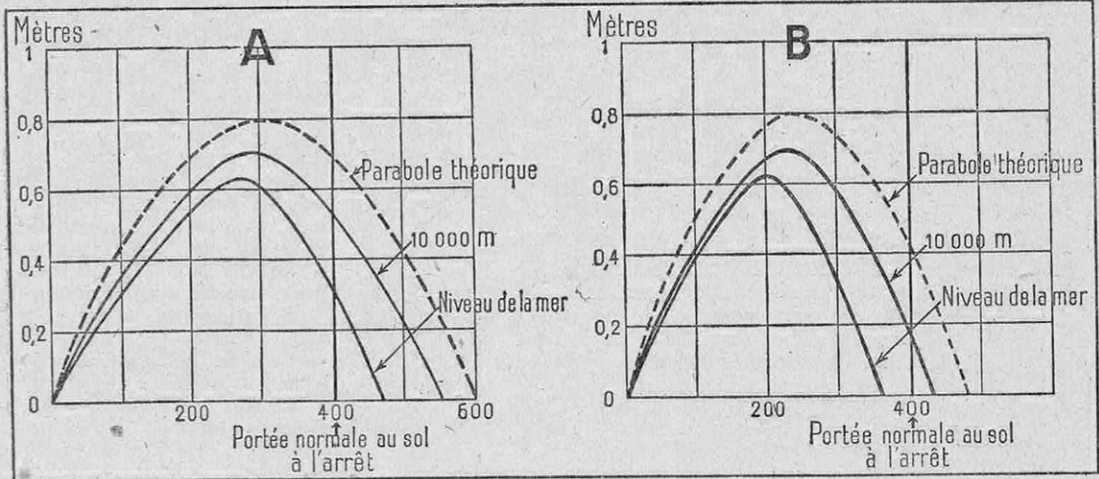


FIG. 9. — COMMENT VARIE LA TRAJECTOIRE AVEC L'ALTITUDE DU VOL

Dans la figure de gauche, les axes sont fixes par rapport à la terre; à droite, ils sont fixes par rapport à l'avion tireur. C'est pourquoi la portée apparente est plus grande à gauche qu'à droite, avec une vitesse initiale plus élevée et un angle de tir plus faible. La résistance de l'air diminuant avec l'altitude, la portée s'accroît quand l'avion s'élève. Dans la réalité, toutes ces trajectoires sont très tendues, la flèche de la parabole théorique ne dépassant pas 0,80 m pour une portée de l'ordre de 620 m. La portée normale à l'arrêt de l'arme ici considérée est 400 m et la vitesse de l'avion est 150 m/s.

qui n'excèdent pas 400 ou 500 m. La protection due à la vitesse conserve cependant sa valeur contre le tir des armes mobiles des avions de combat et aussi celui de la D.C.A.

**La portée du tir axial**

La vitesse propre de l'avion tireur se traduit, lorsque l'arme est orientée dans la direction du vol, par une augmentation de la portée (fig. 8). Celle-ci est mise en évidence sur la figure 9 A, où la trajectoire d'un projectile a été tracée en prenant des axes de référence fixes par rapport à la terre, l'avion tireur étant supposé à l'origine au moment du départ du coup. On arrive à une tout autre conclusion si on considère la trajectoire du point de vue du tireur, c'est-à-dire si on prend des axes de références mobiles, liés à l'avion. Alors la vitesse initiale du projectile est la même qu'à terre, et l'angle de départ est également le même, mais tout se passe comme si un vent contraire, de vitesse numériquement égale à celle de l'avion, freinait le mouvement du projectile dès sa sortie de la bouche. La portée, du point de vue du tireur, se trouve donc réduite.

Cet effet de freinage est surtout sensible au niveau du sol et à basse altitude. Il s'atténue lorsque la densité de l'air diminue, c'est-à-dire lorsque l'avion prend de l'altitude. Vers 4000 ou 5000 m généralement, la portée retrouve la valeur qu'elle avait à terre pour une arme immobile. Au-dessus, elle devient supérieure, la trajectoire tendant vers la parabole théorique correspondant au vide.

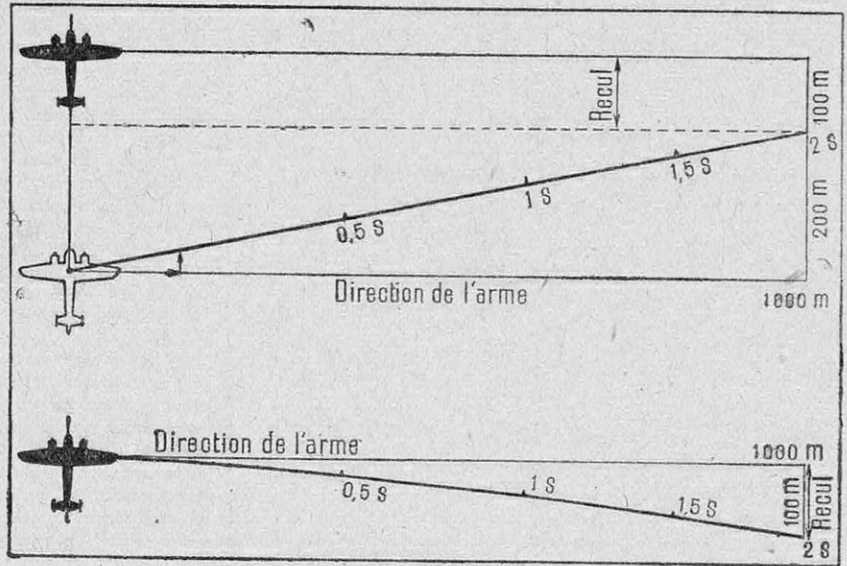


FIG. 11. — LE TIR LATÉRAL AVEC RÉSIDENCE DE L'AIR

Avec des axes fixes dans l'espace, le projectile suit une ligne droite faisant le même angle avec la direction de l'arme que sur la figure précédente. Mais la résistance de l'air freine le mouvement de la balle qui n'atteint la distance de 1000 m qu'au bout d'un temps plus long que précédemment. L'avion auquel ses moteurs confèrent une vitesse constante a donc parcouru un chemin plus grand. Il en résulte que tout se passe pour l'équipage de l'avion comme si le projectile freiné par l'air reculait par rapport à lui, peu dans les premiers cent mètres, puis d'autant plus que sa perte de vitesse est plus grande. La trajectoire apparente est ainsi celle du bas.

**Le tir latéral**

La vitesse propre de l'avion tireur a, sur la trajectoire du projectile, une influence encore plus notable lorsque l'arme n'est plus dirigée rigoureusement dans le plan de symétrie de l'avion. C'est le cas de toutes les armes mobiles, en particulier de celles des postes de défense des bombardiers, installées sur affût mobile, voire sur tourelle, et capables de tirer sous des angles souvent très ouverts sinon transversalement. Il serait possible d'étudier le cas le plus général, celui d'une arme dirigée suivant une direction quelconque dans l'espace. Nous ne le

ferons pas ici, nous bornant à considérer le cas où le mitrailleur cherche à atteindre un point situé dans le même plan horizontal que lui et où il tire par le travers, cas qui s'oppose à celui où il tire sur son avant.

On a longtemps cru que le tir dans ces conditions était impossible, que le vent relatif infligeait au projectile une telle « gifle » à la sortie du canon que la trajectoire ultérieure ne pouvait plus être soumise au calcul. Il n'en est rien, mais ce problème très compliqué du point de vue théorique n'est pas encore entièrement résolu.

Les figures 10 et 11 indiquent en gros l'allure du phénomène, en projection

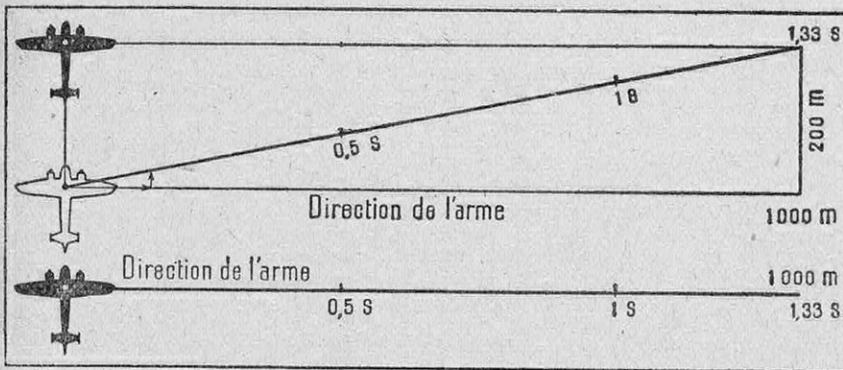


FIG. 10. — LE TIR LATÉRAL SANS RÉSIDENCE DE L'AIR

La trajectoire du projectile a été tracée, en haut, par rapport à des axes fixes dans l'espace, et en bas par rapport à des axes fixes par rapport au bombardier. Dans les deux cas, c'est une droite sur laquelle on a marqué pour repères les durées de trajet. Lorsque le projectile a parcouru 1000 m, l'avion est supposé en avoir parcouru 200.

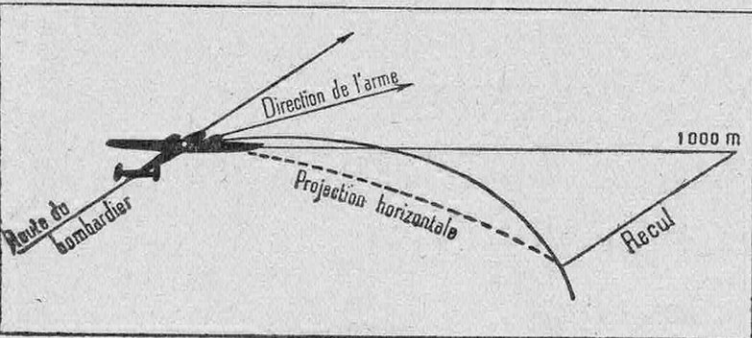


FIG. 12. — TIR LATÉRAL AVEC RÉSISTANCE DE L'AIR, VU DANS L'ESPACE

L'arme est orientée par le travers de l'avion et pointée de manière à atteindre un point situé dans le même plan horizontal et distant de 1 000 m. La courbe est tracée par rapport à des axes solidaires de l'avion. La projection horizontale de la trajectoire est une courbe analogue à celle de la figure 11.

sur le plan horizontal. La trajectoire dans l'espace aura une allure plus compliquée, car il faudra faire intervenir en outre la pesanteur (fig. 12).

On voit quelle devrait être la tâche du mitrailleur et la complexité des mesures et des calculs qu'il devrait effectuer s'il voulait préparer complètement son tir. Encore, dans toutes les constructions précédentes, les choses sont-elles simplifiées à l'extrême. Dans le cas le plus général, il faut connaître en grandeur et direction (qui n'est pas nécessairement horizontale) la vitesse de l'avion qui porte l'arme, en grandeur et en direction la vitesse du vent, la distance de l'avion visé, sa route et sa vitesse; d'où, par rapport à la ligne qui, à un instant donné, joint l'œil du tireur à son but et qui est le seul élément matériel dont il soit absolument sûr, de multiples corrections angulaires fixant dans l'espace la direction à imprimer au canon de son arme. Un télémètre pourra bien indiquer rapidement la distance *actuelle* du but (qui ne sera pas celle où il se trouvera quand le projectile l'atteindra), mais combien de temps faudra-t-il pour accorder par approximations successives la durée de trajet du projectile sur la trajectoire apparente tordue avec le déplacement de l'appareil visé, pour lequel on est réduit à des suppositions aussi bien pour la direction que pour la vitesse? On

sait quels délicats appareils sont mis en œuvre à terre par les directions de tir des batteries de D. C.A. (1). Or le problème ici est encore plus compliqué et le temps dont on dispose pour le résoudre est encore plus réduit. Inutile de dire que la solution parfaite se fait encore attendre.

Dans la pratique, le plus sûr est l'emploi de balles traçantes qui, permettant au tireur de suivre l'effet de son tir, mettent en évidence les corrections à effectuer pour ne pas gaspiller inutilement des munitions. Même à bord des plus lourds bombardiers, celles-ci sont en quantité limitée et c'est pourquoi il sera bon que l'entraînement du tireur aidé par quelques instruments simples (télémètres et giroettes par exemple) lui permette

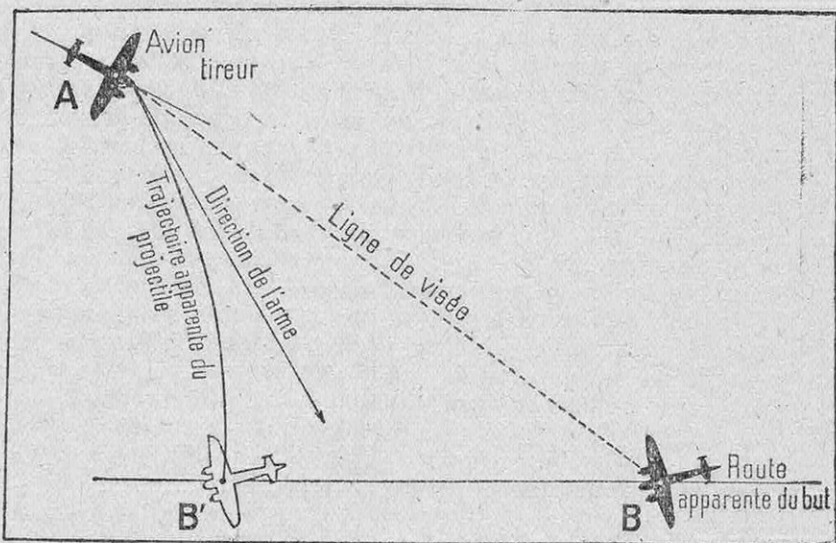


FIG. 13. — COMMENT DOIT VISER LE MITRAILLEUR

On a choisi ici le cas très simple où les deux routes des avions sont dans le même plan horizontal. L'angle que doit faire le canon de l'arme avec la ligne qui joint les deux avions à un instant donné est tel que le projectile rencontre l'avion en un certain point B'. La durée de trajet du projectile sur sa trajectoire AB' est égale au temps que met le but pour passer de B à B'. Si la distance AB' est de l'ordre de 350 m, la durée de trajet est voisine de 0,5 seconde. Pendant ce temps, l'avion B peut parcourir 50 m si sa vitesse est de 350 km/h (100 m/s).

d'apprécier sagement les conditions d'un tir dont la précision et la rapidité de réglage sont capitales pour le succès de la mission à remplir et pour la sécurité de tout l'équipage.

(1) Voir : « La Fire Director commande la batterie contre avions » (*Science et Vie*, n° 233, novembre 1936).

# FORMES ET SYMÉTRIES DANS LE MONDE MATÉRIEL ET LE MONDE VIVANT

par A. SAINTE-LAGUË

Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers

*L'homme s'est, de tout temps, intéressé aux formes des corps inertes et des êtres vivants, ainsi qu'aux nombres qui en expriment les proportions. Si ces études avaient pour but à l'origine la découverte de propriétés mystiques des nombres et la recherche des raisons profondes et supposées de la beauté des choses, elles ont pourtant fait faire de notables progrès à la géométrie. Aujourd'hui, l'étude des formes, ou morphologie, est un domaine qui, à bien des titres, intéresse l'homme de science. On pourrait évoquer certains aspects très particuliers de la question, laissés de côté dans l'étude ci-dessous : étude du corps humain du docteur Champy, travaux de morpho-psychologie du docteur Corman, portrait parlé tel que le pratiquent les services de la Sûreté, empreintes digitales (docteurs Sannié et de Guérin), graphologie et ses applications à la police scientifique (docteur Locard). Nous citerons aussi seulement pour mémoire les ressources que la technique peut attendre de l'étude des formes naturelles pour l'aviation, de celle des oiseaux ou des insectes pour le tracé d'un profil de dirigeable, ou de celle d'un profil de poisson bon nageur comme le maquereau pour la recherche de la meilleure forme à donner à un sous-marin. Mathématiciens et artistes peuvent se pencher avec fruit sur les formes des courbes que nous présentent les corps animés ou inanimés, sur les dispositions symétriques ou asymétriques qu'ils accusent, depuis les arrangements des atomes à l'échelle moléculaire, jusqu'aux spirales compliquées qui relient les écailles d'une pomme de pin ou les feuilles d'un arbre. Il n'est pas besoin de souligner l'importance considérable qu'a prise, pour les physiciens, les chimistes et les biologistes, depuis les travaux de Pasteur, la recherche des symétries et des dissymétries dans la structure profonde des cristaux et des composés chimiques.*

## La beauté des formes naturelles

**S** i l'on regarde les formes si diverses affectées par les êtres vivants, végétaux ou animaux, des infiniment petits aux grands mammifères, on trouve une extrême variété dont l'étude, intéressante pour un artiste, l'est non moins pour un naturaliste, car les formes lui révèlent beaucoup de choses sur la lutte incessante des êtres contre le milieu qui les entoure, sur leur structure interne, leur équilibre mécanique, leurs attitudes ou leurs mouvements, et c'est pourquoi on accorde une importance de plus en plus grande à de telles considérations. De même que les outils d'un bon ouvrier sont bien conçus chacun en vue d'un usage précis, de même que les pirogues des sauvages ou les barques des pêcheurs, aux formes si variables suivant les pays et les rivières, sont chacune construites pour des buts particuliers, de même aussi un poisson rapide ou un oiseau voilier semblent merveilleusement adaptés à leur genre de vie. De là — soit dit en passant — nous vient certainement l'idée de beauté qui est attachée en nous à de telles formes : un cygne est beau quand il nage, un

chat quand il marche, un cheval quand il court, un oiseau quand il vole, parce que les uns et les autres ont là des attitudes qui leur sont familières et pour lesquelles leurs gestes sont aisés, harmonieux et souples.

Quoi qu'il en soit et sans même aborder de telles questions d'adaptation auxquelles nous serions parfois bien en peine de répondre, un observateur, même superficiel, ne peut manquer d'être séduit par la variété des lignes qu'on observe dans la nature et par leur diversité. Quoi de plus différent, par exemple, que les formes que nous offrent la nature inanimée et la nature vivante : un cristal et un bel animal sont les deux extrémités de cette chaîne de formes, le premier avec ses arêtes rigides, ses faces planes, ses angles aigus, le second avec ses surfaces enveloppées dans lesquelles la silhouette des os est masquée par le feutrage des muscles qui les recouvrent, puis par celui de la peau elle-même, parfois dissimulée par une fourrure qui ne laisse plus rien deviner de la structure profonde de l'animal. Il ne faudrait pas croire, d'ailleurs, que les séparations soient aussi franches qu'on pourrait le penser d'après ces exemples; les végétaux nous offrent, entre

ces cas extrêmes, leur armature nette et précise, leurs fleurs, avec des pétales aux arêtes vives découpées aux ciseaux et comportant des symétries évidentes; par ailleurs, les expériences de Stéphane Leduc et d'autres encore montrent que certaines formes que l'on aurait pu croire réservées aux végétaux se retrouvent dans le domaine de la chimie pure. Qu'il s'agisse de dendrites d'oxydes de fer et de manganèse (fig. 1), d'agate ou de chlorure de sodium en milieu colloïdal, d'hyposulfite de sodium, de sulfate de manganèse, d'argent électrolytique, ou qu'il s'agisse de décharges électriques, on obtient des formes arborescentes qui rappellent des silhouettes végétales. Elles sont dues très probablement à de simples phénomènes de propagation suivant des directions privilégiées à partir d'un point de départ, propagation qui, à chaque petite irrégularité rencontrée sur la route, laisse fuser à droite et à gauche de nouvelles branches, bientôt divisées à leur tour pour des raisons analogues.

**La beauté en mathématiques**

Si nous abandonnons ces formes dont l'étude

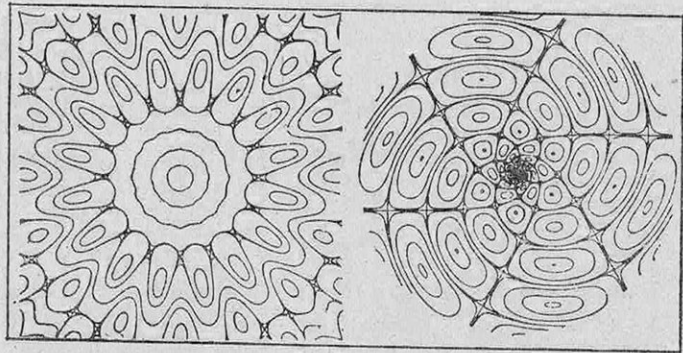


FIG. 2. — LA BEAUTÉ DE CERTAINES COURBES MATHÉMATIQUES

Le Suédois Gyllström a étudié de façon systématique de très belles courbes intégrales d'équations différentielles. On a ici à gauche les courbes provenant de l'équation différentielle :

$$\frac{dy}{dx} = \text{tg} \left[ \text{arc tg} \left( - \frac{\text{tg} \sin 4 \text{ arc tg } \frac{y}{x}}{\text{tg} \cos 4 \text{ arc } \frac{y}{x}} \right) - 3 \text{ arc tg } \frac{y}{x} \right]$$

et à droite celle qui provient de l'équation différentielle  $\frac{du}{dt} = \frac{\text{tg } u}{\text{tg } t}$  liant, en coordonnées polaires,  $r$  à  $\varphi$  à l'aide de deux variables auxiliaires  $u = \varphi - r$ ,  $t = \varphi - \frac{1}{r}$ .

intéresse surtout le chimiste et que nous nous adressons au domaine pourtant plus abstrait des mathématiques, nous aurons occasion d'y rencontrer aussi de très belles courbes ou surfaces (fig. 2). Nous ne voulons pas ici, en parlant de la beauté en mathématiques, évoquer cette réelle beauté que dégagent, par leur harmonie interne, beaucoup de théories ou de raisonnements abstraits. Il ne s'agit là, en effet, que d'une beauté un peu froide et qui n'est sentie que par des initiés. Il s'agit ici, par exemple, de ces courbes que l'on trouve présentées au Palais de la Découverte, et dont les courbes intégrales d'équation différentielles de Gyllström sont un magnifique exemple, ou des courbes de Lissajous que l'on rencontre en acoustique, ou encore de façon analogue de ces courbes que peut donner la pointe d'un pendule elliptique (fig. 3). Les décorateurs pourront trouver encore une infinie variété de modèles dans ces albums dressés par des mathématiciens comme P.A. Macmahon et constitués par des surfaces d'équipartition, qui, identiques les unes aux autres, remplissent tout le plan, surfaces qu'il serait

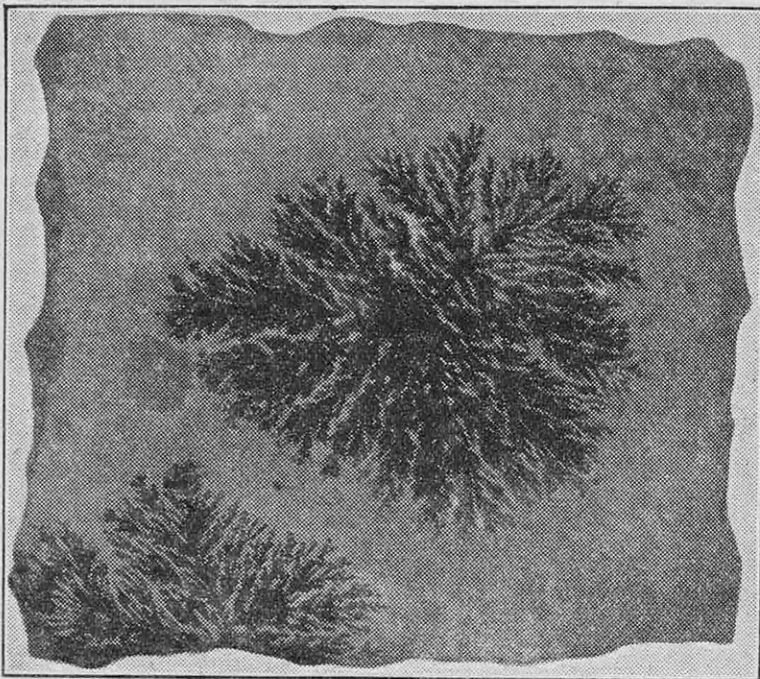


FIG. 1. — DENDRITES D'OXYDE DE MANGANÈSE DANS UNE CASSURE DE ROCHE. Les dendrites sont des arborisations dues à l'agrégation d'une multitude de petits cristaux qui produisent des ramifications souvent curieuses. Les dendrites d'oxyde de fer et de manganèse sont très connues. On les trouve dans les cassures des calcaires, des marnes, des cailloux du diluvium, etc...

intéressant de colorier de teintes vives (fig. 4).

### Les polyèdres

Nous ferons un pas plus important dans l'étude des formes et de leurs symétries en considérant les cristaux. On sait combien la régularité de ces cristaux ou de leurs assemblages peut donner des dessins ou des courbes agréables à regarder. Leur variété est extraordinaire, puisque Bentley a trouvé, rien que pour les simples cristaux de neige, plus de 4 000 dispositions différentes (fig. 5). Mais c'est surtout aux polyèdres convexes que l'on pense quand on parle de cristaux.

Si nous nous adressons pour éclaircir cette question à un géomètre, non spécialisé en cristallographie, il nous parlera d'abord des cinq polyèdres réguliers convexes que l'on connaît depuis Euler et qui sont les seuls possibles. Il nous suffira de rappeler leurs noms, car leurs formes sont classiques et présentes à tous les esprits : le tétraèdre avec ses 4 faces triangulaires, ses 4 sommets et ses 6 arêtes; l'hexaèdre, c'est-à-dire le cube, avec ses 6 faces carrées, ses 8 sommets et ses 12 arêtes; l'octaèdre avec ses 8 faces triangulaires, ses 6 sommets et ses 12 arêtes, le dodécaèdre avec ses 12 faces pentagonales, ses 20 sommets et ses 30 arêtes, et enfin l'icosaèdre avec ses 20 faces triangulaires, ses 12 sommets et ses 30 arêtes. Disons à ce sujet et sans y insister que

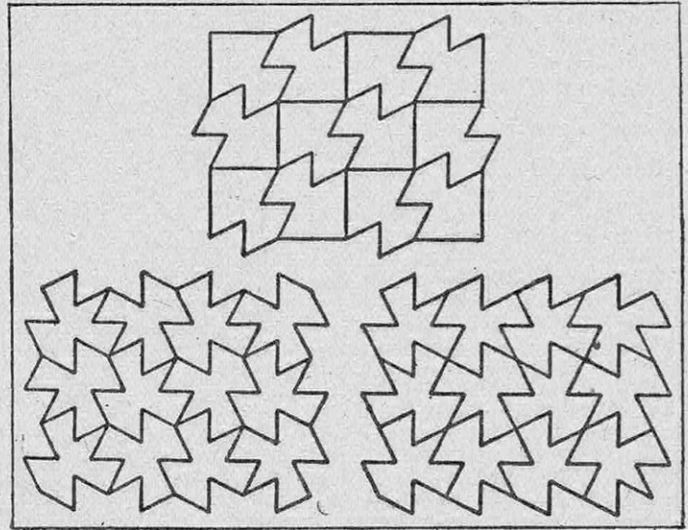


FIG. 4. — LES SURFACES D'ÉQUIPARTITION

On appelle ainsi des surfaces qui, identiques à elles-mêmes, peuvent par leur juxtaposition, remplir tout le plan. On en a choisi quelques-unes entre mille autres possibles. Comme on le voit, les cas simples du carré, du triangle équilatéral ou de l'hexagone régulier ne sont pas les seuls possibles. On pourrait d'ailleurs avoir des surfaces limitées par des arcs de courbe appartenant à telle courbe que l'on voudra. Disons enfin à ce sujet qu'il existe aussi des volumes d'équipartition (fig. 8).

pour tout polyèdre convexe, régulier ou non, le nombre des arêtes, augmenté de 2, est égal au total du nombre de faces et du nombre des sommets.

Nous ne précisons pas ici leurs symétries : centres, axes ou plans qui sont d'ailleurs les mêmes pour le cube et l'octaèdre d'une part, le dodécaèdre et l'icosaèdre d'autre part. Elles sont faciles à deviner et on en trouve de plus compliquées.

Si l'on demande au géomètre s'il connaît d'autres polyèdres réguliers, il nous dira qu'il y a aussi ceux qui ne sont pas convexes, et que l'on appelle des polyèdres étoilés; polyèdres qui sont d'ailleurs au nombre de quatre seulement; trois dodécaèdres étoilés et un icosaèdre.

Si l'on insistait encore, le géomètre pourrait ajouter à sa liste les treize polyèdres semi-réguliers archimédiens qui, inscriptibles dans une sphère, ont leurs faces qui sont des polygones réguliers de différentes sortes (fig. 8). Il nous citera en particulier le cuboctaèdre qui joue un rôle important en cristallographie et le polyèdre de Kelvin, ou octaèdre tronqué, qui, solide d'équipartition, a, seul de son espèce, la propriété de pouvoir remplir tout l'espace par juxtaposition avec des solides identiques. Le géomètre nous parlera ensuite des polyèdres réciproques des précédents et il vous citera le granatoèdre, le leucitoèdre, le diamanttoèdre, le gyroèdre, etc. Abandonnons ces corps, presque trop réguliers et adres-

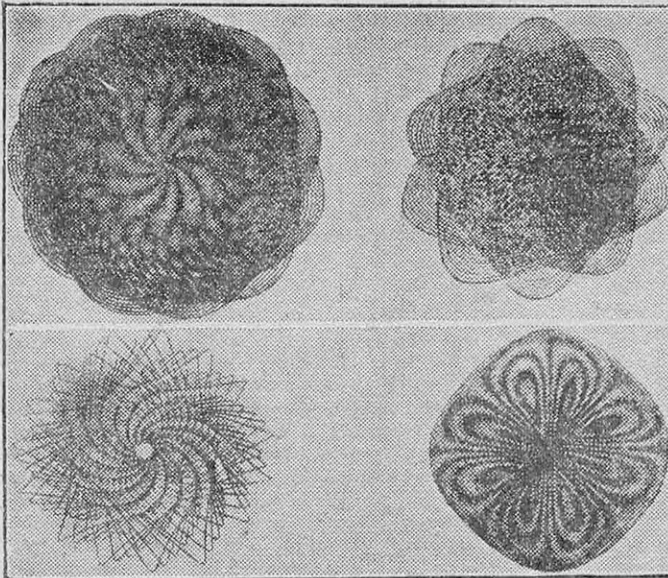


FIG. 3. — LA TRAJECTOIRE D'UN PENDULE ELLIPTIQUE

On a là quelques-unes des courbes que peut tracer une pointe portée par un pendule elliptique. Elles comportent un « motif » initial qui se reproduit ensuite à une rotation près et avec un léger amortissement, ce qui explique les spirales sur lesquelles se trouvent les points homologues.

sons-nous à un cristallographe. Il nous fera entrer dans un monde nouveau.

### Les cristaux

En cristallographie, les minéralogistes ont été amenés à considérer chaque emplacement de molécules cristallines comme constituant un point qui, par juxtaposition avec les points analogues provenant des molécules voisines, donne un réseau cristallin. Ces réseaux indéfinis, qui se reproduisent périodiquement, se répartissent, lorsqu'on les classe suivant leurs symétries, en

sentation connue en géométrie sous le nom de projection stéréographique représente les symétries d'un cristal en partant des traces des axes ou des plans de symétrie sur une sphère ayant pour centre le centre du cristal. On transforme ensuite la figure à l'aide d'une projection stéréographique.

Nous avons indiqué comme application de cette méthode, ce qu'elle donne pour des cristaux de quartz, de tourmaline ou de calcite (fig. 10).

De telles notations sont particulièrement utiles

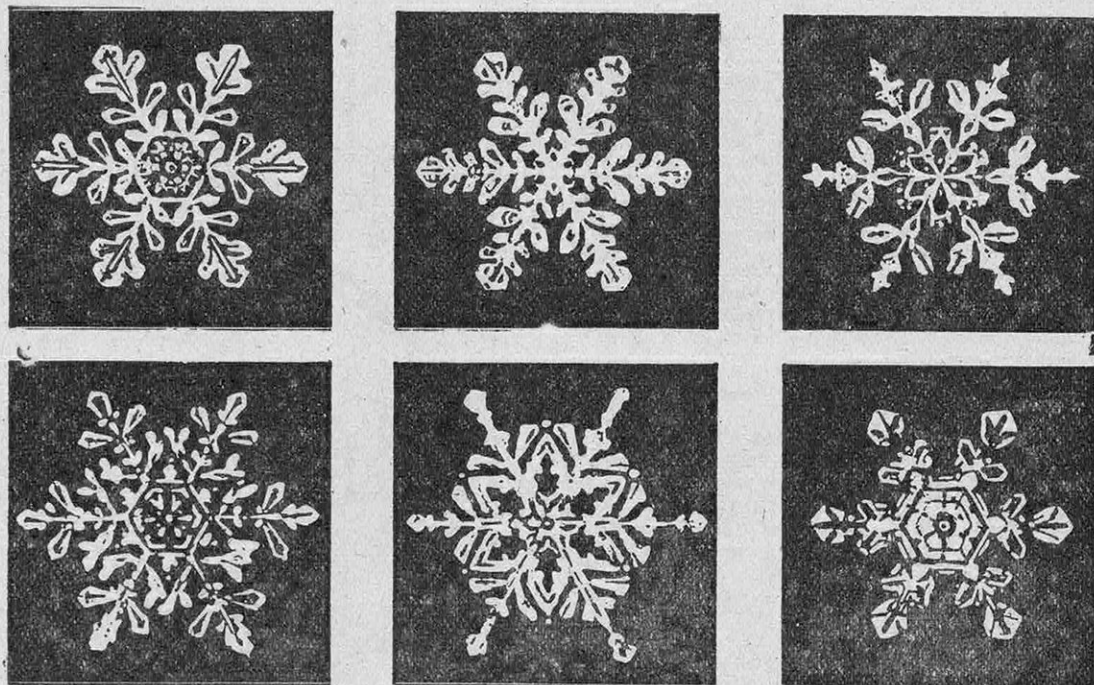


FIG. 5. — LA VARIÉTÉ DES CRISTAUX DE NEIGE (W.-A. BENTHLEY)

*Ces formes des cristaux de neige sont prises parmi des milliers de formes possibles. On remarquera sur chacune d'elles la symétrie hexagonale qui les caractérise. Un même motif reproduit douze fois et qui semble pouvoir être pris au hasard donne à l'aide de symétries convenables cet aspect si régulier.*

quatorze types définis par Bravais; de là peuvent se déduire toutes les formes des cristaux, si complexes qu'elles puissent paraître au premier abord (fig. 9).

Lorsqu'on compare les formes des polyèdres simples ou des corps analogues que peut bâtir le géomètre avec celles des cristaux existant dans la nature, on est frappé, malgré l'immense variété de polyèdres que l'on obtient ainsi, d'une différence essentielle qu'il est important de mettre en lumière : l'absence de pentagones réguliers et de toutes les formes pentamères qui en découlent dans l'étude des cristaux. Cela tient au fond, soit dit en passant, à ce que les formes cristallines dépendent d'une loi de Haüy, appelée souvent loi des indices rationnels.

### La notation de Gadolin

Disons encore au sujet des symétries si complexes des formes cristallines qu'il y a toute une technique des symétries et de leurs notations.

C'est ainsi que Gadolin, à l'aide de la repré-

pour l'étude des symétries dans la diffraction des rayons X à travers des lames cristallines à faces parallèles, de direction axiale connue, ou comme l'on dit pour l'étude des radiogrammes correspondants, auxquels on applique la même méthode de projection stéréographique.

Nous ne voulons pas quitter le domaine des formes cristallines sans signaler au passage, et nous aurons occasion de revenir sur ce point à propos des dissymétries, les formes énantiomorphes. On appelle ainsi deux formes cristallines dont l'une est l'image de l'autre dans un miroir plan et qui ne sont pas superposables (fig. 11).

### Les symétries dans le monde vivant

Nous allons trouver de profondes dissemblances entre les symétries du monde inanimé des cristaux et celui du monde vivant des végétaux et des animaux.

Qu'il soit bien entendu ici qu'au moins en général, il ne faudra pas prendre ce mot de symétrie dans un sens très rigoureux. Si le fond des ruches hexagonales d'abeilles est formé

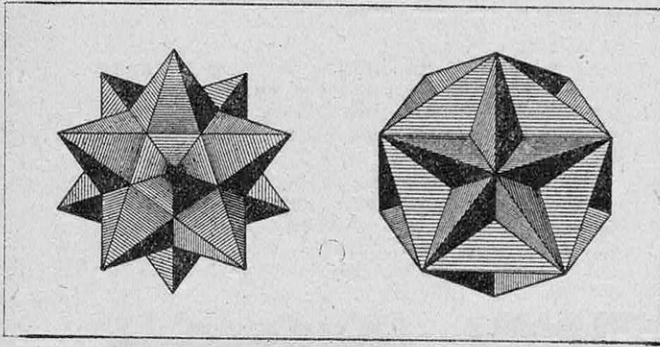


FIG. 6. — DODÉCAÈDRES RÉGULIERS DE TROISIÈME ESPÈCE

Dans les polyèdres réguliers étoilés, on considère les plans qui, pris en aussi petit nombre que possible, les limitent. Les pyramides ayant pour base les faces situées dans de tels plans découpent dans une sphère concentrique des polygones sphériques qui, juxtaposés, recouvrent un certain nombre de fois cette sphère. Ce nombre constitue l'espèce. On a ici deux dodécaèdres réguliers étoilés, c'est-à-dire polyèdres à 12 faces, qui sont de troisième espèce, car les polygones sphériques dont nous venons de parler recouvriraient trois fois la sphère. Ils se distinguent l'un de l'autre en ce que le premier a ses faces qui sont étoilées, le second a ses faces qui sont convexes.

de trois losanges dont l'angle est presque exactement de  $109^{\circ} 28' 16''$ , comme l'indique la théorie mathématique, et si bien d'autres exemples aussi précis peuvent être ajoutés à celui-là, il n'en est pas moins vrai qu'en général les symétries n'ont pas cette netteté et cette précision que l'on trouve dans les cristaux : quand nous disons qu'une abeille a un plan de symétrie, qu'une fleur a cinq pétales identiques, qu'une feuille de chêne a un axe de symétrie, nous envisageons plutôt les formes idéales évoquées en nous par les aspects de ces êtres que la réalité.

Cette remarque étant faite, si nous examinons les infiniment petits, nous y trouvons des exemples de symétrie beaucoup plus compliqués que ce que nous offrent des êtres plus évolués. En particulier, les squelettes des radiolaires nous offrent des exemples de tous les polyèdres réguliers et même de polygones aussi compli-

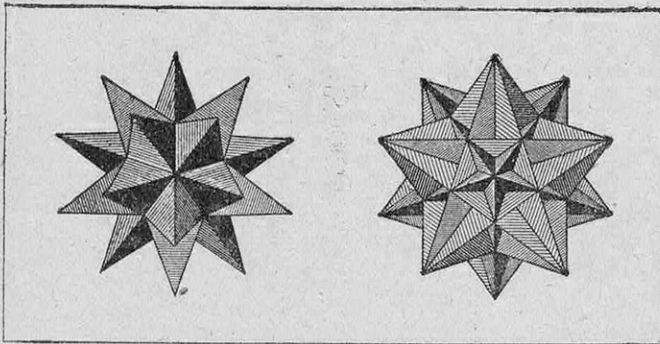


FIG. 7. — DODÉCAÈDRE ET ISOCAÈDRE DE SEPTIÈME ESPÈCE

De façon analogue à ce qui précède, on a ici un dodécaèdre (polyèdre à 12 faces) et un icosaèdre (polyèdre à 20 faces) qui sont ici tous deux de septième espèce, c'est-à-dire que les polygones sphériques que l'on pourrait définir à l'aide de leurs faces recouvriraient sept fois une sphère concentrique. Les symétries de ces divers polyèdres étoilés sont celles des polyèdres convexes qui ont le même nom.

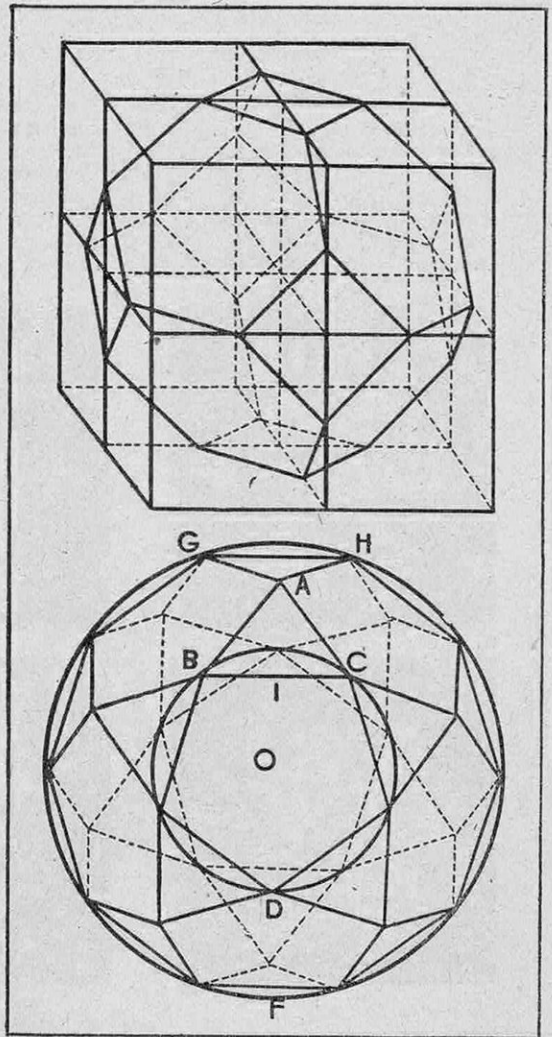


FIG. 8. — POLYÈDRES SEMI-RÉGULIERS

Le polyèdre supérieur représenté en perspective est le polyèdre de lord Kelvin. Il a été construit à partir de huit cubes juxtaposés. Les milieux de certaines de leurs arêtes donnent les sommets du polyèdre. C'est un des treize polyèdres archimédiens dont les faces sont des polygones réguliers appartenant à deux ou trois espèces différentes avec des angles solides tous superposables. De tous ces polyèdres, le polyèdre de lord Kelvin est le seul qui puisse, comme le cube, remplir tout l'espace par juxtaposition avec des polyèdres identiques. Le second polyèdre archimédien représente en projection orthogonale le triakontagone, dont les sommets sont les milieux des trente arêtes du dodécaèdre ou de l'icosaèdre. On a représenté sur la figure deux cercles qui mettent en évidence sur la projection orthogonale considérée un pentagone régulier et un décagone régulier.

qués que des enneagones; nous voilà déjà loin des hexagones que donnent les madrépores du corail ou les facettes de l'œil de la mouche (fig. 12, 13, 14, 15).

Si l'on s'élève dans la série animale ou végétale, on y trouve des symétries déjà moins compliquées. Cependant certaines cellules polliniques offrent des exemples d'axes ternaires ou sénaires, avec ou sans plan de symétrie (fig. 16).



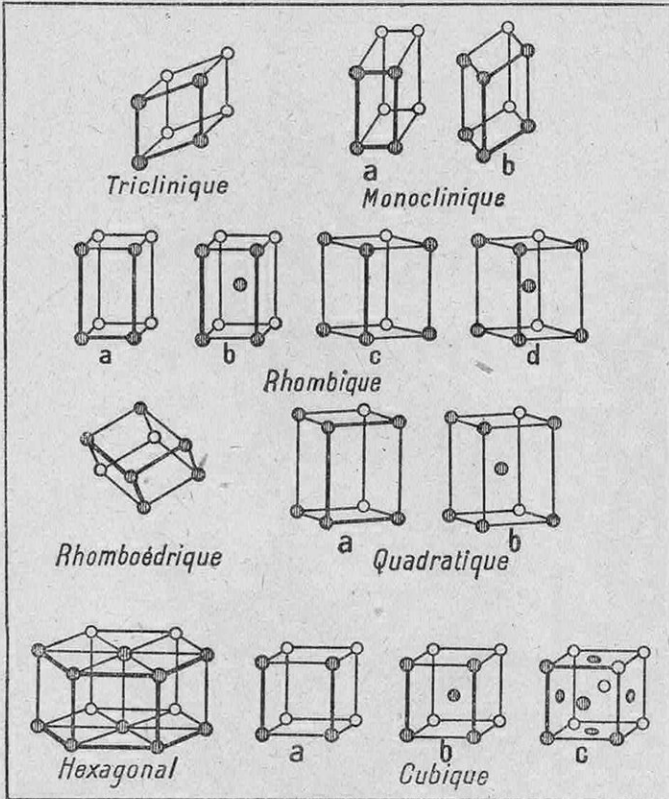


FIG. 9. — LES RÉSEAUX DE BRAVAIS

Il y a 14 réseaux, pour lesquels on a représenté les mailles possibles. On envisage parfois 7 systèmes classés d'après leurs symétries et 14 modes, car il y a plus d'arrangements possibles pour les ensembles de points qu'il n'y a de systèmes cristallins.

Certains fruits donnent des exemples analogues (fig. 17, 18). On y trouve souvent la symétrie quinaire, ou à base 5, inconnue comme nous l'avons dit dans le monde minéral (fig. 19). Ces symétries pentagonales, qui n'existent jamais dans les cristaux et semblent, par là, caractéristiques de la vie, sont extrêmement répandues dans le monde végétal et même dans le monde animal (fig. 20, 21, 22).

**La symétrie bilatérale**

Quant aux animaux supérieurs : insectes,

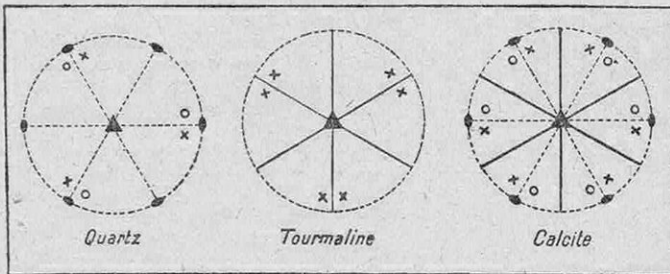


FIG. 10. — QUARTZ, TOURMALINE ET CALCITE. On a représenté d'après les notations de Gadolin les symétries de cristaux de quartz, tourmaline et calcite. Ces figures comportent des axes de symétrie divers.

poissons, oiseaux, mammifères, ils n'ont en général que la simple symétrie par rapport à un plan que l'on rencontre d'ailleurs dans beaucoup de feuilles ou de fleurs (fig. 23).

Si l'on veut chercher les raisons profondes de cette symétrie, on en est réduit à des hypothèses. On peut dire cependant que la plupart des êtres vivants inférieurs ou des végétaux sont sédentaires et qu'il peut être avantageux pour eux d'être en contact avec le monde extérieur dans le plus grand nombre possible de directions, d'où leur symétrie compliquée : symétrie à trois dimensions peut-on dire dans le cas des radiolaires, à deux dimensions dans celui des oursins ou des pétales de fleurs. Par contre, chez les animaux qui se meuvent librement, l'amélioration de la stabilité mécanique par rapport à la gravitation terrestre semble avoir été un facteur important dans leur développement bilatéral et la symétrie de leurs formes extérieures (fig. 24).

L'étude même des mouvements des petits animaux et de ce qu'on a appelé les tropisme, phototropisme, géotropisme, etc., semble être liée à la nécessité qu'éprouve l'animal à s'orienter symétriquement en présence des actions du monde extérieur. En ce qui con-

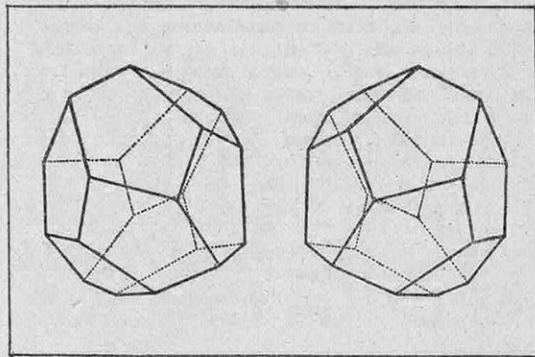


FIG. 11. — DEUX FORMES SYMÉTRIQUES PAR RAPPORT A UN PLAN NE SONT PAS SUPERPOSABLES

Il y a énantiomorphisme lorsqu'il existe deux formes différentes, images l'une de l'autre dans un miroir, et non superposables, quoique toutes les longueurs et tous les angles soient deux à deux égaux. La figure représente deux dodécédres trapézoïdaux énantiomorphes, le premier étant dit « droit » et le second « gauche ».

cerne l'homme, sa symétrie bilatérale est certainement à la base de toute notre compréhension géométrique du monde extérieur et probablement aussi de nos goûts esthétiques; on a remarqué depuis longtemps que les symétries à axe

vertical (ou les dissymétries) d'un monument, d'une montagne, d'une allée, d'un nuage nous frappent instantanément, tandis que, si même elle existe, la symétrie horizontale comme celle que donne une eau tranquille qui reflète un paysage passe en général complètement inaperçue.

**Formes géométriques naturelles**

A côté des formes symétriques se placent les courbes à définition plus ou moins géométrique que nous offre la morphologie, et en particulier les spirales. La liste des courbes remarquables qu'on rencontre ainsi chez les êtres vivants est déjà très longue; certains petits vers, en se déplaçant ou parfois en se détendant brusquement comme un ressort pour se transporter d'un endroit à un autre, ont des formes qui sont sans doute celles de ces courbes mathématiques qu'on appelle les élastiques; les vorticelles ont des formes d'onduloïdes, la forme que prend un œuf qui se fragmente en quatre autres en embryogénie est presque exactement celle d'une surface à courbure totale constante, certaines ombelles de méduses redonnent des formes de tourbillons et peut-être y a-t-il là une adaptation au milieu, tout comme dans les poissons à forme de veine inversée de Houssaye.

Il faut évidemment se méfier des erreurs qu'on peut commettre ainsi, de même qu'il ne faudrait pas croire que la forme que prend une corde à sauter soit celle d'une chaînette, ni que cette dernière courbe soit identique à une parabole; il ne faudrait pas affirmer trop hâtivement que telle ou telle forme naturelle reproduit telle ou telle courbe géométrique sans en être certain et dans un pareil domaine, mieux vaut être trop prudent que pas assez.

Il semble cependant que de nombreuses fibres placées sur des êtres vivants soient des géodésiques, lignes qui, tracées sur une surface, sont par définition les plus courts chemins; peut-être n'en est-il pas ainsi pour les vorticelles, mais c'est à peu près certain pour un muscle dont les stries doivent être des géodésiques sans quoi à l'usage elles se déplaceraient. On y trouve dans les parties cylindriques des stries hélicoïdales tournant dans des sens opposés; ces stries hélicoïdales servent de formes intermédiaires entre les deux cas limites que l'on trouve; les fibres striées transversales et les fibres lisses longitudinales. Les côtes ou cannelures des fruits mériteraient à ce même titre d'être étudiées :

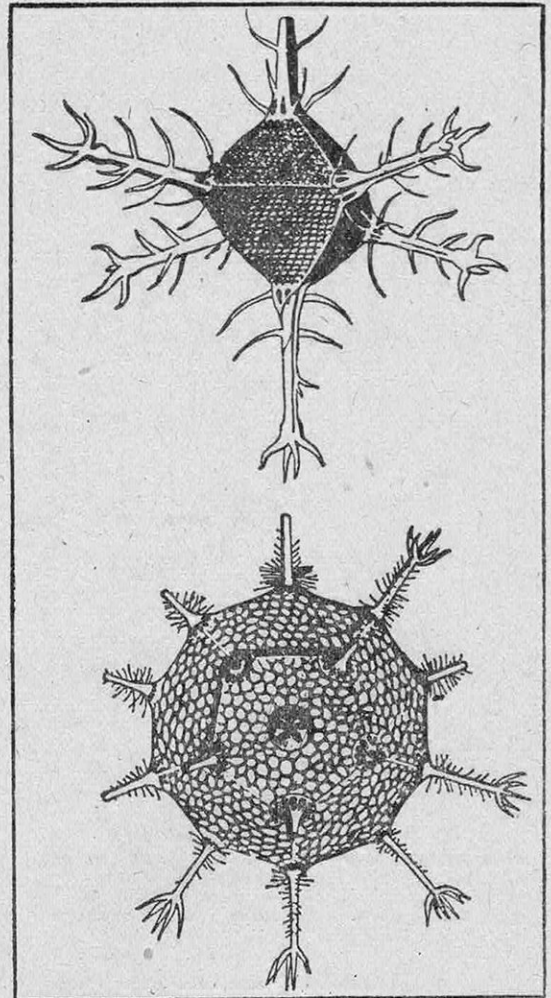


FIG. 13. — RADIOLAIRES AYANT DES FORMES D'OC-TAÈDRE ET DE DODÉCAÈDRE

Les squelettes de radiolaires donnent aussi des exemples de polyèdres réguliers. On reconnaît ici, en effet, tout au moins schématiquement, un octaèdre régulier (*Circoporus octahedrus*) et un dodécaèdre régulier (*Circorrhagma dodécahedra*).

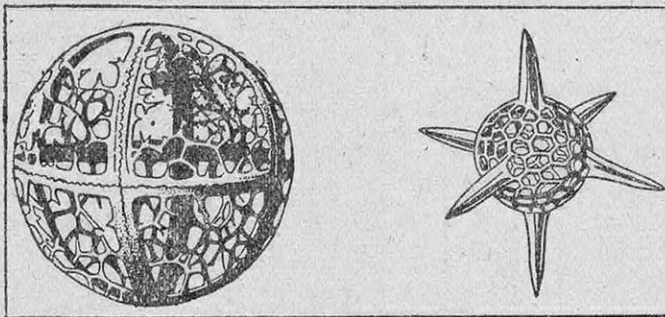


FIG. 12. — RADIOLAIRES (SPHÈRES)

La figure représente deux squelettes de radiolaires, d'après Haeckel. A gauche, on a une sphère avec ses trois grands cercles deux à deux rectangulaires (*Trissocyclus sphaeridium*), à droite une sphère avec des points correspondant à trois axes de coordonnées deux à deux rectangulaires (*Hexastylus triaxonium*).

dans le cas où elles sont dans un plan de symétrie, elles sont évidemment par cela même des lignes de courbure en même temps que des géodésiques.

Le cas des vorticelles, celui des hélices doubles qui s'entrecroisent à la surface des muscles ou des lignes de séparation qui creusent profondément la surface de certains coquillages, nous amènent à considérer comme l'ont fait longuement de nombreux auteurs et en particulier Matila C. Ghyka et Ed. Monod-Herzen les courbes hélicoïdales ou spirales si fréquentes dans la nature.

Si dans le cas des ocelles d'un paon (fig. 26) on semble être en présence de spirales d'Archimède, c'est à la spirale logarithmique,

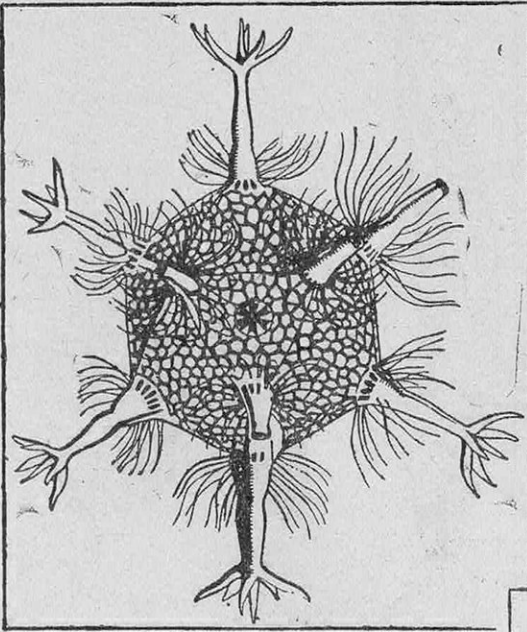


FIG. 14. — RADIOLAIRE EN FORME D'ICOSAÈDRE  
Cet autre squelette de radiolaire donne cette fois-ci un icosaèdre régulier (Circogonia icosahedra).

cette courbe de croissance harmonieuse, que l'on a habituellement affaire.

### Spirales logarithmiques

Ces courbes s'obtiennent par exemple en faisant tourner d'angles égaux des rayons vecteurs pivotant autour d'un point fixe et dont les longueurs sont les termes successifs d'une progression géométrique,

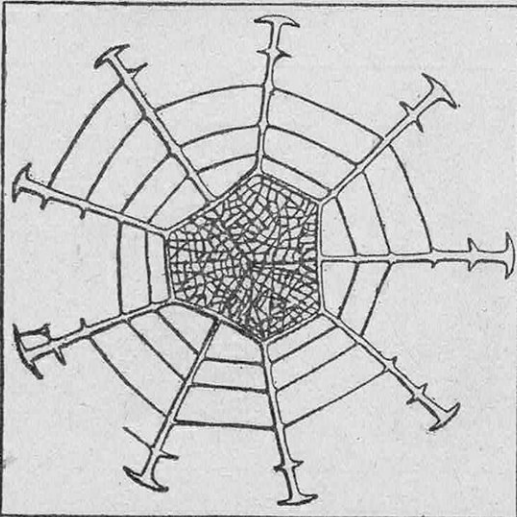


FIG. 15. — RADIOLAIRE (ENNEAGONE)

Ce dernier fragment d'un squelette de radiolaire, dû à Haeckel comme les précédents, donne un enneagone ou polygone de 9 côtés très réguliers (Sethoformis rotula).

à raison plus ou moins voisine de 1. Ce qui lui a fait donner le nom de courbe de croissance harmonieuse, c'est que l'on voit bien que l'animal dont la coquille dessine une spirale logarithmique s'agrandit par additions d'éléments géométriques semblables aux éléments antérieurement juxtaposés.

La spirale logarithmique a une propriété fondamentale et qui d'ailleurs suffit à la caractériser. Chaque rayon vecteur coupe une spirale quelconque sous un angle constant. De là résulte, soit dit en passant, que si l'on fait tourner une ou plusieurs spirales logarithmiques identiques et de même pôle autour de ce pôle commun, elles ont l'air d'aller s'épanouissant radialement à partir d'un centre commun, tout comme si elles s'agrandissaient par homothétie. De ce centre jaillissent ainsi intarissablement des spires qui grandissent jusqu'à se perdre aux bords du cadre. Si l'on fait tourner le dessin en sens inverse, on croit voir le centre aspirer continuellement des spires, qui, se rapetissant toujours par homothétie, viennent se fondre et disparaître inlassablement en ce point où elles s'évanouissent dans l'infiniment petit.

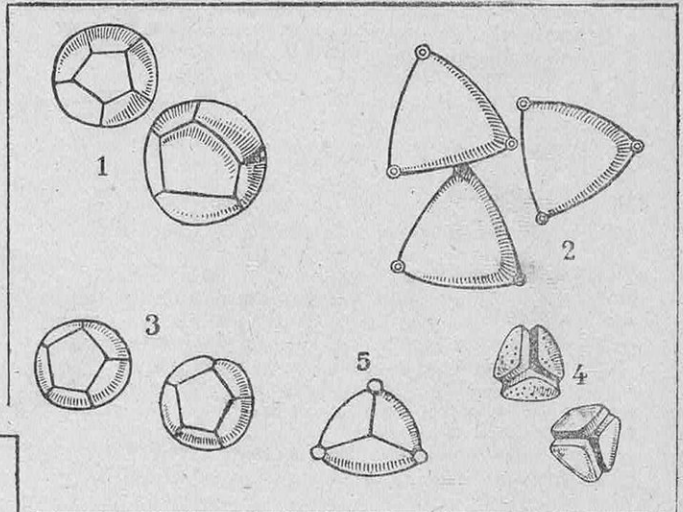


FIG. 16. — LES SYMÉTRIES DES CELLULES POLLINIQUES

Certaines cellules polliniques ont des symétries identiques à celles du tétraèdre ou du dodécaèdre régulier. On a représenté ici divers cas : 1. *Dianthus Cartusianorum*; 2. *Circea alpina*; 3. *Rivina humilis*; 4. *Lazula campestris*; 5. *Mastixea arborea*.

On a tiré de là de très beaux effets artistiques, en particulier dans certaines présentations de levers de rideaux cinématographiques ou même dans les danses serpentine de la Loie Fuller.

Abandonnons ce côté artistique de la spirale logarithmique et revenons à son utilisation dans le monde animal. Chaque spirale logarithmique peut être caractérisée par l'angle constant  $V$  de rencontre des rayons vecteurs et des spires.

Une immense partie de la croûte terrestre est formée de coquilles microscopiques qui sont des nummulites pour lesquelles l'angle caractéristique  $V$  dont nous venons de parler va décroissant petit à petit au fur et à mesure que l'évolution des formes se produit. C'est ainsi

que dans les nummulites les plus anciennes, on trouve des angles voisins de 90° tels que 89° 8; l'innombrable tribu des ammonites (fig. 27) donne des angles caractéristiques de 85° à 86°, tandis que les haliotis pervus donnent des angles inférieurs à 80° et même chez les haliotis splendens, on trouve 60° seulement.

A ces spirales planes correspondent les spirales gauches, ou surfaces spirales, que l'on trouve chez des ammonites, des nautilus, des buccins, des littorines, ou même de vulgaires escargots. Il n'est pas jusqu'aux cornes de nos ruminants, que leur axe soit plan ou gauche, qui ne portent des spirales très nettement tracées; les formes de ces cornes ont parfois été considérées comme identiques à certaines enveloppes de sphères à rayons décroissants.

**Le Nombre d'Or**

Les spirales logarithmiques se retrouvent d'une façon évidente dans les capitules de fleurs et ici il nous faut dire quelques mots d'une suite bizarre qui semble jouer un grand rôle dans toutes ces questions : la suite de Fibonacci. Elle est formée des nombres 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, etc., dont chacun est la somme des deux qui le précèdent. Fibonacci l'avait obtenue en traitant un problème concernant la fécondité des cou-

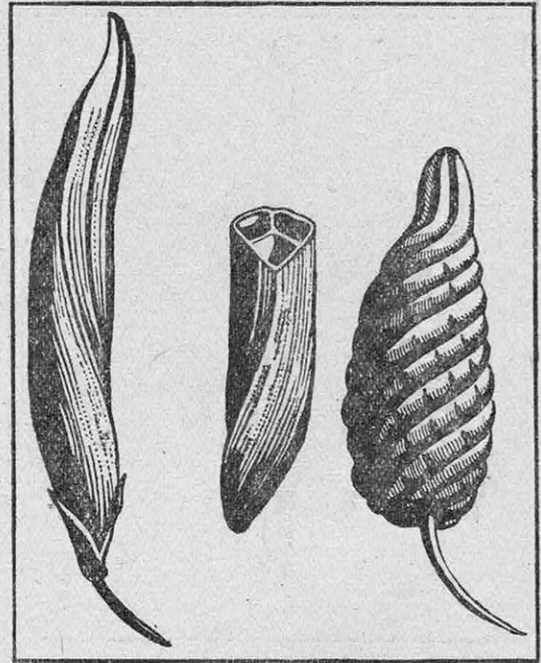


FIG. 18. — FORMES VÉGÉTALES APPARTENANT A UN GROUPE CYCLIQUE

On appelle ainsi les groupes dans lesquels on trouve la possibilité de faire coïncider le corps avec lui-même après rotation sans qu'il y ait de plan de symétrie. Le fruit considéré et son image dans une glace seraient enantiomorphes et par suite non superposables. Les angles de rotation sont ici de 120° (Chlamydia tenacissima) et de 72° (Helicteres baruensis).

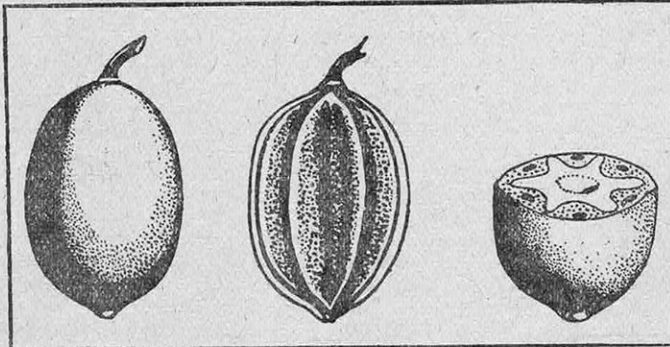


FIG. 17. — UN FRUIT OFFRANT UNE SYMÉTRIE SENAIRE

Les symétries à base 6 de ce fruit sont évidentes : une rotation de 60° autour de son axe amène chaque compartiment à se substituer au voisin. Il y a en outre 6 plans de symétrie.

ples de lapins, pour lequel il supposait qu'au bout d'un certain temps, les petits donnaient à leur tour naissance à d'autres. Cette suite de Fibonacci est liée d'une façon très étroite au nombre  $\sqrt{5}$  que nous avons déjà rencontré à propos du pentagone régulier. C'est ainsi que le rapport de deux termes consécutifs de cette suite est alternativement plus grand ou plus petit que le nombre  $\frac{\sqrt{5} + 1}{2} = 1,618$ , et tend

vers lui. Ce nombre, connu des mathématiciens parce qu'on le rencontre quand on partage un segment en moyenne et extrême raison, est appelé le « Nombre d'Or ». Il a des propriétés curieuses et variées qu'il est inutile d'énumérer ici. Certains auteurs, tels que Matila C. Ghyka lui attribuent une importance considérable dans l'étude de l'harmonie des proportions et citent en sa faveur de très mul-

tiples faits, tels que le suivant : si l'on donne à trier à différentes personnes des cartons rectangulaires de dimensions différentes en

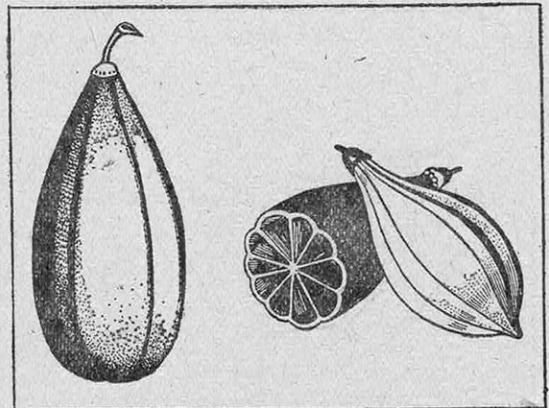


FIG. 19. — FRUITS OFFRANT UNE SYMÉTRIE QUINTAIRE

Les symétries à base 5 de ces fruits sont évidentes : une rotation de 72°, ou même dans le second cas de 36°, amène chaque compartiment à se substituer au voisin. Il y a en outre 5 (Ceiba pentandra) ou 10 plans de symétrie (Adansonia Baobab).

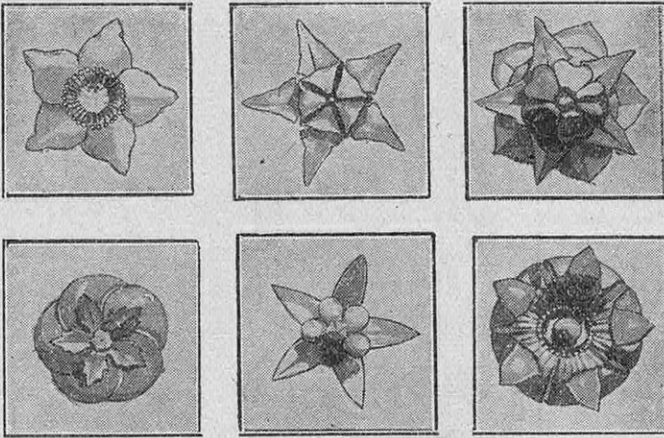


FIG. 20. — LES FLEURS PENTAMÈRES

La liste des plantes dont les fleurs présentent les symétries du pentagone régulier pourrait s'allonger indéfiniment. En voici quelques exemples : nénuphar jaune, églantine, aubépine, ceillet, géranium, ancolie, guimauve, seringa, primevère, ellébore, campanule, fleurs du poirier, du pommier, du cerisier, du fraisier, etc...

leur demandant de choisir ceux qui leur paraissent les plus esthétiques, elles prennent toujours les rectangles dont le rapport de la longueur à la largeur est le plus voisin du nombre 1,618. Pour apporter dans ce débat une note un peu discordante, nous signalerons qu'un autre auteur, déjà cité lui aussi, Ed. Monod-Herzen, a signalé que les propriétés d'harmonie que l'on attribuait au nombre 1,618... (ou à son inverse qui vaut 0,618) proviennent peut-être

du nombre  $\frac{2}{\pi} = 0,636$  un peu différent du précédent, mais qui aurait l'avantage de se rattacher aux phénomènes sinusoidaux, car, pour une demi-spire de sinusode, c'est le rapport de la largeur à la longueur.

**La suite de Fibonacci dans la nature**

Sans nous prononcer sur une question aussi difficile à trancher, citons un fait. La suite de Fibonacci se rencontre, comme nous allons le voir, d'une façon constante dans certains phénomènes naturels : formes de capitules de fleurs (grand soleil, par exemple), de pommes de pin, d'ananas, et aussi sans doute dans les phénomènes de phyllotaxie, c'est-à-dire de disposition des feuilles sur une tige.

Si l'on prend d'abord le cas des capitules de fleurs, on y voit nettement dessinés des spirales logarithmiques tournant dans un sens ou dans l'autre. Si l'on compte le nombre de spirales tournant dans l'un des sens, puis dans l'autre, on y trouve deux termes consécutifs de la suite de Fibonacci, par exemple : 13 et 21 pour des fleurs dégénérées, 34 et 55, ou même 89 et 144 pour les plantes normales, exceptionnellement 144 et 233. Le type 89-144 est le type à grand rendement recommandé pour les cultures; les pommes de pin donnent suivant les espèces et de façon constante 5-8 et 8-13 (fig. 28). Nous avons eu souvent l'occasion de le vérifier, par exemple dans la forêt de Fontainebleau. Il arrive quelquefois que ces nombres soient légèrement masqués : c'est

ainsi que le dipsacus pilosus donne 10 et 16, c'est-à-dire deux fois 5 et deux fois 8.

**La loi de Braun**

Ces phénomènes sont très souvent aussi nets en ce qui concerne la disposition des feuilles sur la tige des plantes (phyllotaxie). On appelle ici loi de divergence, ou loi de Braun, la loi angulaire suivant laquelle se répartissent les génératrices d'une tige qui porte les feuilles consécutives. Si l'on suit autour de la tige une hélice appelée parfois spirale foliaire, qui passe par les points d'insertion des feuilles, il arrive un moment où l'on retrouve une feuille située sur la génératrice parallèle à l'axe de la tige passant par le point d'insertion de la première feuille. Ici, le nombre de feuilles rencontrées étant n et le nombre de tours effectués étant p, le rapport  $\frac{p}{n}$  ex-

prime la divergence. Les divergences les plus fréquentes sont formées encore une fois à l'aide de termes souvent consécutifs de la suite de Fibonacci :

1	1	2	3	5	8	13	21
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{13}$	$\frac{8}{21}$	$\frac{13}{34}$	$\frac{21}{55}$

On appelle habituellement « parastichies » les courbes que l'on obtient en suivant ainsi les éléments voisins, par exemple les hélices passant par les bases de feuilles ou les spirales

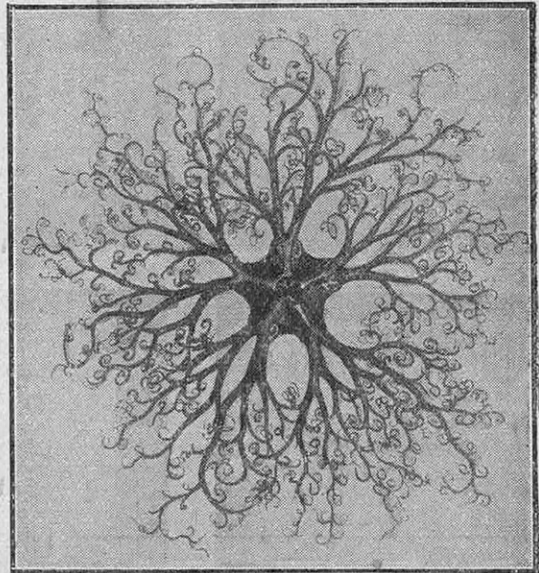


FIG. 21. — L'ASTROPHYTE VERRUQUEUX, ÉTOILE DE MER CURIEUSEMENT RAMIFIÉE

Chez certaines Etoiles de mer, appelées astrophytes, il y a des bras qui se subdivisent en deux ou trois rameaux qui émettent des ramuscules plus ou moins nombreux très fins et très contournés. Dans un individu, on a compté 81 920 ramifications. Il y a ici une symétrie pentagonale très accusée.

passant par les écailles d'une pomme de pin. On appelle « orthostichies » les génératrices d'une tige cylindrique qui passent par des bases de feuilles. Si l'on développe la surface latérale de la tige, on trouve ainsi des familles de lignes droites qui s'entrecroisent différemment suivant le choix des parastichies qui ont été suivies. Le cas de la pomme de pin est particulièrement intéressant, puisqu'il montre, de façon simple, le raccordement de la spirale logarithmique correspondant au tracé sur une surface plane, avec les hélices correspondant au tracé sur un cylindre. Des études mathématiques ont montré qu'il y avait là une explication assez logique de la façon dont se transforme mécaniquement la disposition en spirales logarithmiques des parastichies à la pointe terminale du bourgeon, avec la disposition en hélices, la tige étant en quelque sorte le prolongement indéfini de son bourgeon, tout comme, pour un obus qui s'avance dans l'atmosphère en tournant, les filets d'air qu'il laisse dans son sillage sont le prolongement naturel indéfini de ceux que forme le tourbillon créé par sa pointe.

Il faut signaler ici que certains auteurs s'élèvent contre les théories de Bravais et de Braun et soutiennent que jamais une feuille ne se trouve exactement au-dessus d'une autre, comme Bravais l'avait constaté dans quelques cas exceptionnels. Quant aux raisons expliquant ces diverses propriétés, on n'en connaît guère de décisives. On a cependant rattaché les formes de spirales à la formation du bourgeon et aux propriétés de croissance harmonieuse des spirales logarithmiques.

On a dit aussi que la loi des divergences de Braun qui conduit à des angles liés au

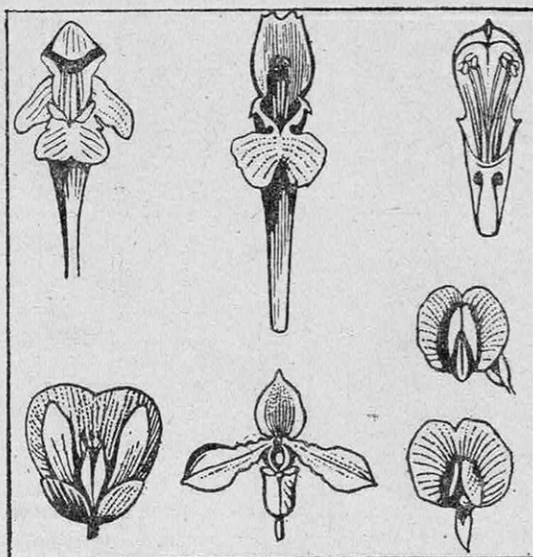


FIG. 23. — FLEURS A SYMÉTRIE BILATÉRALE

Cette symétrie est très répandue dans la nature et pour les feuilles (chêne, vigne, etc...) et pour les fleurs (papilionacées, orchidées, labiées, fumariacées, etc...).

Nombre d'Or correspondrait à la meilleure disposition des feuilles, de façon qu'en projection horizontale, chacune soit aussi distincte que possible des autres. Les diverses feuilles ne se recouvrant pas, la plante recevrait mieux les rayons du soleil, les courants d'air, etc., et aurait une vie végétale plus intense.

### Points d'interrogation

Si l'on réfléchit à toutes ces lois de morphologie, même en se bornant à de simples études géométriques, comme celles de la symétrie ou de l'arrangement arithmétique de certains éléments presque identiques les uns aux autres, tels que les écailles d'une pomme de pin ou les feuilles d'un arbre, on s'aperçoit que l'on a beaucoup à apprendre. Les raisons de la plupart de ces dispositions, le mystère de cette harmonie des choses sont loin d'être pénétrés. Pourquoi l'évolution des coquillages enroulés en forme de spirale se fait-elle dans un certain sens plutôt que dans un autre, comme nous l'avons dit à propos des nummulites? On pourrait ajouter de nombreuses remarques à celles-là. Pourquoi cette suite de Fibonacci et ce nombre  $\sqrt{5}$  dans la disposition spiralee des capitules ou en phyllotaxie? Pourquoi cette pentamérie si fréquente dans les formes vivantes et l'absence totale de toute symétrie pentagonale dans les formes cristallines? Pourquoi tout cela? On en est réduit à des conjectures. Il est curieux de constater sur ce dernier point combien sont éloignées les tendances du cristal et

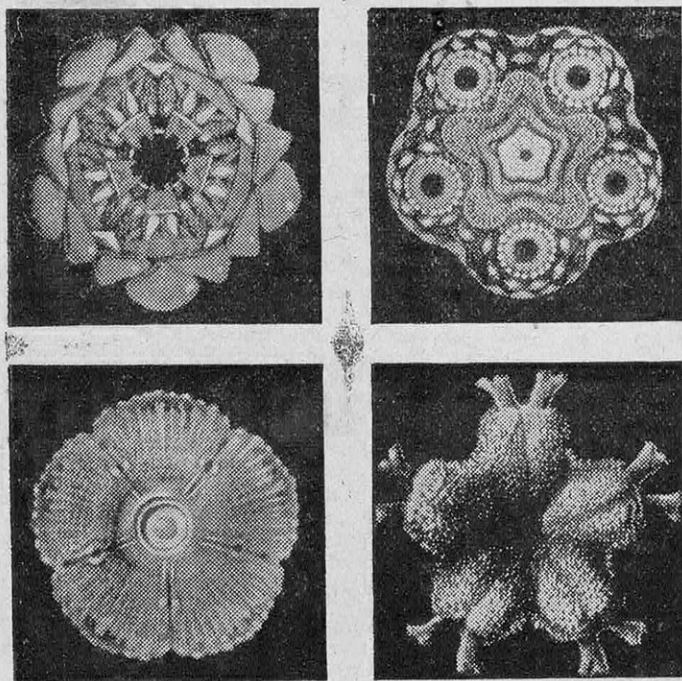


FIG. 22. — LES SYMÉTRIES A BASE 5 CHEZ LES ANIMAUX

Les organismes marins auxquels appartiennent les formes pentamères représentées ici ont très fréquemment cette symétrie du pentagone. L'exemple le plus banal est celui des astéries, appelées vulgairement étoiles de mer. On peut y ajouter les méduses, les crinoïdes, etc...

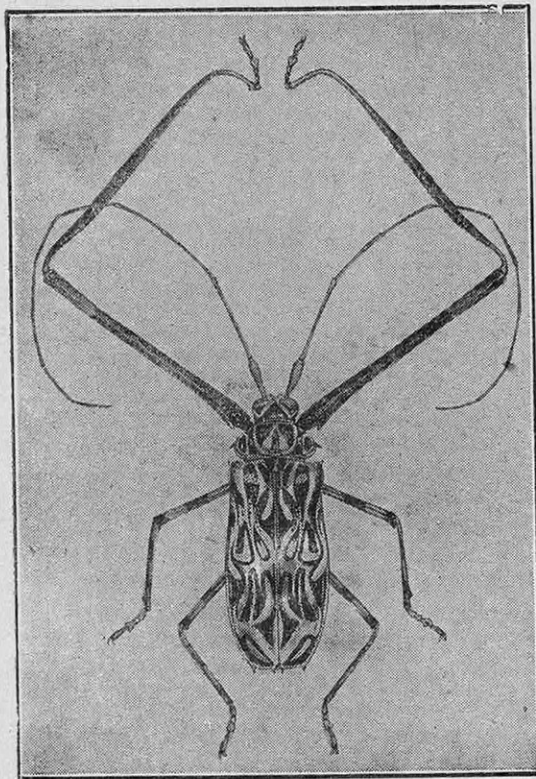


FIG. 24. — LA SYMÉTRIE BILATÉRALE CHEZ LES INSECTES : L'ACROCINE

Les coléoptères ainsi appelés renferment de beaux longicornes caractérisés par la longueur démesurée de leurs pattes antérieures. La figure représente l'acrociné aux longs bras ou acrosine longimane, appelé encore arlequin de Cayenne à cause des taches qui ornent ses élytres. Il offre un très bel exemple de symétrie bilatérale.

celles de l'être vivant et combien leur idéal — si l'on peut employer ce terme — paraît différent dans les deux cas.



### Les macles cristallins

On trouve en effet chez les cristaux une sorte de lutte te-

FIG. 25. — VIRGUAIRE ADMIRABLE

C'est un des plus beaux Polyptères de l'Océan. Deux séries d'ailes en demi-lune, obliquement horizontales, sont placées avec symétrie autour d'un axe étroit et léger, qu'elles embrassent alternativement. On dirait deux larges rubans enroulés en sens inverse, de manière à produire deux rampes opposées. Ces ailes sont un peu onduleuses, découpées et frangées et servent de logement à de jolis petits Polyptères qui montrent de temps en temps leur bouche béante et leurs barbillons étalés. Ils sont blanchâtres et semi-transparents et, quand ils épanouissent leurs rayons, ils ajoutent à la marge de chaque aile une bordure d'étoiles argentées.

nance pour acquérir une symétrie aussi grande que possible. Les macles, c'est-à-dire les assemblages de cristaux, montrent une fusion de deux ou plusieurs cristaux qui singe une symétrie supérieure à celle des éléments composants. C'est ainsi qu'un cristal de chrysoberyl ou aluminé de glucinium provient de la juxtaposition de trois autres cristaux qui introduisent un angle de  $60^{\circ}13'$  et, par suite, une symétrie presque hexagonale (fig. 31). Moins heureux, les cristaux de withérite n'ont pu arriver qu'à  $60^{\circ}12'$  par groupement d'individus à symétrie plus réduite. Quant à l'aragonite, c'est seulement un angle de  $63^{\circ}48'$  qui suffit à lui donner un aspect extérieur pseudo-hexagonal. La chaleur, en favorisant les remaniements intérieurs de tel assemblage cristallin, augmente ces pseudo-symétries qui évoquent étrangement le mimétisme animal, et dont la véritable raison est sans doute une tendance à une meilleure stabilisation mécanique de l'édifice moléculaire total.

Au contraire, les êtres vivants, plus ils évoluent, plus ils s'élèvent dans la voie de la perfection, plus ils fuient les symétries compliquées pour ne garder que la seule symétrie

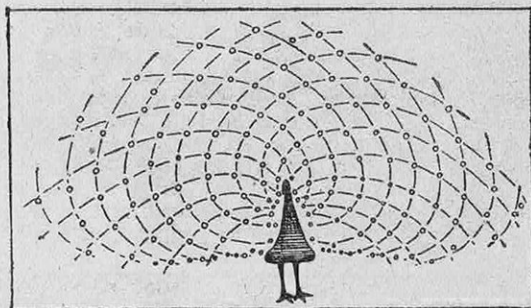


FIG. 26. — LES SPIRALES D'ARCHIMÈDE DES OCELLES DU PAON

Ce dessin représente schématiquement la disposition des ocelles, ou yeux, de la « roue » d'un paon. Les lignes qui les joignent montrent qu'on peut les considérer comme sensiblement disposés sur des spirales d'Archimède, courbe dont les spires successives sont constamment à la même « distance » les unes des autres.

d'un plan vertical; les exceptions à cette règle sont rares; nous citerons cependant les coraux préhistoriques à section carrée, comme le « tetracoralla », qui, disparus, ont été remplacés par des coraux octogonaux : « octacorallas ». A vrai dire, ces derniers ont perdu une partie de leur symétrie en devenant ultérieurement des coraux hexagonaux : « hexacorallas », et viennent par là redonner la loi générale.

Il convient de remarquer que, de temps à autre, des espèces probablement moins définitivement fixées que d'autres, prennent des formes régressives ayant une symétrie plus grande et, s'il ne s'agit que de cas tératologiques concernant des individus isolés, ils n'en sont pas moins caractéristiques. Telle est, par exemple, l'explication de ce qu'on appelle le « pelorium » c'est-à-dire une monstruosité florale qui, comme pour la digitale, redonne une fleur terminale avec symétrie pentagonale, et non plus simplement, comme d'habitude, un simple plan de symétrie (fig. 32). Ces peloria, assez nombreux, sont d'ailleurs, suivant les cas, de deux types différents : ou bien la partie trop

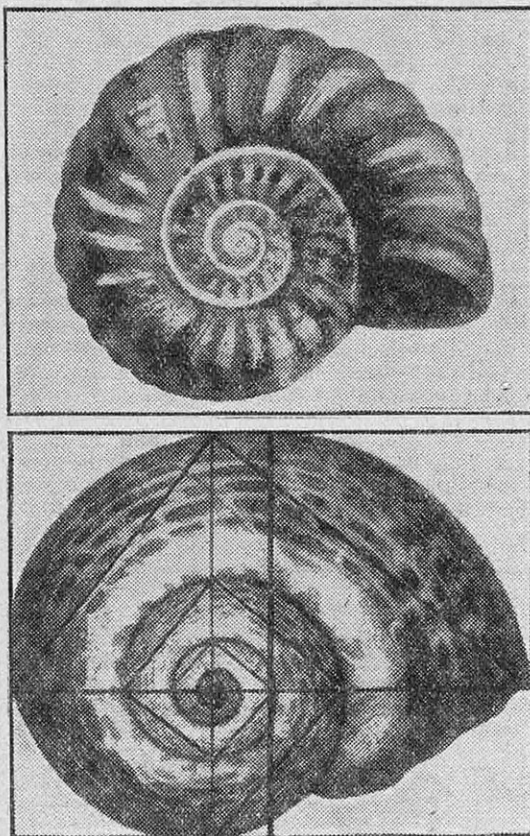
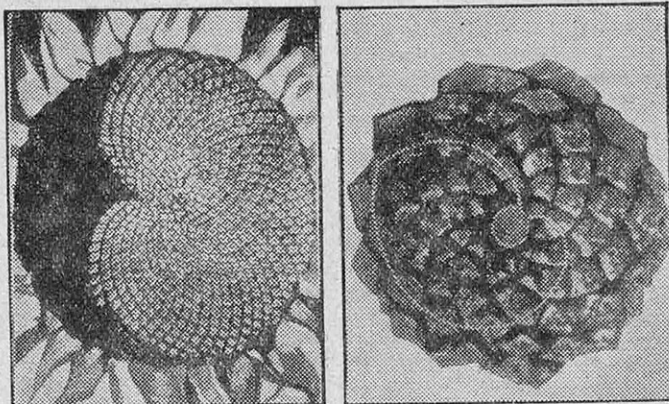


FIG. 27. — LA SPIRALE LOGARITHMIQUE DANS LE MONDE ANIMAL

Les ammonites donnent un exemple des spirales logarithmiques. La figure du haut concerne l'ammonite fossile *Ditusa labiatus*. L'angle caractéristique de cette ammonite, c'est-à-dire l'angle du rayon vecteur issu du centre avec la tangente à la courbe au point considéré est ici  $85^{\circ} 36'$ . La figure du bas donne la coquille du *Dolium Perdriz*, avec un angle caractéristique de  $81^{\circ} 22'$ . Un tracé directeur indiquant comment on peut faire commodément des mesures sur de telles coquilles donne une spirale carrée dont on peut relever les dimensions.



La partie quasi-plane de l'extrémité d'une pomme de pin, donnent des exemples de spirales logarithmiques. La figure représente à gauche une fleur de tournesol (*hélianthe*), sur laquelle on a enlevé une partie des fruits en capitule pour que l'on voie les deux familles de spirales qui s'entrecroisent, et sur la partie droite l'extrémité d'une pomme de pin où un tracé en pointillé montre également deux spirales logarithmiques appartenant à des familles différentes.

développée qui romprait la symétrie s'arrête dans sa croissance, ou bien, au contraire, ce sont les parties moins développées dont la formation se poursuit jusqu'à atteindre la dimension nécessaire pour retrouver la symétrie ancestrale.

### Les corps dissymétriques

Nous avons déjà eu occasion de dire à propos de l'enantiomorphisme qu'il existait des corps

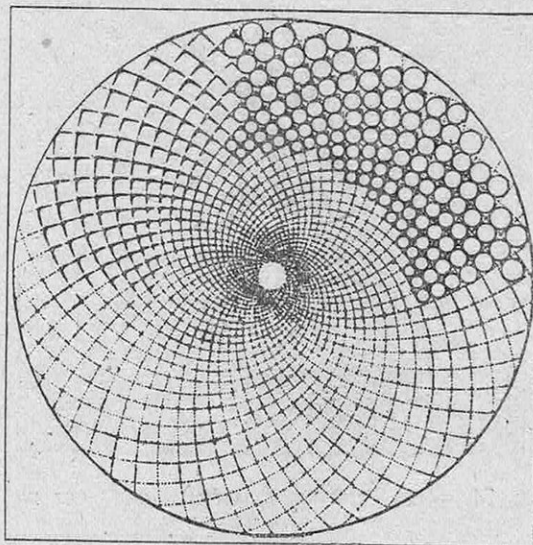


FIG. 29. — LA CONSTRUCTION DE CHURCH

Cette construction représentée schématiquement par la figure montre comment, par le tracé de deux familles de spirales logarithmiques, on peut former des sortes de cases en forme de petits carrés. Si dans chacun d'eux on inscrit un cercle, on obtient la configuration des fruits en capitule du tournesol.

deux à deux symétriques par rapport à un miroir. On trouve de nombreux exemples dans la nature de corps ayant des formes quasi-symétriques, mais cependant non rigoureusement symétriques, et laissant prévoir l'existence possible d'un autre corps, image spéculaire du premier, mais orienté autrement, comme le seraient une hélice dextrorsum et une hélice sinistrorsum, ou pour employer le langage des mécaniciens, une vis à droite et une vis à gauche.

Dans la plupart des cas et lorsqu'il s'agit de formes naturelles on ne trouve qu'une des deux seules formes possibles. C'est ainsi que les coquilles sénestres appartiennent en général à des individus monstrueux, quoique cependant la physe soit normalement sénestre. Le liseron, le haricot, le vo-

FIG. 28. — LA SPIRALE LOGARITHMIQUE DANS LE MONDE VÉGÉTAL

Les fleurs de tournesol, de grand soleil et bien d'autres, tout comme



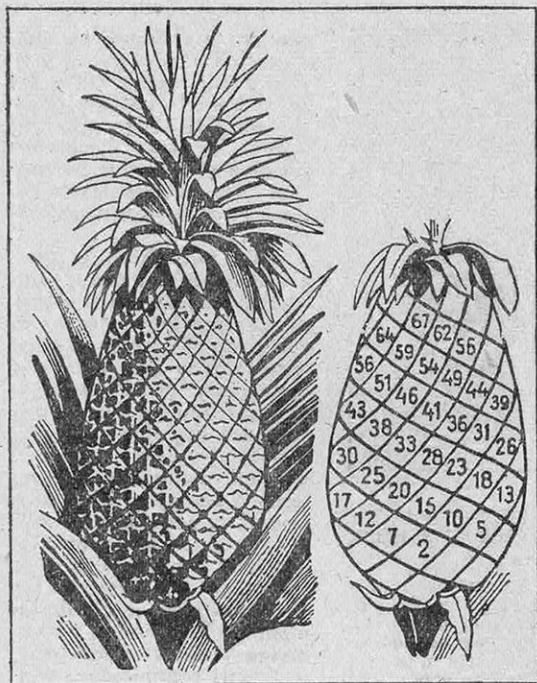


FIG. 30. — LES SPIRALES GAUCHES DE L'ANANAS  
Sur la partie renflée d'un ananas, on voit des écailles juxtaposées en forme de losanges, écailles qui dessinent deux spirales gauches, les unes correspondant aux numéros 2, 7, 12, 17, etc..., de la seconde figure ou 5, 10, 15, 20, 25, 30, etc..., et les autres aux numéros 2, 10, 18, 26... ou 7, 15, 23, 31, 39, etc...

lubilis s'enroulent habituellement dans le sens dextrorsum et à cause de cela sont dits parfois dextrovolubiles. On ne sait pas pourquoi, dans

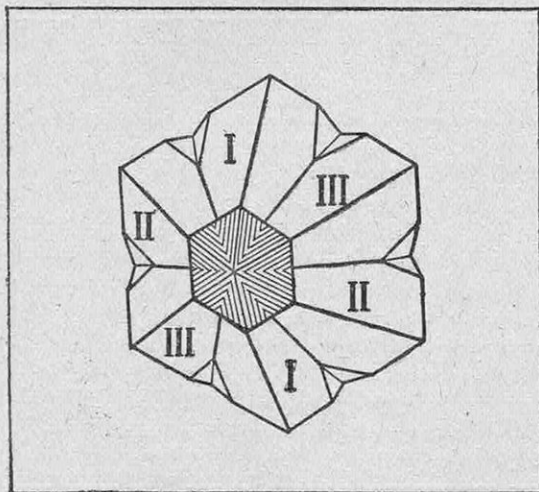


FIG. 31. — CRISTAUX ORTHORHOMBIQUES DE CHRYSOBÉRYL SIMULANT LA SYMÉTRIE HEXAGONALE

Ce minéral est orthorhombique. Trois individus se combinant en macle triple forment un complexe d'apparence hexagonale. Grâce à un développement convenable des individus composants, les angles rentrants s'effacent de plus en plus. Ils deviennent finalement imperceptibles et l'on obtient ainsi un individu dont l'aspect diffère vraiment très peu de celui d'un cristal vraiment hexagonal.

ces divers cas, il n'existe habituellement que l'une des deux formes possibles.

Citons encore le volvox globator, protiste remarquable parce qu'il a une structure essentiellement dextrogyre et qu'il est animé d'un mouvement de rotation à droite. On peut se demander s'il existe une relation entre les deux phénomènes.

Il serait intéressant, dit Jaeger, de découvrir un spécimen lévogyre de ce curieux genre de protiste pour vérifier s'il se déplacerait en sens inverse du volvox globator ordinaire. Sans doute et toujours en restant dans le monde des êtres vivants, faudrait-il rattacher à cette question celle des droitiers et des gauchers, sur laquelle on a déjà dit et écrit tant de choses, ou celle de la position dissymétrique de certains organes, comme celle du cœur qui est à gauche encore qu'il existe des cas, rarissimes il est vrai, d'hommes ayant eu le cœur à droite.



FIG. 32. — PELORIUM DE DIGITALE

Certaines plantes dont les fleurs ont une symétrie bilatérale produisent parfois subitement une fleur à symétrie plus compliquée, comme par un retour à une forme ancestrale. C'est le cas ici pour une digitale commune (digitalis purpurea monstrosa) qui donne un « pelorium » sous forme d'un bouton central pentagonal.

### Les dissymétries moléculaires

Mais c'est surtout dans le domaine de la chimie organique que ces phénomènes ont une importance considérable, et il faut bien ici évoquer les travaux de Pasteur sur la dissymétrie moléculaire.

Pasteur remarqua que les cristaux de l'acide tartrique avaient de petites facettes qui avaient échappé aux recherches approfondies de Mitscherlich et de la Provostaye. Ces facettes qui existaient seulement sur la moitié des arêtes ou des angles semblables constituaient ce qu'on appelle une hémiedrie. Lorsqu'on plaçait le cristal devant une glace, l'image qui apparaissait était une image non superposable au cristal. Après avoir constaté qu'il en était de même pour tous les cristaux de tartrate observés, il examina des cristaux de paratartrate et eut une vive déception en constatant que les facettes hémiedriques s'inclinaient tantôt à droite, tantôt à gauche.

Il eut alors l'idée de les séparer et de les étudier en lumière polarisée et trouva ainsi des corps dextrogyres, c'est-à-dire faisant tourner le plan de polarisation de la lumière vers la droite, et des corps lévogyres le faisant tourner vers la gauche.

Pasteur arriva ainsi à dédoubler l'acide ra-

cémique en deux qui sont l'acide tartrique droit et l'acide tartrique gauche et ont même composition chimique. Mais au début de ses recherches on ne connaissait que l'acide droit ou dextrogyre. L'acide racémique produit pour la première fois à Thann par suite d'un hasard passager dans la fabrication de l'acide tartrique avait brusquement cessé d'apparaître malgré toutes les tentatives faites de nouveau. Pasteur parcourut toute l'Europe à sa recherche puis parvint à le préparer artificiellement « Cette découverte, écrit-il, aura des conséquences incalculables. »

Il avait raison. De ces études de dissymétrie devait naître vingt ans plus tard une science nouvelle, conséquence directe de ses travaux : la stéréochimie ou chimie dans l'espace. Il voyait dans la dissymétrie moléculaire l'influence d'une grande cause cosmique : « L'Univers, disait-il un jour, est un ensemble dissymétrique. Je suis porté à croire que la vie, telle qu'elle se manifeste à nous, doit être fonction de la dissymétrie de l'Univers ou des conséquences qu'elle entraîne. L'Univers est dissymétrique : car on placerait devant une glace l'ensemble des corps qui composent le système solaire, se mouvant de leurs mouvements propres, que l'on aurait dans la glace une image non superposable à la réalité. Le mouvement même de la lumière solaire est dissymétrique. Jamais un rayon lumineux ne frappe en ligne droite et au repos la feuille où la vie végétale crée la

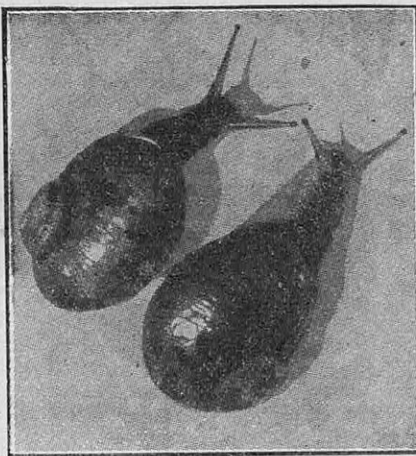


FIG. 33. — DEUX SPÉCIMENS « ÉNANTIO-MORPHES » D'UN ESCARGOT : « HÉLIX ASPERA »

*On voit ici, à droite, un spécimen normal d'Helix aspera, dont la coquille se développe en tournant vers la droite. La coquille du spécimen de gauche tourne vers la gauche. La découverte d'un tel escargot est rarissime : on n'en trouverait, paraît-il, pas plus d'un sur un million d'escargots normaux.*

matière organique. Le magnétisme terrestre, l'opposition qui existe entre les pôles boréal et austral dans un aimant, celle que nous offrent les deux électricités positive et négative ne sont que des résultantes d'actions et de mouvements dissymétriques ».

« La vie, disait-il aussi, est dominée par des actions dissymétriques. Je pressens même que toutes les espèces vivantes sont primordialement dans leur structure, dans leurs formes extérieures, des fonctions de la dissymétrie cosmique. »

Pasteur disait encore : « Quel monde se présenterait à nos yeux si de dextrogyre la cellulose devenait levogyre, et si l'albumine du sang était changée en substance dextrogyre ! » Un autre chimiste a dit également : « Un monde vivant, image spéculaire de celui que nous connaissons, semble être une fantaisie grotesque. »

Cette question si importante pour l'étude du plan architectural de l'Univers a inquiété et inquiète toujours un grand nombre de savants qui se demandent d'où peut venir la dissymétrie originelle. Quelques-uns semblent en avoir trouvé une raison dans l'orientation initiale du magnétisme terrestre, comme Pasteur l'avait pressenti, et par suite dans le sens même de rotation de la terre. Ce sens aurait décidé à son tour de l'orientation des édifices moléculaires et nous rendrait maintenant incompréhensible un monde où toutes les orientations seraient inversées par symétrie.

A. SAINTE-LAGÜE.

Les ultrasons sont, on le sait, des vibrations mécaniques de même nature que les sons, dont ils ne diffèrent que par une plus grande fréquence. A la différence des vibrations électromagnétiques, les ultrasons se propagent donc en tant qu'ébranlement de la matière, au sein de laquelle ils produisent des variations parfois considérables de la pression mécanique. C'est ce qui leur permet de donner naissance à divers phénomènes physiques, chimiques ou biologiques, dont certains sont susceptibles d'applications pratiques (1). C'est ainsi que H. Gehr et Th. Wedeking étudient actuellement l'action des ultrasons sur les molécules de graisses dont ils fragmentent les longues chaînes carbonées et augmentent ainsi la digestibilité, surtout dans le cas de la margarine. Selon les mêmes auteurs, on peut également utiliser les ultrasons en thérapeutique prophylactique, en débarrassant par leur moyen l'air de ses poussières dont l'importance dans la propagation des germes des maladies pulmonaires est capitale. Si l'on considère que les ultrasons constituent l'une des acquisitions les plus récentes de la physique, l'importance de celles de leurs applications que nous pouvons envisager dès à présent, dans le domaine médical en particulier, ne manque donc pas d'être prometteuse pour l'avenir.

(1) Voir : « Du quartz de Curie aux ultrasons » (*Science et Vie*, n° 308, avril 1943).

# COMMENT S'OPÈRE LA « DÉMAGNÉTISATION » DES AVIONS

par Paul LUCAS

*L'acier, à côté du bois, des alliages légers et des matières plastiques, joue aujourd'hui un rôle important dans la construction aéronautique. Les traitements thermiques et mécaniques que les pièces subissent au cours de leur élaboration laissent des traces souvent profondes et toujours irrégulières et instables dans l'état magnétique du métal, d'où résultent des déviations anormales de l'aiguille aimantée de la boussole de bord. La « démagnétisation » est une opération délicate et souvent indispensable pour que les équipages puissent se fier aux indications des compas magnétiques qui sont parfois leur unique guide lors des vols à très grande distance.*

## Les déviations anormales de la boussole

**L**E problème de la compensation des compas est familier aux marins. L'aiguille aimantée de la boussole qui les guide s'oriente sous l'action, non seulement du champ magnétique terrestre, mais aussi des champs magnétiques engendrés par les masses métalliques ferreuses plus ou moins voisines, et il en résulte, aux différents « caps » du navire, des déviations parfois considérables de l'aiguille aimantée par rapport au méridien magnétique. Pour réduire ces déviations, c'est-à-dire pour « compenser » le compas, on dispose dans la colonne d'habitacle des masses métalliques aimantées ou non, afin d'opposer à l'action directrice des fers du navire, classés en fers « durs » et en fers « doux », des actions égales, opposées et de même nature.

Le même problème se pose à bord d'un avion. Les métaux ferreux entrant dans sa construction, longerons, moteurs, plaques de blindage, etc., exercent une action perturbatrice sur les indications de la boussole de bord. Chaque pièce d'acier en particulier a un « passé » magnétique souvent insoupçonné qui la fait agir comme un véritable aimant permanent. Son magnétisme a pu lui être conféré par les opérations les plus variées : manutention des pièces par des électroaimants de levage, laminage ou étirage dans le champ terrestre, soudure électrique, contrôle magnétique de la fabrication, etc. En outre, le champ magnétique terrestre lui-même induit dans toute pièce ferromagnétique des pôles nord et sud qui agissent à leur tour sur l'aiguille aimantée.

Il est nécessaire, pour corriger ces actions perturbatrices, de relever et d'analyser avec précision la courbe donnant l'amplitude de la déviation de l'aiguille par rapport au méridien magnétique, en fonction du « cap », c'est-à-dire de l'angle que fait l'avion avec la direction de l'aiguille (1).

On met ainsi en évidence l'action des fers

(1) On relève ainsi les variations d'une fonction périodique qui, comme telle, peut être développée en série trigonométrique, dont on ne conserve que les

« durs » et « doux » que nous évoquions plus haut. Les figures 1 et 2 montrent tout d'abord l'influence du magnétisme permanent, c'est-à-dire des pôles dont la position ou le signe ne varient pas avec l'orientation de l'appareil. Les figures 3 et 4 au contraire se rapportent aux pôles passagers, induits par le magnétisme terrestre. Supposons en effet qu'une pièce de fer doux, tube d'échappement par exemple, soit placée dans la position nord-sud. Le champ terrestre induit dans la partie tournée vers le nord un pôle nord et inversement, un pôle sud dans la partie tournée vers le sud. Si l'on retourne alors la pièce, un pôle nord se trouvera induit là où se trouvait précédemment un pôle sud et inversement. L'action de ces pôles passagers s'exerce donc toujours dans le même sens sur l'aiguille aimantée quand l'appareil effectue une rotation de 180°. Il faut noter cependant que les pôles passagers induits dans les pièces verticales agissent comme des pôles permanents suivant le schéma des figures 1 et 2, les signes ne changeant pas dans la rotation de l'appareil autour d'un axe vertical.

## La « compensation » des compas

Comment peut-on éliminer les influences perturbatrices de ce magnétisme, tant passager que permanent? Deux méthodes s'offrent à nous : soit la compensation, soit la démagnétisation, cette dernière s'attaquant particulièrement à la cause même du mal.

La compensation est un procédé classique et bien connu. Elle consiste à combattre l'action des pôles permanents en déposant au voisinage du compas des aimants permanents convenables. De même, aux pôles passagers on oppose

deux premiers harmoniques, les autres pouvant être négligés. Cette série peut s'écrire :  
$$\alpha = A + B \sin z + C \cos z + D \sin 2z + E \cos 2z$$
 $\alpha$  étant la déviation,  $z$  l'angle que fait l'axe de l'avion avec la direction de l'aiguille et A, B, C, D, E, des coefficients numériques constants. Les termes  $B \sin z + C \cos z$  résultent de l'action des pôles permanents du bord,  $D \sin 2z + E \cos 2z$  de celle des pôles passagers, induits par le champ terrestre. Le terme constant résulte d'une installation défectueuse du compas ou d'une distribution asymétrique des masses ferromagnétiques.

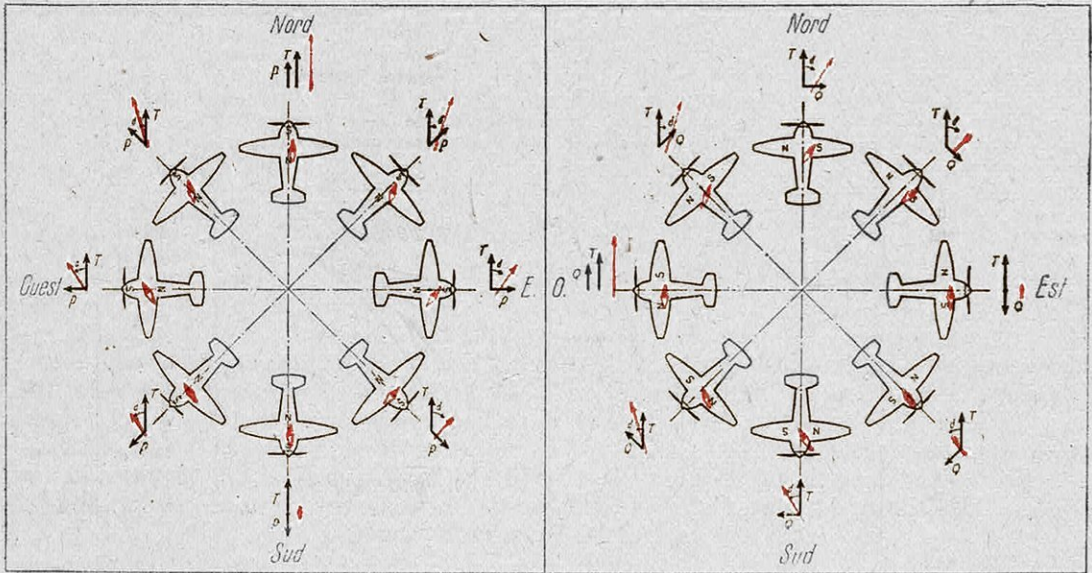


FIG. 1 ET 2. — LES DÉVIATIONS DE L'AIGUILLE AIMANTÉE A BORD D'UN AVION PORTANT DES PIÈCES AIMANTÉES, POUR LES DIFFÉRENTES DIRECTIONS DE VOL

La figure 1 illustre le cas particulier où les pièces aimantées exercent un champ magnétique exclusivement longitudinal, la figure 2, au contraire, concerne un champ exclusivement transversal. Dans la pratique, on observe une combinaison de ces deux cas extrêmes. Les flèches désignent : le champ terrestre T, le champ parasite (longitudinal P ou transversal Q), le champ résultant (en rouge). L'angle  $\alpha$  représente la déviation de l'aiguille de la boussole par rapport au méridien magnétique. L'aimantation passagère induite dans les pièces en fer doux présentes à bord par le champ magnétique terrestre produit des effets analogues lorsque ces pièces sont disposées verticalement.

ceux induits par le champ terrestre ou l'aiguille aimantée elle-même dans des masses de fer doux judicieusement placées. A vrai dire, l'encombrement et le poids de ce dernier dispositif

en interdit pratiquement l'emploi à bord des avions. Cependant, en prenant quelques précautions et en choisissant avec soin l'emplacement du compas, on parvient aisément à réduire

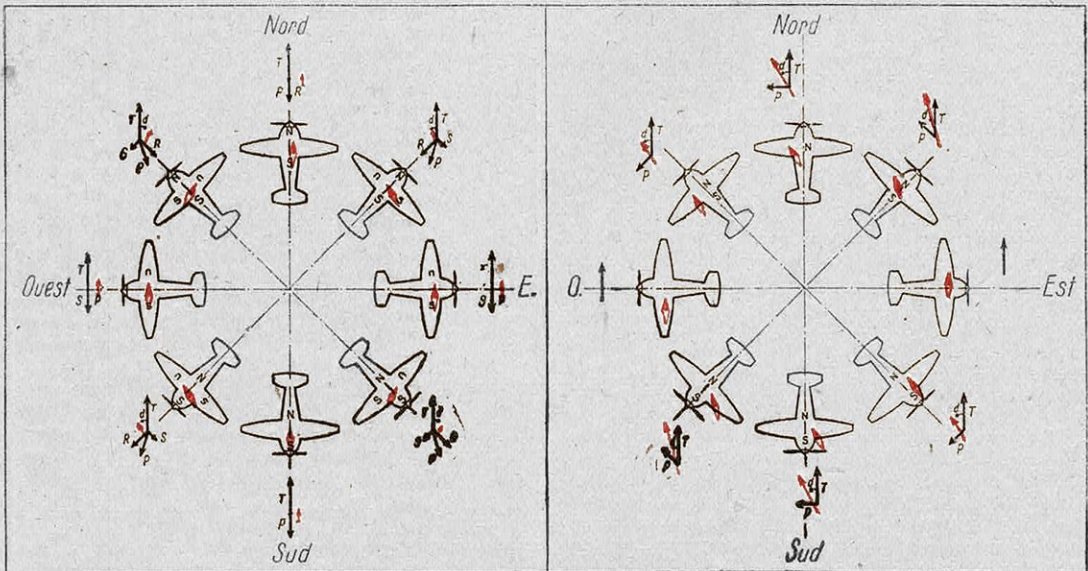


FIG. 3 ET 4. — DÉVIATIONS DE L'AIGUILLE AIMANTÉE PROVOQUÉES A BORD D'UN AVION PAR DES MASSES DE FER DOUX, POUR LES DIFFÉRENTS DIRECTIONS DE VOL

La figure 3 suppose que les masses de fer doux, s'aimantant par induction dans le champ terrestre, sont réparties symétriquement à bord, dans le plan de l'aiguille. La figure 4 suppose au contraire une dissymétrie dans cette répartition. Les flèches désignent comme précédemment : le champ terrestre T, le champ parasite P (résultante des deux champs composants R, dû aux masses longitudinales et S, dû aux masses transversales), le champ résultant total, en rouge. L'angle  $\alpha$  représente de même la déviation.

au minimum la déviation provoquée par le magnétisme passager.

L'emploi des aimants permanents permettrait théoriquement de compenser d'une manière satisfaisante des déviations considérables. En pratique une réserve s'impose car la stabilité de ce réglage délicat peut être compromise par divers facteurs, en particulier par des modifications souvent considérables qu'éprouve le magnétisme rémanent sous l'influence des vibrations. C'est pourquoi les procédés de compensation paraissent devoir être réservés à la correction des faibles déviations parasites. Pour les fortes déviations, il semble indispensable de recourir au procédé plus compliqué et plus coûteux de la démagnétisation.

**Le principe de la démagnétisation**

On sait que l'on peut considérer à certains points de vue le phénomène d'aimantation d'une pièce ferromagnétique comme l'orientation dans une direction privilégiée d'un grand nombre de petits aimants élémentaires préexistants dans le métal non aimanté, mais alors distribués

suivant les seules lois du hasard dans toutes les directions de l'espace. Ce phénomène d'orientation est en partie réversible, en partie irréversible, de sorte qu'à tout instant l'état magnétique du métal porte la trace de tous ses états antérieurs. Tout se passe comme si des frottements internes exerçaient un freinage plus ou moins intense s'opposant aux changements d'orientation des particules aimantées élémentaires. Si l'on se reporte à la représentation classique de la figure 5, qui donne l'intensité d'aimantation (plus exactement l'induction dans le métal) en fonction du champ magnétique extérieur, l'état magnétique d'un barreau de fer par exemple pourra être représenté par un point dont la position à l'intérieur du cycle dessiné sera fonction des états antérieurs

du barreau. La position du point représentatif n'est déterminée sans ambiguïté, pour une valeur déterminée du champ extérieur, que si ce dernier est appliqué à partir d'un état magnétique du barreau déjà parfaitement connu. C'est le cas pour les deux courbes limites qui correspondent à la saturation magnétique. C'est aussi le cas

pour la courbe 1 qui part de l'origine, pour laquelle l'état initial est la démagnétisation parfaite, correspondant à une distribution absolument quelconque de l'orientation de toutes les particules élémentaires.

Ce qu'il importe de noter, c'est que la partie irréversible du phénomène d'aimantation est à beaucoup d'égards instable et que l'aimantation qui en résulte est susceptible, pour une même valeur du champ extérieur, d'éprouver des modifications importantes.

En particulier, des chocs ou des vibrations peuvent réduire le freinage qui s'oppose aux changements d'orientation des aimants élémentaires. Ces vibrations sont évidemment intenses à bord des avions, surtout des avions de combat lors du tir des armes de bord.

On parvient en outre à faire disparaître l'effet du freinage en superposant, à un champ magnétisant constant un champ alternatif variable, dont on commence par porter l'amplitude à une valeur suffisante pour obtenir la saturation du barreau, pour la réduire ensuite progressivement jusqu'à zéro. Les points représentatifs des états ainsi obtenus se groupent alors sur la courbe 2 de la figure 5, que l'on pourrait appeler « courbe d'aimantation idéale ». On dispose ainsi, lorsque le champ extérieur est nul, d'un moyen pour réaliser l'état de démagnétisation parfaite.

Cet état de parfaite démagnétisation présente à bord des avions des avantages considérables. Tout d'abord, il rend inutile ou au moins réduit dans de grandes proportions, les disposi-

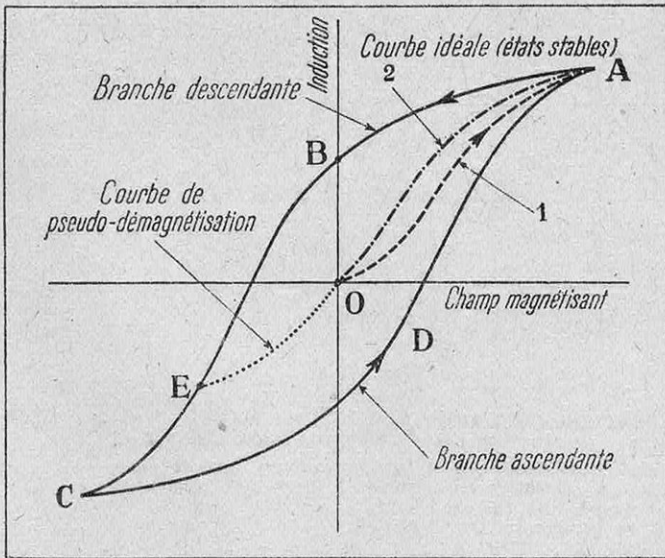
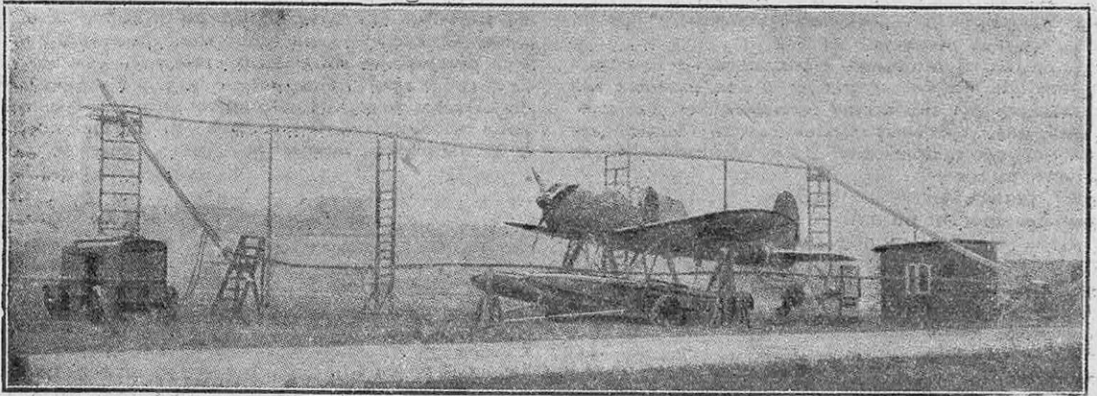


FIG. 5. — LE CYCLE CLASSIQUE D'HYTÉRÉSIS MAGNÉTIQUE

En abscisses de cette représentation schématique sont portées les valeurs du champ magnétisant; en ordonnées les valeurs correspondantes de l'induction dans le métal. Si l'on part d'un état de démagnétisation parfaite, représenté par le point O, et qu'on applique au métal des champs magnétisants croissants, le point figurant l'état magnétique du métal se déplace le long de la courbe 1, jusqu'au point A correspondant à la saturation magnétique. Lorsque le champ décroît alors puis s'inverse, le point figuratif, par suite de l'irréversibilité partielle du phénomène, décrit la branche supérieure A B jusqu'à ce que soit obtenue en C la saturation. Le champ décroissant et s'inversant à nouveau, la branche inférieure C D A est décrite à son tour, fermant ainsi le cycle. — La courbe 2 est une courbe d'aimantation « idéale » dont chaque point correspond à un état stable du métal atteint en soumettant ce dernier à des chocs répétés en très grand nombre, ou plus pratiquement à un champ magnétique alternatif tendant vers zéro, se superposant au champ magnétique porté en abscisses. Lorsque ce dernier est nul, on réalise une démagnétisation parfaite, le point figurant l'état revenant à l'origine — Supposons qu'ayant affaire à un métal à l'état B, c'est-à-dire à une induction égale à OB pour un champ extérieur nul, on applique un champ magnétique de valeur convenable pour atteindre l'état E, et qu'ensuite on annule progressivement ce champ. Le point figuratif décrit alors la ligne EO, partie d'un cycle d'hystérésis intérieur au premier. Dans ce cas, le point O ne correspond pas à un équilibre stable comme précédemment, mais en quelque sorte à un équilibre instable entre deux aimantations opposées.



T W 40072

FIG. 6. — VUE GÉNÉRALE DE L'INSTALLATION DE DÉMAGNÉTISATION D'UN HYDRAVION

Le champ magnétique terrestre est neutralisé pendant l'opération à l'aide des conducteurs horizontaux qui encadrent l'avion et dont le plan, normal à la direction du champ, est dirigé d'ouest en est et incliné de 23° sur l'horizontale. Ces conducteurs sont alimentés par le groupe générateur à courant continu et visible à gauche. L'appareil ici traité est un hydravion de reconnaissance Arado Ar 196

tifs correcteurs à base d'aimants permanents. D'autre part, il ne faut pas oublier que le champ magnétique terrestre induit dans toutes les pièces ferromagnétiques une aimantation, entièrement réversible et passagère quand il s'agit de fer doux, partiellement irréversible pour les aciers. Ce champ terrestre étant toujours très faible, le point représentant l'état du métal se déplace, pour une pièce démagnétisée, le long de la courbe 1, la moins inclinée sur l'horizontale. L'aimantation induite aura donc ainsi la valeur minimum. Le point représentatif s'élèvera au maximum jusqu'à la courbe idéale 2, dans les conditions les plus défavorables, c'est-à-dire lors de très fortes vibrations.

### La pseudo-démagnétisation

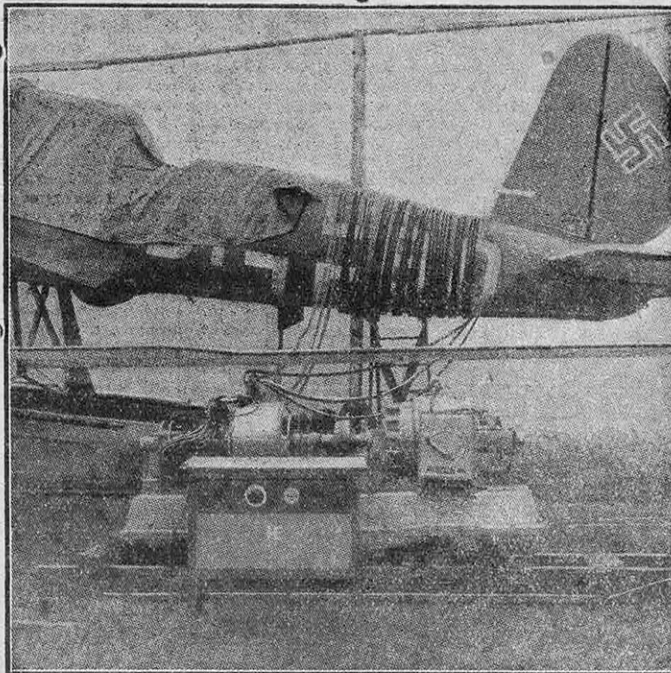
L'examen de la figure 5 suggère un autre procédé pour faire disparaître le magnétisme rémanent. Il consisterait à soumettre la pièce considérée à un champ magnétisant inverse d'intensité suffisante pour que, lorsqu'on le supprime, le point représentatif de l'état du métal revienne à l'origine.

Ce procédé a pour lui l'avantage de la simplicité, mais il

importe de remarquer que l'état du métal ainsi réalisé est fort éloigné d'être stable. On peut considérer en effet que l'action du champ soi-disant démagnétisant a pour effet de conférer à un certain nombre de particules aimantées élémentaires une aimantation inverse de celle qu'elles avaient précédemment. De sorte que si le point figuratif revient bien à l'origine, il traduit non pas un état de démagnétisation parfaite, mais un état d'équilibre entre des particules élémentaires disposées les unes dans un sens et les autres dans l'autre. Cet équilibre est instable, et lors de vibrations par exemple, le point figuratif se déplacerait le long de l'axe vertical d'une manière imprévisible.

### La démagnétisation des pièces ferromagnétiques

Des paragraphes précédents on déduit facilement les conditions à observer pour réaliser une démagnétisation parfaite. On soumettra les pièces à démagnétiser à l'action d'un champ alternatif dont on fera tendre l'intensité vers zéro, très progressivement. On aura soin de soustraire le métal à l'influence de tous les champs



T W 40073

FIG. 7. — LA DÉMAGNÉTISATION DE L'ARRIÈRE D'UN FUSELAGE, LOGEMENT DE LA BOUSSOLE-MÈRE

Au premier plan, le générateur à basse fréquence (une période par seconde), alimentant l'enroulement démagnétisant autour du fuselage. On remarquera les câbles horizontaux éliminant l'action du champ magnétique terrestre.

magnétiques possibles, en particulier à celles du champ magnétique terrestre, sous peine d'abou-tir, non pas à l'origine (fig. 5) mais bien au point de la courbe 2 correspondant à l'intensité de ces champs perturbateurs. L'amplitude initiale de l'intensité du champ alternatif sera choisie suffisamment élevée pour que la saturation soit atteinte. Elle devra au moins être plusieurs fois plus grande que l'intensité des champs magnétiques qui auront pu agir auparavant sur le métal.

Des essais ont montré qu'il était pratiquement impossible de traiter efficacement des pièces isolées sans les démonter car la présence de pièces voisines aimantées rend l'opération illusoire. On n'obtiendrait ainsi en définitive que de simples déplacements des pôles d'aimantation (1).

Au contraire, il est recommandé de traiter individuellement avant montage les pièces de fer ou d'acier dès que leur examen révèle la présence de magnétisme rémanent. L'alimentation des bobines de démagnétisation s'effectue à très basse fréquence, de l'ordre de 1 période par seconde, pour éviter de charger le réseau de distribution en énergie réactive. L'influence du champ terrestre est éliminée soit en la compensant, soit en orientant convenablement la pièce ou en la faisant tourner. Quand ses dimensions interdisent cette dernière solution, on emploie avantageusement une bobine dont

(1) Un tel procédé a cependant été préconisé aux Etats-Unis. Il consiste à traiter isolément les pièces reconnues aimantées en les soumettant, à un champ continu, de manière à ramener le point figuratif de l'état du métal à l'origine suivant la technique évoquée plus haut. Mais on soumet en outre ce métal pendant le traitement à un martellement qui, faisant disparaître en partie les effets de freinage interne, permettrait d'atteindre un état démagnétisé relativement stable.

l'axe est dirigé suivant la direction du champ terrestre, ce dernier étant compensé par un petit enroulement auxiliaire.

Il est cependant des cas où, malgré toutes les précautions, on s'aperçoit après montage qu'il subsiste des déviations parasites de la boussole. Il peut aussi se présenter qu'un appareil acquière un certain magnétisme rémanent après avoir traversé un orage, séjourné près d'une ligne de transport d'énergie électrique, etc. Force est alors de recourir à la démagnétisation de l'ensemble, ou tout au moins de la partie du fuselage où est logé le compas, soit la queue du fuselage pour la boussole-mère, soit la cabine pour la boussole de secours.

L'appareillage utilisé alors consiste en un générateur basse fréquence alimentant un câble que l'on enroule autour du fuselage. Le champ terrestre est neutralisé, d'abord en plaçant le fuselage perpendiculairement au méridien magnétique et ensuite en disposant deux câbles conducteurs dans le voisinage de l'appareil, ainsi qu'on le voit sur les figures 6 et 7. Le plan de ces deux câbles, parcourus par des courants égaux et de sens contraires (d'est en ouest pour celui qui est le plus près du sol) est normal à la direction du champ magnétique terrestre, c'est-à-dire est incliné d'environ 23° sur l'horizontale.

Cette démagnétisation d'ensemble n'apparaît pas indispensable pour la boussole de secours placée dans la cabine de pilotage. Il suffit généralement dans ce cas de compenser les déviations parasites restantes, de faible amplitude, au moyen d'aimants permanents. Mais elle est nécessaire pour la boussole-mère qui gouverne en particulier les dispositifs de pilotage automatique de plus en plus employés pour les vols à grande distance.

Paul LUCAS.

## LES A COTÉ DE LA SCIENCE

par V. RUBOR

### Un appareil simple pour la navigation aérienne

**P**OUR se diriger d'un point A vers un point B, un aviateur a besoin de déterminer un certain nombre de grandeurs, mesurées, soit avant le départ, soit en vol. Ainsi, à terre, le navigateur trouvera sur la carte l'angle que fait la direction AB avec le méridien du lieu, c'est-à-dire avec la direction du nord géographique : c'est la route « vraie », qu'il faut distinguer de la route « magnétique » et de la route « compas » (1).

(1) On sait, en effet, que, si la boussole donne normalement le nord magnétique, dont la direction diffère de celle du nord géographique d'un angle appelé déclinaison, sur l'avion, cette même

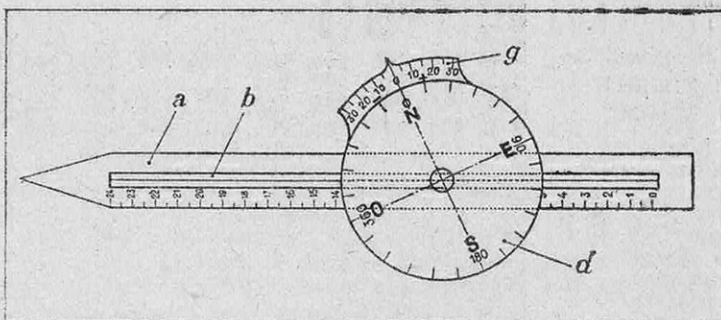


FIG. 1. — VUE D'ENSEMBLE DE LA RÉGLETTE DE NAVIGATION IMAGINÉE PAR M. MARTIN

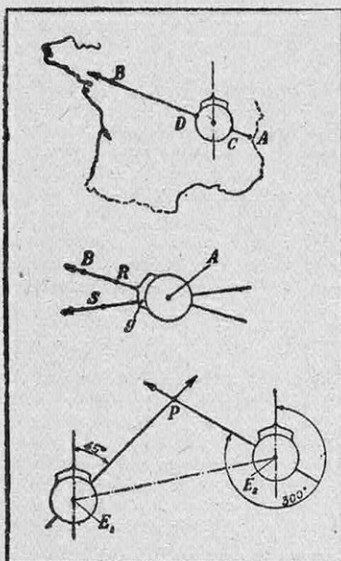
Au départ, l'axe de l'avion est dirigé de A vers B et les angles qu'il fait avec les trois nords sont les mêmes que ceux des trois routes. Au cours du vol, cet axe ne conserve pas une direction

boussole ou compas indique un troisième nord, car son aiguille aimantée est influencée par les masses métalliques de l'appareil.

immuable. On appelle « cap » l'angle formé par cet axe avec le nord. Il y a donc trois caps.

Le pilote utilise aussi le gisement (angle de la route AB avec l'axe de l'avion) et la dérive (angle de l'axe de l'avion avec la route qu'il suit « réellement »).

Voici comment, grâce à la réglette imaginée par M.



Jardin, ces diverses grandeurs peuvent être facilement déterminées sans appareil compliqué. Cet instrument se compose d'une règle « a » graduée, soit en cm soit à l'échelle des cartes utilisées, dans l'axe de laquelle est pratiquée une rainure « b » où peut coulisser l'axe « c » d'un cercle gradué « d » qui peut également pivoter autour de son axe « c » (fig. 1).

Pour se rendre par exem-

## FIG. 2. — COMMENT ON RÉSOUT DIVERS PROBLÈMES DE NAVIGATION AÉRIENNE AVEC LA RÉGLETTÉ

En haut, mesure du cap pour se diriger d'un point A à un point B : la ligne nord-sud du cercle gradué étant placée sur un méridien, on dirige la règle sur la ligne AB et on lit en C l'angle de cap. Au centre, mesure de la dérive en vol : la règle et la ligne NS du cercle étant sur AB, on repère sur la carte un point remarquable de cette ligne; en réalité, on survole un point S à cause de la dérive; la règle étant dirigée sur ce point, on lit sur la graduation extérieure du cercle la dérive cherchée. En bas, repérage par relevement radioélectrique : on utilise deux règlettes; en les plaçant sur la carte sur les positions des émetteurs entendus et en faisant faire aux règles les angles donnés par ces émetteurs, on trouve en P la situation de l'avion.

ple d'un point A à un point B, on détermine la route à suivre en plaçant l'appareil sur la carte comme indiqué sur la fig. 2 (en haut). On fait tourner le cercle, dont on a amené le centre sur un méridien, jusqu'à ce que sa ligne NS ( $0^{\circ} 180^{\circ}$ ) coïncide avec un méridien. On a ainsi le cap vrai, pour l'aller en C et pour le retour en D.

En vol, pour la mesure des dérives, on applique le centre du cercle rapporteur sur le point de départ A (fig. 2, au centre). On oriente la règle suivant AB et l'on fait

coïncider la ligne  $0^{\circ} 180^{\circ}$  du cercle avec cette direction. D'autre part, on choisit un point remarquable R que l'on devrait survoler sur la route AB. Par suite de la dérive, on survole en réalité un autre point S en dehors de la route AB. Par ce point S repéré sur la carte, on fait passer l'alidade de la règle sans déplacer le rapporteur. On lit sur une deuxième graduation « g » du cercle la valeur de l'angle de dérive. Cet angle sera à ajouter ou à retrancher suivant l'indication de l'instrument (+ ou -). En prenant le temps de passage au-dessus de S, on pourra du même coup calculer la vitesse de l'avion.

Il est facile avec cet appareil de tenir compte des relevements donnés par des radioémetteurs à terre dont on connaît la position géographique. On utilise pour cela deux règlettes comme indiqué fig. 2, en bas. Les centres des rapporteurs étant posés sur la carte sur les positions des émetteurs, on place les lignes  $0^{\circ} 180^{\circ}$  des cercles sur les méridiens de ces points et on fait tourner les règlettes des angles donnés par les émetteurs qui ont repéré l'avion. On a en P, intersection des règles, la situation de l'avion.

## NUMEROS DISPONIBLES

90, 104, 107, 114, 116, 129, 144, 166, 176, 189, 193, 200, 201, 204, 210, 213, 217, 222, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 240, 244, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 263, 264, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 282, 287, 288, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 312, 313, 314, 315.

Nous pouvons fournir à nos lecteurs :  
Tous les numéros, du n° 46 au n° 317.

SAUF :

Envoyer **exclusivement par chèque postal** au C.C. Postal Toulouse 184.05 :

— 10 francs par exemplaire commandé pour les numéros ordinaires;

— 20 francs pour les numéros spéciaux : 280, 284.

Nous nous réservons le droit de rembourser les lecteurs dont les commandes ne pourront être assurées, par suite de l'épuisement du stock.

**Pour être sûr de lire régulièrement SCIENCE ET VIE, abonnez-vous :**

	France	Etranger
Envois simplement affranchis.....	110 francs	200 francs
Envois recommandés.....	140 —	250 —

Tous les règlements doivent être effectués par chèque postal : 184.05 Toulouse. — Nous n'acceptons pas les timbres-poste.

Prière de joindre 3 francs pour les changements d'adresse.

La table générale des matières n° 1 à 186 (1913-1932) est expédiée franco contre 25 francs.



DEVENEZ  
CINÉASTE !

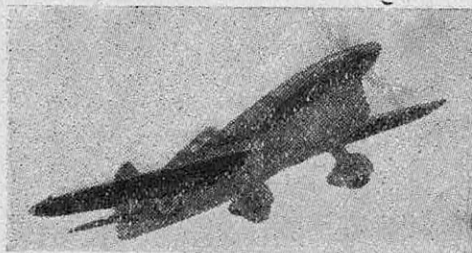
les Métiers  
du Cinéma  
par correspondance

Demandez notre documentation  
et le tableau synoptique de l'Indus-  
trie du Cinéma contre la somme  
de 10 francs pour tous frais à l'

**ÉCOLE TECHNIQUE DE CINÉMA**  
de FRANCE - PRODUCTIONS  
S. A. AU CAPITAL DE 8.000.000 DE FRANCS  
2 BOULEVARD VICTOR-HUGO - BUREAU 28  
NICE (A.-M.)

ÉCOLE TECHNIQUE DE  
**CINÉMA**

**JEUNES GENS !**



**SAVEZ-VOUS** que chaque avion moderne  
est une véritable centrale électrique ?

**SAVEZ-VOUS** que sa construction et son  
entretien exigent des milliers d'Electro-Techni-  
ciens qualifiés ?

**FAITES VOTRE CARRIÈRE  
DANS L'AVIATION**

Devenez rapidement CH F ÉLECTRO-TECHNI-  
CIEN d'Aviation, en suivant par correspondance  
les cours de l'

**ÉCOLE PROFESSIONNELLE  
SUPÉRIEURE** (Section Aviation)

51, Boulevard Magenta, PARIS (10<sup>e</sup>)

Demandez la documentation gratuite.

**JE N'AI QU'UN REGRET**

c'est de n'avoir pas connu plus tôt  
**L'ÉCOLE UNIVERSELLE**

Telle est la phrase qui se retrouve constam-  
ment sous la plume de milliers de correspondants  
dans des lettres touchantes où ils nous expriment  
en même temps que leur reconnaissance  
pour les services que leur a rendus l'École  
Universelle, leur admiration pour son enseigne-  
ment.

Épargnez-vous un pareil regret en vous ren-  
seignant dès aujourd'hui sur l'organisation de

**L'ÉCOLE UNIVERSELLE**  
par correspondance de Paris

Uniquement consacrée à l'enseignement  
par correspondance dont elle a porté les méthodes  
à leur perfection, elle vous permettra d'acquérir  
les connaissances générales et technique qui  
vous sont nécessaires pour subir un examen ou  
un concours, obtenir une situation que vous  
avez en vue, améliorer celle que vous possédez.

Pour cela demandez à l'École Universelle  
l'envoi gratuit de la brochure qui vous intéresse.

**BROCHURE L. 14.114.** — ENSEIGNEMENT  
PRIMAIRE : Classes complètes, depuis le  
cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur.  
Bourses, Brevets, C. A. P., etc.

**BROCHURE L. 14.115.** — ENSEIGNEMENT  
SECONDAIRE : Classes complètes depuis  
la onzième jusqu'à la classe de mathématiques  
spéciales incluse, Baccalauréats, etc.

**BROCHURE L. 14.116.** — ENSEIGNEMENT  
SUPERIEUR : Licences (Lettres, Sciences,  
Droit), Professeurs, Examens professionnels,  
etc.

**BROCHURE L. 14.117.** — GRANDES  
ÉCOLES SPÉCIALES.

**BROCHURE L. 14.118.** — CARRIÈRES  
DE L'INDUSTRIE, des MINES, et des  
TRAVAUX PUBLICS, etc.

**BROCHURE L. 14.119.** — CARRIÈRES DE  
L'AGRICULTURE et du GÉNIE RURAL,  
etc.

**BROCHURE L. 14.120.** — CARRIÈRES DU  
COMMERCE, de l'INDUSTRIE HOTE-  
LIÈRE, des ASSURANCES, de la BANQUE,  
de la BOURSE, etc.

**BROCHURE L. 14.121.** — ORTHOGRAPHE,  
RÉDACTION, VERIFICATION, CALCUL,  
DESSIN, ÉCRITURE.

**BROCHURE L. 14.122.** — LANGUES VI-  
VANTES, TOURISME (Interprète) etc.

**BROCHURE L. 14.123.** — AIR, MARINE :  
Pont, Machine, Commissariat, T. S. F., etc.

**BROCHURE L. 14.124.** — SECRETARIATS,  
BIBLIOTHÈQUES, etc.

**BROCHURE L. 14.125.** — ÉTUDES MUSI-  
CALES : Instruments, Professeurs, etc.

**BROCHURE L. 14.126.** — ARTS DU DES-  
SIN : Professeurs, Métiers d'Art, etc.

**BROCHURE L. 14.127.** — MÉTIERS DE LA  
COUPE, de la MODE, de la LINGERIE,  
de la BRODERIE, etc.

**BROCHURE L. 14.128.** — ARTS DE LA  
COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ  
etc.

**BROCHURE L. 14.129.** — CARRIÈRES DU  
CINÉMA.

**BROCHURE L. 14.130.** — TOUTES LES  
CARRIÈRES ADMINISTRATIVES.

Si vous souhaitez des renseignements ou des  
conseils spéciaux à votre cas, ils vous seront  
fournis très complets, à titre gracieux et sans  
engagement de votre part. Il vous suffira de  
nous les demander sur une feuille quelconque.

**ÉCOLE UNIVERSELLE**

12, pl. Jules-Ferry, Lyon

59, bd. Exelmans, Paris

# SACHEZ VOIR PLUS LOÏN..

## Que le présent

### JEUNES GENS...

Ne vous laissez pas décourager par les sombres perspectives du moment...  
Tout n'a qu'un temps...

SEUL CAPITAL INDESTRUCTIBLE,  
L'INSTRUCTION DEMEURE !  
APPRENEZ UN BON METIER DANS  
LA RADIO, VOUS ASSUREZ AINSI  
VOTRE AVENIR... POUR DEMAIN

A temps perdu, sans rien changer à vos occupations, où que vous puissiez être

NOS COURS SPECIAUX

— sur place ou —

PAR CORRESPONDANCE

vous donneront le maximum de chances  
aux examens officiels.

N'hésitez pas à nous demander conseil, il  
vous sera répondu par retour du courrier



CONTRE  
**5<sup>f</sup>**

NOTRE GUIDE  
COMPLET  
DES CARRIÈRES  
DE LA RADIO  
EN 2 COULEURS

## ÉCOLE DE RADIOÉLECTRICITÉ ET DE TÉLÉVISION

15, RUE DU DOCTEUR BERGONIE

LIMOGES (H.V.) C.C.P. 406.05

PUB. R. DUMENACH. MOSP.

## L'ÉCOLE INTERNATIONALE PAR CORRESPONDANCE DE DESSIN ET DE PEINTURE

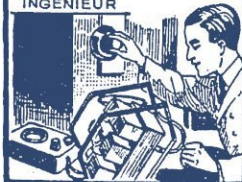
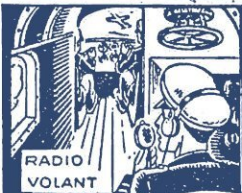
11, Avenue de Grande-Bretagne, 11  
PRINCIPAUTÉ DE MONACO



VOUS OFFRE GRATUITEMENT  
un très bel album traitant du Dessin et de  
la Peinture, sous toutes ses formes et qui  
vous renseignera en détails sur les passion-  
nantes carrières auxquelles vous pourriez  
prétendre lorsque vous serez un Artiste.  
Vous y verrez aussi comment vous pou-  
vez apprendre chez vous le Dessin et la  
Peinture, quel que soit votre milieu, le  
degré de votre culture et l'endroit que  
vous habitez. Et ceci, grâce à l'enseigne-  
ment sérieux, agréable et remarqua-  
blement efficace de la plus grande École  
actuelle des Arts Graphiques. Pour recevoir  
rapidement cet Album, sans engagement  
de votre part, découpez le bon ci-dessous  
en y joignant votre nom et votre adresse  
ainsi que 5 frs à votre gré pour frais de  
poste et adressez aujourd'hui même votre  
lettre à l'École Internationale (Service D C  
Renseignements.)

**BON** POUR UN ALBUM GRATUIT

# LA RADIO *manque* DE SPECIALISTES!



## JEUNES GENS !

Pour répondre aux besoins sans cesse grandissants de la Radio française en cadres spécialisés, nous conseillons vivement aux jeunes gens de s'orienter délibérément vers les carrières de la T.S.F. AVIATION CIVILE ET MILITAIRE, INDUSTRIE, MARINE MARCHANDE ET MARINE NATIONALE, COLONIES, MINISTERES ET ADMINISTRATIONS. Ces carrières réaliseront les aspirations de la jeunesse moderne, puisqu'elles joignent à l'attrait du scientifique celui de travaux manuels importants.

### PREPAREZ CES CARRIERES en suivant nos cours spécialisés **PAR CORRESPONDANCE**

conçus d'après les méthodes les plus modernes de l'enseignement américain.

**INSCRIPTIONS A TOUTE EPOQUE DE L'ANNEE**  
TOUS NOS COURS COMPORTENT LES EXERCICES PRATIQUES A DOMICILE

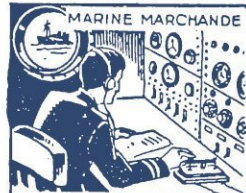
### PLACEMENT

A l'heure actuelle, nous garantissons le placement de tous nos élèves opérateurs radiotélégraphistes. diplômés.

L'Ecole délivre des **CERTIFICATS DE FIN D'ETUDES** conformément à la loi du 4 août 1942.

Notices gratuitement

sur demande.



## ECOLE GENERALE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE

RUE DE BRETAGNE & RUE DU MARECHAL LYAUTEY-VICHY-(ALLIER)

ADRESSES DE REPLI

Pub. R. Domenech M.C.S.P.

*Comme au bon vieux temps du roi Henri...*

...l'antique alambic charentais distille les meilleurs crus de Cognac pour:

**Le "Voyage" Galant**

**CAMUS**  
LA GRANDE MARQUE  
COGNAC

# SOFRANCE

PARIS DÉPÔT

## ÉPURATEUR AUTOMATIQUE SUR MOTEURS

Économie pratique d'huile 50%  
Réduction de l'usure 70%  
(révision au lieu de 3 ou 4)

PAS DE RECHANGE  
—  
GARANTIE UN AN OU 300.000 KLM  
—  
80000 Km SANS VANDER SANS USURE SANS REMPLACEMENT NI AU FILTRE NI AU MOTEUR UN FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE

Nettoyage automatique des éléments filtrants

AUTRES FABRICATIONS  
—  
FILTRES TYPES "GARAGE" ET "ATELIER"  
—  
Filtres pour machines outils, rectifieuses, compresseurs d'air, d'arrimage, etc.  
—  
Filtres deshydrateurs pour transformateurs

DEMANDEZ NOS NOTICES VIA.

**SOFRANCE**  
4, Boulevard Florens LIMOGES  
Téléphone 57-26

**SOFRANCE-PARIS**  
206, Boulevard Périole PARIS 17<sup>e</sup>  
ETC 55-19

# NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



# NITROLAC

98, ROUTE D'AUBERVILLIERS - S'DENIS (SEINE) - PLAINE : 16.55