

SCIENCE ET VIE

JUILLET 1946

N° 346

20 FRANCS



JEAN COLIN

LE CINÉMA EN COULEURS Page 11

Des possibilités illimitées

PUBLICITEE DEBODIE

S'OFFRENT A VOUS, quelles que soient les situations civiles et militaires auxquelles vous aspirez.

Plus de 70% des candidats reçus aux examens officiels sont des élèves de l'E.C.T.S.F.

IL N'EXISTE PAS D'AUTRE ÉCOLE POUVANT VOUS DONNER LA GARANTIE D'UN PAREIL COEFFICIENT DE RÉUSSITE.



ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

12, RUE DE LA LUNE - PARIS

COURS DU JOUR, DU SOIR OU PAR CORRESPONDANCE

Demandez le Guide des Carrières gratuit

"LE DESSIN FACILE"

enseigne PAR CORRESPONDANCE

Tous les genres de dessin



"LE DESSIN FACILE"

Croquis, paysage, portraits, nu académique, perspective, anatomie, caricature, etc., magnifiques planches photographiques inédites accompagnant les leçons.



"LA PEINTURE FACILE"

Mélanges et harmonie de couleurs. Technique de l'aquarelle, la gouache et la peinture à l'huile avec planches hors-texte en couleurs.



DESSIN DE MODE

Charmante carrière pour les femmes et jeunes filles, la mode offre des débouchés lucratifs dans la figurine, le catalogue, la création de modèles, etc.

" JE DESSINE "

Ce petit cours amusant et instructif pour les enfants, de 6 à 12 ans donne au petit élève le goût du dessin.



DESSIN D'ILLUSTRATION

Cours spécial préparant au métier très attrayant d'illustrateur de livre, revue, journaux, etc.



DESSIN DE PUBLICITÉ

Affiche, catalogue, imprimé, annonces de journaux, tels sont les multiples débouchés offerts au dessinateur publicitaire.



DESSIN ANIMÉ

Ce cours, le premier du genre en Europe, enseigne à fond le dessin animé de cinéma.



★ Tous ces cours sont conçus suivant les principes qui ont valu tant de succès à Marc SAUREL, le créateur de l'enseignement du dessin par correspondance qu'il pratique depuis 35 ans. Les témoignages en thousiastes de ses élèves prouvent chaque jour leur efficacité.

BON
02

Demandez aujourd'hui la brochure de renseignements illustrée en indiquant le genre qui vous intéresse.

"LE DESSIN FACILE" 11, RUE KEPPLER, PARIS-16^e

LE DESSIN INDUSTRIEL

MÉTIER D'AVENIR

Chez vous, à temps perdu, apprenez par correspondance le DESSIN INDUSTRIEL par les célèbres méthodes de l'École du " Dessin Facile ". Outre les principes du dessin industriel l'enseignement comporte les applications à la mécanique, architecture, topographie, chemin de fer, électricité, aviation, etc. Aucune connaissance scientifique n'est exigée, aucun talent n'est nécessaire pour tirer un profit complet du Cours de Dessin Industriel. Il ouvre l'accès aux bureaux d'étude de toutes les industries et permet d'obtenir des situations très intéressantes et bien payées.

Demandez la Notice-programme SV 93 (Section dessin industriel) 11 rue Keppler, Paris-16^e (Joindre 10 fra en timbres)

En tête
DE LA PRODUCTION AUTOMOBILE

la Régie Renault augmente chaque jour la cadence de ses fabrications. Ses livraisons de camions sont déjà supérieures à celles d'avant-guerre cependant que sa production de voitures est provisoirement réservée à l'exportation.

100 VÉHICULES PAR JOUR

1946

JUVAQUATRE
 300 KG -- 1000 KG
 2 T -- 3,5 T -- 7 T

1945

RENAULT
 RÉGIE NATIONALE

1944

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.

ETUDES PRIMAIRES OU SECONDAIRES. — Des centaines de brillants succès au B. E., au B. E. P. S., au Baccalauréat, établissent la haute efficacité des méthodes de l'École des Sciences et Arts. — Brochure gratuite n° R 30100.

NOS COURS D'ORTHOGRAPHE ET DE RÉDACTION vous assureront une connaissance solide de votre langue maternelle, un style correct, clair, élégant. — Notice gratuite n° R 30101.

LES COURS DE FORMATION SCIENTIFIQUE vous permettront de compléter vos connaissances en Mathématiques, Physique, Chimie, etc. — Notice gratuite n° R 30102.

DESSIN INDUSTRIEL. — Préparez-vous à un Certificat d'aptitude professionnelle, ou directement à l'exercice de la profession de Dessinateur dans l'Industrie et le Bâtiment. — Notice gratuite n° R 30103.

CARRIÈRES COMMERCIALES. — Nos Cours de Commerce et de Comptabilité constituent la meilleure des préparations à ces carrières comme aux Certificats d'aptitude professionnelle. — Notice gratuite n° R 30104.

INDUSTRIE. — Certificats d'aptitude professionnelle. — Notice gratuite n° R 30105.

RADIO. — Certificats de Radio de bord (1^{re} et 2^e classes). — Notice gratuite n° R 30106.

LA CÉLÈBRE MÉTHODE DE CULTURE MENTALE «DUNAMIS» permet à chacun de développer toutes ses facultés, d'acquiescer la confiance en soi et

de «forcer le succès». — Notice gratuite n° R 30107.

LE COURS DE DESSIN ARTISTIQUE, en vous apprenant d'abord à voir, puis à interpréter votre vision personnelle, vous donnera la formation complète de l'artiste et l'accès aux plus brillantes carrières. — Notice gratuite n° R 30108.

PHONOPOLYLOTTE vous apprendra, par le phonographe, à parler, à comprendre, lire, écrire l'Anglais, l'Espagnol, l'Allemand, l'Italien. — Notice gratuite n° R 30109.

LE COURS D'ÉLOQUENCE vous mettra en mesure d'improviser une allocution émouvante, de composer un discours persuasif. — Notice gratuite n° R 30110.

LE COURS DE PUBLICITÉ vous permettra soit de vous assurer dans cette branche un brillant avenir, soit de donner à vos affaires le maximum de développement. — Notice gratuite n° R 30111.

LE COURS DE FORMATION MUSICALE fera de vous un musicien complet, capable de déchiffrer n'importe quelle œuvre, non seulement maître de la technique musicale, mais averti de toutes les questions d'histoire et d'esthétique. — Notice gratuite n° R 30112.

LE COURS D'INITIATION AUX GRANDS PROBLÈMES PHILOSOPHIQUES est le guide sûr de tous ceux qui veulent savoir comment se posent et comment peuvent être résolus les grands problèmes de la liberté humaine, de l'immortalité de l'âme, etc. — Notice gratuite n° R 30113.

FONCTIONS PUBLIQUES. — Nous vous recommandons les situations de l'Administration des P. T. T. : *Commis masculin* ou *Commis féminin Contrôleur stagiaire*. — Notice gratuite n° R 30114.

ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

16, rue du Général-Malletterre, PARIS (16^e).

APPRENEZ

CETTE LANGUE NOUVELLE QUE VOUS
AVEZ TOUJOURS VOULU CONNAITRE

Voici une méthode vraiment
intéressante, la plus rapide
et la plus facile qui soit



Ne tardez pas un jour de plus. Avec un cours de conversation Linguaphone et votre phono chez vous, vous apprenez à parler la langue de votre choix de la manière la plus intéressante possible, car Linguaphone vous apporte les professeurs les plus éminents de chaque pays.

Cette méthode pratique et attrayante transforme l'étude en une véritable distraction. Vos progrès vous étonneront et, en quelques mois, vous parlerez couramment. Voilà pourquoi, quand il s'agit d'apprendre une langue, tout le monde pense à Linguaphone.

La méthode Linguaphone pour apprendre les langues par phono est la plus facile, la plus rapide et la plus intéressante qui ait jamais été conçue.

Cette brochure de 20 pages vous explique combien il est facile d'apprendre une nouvelle langue par

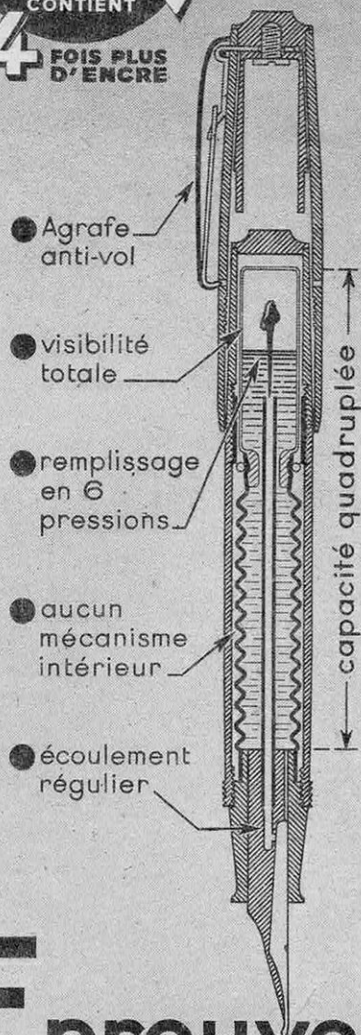
LINGUAPHONE

et comment vous pouvez faire un essai gratuit chez vous, pendant 8 jours

Une explication complète de la méthode est donnée dans cette brochure envoyée gratuitement sur demande. Indiquez la langue qui vous intéresse (joindre 6 francs pour frais d'envoi).

Cette brochure de 20 pages vous sera envoyée par retour, gratuitement et sans engagement de votre part. Vous y trouverez une explication complète de cette méthode facile et passionnante, un aperçu des mille débouchés que vous ouvrira la connaissance d'une langue, ainsi que tous détails sur notre offre d'essai gratuit.

INSTITUT LINGUAPHONE (Dépt B. 7)
12, rue Lincoln (Ch.-Élys.) PARIS



● Agrafe anti-vol

● visibilité totale

● remplissage en 6 pressions

● aucun mécanisme intérieur

● écoulement régulier

capacité quadruplée

E prouvez
la réelle supériorité
technique du 303

Breveté par les Établissements

STYLOMINE

Usines et Bureaux: 2, rue de Nice-Paris

Les cours par correspondance DE L'ÉCOLE UNIVERSELLE

permettent à ses élèves d'effectuer le maximum de progrès dans le minimum de temps. Ceux de ces cours qui préparent aux examens et aux concours publics conduisent chaque année au succès plusieurs milliers d'élèves.

Vous pouvez faire CHEZ VOUS, QUELLE QUE SOIT VOTRE RÉSIDENCE, sans déplacement, sans abandonner l'emploi qui vous fait vivre, en utilisant simplement vos heures de loisirs, avec le MINIMUM DE DÉPENSES, quel que soit votre âge, en toute discrétion si vous le désirez, toutes les études que vous jugerez utiles pour compléter votre culture, pour obtenir un diplôme universitaire, pour vous faire une situation dans un ordre quelconque d'activité, pour améliorer la situation que vous pouvez déjà occuper ou pour changer totalement d'orientation.

L'École Universelle vous adressera gratuitement, par retour du courrier, celle de ses brochures qui vous intéresse et tous renseignements qu'il vous plaira de lui demander.

BROCHURE L. 96.200. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, etc.

BROCHURE L. 96.201. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.

BROCHURE L. 96.202. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.

BROCHURE L. 96.203. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.

BROCHURE L. 96.204. — POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE : Administrations financières, P. T. T., Police, Ponts et Chaussées, Génie rural, etc...

BROCHURE L. 96.205. — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS, Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

BROCHURE L. 96.206. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.

BROCHURE L. 96.207. — COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc... Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

BROCHURE L. 96.208. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.

BROCHURE L. 96.209. — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc...

BROCHURE L. 96.210. — CARRIÈRES de l'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.

BROCHURE L. 96.211. — CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.

BROCHURE L. 96.212. — CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE (Pont, Machines, Commissariat).

BROCHURE L. 96.213. — CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariats, bibliothèque, etc...).

BROCHURE L. 96.214. — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.

BROCHURE L. 96.215. — ARTS DU Dessin : Professorats, Métiers d'art, etc...

BROCHURE L. 96.216. — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc...

BROCHURE L. 96.217. — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.

BROCHURE L. 96.218. — CARRIÈRES DU CINÉMA.

ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS

Si vous pouvez écrire Vous pouvez DESSINER

Vous ne pouvez plus ignorer l'existence de la méthode A. B. C. simple, pratique, vraiment moderne et qui met le dessin à la portée de tous. Cette méthode qui a révolutionné l'enseignement du dessin utilise l'habileté graphique que vous avez acquise en apprenant à écrire et vous permet d'exécuter dès la première leçon des croquis vivants et expressifs d'après nature, même si vous n'avez jamais tenu un crayon.

Peu important votre âge, votre lieu de résidence, vos occupations ! Vous pouvez, dès aujourd'hui, apprendre à dessiner en recevant par courrier les leçons particulières d'un professeur de l'École A. B. C. qui suivra et guidera vos progrès. Bientôt le dessin sera pour vous une source de joies et pourra aussi peut-être devenir une source de profits.

En plus de l'enseignement général du dessin, l'École A. B. C. permet à chaque élève de se spécialiser, à son choix, dans l'illustration, le dessin humoristique, la décoration, le paysage, la publicité. Il existe aussi un cours spécial pour les enfants.

Un luxueux album « Le Dessin et la Vie moderne », abondamment illustré de dessins et de croquis d'élèves a été édité spécialement pour vous renseigner d'une manière très complète sur la méthode et le programme de l'École A. B. C.

Pour les enfants de huit à treize ans, cours spécial, une brochure, « Du Gribouillage au Dessin », vous apporte également une captivante documentation.

Vous recevrez, sur simple demande, par retour, celui de ces albums qui vous intéresse, gratuitement et sans engagement (joindre 6 fr. pour frais d'envoi). Et surtout écrivez-nous : dites-nous quel but vous poursuivez, nous répondrons à vos questions. Spécifiez bien si vous êtes intéressé par le Cours « Adultes » ou « Enfants ».



Croquis d'élève.



Croquis à la plume d'un de nos élèves à sa huitième leçon.

ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN

(Studio E. 4) 12, r. Lincoln (Ch.-Ély.) PARIS-8^e



Un poste de radio gratuit

Comme avant la guerre...

L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE
fournit gratuitement, à tous ses élèves, le matériel
nécessaire à la construction d'un récepteur moderne.

Ainsi les **COURS TECHNIQUES** par correspondance
sont complétés par des **TRAVAUX PRATIQUES**
Vous-même, dirigé par votre Professeur Géo MOUSSERON,
construirez un poste de T. S. F.

CE POSTE, TERMINÉ, RESTERA VOTRE PROPRIÉTÉ

Renseignements & Documentation gratuits :

ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE

51, BOULEVARD MAGENTA - PARIS 10^e



*Une Situation
d'avenir en
étudiant chez soi*

DESSIN INDUSTRIEL RADIO

Méthode d'enseignement
INÉDITE, EFFICACE et RAPIDE
sous la direction de profes-
sieurs de valeur.

Préparation aux diplômes de :
DESSINATEUR CALQUEUR
DESSINATEUR DÉTAILLIANT
DESSINATEUR PROJETEUR
C. A. P.

BACCALAURÉATS TECHNIQUES
... des carrières séduisantes et bien rémunérées.

Nos services d'Orientation Professionnelle et de placement sont à la disposition de nos élèves.

Méthode d'enseignement
technique et pratique
comportant des travaux
à domicile et à l'école.

Préparation aux diplômes de :
MONTEUR
CHEF MONTEUR
SOUS-INGÉNIEUR, etc.

PRÉPARATION
AUX EXAMENS OFFICIELS
d'un métier nouveau aux
perspectives illimitées.

DOCUMENTATION GRATUITE
RÉCUPÉRER LA DEBRANCHE COURRIER



INSTITUT PROFESSIONNEL POLYTECHNIQUE 11, RUE CHALGRIN - PARIS (16^e)

POUR LA BELGIQUE, s'adresser I. P. P., 33, rue Vandermaelen, à BRUXELLES-MOLENBEECK

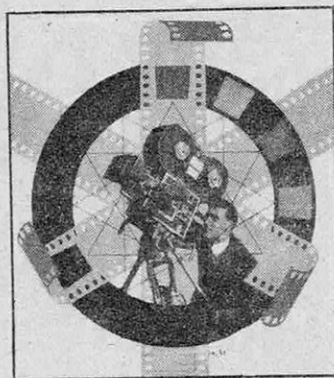
SCIENCE ET VIE

Tome LXX - N° 346

Juillet 1946

SOMMAIRE

- ★ La marine de guerre française : ce qu'elle est, ce qu'elle pourra être, par Henri Le Masson..... 3
- ★ Le cinéma en couleurs, par Pierre Brard..... 11
- ★ Les nouveaux engins accélérateurs de particules, par Maurice-E. Nahmias..... 27
- ★ L'homochromie, mimétisme des couleurs, par C. Puisségur. 36
- ★ A côté de la Science, par V. Rubor..... 44



Bien que son invention par le Français Léon Gaumont remonte à 1919, le film en couleurs était encore une curiosité au début de la guerre. Il est maintenant entré dans la pratique courante et, dans quelques années, il aura sans doute complètement supplanté le cinéma en noir et blanc, obligeant l'industrie cinématographique à renouveler son matériel, son esthétique et sans doute aussi ses « stars ». D'ores et déjà, les États-Unis produisent en couleurs 20 % et l'U. R. S. S. 50 %, de leurs films. Des studios se montent dans tous les pays pour l'application des procédés les plus modernes de cinéma en couleurs. La couverture de notre numéro représente une camera Technicolor de prise de vues qui enregistre simultanément sur trois films les trois images sélectionnées en rouge, en bleu et en vert qui permettront de confectionner le film trichrome de projection. Au second plan, un cercle de couleurs « primaires », clé de la sélection et de la combinaison de toutes les nuances des images cinématographiques. (Voir l'article sur le cinéma en couleurs page 11 de ce numéro.)

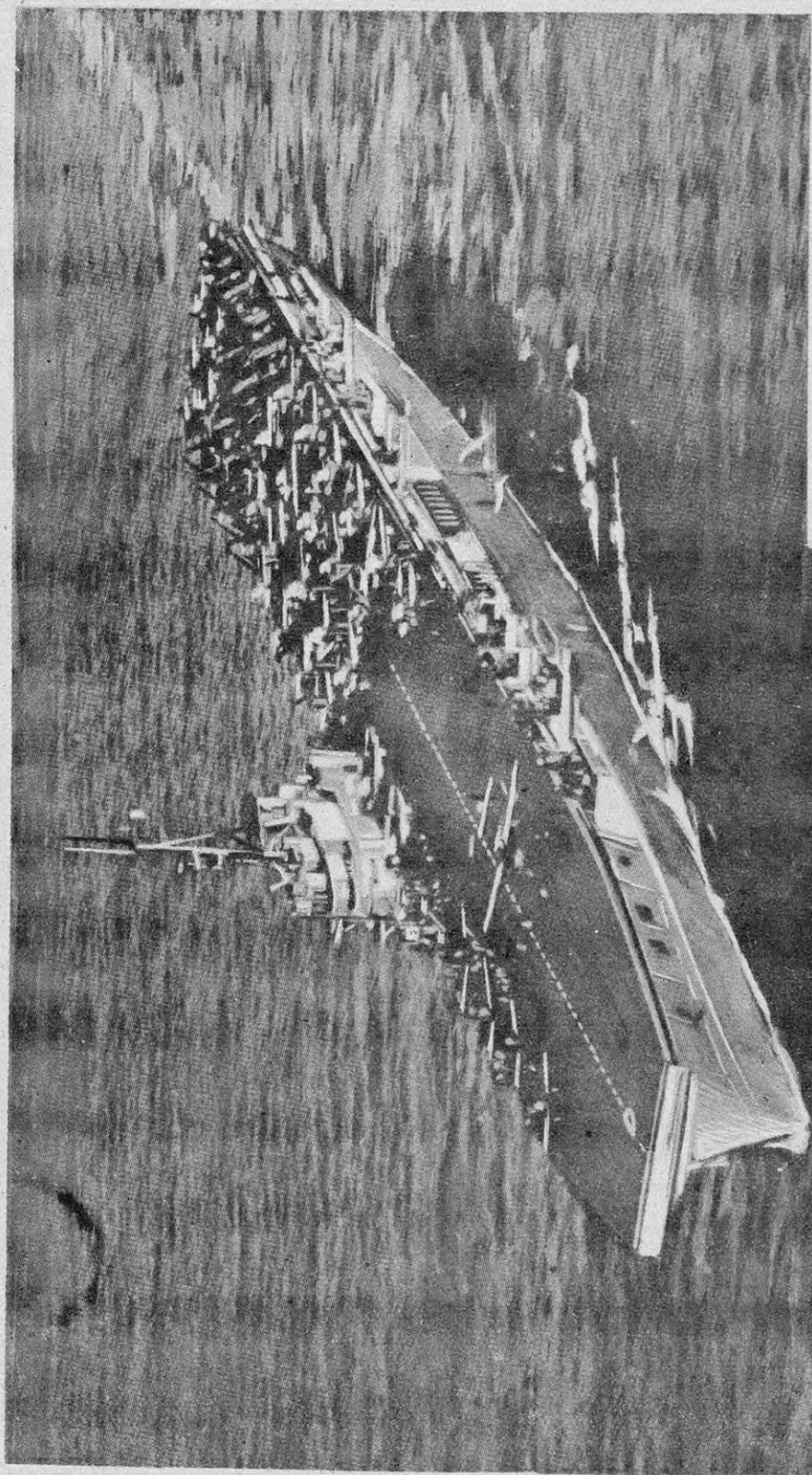
« Science et Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la Vie moderne. Administration, Rédaction : 5, rue de La Baume, Paris (VIII^e). Téléphone : Élysées 26-69 ; Publicité : 24, rue Chauchat Paris (IX^e). Téléphone : Provence 70-54. Chèque postal : 91-07 Paris. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « Science et Vie », Juillet mil neuf cent quarante-six.

ABONNEMENTS. — Affranchissement simple : France et Colonies, 200 francs ; Recommandé, 270 francs ; Étranger, 350 francs ; Recommandé, 450 francs.

Seuls, les règlements par chèques postaux (mandats roses ou virements) sont acceptés.

Compte de chèques postaux : PARIS 91-07.

Tout changement d'adresse doit être accompagné de 5 francs en timbres et de la dernière bande d'envoi. La table générale des matières des vingt premières années (n° 1 à 186) est envoyée franco contre 25 francs.



LE « COLOSSUS »

Porte-avions anglais prêté à la France pour 5 ans (14 000 tonnes, longueur 217 m, 25 nœuds, 30 avions).

LA MARINE DE GUERRE FRANÇAISE :

CE QU'ELLE EST, CE QU'ELLE POURRA ÊTRE

par Henri LE MASSON

Un navire de ligne, quatre croiseurs, quatre contre-torpilleurs, quelques avisos et escorteurs, tels sont en navires modernes les vestiges de notre flotte de combat après six ans de guerre et le sabordage de l'escadre de Toulon. A ces unités viennent s'ajouter quelques bâtiments cédés par nos Alliés sur leur propre flotte ou sur leur part de prise de guerre, et quelques navires français mis en chantier avant guerre et en cours d'achèvement. Que représente actuellement cette flotte vis-à-vis des gigantesques armadas anglo-américaines ? Bien peu de chose évidemment. Mais n'oublions pas que, d'une part, l'entretien de pareilles flottes devient impossible en temps de paix, et que, d'autre part, seules comptent sur l'échiquier naval les unités récentes. Dans quelques années, notre flotte peut donc reprendre une place convenable parmi celles des grandes puissances si une construction judicieusement prévoyante vient, d'année en année, lui ajouter quelques unités adaptées aux armes modernes.

EN juin 1940, la marine de guerre française était en plein essor. Sa principale escadre, comprenant les navires de ligne *Strasbourg* et *Dunkerque* (8 canons de 380 mm), trois croiseurs (9 canons de 152 mm), huit grands contre-torpilleurs (5 à 8 canons de 138 mm), escadre que l'on appelait la « force de raid », constituait un groupe puissant pouvant se déplacer à plus de 30 nœuds et qui n'avait son équivalent dans aucune autre marine. Il ne lui manquait que des porte-avions pour représenter le type de force navale qui a opéré avec le plus de succès pendant la guerre sous le nom de « task force ». Outre la « force de raid », trois navires de ligne modernisés (1), de nombreuses divisions de croiseurs lourds et légers, de contre-torpilleurs, de torpilleurs, d'escorteurs et de sous-marins, une aviation navale encore peu développée, mais en bonne voie de croissance, achevaient de faire de la marine française une force redoutable qu'une importante flotte en construction allait renforcer dans un avenir proche : quatre navires de ligne de 35 000 tonnes (2), trois croiseurs (3), deux porte-avions de combat, trente contre-torpilleurs et torpilleurs, vingt-cinq sous-marins, sans parler de l'indispensable flottille anti-sous-marine (avisos, corvettes, chasseurs, etc.) devaient venir grossir notre marine dans les trois années suivantes.

L'armistice de Compiègne, en arrêtant la construction des navires en chantiers, le sabordage de l'escadre de Toulon anéantirent nos espoirs. De cette marine, il ne reste en service qu'un petit nombre d'unités modernes :

Un navire de ligne, le *Richelieu* (fig. 1) ;

(1) Le *Bretagne* et le *Provence*, lancés en 1913 et refondus de 1932 à 1935 ; le *Lorraine*, lancé en 1913 et partiellement reconstruit de 1934 à 1936.

(2) *Richelieu*, *Jean-Bart*, *Clemenceau*, *Gascogne*.

(3) *De Grasse*, *Châteaurenault*, *Guichen*.

Un porte-avions léger qui vient d'être mis à notre disposition par les Anglais ;

Trois croiseurs du type *Montcalm* (*Gloire*, *Montcalm*, *Georges-Leygues*) (fig. 2) ;

Quatre contre-torpilleurs du type *Le Fantasque*, aujourd'hui classés « croiseurs légers » (*Le Fantasque*, *Le Malin*, *Le Terrible*, *Le Triomphant*) (fig. 4) ;

Huit contre-torpilleurs et torpilleurs ex-allemands ;

Un certain nombre d'avisos et d'escorteurs.

Tous les autres bâtiments armés sont certes utiles et peuvent remplir certaines missions dans de bonnes conditions, mais qu'il s'agisse du cuirassé *Lorraine*, des transports d'avions *Béarn* et *Dixmude*, des autres croiseurs, torpilleurs, des sous-marins ou des petits bâtiments qui figurent encore sur la liste de la flotte, ce ne sont dans tous les cas que des bâtiments usés ou démodés, incapables de figurer dans une force navale moderne.

Notre marine, d'autre part, ne saurait être renforcée beaucoup dans un avenir prochain. L'état de l'industrie lourde française et les dures nécessités financières n'ont même pas permis de reprendre la construction de toutes les unités retrouvées intactes sur cale malgré la dévastation de nos ports et arsenaux. Il a fallu faire un choix, et tous les efforts se concentreront sur le navire de ligne *Jean-Bart* encore démuné d'artillerie et dont deux machines sur quatre sont à compléter, mais qui ne sera pas présenté aux essais avant trois ans (1), sur le croiseur *De Grasse* (fig. 3), sur quatre sous-marins de 800 tonnes du type *Créole*, sur quelques avisos et des escadrilles aéronavales. On espère pourtant entreprendre la construction d'indispensables porte-avions, mais, avant de commen-

(1) Le *Jean-Bart* fut mis en chantier aux Ateliers et Chantiers de la Loire en janvier 1937 et lancé le 6 mars 1940.

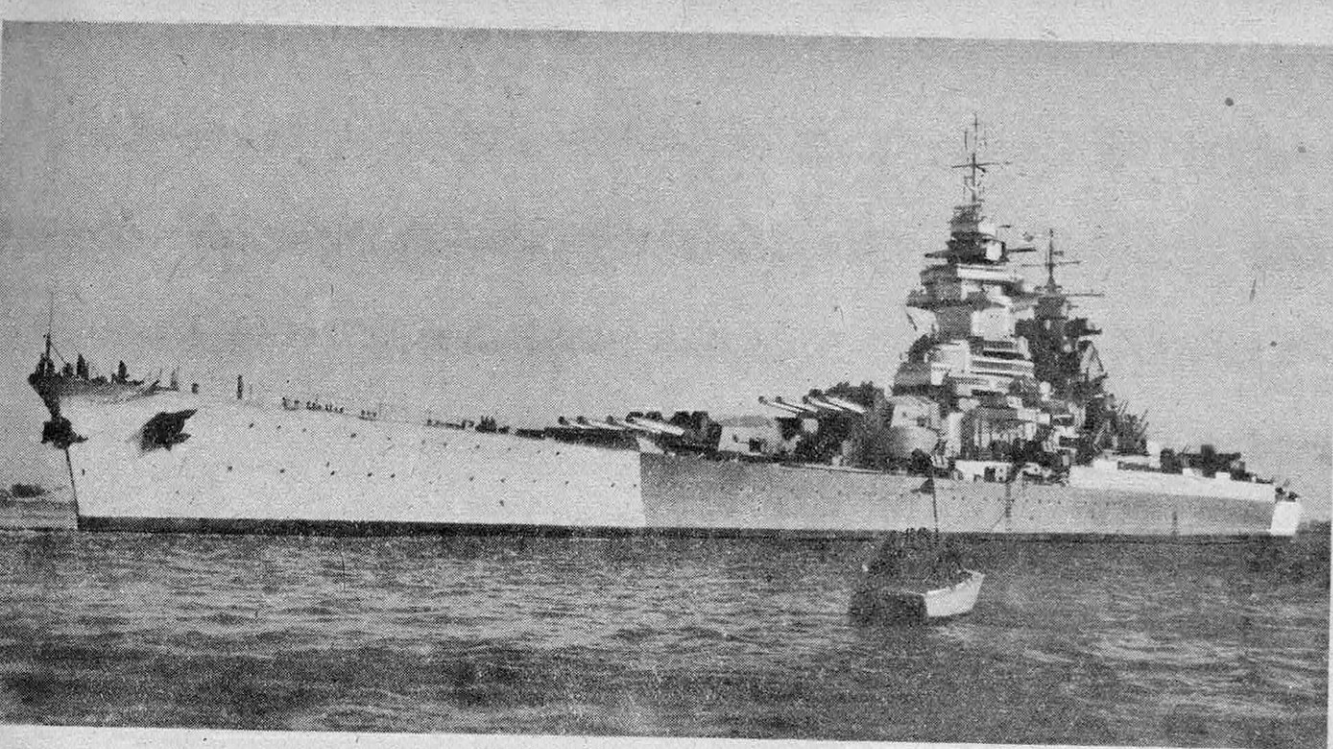


FIG. 1. — LE NAVIRE DE LIGNE « RICHELIEU »

Ce cuirassé de 35 000 t, filant 30 nœuds, fut mis en chantier à Brest, en 1935, lancé en janvier 1939 et mis en service en juillet 1940. Il fut rejoint dans un arsenal américain au printemps 1943, et ses installations d'aviation (hangars et catapultes) furent débarquées et remplacées par de nombreuses pièces de D. C. A. (canons automatiques de 20 et de 40 mm). Il est armé de 8 canons de 380 mm, 9 canons de 152 mm AA, 12 canons de 100 mm AA, 14 affûts de 4 canons automatiques de 40 mm, 50 canons automatiques de 20 mm. Le Jean-Bart, qui n'est pas encore armé, est construit sur les mêmes données.

cer le montage de nouveaux bâtiments, il faut étudier leurs plans, car il ne peut être question de reprendre ceux qui avaient été tracés avant 1939 pour le *Joffre* et le *Painlevé*. Cette étude doit mettre à profit les enseignements de la guerre et demande nécessairement du temps. D'autre part, il ne faut pas compter réutiliser les navires sabordés à Toulon, dont la presse annonce le renflouement. L'opération serait évidemment possible pour quelques-uns qui n'ont pas subi d'irréremédiables avaries ou déformations, malgré bientôt quatre ans d'immersion et malgré les brèches provoquées par les bombardements aériens américains. Cette remise en état serait nécessairement longue et coûteuse ; elle absorberait une partie trop considérable des fonds et moyens réduits qui sont à la disposition de notre marine, pour ne donner en fin de compte que des bâtiments d'une conception antérieure à la guerre. Dans la mesure où l'on pourrait les faire bénéficier de certains perfectionnements, ce ne seraient malgré tout que des retapages. Une seule exception est prévue en faveur du transport d'hydravions *Commandant-Teste* (1) qui a été assez peu endommagé et qui pourrait, sans dépense excessive, être aménagé en porte-avions d'escorte.

Perspectives d'avenir

Devant cette situation, faut-il renoncer à l'espoir de voir la marine française se reconstituer et faire de nouveau figure à côté des puissantes flottes anglo-américaines ? Certainement pas ! D'abord, parce que nous allons voir rapidement se dégonfler ces gigantesques armadas qu'aucun budget du temps de paix ne permettra

d'entretenir. Notre flotte ne pouvant tomber à un niveau plus bas — à moins qu'on ne la supprime — verra donc s'atténuer l'écart qui la sépare des autres. Il ne faut pas oublier, ensuite, que les navires de guerre s'usent très vite en période d'hostilités et vieillissent rapidement. Or, sur l'échiquier naval, ce sont les unités neuves qui comptent. Dans quelques années, par conséquent, ce seront les forces neuves d'une marine dont on fera état dans l'équilibre naval mondial, qu'il s'agisse de ses éléments purement navals ou de ses éléments aéronavals. Enfin, le caractère des conflits modernes est tel qu'ils ne mettent plus aux prises deux nations isolées mais des coalitions. Or, en 1939, la marine française, numériquement inférieure à la flotte anglaise, a pourtant représenté pour celle-ci un appoint précieux, car elle lui apportait des bâtiments dont la marine britannique n'avait pas l'équivalent. A l'avenir, il peut en être de même, à la condition évidemment de contribuer à l'effort commun par des éléments puissants et bien entraînés. Et c'est pourquoi il faut songer, dès maintenant, à reconstituer une force aéronavale en s'appuyant d'une part sur les éléments modernes qui nous restent, en déterminant d'autre part les éléments nouveaux qui devront être construits au fur et à mesure de l'augmentation des moyens financiers et industriels de notre pays.

Les navires de ligne

On peut affirmer sans craindre de se tromper que nous ne construirons plus de navires de ligne d'ici longtemps, tout au moins sous la forme actuelle de ces bâtiments, c'est-à-dire avec un armement principal de canons de gros calibre. Dans la mesure où une partie des forces de choc demeurera constituée sur mer par

(1) Mis en chantier en 1927, à Bordeaux ; lancé en avril 1929 ; mis en service en 1932.

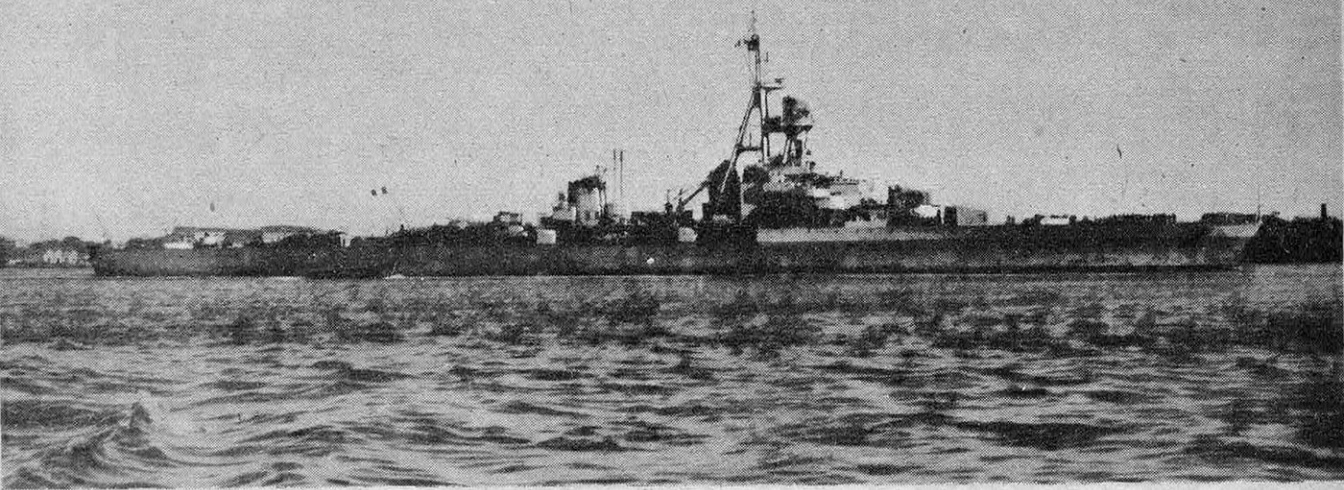


FIG. 2. — LE CROISEUR « MONTCALM »

Les trois croiseurs encore en service du type Montcalm (trois autres ayant été sabordés à Toulon) représentent un type de bâtiment particulièrement bien réussi et dont les qualités ont été éprouvées au cours de la guerre. Complètement refondus aux États-Unis en 1943 et 1945, ils reçoivent actuellement un nouveau mât quadripode destiné à porter le radar, et leur artillerie principale vient d'être changée. Déplaçant 7 600 t, ils filent 31 nœuds.

des unités de puissance individuelle maximum, les unes porte-avions, les autres porte-canon, accompagnées des escorteurs rapides indispensables pour la défense anti-aérienne et anti-sous-marine, il est évident que nous devons consacrer les crédits réservés pour les bâtiments à la construction de ces porte-avions qui manquent si cruellement à notre flotte. En tant que porte-artillerie de gros calibre, le *Richelieu* et, ultérieurement, le *Jean-Bart* resteront donc dans notre marine les seuls représentants d'une catégorie de navires de combat dont le prototype est apparu il y aura bientôt quarante ans, puisque c'est le 3 octobre 1906 que le fameux cuirassé anglais *Dreadnought* prit la mer pour la première fois.

Rien ne dit, cependant, que nous ne disposions pas avec le *Jean-Bart* d'un navire de ligne plus moderne que ses semblables les plus récents des autres flottes, puisqu'il reste précisément à achever son armement. Ainsi, rien ne s'oppose à ce que le *Jean-Bart* soit terminé avec un armement principal autre que les deux tourelles quadruples de 380 mm du *Richelieu*, avec des plates-formes pour lancement de fusées, par exemple.

Les porte-avions

Certains fanatiques de l'aviation ne condamnent pas seulement le navire de ligne porte-canon, mais vouent également à une disparition prochaine le porte-avions. Ils reprochent au porte-avions de porter peu d'avions (ce qui n'est pas absolument exact), de coûter cher et d'être vulnérable, et ils soutiennent que l'avion à grand rayon d'action peut désormais se passer de toute base flottante.

Que l'avion à grand rayon d'action existe, c'est incontestable ; mais il ne s'agit pas de cela seulement. Il s'agit d'autonomie, c'est-à-dire

de la faculté pour un avion de naviguer et de combattre avec les mêmes possibilités de liaison, d'exploitation de renseignements et d'existence à bord pour son équipage, qu'un navire à la mer. A cet égard, beaucoup d'aviateurs marins, forts d'une expérience que ne possèdent pas les autres, pensent que le moment n'est pas encore arrivé où un avion puisse réunir les conditions indispensables à l'autonomie, ce qui implique un tonnage minimum assez élevé, tout en ayant les qualités de vitesse et de souplesse, voire même les qualités acrobatiques indispensables au combat aérien. Pour conserver celles-ci, un avion ne doit être ni trop grand, ni trop lourd, et ils pensent que de tels appareils ont toujours besoin de bases voisines du champ de bataille, donc d'aérodromes flottants grâce auxquels leurs formations pourront se ravitailler et retrouver rapidement leurs moyens de combat après une première attaque.

Les premiers bâtiments à construire pour notre nouvelle flotte sont donc de toute nécessité des porte-avions et, en premier lieu, ces porte-avions de combat lourds qui sont, aujourd'hui, les « capital ships », autrement dit les navires principaux d'une flotte moderne, puisque l'on ne peut plus concevoir de marine sans aviation et que, pour avoir un rendement maximum sur mer, l'aviation a besoin de porte-avions.

Le porte-avions lourd de combat est actuellement un navire de 25 000 à 45 000 tonnes, dont le type le plus puissant est représenté par le *Midway* américain (fig. 5). Les *Midway* — ils sont trois — déplacent 45 000 t et ont comme dimensions principales 306 m de longueur et 34,40 m de largeur ; ils filent 33 nœuds, peuvent embarquer 82 bimoteurs ou 153 monomoteurs, et leur D. C. A. comprend 18 pièces de 127 mm, 84 de 40 mm et 34 *Cérlikon* de 20 mm. A la limite inférieure, le type minimum est repré-

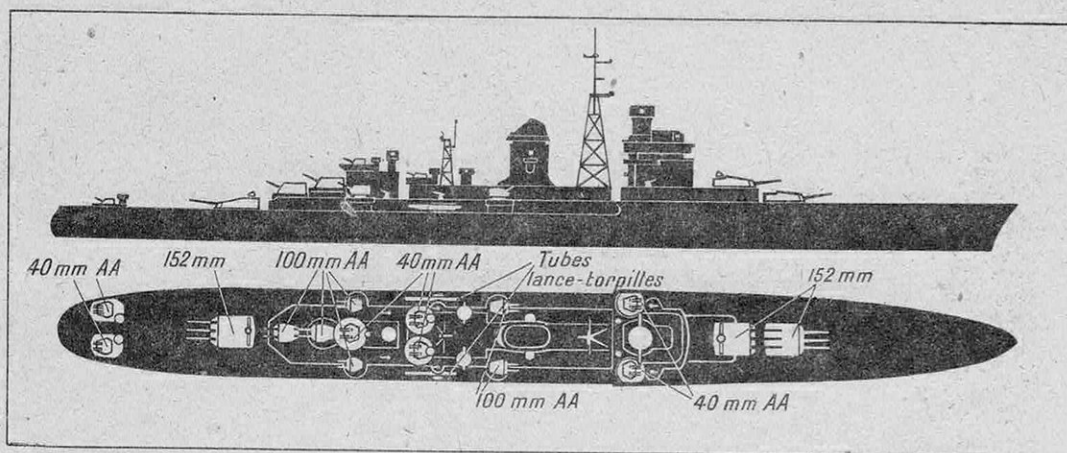


FIG. 3. — LE CROISEUR « DE GRASSE »

Le croiseur De Grasse, en construction à Lorient (il fut mis en chantier en 1938, lancé en 1939) est un perfectionnement des Montcalm. Déplaçant 8 000 t, il est équipé de 4 turbines à engrenages de 110 000 ch et file 32,5 nœuds. Il est armé de 9 canons de 152 mm AA, 12 de 100 mm AA, 28 de 40 mm AA, 12 Cerlikon de 20 mm AA, et 6 tubes lance-torpilles (2 plates-formes triples).

senté par les Essex, également américains, qui déplacent 26 500 t, ont 270 m de long, 30,50 m de largeur, et filent 32 nœuds. Ces bâtiments embarquent normalement 82 avions dont 27 chasseurs, 37 bombardiers, 18 avions-torpilleurs, sans compter une vingtaine d'appareils de rechange démontés.

A côté des porte-avions lourds existent, maintenant, les porte-avions de combat légers, qui sont aux précédents ce que les croiseurs sont — en tant que navires porte-artillerie — aux navires de ligne. Le prototype en est représenté

par la classe anglaise Colossus, dont une unité nous été prêtée pour une période de cinq ans (page 2). Les Colossus n'ont que 217 m de longueur et 24,40 m de largeur ; ils filent 25 nœuds et leur déplacement atteint seulement 14 000 t ; à l'inverse des précédents, ils n'ont aucune protection et leur D. C. A. comprend exclusivement 48 pièces de 40 mm (affûts quadruples) et 32 Cerlikon de 20 mm ; leur capacité de transport en avions est naturellement beaucoup moindre : 24 à 30 appareils. Les Anglais ont également prévu une seconde série un peu

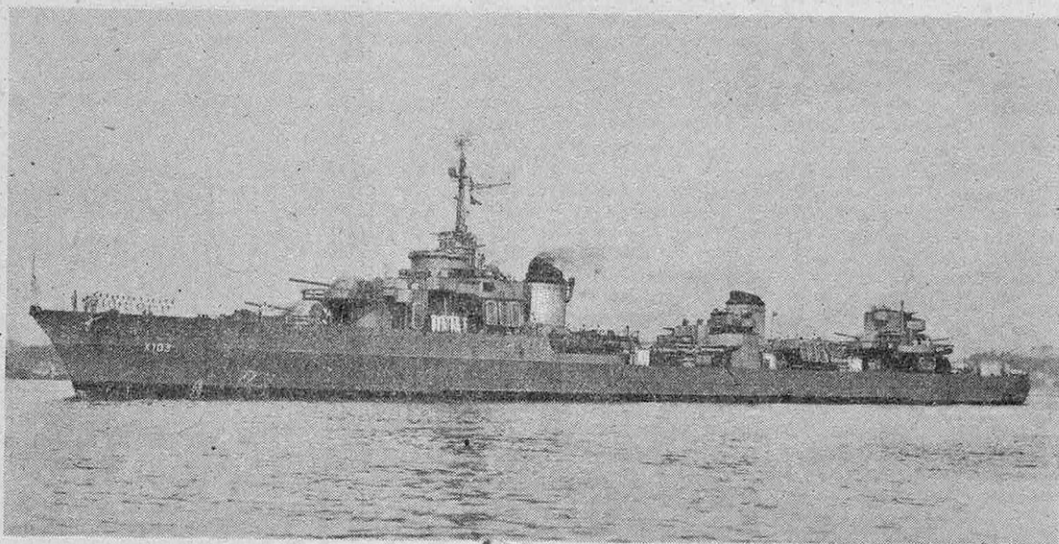


FIG. 4. — LE CROISEUR LÉGER « LE FANTASQUE »

La marine française possède encore quatre navires de ce type (Le Fantasque, Le Malin, Le Terrible, Le Triomphant) qui, entrepris en 1931 et mis en service en 1935, ont été refondus et modernisés aux États-Unis en 1946 et sont maintenant classés croiseurs légers. Leurs caractéristiques sont : déplacement 2 569 t, longueur 132,40 m, puissance 74 000 ch, vitesse 37 nœuds ; armement : 5 canons de 138 mm, 8 canons de 40 mm AA (1 affût de 4, 2 affûts de 2) ; 10 canons de 20 mm AA, 6 tubes lance-torpilles de 550 mm.

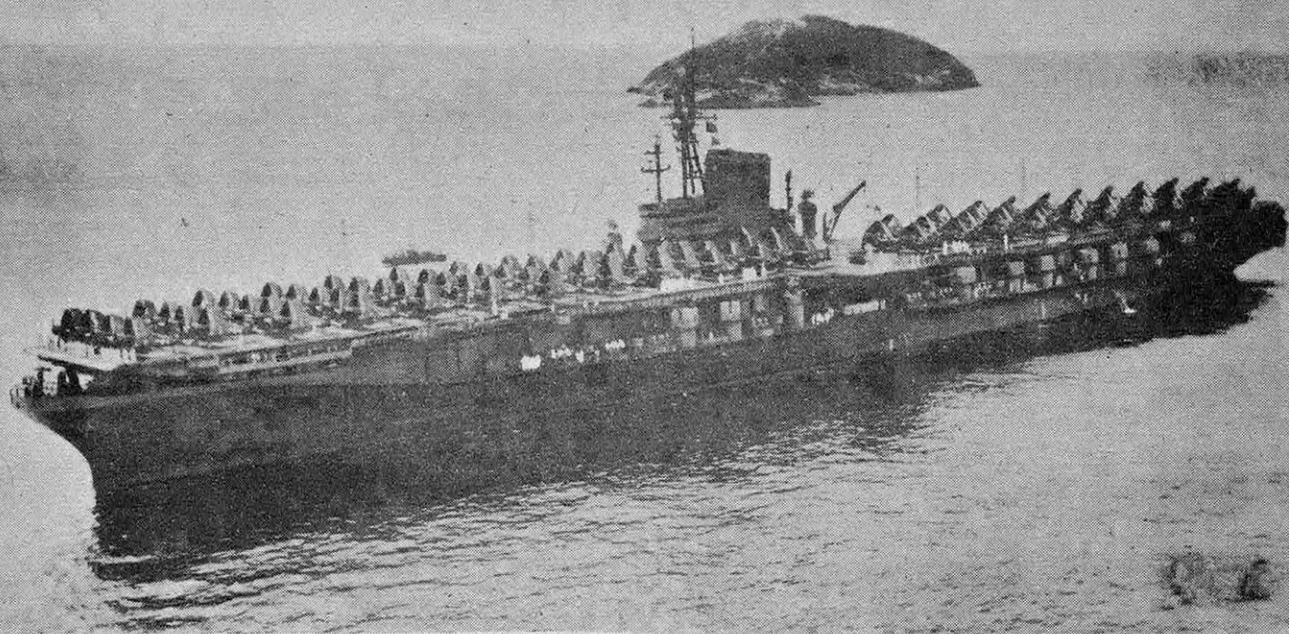


FIG. 5. — LE PORTE-AVIONS DE COMBAT AMÉRICAIN « MIDWAY »

Le Midway représente actuellement le type le plus puissant de porte-avions de combat qui soit au monde. La protection horizontale, répartie sur plusieurs ponts, atteindrait au total 40 cm. La D. C. A. lourde comprend, de chaque bord, 9 canons de 127 mm de 54 calibres à très grande vitesse initiale, installés sur une plate-forme latérale, un étage plus bas que le pont d'envol, de telle sorte que le souffle des pièces ne puisse pas gêner l'utilisation de ce pont. Longueur 306 m, largeur 34,40 m, vitesse 33 nœuds. Il peut transporter 82 appareils bimoteurs.

plus puissante que la première : 18 000 t et 29 nœuds, avec une légère protection (pont d'envol blindé à 50 mm), et une D. C. A. comportant, en outre des habituels petits canons de 40 mm et de 20 mm, huit pièces de 114 mm.

Une troisième catégorie comprend les porte-avions d'escorte, bâtiments de déplacement plus faible (9 000 à 15 000 tonnes), à vitesse peu élevée (17 à 20 nœuds), pouvant embarquer une trentaine d'appareils. Ils conviennent pour les missions d'escorte des convois marchands et des trains d'escadre, ou pour les missions de soutien, lorsqu'il faut, par exemple, fournir à un corps de débarquement les bases flottantes nécessaires à l'aviation, en attendant que les troupes aient pu prendre pied à terre et aménager des aérodromes. Ce type de bâtiment sera représenté, dans notre marine, jusqu'à la construction de nouvelles unités de ce type qui ne s'impose d'ailleurs qu'en seconde urgence après les porte-avions de combat, par le *Béarn*, le *Dixmude* (fig. 6), et, sans doute, après remise en état, le *Commandant-Teste*.

Les croiseurs et escorteurs océaniques

La construction de croiseurs par notre marine ne s'impose pas pour le moment. On peut, d'ailleurs, concevoir que beaucoup de missions dévolues à cette catégorie de bâtiments puissent être remplies désormais par les porte-avions légers. La marine anglaise en particulier semble avoir admis cette idée.

Par contre, les grands navires de combat et les convois marchands auront toujours besoin d'escorteurs anti-aériens et anti-sous-marins. A l'issue de la guerre, ces bâtiments ressortissent à deux catégories différentes :

- des super-destroyers d'environ 2 500 t W pour accompagner les forces de raid, avec un fort armement de D. C. A. et de grenades anti-sous-marines et, au moins, une plate-forme quadruple ou quintuple de tubes lance-torpilles (fig. 7 et 8) ;

- des escorteurs océaniques lents, genre fré-

gate anglaise ou destroyer d'escorte américain. Ce seront des bâtiments à turbines ou à Diesel de 1 300/1 500 tonnes, capables, eux aussi, de tenir la mer par tous les temps, mais qui n'ont pas besoin de torpilles.

Le nombre est un facteur important pour ces deux catégories de bâtiments qui trouvent en temps de guerre de nombreux autres emplois. Or notre marine, étant donné l'usure de nos derniers torpilleurs du type *Trombe*, ne dispose plus que des quelques bâtiments ex-allemands que nous a cédés l'Amirauté anglaise sur sa part des prises de guerre. Il faut donc prévoir leur construction par petites séries, venant s'ajouter régulièrement tous les ans à notre flotte.

Les sous-marins

Parmi les grandes catégories de navires de combat, telles que nous sommes accoutumés de les considérer par tradition, reste le sous-marin. Le sous-marin paraît être un des grands vaincus de la guerre, si l'on considère l'effondrement des flottilles allemandes à partir de l'été 1943. On oublie, par contre, de rappeler les succès croissants remportés par les sous-marins américains contre le trafic marchand japonais. Là encore, il faudra adapter ce type de bâtiment aux circonstances et les nouvelles unités qui pourront être construites ne devront certainement pas être mises en chantier avant une étude approfondie. Malgré le radar (1) et malgré l'Asdic, malgré l'emploi intensif de l'aviation dans la surveillance des routes océaniques, le sous-marin conserve, grâce aux perfectionnements introduits dans son équipement depuis 1944, une invisibilité relative, qui continue à lui donner de grosses possibilités militaires. A la fin de la guerre, les Allemands avaient réalisé au stade expérimental des sous-marins à moteur unique, rapides en surface et en plongée, dont les submersibles de demain dériveront sans

(1) Voir « Le radar » (*Science et Vie*, n° 338, novembre 1945).

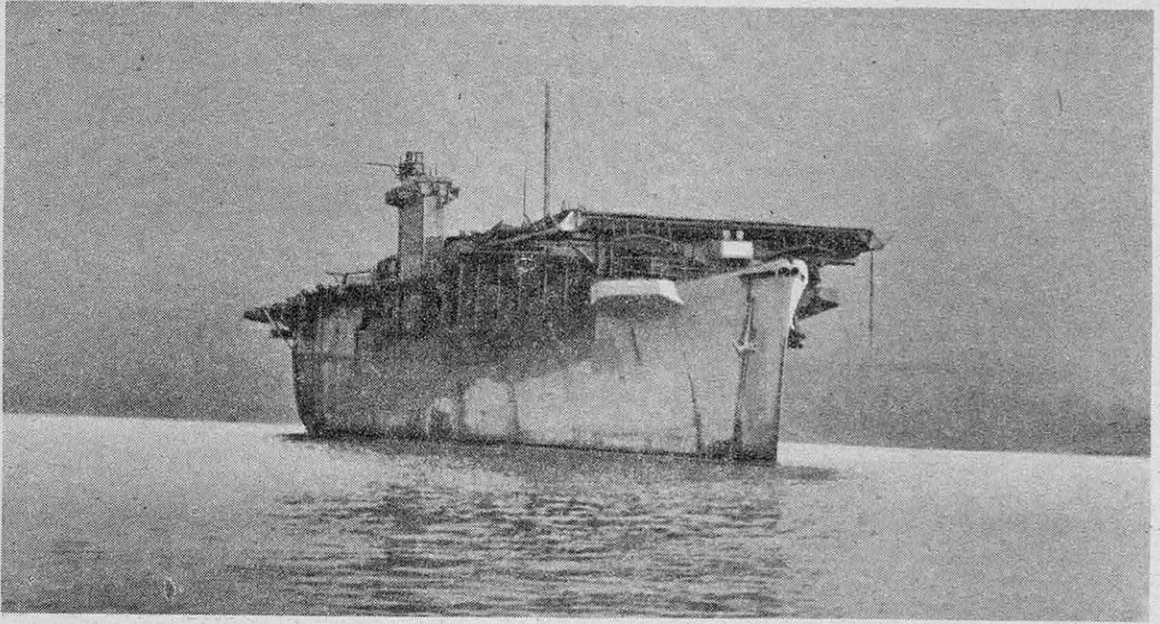


FIG. 6. — LE PORTE-AVIONS « DIXMUDE »

C'est un porte-avions français d'escorte pouvant embarquer une trentaine d'appareils, convenant pour des missions d'escorte de convois marchands et de trains d'escadres, ou encore pour fournir à un corps de débarquement une base nécessaire à l'aviation en attendant l'aménagement d'un aérodrome. Le Dixmude résulte de la transformation, en 1941-1942, d'un cargo américain.

doute ; et, pour diverses formes d'action militaire : raids de diversion, surveillance permanente de certains secteurs, mouillages de mines, attaque du trafic et des lignes de communication, on ne pourra leur dénier tout intérêt militaire.

L'aviation navale

Dans la marine française, enfin, l'aviation jouera un rôle essentiel à côté des types de bâtiments de mer qui viennent d'être évoqués. Elle absorbera, sans nul doute, dès que les porte-avions de combat seront en service, la plus grosse part des ressources attribuées à la marine. Elle sera représentée par des escadrilles nombreuses comportant des appareils d'exploration qui seront, dans beaucoup de cas, de véritables navires volants, des avions mouilleurs de mines, des bombardiers, des avions-torpilleurs, et des avions de combat (chasse). Ces derniers auront des caractéristiques différentes suivant qu'il s'agira d'appareils autonomes uniquement basés à terre ou d'avions embarqués, mais ils pourront tous enlever un gros chargement de bombes, de torpilles ou de grenades. Notre marine recommence seulement à pouvoir rééquiper certaines de ses formations côtières avec des appareils de conception française : elle a commandé, par exemple, des avions-torpilleurs type Bloch 175, dont les caractéristiques sont comparables à celles des appareils analogues les plus réussis des aviations anglo-américaines (fig. 9). Ce sont des monoplans bimoteurs (deux Gnome et Rhône de 1180 ch), de 7,5 t en charge et 18 m d'envergure, ayant une autonomie de 3 000 km à 400 km/h, une vitesse maximum de 620 km/h et un plafond de 10 300 m.

Montés par trois hommes, ils sont armés de trois canons de 20 mm, huit fusées et enlèvent soit une torpille automobile, soit trois grenades de 165 kg. Un gros effort reste à faire pour mettre au point l'aviation destinée à embarquer sur les porte-avions, pour laquelle nous sommes encore tributaire des Alliés, nos avions de bombardement en piqué étant toujours des S. B. D. américains et les chasseurs, des « Seafire » anglais.

Au cours de la discussion du budget des armées, certains ont réclamé l'intégration de l'aviation maritime dans l'armée de l'air. Cette tendance a, sans aucun doute, été provoquée par la méconnaissance du rôle considérable de l'aviation maritime due au fait que, pendant toute la guerre, notre aéronavale, privée de porte-avions et d'aviation embarquée, n'est intervenue dans les opérations que pour des missions qui ont été remplies en Angleterre par le Coastal Command de la R. A. F., opérations auxquelles des escadrilles de notre aviation militaire ont pu être associées dans une mer étroite comme la Méditerranée. Or les Anglais admettent précisément que, si courageux et si capables qu'aient été les pilotes de la R. A. F. affectés au Coastal Command, ceux-ci n'ont jamais eu une connaissance suffisante de la mer, des navires et des opérations navales, pour remplir parfaitement toutes les missions incombant à l'aviation maritime, et l'Amirauté britannique vient de demander l'intégration dans l'aviation navale des formations du Coastal Command chargées de missions spécifiquement maritimes.

De même, l'action de la Luftwaffe et de l'aviation italienne dans la guerre sur mer n'a jamais

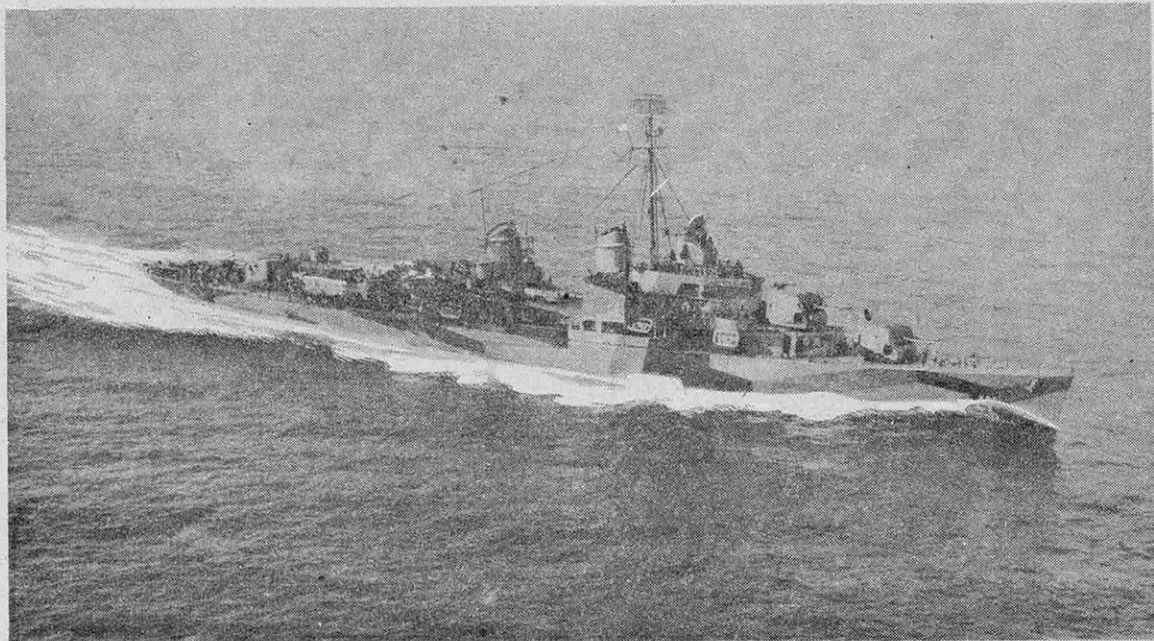


FIG. 7. — LE SUPER-DESTROYER AMÉRICAIN « ALLAN M. SUMMER »

C'est l'un des derniers mis en service, il fait partie d'une série de 160 bâtiments qui déplacent en pleine charge 2 900 t, et ont un rayon d'action de 6 000 milles à 15 nœuds. Ils sont armés de 6 canons de 127 mm AA (trois tourelles doubles), 12 canons de 40 mm AA, 10 (Erlikon de 20 mm, 10 tubes lance-torpilles (2 plates-formes), 2 grenadeurs et 6 à 8 mortiers.

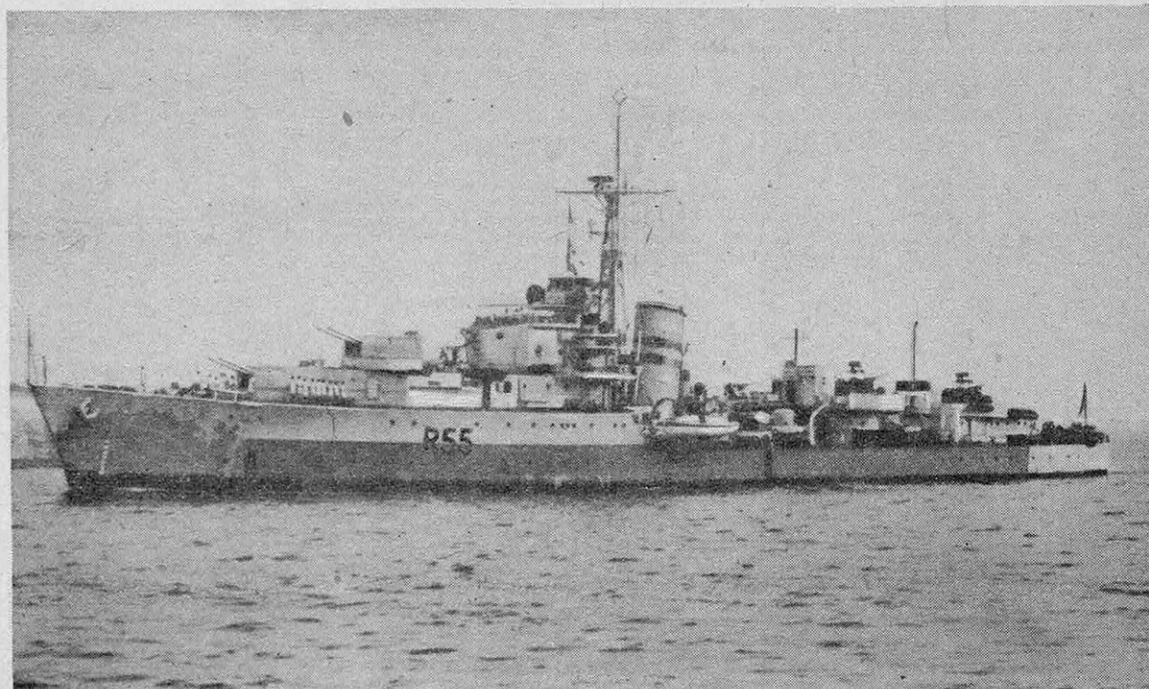


FIG. 8. — LE SUPER-DESTROYER ANGLAIS « FINISTERRE »

Ce bâtiment appartient à la série dite des « batailles ». Les bâtiments de ce type déplacent en pleine charge plus de 3 000 t, et leur rayon d'action est de 4 500 milles à 20 nœuds. Leur armement comprend 4 canons de 114 mm AA (2 tourelles), 8 à 12 canons de 40 mm AA, 6 à 8 canons (Erlikon de 20 mm AA, 8 tubes lance-torpilles, des grenadeurs et des mortiers. Ces bâtiments représentent le type actuel d'escorteur océanique pour les « forces de raid » ; ils nécessitent des équipages de plus de 300 hommes.

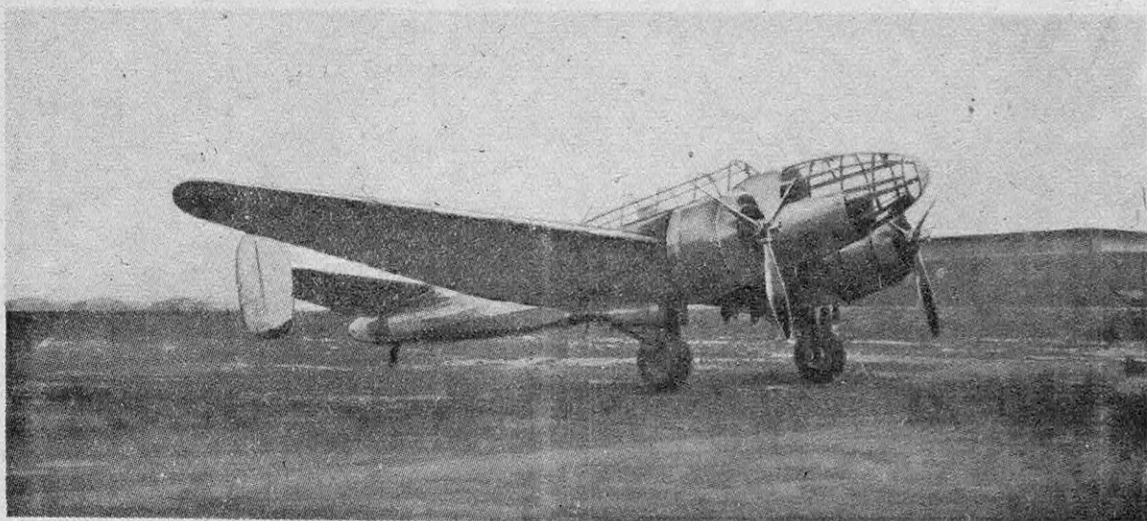


FIG. 9. — UN AVION-TORPILLEUR « BLOCH 175 »

C'est un monoplane triplace bimoteur (2 Gnome et Rhône de 1 180 ch), de 18 mètres d'envergure et 7,5 t en charge. Vitesse maximum 620 km/h, autonomie 3 000 km à 400 km/h, plafond 10 300 m. Il est armé de 3 canons de 20 mm, 8 fusées, et emporte soit une torpille automobile, soit 3 grenades de 165 kg. Il est employé pour le torpillage et le bombardement en piqué.

eu d'effet maximum parce que celles-ci échappaient complètement à la marine qui n'avait pratiquement aucune aviation à sa disposition directe. Au contraire, là où l'aviation a eu l'action la plus décisive et la plus importante dans la guerre navale, c'est-à-dire sur le théâtre du Pacifique, elle faisait partie intégrante de la marine, aussi bien chez les Américains que chez les Japonais. A l'avenir, il est donc indispensable que tous les éléments des forces chargés d'opérer sur mer puissent intervenir avec une communauté de vues et de doctrine parfaite, qu'ils soient purement marins ou aériens. Pour cela, il est indispensable que le matériel aviation soit entre les mains de marins aviateurs, plutôt que d'aviateurs ayant reçu un complément de formation maritime.

Conclusion

On objectera peut-être à ce qui précède que nous avons supposé pour la future marine française le maintien pur et simple des armes et des types de navires ou d'avions existant à la fin de la guerre, indépendamment de tous nouveaux progrès ; il est bien évident pourtant que notre marine ne pourra être, pendant quelque temps, qu'une marine de transition, et il ne nous appartient pas de pronostiquer l'importance que prendra dans les armements futurs tel ou tel engin nouveau qui venait seulement d'être expérimenté dans les dernières semaines de la guerre ou qui était encore à l'étude. Il est vraisemblable d'ailleurs que les experts les plus qualifiés hésiteraient encore à se prononcer sur ce sujet.

Pour conclure, nous voudrions rappeler une simple phrase prononcée par l'amiral anglais Sir John Fisher. Il y a environ quarante ans, cet officier général, qui fut un novateur de génie et un réformateur hardi, contribua plus que tout autre à la naissance du navire de ligne armé exclusivement de grosse artillerie comme élément de base des marines, et cette idée très nouvelle

heurta violemment de solides traditions. S'adressant aux officiers de l'escadre de la Méditerranée qu'il commanda de 1899 à 1902, il leur déclara : « La conception du navire de combat doit évoluer d'après les armes à utiliser, et ce ne sont pas celles-ci qui doivent se plier à telle ou telle formule de navire existant. » C'est cette idée et nulle autre qui doit guider les responsables de notre équipement militaire, aérien et naval dans le choix des éléments constitutifs de notre future marine.

Il faut enfin se souvenir que le haut commandement français, aujourd'hui plus encore qu'hier, doit envisager pour notre marine un champ d'action océanique très étendu — ne projette-t-on pas de faire de Dakar et de Diego-Suarez deux des bases stratégiques permanentes de la flotte ? — Il aura besoin de pouvoir déplacer rapidement ses forces sur cet immense échiquier. De là l'idée toute naturelle de faire appel, en premier lieu, aux escadres aériennes ; mais, dans des parages aussi lointains où les ressources en bases et moyens terrestres ne pourront se multiplier indéfiniment, il est indispensable que l'aviation puisse s'appuyer également sur des bases mobiles. D'où la nécessité de disposer de ces formations très puissantes et très mobiles que sont les « task forces » navales d'aujourd'hui, où quelques navires porteurs de canons, ou peut-être lanceurs de fusées, et des escorteurs graviteront en satellites indispensables autour de porte-avions.

Et il faudra que ces « moyens » d'une nature très différente, mais dont l'action se déroulera, dans les moments de crise, dans le même temps et « sur la même verticale » en l'air, en surface et sous les eaux, soient utilisés par des marins, car la coordination à un instant donné de forces aussi mobiles ne peut être acquise que par une vie au coude à coude permanent.

Henri LE MASSON.

LE CINÉMA EN COULEURS

par Pierre BRARD

Cinéaste diplômé de l'État (E. T. C.)

En cinquante ans, le cinéma, qui était à l'origine un « art forain », est devenu la deuxième industrie mondiale, possédant un capital de plus de cent milliards de francs. La France, qui a donné naissance à la plupart des auteurs de cette invention collective, possède une grande industrie cinématographique : le cinéma y occupe en temps normal le deuxième rang après l'industrie sidérurgique et le premier rang actuellement du fait du marasme économique. Or cette industrie, qui rapporte annuellement à l'État, du seul point de vue fiscal, plus de 2,5 milliards de francs, est menacée de mort si elle se laisse distancer du point de vue technique par celles des autres nations. Celles-ci exploiteront elles-mêmes les procédés qu'elles auront mis au point, quitte à nous emprunter nos spécialistes de l'art cinématographique. Dans un domaine déjà, celui du dessin animé, l'industrie américaine a réussi à s'assurer un véritable monopole ; mais il est un autre domaine où il serait encore plus dangereux de se laisser dépasser : c'est le cinéma en couleurs qui est appelé à supplanter dans quelques années le cinéma en noir et blanc. Ce n'est plus seulement l'Amérique, mais l'Angleterre et l'Europe centrale qui ont équipé des usines de fabrication et d'immenses studios pour la production des films en couleurs. Bien que des chercheurs français aient ici encore une grande part dans la découverte des procédés de reproduction des couleurs, la France, dont cinq ans d'occupation étrangère ont, dans de nombreux domaines, retardé l'effort de recherche et d'organisation, n'est pas aujourd'hui en mesure de lutter à armes égales avec ces concurrents dangereux. Elle se doit de combler ce retard sous peine de voir émigrer nos meilleurs spécialistes de l'art cinématographique et périliter une de ses industries les plus prospères.

Qu'est-ce que la couleur ?

La lumière qui nous parvient des sources lumineuses telles que le Soleil ou les lampes, et qui est réfléchie, réfractée ou diffusée par les objets, n'est pratiquement jamais pure. Elle est formée du mélange d'un nombre très grand, et même généralement infini, de radiations de longueurs d'ondes différentes. Nous pouvons mettre cette propriété en évidence en faisant tomber sur un prisme un étroit faisceau lumineux diaphragmé par une fente mince. Nous décomposons ainsi la lumière en un spectre étalé sur une large surface où apparaît une série de lignes (les raies) et de bandes, plus ou moins intenses. Les différences de composition de la lumière sont sensibles à l'œil qui les apprécie en attribuant à chaque sensation lumineuse une couleur.

La lumière du Soleil, quand il est assez haut au-dessus de l'horizon, est dite *blanche* et correspond à un certain dosage relatif des radiations du spectre visible. Les objets que nous disons blancs, le plâtre par exemple, sont ceux qui diffusent la lumière sans altérer le dosage des radiations de son spectre. (Un objet « blanc », éclairé en lumière « rouge », paraît « rouge ».)

Les corps *colorés*, par exemple le sang ou la chlorophylle des feuilles, sont des corps qui, lorsqu'ils réfléchissent, réfractent ou diffusent la lumière, ne le font pas de la même manière pour toutes les radiations et prélèvent, parfois complètement, de larges bandes du spectre visible.

Enfin, le *noir* est l'absence de lumière. Un corps nous paraît « noir » lorsqu'il absorbe totalement toutes les radiations lumineuses qui le frappent. (Un corps « vert » éclairé en lumière « rouge » paraît « noir ».)

La sensation de couleur est essentiellement subjective et, s'il est possible d'attribuer à chaque région du spectre le nom d'une couleur, l'opération inverse, appliquée aux teintes observées dans la vie courante, serait complètement illusoire. Ces teintes correspondent, en règle générale, à des compositions spectrales dont notre œil n'a qu'une impression globale et dont il est impuissant à faire l'analyse. Même les couleurs « primaires », dont il sera question plus loin, telles le bleu, le rouge et le jaune des pigments colorés, loin de constituer des couleurs « pures » au sens des physiciens, révéleraient à l'analyse spectrographique une composition complexe.

Pour comprendre le principe de la reproduction cinématographique des couleurs, nous allons passer en revue quelques expériences que l'on peut faire à ce sujet.

Couleurs complémentaires

Prenons un disque en carton blanc et divisons-le, suivant un diamètre, en deux parties égales, l'une blanche, l'autre de couleur vive, verte par exemple. Faisons le tourner à la vitesse convenable (ni trop lente, ni trop rapide), et nous constaterons que la partie restée blanche apparaît colorée en *rose* (planche I, fig. A). Bien entendu, dès que la rotation s'arrête, l'impression de *rose* disparaît. La vision d'une

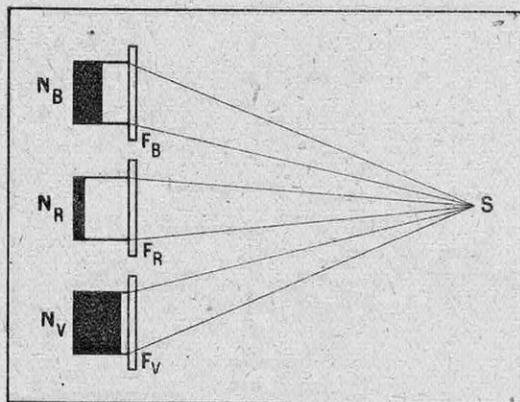


FIG. 1. — PRINCIPE DE L'ANALYSE DES COULEURS PAR SÉLECTION TRICHROME

Une source lumineuse colorée S impressionne pendant le même temps trois éléments de film sensible à travers trois filtres colorés respectivement bleu (F_B), rouge (F_R), et vert (F_V). Après développement des trois pellicules, la densité d'argent réduit est proportionnelle aux intensités lumineuses qui ont traversé chacun des filtres. Chacun des éléments de surface d'un objet impressionnant des éléments correspondants des trois films, on obtient de cet objet trois images négatives. Nous avons représenté par une certaine fraction de l'épaisseur totale de la pellicule la proportion de l'argent qui est réduit dans les éléments des trois films correspondant à un même élément de l'objet. Dans le cas de la figure, la lumière émise par S contient très peu de rouge, beaucoup de vert et une proportion moyenne de bleu.

couleur fait naître immédiatement une « réponse » subjective de nos organes de la vision sous la forme d'une couleur « complémentaire » de la première et, en variant les expériences, on constate que chaque couleur éveille la sensation d'une autre couleur :

- Le rouge appelle le vert ;
- Le bleu appelle l'orangé ;
- Le jaune appelle le bleu violacé ; etc.
- Réciproquement :
- Le vert appelle le rouge ;
- L'orangé appelle le bleu ;
- Le bleu violacé appelle le jaune ; etc.

Le mélange des couleurs : synthèse additive et synthèse soustractive

Si nous projetons sur un même écran deux taches de lumière de couleurs complémentaires et d'intensité convenable, nous obtenons un mélange des couleurs qui reconstitue la couleur blanche. Nous pouvons expliquer le phénomène de la façon suivante : l'une des radiations lumineuses projetées contient dans son spectre les radiations qui manquent à l'autre pour constituer de la lumière blanche. En les ajoutant, on reconstitue le blanc par *synthèse additive*. En faisant varier les intensités relatives des deux faisceaux lumineux colorés, nous pouvons obtenir toutes les teintes intermédiaires entre les deux couleurs mélangées.

Il existe également une autre manière de mélanger les couleurs qui donne des résultats différents : sur un faisceau de lumière blanche interposons un filtre jaune et un filtre bleu appliqués l'un contre l'autre de telle sorte que la lumière les traverse successivement : nous

obtenons une couleur verte qui est le mélange des deux premières. Le mélange s'est fait ici de la manière suivante : de la lumière blanche, nous avons commencé par retrancher la portion du spectre que le filtre jaune arrête, puis celle qui ne traverse pas le filtre bleu, et c'est le résultat de ces deux soustractions qui a donné une lumière verte. La formation d'une couleur par un tel procédé s'appelle *synthèse soustractive*. En particulier, si nous mélangeons deux couleurs exactement complémentaires, nous arrêtons une portion du spectre de la lumière blanche avec le premier filtre, puis le reste du spectre avec le deuxième filtre, et, par conséquent, le résultat est qu'il ne passe plus de lumière : le mélange obtenu est *noir*.

La presque-totalité des couleurs que nous observons dans la vie courante est produite par soustraction à partir de la lumière blanche : un corps nous apparaît coloré parce qu'il absorbe une certaine portion du spectre. Si nous mélangeons deux couleurs matérielles, les pigments qui les composent retranchent chacun pour leur part une certaine portion des radiations qui tombent dans une surface donnée du corps, et la couleur obtenue est le résultat de ces deux soustractions successives.

La différence entre synthèse additive et synthèse soustractive est mise en évidence par l'expérience de Plateau (planche I, fig. B), dans laquelle on réalise de deux façons, sur un disque tournant, le mélange du bleu d'outremer et du jaune de chrome, couleurs qui sont presque complémentaires. Au centre, par mélange des couleurs matérielles, on obtient du vert (synthèse soustractive) ; à la périphérie, par superposition des impressions lumineuses du bleu et du jaune, on obtient un gris neutre qui se rapproche des blancs (synthèse additive).

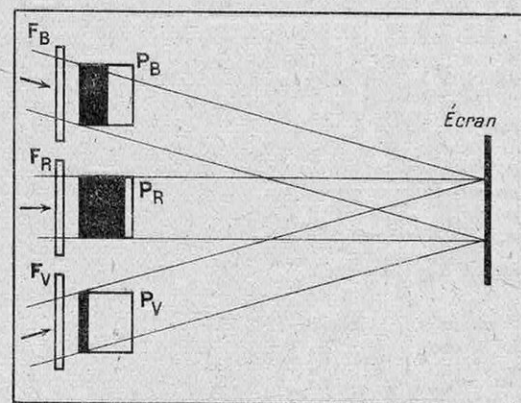


FIG. 2. — PRINCIPE DES PROCÉDÉS ADDITIFS DE CINÉMA EN COULEURS

A partir des trois négatifs N_B , N_R , N_V (fig. 1), on fait trois tirages positifs P_B , P_R et P_V des images. Les densités relatives d'argent réduit se trouvent inversées. Si nous projetons sur un même écran les trois éléments d'image colorés à l'aide des mêmes filtres qui ont servi à la sélection, la couleur se trouve reconstituée. Par exemple, la couleur analysée dans le cas de la figure 1 donnera une reproduction qui contiendra très peu de rouge (forte densité d'argent dans le positif), beaucoup de vert et une proportion moyenne de bleu, ce qui correspond à la composition de la lumière issue de la source S .

Pour reproduire toutes les teintes dans leurs nuances les plus délicates, on réalise d'ordinaire des synthèses additives ou soustractives de trois couleurs (1), de bleu, de jaune et de rouge par exemple ou bien de vert, d'orangé et de bleu violacé qui se trouvent sur le cercle de Beaudeneau (planche I, fig. C) aux sommets de triangles équilatéraux. Ces couleurs sont complémentaires parce que, pour un certain dosage de leurs intensités, on obtient du blanc en synthèse additive (planche I, fig. D), et du noir en synthèse soustractive (planche I, fig. E). En faisant varier leurs intensités relatives, on pourra reproduire toutes les nuances désirées.

Pour la synthèse soustractive, nous ferons passer la lumière à travers trois filtres de couleurs complémentaires, ou nous mélangerons trois pigmentations convenables. Pour la synthèse additive, nous projeterons simultanément ou alternativement sur un écran des faisceaux convenablement colorés.

La reproduction des couleurs par sélection trichrome

Quel que soit le procédé que l'on adopte pour reproduire photographiquement les couleurs, il faut d'abord les analyser à la prise de vue. Pour cela, les procédés reposent tous sur le même principe : on forme d'un objet trois images filtrées à l'aide de trois filtres : rouge, vert et bleu, par exemple. Ces images donnent trois négatifs dans lesquels la densité de l'argent précipité est proportionnelle à l'intensité de la couleur correspondante (fig. 1). Ces trois images pourront d'ailleurs se trouver sur trois films différents, ou sur le même film à des emplacements différents, ou même superposées ou imbriquées les unes dans les autres.

A partir de ces trois négatifs, on peut reproduire la couleur, par synthèse additive ou par synthèse soustractive.

Dans le premier cas, qui est le plus simple à comprendre et le plus satisfaisant au point de vue théorique, on tire de chacun des négatifs une image positive, et on projette sur le même écran trois images superposées que l'on a préalablement filtrées à l'aide des mêmes filtres colorés qui ont servi à la prise de vues. On obtient une image positive colorée de la même manière que l'objet photographié parce que le dosage des trois radiations est le même que celui de la lumière analysée à la prise de vues (fig. 2).

Dans le deuxième cas, on forme sur l'argent réduit des trois négatifs un dépôt de pigments convenables dont l'importance est proportionnelle à la densité des granules d'argent réduit, et qui, avec ou sans élimination de l'argent, donne trois clichés négatifs colorés de l'image.

(1) Et parfois même de quatre couleurs.

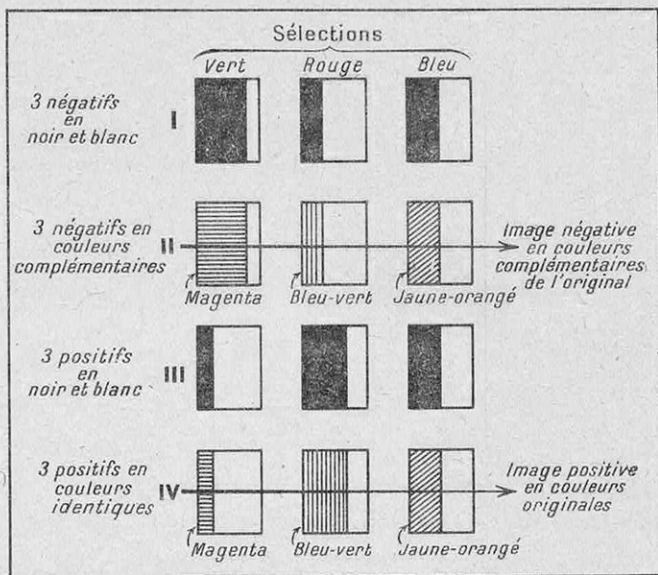


FIG. 3. — PRINCIPE DES PROCÉDÉS SOUSTRACTIFS DE SYNTHÈSE DE LA COULEUR

On remplace dans chacun des trois négatifs (I) obtenus à l'analyse (fig. 1) l'argent précipité par un pigment convenable, de couleur complémentaire de celle qui a servi à la sélection trichrome : par exemple, dans le négatif correspondant au filtre bleu, l'argent est remplacé par un pigment jaune orangé (blanc moins bleu), dans le négatif du rouge par un pigment bleu vert (blanc moins rouge) et enfin dans le négatif du vert par un pigment magenta (blanc moins vert). La lumière qui traverse successivement ces trois négatifs colorés (II) donne une image résultante négative dont les couleurs sont complémentaires des couleurs photographiées : sur l'exemple choisi (qui correspond au cas de la fig. 1), la lumière qui traverse le négatif perdra beaucoup de vert (traversée du pigment magenta) et peu de rouge (traversée du pigment bleu vert) ; sa couleur sera complémentaire de celle qu'on a photographiée. Si on répète l'opération, on obtiendra, après passage par trois positifs en noir et blanc (III) et remplacement de l'argent par les mêmes pigments qu'en II, trois positifs (IV) qui donneront une image résultante positive et de même couleur que l'original.

La couleur choisie pour les négatifs est *complémentaire* de celle qui a servi à la sélection de l'image (magenta pour le vert, jaune pour le bleu, et bleu vert pour le rouge).

Si l'on superpose alors les trois images colorées, la lumière, passant successivement à travers ces images, donne, par synthèse soustractive, un négatif de couleur complémentaire de la couleur initiale (fig. 3). Si l'on recommence à partir de cette image la même série d'opérations, on obtient d'abord trois sélections positives en noir et blanc, puis trois images en couleurs complémentaires de la sélection, donnant une image *positive* et de même couleur que l'original.

Les principes étant exposés, nous allons maintenant examiner les divers procédés de prise de vues, de traitement des films et de projection.

La sélection trichrome par images successives

Ce procédé (inventé par Léon Gaumont) n'est pas historiquement le premier en date et nous l'étudions d'abord parce qu'il occupe une place à part et pour n'avoir pas à y revenir.

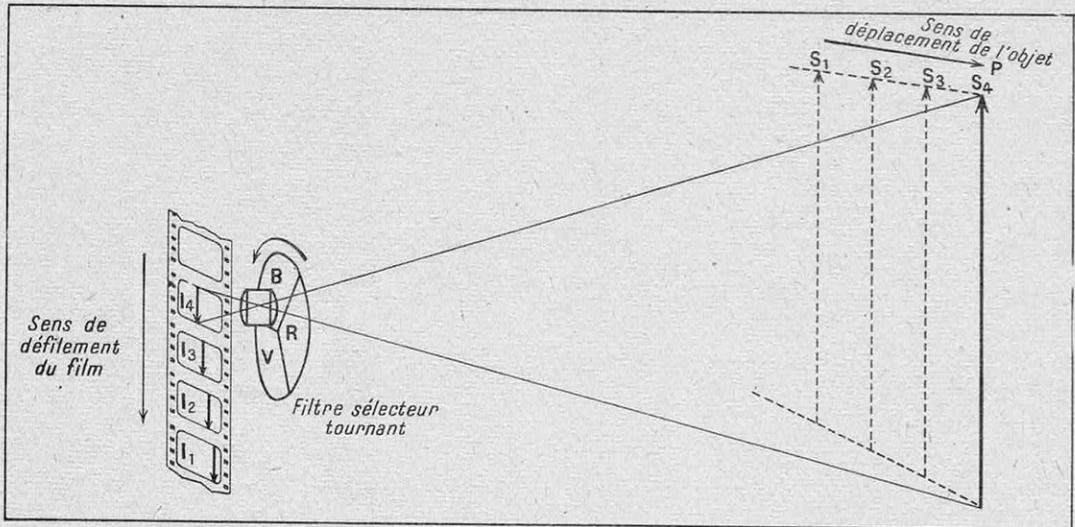


FIG. 4. — PRINCIPE DU CINÉMA EN COULEURS PAR SÉLECTION SUCCESSIVE DES TROIS IMAGES (GAUMONT)

L'objet occupe successivement devant l'objectif les positions S_1, S_2, S_3, S_4 , qui sont filmées et donnent les images I_1, I_2, I_3, I_4 . Devant l'objectif, un filtre coloré partagé en trois secteurs respectivement rouge, vert et bleu, tourne d'un tiers de tour à chaque prise de vues de telle sorte que les images sont successivement filtrées en lumière bleue, rouge et verte. On fait un tirage positif en noir et blanc des négatifs ainsi obtenus et on projette le film en filtrant chaque image par le même filtre sélecteur qui a servi à la prise de vues. L'addition des sensations produites par trois images reconstitue la couleur, sauf pour les contours des surfaces colorées en mouvement qui ne se recouvrent pas exactement.

Il utilise pour la synthèse *additive* des couleurs trois sélections positives projetées *successivement* sur l'écran à travers des filtres rouge, vert et bleu et qui se superposent subjectivement par suite de la persistance des impressions lumineuses sur la rétine.

Le dispositif est très séduisant par sa simplicité, car, à la prise de vues comme à la projection, la seule complication supplémentaire qu'il entraîne par rapport au cinéma en noir et blanc est l'adjonction d'un filtre coloré tournant divisé en trois secteurs égaux, correspondant chacun à une des couleurs de la sélection.

Malheureusement, il présente un défaut qui est vraiment paradoxal pour le cinéma, art du mouvement par excellence : la reproduction des couleurs n'est parfaite que si les sujets cinématographiés sont immobiles ! Sinon les trois images composantes d'une même image colorée ne sont pas exactement superposables (fig. 4), il en résulte des franges sur le bord des images, analogues, dans une certaine mesure, à celles que donnerait une photogravure trichrome dont le repérage serait mal fait.

Et cet effet est d'autant plus sensible que les déplacements des images sont plus rapides. Ce défaut, que l'on appelle *parallaxe de mouvement*, est impossible à corriger et condamne irrémédiablement le film à images composantes successives.

Il a cependant donné de meilleurs résultats dans un procédé qui combine deux méthodes d'analyse des couleurs : le procédé Francita, que nous examinerons plus loin, et dans lequel on analyse simultanément deux couleurs, puis séparément la troisième, ce qui atténue dans une certaine mesure les inconvénients de la parallaxe de temps.

La sélection simultanée des trois couleurs : la parallaxe d'espace

Dans le plus grand nombre des procédés de 'cinéma en couleurs, la sélection des images est simultanée, ce qui supprime la parallaxe de temps. Dans le premier film en couleurs réalisé par Léon Gaumont en 1919, et qui représentait le défilé de la Victoire, trois images étaient enregistrées par trois objectifs parallèles devant lesquels on avait placé trois filtres respectivement bleu, rouge et vert (fig. 5). Après tirage des positifs, les trois images en noir et blanc étaient projetées sur un écran par trois objectifs semblables, et les couleurs reconstituées par synthèse additive.

Il est impossible de réaliser un appareil plus simple au point de vue théorique. Malheureusement, il présente dans la pratique un certain nombre d'inconvénients.

Il nécessite à la projection un appareillage assez compliqué : trois objectifs munis de filtres colorés et d'un dispositif électromécanique commandé à distance par un observateur chargé de diminuer les effets de la parallaxe d'espace en faisant converger les faisceaux issus des trois objectifs. Cette solution n'est pas un remède rigoureux. Ce n'est qu'un palliatif.

Pour la reconstitution de l'image sur l'écran, on applique le principe du retour inverse de la lumière. Or l'objet que l'on photographie est un objet à trois dimensions, et l'écran de projection est à deux dimensions seulement. La coïncidence des trois images n'est donc qu'approchée. Ces trois images diffèrent, comme diffèrent les images obtenues dans un appareil stéréoscopique. Dans toutes les parties où elles ne se superposent pas (les contours des images), on a des franges aussi gênantes que celles de la

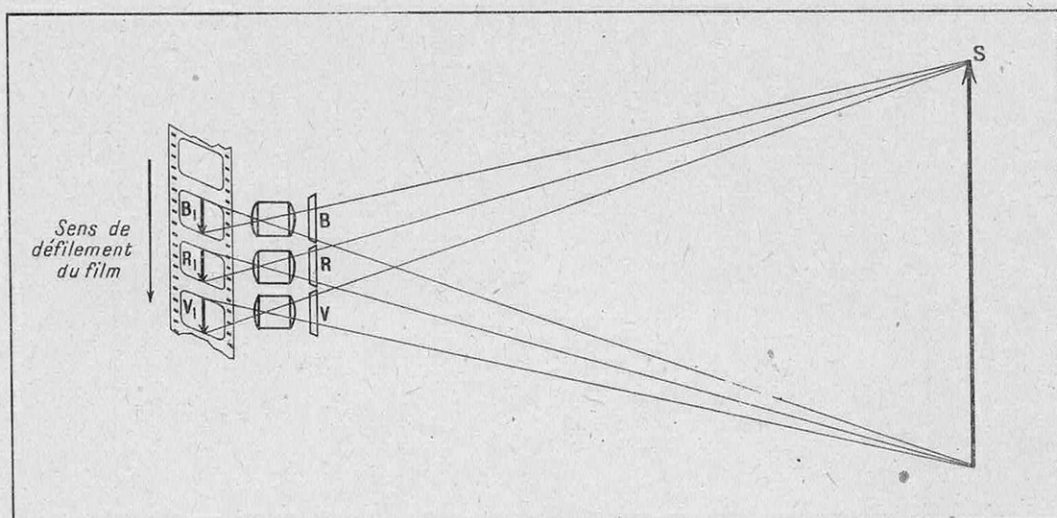


FIG. 5. — SCHÉMA DE PRINCIPE DU PREMIER APPAREIL DE CINÉMA EN COULEURS (LÉON GAUMONT, 1919)

A la prise de vues, l'appareil enregistre sur un film ordinaire trois images simultanées à l'aide de trois objectifs munis respectivement de filtres bleu, rouge et vert. La bande se déplace donc à une vitesse triple de la vitesse ordinaire de prise de vues. On tire de cette bande un positif en noir et blanc, et les trois images obtenues sont projetées simultanément par trois objectifs, munis respectivement des mêmes filtres qui ont servi à la prise de vues. La couleur est reconstituée par synthèse additive (superposition de faisceaux lumineux colorés).

parallaxe de temps : c'est ce qu'on appelle la *parallaxe d'espace*.

On a cherché à atténuer ou même à supprimer complètement la parallaxe d'espace, et voici les solutions qui ont été employées.

La suppression de la parallaxe d'espace : les objectifs composites

La parallaxe d'espace est d'autant plus petite que les axes optiques des objectifs de prise de vues sont plus rapprochés. Dans le procédé Pinchart de prise de vues (fig. 6 a), on les rapproche tellement que les ouvertures de ces objectifs empiètent les unes sur les autres et que l'on peut les souder en un seul objectif composite à quatre lentilles, la quatrième étant employée, dans le cas où le mode de reconstitution de la couleur est soustractif, pour une prise de vues supplémentaire en noir et blanc, dont l'image, tirée en positif, est alors superposée aux trois images soustractives. Dans le cas où le mode de reconstitution de la couleur est additif, les quatre objectifs sont utilisés avec quatre filtres colorés et permettent la « tétrachromie ».

Dans le procédé Roux (fig. 6 b), un objectif unique donne de l'objet cinématographié une image à l'infini, et cette image est ensuite reprise par quatre petits objectifs. Ceux-ci donnent de l'objet virtuel qu'ils ont à photographier une image sans parallaxe, puisque cet objet est à l'infini.

Dans le procédé Dick Nicolian, on emploie un objectif unique qui donne une image réelle reçue sur un écran dont un objectif multiple muni des filtres appropriés donne à son tour quatre images sélectionnées sur l'emplacement d'une seule image de format normal.

On a également employé des systèmes de miroirs pour décaler l'axe optique d'un objectif et l'amener à coïncider avec l'axe optique

d'un autre objectif (procédé Francita, fig. 6 c), ce qui permet de prendre simultanément deux images d'un même objet sans parallaxe.

Enfin, on a placé derrière l'objectif un système de deux prismes dont les bases sont des triangles rectangles isocèles et qui sont collés de façon à reconstituer un parallélépipède rectangle (fig. 6 d). La face de contact de deux prismes est semi-réfléchissante et renvoie à angle droit une fraction convenable de la lumière qui la traverse. Dans ces conditions, l'image que donne l'objectif peut être employée deux fois, et même, comme nous le verrons, dans les prises de vues destinées aux procédés soustractifs (Technicolor), l'image renvoyée latéralement sert à deux des sélections par deux filtres successifs, ce qui permet trois utilisations de la même image.

Le film gaufré

Ce procédé a été imaginé par le Français Keller-Dorjan, puis perfectionné en 1908 par Berthon. Ici, la sélection trichrome se fait sur la même surface sensible, et les trois images, formées chacune d'un grand nombre de micro-éléments, sont imbriquées les unes dans les autres. Pour cela on emploie un objectif de prise de vues ordinaire. Devant cet objectif, ou mieux à l'emplacement du diaphragme, on place un filtre circulaire dont la surface est divisée par une bande transversale en trois zones de surface égale (fig. 7). Chacune de ces zones laisse passer une des couleurs (rouge, vert ou bleu) de la sélection.

Le film lui-même est gaufré (par laminage entre deux cylindres dont un lisse et un gravé en creux) sur la face tournée vers l'objectif, et celle-ci est constituée par une multitude de calottes sphériques dont les bases sont tangentes, et qui, se comportant comme autant de lentilles, donnent sur la deuxième face du film

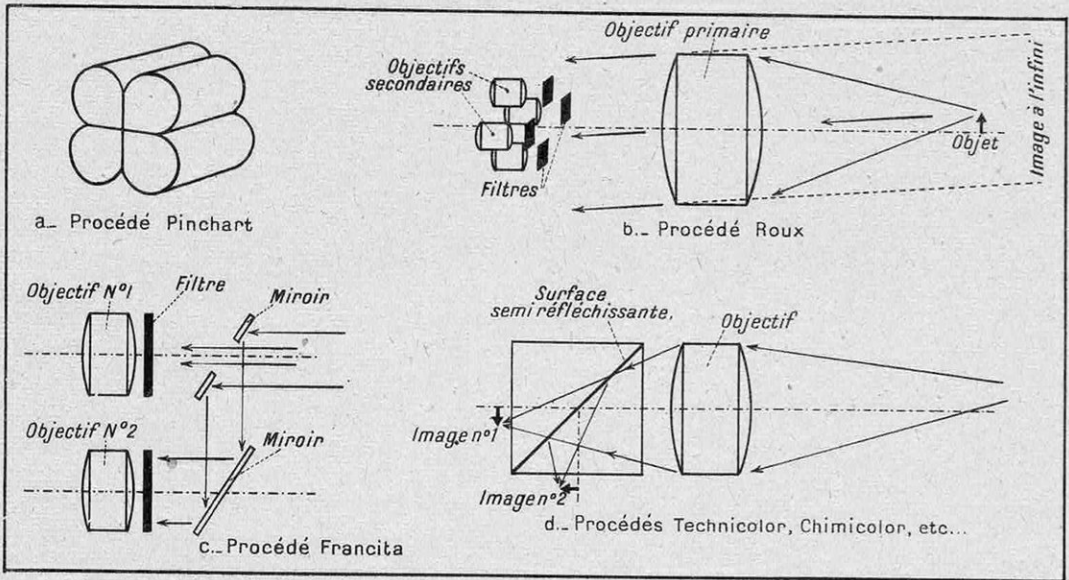


FIG. 6. — LA SUPPRESSION DE LA PARALLAXE D'ESPACE

a, objectif composite à quatre lentilles; b, un objectif primaire forme une image à l'infini, reprise par les objectifs secondaires; c, emploi de deux miroirs à 45°; d, emploi de deux prismes rectangles accolés.

une multitude d'images du filtre d'entrée. Dans ces conditions, chaque « point » de l'image de prise de vues est en réalité constitué par une de ces micro-images du filtre sélecteur et, en tant qu'image argentique, par trois densités correspondant chacune à une des sélections de la trichromie. On a donc en définitive trois images argentiques sélectionnées imbriquées les unes dans les autres.

On peut rendre l'image obtenue positive par le procédé courant appelé « inversion » du film. Si on replace alors le film dans un appareil semblable et qu'on masque simultanément deux des couleurs du filtre, on peut isoler sur un écran une des sélections de l'image colorée. Cela est évident en vertu du principe du retour inverse de la lumière. Si on projette simultanément les trois images de la sélection, on reconstitue la couleur par synthèse additive. C'est le principe du premier procédé Kodakolor.

Mais l'inversion du film est un procédé d'amateur. Si l'on veut tirer du film un nombre aussi grand de copies qu'il est nécessaire pour l'exploitation industrielle, on reproduira par tirage sur un film gaufré une copie identique à l'original. Cette opération est, en réalité, très compliquée, car le film est fait d'une matière dont les dimensions se modifient à chacun des traitements qu'on lui fait subir.

Si, par suite d'un retrait du film, les éléments du gaufrage n'ont plus exactement les mêmes dimensions que les éléments de l'image, il se produit entre eux un décalage périodique, qui donne naissance à des moirages de l'image. D'ailleurs l'expérience a montré qu'il est à peu près impossible de repérer exactement au tirage les gaufrages des deux films : original et copie.

Enfin, les intervalles entre les éléments sphériques du gaufrage donnent lieu à une perte de saturation des couleurs.

Des solutions ingénieuses à ces problèmes

ont été trouvées par le département cinéma en couleurs de la compagnie française Thomson-Houston. La désaturation est éliminée par l'emploi de gaufrage non plus en forme de lentilles, mais de cylindres. Les images sont alors sélectionnées en trois systèmes de raies longitudinales et ne comportent pas d'espaces interstitiels. Les gaufrages cylindriques sont obtenus sur les cylindres de gaufrage au moyen d'outils graveurs en diamant. On obtient ainsi des surfaces dioptriques dont la focale est rigoureusement constante alors que les procédés de gaufrage classique, par repoussage du métal sur le cylindre de gaufrage par exemple, ne donnent sur ce point que des résultats approximatifs.

Le procédé Thomson primitif consiste à obtenir des copies positives gaufrées projetables à l'aide du filtre à trois bandes, copies elles-mêmes obtenues à partir d'un original également gaufré. Les copies gaufrées ont l'inconvénient d'exiger une très forte intensité lumineuse incompatible avec les installations actuelles de la majorité des cabines de projection. Cet inconvénient a motivé le refus des exploitants de salles d'utiliser ce procédé et a incité la compagnie Thomson à remettre à plus tard le lancement de ce procédé additif, dont l'intérêt sera de nouveau à l'ordre du jour lorsque des sources lumineuses de très grande intensité, de composition spectrale équilibrée, de faible encombrement, d'alimentation facile et de manipulation aisée, seront définitivement au point. De telles sources sont parfaitement réalisables dans la classe des lampes à arc à haute pression encloses dans des ampoules en quartz.

A l'heure actuelle, le procédé Thomson est utilisable comme dispositif de prise de vues à sélection gaufrée. On obtient un original positif par inversion et, par isolement au tirage des trois images sélectionnées, il est possible d'obtenir trois négatifs dont on tirera sur un film

positif à double couche trois images positives pigmentaires soustractives. On a ainsi l'avantage de ne pas être astreint, à la prise de vues, à l'emploi d'une camera à trois films et, à la projection, d'utiliser des copies soustractives ne demandant pas de modification de l'optique de projection et de la source lumineuse.

Les films à réseaux colorés

Ce sont des films où les trois images de la sélection sont, comme dans le cas du film gaufré, enchevêtrées sur la même surface sensible, la prise de vues se faisant à travers le support. Mais ici la sélection se fait pour chaque élément d'image par un petit élément de filtre coloré matériel de couleur convenable, disposé entre le support et la couche sensible.

Voici comment se présente le film Dufaycolor, un des mieux conçus : sur un support transparent se trouve une trame de couleurs formée de lignes rouges et de carrés bleus et verts alternés (et comportant quatre cents groupes trichromes au millimètre carré) (fig. 8). Chacun de ces éléments de la trame sert de filtre pour la surface sensible qui lui correspond. Dans ces conditions, si l'on opère une prise de vues avec une camera ordinaire, derrière la surface couverte par les lignes rouges se trouve une image filtrée rouge, derrière les carrés verts et bleus une image filtrée en bleu et en vert. Si on rend ces trois images positives par inversion, la projection dans un appareil ordinaire donne une image en couleurs par synthèse additive, les trois images étant superposées parce que l'œil n'est pas capable d'apprécier les détails d'un réseau aussi fin. Nous n'entrons pas dans les détails de la fabrication du film Dufaycolor. Elle est extrêmement délicate et justifie le prix de revient élevé de ces films. Ce prix et la perte de lumière inhérente au filtrage constituent les seuls inconvénients du procédé.

Pour réaliser le réseau coloré Dufaycolor, on fait agir successivement sur la pellicule des

bains colorants, et des bains décolorants, en protégeant entre deux traitements par des traits d'encre grasse les portions dont on veut conserver la coloration.

Si, au lieu de réaliser l'inversion du film, nous le développons normalement, le dépôt argentique obtenu ne laissera pas passer les couleurs émises intensivement par l'objet et laissera au contraire passer les complémentaires en un point immédiatement voisin. Il sera donc en couleurs complémentaires des couleurs de l'objet. Si on en réalise une copie positive, la couleur de ce positif, complémentaire de celle du négatif, sera celle de l'objet.

Le tirage de ces copies positives est une opération assez délicate. Elle a l'avantage de permettre certaines corrections des couleurs, provenant de légers écarts de pose, grâce à l'interposition de filtres colorés convenables. Pour éviter un moirage dû à la superposition et à l'interférence du réseau négatif sur le réseau positif, on utilise pour le positif un réseau incliné sur le précédent. Le tirage se fait à l'aide d'une lumière spéciale ne comportant que trois bandes du spectre visible, chaque bande étant complètement absorbée par les éléments filtrants correspondant aux deux autres couleurs, ce qui remédie à la perte de saturation des couleurs.

L'avenir des procédés additifs de reproduction des couleurs

Les procédés que nous venons de passer en revue permettent, par tirage d'images positives et projection — le plus souvent en appliquant la loi du retour inverse de la lumière, — de refaire la synthèse additive de la couleur. Les uns sont à synthèse additive permanente, tel le Dufaycolor, d'autres à synthèse additive temporaire, tel le Thomson-gaufré, le Pinchart, etc.

La synthèse additive est en théorie nettement

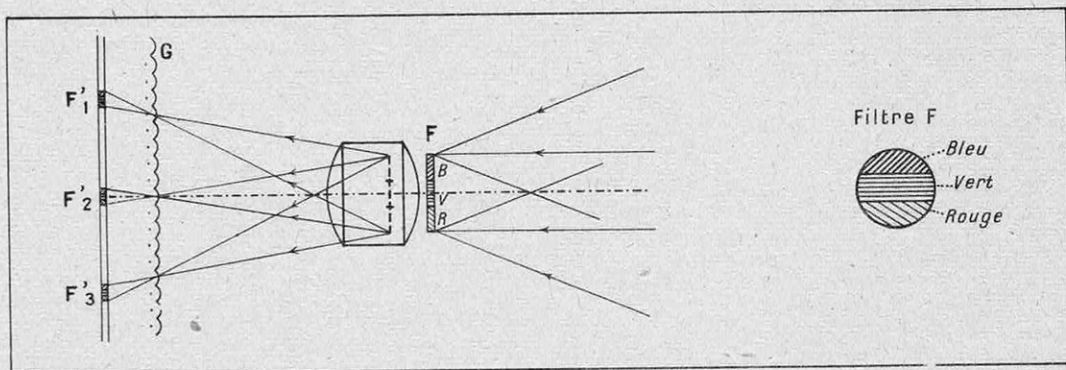


FIG. 7. — SÉLECTION DES IMAGES PAR LE FILM GAUFRÉ

L'image de l'objet que donnerait l'objectif sur la pellicule sensible ordinaire est reprise point par point par les éléments lenticulaires de la surface antérieure gaufrée G du film, qui forme sur l'autre face un système de taches lumineuses ponctuelles F'_1 , F'_2 , F'_3 , images plus ou moins éclairées de l'ouverture du filtre F (représenté de face à droite). C'est la différence des éclaircissements de ces points lumineux qui fait de leur trame une image de l'objet photographié. Si le filtre F est divisé en trois parties respectivement rouge, verte et bleue, la petite tache F'_1 sera également divisée en trois parties, chacune d'elles recevant une lumière filtrée. L'ensemble des éléments d'image filtrés, en bleu par exemple, donne une image globale filtrée en bleu, que l'on peut isoler à la projection du film en obturant les filtrages rouge et vert. Il existe donc sur la surface trois images à éléments juxtaposés qui, observées à la projection par l'œil d'un spectateur, se mélangent par confusion rétinienne et reconstituent l'aspect de l'objet par synthèse additive.

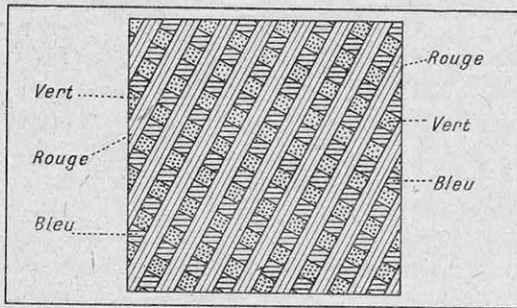


FIG. 8. — LA TRAME COLORÉE D'UN FILM DUFAYCOLOR

supérieure à la synthèse soustractive, parce qu'elle permet seule la cinématographie des couleurs, les procédés soustractifs que nous examinerons par la suite ne permettant que la cinématographie en couleurs. Il y a une nuance.

Les traitements chimiques à effectuer sur les films sont les mêmes que pour le film en noir et blanc, et ils permettent de juger rapidement de la qualité des prises de vues, avantage important au studio où on doit parfois attendre plusieurs jours pour démonter des décors.

Malheureusement, ils nécessitent soit des films spéciaux et coûteux, comme les films à réseaux colorés, soit une optique spéciale à la prise de vues et, ce qui est beaucoup plus grave, à la projection. La complication peut aller d'un simple filtre à trois couleurs, comme les films gaufrés, à des appareils très compliqués. Les figures 9 et 11 décrivent les procédés Francita et Pinchart. De tels films, fussent-ils supérieurs en qualité à ceux actuellement utilisés, ne peuvent pas lutter avec les films qui ne nécessitent que le simple objectif de projection du cinéma en noir et blanc.

Enfin, autre désavantage : la perte de lumière qui provient des filtres colorés. Pourtant, nous croyons que la synthèse additive n'a pas dit

son dernier mot, car les procédés soustractifs, s'ils sont plus faciles à exploiter industriellement, présentent des défauts qui nuisent à la qualité des images et que nous examinerons plus loin.

Les procédés soustractifs

Ce sont des procédés à synthèse permanente, c'est-à-dire réalisés sur le film de projection, et en aucun cas il ne s'agit de faire coïncider, à la projection, des faisceaux lumineux, mais de transmettre sur l'écran une image à trois couches, colorées d'une manière proportionnelle à la transparence des sélections négatives et en couleurs complémentaires de celles du sujet. Ils se prêtent assez bien au tirage des copies et ne nécessitent jamais de modification des systèmes projecteurs. Si les procédés additifs peuvent dans une certaine mesure être qualifiés d'« optiques » et de « physiques », nous pourrions qualifier les systèmes soustractifs de chimiques.

Le Technicolor

C'est une invention française, la *pinatypie*, réalisée en 1904 par le savant français Léon Didier, qui est à la base du procédé Technicolor. Elle consiste, une fois les trois négatifs de la sélection réalisés, à en tirer des positifs dont l'image argentique, traitée dans des bains de tannage spéciaux, confère à la gélatine une plus ou moins grande aptitude à s'imbibber de solutions aqueuses de colorants. La faculté plus ou moins grande d'absorption de la gélatine est en rapport avec la densité de l'image argentique. On imbibe les trois films ainsi traités, et qui sont en fait des matrices d'imprimerie, de matières colorantes complémentaires de celles qui ont servi à la sélection (jaune pour le bleu, bleu pour le rouge et magenta pour le vert), et on les applique successivement sur un même côté d'un film simplement gélatiné. Les colorants des trois matières se transfèrent successivement sur le film gélatiné, et l'on obtient donc trois images positives superposées sur un même côté d'un seul film. Cette superposition reproduit

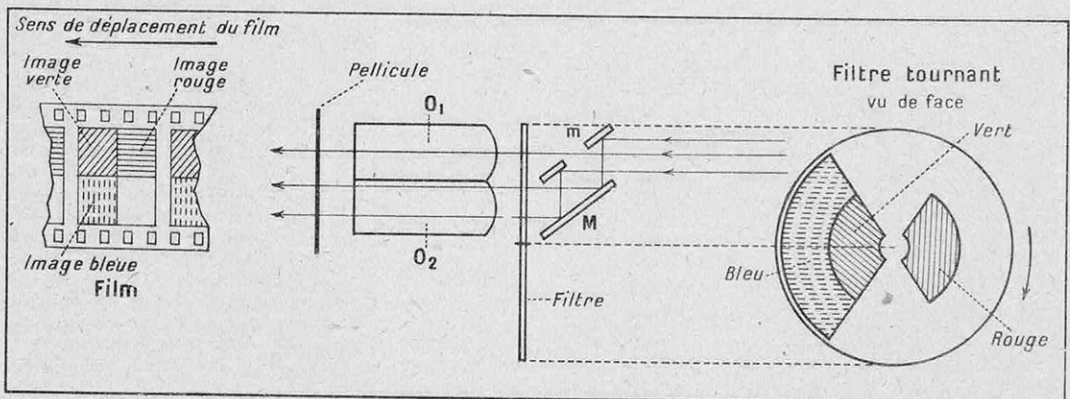


FIG. 9. — SCHÉMA DE PRINCIPE DU PROCÉDÉ FRANCITA DE CINÉMATOGRAPHIE DES COULEURS

Un dispositif de miroirs m et M à 45° sur l'axe de l'objectif O_1 , permet de faire coïncider cet axe avec l'axe de l'objectif O_2 . La même pellicule défile derrière ces deux objectifs perpendiculairement au plan de la figure, tandis que l'on fait tourner devant ces objectifs un filtre convenable. Pour une certaine position du filtre et du film, on sélectionne simultanément l'image bleue et l'image verte qui ne présentent ni parallaxe d'espace (à cause de la coïncidence des deux axes optiques), ni parallaxe de temps. Après déplacement d'une demi-image du film et une demi-rotation du filtre, on sélectionne l'image rouge, qui présente par rapport aux deux autres une parallaxe de temps. Les sélections sont disposées sur le film comme l'indique la figure. A la projection, le dispositif est identique.

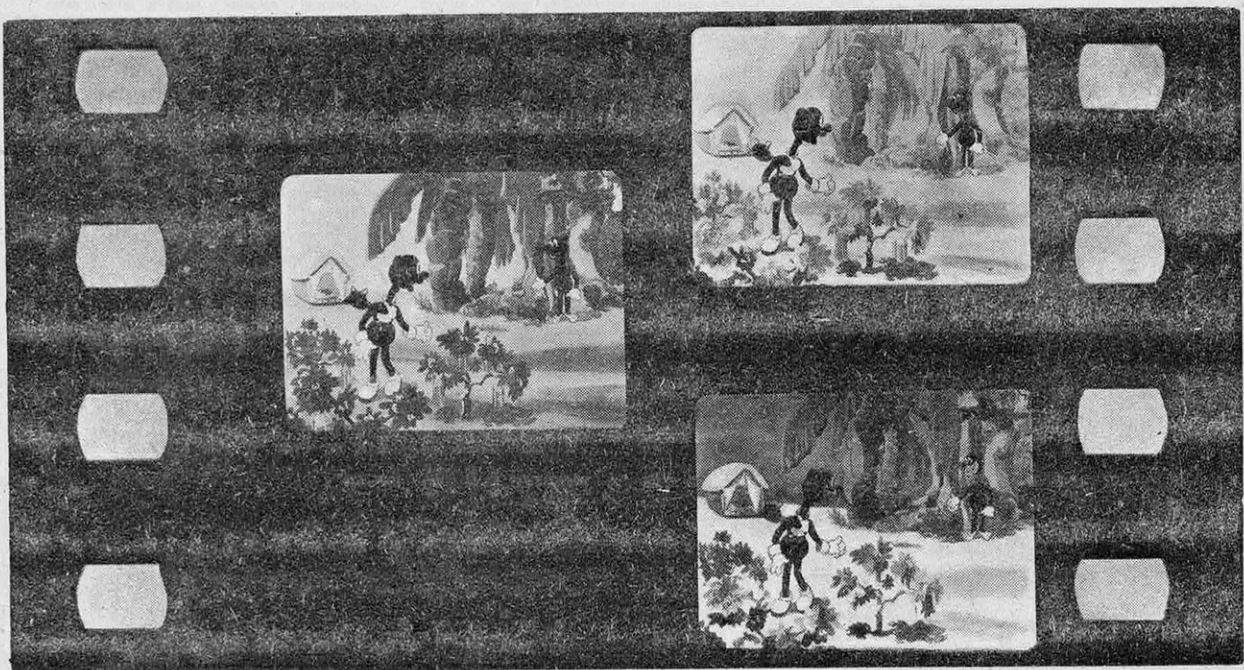


FIG. 10. — EXEMPLE DE DISPOSITION DES TROIS SÉLECTIONS POSITIVES D'UN FILM FRANCITA

(On enregistre sur la même bande, en noir et blanc, à droite la sélection du vert et du rouge et, à gauche, la sélection du bleu; la superposition des trois images, projetées en lumière convenablement filtrée, reconstitue une image positive en couleurs. (Film Robinson-Bib, Marcel Floris; production: Les Producteurs français de Dessins animés.)

la couleur suivant le principe de la synthèse soustractive. C'est un procédé qui s'apparente dans une certaine mesure à la photolithographie.

A la prise de vues, comme nous l'avons signalé, la parallaxe d'espace est supprimée par un système de surface semi-réfléchissante qui permet d'utiliser deux fois la même image (fig. 12). L'objectif a une longueur focale beaucoup plus grande vers l'arrière que vers l'avant, ce qui permet de loger le prisme diviseur derrière l'objectif, tout en gardant du côté de l'objectif une courte focale. L'appareil de prise de vues (représenté sur la couverture) est assez lourd et encombrant et ne permet que des « travellings » modestes et des « panoramiques » assez lents.

La première image est celle qu'on obtient sans réflexion sur la surface semi-réfléchissante. Elle sert à la sélection du vert. La deuxième image est en réalité double, car la longueur focale de l'objectif n'est pas la même en lumière rouge et en lumière bleue. Elle est de 8/1000 plus courte dans le bleu. On utilise cette propriété de la manière suivante : au sortir du prisme, la lumière est reprise par un filtre magenta qui laisse passer le rouge et le bleu. Après traversée du support d'une première pellicule, l'image, bleue se forme sur une surface sensible seulement au bleu et non au rouge. Elle traverse une couche-filtre orangée décolorable, appliquée sur la surface externe de l'émulsion sensible au bleu et qui arrête les radiations bleues. Les radiations rouges restantes forment enfin une image sur une surface sensible au rouge. On a ainsi obtenu les trois sélections nécessaires.

Il va sans dire que le procédé ne peut donner de résultat satisfaisant que si les trois images obtenues restent toujours exactement superposables et si elles sont développées au même « gamma », c'est-à-dire avec des contrastes

égaux. On vérifie la première condition en enregistrant sur le négatif l'image d'une trame fine, que l'on examine au microscope dans tous les traitements subséquents. La seconde condition est vérifiée en photographiant une plaque grise et en vérifiant l'égalité de transparence des images de cette plaque sur les trois négatifs. Enfin, le repérage est assuré par l'emploi de gélatine et de supports celluloseux convenables, qui donnent des retraits extrêmement faibles.

Les résultats du procédé Technicolor (planche II) sont excellents : on obtient des images parfaitement transparentes, qui parfois même manquent un peu de solidité, sans franges et sans aucune diffusion des couleurs. On y superpose en outre, toujours par décharge de colorants, une image noire (provenant du négatif bleu) pour « consolider » l'image. L'image positive finale est donc uniquement pigmentaire et ne comprend ni argent métal, ni sel d'argent.

La parfaite organisation américaine qui a présidé à l'industrialisation du procédé Technicolor a permis de limiter les inconvénients du système. Ces inconvénients sont : sa complexité d'abord, car il ne comprend pas moins de cinquante opérations principales ; la lenteur du contrôle de la couleur au fur et à mesure de la prise de vues, et enfin la lenteur de production des copies : les usines Technicolor ont de la peine à satisfaire à la commande de copies d'exploitation. C'est un succès si l'on veut, c'est aussi une condamnation, car d'autres procédés ne présentent pas ces inconvénients.

Le procédé Agfacolor

Un nouveau procédé soustractif : l'Agfacolor est en passe de supplanter le Technicolor. Il a sur ce dernier de nombreux avantages : utilisation d'un seul film à la prise de vues et d'une

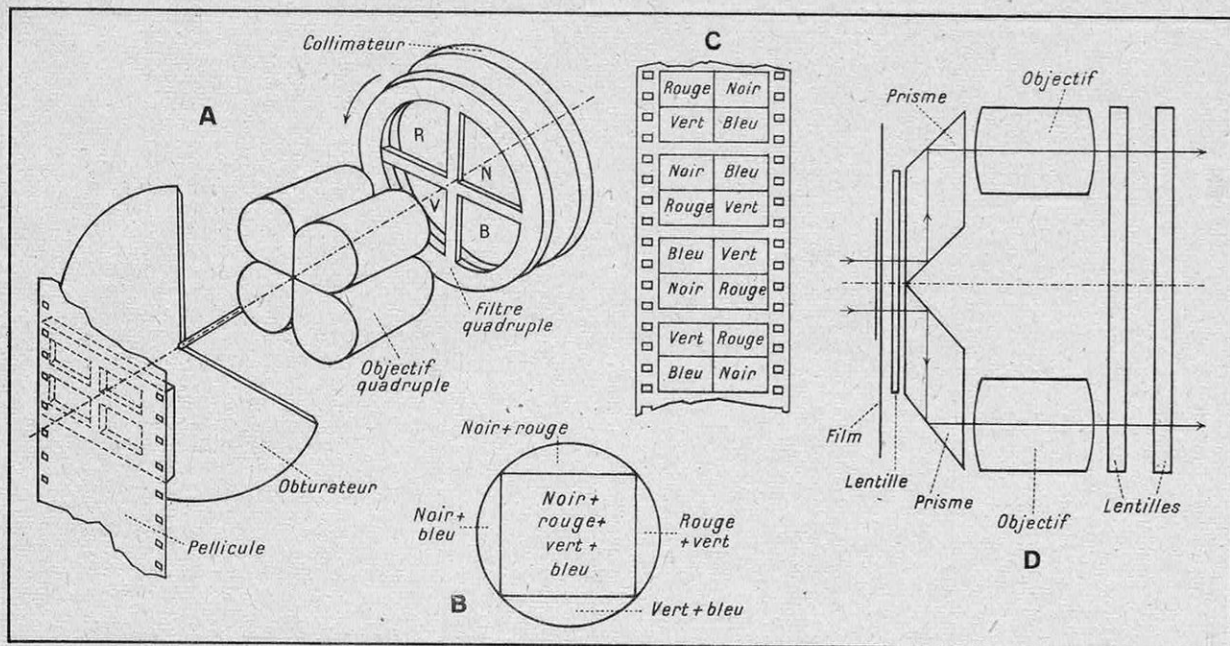


FIG. 11. — LE PROCÉDÉ PINCHART (PRISE DE VUES ET PROJECTION)

En A : l'objectif quadruple donne sur la pellicule quatre images. Celles-ci sont filtrées par le filtre quadruple qui sélectionne les couleurs bleue, verte, rouge et gris neutre, cette dernière destinée à donner de la « solidité » à l'image. Or l'image optique d'un point n'est pas ici rigoureusement ponctuelle, mais présente une certaine dissymétrie du fait que l'objectif qui la produit est tronqué, donc dissymétrique. Il en résulte que les petites taches ponctuelles correspondant chacune à une sélection de l'image d'un point ne se recouvrent pas exactement (B), mais laissent tout autour de la partie centrale (carrée) des résidus pour lesquels la synthèse de la couleur est incomplète : ce qui déséquilibrerait, si l'on n'y remédiait, la sélection. Pour pallier cet inconvénient, on fait tourner le filtre d'un quart de tour à chaque prise de vues. Sur le film (C), cela se traduit, d'un groupe d'images à l'autre, par une permutation circulaire des couleurs. A la projection, qui s'effectue avec un objectif quadruple, vu ici en coupe verticale (D), le filtre tournant qui serait nécessaire pour projeter les images positives du film est supprimé : on incorpore pour chaque image au support du film des couleurs uniformes convenables qui en tiennent lieu.

camera normale, traitement aussi rapide que le film noir et blanc, processus négatif-positif permettant certaines corrections des couleurs au tirage par l'interposition de filtres colorés judicieusement choisis entre le film et la source lumineuse de tirage.

Le procédé Agfacolor est l'application directe du principe énoncé en 1908 par Fischer, mais non réalisé par lui parce que les progrès de la chimie n'étaient pas encore assez avancés pour que l'on connût les produits nécessaires à sa mise en œuvre.

Le principe de Fischer peut être ainsi énoncé : « Il est possible d'effectuer une sélection trichrome au moyen de trois couches de sensibilités chromatiques différentes coulées les unes sur les autres, à la condition que chacune des couches comporte un agent colorant complémentaire de la couleur de la lumière d'impression, que cet agent soit suffisamment « solide » pour, d'une part, résister aux divers bains qui agissent sur le bromure d'argent et qu'enfin en aucun cas cet agent colorant n'ait une tendance à s'infiltrer dans les couches sensibles autres que celle qui correspond à la sensibilité chromatique qui lui est complémentaire. »

Le principe de Fischer semblait devoir concilier des conditions parfaitement antagonistes, en particulier trouver des agents colorants susceptibles d'être, en premier lieu, solubles à l'eau de manière à s'incorporer à l'émulsion sensible, puis insolubles de manière à ne pas diffuser lors des traitements hydriques du film.

Ce n'est que ces dernières années que l'on est parvenu à réaliser dans la pratique le principe de Fischer. Voici le processus qui a été suivi :

On coule successivement, sur le support cellulosique, trois couches d'émulsions respectivement sensibles au rouge, au jaune et au bleu. Une couche intermédiaire servant de filtre jaune est coulée entre la couche sensible au bleu et la couche sensible au jaune. Ce filtre décolorable a pour effet d'arrêter les radiations bleues qui seraient susceptibles d'impressionner les deux couches sous-jacentes.

Chaque couche contient un corps appelé « copulant » (ou « formateur ») qui est capable de réagir avec les produits d'oxydation de certains développeurs pour former des pigments insolubles de couleurs déterminées. Il suffira donc de choisir des développeurs appelés « chromogènes », et des copulants tels que les couleurs formées respectivement dans chacune des couches correspondent aux couleurs complémentaires des sensibilités de chaque couche. Ainsi, la première couche, sensible au bleu, contiendra un copulant du jaune ; la seconde couche, sensible au jaune, un copulant du rouge-magenta ; la troisième couche, un copulant du bleu vert.

Après impression, la couche sensible de l'émulsion étant tournée vers l'objectif, le négatif est développé (fig. 13). La première opération du développement consiste à réduire en argent métallique le bromure d'argent des trois couches insolées. La création du colorant s'opère en même temps que cette réduction et proportionnellement au

total de l'argent réduit. Après différents lavages et blanchiment de l'argent (non indiqués sur le schéma), le film subit un fixage particulier, en ce sens que non seulement le bromure d'argent résiduel est éliminé, mais aussi l'argent métal qui a été rendu soluble par l'opération de blanchiment. A ce dernier stade de l'opération, on voit que l'image est uniquement constituée par des pigments et que ces pigments sont en couleurs complémentaires de celles du sujet. En suivant le même processus et en se servant du négatif en couleurs complémentaires, il est facile de tirer autant de copies positives, elles mêmes complémentaires de celles de ce négatif, qu'il en est nécessaire à l'exploitation. Elles sont identiques aux couleurs du sujet.

Tel est le principe de l'Agfacolor. Il est simple et élégant. Toutefois la fabrication du film et le développement sont soumis à des conditions précises et la mise au point du procédé a demandé des années.

Le procédé américain Kodachrome

Sous le nom de Kodachrome, la société Kodak avait mis au point en 1935 un procédé tripack soustractif dérivant du principe de Fischer, mais dans lequel les colorants étaient introduits lors des développements successifs au cours desquels les trois couches étaient successivement colorées totalement, puis décolorées suivant leur emplacement en profondeur par rapport au support imperméable. Ce procédé infiniment délicat, dû à Mannès et Godowsky, avait néanmoins donné de bons résultats.

Dans le procédé Kodachrome actuel, la mise en place des colorants dans les couches respectives n'est pas déterminée par la pénétration en profondeur des colorants, mais est assurée par l'utilisation de développeurs-coupleurs qui donnent naissance à des teintures au moment et au lieu même de l'oxydation du bromure d'argent.

Le procédé Kodachrome actuel (fig. 14) a été étudié plus particulièrement pour son utilisation par l'amateur. C'est donc un procédé donnant directement une image en couleurs identiques à celles du sujet sans passer par l'intermédiaire d'un négatif complémentaire.

L'inversion est toutefois un peu particulière en ce sens qu'elle ne doit pas détruire les corps sensibilisateurs des différentes couches. On ne peut donc s'adresser pour l'inversion aux corps oxydants habituellement utilisés et qui ont pour objet d'oxyder la première image argentine obtenue (image négative).

Les processus d'impression et du premier développement sont analogues à ceux de l'Agfacolor.

Mais l'inversion des images s'opère par une série de poses sélectives qui n'affectent les couches que suivant leur sensibilité propre. Il est ainsi possible, par une suite de poses sélectives et de développements chromogènes successifs, de constituer dans chaque couche les images

colorées. Toutes les images colorées étant constituées — et ceci dans les couleurs réelles du sujet — il suffira d'éliminer l'argent réduit pour voir apparaître l'image en couleurs.

Il est possible, en repassant par tous les processus de développement et d'inversion subis par le film original, de tirer des copies de ce film. Il faut pour cela disposer d'une source lumineuse de tirage donnant un spectre parfaitement continu et étalonner soigneusement chaque scène. Le développement s'effectue comme s'il s'agissait d'un original. On constate seulement sur la copie une légère diminution du contraste et de la définition de l'image. Des essais de tirage optique par agrandissement ont été tentés avec moins de succès.

Aux États-Unis des résultats présentables ont été obtenus en combinant la prise de vues Kodachrome avec le procédé Technicolor pour l'obtention de copies, ce qui supprime la nécessité d'employer une camera à trois films à la prise de vues.

Enfin, un dernier procédé a été mis au point par Kodak et a reçu le nom de Kodakolor, bien qu'il soit totalement différent du Kodakolor à film gaufré qui précéda le Kodachrome de Mannès et Godowsky.

Ce nouveau Kodakolor est un soustractif analogue à l'Agfacolor, dans lequel les particules copulantes ne sont pas dissoutes dans la couche d'émulsion, mais sont incorporées à elle après qu'elles ont été protégées des réactions chimiques nuisibles par une mince enveloppe organique. Au cours du développement, le produit d'oxydation de l'agent développeur se dissout dans la matière organique et réagit alors sur les chromogènes, de sorte que le colorant se forme dans les petites particules dispersées dans les couches. Ce procédé, qui est prévu pour l'utilisation négatif-positif, pourrait techniquement être appelé le procédé des « copulants protégés ».

Les procédés de tirage français

Il existe une classe bien particulière de procédés en couleurs. Ce sont les procédés dits « de tirage ». Ce ne sont pas, contrairement à ce que l'on a pu dire, des procédés « sans négatifs ».

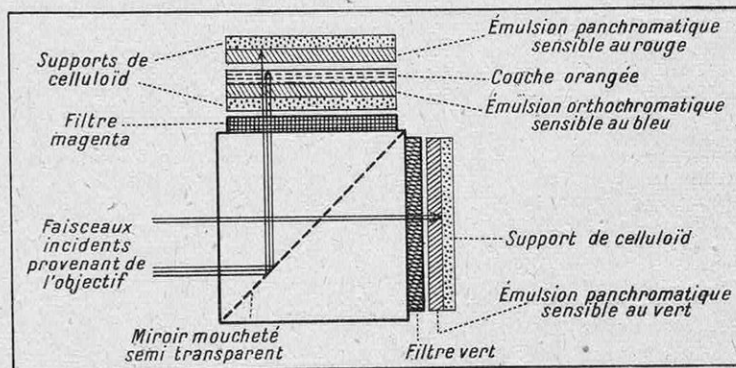


FIG. 12. — LE PRINCIPE DE LA PRISE DE VUES DU FILM TECHNICOLOR TRICHROME

L'objectif de prise de vues donne trois images : sans réflexion de la lumière, une image filtrée en vert, qui donne la sélection du vert ; après réflexion et filtrage par un filtre magenta, une image bleue, qui donne la sélection bleue sur une émulsion insensible aux radiations rouges ; puis, après traversée d'un mince filtre orangé, une image rouge qui impressionne l'émulsion d'une troisième pellicule.

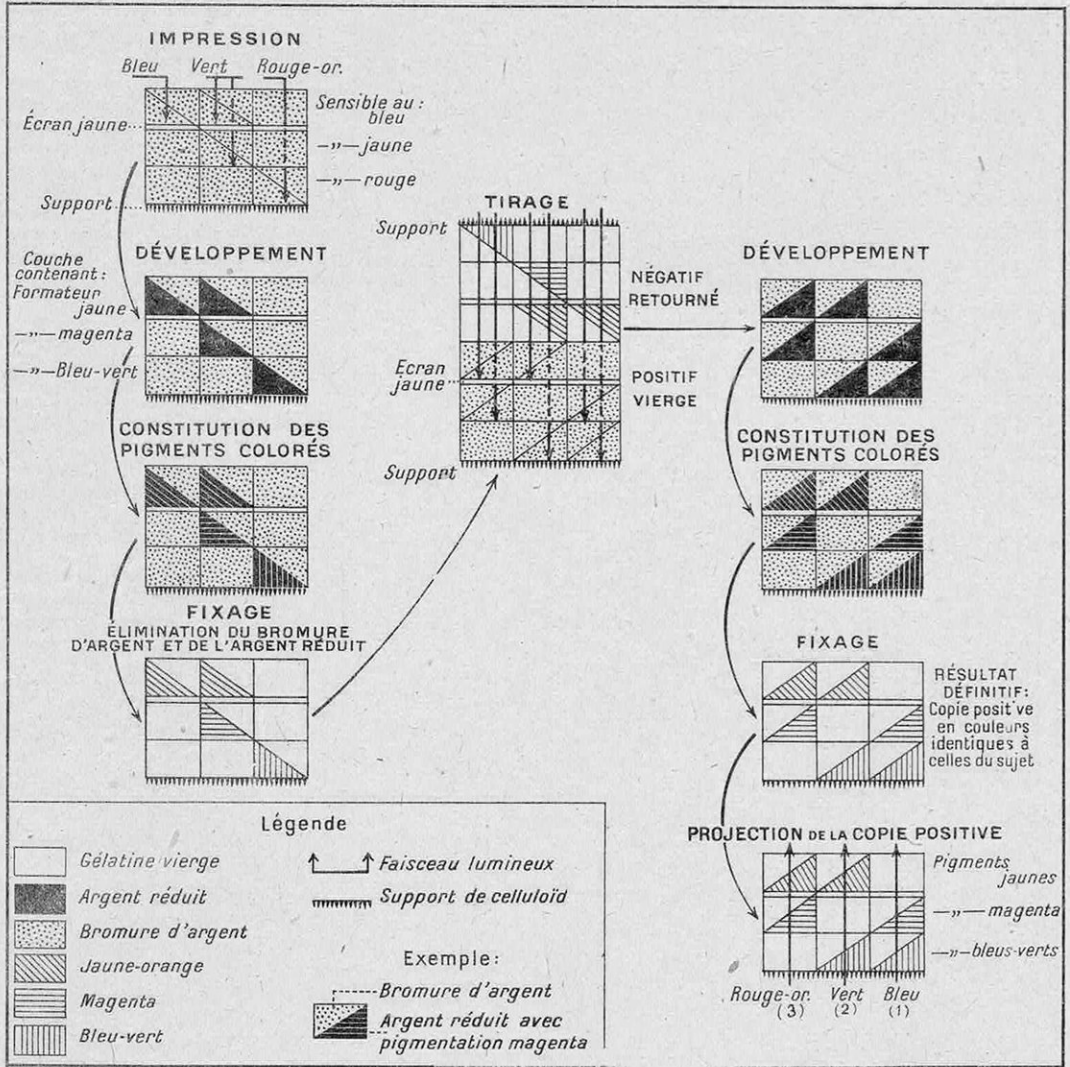


FIG. 13. — LES OPÉRATIONS SUCCESSIVES DU PROCÉDÉ AGFACOLOR

Dans la colonne de gauche ont été rassemblées les opérations effectuées sur le premier film, depuis l'impression dans la camera jusqu'au fixage: elles aboutissent à un négatif en couleurs complémentaires de celles du sujet, qui sert à la confection des copies destinées à la projection. Le tirage de ces copies sur un film de constitution identique au premier est représenté au centre. Sur ce film, les opérations de développement, constitution des pigments colorés et fixage (colonne de droite) sont identiques à celles de la colonne de gauche. Elles aboutissent à la constitution d'un négatif du négatif, c'est-à-dire d'un positif, en couleurs complémentaires des complémentaires, c'est-à-dire identiques à celles du sujet. A la projection, la lumière blanche qui traverse le film donne: dans la colonne 3, du jaune + magenta, soit du rouge orangé correspondant au rouge orangé du sujet; dans la colonne 2, du jaune + bleu vert, soit du vert correspondant au vert du sujet; dans la colonne 1, du magenta + bleu vert, soit du bleu correspondant au bleu du sujet.

mais au contraire des procédés « pour tous les négatifs », en ce sens qu'à partir de sélections obtenues soit sur films gauffrés, soit sur trois films négatifs comme dans le Technicolor, soit sur un seul film par des images successives sans parallaxe pour le dessin animé, soit par images multiples obtenues par procédés optiques Pinchart, Dick Nicolian, etc., on peut obtenir un tirage soustractif.

Parmi ces procédés, le Chimicolor, inventé par le savant français Léon Didier, à qui l'on

doit déjà le procédé de la « i atypie », et mis au point par le chimiste R. Valette, est un des mieux conçus. Il convient en particulier à des caméras du genre Technicolor (fig. 15).

Il consiste à reporter sur un film les trois sélections de l'image obtenue séparément avec des filtres jaune, rose et bleu vert. Le film qui reçoit les copies est un film duplex, c'est-à-dire présentant une surface sensible sur chacune des faces. Dans ces conditions, on reporte d'abord sur le film deux des images positives

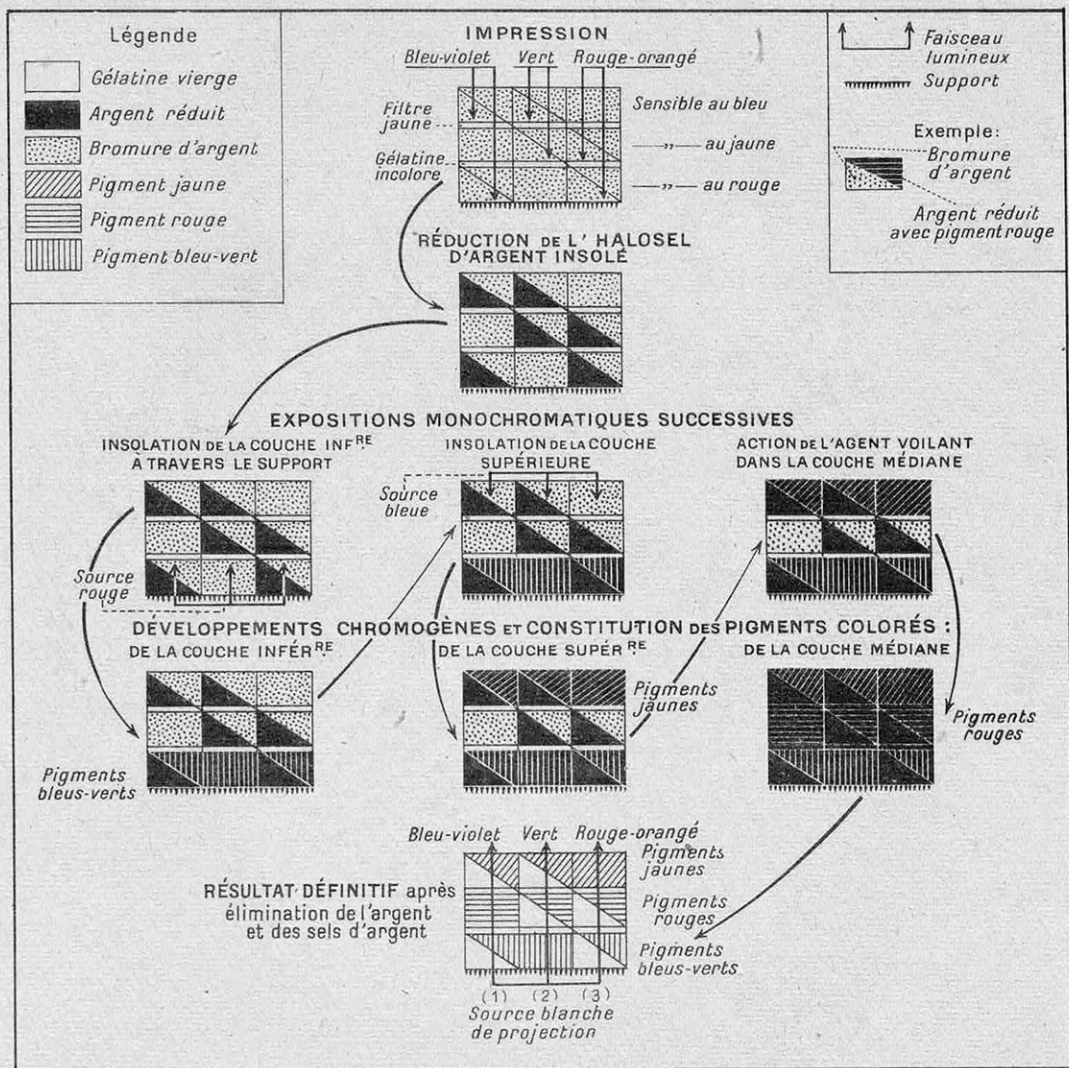


FIG. 14. — LE PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES COLORANTS DANS UN FILM KODACHROME

A l'impression du film et à la réduction des sels d'argent font suite trois opérations distinctes ayant pour but de constituer dans chaque couche du film des pigments colorés convenables. On opère par inversion, en traitant successivement chacune des trois couches par un rayonnement approprié, suivi d'un développement chromogène. A la projection, on retrouve les couleurs du sujet, ainsi qu'on le voit sur le schéma du bas. Si on compte, en effet, un carré complet comme 1 unité et un demi-carré comme 1/2 unité, on trouve: dans la première colonne 1/2 bleu vert + 1 rouge = 1 bleu-violet, d'où se retranche 1/2 bleu-violet, complémentaire de 1/2 jaune, et il reste 1/2 bleu violet, comme pour le sujet; dans la deuxième colonne: 1 bleu vert + 1/2 jaune = 1 vert, dont le 1/2 rouge complémentaire annule la moitié, et il reste 1/2 vert comme dans le sujet; dans la troisième colonne: 1/2 rouge + 1 jaune = 1 rouge orange, dont le 1/2 bleu-vert annule la moitié, et il reste 1/2 rouge orange, comme dans le sujet.

répondant aux sélections rose et bleu vert, l'une sur une face du film, l'autre sur la face opposée. Puis on applique le colorant de couleur complémentaire à celle de la sélection: bleu pour le rose et rouge pour le bleu vert, qui ne se fixe que sur les parties où se trouve de l'argent réduit et en quantité proportionnelle à la densité. Le film bichrome violacé est alors resensibilisé au bichromate sur une face, puis séché. On y impressionne alors la troisième image de la sélection grâce à une source lumineuse intense, et on y incorpore, par le même procédé que pour les

autres images, le colorant jaune. Le procédé Chemicolor s'adapte à l'utilisation des contre-types sélectionnés. Ceci présente un intérêt particulier et permet de mettre en sûreté les originaux couleurs — qui représentent une valeur considérable — sans pour cela empêcher les travaux de tirage de se poursuivre.

Le procédé de tirage Thomson

Nous avons vu que la sélection à l'aide d'un film gaufré permet d'obtenir, sur un même film, trois sélections positives par inversion.

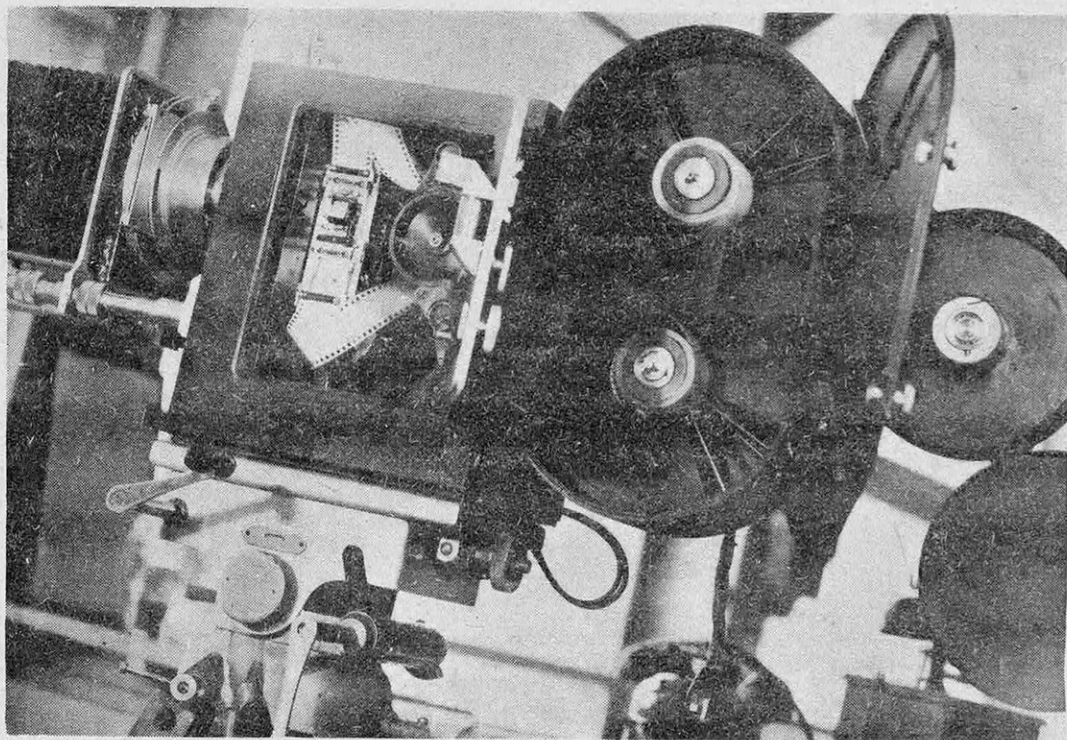
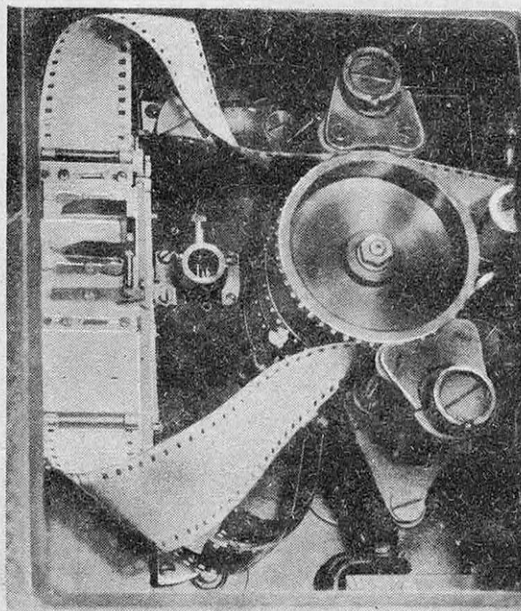


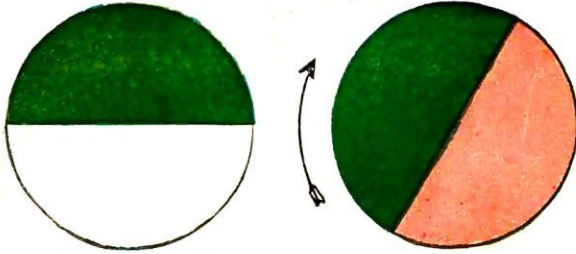
FIG. 15 ET 16. — LA CAMERA DE PRISE DE VUES UTILISÉE PAR LA SOCIÉTÉ CHIMICOLOR

Sur la photographie ci-dessus on aperçoit l'ensemble de l'appareil, les magasins débiteurs et récepteurs des films étant ouverts. On aperçoit à gauche l'objectif, puis les fenêtres d'impression du prisme diviseur des images. Au centre, les magasins débiteurs et récepteurs de l'émulsion sensible au vert. A droite, le magasin récepteur de l'émulsion sensible au rouge. Avant l'impression, les films du bleu et du rouge sont appliqués l'un sur l'autre en enroulés sur la même bobine (derrière les magasins du vert). Le bleu est reçu sur un magasin accolé au magasin récepteur du rouge (caché par celui-ci). Sur la photographie ci-dessous, le détail de l'appareil: fenêtres d'impression et mécanisme d'entraînement des films. Dans l'ordre des distances à l'observateur, on aperçoit des films sensibles respectivement au vert, au rouge et au bleu. (Photos Franc Lamy.)



Pour en obtenir un tirage selon les procédés soustractifs la première opération consiste à extraire au moyen d'une tireuse optique trois négatifs sur film lisse. Au cours de cette opération, le lignage du film original se trouve effacé. Les trois négatifs ainsi obtenus servent ensuite à impressionner un film duplex. Deux images sont impressionnées, puis développées sur chaque face du film. L'image bleue correspondant à la bande rouge de l'image microscopique du filtre est constituée sur une face du duplex et reçoit également la piste sonore. Cette image bleue est obtenue par virage au fer de l'image argentine positive. L'image rouge correspondant à la bande verte de l'image microscopique est constituée sur l'autre face du duplex et est obtenue par développement chromogène. Cette opération doit se faire dans un milieu totalement exempt d'oxygène. Il a donc été nécessaire de prévoir une machine continue dont la surface libre des bains actifs est isolée de l'air ambiant et en contact avec une atmosphère d'azote inactive au point de vue chimique. La troisième image jaune correspondant au bleu du filtre est reportée par-dessus l'image rouge sur la deuxième face du duplex après réémulsionnage au gélatino-bromure, tirage et développement suivi d'un virage au nickel. Le procédé Thomson est légèrement

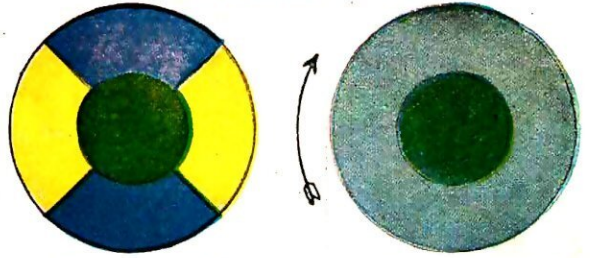
A. - EXPÉRIENCE DES DISQUES TOURNANTS



Disque immobile

Disque tournant

B. - EXPÉRIENCE DE PLATEAU



Disque immobile

Disque tournant

C. - CERCLE DE BEAUDENEAU

1. Rouge

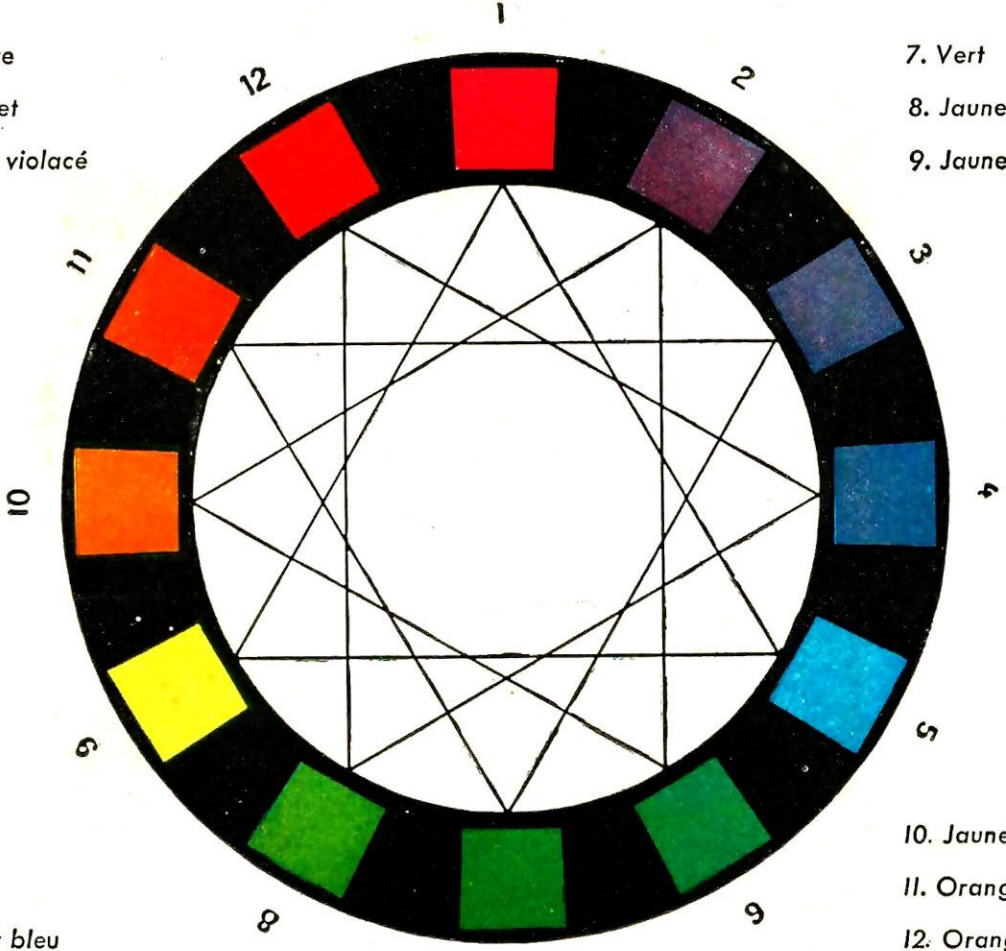
2. Violet

3. Bleu violacé

7. Vert

8. Jaune vert

9. Jaune



4. Bleu

5. Bleu

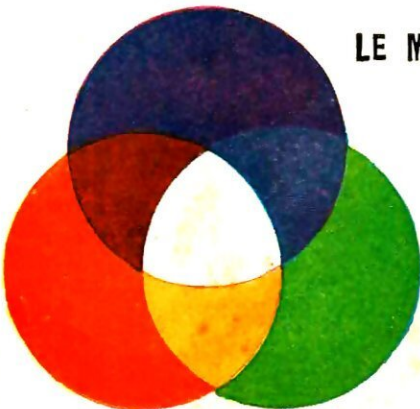
6. Vert bleu

10. Jaune orangé

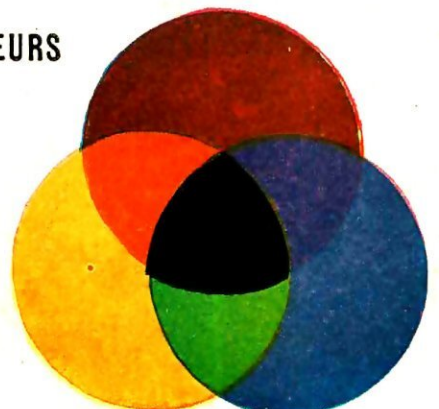
11. Orangé

12. Orangé

LE MÉLANGE DES COULEURS

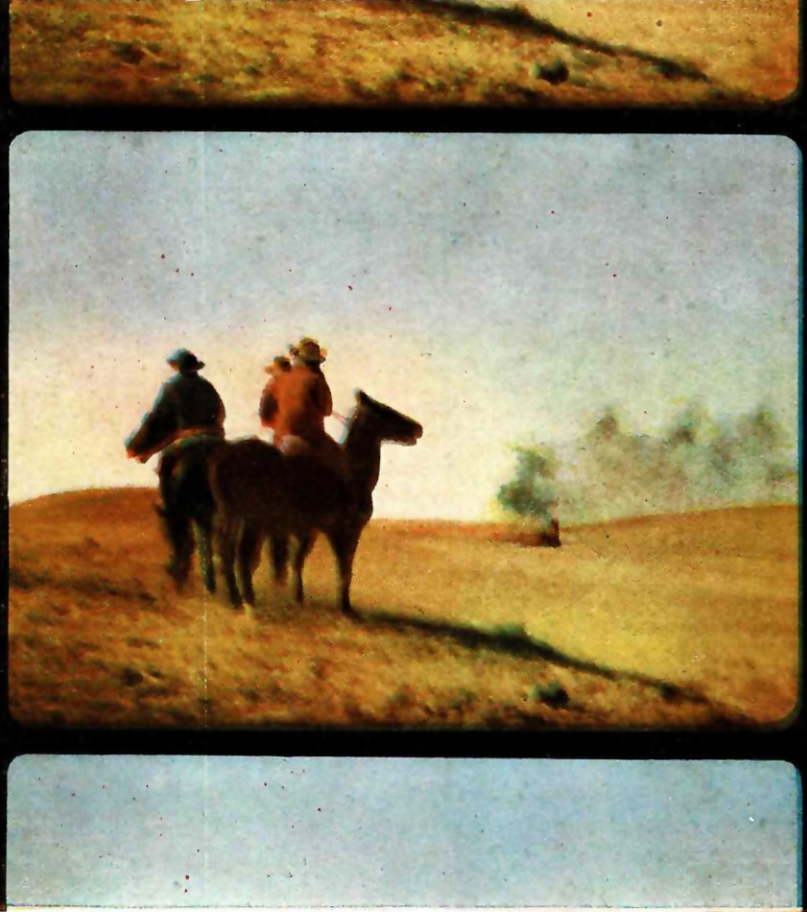


D. - Synthèse additive



E. - Synthèse soustractive

Extrait du film « Les Conquérants ».



TECHNICOLOR

CHIMICOLOR

Dessin animé S.D.A.C. Schiltz. Dessins de Jean Image.

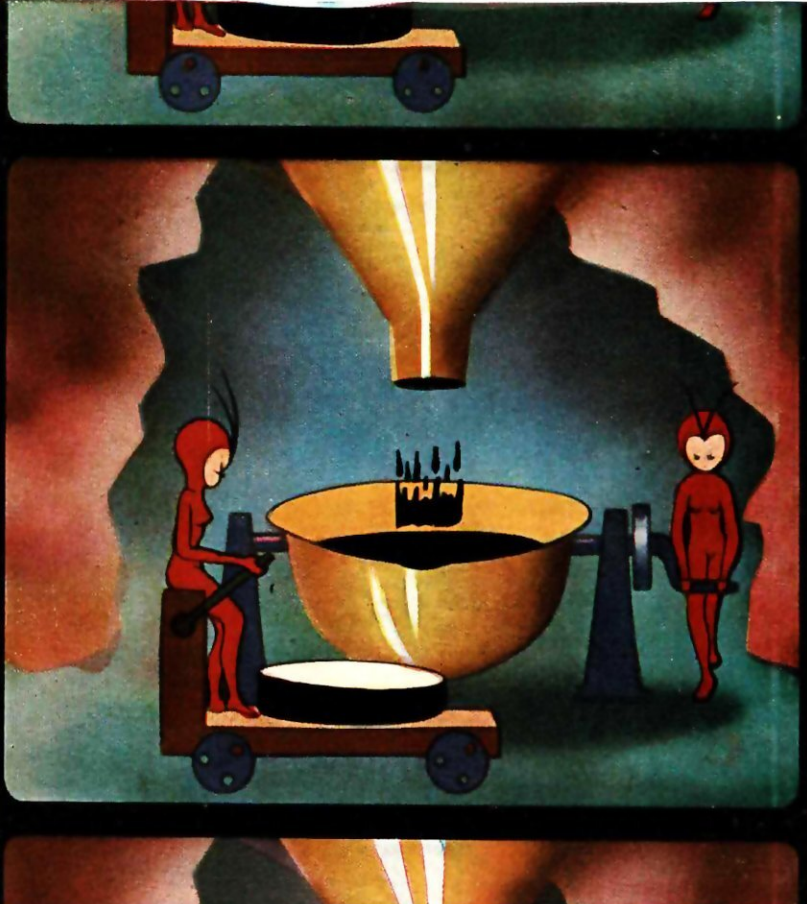


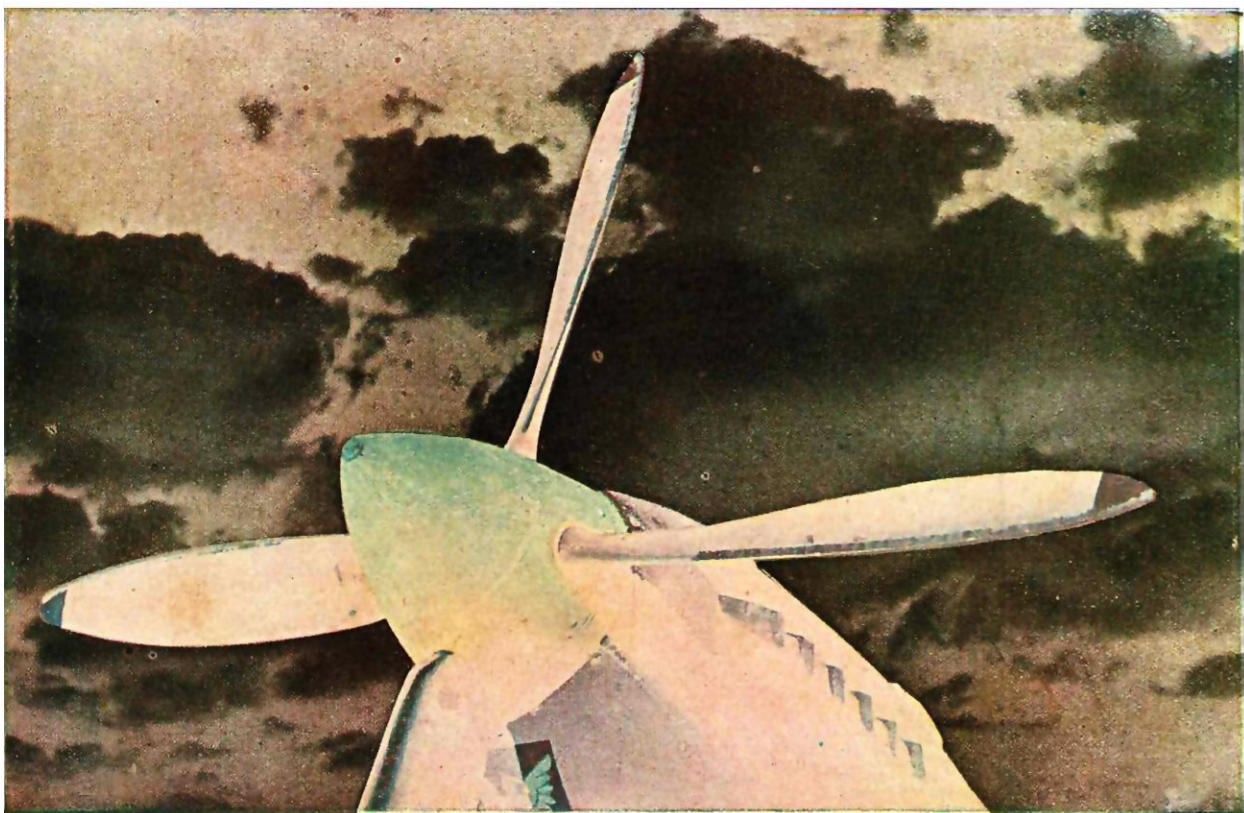


Photo Rebisof.

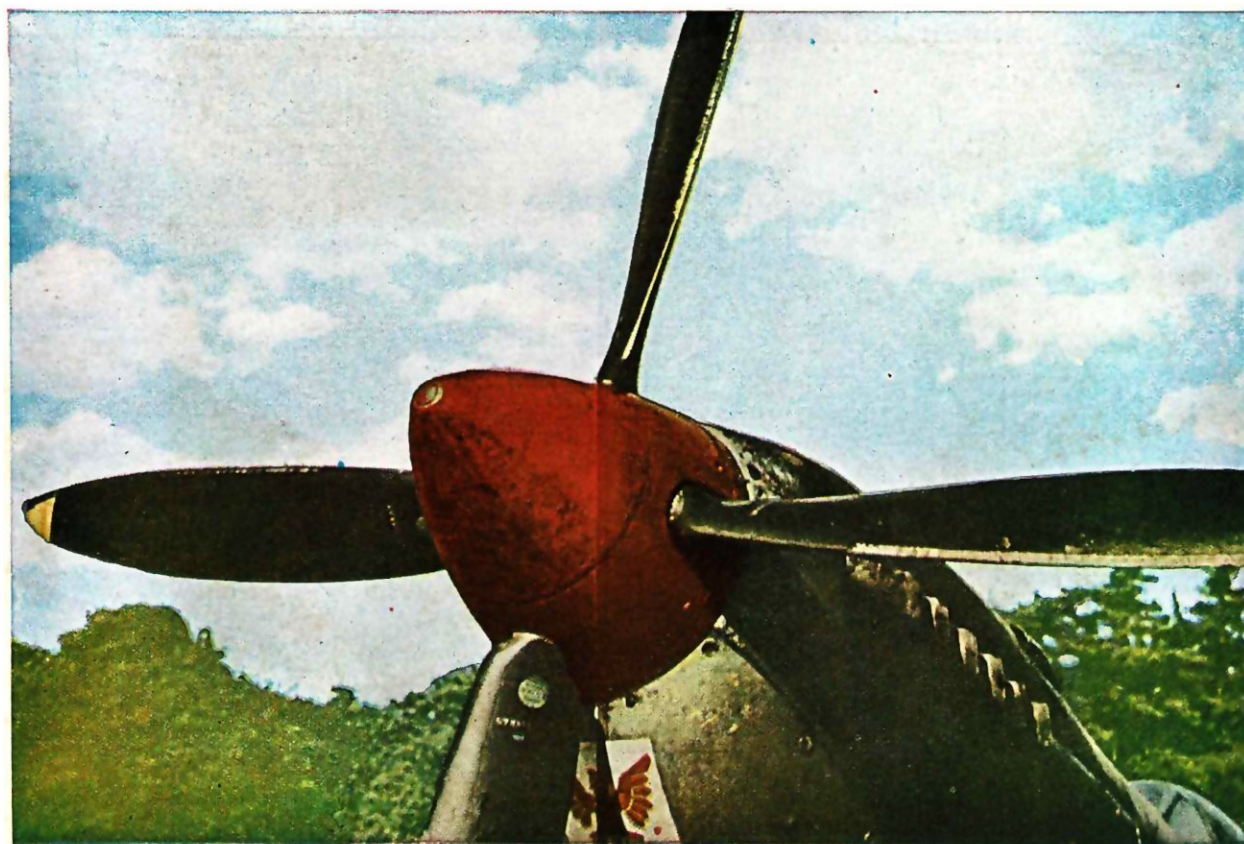
AGFACOLOR

Procédé THOMSON





NÉGATIF ET POSITIF D'UNE PHOTOGRAPHIE EN COULEURS, PROCÉDÉ AGFACOLOR



Photos Kebikoff.

plus compliqué que le procédé Chimicolor, mais les résultats obtenus sont très encourageants. La puissance industrielle de la société qui le met au point est une garantie quant à la mise en exploitation en grand du procédé.

Le gros avantage des deux procédés de tirage que nous venons d'examiner est leur simplicité relative et leur souplesse vis à vis des dispositifs de prise de vues. Ils doivent permettre au cinéma français de monter une industrie du film en couleurs sans avoir recours aux procédés étrangers. Toutefois, le fait qu'une des images est séparée des deux autres par l'épaisseur du film ne va pas sans inconvénient et diminue la netteté de la projection, surtout avec des objectifs à court foyer. Il y a là un problème à résoudre, et l'on peut espérer qu'une solution également française y sera apportée.

L'avenir des procédés soustractifs

Les procédés soustractifs opérant par reste, l'intensité de coloration d'une teinte composée résultant d'un mélange de couleurs primaires sera toujours plus faible que l'intensité de chacune des couleurs primaires considérée séparément. On sait, en effet, qu'en synthèse soustractive les images sont *teintes* par des matières colorantes dont la propriété générale est, lorsqu'on les mélange, d'éteindre en totalité ou en partie les autres tonalités. On ne peut modifier la nuance d'une couleur pure sans lui faire perdre plus ou moins de son éclat. D'autre part, on sait qu'en synthèse soustractive les matières colorantes sont réparties dans chaque image en quantité proportionnelle à celle du dépôt argentique. Il en résulte que cette proportionnalité affecte la saturation de ces couleurs par rapport à la lumière blanche de la source, autrement dit, dans les faibles intensités de couleurs, les nuances sont affaiblies par « dilution ».

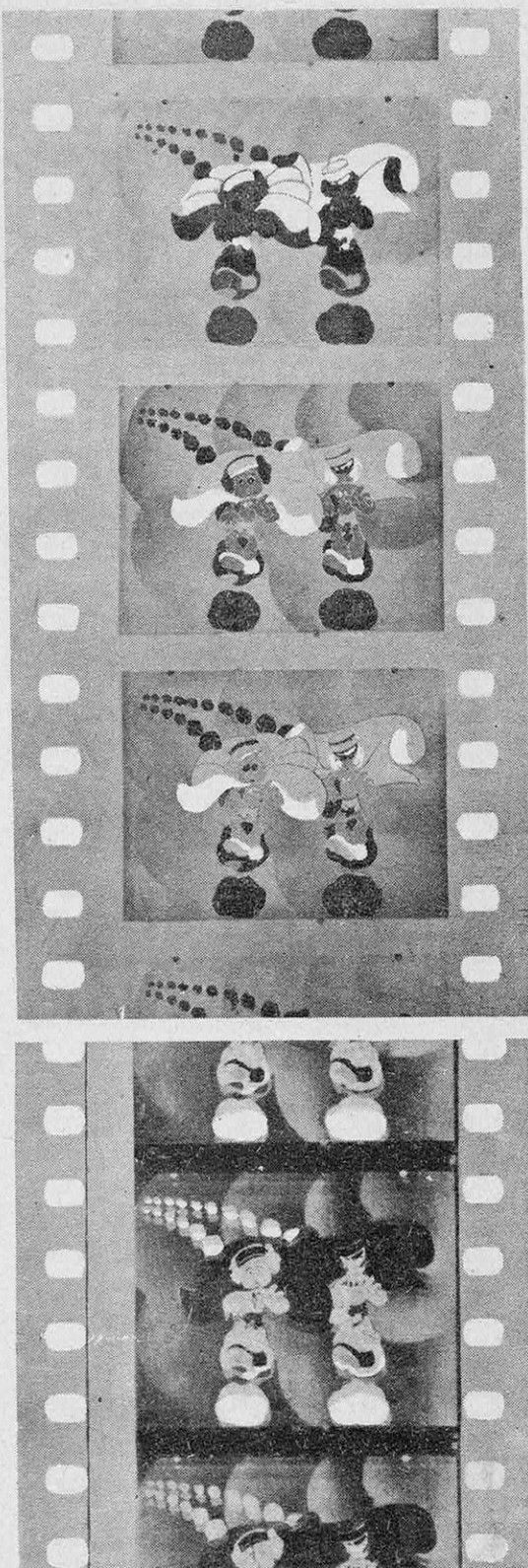
Ce phénomène ne se produit pas en synthèse additive où, dans tous les cas, la saturation des filtres de lumière reste constante. La nuance des couleurs transmises restant constante, seule l'intensité varie du fait de l'importance plus ou moins grande du dépôt argentique.

Il en résulte qu'en synthèse soustractive, il est difficile d'obtenir un noir pur : il faudrait en effet pour cela que chaque coloration complémentaire soit à sa pleine saturation. Enfin, l'obtention du blanc pur est également délicate, car les matières colorantes à pleine intensité, qui sont susceptibles de servir à la coloration des images complémentaires, sont alors bien difficiles à éliminer totalement dans les parties transparentes de l'image photographique qui conservent toujours un léger gris argentique (voile) capable de servir de support à une faible dose de colorants complémentaires.

Ainsi, pour des raisons de commodités de production et d'exploitation, les procédés « actuels » sont bien les « soustractifs », mais

FIG. 17. — LA SÉLECTION DES COULEURS DANS LA PROCÉDÉ CHIMICOLOR

On voit en haut, reportées successivement sur la même bande, les sélections négatives correspondant respectivement au rose, au jaune, et au bleu vert. En bas, l'image positive. Cette méthode de prise de vues s'applique au dessin animé pour lequel on a tout loisir de prendre successivement trois sélections d'une même image sans parallaxe de temps. (Film Risacher, dessin d'Antoine Payen.)



l'avenir réserve toute latitude aux procédés additifs, et il est souhaitable qu'en définitive ces derniers l'emportent.

Le cinéma en couleurs français

En France, dans l'un ou l'autre système, des procédés sont ou peuvent être mis au point. Mais le problème de la production de films en couleurs n'est pas uniquement une question de procédés, mais bien, d'une part, un problème d'organisation industrielle, d'autre part, un problème artistique.

L'organisation industrielle exige des usines de fabrication de films en couleurs installées en France, et donc absolument indépendantes des approvisionnements étrangers. Elle exige aussi l'étude et la fabrication de matériels d'éclairage susceptibles d'être employés avec les procédés en couleurs. Il va de soi que les conditions d'éclairage des « plateaux » sont absolument différentes de celles réservées à la prise des films « noir et blanc ». Des studios spécialement construits et équipés doivent aussi être mis en chantier. Enfin, des laboratoires de traitement des films doivent permettre le traitement rationnel des pellicules impressionnées et le tirage des copies d'exploitation.

Le problème est donc vaste rien que du point de vue industriel ; mais il ne s'arrête pas là. La prise des films en couleurs va bouleverser totalement les méthodes de production de films. Du producteur jusqu'au maquilleur, en passant par le réalisateur, les opérateurs, décorateurs et même les artistes, tous devront dans une mesure plus ou moins grande s'adapter à la nouvelle technique... ou se retirer.

En effet, du seul point de vue technique, l'utilisation de la couleur conduira les praticiens à tenir compte de certaines conditions particulières. Ainsi, par exemple, alors qu'en cinématographie noir et blanc la notion de « quantité » de lumière, réfléchie, diffusée ou directe suffit dans une large mesure à un opérateur entraîné pour impressionner correctement son film, en cinématographie en couleurs, seule la détermination exacte de la lumière en « quantité » et surtout en « qualité », au moyen d'appareils mesurant les « températures de couleurs » peuvent permettre une constance indispensable des résultats dans la suite des plans et des scènes tout au long d'un film.

En ce qui concerne l'utilisation de la couleur du point de vue artistique, c'est une véritable révolution qui permettra au génie français de conquérir cette nouvelle forme d'expression. Des conceptions particulières de la couleur en cinématographie se sont déjà fait jour tant chez les Anglo-Saxons que chez certains peuples européens qui avaient ou ont à l'heure actuelle des possibilités de réalisations dans ce domaine. Les Français, peuvent, eux aussi — et peut-être avec plus de succès que leurs prédécesseurs et concurrents — créer une doctrine de la couleur et l'appliquer d'une manière tout à fait personnelle au cinéma, « art du mouvement ».

La cinématographie en couleurs est très loin de la peinture. Elle a d'autres possibilités :

la couleur « dans le mouvement » peut susciter chez le spectateur des réactions violentes ou modérées. Un véritable soulagement de la couleur appliqué au cinéma est à créer. Ceux qui sauront en manier les notes et les mesures avec art sauront créer l'harmonie indispensable et parfois — quand cela sera nécessaire — créer les dissonances propres à éveiller chez les spectateurs les réactions psychologiques en rapport avec l'action instantanée de la scène du film. La couleur, si étendue en intensité, en nuances, en oppositions par contrastes — eux-mêmes provoqués par des juxtapositions ou des successions de plages colorées — est susceptible de provoquer une gamme quasi infinie de réactions physiologiques sur un individu quelconque. Cette considération explique le bouleversement que causera la couleur dans la confection des films, si toutefois les Français tiennent vraiment à créer des œuvres d'art. C'est ainsi que les scénarios devront être spécialement choisis, puis étudiés, un bon scénario de couleur n'étant pas forcément un sujet historique avec défilés de costumes chatoyants. La couleur est d'autant plus appréciable qu'elle est discrète, qu'elle ne fait parfois qu'ajouter à l'ambiance. Le montage qui, en noir et blanc, n'est pour ainsi dire soumis qu'à des règles relevant de la dramaturgie cinématographique, c'est-à-dire des rapports de grandeur entre les éléments expressifs de l'image, est, en couleurs, soumis à bien d'autres contingences se rapportant à la physiologie de l'œil, à son aptitude plus ou moins grande à analyser telle ou telle couleur en un temps donné, etc. L'adage « des goûts et des couleurs... » n'est plus vrai ou tout au moins ne devrait plus être imposé comme tel par les artistes. Scientifiquement, il est maintenant possible de raisonner la couleur, donc de prévoir des effets donnés avant même qu'ils soient concrétisés matériellement. On conçoit tout l'intérêt de ces possibilités lorsqu'il s'agit de la préparation technique et artistique d'un film en couleurs. Les nécessités du film en couleurs ont de ce fait créé un nouveau métier du cinéma : le « directeur de la couleur » ainsi l'appelle-t-on en Amérique. En France, il porte un nom plus modeste et ne prétend nullement diriger ou brider le travail de création du réalisateur et de tous les collaborateurs qui concourent à cette œuvre collective qu'est une œuvre cinématographique. En France on l'appelle le « conseiller technique à la couleur ».

Quoi qu'il en soit, à une époque où la production de films en couleurs atteint 20 p. 100 en Amérique et 50 p. 100 en U. R. S. S., et où ces proportions ne font que s'accroître de mois en mois, il est indispensable que le cinéma français, récemment reconnu par le gouvernement comme industrie de base, ne soit pas à la remorque de l'étranger. Il importe que ses efforts méritoires soient enfin encouragés et que cette poule aux œufs d'or qu'a été jusqu'ici pour l'État l'industrie du cinéma ne soit pas tuée par lui.

Pierre BRARD

LES NOUVEAUX ENGINES ACCÉLÉRATEURS DE PARTICULES

par M.-E. NAHMIA

Docteur ès Sciences

Durant ces quatre années de guerre, la science a fait, aux États-Unis, des progrès inimaginables. Progrès dans les sciences mathématiques, physiques et physico-chimiques, biologiques et médicales, aussi bien que dans les applications techniques, grâce à la constitution d'un corps d'innombrables chercheurs et aides techniques. Certains résultats se sont déjà imposés d'une façon spectaculaire dans plusieurs domaines, en particulier avec la bombe atomique. D'autres sont à peine dévoilés. Parmi les travaux qui sont divulgués — parcimonieusement d'ailleurs, — nous citerons aujourd'hui la mise au point de nouveaux engins destinés à accélérer des particules en vue de leur communiquer des énergies supérieures à 100 millions d'électrons-volts. Pour bien connaître les lois qui régissent les phénomènes atomiques, condition nécessaire à leur exploitation à notre profit, l'alchimiste moderne exige des moyens de plus en plus puissants afin de pénétrer les enceintes des noyaux atomiques les plus rebelles ; d'où la tendance actuelle à imaginer des accélérateurs de plus en plus puissants.

Le cyclotron

Le cyclotron est aujourd'hui un appareil classique que *Science et Vie* a eu plusieurs fois l'occasion de décrire(1). Nous n'en rappellerons donc ici que les lignes essentielles.

Dans une boîte continuellement vidée par des pompes, un champ magnétique engendré par un puissant électroaimant courbe la trajectoire de particules atomiques électrisées (protons ou noyaux d'hydrogène léger, deutons ou noyaux d'hydrogène lourd, hélions ou noyaux d'hélium, appelés aussi *particules alpha*) suivant des cercles. Dans cette boîte se trouvent disposées deux électrodes creuses auxquelles on applique un potentiel élevé variable à une grande fréquence, plusieurs milliers d'alternances par seconde. Les particules passent d'une électrode dans l'autre au moment où ce potentiel est maximum et subissent ainsi une accélération à chaque demi-tour ; leur vitesse et le diamètre des cercles décrits s'accroissent progressivement de manière que leur vitesse angulaire reste constante. Au bout d'une centaine de tours (imposés par le champ magnétique), le projectile a acquis une énergie correspondant aux deux cents accélérations successives.

La condition essentielle du bon fonctionnement du cyclotron réside dans le synchronisme parfait qui doit exister entre le mouvement de la particule et la fréquence de la tension appliquée aux électrodes. Le temps que met la particule à décrire un demi-cercle doit toujours être rigoureusement égal au temps au bout duquel le potentiel des électrodes change de signe.

On peut évoquer ici, par analogie, le fonctionnement des mitrailleuses de capot tirant à

travers l'hélice sur certains avions de chasse. Un synchronisme rigoureux y est obtenu mécaniquement de sorte que les balles passent toujours entre les pales. Si on suppose que le mécanisme rigide reliant la détente de la mitrailleuse et l'axe de l'hélice est supprimé, et que l'on se fie à la constance d'une part du nombre de tours par minute de l'hélice, d'autre part du nombre de balles tirées par minute par la mitrailleuse, on voit immédiatement qu'une variation infime de ces deux facteurs (fût-ce un centième de tour en plus ou en moins par minute pour l'hélice) entraîne un désastre à brève échéance.

Dans le cas du cyclotron, la rupture du synchronisme se produit lorsque la masse de la particule accélérée commence à croître d'une manière appréciable, ainsi que le prévoit la théorie de la relativité. En effet, lorsque l'énergie d'une particule s'accroît, sa masse augmente et, par suite, sa vitesse angulaire diminue. De ce fait, elle met de plus en plus de temps à parcourir un demi-cercle. Elle arrive donc « en retard » sur le changement de signe du potentiel accélérateur et l'effet de ce dernier est de moins en moins accusé.

Pour cette raison, le cyclotron avait été considéré comme un appareil assez limité dans son action. On ne voyait pas, avant cette guerre, de possibilité pratique d'accélérer, par cette méthode, des noyaux d'hydrogène (ou *protons*) au delà de 20 millions de volts (1). Pour les noyaux d'hydrogène lourd (ou *deutons*), cette limite était doublée et, pour les noyaux d'hélium,

(1) En physique atomique et nucléaire, l'énergie des particules est évaluée en « électrons-volts », en abrégé « volts ». L'électron-volt est l'énergie cinétique qu'acquiert une particule portant une charge unité, celle de l'électron ou du proton, franchissant librement une différence de potentiel de 1 volt.

(1) Voir : « Le cyclotron et la désintégration de la matière » (*Science et Vie*, n° 270, décembre 1939).

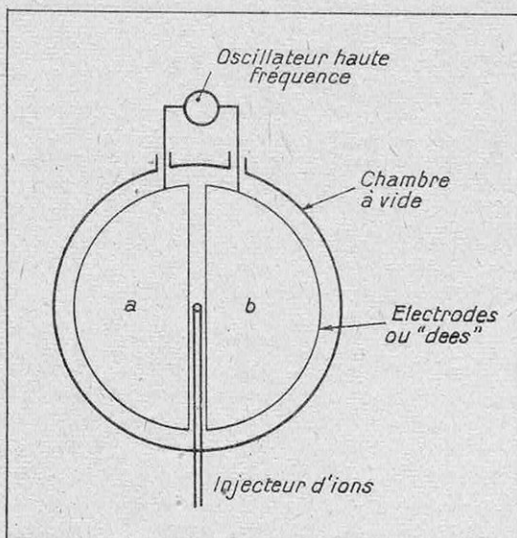


FIG. 1. — SCHEMA DE PRINCIPE D'UN CYCLOTRON

La chambre à vide est placée entre les armatures d'un puissant électroaimant non représenté et dont le champ magnétique serait perpendiculaire au plan de la figure. Au centre, se trouve l'injecteur d'ions. Ces derniers décrivent une spirale, constituée par une suite de demi-circonférences de rayons croissants et passent alternativement de l'une à l'autre des deux électrodes creuses en forme de D (d'où leur nom de « dees »), a et b, qui sont reliées à un oscillateur à haute fréquence. Les ions reçoivent une impulsion à chaque passage de a en b et de b en a.

elle atteignait une soixantaine de millions d'électrons-volts. Pour les électrons, dont la masse est environ 1 840 fois plus faible que celle du proton et varie par suite très rapidement avec l'énergie cinétique, la limite était inacceptable : 10 000 volts, et jamais le cyclotron ne put être utilisé pour accélérer des électrons.

A partir de 1938, on s'est attaqué à deux problèmes :

1° Communiquer à des électrons des énergies de plusieurs millions d'électrons-volts à l'aide de machines plus simples et plus facilement réalisables que les générateurs de haute tension déjà en service, et qui faisaient appel à des transformateurs, à des valves à gaz ionisé, à la haute fréquence, ou à des appareillages électrostatiques du type van de Graaff (1) ;

2° Accélérer au cyclotron des particules lourdes au delà des limites indiquées.

Le premier problème a trouvé de multiples solutions. On a imaginé et construit : le *béatron*, le *spirotron* (2), le *microtron*, le *cavitron*, le *synchrotron*, l'accélérateur linéaire par guide d'onde (auquel conviendrait le nom d'*algotron*,

(1) L'appareillage type van de Graaff comprend essentiellement deux sphères creuses de grand diamètre auxquelles des charges électrostatiques sont amenées par des courroies isolantes. Voir : « Les techniques modernes de production de particules électrisées » (*Science et Vie*, n° 323, juillet 1944).

(2) Dood, de l'Université de Los Angeles, vient d'annoncer qu'il essaie une nouvelle technique d'accélération qui est une combinaison des principes du cyclotron et du microscope électronique, et qu'il a appelée le *spirotron*.

formé avec ses initiales) et le résonateur-accelérateur linéaire (que l'on pourrait appeler de même *ralitron*). Nous parlerons un peu plus loin de ces appareils.

Pour résoudre le second problème, deux solutions peuvent être envisagées : variation de la fréquence du champ accélérateur électrique, ou variation du champ magnétique. En effet, pour maintenir le synchronisme entre les alternances de la tension accélératrice et le mouvement des particules accélérées, il faut, lorsque la masse de ces dernières s'accroît et que, par conséquent, leur vitesse n'augmente plus comme elle devrait en fonction du rayon de leur trajectoire : soit diminuer progressivement la fréquence du champ alternatif, c'est-à-dire retarder progressivement les alternances pour attendre les particules en retard sur leur trajectoire ; soit conserver toujours la même fréquence, mais ramener la longueur de la trajectoire à la valeur correspondant au synchronisme, compte tenu de la vitesse de la particule, en augmentant le champ magnétique transversal, lequel provoque une courbure de cette trajectoire d'autant plus accusée qu'il est plus intense.

La variation de la fréquence suppose un ajustement simultané du circuit oscillant et des électrodes (ou « dees »), de façon à maintenir les qualités de résonance entre les « dees » et l'oscillateur. Ces difficultés électrotechniques

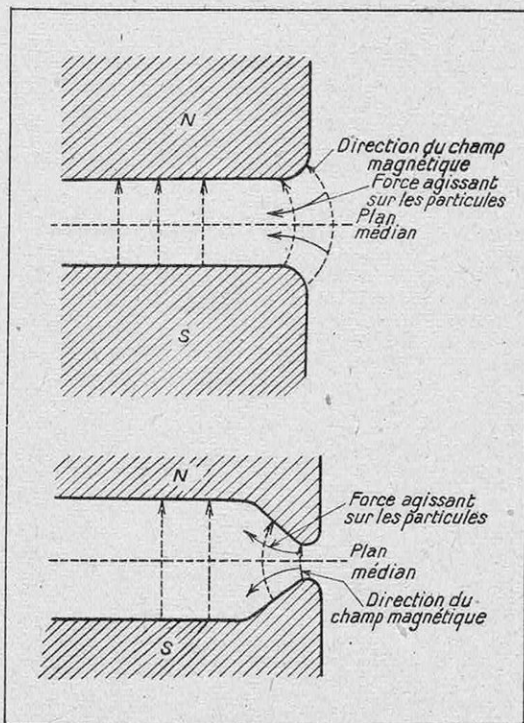


FIG. 2 ET 3. — EFFET DE LA DIMINUTION ET DE L'AUGMENTATION DU CHAMP MAGNÉTIQUE AU BORD DES PIÈCES POLAIRES D'UN CYCLOTRON

La diminution du champ magnétique (en haut) provoque une concentration du faisceau de particules ; tandis qu'une augmentation du champ (en bas) provoque la dispersion du faisceau.

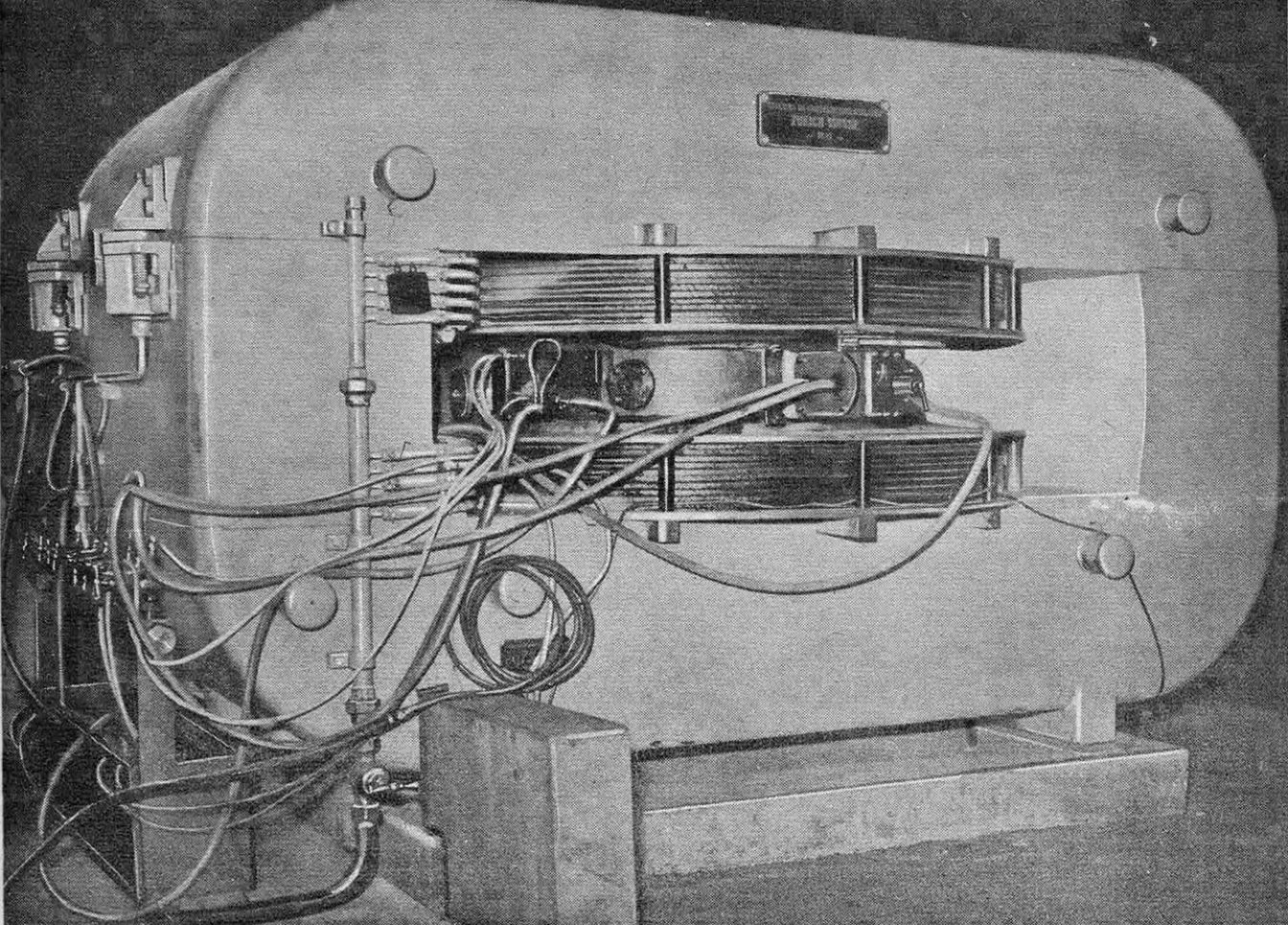


FIG. 4. — LE GRAND CYCLOTRON DU COLLÈGE DE FRANCE (LABORATOIRE DE M. JOLIOT)

ne sont plus inaccessibles ni aux physiciens qui ont eu des affectations spéciales dans des centres de recherches radioélectriques (radar, lampes d'émission, etc.), ni aux ingénieurs dont les contacts plus étroits avec les laboratoires de recherches ont considérablement agrandi l'horizon.

Faire varier le champ magnétique semble d'une réalisation plus facile. Mais une difficulté surgit. Dans un cyclotron classique l'intensité du champ magnétique décroît sur les bords des pièces polaires et on voit, sur la figure 2, que cette décroissance a pour effet de concentrer, de « focaliser » le faisceau des particules projetées dans le plan médian des pièces polaires, ce qui donne un faisceau plus intense à la sortie du cyclotron. Si, pour maintenir le synchronisme, on augmente l'intensité du champ magnétique à partir d'une certaine orbite, on provoque une « défocalisation » du faisceau, d'où une perte dans le nombre total des projectiles utilisables. On a tourné la difficulté en adoptant un champ magnétique fixe « focalisant », c'est-à-dire décroissant à la périphérie, et en lui superposant un champ magnétique variable dans le temps et agissant tout particulièrement vers la périphérie des pièces polaires. On a envisagé à cet effet d'adjoindre à l'électroaimant des bobines supplémentaires agissant sur des tronçons de pièces polaires en forme d'anneaux de faible épaisseur et de grand rayon. Par ailleurs, le cyclotron serait du type « modulé », c'est-à-dire que les particules (ou ions) seraient injectées

par « paquets » et non plus d'une manière continue. Cette modulation doit être telle que les ions arrivent, lorsque leur masse commence à augmenter appréciablement (plus de 2 % de la masse au repos), à l'espace annulaire de l'entrefer supplémentaire « en phase » avec l'accroissement du champ magnétique correctif.

Mais le cyclotron, comme toutes les méthodes d'accélération « magnétiques », offre le gros inconvénient d'un coût proportionnel au cube de l'énergie à atteindre. Il restait à trouver un moyen plus économique pour accélérer des particules lourdes.

Le bêatron

Comme cela s'était produit lors de l'invention du cyclotron, la conception théorique du bêatron laissa sceptiques nombre de physiciens. Pour rendre le cyclotron accessible, maniable et aujourd'hui classique, il fallut toute l'opiniâtreté de E.-O. Lawrence. C'est à Kerst que revient le mérite d'avoir imposé le bêatron. Dans les deux cas, c'est aux autorités universitaires (Université de Californie pour le cyclotron, Université d'Illinois pour le bêatron) que sont dues ces magnifiques réalisations, car les crédits et la confiance furent et sont toujours généreusement octroyés aux chercheurs américains.

Science et Vie a déjà consacré un article au bêatron (1). Aussi nous bornerons-nous à en

(1) Voir : « Un nouveau briseur d'atomes » (*Science et Vie*, n° 337, octobre 1945).

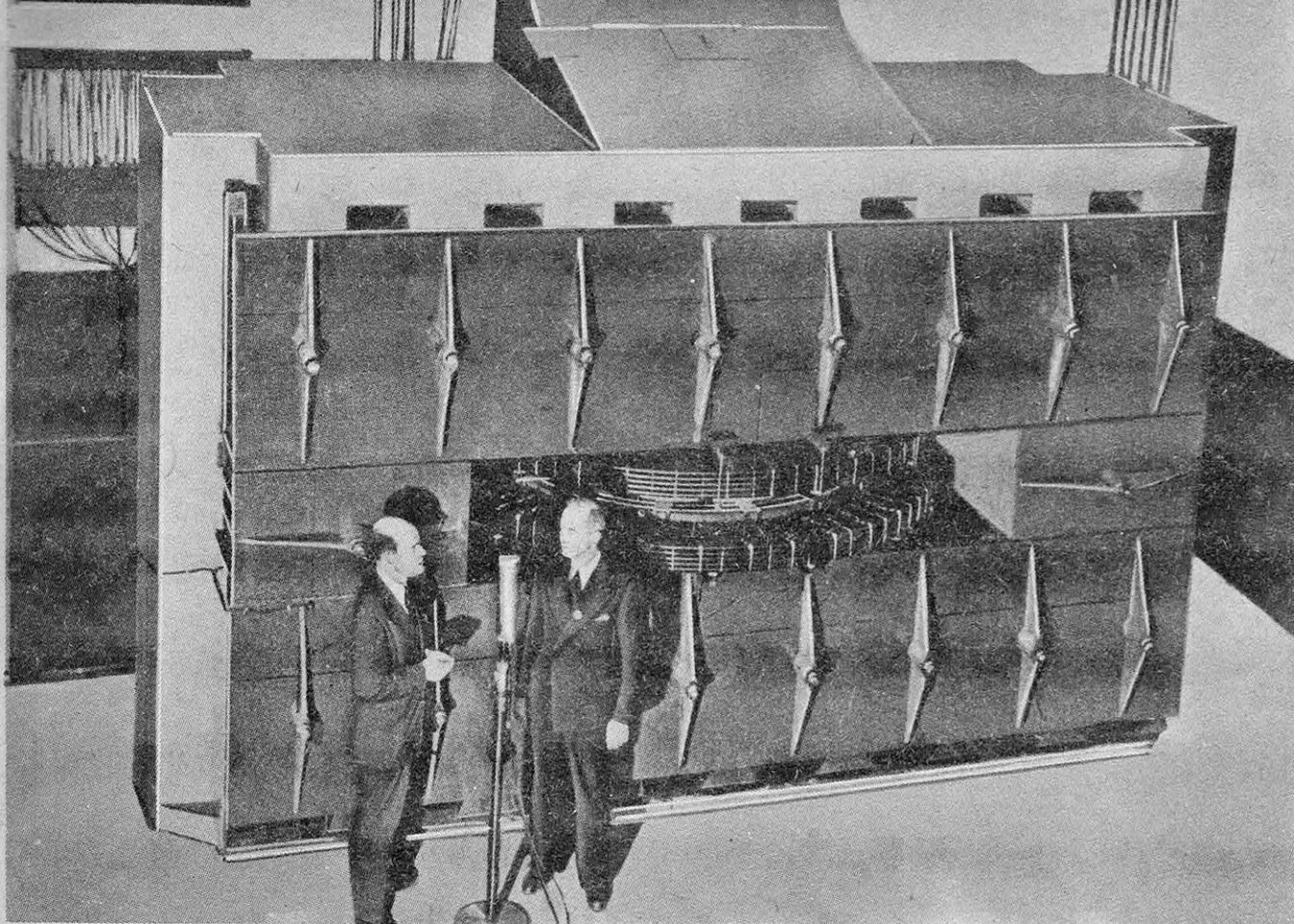


FIG. 5. — LE BÊTATRON N° 2 DE 100 MILLIONS D'ÉLECTRONS-VOLTS (GENERAL ELECTRIC COMPANY)
 Cet engin, du poids de 130 t, mesure 1,90 m de large, 4,50 m de longueur et 2,70 m de hauteur.

rappeler les lignes essentielles avant d'aborder les perfectionnements actuellement envisagés.

Considérons (fig. 6) un champ magnétique vertical, d'intensité croissante avec le temps. Dans une boucle de fil de cuivre, où il existe un très grand nombre d'électrons libres, ceux-ci subissent une accélération de la part du champ variable et un courant prend naissance. Si nous coupons cette boucle et que nous en relions les extrémités à un appareil de mesure, nous noterons le passage d'un courant, aussi longtemps que le champ magnétique variera. Remplaçons la boucle de cuivre par une enceinte annulaire vidée d'air, dans laquelle nous « injecterons » les électrons à l'aide d'un filament incandescent dont l'émission sera contrôlée par une grille positive. Plaçons cette enceinte dans l'entrefer d'un électroaimant alimenté par du courant alternatif, et nous avons un bêtatron. Si ces électrons sont injectés au moment où le champ commence à croître, ils subiront un entraînement progressif et, comme, dans le vide, ils ne sont pas freinés (comme ils le seraient par le métal résistant), ils acquièrent une grande énergie. On pourra les faire sortir de l'espace annulaire pour les utiliser en tant qu'électrons ou particules bêta (d'où le nom de *bêtatron*), ou bien on les fera tomber en fin de course sur une anode de tungstène, par exemple, pour obtenir des rayons X très pénétrants analogues aux rayons gamma du radium, mais considérablement plus énergiques.

L'énergie finale des électrons sera fonction du champ magnétique et du rayon de l'espace annulaire. Pour les très grandes énergies (100 millions d'électrons-volts), on est ainsi conduit à des électroaimants imposants et coûteux. C'est ici qu'interviennent les grands laboratoires industriels. Westendorp, de la *General Electric Company* de Schenectady, imagina une solution élégante qui réduit le coût de l'électroaimant et le rend presque proportionnel à l'énergie que l'on s'est proposé d'atteindre, et non au cube de cette énergie.

Westendorp utilise un électroaimant alimenté par deux jeux de bobines. L'un de ces jeux (A et B, fig. 9) est parcouru par un courant continu et donne un champ magnétique fixe (ligne d'ordonnée C sur la fig. 8). L'autre paire de bobines (A' et B', fig. 9) est alimentée en alternatif et fournit un champ variable (fig. 8, courbe sinusoïdale). On peut aussi utiliser le montage de la figure 10 qui fait passer simultanément des courants continu et alternatif dans la même paire de bobines. Dans les deux cas, l'avantage réside dans le fait que l'on peut utiliser toute la portion AD de la sinusoïde de la figure 8 alors qu'avec l'ancien système qui ne faisait intervenir que du courant alternatif pour alimenter l'électroaimant on ne pouvait injecter les électrons qu'au point B et les accélérer seulement pendant le temps de croissance du champ de B à D.

Westendorp trouve que la superposition

d'un courant continu au courant alternatif alimentant l'électroaimant diminue la consommation du courant total (courant alternatif et courant continu) de plus de 50 %. Il a trouvé expérimentalement que les pertes dans le fer sont presque proportionnelles au carré du flux. Comme la composante du flux magnétique due au courant continu n'augmente pas sensiblement les pertes par hystérésis (pour une excitation en courant alternatif donnée), il s'ensuit que le poids de l'appareil est inférieur de 50 % à celui qu'il faudrait atteindre pour obtenir les mêmes résultats avec un électroaimant alimenté uniquement en courant alternatif.

Avec un tel engin, Westendorp a déjà obtenu des électrons accélérés sous plus de 100 millions d'électrons-volts, et le prochain objectif est fixé à 300 millions.

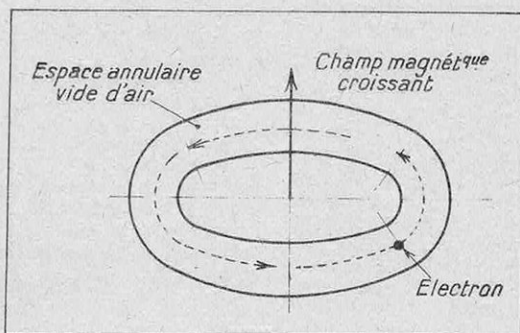


FIG. 6. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN BÊTATRON

Sous l'action d'un champ magnétique croissant engendré par un électroaimant non représenté, les électrons sont accélérés circulairement dans l'espace annulaire où règne un vide poussé.

fréquence. A chaque traversée de l'oscillateur, les électrons subissent une accélération et leurs orbites sont ainsi de plus en plus larges. La longueur d'onde de l'oscillateur doit être liée à la valeur du champ magnétique pour qu'il y ait résonance et accélération à chaque passage. Elle doit aussi varier dans le temps de façon à tenir compte de la variation de la masse des

Le microtron

Cette machine, destinée à accélérer des électrons en se servant d'une bonne partie de l'appareillage d'un cyclotron, a été suggérée simultanément par l'Américain Schwinger et par le Russe Veksler. La figure 11 en donne le schéma de principe.

Les électrons émis par un injecteur sont courbés suivant des cercles dans un champ magnétique vertical et à l'intérieur d'une boîte étanche et vidée continuellement. On place à l'intérieur de cette boîte un oscillateur d'ondes de grande

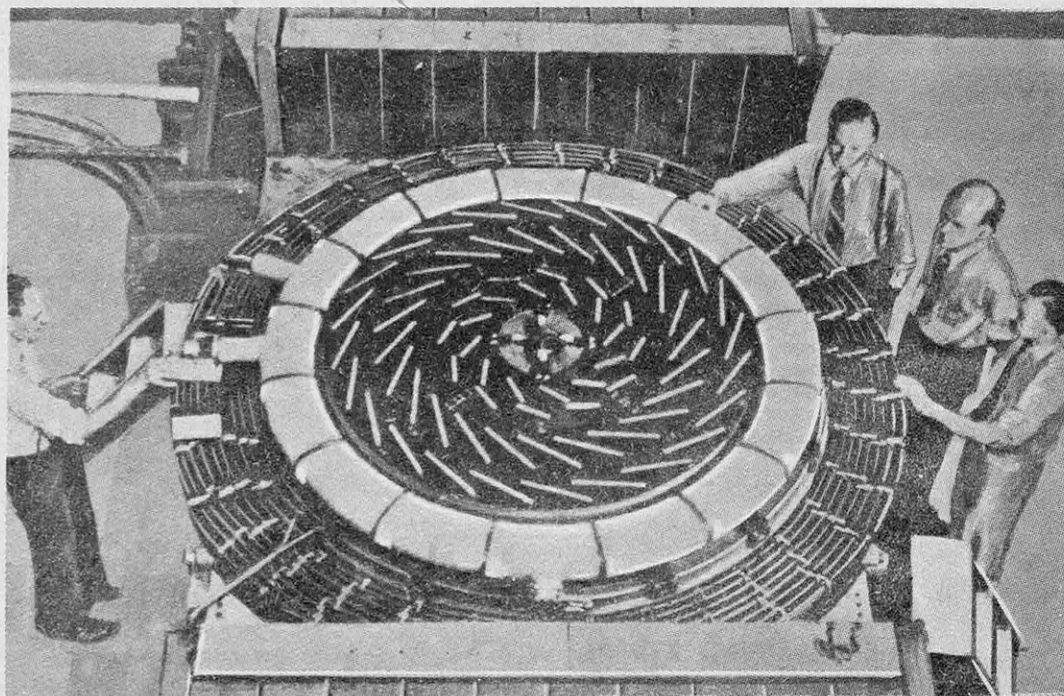


FIG. 7. — LA CHAMBRE D'ACCÉLÉRATION DU BÊTATRON

Les électrons sont injectés sous 50 000 V dans la chambre d'accélération en pyrex de 7 mm d'épaisseur. Cette chambre est formée de 16 cylindres légèrement courbés, métallisés intérieurement et assemblés par des joints étanches. Le diamètre extérieur du tore ainsi constitué est de 205 cm, le diamètre intérieur de 160 cm. Sa section est elliptique (grand axe horizontal 22 cm; petit axe vertical 13,5 cm). Les électrons exécutent, dans l'orbite de 180 cm de diamètre, près de 250 000 révolutions pendant le quart de cycle de variation du champ magnétique (qui oscille à la fréquence de 60 périodes par seconde). L'énergie des électrons croît d'environ 400 électrons-volts par révolution.

électrons en fonction de leur vitesse, laquelle a pour effet de leur faire arriver de plus en plus tard à l'oscillateur. Si, par ailleurs, on tient compte de la facilité avec laquelle on peut produire des faisceaux très intenses d'électrons (ce qui n'est pas le cas pour les ions), on pourra maintenir la fréquence des oscillations constante en admettant une certaine perte dans l'intensité du faisceau utilisable. De même, si on tente de corriger l'effet de l'accroissement de masse en augmentant le champ magnétique à la périphérie de l'électroaimant, on aura une « défocalisation » (voir fig. 3) et, par conséquent, une perte, mais qui sera peut-être compensée par le fait que, tout en maintenant la fréquence de l'oscillateur constante, on forcera les électrons à arriver « à temps » et à être convenablement accélérés dans l'oscillateur.

Le synchrotron

Cette technique a été suggérée par l'Américain McMillan du laboratoire de Lawrence et le Russe déjà cité à propos du microtron. Veksler. Elle s'inspire du cyclotron et du bêatron. Examinons ce qui se passe si, au lieu des deux électrodes d'accélération d'un cyclotron nous disposons quatre électrodes comme dans le schéma de la figure 12. Considérons la forme du potentiel sur ces électrodes en fonction du temps. Les courbes de la figure 13 montrent les deux allures des potentiels simultanés sur l'électrode *a* de la figure 1 (ou des électrodes *a* et *a'* de la figure 12), d'une part, et de l'électrode *b* de la figure 1 (ou de la paire d'électrodes *b* et *b'* de la figure 12). Nous voyons sur la figure 14 ce qui se passe dans un cyclotron. Les ions se trouvent à l'intérieur de l'électrode *a* depuis le temps t_1 jusqu'au temps t_2 . Au moment t_2 , par exemple, l'ion se trouve dans l'espace entre les deux électrodes ou « dees » et ce moment coïncide avec la différence maximum dans les potentiels des deux électrodes. L'ion subira donc l'accélération AB. Le même phénomène se produira lorsque, après avoir mis le temps t_2 à t_3 pour circuler à l'intérieur du « dee » *b*, l'ion arrivera à l'espace entre *b* et *a* à l'instant propice t_3 . Il est évident que, si la particule parvient en retard ou en avance, dans le temps, dans l'intervalle entre les « dees » elle subira une accélération toujours inférieure à AB. Cette accélération pourra être nulle au point N, et même négative en deçà,

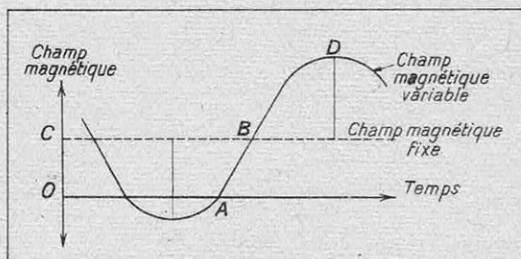


FIG. 8. — PRINCIPE DE PERFECTIONNEMENT APPORTÉ AU BÊATRON PAR WESTENDORP (GENERAL ELECTRIC COMPANY)

Le champ magnétique variable, provoquant l'accélération des électrons, est superposé à un champ magnétique fixe C. Ainsi la variation de champ utilisable pour l'accélération passe de BD à AD.

ce qui aurait pour effet de ramener les ions vers le centre de la boîte du cyclotron avec une énergie décroissante.

Nous pouvons maintenant aborder le phénomène plus complexe correspondant au montage de la figure 12. Une particule est émise par l'injecteur d'électrons ou dans son voisinage. Supposons que la direction du champ magnétique soit telle que cette particule se mette à tourner dans le sens des aiguilles d'une montre. Elle entrera dans l'électrode *a* au temps t_1 (voir fig. 15), au moment où son potentiel est maximum. Elle sortira de *a* pour entrer en *b* lorsque les potentiels de *a* et de *b* seront nuls (point A, fig. 15). Le champ magnétique la forcera ensuite à parcourir un autre quart de cercle et elle passera au temps t_2 de *b* en *a'*. Elle subira à ce moment l'accélération due à la différence de potentiel maximum DD'. Au point B, où le champ électrique est nul, elle passera de *a'* en *b'* et elle reviendra dans l'électrode *a* au temps t_3 en subissant à nouveau une accélération DD'.

Considérons maintenant une particule d'énergie telle que sa vitesse angulaire soit exactement celle qu'il faut pour qu'il y ait synchronisme entre la longueur d'onde du poste de haute fréquence et le champ magnétique. L'énergie de cette particule sera ce que nous appellerons l'énergie d'équilibre correspondant à une masse

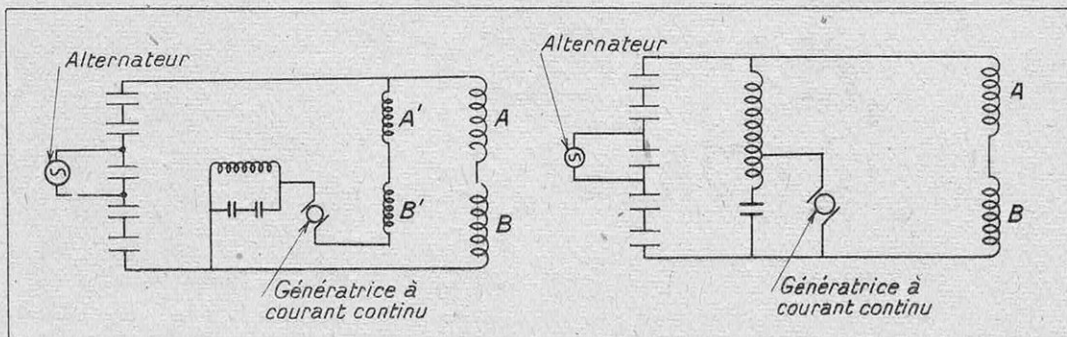


FIG. 9 ET 10. — SCHÉMA DE L'ALIMENTATION DES ENROULEMENTS DES ÉLECTROAIMANTS DES BÊATRONS PERFECTIONNÉS PAR WESTENDORP (GENERAL ELECTRIC COMPANY)

A gauche, le courant continu parcourt les enroulements A et B et le courant alternatif les enroulements A' et B'. A droite, les enroulements A et B sont parcourus à la fois par les deux courants.

d'équilibre. Si la particule arrive « en avance » (en A', fig. 15) dans l'espace entre les électrodes a et b, elle subira une accélération due au potentiel CA' (pour une particule positive ou ion). Du fait de cette accélération, la masse de la particule augmentera, et par suite sa vitesse angulaire diminuera, de telle sorte qu'elle arrivera « en retard » au prochain passage. Supposons qu'elle arrive, à ce passage, en A'', elle subira un ralentissement correspondant à CA'', ce qui fera diminuer sa masse et augmenter sa vitesse angulaire. Elle arrivera donc au passage suivant un peu moins en retard, et ainsi de suite par oscillations successives jusqu'à ce qu'elle arrive à temps au point A. Le même raisonnement s'appliquerait à une particule négative ou électron en considérant la phase négative et les points B, B' et B'' sur la courbe de la figure 15. On voit donc que, pour ces orbites d'équilibre, le synchronisme est automatique. Comme l'effet de « masse variable » ne commence à agir que pour des énergies élevées et par conséquent vers les bords de la boîte d'accélération, point n'est besoin de s'encombrer d'électrodes qui viennent aboutir jusqu'au centre de la boîte. On en arrive alors à la conception d'un cyclotron du type annulaire, comme celui schématisé par la figure 16.

Pour atteindre des énergies supérieures à l'énergie d'équilibre, il est clair qu'il faudra, soit augmenter la valeur du champ magnétique vers la périphérie, soit diminuer la fréquence de l'oscillateur haute fréquence. La première solution est la plus commode. La figure 16 montre comment on en est venu à adopter ici la même conception que Westendorp pour les nouveaux bétatrons. On arrive, avec le syn-

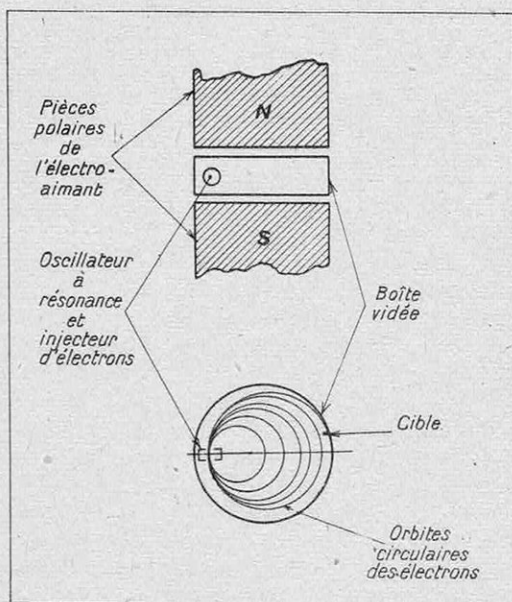


FIG. 11. — SCHÉMA DE PRINCIPE DU MICROTRON

L. — trons libérés dans une boîte vide d'air décrivent, sous l'action du champ magnétique de l'électroaimant une série de circonférences dont le rayon croît à la suite des accélérations successives qu'ils éprouvent à leur passage à travers l'oscillateur.

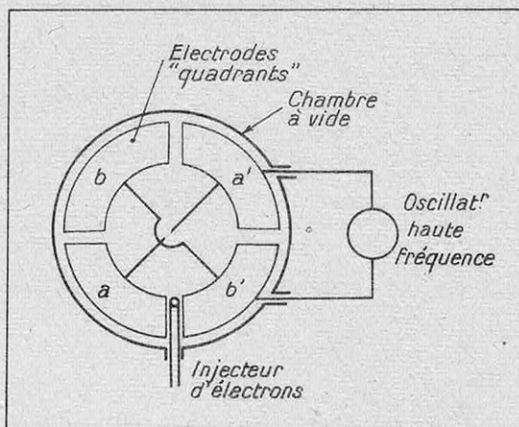


FIG. 12. — SCHÉMA DE PRINCIPE DU SYNCHROTRON

Le synchrotron, comme le cyclotron, comprend une chambre vide d'air placée entre les pièces polaires d'un électroaimant non représenté. Dans cette chambre sont disposées non plus deux électrodes, mais quatre, connectées deux à deux.

chrotron, à obtenir le même résultat qu'avec un bétatron donné, mais avec un champ magnétique beaucoup plus faible, parce que l'on profite surtout des impulsions électrostatiques dues aux quatre électrodes, ce qui n'existe pas dans le bétatron. De cette façon, le coût de l'appareillage est énormément réduit en ce qui concerne l'électroaimant ; par ailleurs, la technique est extrêmement économique dans un laboratoire déjà pourvu d'un cyclotron, c'est-à-dire d'un électroaimant et d'un poste de haute fréquence.

McMillan pense obtenir bientôt des électrons accélérés à plus de 300 millions de volts dans un synchrotron de 2 m de diamètre. Le champ magnétique maximum n'atteindrait que 10 000 gauss, et la fréquence à appliquer sur les deux paires d'électrodes serait de 48 mégacycles. Le rayon du cercle intérieur sur lequel seraient injectés les électrons sous 300 000 volts serait de 78 cm.

Un groupe d'électrons se mouvant sur une orbite circulaire perd par radiation une partie de son énergie. Cette perte est d'autant plus importante qu'il y a plus de cohérence dans l'émission. Il semblerait *a priori* que, dans le synchrotron, où les électrons se déplacent par groupes, il y ait plus de pertes par radiation que dans le bétatron où ils se déplacent quasi individuellement. Il n'en est rien, car cette cohérence est uniquement apparente, et, par ailleurs, Schiff a déjà prévu un dispositif pour diminuer cette perte par radiation au moyen d'un écran électrostatique placé à une courte distance et parallèlement au plan des orbites. En résumé, le synchrotron semble présenter des avantages sur le bétatron et son coût serait presque proportionnel à l'énergie désirée.

Le bête-synchrotron

Le physicien américain Pollock vient de suggérer, pour diminuer encore le poids des électroaimants, de combiner le synchrotron avec un dispositif initial rudimentaire de bétatron. Il est clair en effet que, si on pouvait injecter des électrons ayant des vitesses très proches de celle

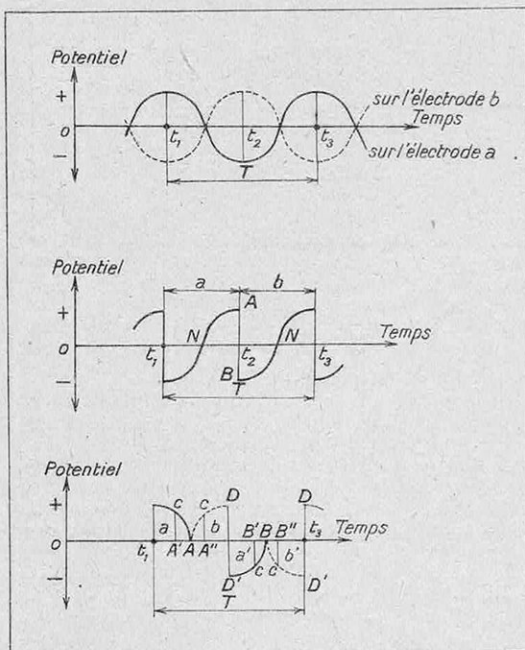


FIG. 13, 14 ET 15. — COMMENT VARIENT LES POTENTIELS DES ÉLECTRODES DU CYCLOTRON ET DU SYNCHROTRON, D'OU RÉSULTENT LES PARTICULARITÉS DU FONCTIONNEMENT DE CES DEUX APPAREILS (Voir le texte)

de la lumière (voir fig. 18), le rayon de leur orbite dans le synchrotron serait pratiquement invariable, ce qui diminuerait appréciablement la largeur de l'anneau aimanté caractéristique de cette méthode. Or il est difficile d'injecter des électrons de plus de 300 kV. Pollock imagine alors de les accélérer jusqu'à plus de 2 millions de volts au moyen d'un champ magnétique

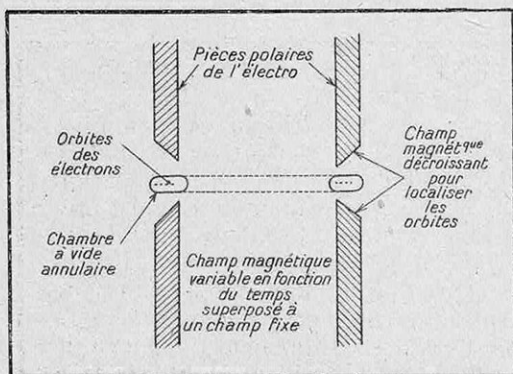


FIG. 16. — SCHEMA DE PRINCIPE D'UN SYNCHROTRON POUR GRANDES ÉNERGIES

Les particules sont accélérées dans une chambre à vide annulaire. Les pièces polaires reçoivent un profil convenable pour que le champ magnétique aille en décroissant vers la périphérie d'où une concentration du faisceau de particules (focalisation). Au champ magnétique fixe est enfin superposé un champ magnétique variable.

alternatif, caractéristique du bêtatron, et de les faire ensuite entrer dans le circuit du synchrotron pour atteindre 500 millions de volts.

Le résonateur-accelérateur linéaire (ralitron)

Le physicien Alvarez, du laboratoire de Lawrence à Berkeley, fut un de ceux qui furent affectés aux services « radar » pendant cette guerre. Son séjour dans les laboratoires gigantesques installés à Cambridge, dans le Massachusetts, le maintenait écarté de ses camarades qui, à Berkeley et ailleurs, travaillaient dans un domaine (la bombe atomique) plus proche de la physique nucléaire que le sien. Il pensait à eux tant et si bien qu'il s'ingéniait à trouver dans son milieu ce qui pourrait être de quelque utilité en physique nucléaire. Il se souvenait d'ailleurs des expériences peu démonstratives, mais suggestives de Hansen, de l'Université de Stanford (Californie), qui avait essayé d'accélérer des électrons dans un résonateur d'ondes (fig. 17), le « rhumbatron » 1936. Alvarez se propose d'utiliser une partie de l'équipement radar réformé. Plusieurs résonateurs à grand coefficient de surtension et opérant à des longueurs d'onde de l'ordre du mètre accélèrent linéairement des électrons. Chaque résonateur serait conduit par son propre oscillateur. Le système, dans son ensemble, serait actionné simultanément et l'accord en phase serait obtenu avec une ligne coaxiale formée par deux conducteurs concentriques reliés à un maître oscillateur. Cette ligne serait parallèle aux résonateurs et serait liée lâchement à eux.

Pour les électrons, la vitesse de l'onde de phase dans la ligne serait celle de la lumière (injection d'électrons accélérés sous quelques dizaines de milliers de volts). Pour les ions positifs, la ligne sera chargée de telle sorte que l'on puisse s'accommoder de la variation de la vitesse des ions au fur et à mesure de leur accélération.

Alvarez pense que, pour accélérer des électrons à 300 millions de volts, il lui faudra un système long de 450 m.

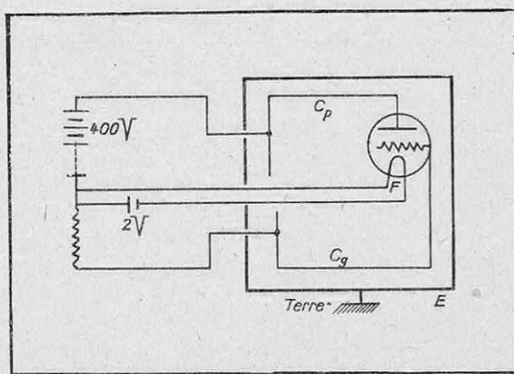


FIG. 17. — SCHEMA DE PRINCIPE D'UN RÉSONATEUR ÉLÉMENTAIRE A UN SEUL TUBE OSCILLANT

Dans la cavité fermée limitée par l'enceinte métallique E, on entretient des oscillations électromagnétiques. Cette enceinte possède certaines fréquences de résonance pour lesquelles le coefficient de surtension est très élevé. Ce sont ces surtensions que l'on met à profit pour l'accélération des particules. F: filament; G: condensateur de grille; P: condensateur de plaque.

L'accélérateur linéaire par guide d'ondes (algotron)

C'est également au laboratoire des Radiations du Massachusetts Institute of Technology, où s'effectuaient les recherches sur le radar, que l'idée a été suggérée d'utiliser un guide d'ondes fonctionnant en micro-ondes pour accélérer des électrons. Ce guide serait constitué par une série de résonateurs fortement couplés et actionnés par un seul oscillateur. De cette façon, la puissance disponible serait répartie également entre les sections du guide. Comme le voltage à travers une section est proportionnel à la racine carrée de la puissance dissipée dans cette section, le voltage final des électrons serait proportionnel à la racine carrée du nombre de sections.

Ces deux derniers engins offrent les avantages suivants :

- 1° Utilisation de matériel « radar » réformé ;
- 2° Aucune perte d'énergie par radiation ;
- 3° Facilité d'amener le faisceau à l'extérieur de l'appareil.

Le cavitron

C'est au laboratoire de la Marine des États-Unis que le physicien Post vient d'imaginer un nouvel accélérateur de particules électrisées. Il préconise l'emploi de champs magnétiques sans fer (solénoïdes) pour guider les particules sur des orbites contenues à l'intérieur d'une cavité résonante du type rhumbatron ou radar. L'ensemble sera plongé dans l'azote liquide afin de diminuer les pertes par un refroidissement des bobines à -180° C. Le courant serait obtenu par court-circuitage d'une génératrice de courant continu.

Autres techniques

Quel espoir peut-on fonder sur les « piles » d'uranium (1) pour obtenir des particules de

(1) Voir : « L'Artillerie atomique » (*Science et Vie*, numéro hors série, décembre 1945).

VOLTAGE ACCÉLÉRATEUR	VITESSE (la vitesse de la lumière est prise pour unité).	MASSE (la masse de l'élec- tron au repos est prise pour unité).
100 000 V	0,55	1,077
300 000 V	0,778	1,432
1 000 000 V	0,9415	2,669
3 000 000 V	0,9900	6,377
35 000 000 V	0,9999	63,610

FIG. 18. — COMMENT VARIENT LA VITESSE ET LA MASSE D'UN ÉLECTRON EN FONCTION DE SON ÉNERGIE

grande énergie ? Les « piles d'uranium » constituent des sources importantes de neutrons, de radioéléments artificiels, de rayons bêta et de rayons gamma. Elles ne fournissent pas de particules lourdes électrisées de grande énergie (protons, deutons, hélions), ni des rayons bêta ou gamma très pénétrants. Elles ne concurrencent donc que partiellement les appareils décrits dans cet article.

Des lecteurs à l'esprit inventif nous ont fait part de certaines de leurs idées dans ce domaine. La meilleure suggestion, mais de réalisation encore peu probable, concerne ce que son auteur a intitulé le « piézoatron ». Cet appareil consisterait en rondelles de quartz piézoélectrique « activées » par des détonations à l'intérieur d'un tube. Si le quartz n'était pas excessivement fragile et si le courant pouvait atteindre quelques microampères, l'idée serait acceptable.

L'ingéniosité des inventeurs n'est certainement pas épuisée. On doit surtout viser à obtenir le plus d'énergie en électrons-volts et en même temps une intensité notable, chiffrable en milliampères, si possible, avec la moindre dépense en appareillage et en courant électrique. C'est vers ce but que tendent les perfectionnements et les nouveaux appareils que nous venons de décrire.

M.-E. NAHMIA

Le dichlorodiphényltrichloréthane, le puissant insecticide découvert pendant la guerre et généralement connu sous les initiales D. D. T. (1), vient d'enregistrer un nouveau succès dans la lutte contre les insectes propagateurs de maladies infectieuses. On a en effet, récemment, découvert qu'il permettait de combattre efficacement la puce du rat, qui joue un rôle prépondérant dans la propagation de la peste et du typhus murins. Une épidémie de peste a même pu être ainsi prévenue à Malte où quelques cas s'étaient déclarés. L'étude de la toxicité du D. D. T. pour l'homme et les animaux à sang chaud a fait l'objet de nombreux travaux en Angleterre et en Amérique. On a notamment étudié les dangers possibles de l'inhalation de ce produit, qui est fréquemment employé sous forme de fumées ou de nuages artificiels (aérosols). Le D. D. T. s'est avéré pratiquement dépourvu de toxicité à l'égard des cobayes, lapins et rats. Aucun accident d'intoxication humaine n'a d'ailleurs été signalé à ce jour, même dans les cas où le produit s'est trouvé répandu accidentellement sur des plaies béantes. On a toutefois cherché quels antidotes pourraient être appliqués avec succès en cas de nécessité. Le gluconate de calcium, la dilantine et l'uréthane sont particulièrement recommandés.

(1) Voir : « Le D. D. T. » (*Science et Vie*, n° 335, août 1945).

L'HOMOCHROMIE MIMÉTISME DES COULEURS

par C. PUISSÉGUR
Agrégré de l'Université

Entre tous les problèmes biologiques, le mimétisme, cette étonnante faculté qu'ont certains êtres vivants de ressembler aux objets environnants ou à d'autres espèces vivantes, est un de ceux qui, de tout temps, ont suscité le plus d'étonnement de la part des hommes. Et, cependant, malgré tous les savants qui se sont penchés sur lui, le mimétisme est un champ qu'on vient à peine de défricher. C'est que la recherche du problème biophilosophique de sa finalité, accaparant pendant longtemps les naturalistes, les entraînant dans des discussions bornées et souvent stériles, a fait passer au second plan celle des mécanismes physiologiques auxquels les êtres doivent leur mimétisme. Nous assistons, en cette première moitié du XX^e siècle, dans tout le domaine scientifique, au triomphe de l'expérimentation rigoureuse. Aujourd'hui, les physiciens brisent les atomes et libèrent une prodigieuse réserve d'énergie ; les chimistes réussissent la synthèse de constituants compliqués de la matière vivante ; les biologistes dressent avec succès des microbes contre d'autres microbes, changent le sexe d'êtres vivants, produisent des monstres et de nouvelles variétés, sinon de nouvelles espèces. Grâce à eux, alors que restent obscurs, pour le moment du moins, les horizons philosophiques du mimétisme, l'interprétation des phénomènes d'homochromie s'éclaire à la lumière de la méthode expérimentale.

PARMI les diverses formes de mimétisme animal, la plus banale et la plus répandue est l'homochromie, ou mimétisme de couleur. Beaucoup de groupes zoologiques, souvent fort éloignés, la présentent.

L'animal peut imiter la coloration du sol, des pierres ou des écorces. Certains Criquets montrent sur tout leur corps des taches diversement colorées, plus ou moins foncées, qui rappellent celles du sol environnant (fig. 1), de nombreux insectes (Longicornes, Punaises, Sauterelles, Nocuelles) portent sur leurs ailes les couleurs en général éteintes des pierres et des écorces sur lesquelles ils se tiennent (fig. 2) ; bien des animaux du désert en présentent la coloration fauve.

L'animal peut aussi se parer (fig. 4, 5 et 6) de la couleur des feuillages soit verts (Phyllie, Mante religieuse, Sauterelles diverses, Punaises, etc.), soit jaunes ou bruns (Sauterelles, Bombyx feuille-morte), soit de teintes variées (Papillon Kallima, Sauterelles-feuilles sud-américaines). Chez ces derniers, l'imitation colorée de la feuille, qui se conjugue du reste avec celle de sa morphologie, est très raffinée.

Dans quelques cas, l'animal peut copier la couleur des fleurs sur lesquelles il vit (certaines Mantes exotiques).

Tous ces exemples, auxquels on pourrait en ajouter beaucoup d'autres, ont ceci de commun qu'ils caractérisent des animaux incapables de modifier leur coloration si celle du milieu vient à changer. Ils présentent une *homochromie fixe*. Mais, à côté d'eux en existent d'autres qui ont

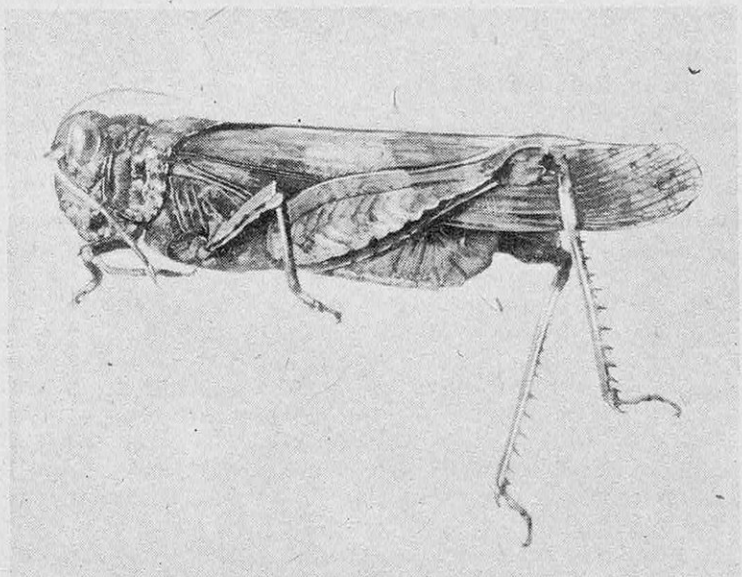


FIG. 1. — LE CRIQUET GEDIPODE DONT LA COULEUR SE CONFOND AVEC CELLE DU SOL (PHOTO LE CHARLES)

Tout le monde connaît ce Criquet très commun qui, l'été, dans les lieux incultes, fait vibrer en volant ses magnifiques éventails bleus ou rouges frangés de noir. Posé sur le sol, il est parfaitement homochrome avec lui. Il tire son homochromie d'un ensemble irrégulier de taches plus ou moins appuyées qui semblent se fusionner avec celles du sol, dérochant ainsi à notre œil les vrais contours de l'animal.

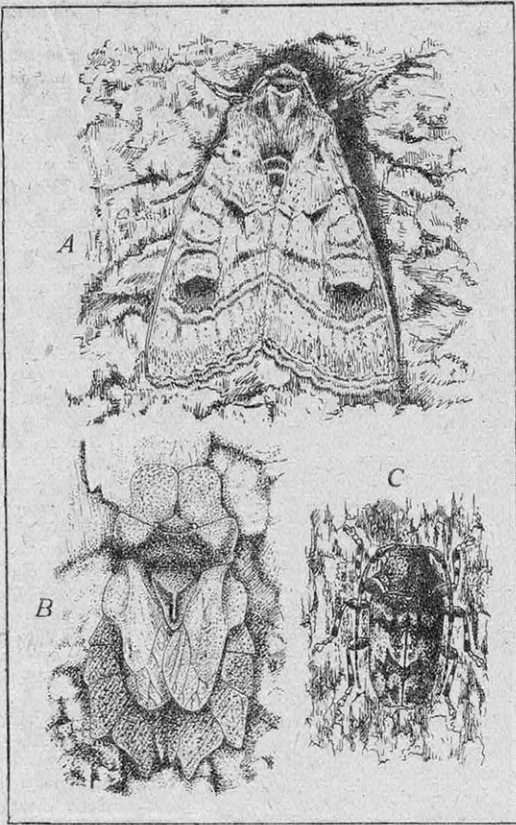


FIG. 2. — INSECTES IMITATEURS D'ÉCORCES

En A : Noctuelle *Ammonoia*, papillon de nos pays, présentant sur ses ailes grisâtres diverses marbrures vigoureuses ou atténuées, jaunâtres ou brunâtres, qui rappellent étrangement celles de l'écorce ou des lichens environnants. — En B : Punaise *Phylæa* étrangère à la France, immobile sur l'écorce d'un prunier; elle offre à nos yeux un corps qui semble fait de plaquettes assemblées. Cette curieuse marqueterie colorée s'harmonise tout à fait avec les rugosités de l'écorce. Chez cet animal, l'homochromie se combine avec une certaine homotypie ou mimétisme de forme. — En C : Le Longicorne *Haplocnemia*, assez commun en France, avec ses nombreuses stries et punctuations grisâtres, est difficilement visible sur un tronc d'arbre.

la curieuse propriété d'accorder leur teinte à celle du milieu environnant. Une Plie modifie les dimensions et la disposition des taches sombres de sa peau suivant le dessin du fond (fig. 7) ; certaine Crevette s'harmonise parfaitement et successivement avec des algues différemment colorées ; une Grenouille devient claire sur fond clair, foncée sur fond sombre. L'exemple classique des Caméléons, les plus cités parmi les animaux mimétiques, bien que sous ce rapport ils ne soient pas les plus caractéristiques, entre dans cet ordre de phénomènes qu'on désigne sous le nom d'*homochromie variable*.

Entre ces deux cas extrêmes du mimétisme de couleur, l'homochromie fixe, où la couleur reste figée, et l'homochromie variable où elle s'épanouit plus ou moins richement et s'adapte à celle du milieu, se place une sorte de moyen terme, l'homochromie saisonnière de certains

Vertébrés des régions polaires ou des montagnes qui revêtent à la mauvaise saison une livrée totalement ou partiellement blanche pour reprendre leur couleur normale au retour des beaux jours (Renard arctique, Hermine, Lièvre polaire, Lagopède alpin, etc.).

Interprétation de l'homochromie

De tous les phénomènes de mimétisme, ceux qui intéressent la coloration ont été le plus étudiés. Beaucoup d'animaux, même communs, les présentent, tandis que le mimétisme de forme (homotypie et mimétisme au sens strict) est souvent l'apanage d'espèces peu communes, exotiques, qu'il est difficile de se procurer, ce qui limite les observations et paralyse les expériences. De plus, la couleur est plus docile que la forme aux facteurs physiques ou chimiques imposés par le biologiste. Il n'est donc pas étonnant que l'interprétation de l'homochromie ait fait, depuis dix ans, de gros progrès, tandis que celle de l'homotypie et du mimétisme strict a pratiquement marqué le pas.

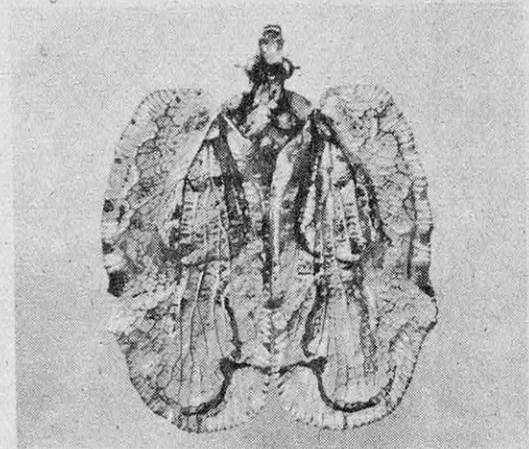
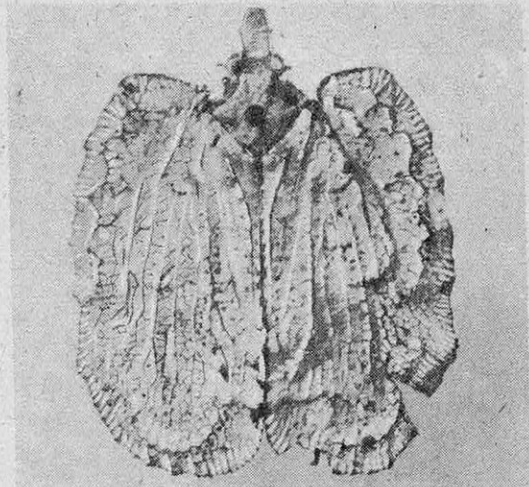


FIG. 3. — DEUX ESPÈCES DE PHYLÆA, PUNAISE QUI IMITE UN MORCEAU D'ÉCORCE.

L'homochromie fixe, teinture alimentaire

Une Phyllie (fig. 6) est rougeâtre à l'éclosion. Après s'être nourrie de feuilles vertes, elle devient verte elle-même. Elle prend la teinte jaune ou rougeâtre si sa nourriture se compose de feuilles jaunes. Le Phasme *Carausius* (fig. 9) naît grisâtre. S'il absorbe des aliments à chlorophylle, il se colore en vert. S'il mange exclusivement des pétales jaunes à carotène (jonquille, rhododendron), il est jaunâtre. Des larves de Sauterelles exotiques nourries de roses rouges présentent une coloration rougeâtre. De même, les Doris, sortes de limaces de mer se nourrissant d'éponges jaunes ou rouges, prennent la même couleur que leurs proies.

Dans tous ces exemples, l'homochromie est d'origine alimen-

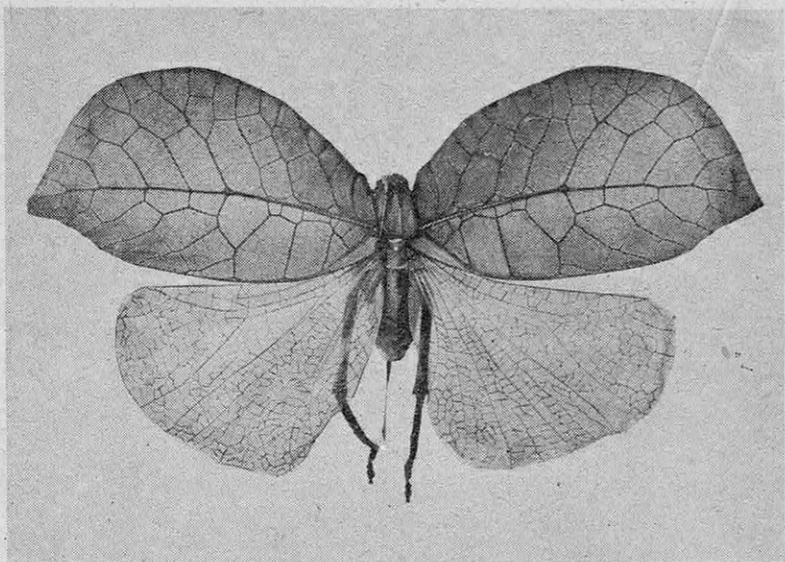


FIG. 4. — UN INSECTE COPIEUR DE FEUILLES : LE CYCLOPTÈRE, SAUTERELLE DE L'AMÉRIQUE TROPICALE

Chacune des élytres du Cycloptère ressemble à une feuille traversée par une forte nervure médiane, d'où se détache un réseau complexe de nervures secondaires. Cette aile-feuille, naturellement crénelée et déchiquetée à l'extrémité, semble avoir été broulée par quelque insecte. L'imitation de la couleur ne le cède en rien à celle de la forme : on remarque sur les élytres des taches de dimensions, de formes et de teintes variées, qui simulent des zones parasitées par des champignons ou à demi dévorées par des insectes.

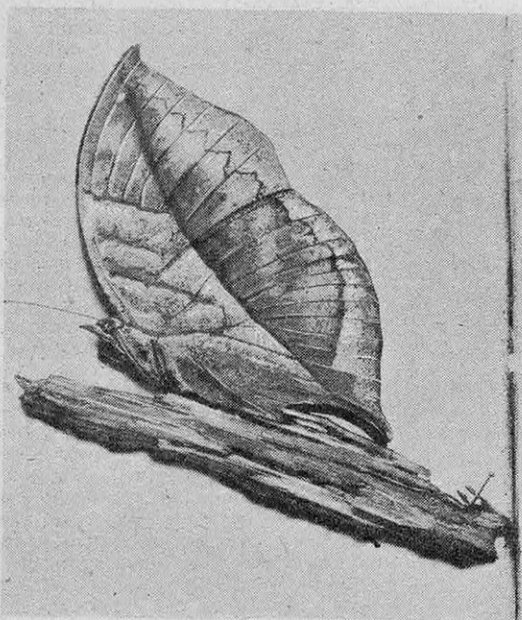


FIG. 5. — UN PAPILLON QUI SIMULE UNE FEUILLE MORTE : KALLIMA, LÉPIDOPTÈRE D'INDO-MALAISIE

Ce papillon vole très rapidement et s'immobilise sur les rameaux, simulant une feuille desséchée, parcourue de nervures et semblant en partie atteinte par la moisissure, en partie mangée par les insectes.

taire. Les pigments des substances ingérées se retrouveraient, plus ou moins transformés, dans certaines cellules de l'animal. On a pu établir des analogies entre les propriétés du pigment vert des Orthoptères mangeurs de feuilles et celles de la chlorophylle.

Ces faits ne sont qu'une illustration, sur le plan du mimétisme, de l'action colorante de la nourriture sur les tissus animaux. Au XVIII^e siècle Flourens et Duhamel coloraient les os des Porcs en ajoutant de la garance à leurs aliments ; une Anémone de mer rougit sous l'action des carotinoïdes contenus dans les Crevettes constituant sa nourriture ; la chair d'une Truite qui absorbe une grande quantité de Gammare roses, petits crustacés, s'imprègne d'une belle teinte rose et devient « saumonée » ; à volonté, on peut obtenir des œufs de poule à jaune incolore, pâle ou foncé, en supprimant, réduisant ou augmentant les carotinoïdes dans la nourriture de l'oiseau.

L'homochromie fixe, calque coloré du milieu environnant

Au moment de leur mue, qui leur permet de grandir en abandonnant une enveloppe devenue trop petite pour en refaire une autre plus avantageuse, les jeunes Criquets se revêtent de téguments très peu pigmentés, blanchâtres et assez mous. En même temps qu'ils durcissent, ces téguments se colorent lentement. Tout se passe alors comme s'ils calquaient les couleurs et les taches du substrat. La nouvelle peau, mince et peu colorée, de l'insecte venant de muer, a été comparée à une pellicule photographique impressionnée par les rayons lumineux émanant des

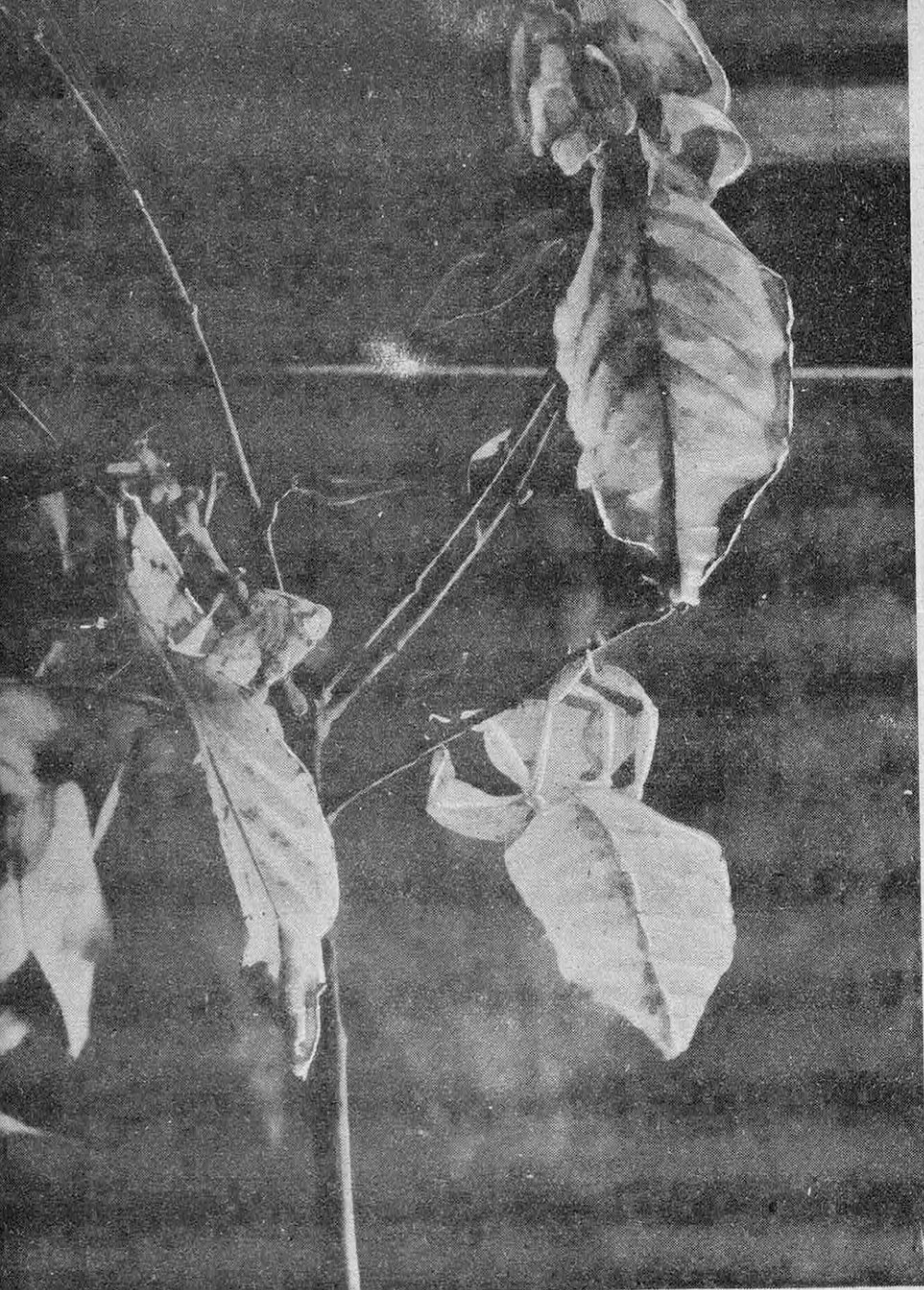


FIG. 6. — UN GROUPE DE PHYLLES SUR LES BRANCHES D'UN ARBRE

La Phyllie, Orthoptère des îles de la Sonde, réalise un des types zoologiques les plus extraordinaires : aplatissement dorso-ventral intéressant les élytres curieusement nervurées, abdomen débordant, presque rectangulaire, pattes munies de larges palettes ressemblant à des feuilles presque complètement rongées, belle couleur verte de tout le corps.

objets environnants. Des expériences ont montré sur diverses espèces de Criquets le phénomène d'impression chromatique de l'animal par le substrat au moment de la mue. Ainsi se trouve expliqué ce fait classique que divers individus d'une même espèce de Criquet puissent se parer de couleurs aussi diverses que le jaunâtre, le grisâtre, le bleuâtre, le rougeâtre, en accord chromatique très étroit avec les sols qui les portent. Ces insectes, dont les déplacements sont peu importants, restent simplement fidèles au sol qui a déterminé leur coloris. Des réactions semblables ont été signalées chez des larves aquatiques de Libellules ; une Mante exotique

est susceptible d'une gamme assez étendue, allant du blanc au jaune strié de rouge, en passant par le jaune uniforme, mais l'accord de sa couleur avec celle de la fleur qu'elle fréquente ne s'effectue qu'au moment de la mue.

Le nouveau corset larvaire dont s'enveloppe l'insecte à sa mue semble ainsi doué d'une grande sensibilité à la lumière réfléchie par le substratum. Il n'est pas douteux qu'une extension de ces recherches à d'autres espèces ou à d'autres groupes d'articulés permettra de multiplier les exemples de ces photographies vivantes. Il serait, en particulier, intéressant de déterminer si ces processus jouent un rôle dans l'acquisition de l'« ultra-homochromie » de certains insectes-feuilles (fig. 4, 5 et 6).

La nutrition, les radiations venues du substrat ne sont pas les seuls facteurs conditionnant l'homochromie fixe. La température, l'humidité, la lumière directe, cette dernière quantitativement et qualitativement, ajoutent et intriquent leurs actions sur les organismes. Il semble bien, en particulier, que le blanchiment hivernal de certains animaux polaires ou des hautes montagnes puisse être, au moins en partie, mis sur le compte des actions

combinées des basses températures et de la lumière (Metchnikoff, Wilson). La coloration d'un animal mimétique semble ainsi être la résultante d'une interférence de facteurs, chimiques et physiques, dont, suivant les espèces, certains prennent le pas sur les autres. L'action des facteurs physiques est particulièrement intéressante dans l'homochromie variable.

Les chromatophores, artisans de l'homochromie variable

Les animaux capables d'accorder leur couleur à celle du milieu possèdent dans les parties

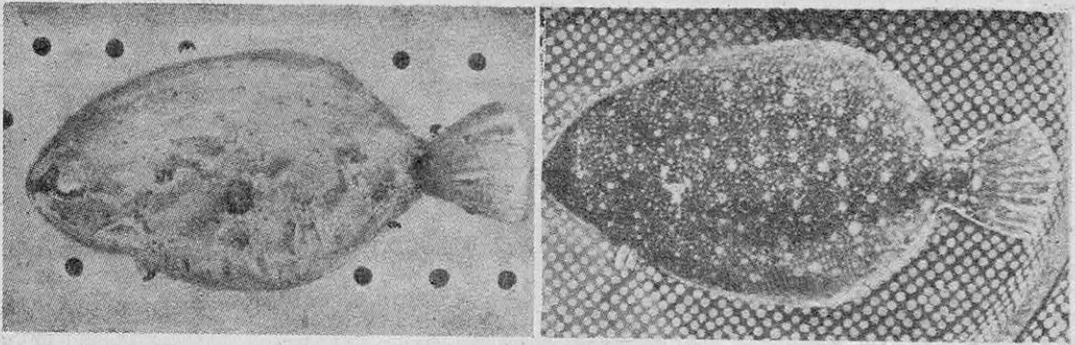


FIG. 7. — HOMOCHROMIE VARIABLE D'UNE PLIE

Grâce au jeu de ses chromatophores, mus par un phénomène réflexe, une Plie, placée successivement sur deux fonds très différents, est capable de reproduire grossièrement l'image de ces deux substrats. (D'après Mast).

superficielles de leur corps des cellules plus ou moins différenciées et spécialisées, appelées chromatophores, qui sont les agents des variations de couleur (fig. 7).

Les chromatophores d'un premier type, le plus rudimentaire, se rencontrent dans l'hypoderme du Phasme *Carausius* (fig. 8, a, A). Ce sont des cellules à cuticule assez épaisse, contenant trois sortes de granules microscopiques colorés : des verts ou verts jaunes, ovoïdes, très petits, situés au-dessous de la cuticule, où ils restent immobiles, des jaunes rouges, fréquemment anguleux, de taille variable, vers la base de la cellule ; des bruns rougeâtres ou sépia, arrondis, petits, en profondeur comme les précédents. Les pigments profonds sont mobiles : on observe des déplacements horizontaux des jaunes rouges et des mouvements dans tous les sens des bruns. Ainsi, les granules plus foncés peuvent monter sous la cuticule et déterminer un brunissement du chromatophore.

Un second type de chromatophore, le plus répandu (Crustacés, Poissons, Batraciens, Reptiles), est représenté par des cellules intradermiques à nombreux prolongements inégaux, contenant des granulations colorées qui peuvent se concentrer au centre de la cellule ou se disperser dans toute son étendue (fig. 8, b, B). D'après la teinte de leurs pigments, on distingue des mélanophores à granules noirs, les plus importants, car ils déterminent les phénomènes si répandus de brunissement et d'éclaircissement, des xanthophores jaunes, des érythrophores rouges. Parfois, la superposition de chromatophores variés, donnant des chromatophores composés, qui peuvent s'adjoindre à leur tour des corpuscules colorés de la peau, aboutit à des ensembles de nuances très variées, par exemple chez des Crévettes.

Un dernier type de chromatophore est celui des Céphalopodes (Pieuvres, Séiches, etc.) ; il se présente comme une cellule arrondie, renfermant un pigment. Sur sa membrane élastique s'attachent des fibres musculaires dont la contraction augmente les dimensions de la cellule pigmentée (fig. 8, c, C).

Les chromatophores sont innervés (Céphalopodes, Poissons), ou non (Crustacés, Batraciens).

Il est intéressant de remarquer la véritable fantaisie de la répartition, parmi les différents groupes zoologiques, de ces cellules pigmentaires spécialisées.

Réponses des chromatophores aux variations de température et d'humidité

Giersberg montre l'action directe et locale de la température en entourant plusieurs segments du corps du *Carausius* de petits tubes où circule de l'eau chaude ou froide. A la fin de l'expérience, il constate que les régions chauffées sont claires, les autres sombres (fig. 10).

Expérimentant sur la même espèce, il place

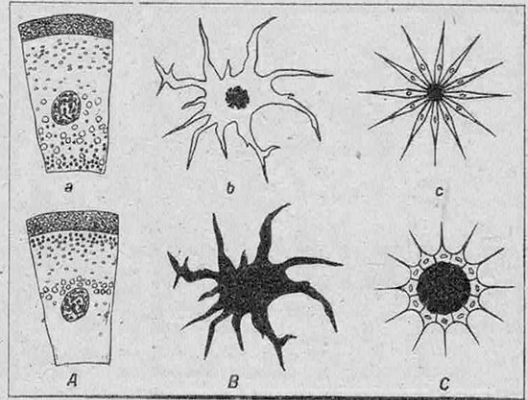


FIG. 8. — LE MÉCANISME DES CHANGEMENTS DE COULEUR CHEZ CERTAINS ANIMAUX

Ces changements de couleur tiennent aux modifications de certaines cellules (chromatophores) dont les pigments deviennent apparents ou disparaissent. — En a et A, les modifications des chromatophores du Phasme *Carausius* : des granules microscopiques bruns ou jaunes rougeâtres se déplacent dans la cellule ; en a, ils sont dans la profondeur et l'œil ne voit que les granules verts ou jaunes, ovoïdes, immédiatement sous la cuticule ; en A, au contraire, certains granules profonds sont venus s'étaler sous la cuticule, donnant à l'animal une coloration plus foncée. — En b et B, mélanophore de poisson : les granules pigmentés contractés au centre de la cellule (b) donnent une teinte claire ; étalés jusqu'aux extrémités de cette cellule (B), ils donnent, au contraire, une teinte foncée. — En c et C, chromatophore de Céphalopode : la cellule pigmentée, contractée en c (phase claire), peut être étirée par l'action de fibres musculaires rayonnantes (C) qui s'insèrent sur ses bords et donne alors une coloration plus foncée.



FIG. 9. — UN GROUPE DE PHASMES (CARAUSIUS MOROSUS) QUI SIMULE UN AMAS DE BRINDILLES

l'animal dans une petite boîte, mais la partie antérieure du corps en dehors. L'air est plus humide dans la boîte qu'à l'extérieur. L'insecte brunit d'abord dans sa partie antérieure hors de la boîte. Si on ligature son corps en arrière de la tête, seule brunit la région en avant du lien (fig. 11).

Ces expériences, fort suggestives, ont été reprises et confirmées par Janda qui a même réalisé sur un *Carausius* une greffe d'un petit morceau de tégument prélevé sur un autre *Carausius*. Or, ce greffon, bien que dépourvu de toute relation nerveuse avec le porte-greffe, suit exactement, pour les variations de couleur, le comportement et les rythmes du porte-greffe. D'où la conclusion tirée par Janda que chez cet insecte les variations de couleur consécutives à l'influence de l'humidité ne sont pas directement déterminées par le système nerveux. Elles seraient déclenchées par voie humorale, à l'aide d'une hormone transportée par le sang, et engendrée peut-être par une glande céphalique, les corps allates.

Réponses des chromatophores à l'influence de la lumière Le rôle des hormones de pigmentation

L'action de la lumière directe a donné lieu à de nombreuses observations et expériences sur des Phasmes, en particulier *Carausius*. Les téguments de ce dernier insecte, clairs à la lumière

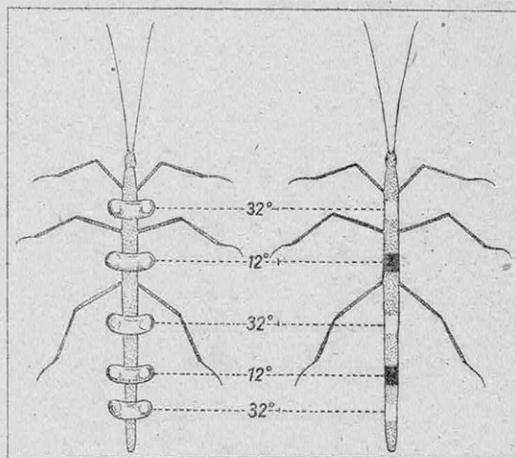


FIG. 10. — ACTION DE LA TEMPÉRATURE SUR LA PIGMENTATION DU CARAUSIUS

Le *Carausius* est non seulement remarquable par son mimétisme de forme et de couleur, mais par l'extrême facilité avec laquelle il s'élève au laboratoire, se nourrissant de feuilles de lierre ou de rosier. Il donne lieu à de multiples expériences. Il est, avec la *Drosophile*, un des « cobayes » les plus utilisés parmi les insectes. A gauche : insecte subissant l'expérience ; son corps est entouré de tubes où circule de l'eau à 12° et à 32° ; à droite : résultat de l'expérience. (D'après Giersberg.)

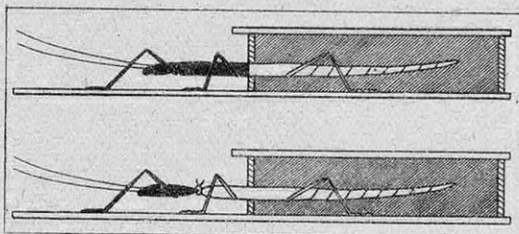


FIG. 11. — ACTION DE LA SÉCHERESSE SUR LA PIGMENTATION DU CARAUSIUS

En haut : L'air plus sec de l'extérieur détermine l'assombrissement de toute la partie de l'insecte située en dehors de la boîte. — En bas : le phénomène d'assombrissement s'est arrêté au lieu, immédiatement derrière la tête. (D'après Giersberg.)

du jour, s'assombrissent le soir. C'est le « rythme chromatique », assez sensible à toute variation d'intensité lumineuse, puisqu'une ombre momentanée suffirait parfois à provoquer l'obscurcissement de l'animal. Ces alternances de colorations se produiraient chez les *Carausius* aveugles, ce qui complique le problème, mais en réhausse l'intérêt.

Toutefois, la lumière diffusée par le substrat a une influence beaucoup plus considérable que la lumière directe. Elle engendre, non pas comme dans l'homochromie fixe, des photographies colorées subsistant au moins jusqu'à la mue suivante, mais des tableaux variés, changeants, pouvant s'évanouir rapidement pour faire place à d'autres.

Les *Carausius* élevés dans des cages garnies à l'intérieur de papiers de couleurs différentes et recouverts d'une gaze de couleur identique s'harmonisent, dans la mesure où leur permettent les chromatophores, avec la teinte du milieu, présentant une série de couleurs allant du jaune clair au brun noir en passant par le vert.

Cependant, les plus intéressantes expériences ont été faites depuis une dizaine d'années sur des animaux à chromatophores spécialisés (Crustacés, Céphalopodes, Vertébrés inférieurs).

Chez tous ces animaux, les mouvements des chromatophores sont déterminés par des réflexes déclenchés au niveau de l'œil. Si leurs yeux sont recouverts par un écran opaque, l'harmonisation avec le milieu est suspendue. Ce réflexe, dit opto-pigmentaire, est de nature neuro-humorale.

L'importance relative de ces deux facteurs, système nerveux et hormones, varie suivant les groupes. Quand le chromatophore est innervé, le système nerveux conserve la haute main sur ses mouvements. L'excitation électrique du nerf chromatophoral d'une région du corps d'une Pieuvre amène immédiatement l'extension des chromatophores de cette région; les muscles chromatophoraux se sont contractés sous l'action d'un influx nerveux réflexe. Ces réactions purement nerveuses expliquent la rapidité du changement de couleur chez ces animaux, non seulement sous l'effet des impressions visuelles nées du milieu, mais d'excitations diverses. Elles peuvent se traduire par un véritable fourmillement coloré à la surface du corps.

La section du tronc sympathique d'une Pieuvre engendre la paralysie des chromatophores. L'action du système nerveux, grâce à des nerfs dits pigmento-moteurs, est, ici encore, très nette. Mais, d'autre part, l'injection de sang d'une Pieuvre sombre à une Pieuvre claire détermine le noircissement de cette dernière. Il existe donc un autre facteur mélanisant. C'est une hormone, véhiculée par le sang jusqu'aux mélanophores. Elle est secrétée par l'hypophyse. Zondek et Krohn l'ont nommée *interméline*. Un Requin, un Poisson-Chat, une Grenouille hypophysectomisés (1) deviennent clairs. Ils redeviennent foncés à la suite d'une injection d'extrait hypophysaire ou d'*interméline*. Ainsi, l'hypophyse des Vertébrés

(1) L'hypophysectomie est l'ablation de l'hypophyse.

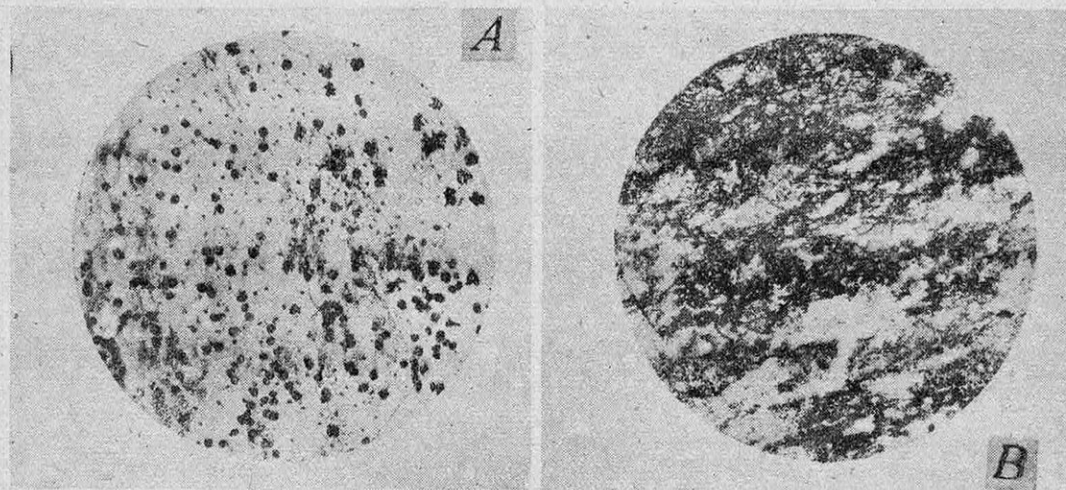


FIG. 12. — LE JEU DES MÉLANOPHORES DANS LA MEMBRANE INTERDIGITALE DE GRENOUILLE

A. Le fond sur lequel repose l'animal est blanc. La membrane est claire. Le pigment forme de petits amas au centre des cellules. — B. La grenouille vient de recevoir une injection d'extrait hypophysaire qui a déterminé l'assombrissement de la membrane, le pigment s'étant répandu dans toute l'étendue des cellules. (D'après Rémy Gollin.)

inférieurs est, entre autres choses, un organe du noircissement. Libérant l'intermédiine dans le sang, elle amène la dilatation des mélanophores (fig. 12). Il n'y a pas de spécificité d'action de l'intermédiine : celle d'une Grenouille agit sur la Carpe, le Requin ou la Plie. Ainsi s'est ajoutée, après ces remarquables découvertes, une nouvelle hormone aux nombreuses hormones hypophysaires, augmentant encore l'importance de ce véritable « cerveau endocrinien ».

Des expériences faites à peu près simultanément par Koller sur des Crevettes ont montré des phénomènes comparables. Un Crangon clair mis dans un aquarium à fond sombre devient sombre au bout d'une heure au maximum. Il reste clair dans un aquarium à fond clair. Le sang d'une Crevette sombre injecté à une Crevette claire détermine bientôt son noircissement. Chez une autre Crevette, Koller réussit l'expérience inverse : il rend claire une Crevette sombre en lui injectant du sang de Crevette claire. Il conclut à l'existence, dans le sang des Crevettes, de deux hormones, l'une déterminant le noircissement, en dilatant les granules noirs des mélanophores ; cette hormone mélanophoro-dilatatrice, il la nomme l'*expantine* ; l'autre amenant l'éclaircissement, mélanophoro-constrictrice, la *contractine*. Chez les Crevettes, l'organe de l'éclaircissement est situé dans la tige de l'œil, l'organe du noircissement dans la région du rostre, partie antérieure du céphalothorax. Des extraits de rostre, injectés à des Crevettes claires, amènent leur noircissement. La région rostrale de la Crevette équivaut, physiologiquement, à l'hypophyse des Vertébrés inférieurs.

Les remarquables expériences d'Abramovitz ont enfin montré l'absence de spécificité des hormones mélanisantes : un Poisson, un Batracien clairs deviennent foncés à la suite d'une injection d'extrait d'organe du noircissement d'un Crabe. Réciproquement, le Crabe clair accuse

l'injection d'extrait hypophysaire de Vertébré inférieur en devenant foncé.

On retrouve, chez les hormones de pigmentation, l'absence de spécificité qui caractérise bien d'autres hormones (hormones génitales, auxines, etc.). Ce caractère est cependant accusé à l'extrême pour les hormones mélanisantes puisque leur action embrasse les Invertébrés et les Vertébrés.

Ainsi, c'est par la réunion de ces points séparés que constituent les conclusions des expériences des savants que se ferme petit à petit le cercle de nos connaissances sur l'homochromie.

L'interprétation des phénomènes de variation de couleur fait ressortir jusqu'à quel point les organismes vivants sont sous la dépendance du milieu extérieur. Nourriture, température, sécheresse, lumière, marquent chacune leur empreinte sur la genèse ou la modification du coloris, comme sur bien d'autres phénomènes organiques. L'être vivant apparaît perpétuellement déterminé, et en continuel équilibre entre ses propres potentialités inscrites dans ses cellules, et les multiples actions de l'environnement.

Dans le cadre de ces réponses aux actions extérieures, il existe une hiérarchie entre les images d'homochromie, depuis la simple photographie tégumentaire d'un Cricket jusqu'aux réflexes opto-pigmentaires d'une Grenouille que caractérisent, articulés avec précision, les jeux complexes des influx nerveux et des hormones, depuis la banale palette de la Phyllie, qui emprunte sa couleur aux aliments, procédant par larges touches uniformes et durables, jusqu'à celle, bien plus nuancée, de certaines Crevettes, qui fait vibrer des millions de granules multicolores en un vivant dessin impressionniste.

C. PUISSÉUR

Le pouvoir pénétrant du rayonnement infrarouge, variable avec sa longueur d'onde, est à la base de ses applications au séchage industriel. Il fournit, en effet, la possibilité de réaliser une véritable « injection » de calories dans la masse à chauffer, et non plus seulement de les communiquer à la seule couche superficielle, comme dans le procédé habituel de chauffage par air chaud, c'est-à-dire par convection. Cette couche superficielle, dans le cas d'un vernis, par exemple, ne doit pas dépasser la température limite pour laquelle il se désagrège ; aussi un séchage par convection exige-t-il toujours un temps assez long. Au contraire, avec les rayons infrarouges, c'est dans toute l'épaisseur du vernis qu'apparaît l'énergie calorifique qu'ils transportent, et la durée du séchage, sans que soit dépassée en aucun point la température critique, se trouve considérablement réduite. En Amérique, le séchage par les rayons infrarouges émis par des lampes spéciales est utilisé sur une grande échelle. En Angleterre, des fours-tunnels ont été mis au point, dans lesquels le rayonnement est émis par des plaques de tôle chauffées au gaz et portées à 300° C. En France récemment, la Compagnie du Gaz de Paris a réalisé des tubes radiants (5 cm de diamètre) chauffés au gaz, que l'on peut replier sur eux-mêmes suivant les besoins, et dans lesquels la flamme chauffante atteint une longueur de 3 m en conférant au gaz un écoulement laminaire le long des parois. Avec un four équipé de ces tubes, la durée de séchage de divers vernis a pu être ramenée entre deux minutes et demie et quatre minutes, contre une heure à l'étuve ordinaire.

A CÔTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

ANIMAUX ET VÉGÉTAUX SONT-ILS SUJETS AUX MÊMES MALADIES ?

LA question de savoir si les maladies des plantes peuvent se transmettre à l'homme et aux autres animaux a toujours été un sujet de préoccupation pour les cultivateurs : en cas d'épidémie atteignant les récoltes, faut-il laisser perdre celles-ci, ou les utiliser au risque de voir la maladie étendre ses ravages au bétail et même à l'homme ? C'est à propos des maladies de la pomme de terre, en particulier, que cette question s'est souvent posée, et certains auteurs ont dû pouvoir démontrer en 1915 que le *Bacterium tumefaciens*, entre autres, pouvait communiquer à l'homme certaines affections cutanées (ce qui s'est avéré inexact par la suite). Le problème a été récemment étudié dans son ensemble par le professeur E. Gäumann, de Zurich, qui est arrivé à la conclusion que les micro-organismes pathogènes qui s'attaquent aux animaux (plus précisément aux vertébrés qui, seuls, nous intéressent ici) et aux végétaux ne peuvent être les mêmes que dans des cas tout à fait exceptionnels. En fait, les seuls qui se présentent dans la pratique sont des champignons microscopiques du type *Actinomyces* ou *Aspergillus*.

Il se trouve, en effet, que la température de l'homme et des vertébrés à sang chaud est nettement supérieure à la température maximum de développement possible de la plupart des parasites des végétaux, qui n'excède pas 33 à 35°. Il est certain que la composition chimique des tissus animaux conviendrait à ces parasites comme

milieu de développement — les cultures en bouillon de viande le prouvent — mais c'est leur température trop élevée qui ne leur convient pas. Il y a donc une *protection thermique* des animaux contre ces micro-organismes.

Cette notion de « protection thermique » était déjà connue de Pasteur qui, se demandant si ce n'était pas leur température élevée (42°) qui mettait les poules à l'abri de la *maladie du charbon*, avait essayé de leur plonger les pieds dans l'eau à 25° pour faire baisser la température vers 37 ou 38° et était ainsi parvenu à leur faire contracter la maladie. (Plus récemment, Descour a montré qu'il suffit de réchauffer l'animal à 42° dès l'apparition des premiers symptômes pour qu'il guérisse rapidement.) C'est un phénomène analogue qui rend l'homme réfractaire aux maladies des plantes.

Inversement, les plantes sont-elles sensibles aux maladies humaines ? Pas davantage, car on se trouve ici en présence d'une *protection chimique*, due à l'incapacité des microbes pathogènes pour l'homme à sécréter des enzymes (ou ferments) susceptibles de désintégrer les parois cellulaires des cellules végétales.

Si c'est bien la protection thermique dans un sens et la protection chimique dans l'autre qui empêchent la plupart des maladies infectieuses de se communiquer des plantes à l'homme et inversement, il doit en résulter que tout agent d'une maladie inoculable à la fois aux plantes et à l'homme, doit posséder la double propriété de se développer à 37° et d'attaquer la cellulose.

C'est bien ce qu'a constaté M^{lle} Frida Speckert en étudiant certains *Aspergillus* susceptibles de s'en prendre aux végétaux comme aux animaux. Les *Aspergillus* sont des moisissures qui s'attaquent sou-

vent au maïs, ainsi qu'aux poules nourries de maïs avarié. L'*aspergillose* atteint même l'homme dans des contrées où la cuisine se fait sans prendre de précautions hygiéniques suffisantes, en Afrique du Nord par exemple. Les grainetiers et surtout les *gaveurs de pigeons*, qui mâchent le grain dans la bouche pour le faire pénétrer ensuite directement dans le bec de l'oiseau, sont également sujets à cette maladie, dont les symptômes sont assez semblables à ceux de la tuberculose.

Les températures extrêmes de développement sont de -2° à +56° pour l'*Aspergillus fumigatus*, de -2° à +49° pour l'*Aspergillus niger*. Les températures optima sont de 33 à 46° pour le premier, de 21 à 43° pour le second, incluant ainsi la température de 37°. On voit donc que les mammifères et oiseaux domestiques ne sont pas protégés thermiquement contre ce groupe de parasites des végétaux.

Les *Aspergillus* fournissent ainsi un des très rares exemples de micro-organismes pathogènes à la fois pour les animaux et les végétaux. Ils constituent en quelque sorte « l'exception qui confirme la règle ».

LA BOMBE RADIOGUIDÉE « AZON »

C'EST seulement lorsqu'un bombardier a lâché ses bombes en direction de son objectif et qu'il peut suivre leur chute des yeux, qu'il s'aperçoit des erreurs qu'il a pu commettre, tant dans la visée que dans les calculs qui ont fourni les éléments du lancement. Il regrette alors, souvent, de ne pouvoir imprimer aux bombes en chute libre de petites poussées correctrices, pour obtenir des

coups au but. N'existe-t-il aucun moyen de modifier pendant la chute les trajectoires reconnues ainsi défectueuses ? Les recherches poursuivies dans ce but aux États-Unis, au Centre de recherches de l'Army Air Corps, à Wright Field, ont abouti, en 1943, à la création de la bombe Azon, qui fut expérimentée en Italie, dans les attaques contre le col du Brenner, et employée surtout en Birmanie.

Azon est l'abréviation de l'expression « Azimuth only », ou « azimut seulement », qui exprime que la bombe ne peut être guidée qu'en azimut, c'est-à-dire en direction et non en portée. Le fait de modifier la direction pendant la chute se répercute d'ailleurs sur la portée, qui se trouve plus ou moins réduite ; aussi ne convient-il d'utiliser cette bombe que contre des objectifs assez allongés dans le sens du vol, tels que routes, ponts, voies ferrées, pistes d'aérodromes, docks ou navires.

Il s'agit d'une bombe d'aspect classique, pesant 450 kg,

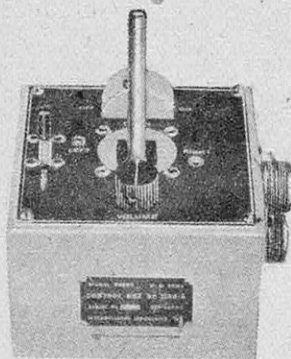


FIG. 1. — L'ORGANE DE COMMANDE DE LA BOMBE « AZON » A BORD DE L'AVION LARGUEUR

Il suffit au bombardier d'incliner plus ou moins le levier vers la droite ou la gauche, pour corriger la trajectoire de chute de la bombe.

munie d'un empennage spécial, cruciforme, à volets orientables. Dans la queue est logé un petit récepteur radioélectrique, qui actionne, d'après les indications reçues de l'avion, un servomoteur relié aux volets. A côté du récepteur est logé un gyroscope qui, par l'intermédiaire de solénoïdes, agit sur de petits ailerons de l'em-

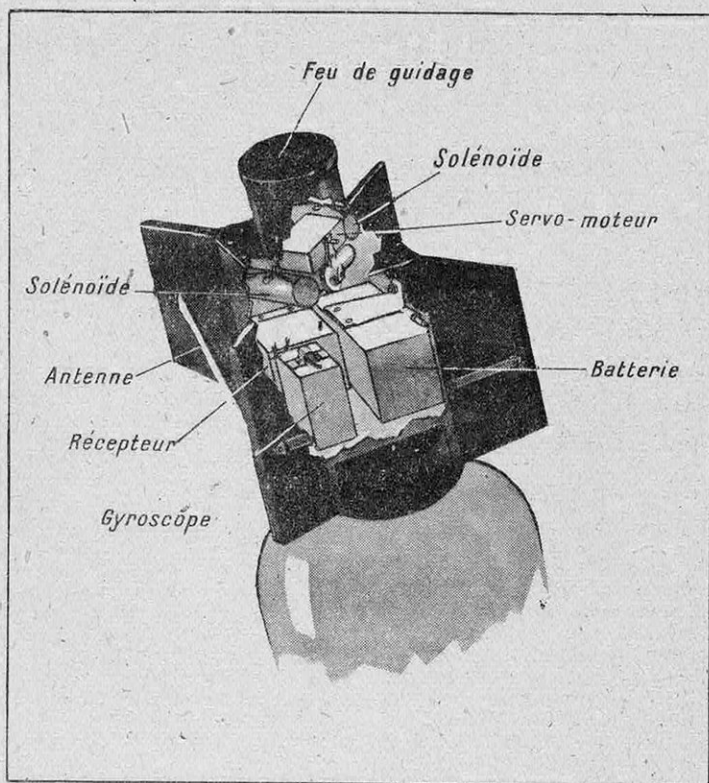


FIG. 2. — SCHEMA DU DISPOSITIF DE CORRECTION PORTÉ PAR LA BOMBE « AZON »

pennage, dans le but d'empêcher la rotation de la bombe sur elle-même pendant la chute, ce qui empêcherait de la diriger.

A bord de l'avion largueur, le bombardier dispose d'un petit émetteur, dont l'organe de commande, d'un manière très simple, est représenté figure 1. Il suffit d'incliner une manette vers la droite ou vers la gauche, pour pro-

voquer un changement de direction correspondant de la trajectoire de la bombe. L'ensemble de l'équipement de bord ne pèse pas plus de 45 kg. Emetteur et récepteur peuvent fonctionner sur six longueurs d'ondes différentes, ce qui permet le lancement simultané de six bombes Azon, et leur guidage par six bombardiers différents. Pour des

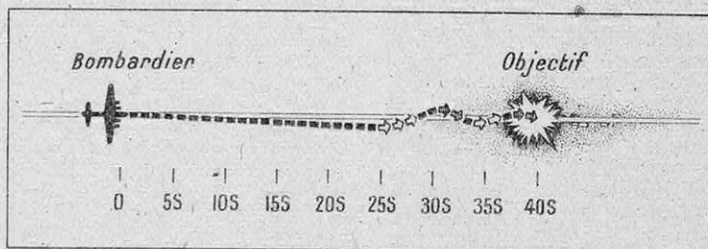


FIG. 3. — LA TRAJECTOIRE D'UNE BOMBE « AZON » A GUIDAGE RADIO-ÉLECTRIQUE

Le bombardier n'intervient que lorsque la bombe a effectué les deux tiers de sa chute environ. Il corrige alors par tâtonnements la trajectoire en s'efforçant d'obtenir un coup au but, ce qui exige un certain entraînement. Les flèches noires correspondent aux portions de trajectoire libre de la bombe ; les flèches blanches aux virages à gauche et les flèches hachurées aux virages à droite.

lancements à l'altitude de 4 500 m, on peut ainsi obtenir des écarts en direction de 600 à 900 m. Les bombes peuvent être observées, dans leur chute, grâce à un feu arrière qui s'allume automatiquement après le lancement, avec un retard de 8 à 10 secondes.

LA GUERRE ET LA SÉCHERESSE

ALORS qu'au cours de la guerre 1914-1918 on a souvent attribué les pluies abondantes aux perturbations atmosphériques dues aux ondes produites par les intenses canonnades, c'est encore la guerre que l'on veut rendre responsable des années de sécheresse que nous venons de vivre. On a avancé récemment l'hypothèse que les grandes quantités de pétrole dispersées à la surface des mers par les navires coulés auraient recouvert les océans d'une mince pellicule empêchant l'évaporation et par suite la formation des nuages. Le calcul montre d'ailleurs que la chose serait possible, c'est-à-dire que le volume d'huile minérale répandu serait suffisant pour recouvrir les mers d'une couche monomoléculaire.

Dans le but de vérifier cette hypothèse, M. Dérivé a procédé à diverses expériences en remplaçant le rayonnement solaire par celui d'une lampe à rayons infrarouges telle que celles utilisées dans les procédés de séchage (1), dont le rayonnement correspond à celui d'un corps porté à 2 450° K (degrés absolus, soit 2 200° centésimaux environ). Ce rayonnement est moins pénétrant vis-à-vis de l'eau que celui d'une lampe ordinaire (fig. 4) et a fortiori que la lumière solaire. Ainsi la profondeur d'eau a une moindre influence, l'absorption superficielle est plus importante et les résultats comparatifs obtenus avec de l'eau pure ou salée (recouverte ou non d'une pellicule de pétrole) sont accélérés et plus démonstratifs du point de vue étudié.

M. Dérivé a opéré sur des cuves à eau, contenant soit des couches minces, de 1 centimètre d'épaisseur, soit des couches plus profondes, de 20 cm ;

(1) Voir : « Nouveau procédé de séchage par les rayons infrarouges » (*Science et Vie*, n° 304, décembre 1942).

l'eau était soit pure, soit chargée de sels comme l'eau de mer, soit additionnée de sulfate de cuivre, c'est-à-dire rendue encore plus absorbante, donc s'échauffant et s'évaporant plus rapidement. En deux heures, le niveau de l'eau s'abaissait de 4 mm pour l'eau pure et l'eau de mer, de 6 mm pour l'eau additionnée de 10 % de sulfate de cuivre ; en quatre heures, l'abaissement était de 19 mm pour l'eau pure, 20 mm pour l'eau de mer,

tions à 10 % de sulfate de cuivre.

Il est donc net que la présence d'une couche visqueuse monomoléculaire ou même plus considérable d'huile ou de pétrole ne provoque pas de diminution sensible de l'évaporation de la mer sous l'effet du rayonnement solaire.

On objectera peut-être que le phénomène est provoqué par l'atténuation des vagues sous l'effet de l'huile. Mais, d'une part, il est démontré que les tempêtes n'ont été nullement atténuées au cours des dernières années, d'autre part, quelques-uns des essais repris sur liquide agité mécaniquement ont bien montré un surcroît de 10 % environ sur l'évaporation. Mais celle-ci est demeurée la même, que le milieu fût ou non recouvert d'huile.

Ainsi, les essais expérimentaux conduisent à rejeter l'hypothèse avancée un peu à la légère.

LES POISSONS ET L'INDUSTRIE CHIMIQUE

EN incitant les chimistes à rechercher de nouveaux procédés de fabrication pour de nombreux produits devenus rares sur le marché, et en reléguant au second plan l'importance du prix de revient, la guerre a orienté de nombreuses recherches dans des directions qui étaient restées jusqu'ici inexplorées. Nul n'avait par exemple songé, en temps de paix, à fabriquer de la caféine à partir de déchets de poisson, puisqu'on l'extrayait à bien meilleur compte du café, ou même du thé ou du cacao. Pourtant, les recherches effectuées dans ce domaine auront abouti à un résultat d'intérêt permanent, en révélant l'intérêt que présente le poisson comme source de certains produits organiques difficiles à synthétiser.

Les travaux des chimistes américains Decker et Edson ont principalement porté sur la *guanine*, base azotée qui tire son nom du *guano*, qui est l'excrément d'un oiseau de mer et en contient de grandes quantités. La *guanine* $C_5H_7N_5O$ s'obtient facilement à partir de la *purine* $C_5H_4N_4$, en remplaçant un atome d'hydrogène par un groupement — OH et un autre par un groupement — NH₂.

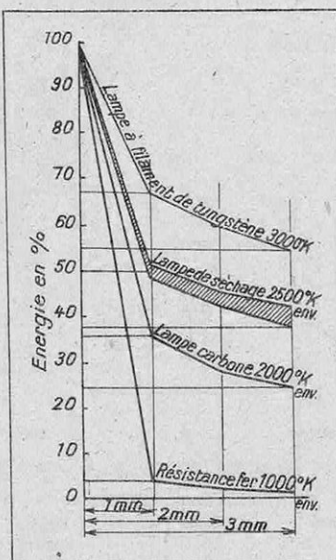


FIG. 4. — POURCENTAGE D'ÉNERGIE TRANSMISE PAR L'EAU POUR DES RAYONNEMENTS ÉMIS PAR DIFFÉRENTES SOURCES

Le rayonnement de la lampe de séchage qui a servi aux expériences est plus absorbé que celui de la lampe à filament de tungstène et, a fortiori, que celui du Soleil (6 000°). (Les températures sont indiquées en degrés absolus K, obtenus en ajoutant 273 aux degrés centésimaux).

25 mm pour l'eau additionnée de sulfate de cuivre. En dix heures, les chiffres respectifs étaient de 80 mm, 82 mm, et 89 mm. L'essai a été ensuite renouvelé en déposant à la surface des liquides, 1, 2, 5 et 10 gouttes d'huile lourde, de pétrole lampant, d'essence, d'huile de poisson, d'huile de machine minérale, d'huile végétale. Qu'il suffise de dire que les résultats obtenus se placèrent tous entre ceux obtenus pour l'eau pure et l'eau de mer et les valeurs relatives aux solu-

Or la purine peut s'extraire en grande quantité des déchets de poisson.

De la guanine, Decker et Edson passent à la *xanthine* $C_5H_4N_4O_2$ (en remplaçant le groupe NH_2 par un $-OH$), puis à la méthylxanthine, à la diméthylxanthine et enfin à la triméthylxanthine qui n'est autre que la *caféine*. On obtient 1 kg de caféine avec 105 kg de déchets de poisson.

Outre la caféine, la guanine permet de fabriquer synthétiquement l'« essence de perle », qui s'obtenait jusqu'ici à partir des écailles de poisson, séparées à la main. Cette essence, qui est mélangée à certaines laques auxquelles elle confère son brillant particulier, consiste en effet en une combinaison de guanine avec une protéine colloïdale. L'essence synthétique de perle peut s'obtenir à volonté translucide ou opaque. Elle pourra s'employer dans les laques pour autos, ainsi que dans les encres d'impression, les vernis pour meubles, les matières plastiques et même les papiers photographiques.

À côté de la purine, les poissons contiennent de nombreuses substances dont l'extraction sélective est moins coûteuse que la synthèse chimique : acides aminés, vitamines, bases puriques, mélanine, etc. Aussi envisage-t-on la création d'une véritable industrie chimique du poisson, qui utiliserait comme matières premières tant les déchets d'autres industries que certains poissons que les pêcheurs rejettent jusqu'ici de leurs filets.

CULTURE DES PLANTES EN L'ABSENCE DE SOL

DANS un article paru il y a quelques années (1), nous avons montré comment il était possible de cultiver des plantes en remplaçant le terrain naturel par un support matériel réduit au minimum (grille, couche de sable, de cendre ou de sciure de bois), avec apport régulier (périodique ou continu) des substances nécessaires à la croissance, sous forme de solutions synthétiques de sels minéraux.

Les avantages de ces « cultures sans sol » sont :

(1) Voir : « Culture industrielle de légumes, de fleurs et de fruits sans support matériel » (*Science et Vie*, n° 262, avril 1939).

1° L'élimination des substances nocives et des organismes parasites (végétaux et animaux) pouvant se trouver dans le terrain naturel ;

2° La possibilité d'assurer le renouvellement des substances nutritives plus facilement et plus économiquement que par l'emploi d'engrais solides à mélanger aux sols et d'arrosages dispendieux dans les contrées sèches ;

3° La possibilité d'étudier systématiquement sur chaque espèce de végétal l'influence de

Divers procédés ont été préconisés pour la réalisation pratique de telles installations. Les figures ci-dessous montrent schématiquement deux de ces dispositifs.

Les autres procédés d'intensification de la végétation (culture sous serre, lumière artificielle, enrichissement de l'air en gaz carbonique, etc.) peuvent être employés concurremment avec cette méthode. Aujourd'hui, ce n'est plus seulement sur le plan expérimental qu'on la met en œuvre,

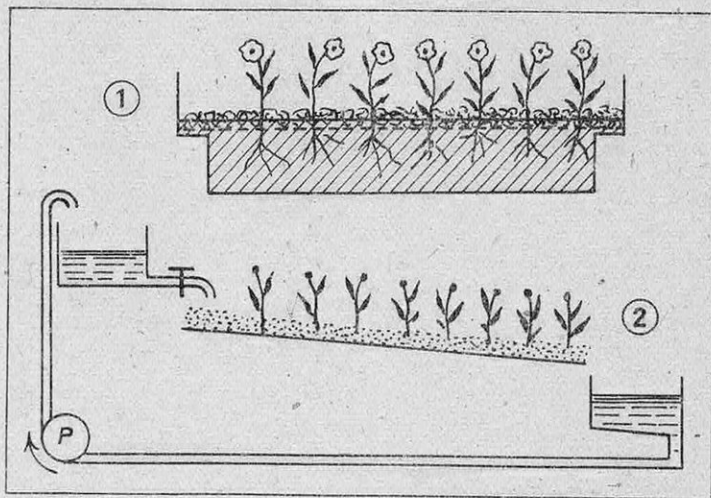


FIG. 5 et 6. — DISPOSITIFS POUR LA CULTURE DES PLANTES EN L'ABSENCE DE SOL.

En (1) le support est de la sciure de bois placée sur une grille plongeant dans la solution nutritive (procédé statique d'alimentation). L'aération des racines est réalisée périodiquement en soulevant la grille, au moment du renouvellement de la solution nutritive. En (2) le support est de sable arrosé par la solution, dont la circulation en circuit fermé est assurée par la pompe P (procédé dynamique d'alimentation). Un robinet peut être commandé par un mouvement d'horlogerie qui l'ouvre à intervalles réguliers (l'aération des racines se trouvant réalisée entre les irrigations), ou remplacé par un tube de faible diamètre (l'aération étant alors assurée par le liquide lui-même que l'on peut fouetter ou faire écouler en cascades).

ces diverses substances nutritives et de réaliser, par leur dosage, la suralimentation des plantes afin d'obtenir une croissance plus rapide et d'orienter cette croissance vers la production de variétés diverses par la grandeur, la forme, la couleur (fleurs) ou la saveur (comestibles).

4° La netteté et la propreté des installations, l'automatisme de la culture et le gain d'espace.

Par contre, le principal asservissement auquel sont soumises ces cultures est l'obligation d'une aération périodique des racines pour éviter leur

mais à une échelle commerciale.

L'application la plus remarquable de la culture en l'absence de sol a été faite au cours de la présente guerre à l'île d'Ascension, dans l'Atlantique Sud. Les Alliés installèrent dans cet îlot volcanique complètement désertique une garnison qui ne tarda pas à se lasser d'être nourrie exclusivement d'aliments conservés. Puisqu'il n'y avait pas de sol fertile, on eut alors l'idée de cultiver des légumes en milieu aqueux. Faute de sable, des cendres volcaniques servirent de support, et faute

d'eau douce, on utilisa de l'eau de mer distillée dans laquelle furent dissous les sels minéraux que l'on avait fait venir d'Amérique en même temps que les graines de semence. Le dispositif entier fut protégé de l'ardeur excessive du soleil par une toiture en fibre de cocotier. Au bout de peu de semaines, la garnison put ainsi récolter laitues, radis, concombres, melons, etc., qui lui permirent de varier son ordinaire et de maintenir son équilibre vitaminique. On cultiva même diverses fleurs, et, comme il n'y avait pas d'insectes indigènes pour assurer leur fécondation, on fit venir à cet effet des abeilles du Brésil par avion.

UN « HANGAR CLIMATIQUE »

Au terrain d'essais d'Eglin Field, en Floride, on termine actuellement, pour les *Army Air Forces* américaines, un « hangar climatique » géant, de 75 m de long et 60 m de large, capable d'abriter trois Boeing B 29 « Superfortress », et doté d'une isolation thermique très poussée. En quarante-huit heures, on pourra abaisser sa température de + 25° C à - 45° C ou en seize heures l'élever de - 4° C à + 74° C. Les techniciens auront ainsi la possibilité de mettre à l'épreuve les différentes parties de l'équipement des avions de combat, et même des appareils entiers avec leurs équipages, dans toutes les conditions possibles de climat, c'est-à-dire de température et d'humidité; des ventilateurs pourront y engendrer des tempêtes « synthétiques », avec pluie, grêle ou neige à volonté et un vent de 160 km/h.

Doivent faire partie de la même organisation un certain nombre de chambres d'essais. L'une sera affectée aux essais de moteurs, dans le même intervalle de température que le grand hangar, avec, de plus, la possibilité de réaliser des tempêtes de sable et de poussières. Dans une autre, équipement et personnel supporteront des températures extrêmes, des pluies torrentielles ou les rayons ardents du soleil, matérialisés par le rayonnement de puissants projecteurs. Une chambre « stratosphérique » d'épreuves physiologiques réali-

sera des pressions équivalant à l'altitude de 24 000 m et des températures descendant jusqu'à - 70° C. Dans deux locaux voisins, enfin, régneront dans l'un le climat de la jungle, dans l'autre celui des mers tropicales; l'équipement y sera soumis à de dures épreuves d'endurance sous l'attaque soit des microorganismes qui y prolifèrent, soit de l'eau de mer dont il doit être périodiquement aspergé.

CHEWING-GUM ET SULFAMIDES

AUX États-Unis, certains fabricants de chewing-gum ont eu l'idée d'incorporer des sulfamides à leurs produits dans le but de leur conférer des propriétés thérapeutiques contre les affections de la gorge. Chaque tablette contient 25 cg de sulfamides, dont une partie est extraite par la salive au cours de la mastication. Des spécialistes ont cherché à déterminer l'efficacité de ce nouveau traitement qui est sensé joindre l'utile à l'agréable. On a examiné à cet effet la flore microbienne buccale d'un certain nombre de sujets avant et après administration des tablettes (mastiquées pendant une heure, à intervalles de trois heures). Chez la plupart des malades, le nombre des bactéries diminua nettement, mais, chez quelques-uns, au contraire, les micro-organismes proliférèrent. L'efficacité du chewing-gum sulfamidé semble donc assez incertaine, mais il ne faut pas pour autant condamner l'idée d'associer des substances médicamenteuses au chewing-gum.

L'ÉBOURGEONNAGE LATÉRAL DES PINS

LES résineux, croissant en massif serré, s'élaguent naturellement par la base. Les branches basses se dessèchent peu à peu et la frondaison est conique au sommet, la base du tronc étant totalement dénudée et élargie. Mais les branches séchées naturellement ou élaguées artificiellement ne se détachent pas toujours de leur alvéole ou bien pourrissent. Il en résulte des

trous ou des « chicots », enclaves qui déparent les planches au sciage.

Pour les éviter, on a eu l'idée d'ébourgeonner dès leur sortie les futures branches jugées peu utiles dans les verticilles supérieurs des jeunes pins. Des expériences portant sur des pins rouges (*Pinus resinosa*) ont été poursuivies en Russie, par l'Institut forestier de Kiev, et au Canada, par le Service des recherches forestières, dont nous donnerons les conclusions. Suivant les parcelles, les arbres étaient distants de 1,20 m à 1,90 m. On les a ébourgeonnés avec les doigts au printemps durant quatre ans. Ils étaient alors âgés d'une dizaine d'années et avaient atteint une hauteur de 5 m, y compris le bourgeon terminal. On laissait à la base quatre verticilles, soit une douzaine de branches, jusqu'à la hauteur de 0,90 m environ.

Les arbres ainsi traités ont une allure toute différente des autres. On dirait un cierge terminé par un plumet et sortant d'un buisson de verdure. Ces ébourgeonnages ont eu pour conséquence de diminuer un peu le diamètre de l'arbre à la base par rapport aux témoins, mais de l'augmenter dans la cime sans influer sur la hauteur. Le volume du tronc se trouva augmenté, et surtout le volume utile, car l'arbre devient moins conique. En cinq ans, l'augmentation cubique fut de 150 à 135 % par rapport aux arbres non traités. Il paraît étonnant qu'un pareil résultat soit obtenu avec moins de branches. Mais il n'est pas sûr que la superficie foliaire ait été diminuée. Les branches inférieures ont pris un développement considérable. Elles se sont élevées, ramifiées. Et surtout la dimension des aiguilles a considérablement augmenté, passant de 12 à 15 ou 20 cm et persistant une année de plus, soit jusqu'à quatre ou cinq ans, au lieu de trois ou quatre ans. Comme prévu, la cicatrice des bourgeons supprimés est invisible sur la coupe de la tige au bout de quelques années.

On estime que l'ébourgeonnage exige une minute par arbre et par an pendant dix ans. On ne dit pas si les bourgeons ont été utilisés en pharmacie.

V. RUBOR

SCIENCE ET VIE PRATIQUE

EXTINCTEURS CICAM

Par leur grande efficacité les extincteurs CICAM vous protégeront contre le danger du feu en toutes circonstances. Les visiteurs des Foires de Lyon et de Paris ont admiré leur présentation élégante et la gamme de leurs différentes teintes contribuant à la décoration de l'endroit où ils sont placés. Grâce à leur fonctionnement puissant et certain, ils offrent le maximum de garantie contre l'incendie. Ils ne dégagent aucun gaz toxique et ne causent ni tache ni détérioration. Ils sont réellement le protecteur de votre vie et de vos biens soit à l'usine soit au bureau ou dans votre demeure.

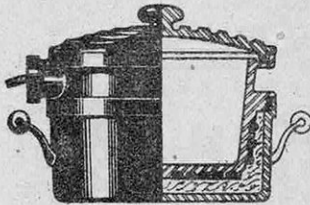
Renseignements sur demande à la Société E. P. G. BEAUMONT, 116, Champs-Élysées, PARIS (8^e).

LE FAIT-TOUT ÉLECTRIQUE

NORDIA
(Breveté S. G. D. G.)

Une révolution dans la cuisine à l'électricité.

L'idée du *mono-ustensile* électrique est la formule de demain ; elle permet une économie de moitié à l'achat du matériel et de 40 % sur la consommation de courant, par la suppression des pertes de chaleur dues à la radiation.



Les détails de la conception répondent aux désirs du « chef » le plus exigeant : rôtis, viandes en daube, fritures, légumes sautés ou à l'étouffée, plats mijotés, soufflés, pâtisseries, tout est possible. Mieux même, le FAIT-TOUT électrique NORDIA ne demande aucun minutage précis pour la cuisson, car il n'attache pas et supprime les inconvénients de la cuisson au four à gaz ou à l'électricité. Enfin, il possède tous les avantages de la marmite norvégienne.

DESCRIPTION

Composé d'un corps en aluminium fondu épais et d'un soubassement calorifuge, le FAIT-TOUT électrique NORDIA comporte dans sa double paroi un corps chauffant donnant une température également répartie sur le fond et les flancs. Il est muni d'un couvercle formant joint, si besoin est.

Réglage : Trois allures.
Capacité : 4, 6 ou 10 litres.
Garantie : trois années.

Renseignements et prix sur demande.
Etabl. NORDIA, ATELIER 30,
4, cité Griset, PARIS (11^e).

VOUS AVEZ BESOIN DE SAVOIR RÉDIGER

A côté du don littéraire qui demeure le privilège de quelques-uns il y a la faculté de s'exprimer correctement par écrit, que tout le monde peut acquérir et développer au prix de quelques exercices méthodiques et bien rédigés.

Qui pourrait douter de l'utilité, dans la vie quotidienne, de savoir mettre une certaine précision, une certaine chaleur, une certaine vigueur expressive dans une lettre, dans un mémoire, un rapport, un article de journal ?

A cette nécessité répond depuis 1930 le cours de rédaction de l'École A. B. C. Ses professeurs ont formé des milliers d'excellents secrétaires, d'habiles rédacteurs de toutes catégories.

En apprenant à bien rédiger, vous améliorerez vos possibilités, vous multipliez vos chances de succès.

Écrivez à A. B. C. (Rédaction C. B. 6), 12, rue Lincoln (Champs-Élysées), Paris, qui vous renseignera de façon complète sur l'attrait et la nouveauté de cette méthode.

LA SUPPRESSION DES VIDANGES D'HUILE

Une nouveauté née de la guerre : ce sont les épurateurs à huile se montant directement sur les voitures automobiles, les camions, les tracteurs et permettant la suppression totale des vidanges d'huile par suite du maintien constant de celle-ci en état de propreté.

Les FILTRES SOFRANCE permettent de réaliser une économie très sensible sur les achats d'huile, mais surtout de réduire considérablement l'usure du moteur, puisque celui-ci se trouve toujours lubrifié avec une huile rigoureusement propre.

L'appareil se compose de trois parties :

- Une cuve inférieure avec bouchon de vidange ;
- Une cuve supérieure ;
- Une plaque portant les colonnes filtrantes.

Ces dernières sont composées de disques de matière fibreuse, imperméables à l'huile empilés sur une tige creuse et pressés par un ressort dans la partie haute.

Le fonctionnement est extrêmement simple et automatique. En effet, l'on fait arriver l'huile dans la cuve inférieure par une dérivation D branchée à la sortie de la pompe. Par la simple pression de la pompe, elle passe entre chaque disque pour arriver le long de la tige centrale, laissant à la périphérie tout ce qui n'est pas molécule d'huile (même l'eau ne peut passer, puisque la finesse de filtration est du 1/20^e de micron).

Cette huile pure remonte par la tige et arrive dans la cuve supé-

CADILLAC LE RASOIR ÉLECTRIQUE DE QUALITÉ

est adopté par l'homme soucieux de son élégance et de son confort. Avec CADILLAC plus de coupures ni d'irritations, la peau devient souple, lisse et saine. Que votre barbe soit forte et dure, ou votre peau sensible et très délicate, il vous rasera de près, rapidement et à sec !

Il a été très remarqué à la Foire de Paris ainsi que le nouvel aspirateur de poussière CADILLAC léger et maniable, tous deux fidèles à la tradition de qualité de CADILLAC.

Fabrication et vente en France par CENTRAVENTE, 5, rue de la Renaissance, Paris (8^e). Téléphone : Elysées 10-86. — Vente en gros.

JEUNES ! APPRENEZ UN MÉTIER D'AVENIR

Faites-vous une situation intéressante dans Industrie et Commerce Auto en suivant nos cours par correspondance qui feront de vous techniciens et mécaniciens de premier ordre. Prépar. brevet automob. militaire (armée motorisée).

COURS TECHNIQUES AUTO, Saint-Quentin (Aisne). Rens. grat. sur demande.

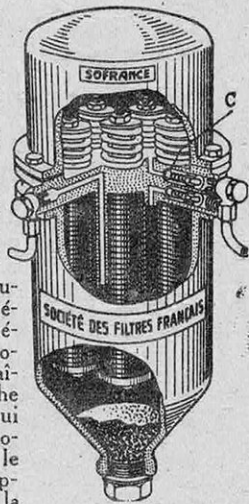
rièr. Elle y comprime l'air qui s'y trouve et, lorsque la pression est suffisante, le clapet C s'ouvre et

l'huile épurée retourne au moteur. A l'arrêt, la pression de la cuve supérieure fait redescendre l'huile filtrée le long des tiges et la fait repasser, à D contre courant, de l'intérieur à l'extérieur des colonnes entraînant la couche des boues qui vont se déposer dans le fond de l'appareil. A la remise en route, cet appareil est propre et prêt à filtrer.

Il peut fonctionner ainsi pendant 300 000 kilomètres en ayant soin de vidanger les boues tous les 4000 à 5000 kilomètres.

Ces épurateurs sont fabriqués par la Société des Filtres français SOFRANCE, PARIS, 206, boulevard Pereire. Téléphone : Étoile 35-19.

Nous verrons, du reste, dans un prochain numéro, les nombreuses applications réalisées par cette Société grâce à ce principe de filtration.



DÉTARTRANT POUR RADIATEURS

Le détartrage des radiateurs.



Tous les automobilistes connaissent les graves ennuis occasionnés par la présence du tartre dans la circulation de refroidissement de leur moteur.

Échauffement exagéré, sur consommation d'huile et d'essence, grippage, bielles coulées, etc...

Nous leur rappelons que la Société pour le Traitement interne des Chaudières, 36, boulevard de la Bastille, à Paris, spécialiste depuis quatorze ans des questions de détartrage industriel, livre son *Détartrant STIC*, en comprimés de 20 grammes, à l'intention des automobilistes.

Il s'agit là d'un produit de sécurité, car il ajoute à sa remarquable efficacité une absolue innocuité : une homologation de qualité du ministère de l'Air prouve qu'il est sans action sur les culasses en aluminium, le lait du radiateur et les durites.

Il supprime radicalement l'emploi des dispositifs spéciaux et coûteux. Le détartrage d'un radiateur revient, en effet, à 8 fr. 80, et son entretien en constant état de propreté à 4 fr. 80 par mois !

Il est en vente chez les garagistes et grossistes accessoiristes.

10 A 15.000 FRANCS PAR MOIS !

Salaires officiels du Chef Comptable. Préparez chez vous, vite, à peu de frais, le diplôme d'Etat qui vous assurera une situation commerciale ou libérale. Demandez le guide gratuit N° 15 « Comptabilité, tremplin du succès », à l'Ecole Préparatoire d'Administration, 4, r. des Petits-Champs, Paris,

VOULEZ-VOUS ÊTRE GUIDÉ AVEC PRÉCISION ET CONFIANCE ?

De récentes découvertes techniques, excluant tout occultisme, ont permis de mettre au point un COURS PRATIQUE DE RADIESTHÉSIE MODERNE, objective, par procédés physiques à la portée de tous, sans don spécial. 30 leçons, 150 exercices judicieux vous initieront en un



mois pour vos résultats professionnels pratiques. Brillants succès garantis, déjà acquis par milliers d'élèves enthousiastes. Brochure importante, avec attestations de résultats étonnants de prospecteurs, commerçants, ingénieurs, scientifiques, médecins, physiiciens, contre 6 francs timbres pour frais d'envoi. ECOLE INTERNATIONALE DE RADIESTHÉSIE par correspondance, 37-26, rue Rossini, Nice.

OPTONET TÉLÉMÈTRE ET POSOMÈTRE RÉUNIS EN UN SEUL INSTRUMENT

L'amateur rate des photos. Les causes majeures des insuccès sont le manque de précision dans l'appréciation de la distance et les erreurs de temps de pose, surtout lorsqu'on essaye le portrait ou la photo d'intérieur.



Grâce à l'Optonet, aucune erreur n'est possible. Cet instrument nouveau fournit instantanément les éléments de la réussite.

Il se fixe verticalement sur n'importe quel appareil à l'aide d'une griffe et de deux vis — ou mieux encore horizontalement à l'aide d'une pince à ressort vendue à part.

L'Optonet transforme donc tout appareil, même ancien, en un appareil moderne à télémètre couplé, capable de réaliser tous les genres, même le document et les petits objets.

Dimensions : 78 x 18 x 18 mm.

Echelle des distances : 0,30 m à 8 m.

Prix : 1 560 fr. En vente chez votre fournisseur habituel.

Documentation sur demande.
SOMMOR, 27, place Alphonse-Deville, Paris (6^e).

JEUNES GENS III

sans quitter votre emploi actuel.

ASSUREZ VOTRE AVENIR !

CHOISISSEZ UNE CARRIÈRE REMUNÉRATRICE !

LA RADIO manque de spécialistes

Il faut des **RADIOTECHNICIENS** dans

l'ARMÉE, l'AVIATION, la MARINE

l'INDUSTRIE, le COMMERCE, l'ARTISANAT

Nos élèves sont suivis par des Professeurs de valeur

Cours de tous les DEGRÉS sous leur direction

Préparation aux diplômes officiels

PLACEMENT ASSURÉ

Envoi du matériel à DOMICILE



ÉCOLE PRATIQUE

D'APPLICATIONS SCIENTIFIQUES

39, rue de Babylone - PARIS-VII^e

Cours par correspondance

Demandez notre documentation gratuite N° 45



MONACO

Les Secrets DU DESSINATEUR ET DU PEINTRE

Si vous voulez devenir un Artiste à votre tour, connaître les joies incomparables du Dessinateur et du Peintre, améliorer votre situation pécuniaire, VIVRE vraiment, vous le pouvez désormais grâce aux secrets qui vous seront révélés par l'extraordinaire Méthode par Correspondance **Voir, comparer, traduire**, dont seule l'ECOLE INTERNATIONALE a le droit de vous faire bénéficier.

Reclamez aujourd'hui même le passionnant album de renseignements que vous offre l'ECOLE INTERNATIONALE (Service T3).



Pie de Monaco
Joindre 10 frs à votre lettre pour frais de poste et écrire très lisiblement vos noms et adresse.

BELLE SANGUINE
EXÉCUTÉE PAR NOTRE ÉLÈVE M^{lle} G.V. de GRENOBLE

Le problème des salaires EST RÉSOLU

...pour tous ceux qui, possédant certaines qualités intellectuelles et morales, ont accédé à des situations enviées. Non seulement leur avenir est largement assuré, mais leur forte personnalité et la confiance qu'ils inspirent les désignent pour les plus hautes fonctions.

Ceux qui se distinguent des autres par initiative, volonté, énergie, autorité, méthode, mémoire, jugement, sont toujours certains d'arriver au succès, parce que leurs mérites ont, sur le marché du travail, une valeur incomparable.

Vous pouvez acquérir ces qualités en suivant, quelques minutes par jour, l'entraînement par correspondance de la Méthode PELMAN, basée sur 55 ans d'expérience dans le monde entier. Plus d'un million d'adeptes ont déjà réussi grâce à notre enseignement. L'Institut PELMAN sera pour vous un professeur, un conseiller, un ami.

Demandez notre documentation VI-14 B.

INSTITUT PELMAN

176, boulevard Haussmann, PARIS (8^e)

LONDRES DUBLIN, AMSTERDAM, STOCKHOLM
NEW-YORK, MELBOURNE, DELHI, CALCUTTA, etc.

APPRENEZ

L'ÉLECTRICITÉ

PAR CORRESPONDANCE

*sans connaître
les mathématiques!*



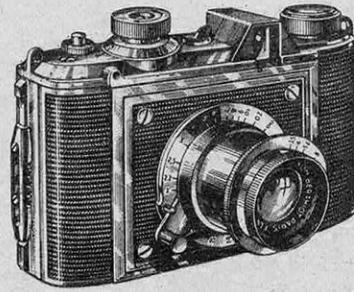
TOUS les phénomènes électriques ainsi que leurs applications industrielles et ménagères sont étudiés dans le cours pratique d'électricité sans nécessiter aucune connaissance mathématique spéciale. Chacune des manifestations de l'électricité est expliquée à l'aide de comparaison avec des phénomènes connus. En dix mois vous serez à même de résoudre tous les problèmes pratiques de l'électricité industrielle. Ce cours s'adresse aux praticiens de l'électricité, radio-électriciens, mécaniciens, vendeurs de matériel électrique et à tous ceux qui sans aucune étude préalable désirent connaître réellement l'électricité, tout en ne consacrant à ce travail que quelques heures par semaine.

Demandez la documentation en envoyant ou en recopiant le bon ci-dessous. — Joindre 6 frs en timbres.

BON 75 C

**COURS
PRATIQUE
D'ÉLECTRICITÉ**

222, Bd. Péreire - Paris 17^e



PHOTO

CINÉ

RADIO

PHOTO-HALL

5, RUE SCRIBE, PARIS 9^e

Catalogue T - 10 frs Fco

Jeunes gens!

ASSUREZ VOTRE AVENIR
EN DEVENANT
COMPTABLE AGRÉÉ
Sans quitter votre emploi

EN SUIVANT LES COURS
PAR CORRESPONDANCE DE

*L'École Technique
de Radio-Électricité
et de Sciences appliquées
2, rue du Sablé
Loulouise*

PUBLI. DOULLET

PUBL. BONNANGE

AUTOMOBILE - AVIATION - CINÉMA - MARINE
ELECTRICITÉ - ÉLEVAGE - ENSEIGNEMENT
RADIO - TÉLÉVISION
MECANIQUE - PHOTO
DESSIN - DICTIONNAIRE

LIBRAIRIE

SCIENCES et LOISIRS

LE PLUS GRAND CHOIX D'OUVRAGES TECHNIQUES DE VULGARISATION SCIENTIFIQUE ET D'UTILITÉ PRATIQUE.

ENCYCLOPÉDIES
GÉNÉRAL
JEUX DE SOCIÉTÉ
ASTROLOGIE
ET YACHTING
MENUISERIE
PHILOSOPHIE
RADIÉSTHÉSIE
D'AMATEURS - SCIENCES
LANGUES ÉTRANGÈRES - JARDINAGE

CATALOGUE N° 12 CONTENANT SOMMAIRES DE 750 OUVRAGES, FRANCO CONTRE 10 FRANCS EN TIMBRES.

EXPÉDITIONS IMMÉDIATES FRANCE ET COLONIES.

17, AV. de la RÉPUBLIQUE
PARIS (XI^e) Métro : République

La Librairie de Paris
au service de toute la France!

Dans L'AVIATION 

Dans la MARINE 

**IL FAUT des RADIOS
des DESSINATEURS**

ASSUREZ VOTRE AVENIR EN PRÉPARANT, SANS QUITTER VOTRE EMPLOI, PAR NOS ETUDES TECHNIQUES VOTRE SITUATION DANS L'INDUSTRIE, L'AVIATION, L'ARMÉE, LA MARINE, ETC.

TRAVAUX PRATIQUES CHEZ SOI

ÉCOLE DES SCIENCES INDUSTRIELLES

2 Rue des Tanneries. PARIS

LEÇONS CONFORMES AUX PROGRAMMES OFFICIELS

RENSEIGNEMENTS GRATUITS

Dans la Radio et l'Électricité

"En moins d'un an j'ai pu gagner 12.000 frs. par mois"...

Très vite, j'ai su faire des dépannages et des installations. Maintenant, je construis des postes et je gagne bien ma vie...

Voilà ce que nous dit un de nos anciens élèves.

Des centaines de références semblables nous parviennent chaque mois de tous pays.

SANS QUITTER VOTRE EMPLOI

C'est en vous exerçant sur un matériel véritable que vous ferez des progrès rapides.

4 coffrets d'expérience sont envoyés au cours des études.

suivez notre méthode moderne d'enseignement professionnel.

Le pratique au la théorie chez vous par correspondance.

Dés aujourd'hui demandez notre Album

l'Électricité et ses Applications: Radio, Cinéma, Télévision

Nom: _____
Adresse: _____

L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS
• RADIO
• CINÉMA
• TÉLÉVISION

JOINDRE 10f pour tous frais

INSTITUT ELECTRO-RADIO

6, RUE DE TéhÉRAN, PARIS, 8^e

Devenez REPORTER ou CORRESPONDANT de Presse

SPORTIF - THÉÂTRAL - CINÉMA
INFORMATION - CRIMINEL - VOYAGES

En suivant notre cours de JOURNALISME

Si vous aimez le **DESSIN**, le **CROQUIS**
Suivez notre cours de **CARICATURISTE**

TOUS CES COURS PAR CORRESPONDANCE PEUVENT ÊTRE SUIVIS SANS QUITTER VOS OCCUPATIONS HABITUELLES

SITUATIONS D'AVENIR INDEPENDANTES ASSURÉES

Pour tous renseignements gratuits écrire à l'

ÉCOLE TECHNIQUE DE REPORTAGE

8, boulevard Michelet, 8
TOULOUSE



AVEC VOUS
jusqu'au *Succès final*

RADIO-CINÉMA-AVIATION

JEUNES GENS... JEUNES FILLES...
Ces carrières modernes répondent bien à vos aspirations... **PRÉPAREZ-LES PAR CORRESPONDANCE**

Notre organisation spécialisée sera tout entière avec vous jusqu'au succès final. Elle groupe sous la direction d'une élite de professeurs les ÉCOLES suivantes :

ÉCOLE GÉNÉRALE RADIOTECHNIQUE
(Monteurs-dépanneurs, dessinateurs, opérateurs, sous-ingénieurs et ingénieurs.)

ÉCOLE GÉNÉRALE CINÉMATOGRAPHIQUE
(Opérateurs photographes, de projection, de prise de vue, du son.)

ÉCOLE GÉNÉRALE AÉRONAUTIQUE
(Préparation technique du pilote d'avion, navigateurs, radios, mécaniciens, techniciens.)

Documentation S. V. gratuite



CENTRE d'ÉTUDES TECHNIQUES de PARIS
69, rue Louise-Michel, LEVALLOIS

— PUBLÉDITEC-DOMENACH —

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

152, avenue de Wagram - Paris (17^e) et 3, rue du Lycée - Nice

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

MATHÉMATIQUES Les Mathématiques sont accessibles à toutes les intelligences, à condition d'être prises au point voulu, d'être progressives et d'obliger les élèves à faire de nombreux exercices. Elles sont à la base de tous les métiers et de tous les concours.

Candidats, apprenez les Mathématiques par la méthode de l'École du Génie Civil.

Cours à tous les degrés, de même que pour la Physique, la Chimie.

MÉCANIQUE ET ÉLECTRICITÉ

De nombreuses situations sont en perspective dans la Mécanique générale, les Constructions aéronautiques et l'Électricité. Les cours de l'École s'adressent aux élèves des lycées, des écoles professionnelles, ainsi qu'aux apprentis et techniciens de l'Industrie.

Les cours se font à tous les degrés : Apprenti, Monteur, Technicien, Dessinateur, Sous-Ingénieur et Ingénieur.

AVIATION CIVILE Brevets de navigateurs aériens, de Mécaniciens d'aéronefs et de Pilotes. Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs adjoints.

ÉCOLE DE T. S. F.

JEUNES GENS !

Les meilleures situations, les plus nombreuses, les plus rapides, 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, TÉLÉVISION, CINÉMA.

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

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

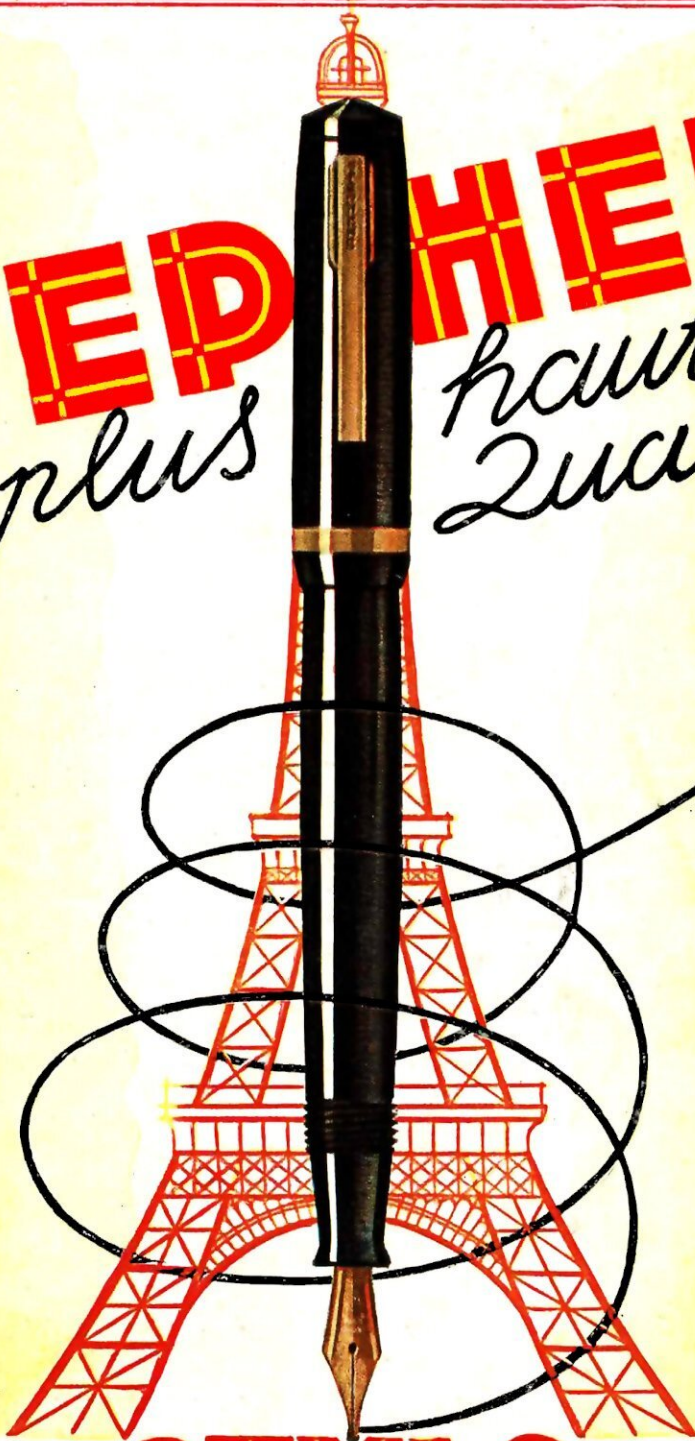
COURS DE BATIMENT

UNE CARRIÈRE D'AVENIR

Commis, métreurs, techniciens.

Envoi franco de programme de chaque section contre 10 francs en timbres.

STEPHENS'
*Le plus haut en
Qualité*



STYLO
Stephens'

COMPAGNIE DES ENCRE
SOCIÉTÉ ANONYME CAPITAL 2.628.000 FRANCS
37, RUE DEGUINGAND
LEVALLOIS-PERRET
(SEINE)

USINE A GRENOBLE
AVENUE DU GRAND CHATELET
GRENOBLE
(ISERE)

Supplément au n° 346 (juillet 1946) de SCIENCE ET VIE

SCIENCE ET VIE

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

TOME LXIX
JANVIER A JUIN 1946 (N^{os} 340 A 345)

5, rue de La Baume, PARIS (VIII^e)

SCIENCE ET VIE

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

TOME LXIX : JANVIER A JUIN 1946 (N° 340 A 345)

TABLE DES MATIÈRES PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE

A		N°	Pages	N°	Pages
Abeilles (Ordre dans la ruche d')....	340	31	Atmosphère terrestre (Que savons-nous des très hautes couches de l'), par J. GAUZIT.....	345	263
Ablations intestinales. — A. C.	340	45	Aurores boréales	345	268
Acapnie.....	344	218	Autogire (Cerf-volant) des sous-marins allemands.....	340	21
Achard (Ch.). — Régulation sanguine après l'hémorragie	344	218	Autogire et hélicoptère.....	343	147
Acier américain pendant la guerre, par Daniel MORTEAU	343	177	Autorelief (L'), par Jean MARIVAL.....	344	234
A Côté de la Science (Les), p. V. RUBOR.	310	45	Autoroutes américaines, par E.-M. BORNECQUE	344	195
d°	341	94	Aviateurs (Pour éprouver les vêtements d'). — A. C.....	341	96
d°	342	140	Avion de tourisme Nord 1101 « Noralfa »	345	242
d°	343	189	Avion en « Libellule ». — A. C.	344	236
d°	344	236	Avion-taxi (L'), par Camille ROUGERON.....	345	243
d°	345	286	Avions à hélice propulsive, par Camille ROUGERON	340	3
Aérodromes (Aménagements rapides d') pendant la guerre.....	341	83	Avions (Propulsion des) : hélices, réacteurs, fusées, par Jean BERTIN.....	344	206
Aéroport par dessus les toits à New-York (Projet d')	342	100	Avions quadriplaces américains (Caractéristiques d')	345	245
Aéroports intercontinentaux : Idlewild, Heathrow, Orly, par Charles BRACHET	342	99	AVIONS :		
Aiguillage (Signaux et portes d'), par M. A. LEMONNIER	340	33	Aile volante Burnelli MB-4 (Canada).....	342	140
Aile (Comment l') assure la sustentation d'un avion.....	344	208	Airacuda (Bell). Chasse (États-Unis).....	340	4
Aile volante Burnelli. — A. C.	342	140	Arsenal V. B. 10. Chasse (France).....	344	208
Alaska (Route de l').....	344	202	Ascender (Curtiss). Chasse (États-Unis).....	340	5
Aliments nécessaires à l'homme.....	341	60	Bachem « Natter » (Vipère), à fusée à réaction. Chasse (Allemagne).....	344	237
Allimentaire (Le cheveu, matière). — A. C.	341	94	Bell « Airacuda ». Chasse (États-Unis).....	340	4
Allee. — Animaux grégaires	340	28	Boeing B 29 « Superfortress » (États-Unis).....	340	46
Allemagne (Les sous-marins de l') de la guerre 1939-1945, par Henri LE MASSON	340	14	Burnelli MB-4. Aile volante (Canada).....	342	140
Altosky	345	262	Consolidated Vultee C-37. Transport (États-Unis).....	340	6
Aluminium (Poudre d') contre la silicose. — E.	344	205	Constellation (Lockheed). États-Unis).....	342	106
Amérique (Comment l') conçoit la route, par E.-M. BORNECQUE.....	344	195	Corsair (Vought Sikorsky). Chasse. Décollage avec fusées.....	343	186
André. — Potasse du sol	342	128	Courlis. Tourisme (France).....	345	248
Animaux grégaires et animaux sociaux, par Rémy CHAUVIN.....	340	27	Curtiss « Ascender ». Chasse (États-Unis).....	340	5
Anthonomes (Gammexane contre). — E.	340	13	Dornier 335. Chasse (Allemagne).....	340	5
Approche (Enclenchements d') de postes d'aiguillage	340	35	Douglas DC-8. Transport (États-Unis).....	340	7
Arbres fruitiers (Gammexane contre les parasites des). — E.	340	13	Douglas XB-2 (Hélices propulsives arrière du).....	340	2
Arcs de très grand rayon (Pour tracer des). — A. C.	343	190	Douglas XB-42. Bombardement (États-Unis).....	340	7
Atlantique (Sous-marins allemands de la bataille de l') (1939-1945).....	340	15	Fireball (Ryan). Chasse (États-Unis).....	343	189

TABLE DES MATIÈRES

3

	N ^o	Pages		N ^o	Pages
Firebrand. Chasse, bombardement, torpillage (Angleterre).....	341	57	Ballon-sonde.....	345	264
Gemini (Miles). Tourisme (Angleterre).....	345	247	Ballons de barrage (Les) et la foudre. A. C.....	344	238
Gloster « Meteor » du record de vitesse (Angleterre).....	341	90	Barrett (Dr Thomas J.). — Vers de terre.....	340	32
Handley Page « Manx ».....	340	9	Bataille de l'Atlantique (Sous-marins allemands de la).....	340	15
Havilland (De) « Sea Hornet ».....	343	181	Batteuses (Épieuses-) à un seul homme. — A. C.....	343	191
Havilland (De) « Sea Mosquito ». Missions multiples.....	343	181	Bell. — Télévision.....	343	164
Havilland (De) « Vampire ». Décollage.....	343	182	Benhamou (E.). — Transfusion de sang.....	344	217
Havilland (de) « Vampire. » Chasse (Angleterre).....	344	211	Bernal. — Recherche scientifique. — E.....	345	262
Libellule (Miles) (Angleterre).....	344	236	Bernard. — Aurores.....	345	272
Lockheed « Constellation » (États-Unis).....	342	106	Bernard (Claude). — La découverte. — E.....	342	139
Manx (Handley Page).....	340	9	Berthelot. — Azote du sol.....	342	127
Messenger (Miles). Tourisme (Angleterre).....	345	246	Bertrand. — Composition de végétaux.....	342	125
Meteor (Gloster) du record de vitesse (Angleterre).....	341	90	Bertrand. — Conservation du lait.....	344	239
Miles « Gemini ». Tourisme (Angleterre).....	345	247	Bertrand. — Oligoéléments.....	342	126
Miles « Libellule ». (Angleterre).....	344	236	Besoins alimentaires de l'homme.....	341	60
Miles « Messenger ». Tourisme (Angleterre).....	345	246	Binet (Léon). — Hémorragie.....	344	217
Mustang North American P-51. Chasse.....	341	94	Binet (L.). — Tente à oxygénothérapie.....	344	217
Natter (Vipère) Bachem à fusée à réaction. Chasse (Allemagne).....	344	237	Black (P.). — Suppression de la fraise dans la technique dentaire. — E.....	343	156
Navjon (North American). Tourisme (États-Unis).....	345	245	Blanc. — Typhus.....	342	121
Noralfa (Nord 1101). Tourisme (France).....	345	242	Blindages plastiques. — A. C.....	343	190
Nord 1101 « Noralfa ». Tourisme (France).....	345	242	Bochet (U.). — Tente à oxygénothérapie.....	344	217
Nord 1201. Tourisme (France).....	345	251	Bohn. — Animaux grégaires.....	340	28
North American « Mustang » P-51. Chasse.....	341	94	Bombes planantes et volantes télécommandées (Les derniers types de), par André FOURNIER.....	341	67
North American « Navion ». Tourisme (États-Unis).....	345	245	BOMBES :		
North American « Twin Mustang » P-82. Chasse.....	341	95	Bat, guidée par radar (États-Unis).....	341	68
Republic « Seabee ». Tourisme (États-Unis).....	345	244	Blohm et Voss BV 226 (Allemagne).....	341	67
Ryan « Fireball ». Chasse (États-Unis).....	343	189	Feuerlilie 25 (Allemagne).....	341	68
SE-2100. Tourisme (France).....	340	8	Gargoyle (États-Unis).....	341	76
Sea Hornet (De Havilland).....	343	181	Glomb (États-Unis).....	341	76
Sea Mosquito (De Havilland). Missions multiples.....	343	181	Gorgon (États-Unis).....	341	76
Seabee (Republic). Tourisme (États-Unis).....	345	244	Henschel Hs 298 (Allemagne).....	341	68
Spiteful (Vickers Supermarine). Chasse (Angleterre).....	344	207	Northrop (États-Unis).....	341	74
Stinson « Voyager » 150. Tourisme (États-Unis).....	345	250	Rheintochter (Allemagne).....	341	71
Superfortress (Boeing B. 29). (États-Unis).....	340	46	Schmetterling (Allemagne).....	341	68
Supermarine « Spiteful » Vickers. Chasse (Angleterre).....	344	207	Wasserfall (Allemagne).....	341	70
Twin-Mustang North American P-82.....	341	95	X-4 (Allemagne).....	341	71
V. B. 10 (Arsenal). Chasse (France).....	344	208	Brazhnikova. — Gramicidine S. — A. C.....	345	288
Vampire (De Havilland). Décollage.....	343	182	Bréguet-Richet. — Gyroplane.....	343	149
Vampire (de Havilland). Chasse (Angleterre).....	344	211	Brenajzyn (Ch.). — Autorelief.....	344	234
Vickers Supermarine « Spiteful ». Chasse (Angleterre).....	344	207	Brioux. — Oligoéléments.....	342	125
Vipère (Bachem « Natter » à fusée à réaction. Chasse (Allemagne).....	344	237	Briques (Consommation de charbon pour la fabrication des). — E.....	342	130
Vought-Sikorsky « Corsair ». Chasse. Décollage avec fusées.....	343	186	Brodin. — Sérum artificiel.....	344	219
Voyager (Stinson) 150. Tourisme (États-Unis).....	345	250	Brown-Séguard. — Transfusion du sang.....	344	216
Vultee C-37 (Consolidated). Transport (États-Unis).....	340	6	Bru (Jean de). — Pseudo-labours.....	342	127
			Bruit parasite sur les communications téléphoniques multiples. Diaphonie.....	345	256
			Brumpt. — Typhus.....	342	122
			Bulldozer au travail.....	341	85
			Burstein. — Hémorragie.....	344	218
B			C		
Baird. — Télévision sur grand écran.....	343	163	Câble hertzien Paris-Montmorency (Le), par A.-G. CLAVIER et G. PHELIZON.....	345	253
Ballast.....	343	167	Calculateurs prodiges (Comment travaillent les). — A. C.....	344	240
Balles de tennis dans l'industrie de guerre. — A. C.....	340	48	Canne à boule.....	343	170
			Carey. — Télévision.....	343	164
			Cargo porte-avions (Le), par Camille ROUGERON.....	343	180
			Carrel (A.). — Transfusion de sang.....	344	216
			CARTES :		
			Alaska (Route et pipe-line).....	344	203
			Amérique (Réseau routier).....	344	203
			Planisphère (Grands itinéraires aériens).....	342	98
			Castañeda. — Typhus.....	342	122
			Catapultage des avions sur porte-avions (Longueurs de).....	343	180
			Cerf-volant autogire des sous-marins allemands.....	340	21

	N ^o	Pages		N ^o	Pages
Propulsion des avions : hélices, réacteurs, fusées, par Jean BERTIN.....	344	206	Sauterelles et leurs transformations.	340	28
Propulsion des sous-marins allemands.	340	19	Schmidt. — Télévision sur grand écran.	343	160
Propulsion mixte (Un chasseur à : le « Ryan Fireball », — A. C.....)	343	189	Schlaesing. — Potasse du sol.....	342	128
Prowasek. — Typhus.....	342	119	Schnorkel (Le) des sous-marins allemands.....	340	21
Pulley. — Ionosphère.....	345	266	Science au secours des cultures (La), par F. LEMOYNE.....	341	77
Pulvérisateurs pour insecticides.....	341	78	Sciences (Intérêt des jeunes pour les). — E.....	345	262
Pyke (Geoffroy). — Porte-avions en glace. — A. C.....	345	288	Scopolamine contre le mal de l'air. — A. C.....	340	48
Q					
Quantum de lumière.....	345	274	Scraper (Décapage du sol par un).....	341	86
Radar (Chronométrage par) et record de vitesse du Gloster « Meteor »....	341	93	Senlecq-d'Andres. — Télévision.....	343	164
R					
Radar (Liaison avec la Lune par le). — A. C.....	342	143	Siegrist. — Hydrodiascope.....	342	132
Radiations interdites.....	345	268	Signaux et postes d'aiguillage, par M. A. LEMONNIER.....	340	33
Rail (Fixation du) sur la traverse.....	343	167	Silicose (La). — E.....	344	205
Raleigh (Walter). — Curare.....	340	47	Soufflage des traverses de voies ferrées. Sous-alimentation (La) et ses conséquences en pathologie humaine, par Michel CONTE.....	341	60
Rations nécessaires à l'homme.....	341	60	Sous-marins allemands (Les) (1939-1945), par Henri LE MASSON.....	340	14
Raucourt. — Gammexane. — E.....	340	13	Spinks. — Oligoéléments.....	342	126
Raulin. — Éléments nécessaires aux végétaux.....	342	125	Stéréoscope (Relief stéréoscopique sans), par Jean MARIVAL.....	344	234
Réacteurs, fusées, hélices (Propulsion des avions par), par Jean BERTIN....	344	206	Stratosphère (La).....	345	264
Réaction thermique (Propulsion des avions par).....	344	209	Streptotrizine. — A. C.....	345	288
Réchauffeur d'air et turbine à gaz.	342	112	Strumza (M.-V.). — Transfusion de sang.....	344	220
Recherche scientifique (La) et la jeunesse. — E.....	345	262	Superforteresses (Retouches aux). — A. C.....	340	46
Record de vitesse du Gloster « Meteor » (Le), par Robert MAUCOURT.....	341	90	Sustentation d'un avion (Comment l'aile assure la).....	344	208
Records d'hélicoptères.....	343	152	Suzuki. — Oligoéléments.....	342	126
Relief stéréoscopique sans stéréoscope, par Jean MARIVAL.....	344	234	Syton (Le) et les tissus. — E.....	342	124
Remorque (Roulotte-) extensible. — A. C.....	344	239	T		
Répétition des signaux sur les locomotives.....	340	42	Tarête (Combat naval de).....	341	53
Réseau routier américain.....	344	197	Task Forces (Les), par Camille ROUGERON.....	341	51
Réseau routier panaméricain.....	344	203	Tcheng. — Aurores.....	345	272
Résines à base de phénol-formaldéhyde, d'urée-formaldéhyde et de résorcinol-formaldéhyde. — A. C.....	345	287	Teisserenc de Bort.....	345	263
Résistance à l'avancement (Variations de la) suivant la vitesse.....	341	75	Télécinéma et télévision.....	343	158
Restrictions alimentaires (Les) et leurs conséquences en pathologie humaine, par Michel CONTE.....	341	60	Télécommandées (Bombes planantes et volantes), par Camille ROUGERON.....	341	67
Retouches aux « Superforteresses ». — A. C.....	340	46	Téléphote.....	343	164
Richet (Ch.). — Sérum artificiel.....	344	219	Télévision sur grand écran (La), par Pierre HÉMARDINQUER.....	343	157
Ricketts. — Typhus.....	342	119	Températures dans la stratosphère... Termites.....	345 340	264 30
Ringier (Locke et). — Sérum artificiel.	344	219	Tissus indéformables. — E.....	342	124
Rivière. — Clitocybine.....	345	285	Tôles (Les ultrasons révèlent les défauts des). — A. C.....	340	47
Rollison. — Recherche scientifique et jeunesse. — E.....	345	262	Tonne Washington pour un navire de guerre.....	340	14
Ronds de Sorcière » (Les).....	345	275	Tonneau de jauge d'un navire marchand.	340	14
Rösch. — Abeilles.....	340	31	Torpille acoustique des sous-marins allemands.....	340	19
Rosenberg. — Télévision.....	343	165	Torpille monoplace de la marine allemande.....	340	26
Rosenthal. — Télévision sur grand écran.....	343	163	Toulon (Expériences de) de câble hertzien.....	345	254
Rotol (Avion à hélice) à cinq pales.	344	207	Toulon. — Télévision.....	343	166
Rouleau à « pieds de moutons »....	341	86	Trainard (Mine à).....	344	224
Roulotte-remorque extensible. — A. C.	344	239	Transfusion de plasma liquide.....	344	217
Route (Comment l'Amérique conçoit la), par E.-M. BORNEQUE.....	344	195	Transfusion de sang citraté (Appareillage de).....	344	216
Ruche (Ordre dans la).....	340	31	Transfusion de sang conservé.....	344	217
S					
Saddle tank (Sous-marin allemand type).....	340	16	Transit (Enclenchements de) de postes d'aiguillage.....	340	35
Saint-Girons. — Sérum artificiel.....	344	219	Transports routiers (Pour améliorer le rendement des), Bonnechaux. — A. C.....	343	192
Salomon (Combat naval des îles).....	341	58	Traverses danseuses sur les voies ferrées.....	343	170
Sang conservé (Transfusion de).....	344	217	Trichloronitrométhane pour la conservation du lait. — A. C.....	344	239
Sang dilué (Transfusion de).....	344	220	Troubles dus à la sous-alimentation.	341	63
Santos Dumont. — Hélicoptère.....	343	149	Tube cathodique pour télévision.	343	157
			Tuberculose (Comment évolue la) dans les tissus.....	345	281

	N ^o	Pages		N ^o	Pages
Tuberculose et sous-alimentation....	341	64	<i>Vermeulen.</i> — Clitocybine.....	345	285
Tuberculose (La clitocybine vaincra-t-elle la), par Jean HÉRIBERT.....	345	275	Verres de contact (Les), par R.-A. DUDRAGNE.....	342	131
Turbine à gaz Bristol « Theseus ». Turbine à gaz (Les applications nouvelles de la), par Camille ROUGERON.	344	215	Vêtements d'aviation (Pour éprouver les). — A. C.....	341	96
Turbopropulseur Bristol « Theseus I ».	342	110	Vitesse (Le record de) du Gloster « Meteor », par Robert MAUCOURT.	341	90
Turboréacteur A. S. X. Armstrong-Siddeley	344	214	Voies ferrées (Les méthodes modernes d'entretien et de renouvellement des), par M. LALLEMENT.....	343	167
Turboréacteur De Havilland « Goblin ».	344	213	Voies urbaines aux États-Unis.....	344	200
Turboréacteur « Derwent ».....	341	91			
Turboréacteur Rolls Royce « Derwent »	342	108	W		
Typhus exanthématique (Le), par L.-C. BRUMPT.....	342	118	Washington (Tonne), pour un navire de guerre	340	14
<i>Tzanck</i> (A.). — Transfusion de sang.	344	216	<i>Weil.</i> — Typhus	342	122
			<i>Whittaker</i> (Curare en chirurgie). — A. C.....	340	48
U					
Ultrasons (Les) révèlent les défauts des tôles. — A. C.....	340	47	Y		
U. R. S. S. (Pénicilline en). — A. C.	345	288	<i>Yermolayeva</i> (Zénaïde). — Pénicilline.	345	288
<i>Uvarov.</i> — Sauterelles.....	340	28	<i>Young</i> (Thomas). — Verres de contact.	342	132
V			Z		
Végétaux (Composition des).....	342	125	<i>Zeiss.</i> — Verres de contact.....	342	133
Véhicules routiers aux États-Unis (Nombres de).....	344	195	<i>Zinsser.</i> — Typhus.....	342	124
Vers de terre (Pouvoir fertilisant des). — E.....	340	32			