

SCIENCE ET VIE

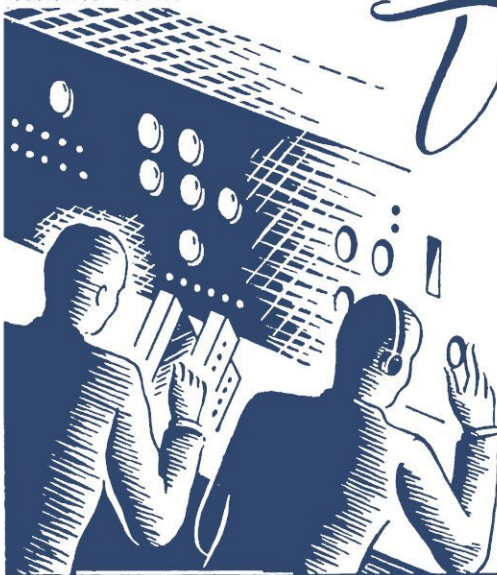
AVRIL 1946

N° 343

20 FRANCS



René
Kavo



Devenez un spécialiste

compétent en quelques mois grâce à nos méthodes personnelles d'Enseignement.
Jeunes gens, jeunes filles, même à temps perdu, vous pouvez vous créer une situation enviée.
Préparez votre avenir
Ecrivez-nous dès aujourd'hui



Demandez le Guide des Carrières gratuit

ECOLE CENTRALE DE TSF

12, RUE DE LA LUNE - PARIS
COURS DU JOUR, DU SOIR OU PAR CORRESPONDANCE

'LE DESSIN FACILE'

enseigne PAR CORRESPONDANCE
tous les genres de dessin



pour les adultes

■ "LE DESSIN FACILE" — Croquis, paysage, portrait, nu académique, perspective, anatomie, caricature, etc... magnifiques planches photographiques inédites accompagnant les leçons.

■ "LA PEINTURE FACILE" — Mélanges et harmonies de couleurs. Technique de l'aquatelle la gouache et la peinture à l'huile avec planches hors-texte en couleurs.

pour les enfants

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

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

dessin d'illustration

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

■ 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 véritable créateur de l'enseignement du dessin par correspondance qu'il pratique depuis 24 ans. Les témoignages enthousiastes de ses élèves prouvent chaque jour leur efficacité.

Demandez la brochure de renseignements illustrée en indiquant le genre qui vous intéresse ; envoyez ou recopiez le bon ci-contre. Joindre 6 francs en timbres.

BON
SV-76

"LE DESSIN FACILE"
11, RUE KEPPLER - PARIS - 16°

LE DESSIN INDUSTRIEL MÉTIER D'AVENIR

Chez vous, à temps perdu, apprenez par correspondance le DESSIN INDUSTRIEL par les célèbres méthodes de l'Ecole 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 77 (Section dessin industriel) 11 rue Keppler, Paris-16° (Joindre 6 frs en timbres)

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

BROCHURE L. 94.361. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.

BROCHURE L. 94.362. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.

BROCHURE L. 94.363. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.

BROCHURE L. 94.364. — POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE : Administrations financières, P. T. T., Police, Ponts et Chaussées, Génie rural, etc...

BROCHURE L. 94.365. — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS, Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

BROCHURE L. 94.366. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.

BROCHURE L. 94.367. — COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc... Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

BROCHURE L. 94.368. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.

BROCHURE L. 94.369. — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc...

BROCHURE L. 94.370. — CARRIÈRES DE L'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.

BROCHURE L. 94.371. — CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.

BROCHURE L. 94.372. — CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE (Pont, Machines, Commissariat).

BROCHURE L. 94.373. — CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariats, bibliothèque, etc...)

BROCHURE L. 94.374. — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.

BROCHURE L. 94.375. — ARTS DU Dessin : Professorats, Métiers d'art, etc...

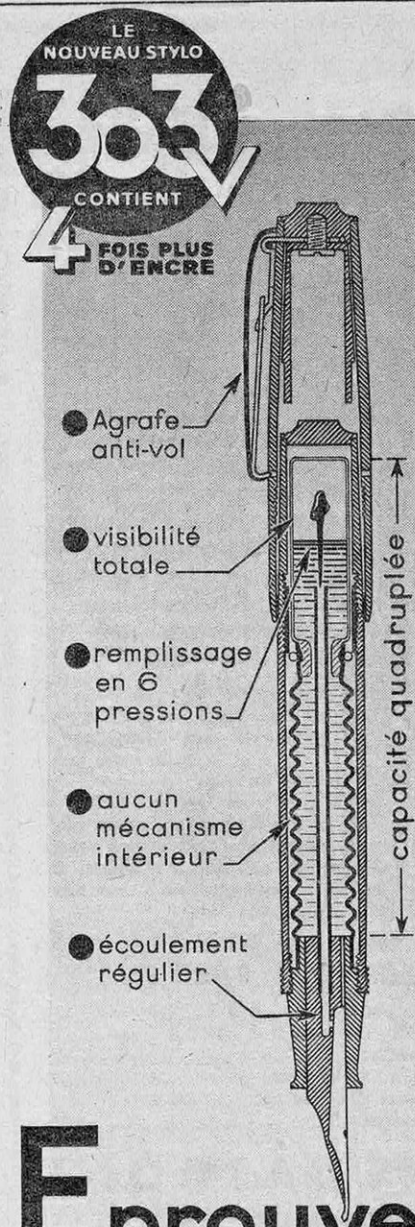
BROCHURE L. 94.376. — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc...

BROCHURE L. 94.377. — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.

BROCHURE L. 94.378. — CARRIÈRES DU CINÉMA.

ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS



E prouvez
la réelle supériorité
technique du 303
Breveté par les Établissements

STYLOMINE

Usines et Bureaux: 2, rue de Nice, Paris

Apprenez à PARLER ANGLAIS RAPIDEMENT, FACILEMENT PAR LINGUAPHONE



H. G. WELLS
AUTEUR DE LA « GUERRE DES
MONDES » A ÉCRIT :

« Vous avez rendu possible, avec une dépense d'énergie assez réduite et sans professeur, à un élève attentif, de comprendre une langue étrangère lorsqu'on la parle et de la parler compréhensiblement. »

« Rien de semblable n'a jamais été possible auparavant. »

La manière la plus rapide et la plus sûre de parler anglais couramment consiste, on le sait, à séjourner dans un pays de langue anglaise. Mille difficultés matérielles s'opposent en ce moment à sa mise en pratique par la grande majorité de ceux qui en éprouvent le besoin. Dans ce cas, la méthode LINGUAPHONE s'impose. C'est la seule qui trouve sa place dans les existences les plus remplies. A l'aide de disques et de livres, par le son, par l'image et par le texte, chez vous, à toute heure du jour ou de la nuit, isolément, en famille, en groupe, avec un professeur à la prononciation impeccable, toujours prêt à répéter infatigablement chaque leçon, il vous sera facile de vous débrouiller en anglais en quelques semaines et de parler couramment en quelques mois.

**DÉMONSTRATION TOUS LES JOURS
ESSAI GRATUIT SUR DEMANDE**

Si vous habitez Paris, venez de 9 heures à midi, ou de 14 à 18 heures (sauf le samedi après-midi), demander une démonstration, véritable première leçon gratuite. Vous pourrez emporter votre cours d'anglais, soit à titre définitif, soit, si vous désirez, à l'essai pour huit jours sans aucun frais.

LINGUAPHONE

INSTITUT DE LANGUES

12, rue Lincoln (Ch.-Él.), PARIS-8^e

Veillez m'envoyer gratuitement et sans engagement pour moi votre brochure de renseignements sur la méthode LINGUAPHONE. (Ci-joint 6 francs en timbres pour frais d'envoi.)

NOM.....

ADRESSE.....

C.B. 16

**INSTITUT
ELECTRO-RADIO**
6, RUE DE TEHERAN, PARIS, 8^e
prépare
PAR CORRESPONDANCE
à toutes les carrières de
L'ÉLECTRICITÉ :
**RADIO
CINÉMA - TÉLÉVISION**
**VOTRE AVENIR
EST DANS CE
LIVRE**
**L'ÉLECTRICITÉ
ET SES
APPLICATIONS**
GRATUITEMENT
Demandez-nous notre documentation et le
livre qui décidera de votre carrière

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

**ECOLE DES SCIENCES
INDUSTRIELLES**
2, Rue des Tanneries PARIS

LEÇONS CONFORMES AUX
PROGRAMMES OFFICIELS

RENSEIGNEMENTS GRATUITS

VIENT DE PARAÎTRE

COLLECTION « SAVOIR »

PIERRE ROUSSEAU

CONQUÊTE DE LA SCIENCE

De Lavoisier à la bombe atomique

Un fort volume illustré : 200 fr.

Les grandes Études historiques

HISTOIRE DE LA SCIENCE

PAR

PIERRE ROUSSEAU

Un fort volume de 825 pages : 148 fr.

LIBRAIRIE ARTHÈME FAYARD

APPRENEZ

L'ÉLECTRICITÉ

PAR CORRESPONDANCE

sans connaître
les mathématiques

TOUS les phénomènes électriques ainsi que leurs applications industrielles et ménagères les plus récentes 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 par tous et toutes. Les formules de calcul sont indiquées avec la manière de les utiliser. En dix mois vous serez à même de résoudre tous les problèmes.

Ce cours s'adresse aux praticiens de l'électricité, aux radioélectriciens, aux mécaniciens, aux 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 le bon ci-contre. - Joindre 6 frs en timbres.

**COURS
PRATIQUE
D'ÉLECTRICITÉ**

222, Boul. Péreire, PARIS-17^e

BON
pour la
documentation
11 C

La Main qui peut Écrire Peut Aussi Dessiner



La méthode A. B. C. forme d'habiles croquistes...

Il suffit de savoir écrire, car l'écriture, c'est déjà du dessin et, pour vous enseigner le dessin par la curieuse méthode A. B. C., on se sert justement de l'habileté graphique acquise en apprenant à écrire

Dès la première leçon, cette méthode permet aux élèves de réaliser des croquis rapides d'après nature, vivants et expressifs, et, peu à peu, guidés par leurs professeurs individuels, de prendre conscience de leurs capacités, d'aborder des études plus poussées et d'acquiescer les techniques de véritables professionnels.

En dehors de l'enseignement général du dessin, l'École A. B. C. permet à chaque élève, selon son goût et selon le but qu'il poursuit, de se spécialiser dans l'illustration, le dessin humoristique, la décoration, la mode, le paysage, le dessin de publicité, etc., et ceci sans aucun supplément de prix.

Si vous êtes un débutant, si vous n'avez même jamais tenu un crayon, ou si encore vous voulez vous perfectionner, notre méthode est conçue pour s'adapter aux connaissances de chaque élève, à quelque degré qu'il en soit de l'étude du dessin. Les progrès sont très rapides, et les deux premières heures d'étude vous suffiront pour comprendre comment on apprend à dessiner par la méthode A. B. C.

Note importante. — Sachez qu'il existe, en dehors de l'enseignement pour les grandes personnes, un cours spécialement créé pour les enfants de huit à treize ans. En demandant la brochure de renseignements, veuillez préciser si c'est le Cours d'Adultes, ou le Cours pour Enfants, qui vous intéresse.

Les brochures de renseignements contiennent de nombreux croquis et dessins faits par les élèves, montrent les résultats qu'ils obtiennent, donnent le programme des cours et les conditions d'inscription.

Demandez l'album qui vous intéresse, il vous est offert gracieusement (joindre 6 francs pour frais d'envoi).



...et fait aussi de ses élèves de véritables professionnels.

ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN12, r. Lincoln (Ch.-Élys.), PARIS-8^e, Service C.B. 42

Veuillez m'envoyer sans engagement votre album illustré donnant tous renseignements.

- Cours pour Adultes.
 - Cours spécial pour Enfants.
- (Rayez la mention inutile.)

NOM.....

ADRESSE.....

Joignez lettre avec détails, nous répondrons à vos questions

Jeunes gens!

Occupez vos loisirs en suivant par correspondance les cours qui feront de vous, en peu de temps, des hommes de valeur. Faites-vous une situation d'avenir dans l'une des branches suivantes :



RADIOELECTRICITE

Industrie à l'avenir illimité, qui, avec ses actuelles applications du Cinéma sonore et de la Télévision, fait appel à des techniciens de tous grades : du monteur à l'ingénieur, elle réserve à ces techniciens un travail aussi passionnant que bien rémunéré.



DESSIN INDUSTRIEL

Situations agréables dans toutes les industries sans exception : Aviation, Automobile, Constructions mécaniques et électriques, Travaux publics, Grandes Administrations d'État. Partout, il y a place pour des milliers de dessinateurs, hommes et femmes.



AVIATION

Le développement formidable que prendra l'Aviation demain offrira de nombreuses et excellentes situations à un personnel spécialisé.

L'Aviation vous attire ? Alors devenez à votre choix Electro-Mécaniciens ou pilotes.

TRAVAUX PRATIQUES

Avec le matériel que l'École mettra GRATUITEMENT entre vos mains et quelle que soit votre résidence, vous deviendrez un **TECHNICIEN VRAIMENT COMPLET**

Notre documentation illustrée vous sera adressée GRATUITEMENT sur simple demande. (Bien spécifier la branche choisie.)

ECOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE
51, BOULEVARD MAGENTA - PARIS (X^e)

PUBL. BONNANGE



Une Situation d'avenir en étudiant chez soi

DESSIN INDUSTRIEL RADIO

Méthode d'enseignement **INÉDITE, EFFICACE et RAPIDE** sous la direction de professeurs de valeur.

Préparation aux diplômes de :
DESSINATEUR CALQUEUR,
DESSINATEUR DÉTAILLANT,
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
... un métier nouveau aux perspectives illimitées.

DOCUMENTATION GRATUITE
(SPÉCIFIER LA BRANCHE CHOISIE)



PUBL. BONNANGE

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

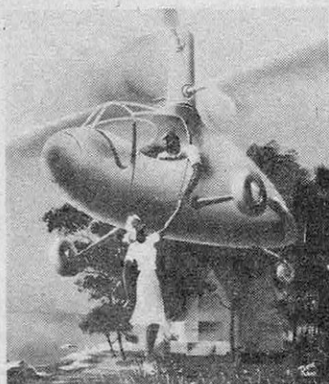
SCIENCE ET VIE

Tome LXIX - N° 343

Avril 1946

SOMMAIRE

- ★ L'avenir de l'hélicoptère, par Marcel Fenain..... 147
- ★ La télévision sur grand écran, par P. Hémardinquer..... 157
- ★ Les méthodes modernes d'entretien et de renouvellement des voies ferrées, par M. Lallement..... 167
- ★ L'acier américain pendant la guerre, par Daniel Morteau. 177
- ★ Le cargo porte-avions, par Camille Rougeron..... 180
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor 189



Les moyens de transport et de locomotion constituent, autant que les outils, un indice du niveau atteint par une civilisation. Tandis que, dans l'Europe dévastée, on a parfois vu réparer les modes de transport les plus primitifs, les grandes nations industrielles ont cependant mis au point, pendant les hostilités, des engins nouveaux qui, dans quelques années, rendront la vie plus facile et les déplacements plus aisés. L'hélicoptère était encore, avant la guerre, pratiquement inutilisable. C'est, aujourd'hui, un appareil bien au point, qui a rendu des services militaires importants et qui est construit en série. Il sera demain le taxi aérien qui amènera de l'aéroport à leur destination urbaine les passagers des grandes lignes aériennes, et l'avion privé qui transportera les touristes à la campagne sans les astreindre à suivre les routes encombrées, atterrissant ou décollant sur les terrains les plus exigus (voir l'article p. 147).

« 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 », Avril mil neuf cent quarante-six.

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

Cet hélicoptère Vought Sikorsky R. 5
décolle en soulevant quatorze personnes



L'AVENIR DE L'HÉLICOPTÈRE

par Marcel FENAIN

Les premiers pionniers de l'aviation ont presque tous cherché à réaliser des hélicoptères avant de construire des avions. L'avion, qui ne peut voler au point fixe et qui exige pour l'envol et l'atterrissage des pistes spéciales, ne réalise pas en effet aussi complètement la conquête de l'air que les appareils à voilure tournante. Il a cependant fallu attendre la veille de la deuxième guerre mondiale pour que l'hélicoptère pût atteindre des performances intéressantes. Les appareils actuellement réalisés ou en construction dans tous les grands pays sont dès maintenant susceptibles d'applications commerciales et militaires, et les années qui vont suivre verront leur construction en série et leur emploi comme taxis aériens, appareils de sauvetage et, sans doute, aussi comme avions privés de tourisme.

LA guerre qui vient de finir a porté à un très haut degré de perfection l'avion, le plus rapide des moyens de locomotion.

Dans le domaine de la locomotion aérienne, l'avion a définitivement supplanté le dirigeable, coûteux, lent, encombrant et dangereux. Sa sécurité est devenue très grande grâce à l'emploi de dispositifs hypersustentateurs qui réduisent considérablement le risque de perte de vitesse et permettent l'atterrissage à des vitesses modérées. Pourtant, l'avion n'a pas toute la souplesse d'emploi de l'automobile : il ne permet pas le transport porte à porte ; il a besoin, pour s'envoler ou atterrir, de terrains spéciaux souvent très vastes, qu'on est obligé de placer en dehors des villes, d'où une perte de temps considérable pour gagner ensuite la destination finale. Enfin, et ceci est surtout important pour les applications militaires et certaines applications spéciales (sauvetage par exemple), l'avion ne peut pas se tenir en l'air à moins de se déplacer horizontalement à une vitesse considérable.

Aussi a-t-on étudié dans tous les pays la réalisation d'appareils volants capables de décoller ou d'atterrir à la verticale, sur la terrasse d'une maison par exemple, de se tenir en l'air avec une vitesse nulle ou, en tout cas, très réduite. Des sommes très importantes ont été consacrées à la mise au point de ces appareils, dont l'origine est aussi ancienne que celle de l'avion, mais dont la construction pose des problèmes difficiles de mécanique et de résistance des matériaux. Les réalisations actuelles permettent de leur prédire un bel avenir.

Autogire et hélicoptère

La sustentation des machines plus lourdes que l'air est obtenue par la réaction de l'air sur des surfaces en mouvement. Si on veut réaliser des appareils n'ayant pas besoin, pour se maintenir en l'air, d'un mouvement de translation rapide, la solution consiste à imprimer aux surfaces sustentatrices une rotation autour d'un axe approximativement vertical.

Suivant que la rotation de la voilure se produit librement ou sous l'action d'un moteur, l'appareil est appelé un *autogire* ou un *hélicoptère*.

Dans l'*autogire*, la voilure tournante ne joue

pas un rôle essentiellement différent de celui des ailes de l'avion, tout au moins en vol horizontal : l'autogire est propulsé par une hélice et c'est le vent relatif du déplacement qui agit sur les pales de la voilure pour les faire tourner. L'incidence de ces pales est en effet variable au cours d'un tour de la voilure, de telle sorte que l'action du vent sur la voilure est dissymétrique. L'appareil peut se maintenir en l'air avec un déplacement très lent (30 km/h) ; il peut atterrir sous un angle très grand ; enfin, si on lance la voilure en embrayant pendant quelques instants le moteur sur son arbre, on peut utiliser l'énergie ainsi accumulée pour obtenir une force de sustentation capable de décoller l'autogire à la verticale.

Dans l'*hélicoptère*, la voilure tournante est entraînée par le moteur et développe une force sensiblement verticale. Mais, si le moteur exerce sur la voilure un couple de rotation, celle-ci exerce à son tour sur l'hélicoptère un couple qui tendrait à le faire tourner sur lui-même en sens inverse si on ne l'équilibrait par un couple antagoniste. Ce dernier est produit le plus souvent par une deuxième hélice.

A cet inconvénient s'en ajoutent d'autres : la voilure tournante de l'appareil constitue un gyroscope qui est animé d'un mouvement de « précession », à la manière d'une toupie dont l'axe de rotation ne reste pas fixe, mais tourne lui-même autour d'un axe.

En plus, la force de sustentation n'est rigoureusement verticale que lorsque l'appareil est immobile par rapport à l'air. Si, et c'est le cas le plus fréquent, l'appareil est animé d'un mouvement de déplacement vers l'avant, cette force est inclinée sur l'horizontale et tend à faire pencher l'appareil par côté, effet auquel on remédie dans les appareils à voilure unique en inclinant légèrement l'axe de la voilure sur la verticale. Le phénomène se complique encore quand l'appareil cesse de voler horizontalement et qu'il s'incline soit longitudinalement, soit transversalement.

Enfin, il ne suffit pas d'assurer la sustentation et la stabilisation de l'appareil, il faut encore lui permettre d'effectuer des déplacements horizontaux et de virer sur lui-même sous l'action des commandes. La solution de ces divers pro-

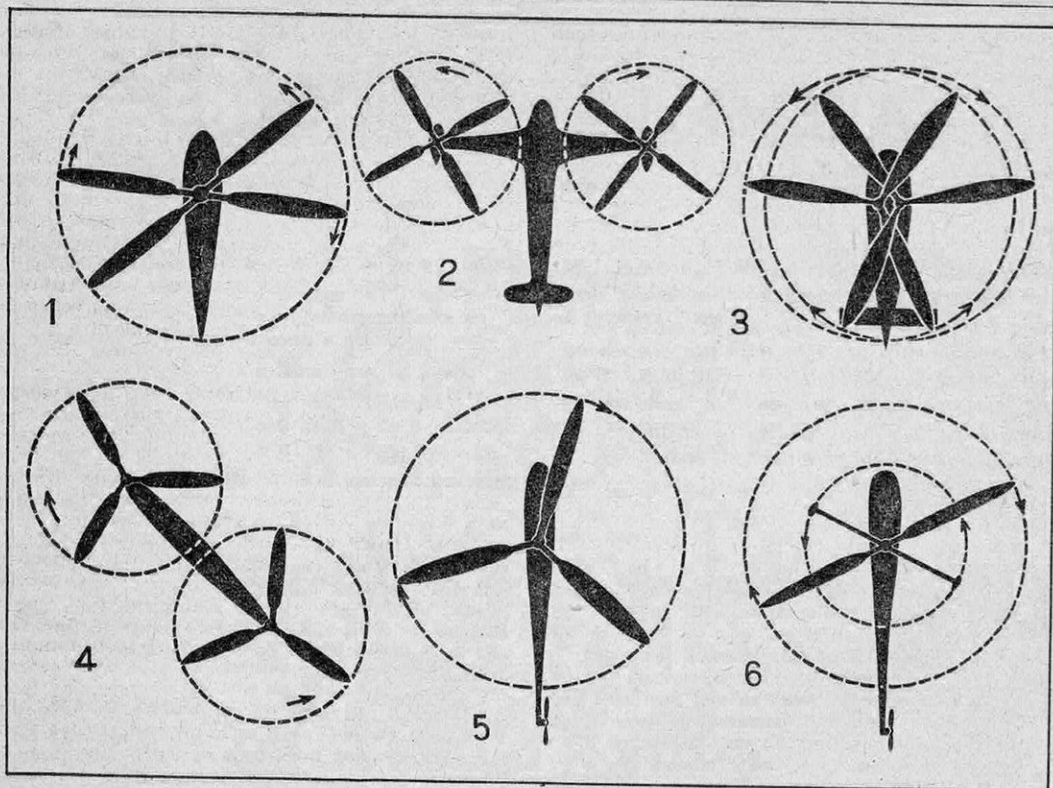


FIG. 1. — SCHÉMAS DE PRINCIPE DES DIFFÉRENTS TYPES D'HÉLIPTÈRES ACTUELS

1, Deux hélices sustentatrices coaxiales tournant en sens contraires; — 2, Deux hélices sustentatrices non coaxiales tournant en sens contraires de part et d'autre du fuselage. La distance de leurs axes est supérieure au diamètre des pales; — 3, Les deux hélices sustentatrices non coaxiales sont inclinées sur l'horizontale et décalées (machine à battre les œufs); — 4, Deux hélices sustentatrices aux extrémités du fuselage; — 5, Une seule hélice sustentatrice et une hélice anticouple à axe horizontal; — 6, Une hélice sustentatrice, une hélice anticouple et un stabilisateur gyroscopique.

blèmes a donné naissance à un certain nombre de types d'appareils plus ou moins élégants et plus ou moins compliqués.

La propulsion

La propulsion des hélicoptères peut s'effectuer suivant plusieurs procédés :

On peut ajouter à la voilure sustentatrice une hélice propulsive analogue à celle qu'on trouve à bord des avions. C'était par exemple la solution adoptée à bord des hélicoptères Focke-Wulf de 1937.

On peut incliner l'axe de rotation de la voilure sur la verticale. La force produite par cette voilure est sensiblement dirigée suivant l'axe. On peut alors la décomposer en une force verticale de sustentation et une force horizontale qui peut être dirigée vers l'avant, vers l'arrière, ou par côté et qui provoque les déplacements horizontaux de l'appareil.

On peut enfin modifier l'incidence des pales au cours de leur rotation, de telle sorte que les trois composantes verticales de la résistance de l'air sur ces pales cessent de s'équilibrer. On fait ainsi apparaître une force perpendiculaire à l'axe de rotation de la voilure, donc sensiblement horizontale. Ici, encore, cette force horizontale peut être dirigée soit vers l'avant de

l'appareil, soit vers l'arrière, soit par côté, ce qui permet une grande variété d'évolutions.

On conçoit que la réalisation mécanique de tels systèmes soit assez compliquée.

Les virages

La manière dont l'appareil vire est essentiellement différente suivant le système de voilure adopté. Il existe en effet beaucoup de manières d'appliquer à l'hélicoptère un couple de rotation : tout d'abord, on peut employer le même système qu'à bord des avions, c'est-à-dire doter l'appareil d'un gouvernail de direction. Mais, contrairement à l'avion, l'hélicoptère ne progresse pas constamment à grande vitesse. Dans certains cas (vol au point fixe, par exemple), le gouvernail de direction risquerait de devenir inefficace. La solution consiste alors à le placer dans le souffle d'une hélice (fig. 12).

Quand l'hélicoptère est à voilure unique, si l'on cesse de compenser complètement le couple produit par la voilure, ou si, au contraire, on va au delà de la compensation, on provoque le virage de l'appareil. Si l'appareil est par exemple doté d'une petite hélice compensatrice de couple, on modifiera le pas de cette hélice et, par conséquent, le couple qu'elle engendre.

Enfin, si l'appareil est à deux voilures sus-

tentatrices, on s'arrange pour créer pendant un court instant une inégalité entre les couples des deux voilures, en modifiant par exemple l'incidence des pales de l'une d'elles.

Les évolutions suivant la verticale, la descente moteur arrêté

Quand on veut que l'hélicoptère s'élève dans l'air ou qu'au contraire il descende, on doit rendre la force de sustentation légèrement supérieure ou inférieure à son poids. Pour cela on maintient en général la vitesse de rotation de la voilure à peu près constante et on modifie l'incidence des pales de l'hélice. L'hélicoptère peut ainsi s'élever ou atterrir à la verticale. Mais, si l'on veut faire de l'hélicoptère un appareil d'une sécurité comparable à celle de l'avion, il faut encore envisager le cas où le moteur viendrait à s'arrêter accidentellement et prévoir la descente en vol plané. La solution adoptée pour assurer la sécurité du vol des hélicoptères consiste à les transformer en autogires en débrayant le moteur et en modifiant l'angle des pales. La manœuvre doit être instantanée, car il faut profiter de l'énergie de rotation de la voilure et éviter que celle-ci ne s'arrête de tourner, ce qui entraînerait une perte de vitesse catastrophique. Sur certains hélicoptères, cette manœuvre était assurée par le pilote qui devait l'exécuter d'une façon absolument réflexe. Si l'on veut mettre à la disposition du grand public de tels appareils volants, il faudra rendre entièrement automatique de telles manœuvres dont dépend la sécurité de ce moyen de locomotion. La réalisation des diverses conditions que doit remplir un appareil à voilure tournante tend à effacer les différences qui existent entre l'autogire et l'hélicoptère, puisque chacun de ces appareils doit, suivant les circonstances, pouvoir adopter l'un ou l'autre mode de sustentation, et fonctionner comme autogire ou comme hélicoptère.

Les origines et l'évolution de l'hélicoptère

Après les essais du Brésilien Santos Dumont (1906) dont l'hélicoptère ne put décoller parce que ses éléments insuffisamment résistants menacèrent de se rompre avant que la force de sustentation eût atteint une valeur suffisante pour le décollage, c'est le Français Cornu qui, le premier, parvint à s'élever en l'air à bord d'un hélicoptère. Peu de temps après, ce fut le tour d'un gyroplane Bréguet-Richet, retenu au sol par des câbles.

Nous ne passerons pas en revue les in-

nombrables types d'appareils imaginés depuis lors. Il y en eut de très compliqués, puisque l'un d'entre eux ne comportait pas moins de douze hélices, les unes à axe vertical et les autres à axe horizontal.

Les difficultés à résoudre n'étaient d'ailleurs pas surtout d'ordre théorique, mais d'ordre pratique : on sait maintenant faire des hélicoptères relativement simples qui volent dans des conditions de sécurité satisfaisantes parce qu'on a construit pendant de longues années des avions et que l'on a fait progresser considérablement la technique des bois améliorés, des alliages légers, des hélices à pas réglable, etc., et on peut ainsi adopter des solutions extrêmement hardies, et en particulier réaliser des voilures de très grands diamètres.

Peu à peu, par élimination des types les moins réussis et perfectionnement des autres, la construction des hélicoptères a évolué vers un très petit nombre de types d'appareils qui, en dernière analyse, se ramènent à trois types principaux : appareils à deux voilures coaxiales tournant en sens inverses (gyroplane Bréguet, hélicoptères Hiller et Bendix), appareil à deux voilures tournantes d'axes différents, tournant soit dans le même sens, soit en sens inverses (Focke Wulf, Platt le Page, Landgraf, P.V. Engineering Forum, Kellett), une seule voilure et une hélice compensatrice de couple (Sikorsky, Bell, etc.).

Hélicoptères à deux voilures coaxiales

Le constructeur Louis Bréguet s'est intéressé à l'hélicoptère avant de construire des avions. En 1932 il revint à la construction des hélicoptères et, en collaboration avec l'ingénieur Dorand, il construisit un appareil à deux voilures coaxiales tournant en sens contraire l'une de l'autre, qui avait reçu le nom de *gyroplane*

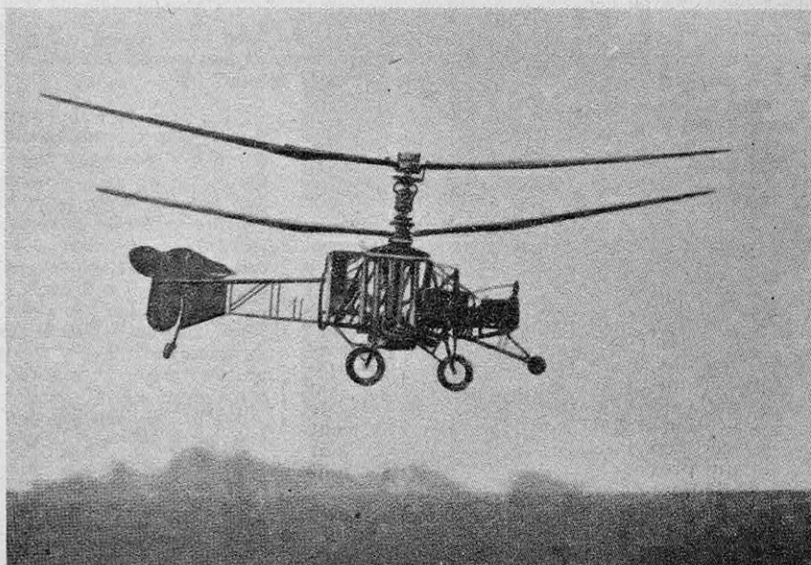


FIG. 2. — LE GYROPLANE BRÉGUET-DORAND DE 1936

Cet appareil à deux voilures coaxiales tournant en sens contraires a volé pendant 1 h 2 mn, parcouru une distance de 44 km et établi les records internationaux pour hélicoptère. Ces performances furent dépassées l'année suivante par le Focke Wulf FW 61 VII (fig 7).



FIG. 3. — L'« HILLER-COPTER I », HÉLICOPTÈRE A DEUX HÉLICES TOURNANT EN SENS CONTRAIRES

Hiller, jeune Américain de Berkeley (Californie), avait, dit-on, dès l'âge de onze ans, fabriqué une voiture automobile, d'abord en modèle réduit, puis à sa taille. A dix-sept ans, il construisit l'« Hiller-copter I ». Une version améliorée (modèle II) a fait ses essais en 1945. Voici les caractéristiques de ce deuxième modèle : diamètre de la voilure, 7,85 m ; longueur du fuselage, 3,4 m ; hauteur totale, 2,9 m. Mû par un moteur Lycoming de 245 ch, il est capable d'enlever quatre personnes dans un filet. Son plafond avec le pilote seul est de 5 500 m. Les brevets de cet appareil ont été acquis par Kaiser.

Bréguet-Dorand. C'était, à l'époque, le meilleur appareil à voilure tournante puisque, sans être spécialement profilé, il battit tous les records de l'époque.

A la suite de ses essais, M. Bréguet avait mis à l'étude des appareils plus importants tels que le « G. 10 », hélicoptère postal pour 7 passagers et 2 hommes d'équipage. Voici quelles étaient les caractéristiques prévues pour cet appareil : diamètre des hélices, 15,5 m ; vitesse de rotation, 3,5 t/s. La vitesse devait atteindre 200 km/h et le rayon d'action 500 km. Son autonomie devait être de deux heures. La guerre est venue contrarier la réalisation de ce projet et, à la lumière des expériences de ces six ans de guerre, c'est un type « G. 11 » qui est actuellement en construction et volera cet été.

L'avantage principal des voilures coaxiales réside dans la neutralisation l'un par l'autre des couples produits par les deux hélices. Dans l'appareil Bréguet « G. 10 », les évolutions de l'appareil sont commandées en agissant sur l'incidence des pales des deux hélices. L'incidence d'une pale subit des variations périodiques à chaque tour de l'hélice, ce qui permet la propulsion suivant le principe déjà exposé. On

peut aussi commander une variation simultanée et non périodique de toutes les pales d'une hélice. Si on agit ainsi sur une seule hélice, on fait tourner l'appareil. Si on agit sur les deux, on fait varier la portance et on peut provoquer les évolutions verticales de l'appareil, obtenir une ressource au moment de l'atterrissage ou plaquer au contraire l'appareil au sol après cet atterrissage (les hélices continuant à tourner, si on conserve une incidence positive, la force de sustentation continue à s'exercer avec une valeur à peine inférieure au poids de l'appareil et celui-ci est à la merci du moindre coup de vent).

Enfin, les hélices peuvent être débrayées et l'appareil descend alors en autorotation.

Toutes ces manœuvres, dont la plupart sont automatiques, entraînent évidemment une certaine complication des transmissions mécaniques, qui comportent entre autres mécanismes un renvoi d'angle conique entre l'arbre du moteur et l'arbre des hélices, un différentiel qui règle la rotation des deux hélices, et, pour la commande de l'incidence des pales, des dispositifs, les uns automatiques (variations périodiques), les autres reliés aux commandes de l'appareil.

On touche ici du doigt un des inconvénients de l'hélicoptère : si tous ces problèmes de mécanique sont résolus de façon satisfaisante, il reste encore à construire une machine bon marché.

Sur un principe analogue, deux appareils ont été l'un réalisé, l'autre étudié en Amérique : il s'agit de l'hélicoptère Hiller (fig. 3) et de l'hélicoptère Bendix. Le premier est un des meilleurs appareils à voilure tournante réalisés actuellement. Il a donné des résultats si satisfaisants que le constructeur Kaiser en a acheté les brevets.

Le second est un appareil plus puissant destiné au transport du fret ou des passagers. Dans la même catégorie, signalons un curieux hélicoptère individuel, sorte de motocyclette de l'air, et qui est sans doute le plus petit appareil capable de porter un passager. Il se compose de deux hélices tournant en sens contraire, mues par un moteur de 20 ch (fig. 4).

Le « Hoppicopter », qui ne pèse que 40 kg, est fixé par des sangles sur le dos de son passager.

Les appareils à deux voilures non coaxiales

Ils ne diffèrent pas tellement dans leur principe des précédents, puisque la compensation des couples d'hélices se fait de la même manière, ainsi que toutes les manœuvres de l'appareil. Les deux voilures peuvent être disposées dans le même plan et de part et d'autre du fuselage (Focke Wulf, Platt le Page, Landgraf). Dans ce cas, on doit écarter leurs axes de façon suffisante pour que les pales ne se heurtent pas. On est alors amené à les placer à l'extrémité de bras assez longs pour constituer, après carénage convenable, une voilure fixe de portance non négligeable dans le vol rapide.

On peut aussi rapprocher considérablement les deux voilures en inclinant leurs axes de rotation et en les synchronisant de façon qu'ils soient décalés de 60° (pour une hélice tripale), les pales tournant alors sans se rencontrer comme le font les éléments d'une machine à battre les œufs. C'est la solution adoptée par Henschel en Allemagne et par Kellett en Amérique (fig. 5). Enfin la solution la plus originale a consisté à les monter aux deux extrémités d'un fuselage en forme de banane (hélicoptère P. V. 3 de la P. V. Engineering Forum, fig. 8).

Les appareils à une seule hélice sustentatrice

Ces appareils, dont un grand nombre de modèles sont à l'étude ou en construction dans tous les pays, sont tous plus ou moins inspirés d'une série d'hélicoptères très réussis réalisés en Amérique depuis 1940 par l'ingénieur Sikorsky.

Le premier comportait encore, en plus de l'hélice sustentatrice, une hélice anticouple de direction et deux hélices de profondeur. Il s'est simplifié et les deux hélices de profondeur ont disparu l'une avec l'autre, évolution achevée avec le type « R. 4 » (fig. 10) dont quelques unités de l'aviation navale américaine et de la R. A. F. ont été dotées.

Depuis lors, Sikorsky a développé deux autres appareils, le « R. 5 » et le « R. 6 », dont le « R. 5 », construit en série pour l'armée américaine, a battu tous les records établis pour les hélicoptères. (Voir la photographie page 146).

La construction en série permet de faire bénéficier les hélicoptères de moteurs spécialement conçus pour eux et dont l'arbre vertical économise le renvoi d'angle.

Le pilotage des appareils Sikorsky s'effectue à l'aide de deux leviers à main et de deux pédales ; le levier central, analogue au manche à balai des avions, est mobile dans un angle solide. Il commande les modifications des pales au cours de leur rotation et, par conséquent, la marche en avant, en arrière ou latérale. Un autre levier, placé à la gauche du pilote, contrôle les variations d'ensemble de l'incidence des pales sustentatrices et règle ainsi la force de sustentation. Sa poignée tournante contrôle l'arrivée des gaz.

Enfin, les deux pédales servent à diriger l'appareil, en conjonction avec le manche à balai ; en agissant sur l'incidence des pales de la petite hélice compensatrice, elles commandent les virages.

On voit que l'hélicoptère est devenu une machine dont le pilotage est relativement simple et que les manœuvres que doit effectuer le pilote peuvent devenir rapidement réflexes.

D'après la même formule que le Sikorsky, citons l'hélicoptère Bell, dont un modèle est muni d'un stabilisateur gyroscopique constitué



FIG. 4. — L'« HOPPICOPTER », LA PLUS PETITE MACHINE VOLANT AVEC UN PASSAGER

L'appareil inventé par l'ingénieur Horace T. Pentecost des usines Boeing ne pèse que 40 kg. Il est constitué par un petit moteur de 20 ch actionnant deux hélices coaxiales tournant en sens contraires. Il ne comporte pas de cellule et se fixe sur le pilote par des sangles. Le pilote manœuvre de la main droite un manche à balai et de la main gauche la commande des gaz.



FIG. 5. — L'HÉLICOPTÈRE KELLETT X R 8 « EGG BEATER »

Les deux hélices tripales de cet appareil tournent en sens inverse l'une de l'autre. Leurs axes très rapprochés forment un V à angle très aigu, qui permet à chacune des hélices de passer au-dessus du moyeu de l'autre. Elles sont entraînées par le même moteur de 245 ch et tournent à la même vitesse, mais avec un décalage de $1/6$ de tour, qui leur permet de ne pas se heurter (d'où le nom de cet appareil: machine à battre les œufs). On remarquera les dérives qui stabilisent l'appareil dans le plan vertical.

par deux masses tournant en sens inverse de l'hélice sustentatrice, et l'hélicoptère de la S. N. C. A. du Nord qui possède une hélice propulsive agissant par son souffle sur un gouvernail de direction classique.

L'hélicoptère à réaction

Signalons enfin l'hélicoptère Gazda, sur lequel on possède peu de renseignements, et qui serait propulsé par une tuyère à réaction placée dans la queue du fuselage. D'après son inventeur il aurait, avec un moteur de 130 ch, une vitesse maximum de 300 km/h et une vitesse de croisière de 250 km/h. Ces chiffres surprennent, car il semble que le rendement de la propulsion par réaction à des vitesses aussi faibles doit être des plus médiocres. Au contraire, si on parvenait à entraîner la rotation des pales par des tuyères placées à leurs extrémités, le rendement serait meilleur. La vitesse des tuyères approcherait alors celle du son. Cette solution aurait aussi l'avantage de supprimer le couple de l'hélice et de simplifier notablement les appareils.

La Georgia School of Technology a construit un modèle d'hélice susten-

tratrice actionnée à l'air comprimé dont les essais auraient été satisfaisants.

Les performances

Si l'hélicoptère est supérieur à l'avion sur un grand nombre de points, son rendement ne peut dépasser les trois septièmes de celui d'un avion d'égale finesse. La raison en est que, lorsqu'il avance, son aile tournante décrit un parcours cycloïdal au lieu de se déplacer en ligne droite comme celle d'un avion. Elle est, dans une certaine mesure, comparable à l'aile d'un avion qui progresserait en décrivant des boucles successives allongeant notablement la distance parcourue pour un parcours utile donné. Cette particularité éliminera sans doute l'hélicoptère des transports à grande distance, mais il lui reste un champ d'action très intéressant et les performances qu'il réalise maintenant donnent à ce sujet les meilleurs espoirs.

Un certain nombre de records officiels parmi les plus importants ont été battus dans le courant de l'année 1945 par des appareils Sikorsky « R. 5 ». Ce sont :

— Le record d'altitude, détenu depuis 1937 par l'hélicoptère allemand Focke Wulf F. W. 61 VII, équipé d'un moteur Siemens Sh. 144 de 160 ch. Le F. W. VII s'était élevé à 3 427 m. Le pilote Moeller de la firme Sikorsky s'est élevé à 6 400 m.

— Le record de vitesse sur 20 km, détenu depuis 1937 par le même Focke Wulf avec 122,5 km/h, a été porté par le pilote Viner, sur l'hélicoptère « R. 5 », à 184,4 km/h.

— Enfin, et ceci prouve que les applications pratiques de l'hélicoptère sont proches, des records avec charge commerciale ont été établis :

— avec charge de 500 kg : vitesse 176,99 km/h, altitude 4 860 m ;

— avec charge de 750 kg : vitesse 168,95 km/h, altitude 3 355 m.

Il est hors de doute que le « R. 5 » serait capable de battre tous les records actuels : durée avec retour au point de départ (actuellement une heure vingt minutes) et distance en ligne droite, 230,3 km). Il a même réussi à soulever à quelques

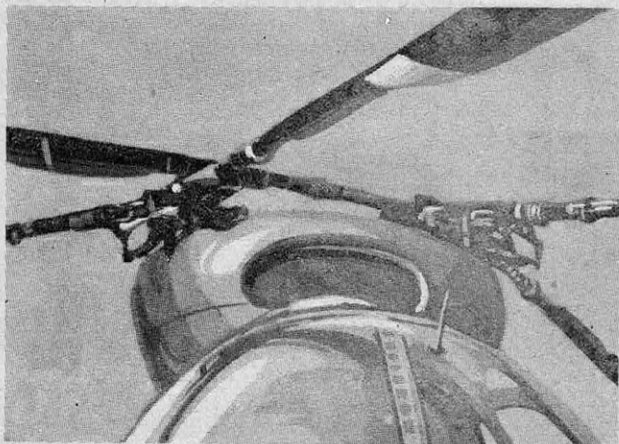


FIG. 6. — LA FIXATION DES DEUX ROTORS DE L'HÉLICOPTÈRE KELLETT.

Les pales d'une des hélices passent au-dessus du moyeu de l'autre; les rotations des deux hélices sont régularisées et décalées de telle sorte qu'elles ne peuvent se heurter.

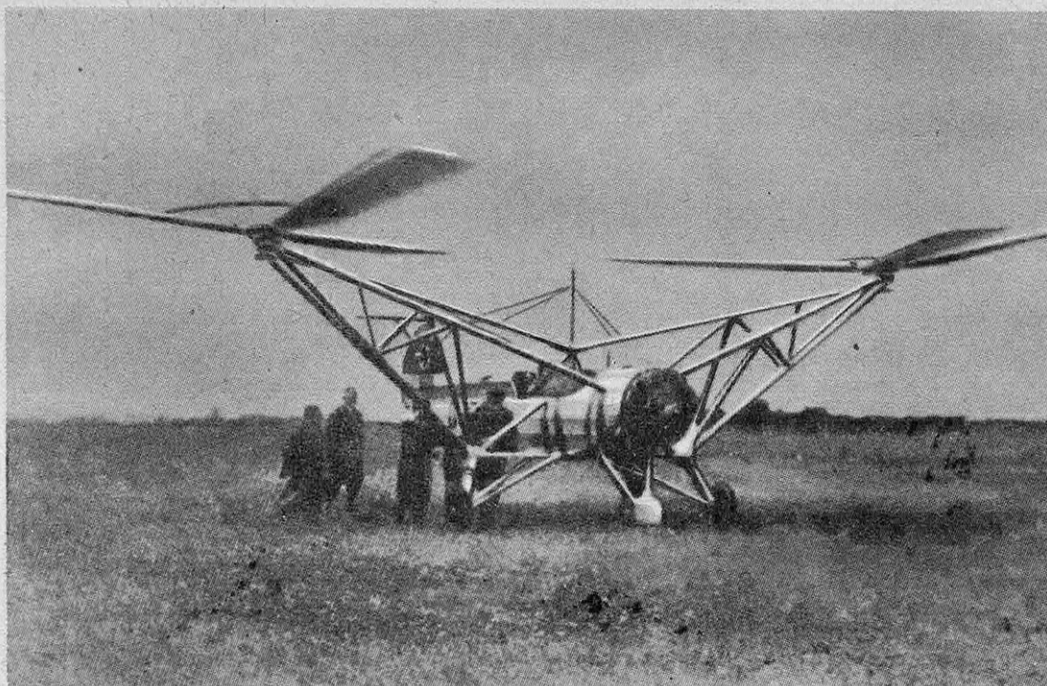


FIG. 7. — LE FOCKE WULF F W 61 VII DE 1937

Cet appareil allemand, mû par un moteur Siemens SH 144, de 160 ch, comportait des hélices sustentatrices et une hélice propulsive. Il avait réalisé une vitesse de 122,5 km/h sur 20 km et atteint l'altitude de 3 427 m.

mètres du sol seize personnes assises sur des bancs de part et d'autre du fuselage et deux personnes dans le poste de pilotage.

Mais il est bien difficile d'affirmer que c'est là le meilleur appareil actuel : un film projeté dernièrement à l'Aéro-Club de France a révélé l'existence d'un hélicoptère allemand Focke

Achgelis 223 de performances nettement supérieures : plafond, 7 100 m ; plafond en vol au point fixe, 4 000 m ; charge maximum, 4 300 kg.

D'autre part, les Russes ont également beaucoup étudié la technique de la voilure tournante sans qu'on connaisse les performances réalisées dans ce pays.



FIG. 8. — L'HÉLICOPTÈRE P V 3 POUR DIX PASSAGERS DE LA P. V. ENGINEERING FORUM

Les deux voilures de cet appareil tournent en sens inverses, ce qui permet la compensation de leurs couples de réaction. La distance des axes des hélices est de 14 m et la hauteur totale de 3,9 m. Cet hélicoptère se pose ou décolle dans un cercle de 30 m et emporte dix passagers en plus des deux hommes d'équipage.

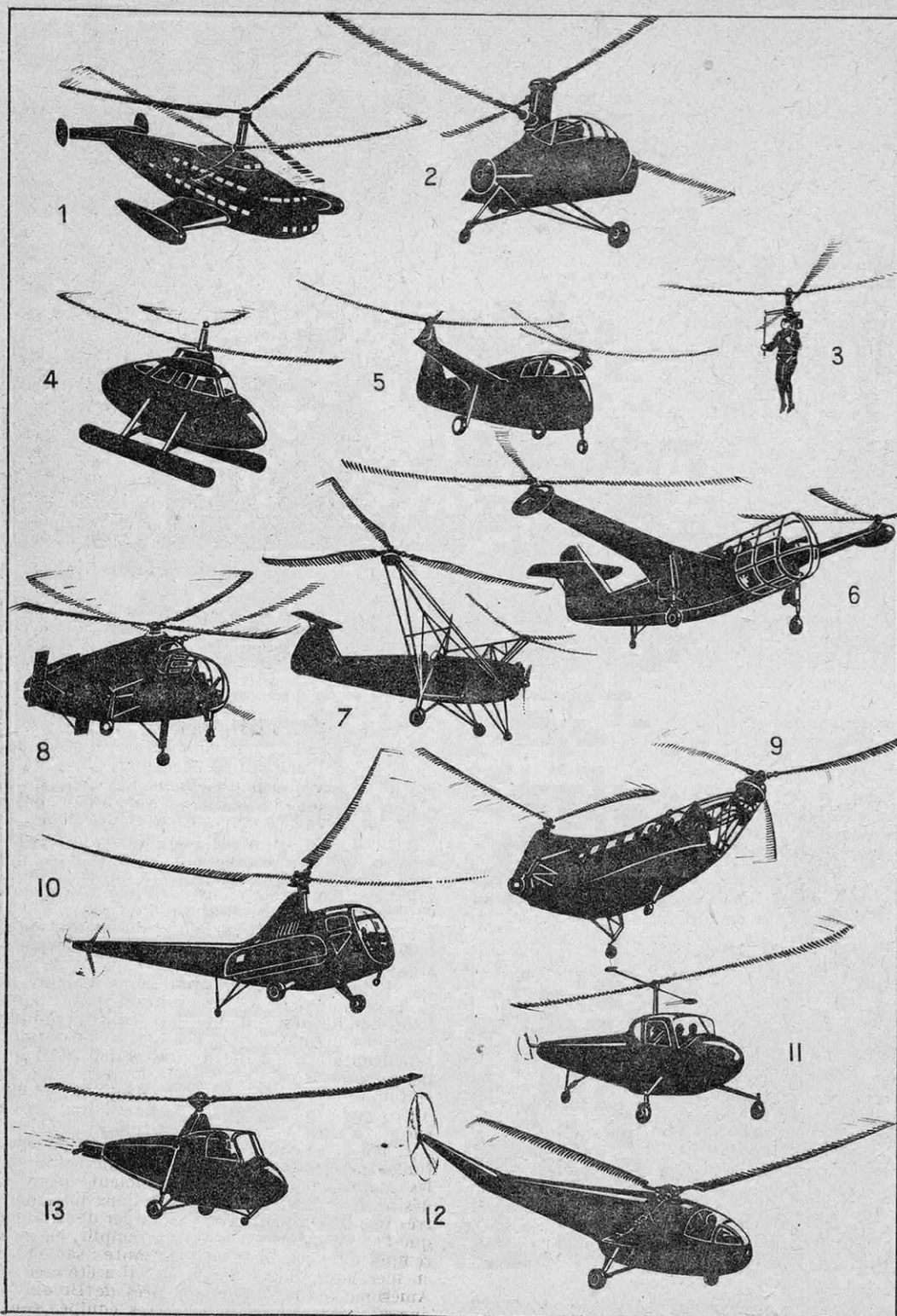


FIG. 9. — QUELQUES-UNS DES PRINCIPAUX TYPES D'HÉLICOPTÈRES ACTUELLEMENT PROJETÉS OU RÉALISÉS
 Hélicoptères à deux hélices sustentatrices coaxiales : 1, Maquette d'un hélicoptère transatlantique Bréguet; —
 2, Hiller-copter 1; — 3, Hoppicopter; — 4, Bendix G. — Hélicoptères à deux hélices sustentatrices non
 coaxiales : 5, Landgraf 2; — 6, Platt-Le Page; — 7, Focke Wulf FW 61 VII; — 8, Kellett XR 8; — 9, PV Engi-
 neering Forum PV 3. — Hélicoptères à une seule hélice sustentatrice : 10, Sikorsky XR 6; — 11, Bell; —
 12, Bristol Haffner; — 13, Gazda (à réaction).



FIG. 10. — UN HÉLIPTÈRE SIKORSKY R 4 DE LA GARDE CÔTIÈRE DES ÉTATS-UNIS FAISANT UNE DÉMONSTRATION DE SAUVETAGE

L'aviateur naufragé abandonne son canot pneumatique pour prendre pied sur un flotteur. Entre le flotteur et la carlingue se trouve un berceau pouvant recevoir un blessé couché. Le R 4 possède deux hélices : l'hélice sustentatrice à axe vertical et l'hélice anticouple, à axe horizontal, à l'extrémité d'un bâti métallique. Voici les caractéristiques essentielles de cet appareil : diamètre du rotor, 11,6 m ; vitesse de rotation du rotor, 210 t/mn ; vitesse de croisière, 112 km/h ; plafond absolu, 3 050 m ; poids, 930 kg ; vitesse de descente en autorotation, 6,1 m/s.



FIG. 11. — UN HÉLIPTÈRE SIKORSKY R 6 POSÉ DANS UNE CLAIRIÈRE

La construction de l'appareil est plus soignée que celle du R 4, ses lignes sont plus fines, la visibilité est meilleure. Son moteur de 245 ch lui donne une vitesse plus élevée (178 km/h). On remarque de part et d'autre du fuselage les deux berceaux fermés par un couvercle et qui peuvent recevoir chacun un blessé.

L'avenir de l'hélicoptère

Dans les années qui vont suivre, les grandes nations vont faire un effort pour développer leurs lignes de transports aériens. Les compagnies aériennes essaieront de drainer vers les aéroports la clientèle des chemins de fer et des lignes de navigation maritime. Or les grands aéroports sont toujours assez éloignés des centres des grandes villes, et ils ne desservent que les grandes villes. Si l'on veut conserver aux transports aériens tous les avantages qu'ils tirent de leur rapidité, il faut regagner le temps perdu entre l'aéroport et la ville par un procédé de transport aussi souple que l'automobile, capable de desservir dans la ville un assez grand nombre de gares secondaires et ne souffrant pas comme l'automobile des embouteillages qui se produisent toujours aux abords des centres surpeuplés. L'hélicoptère constitue le taxi aérien idéal qui ira déposer les passagers sur la terrasse d'un certain nombre de buildings choisis à des nœuds de communication, ou qui portera le courrier sur le toit des bureaux de poste.

L'hélicoptère est le seul engin qui soit véritablement « tous terrains », il survole les forêts, les marais, la mer aussi lentement qu'on le désire, il se pose n'importe où dans un espace très réduit. On peut donc le charger de missions que l'avion même est inapte à remplir, ou qu'il remplit de façon moins satisfaisante : sauvetage en mer, surveillance des forêts. Il a été créé en Amérique à Floyd Bennett, près de Brooklyn, une première base d'hélicoptères équipée principalement des types Sikorsky « R 4 », « R 5 » et « R 6 », au nombre d'une vingtaine. Au cours des missions extrêmement variées qui ont été confiées à ces appareils, ceux-ci ont totalisé plusieurs centaines de sauvetages de marins et d'aviateurs.

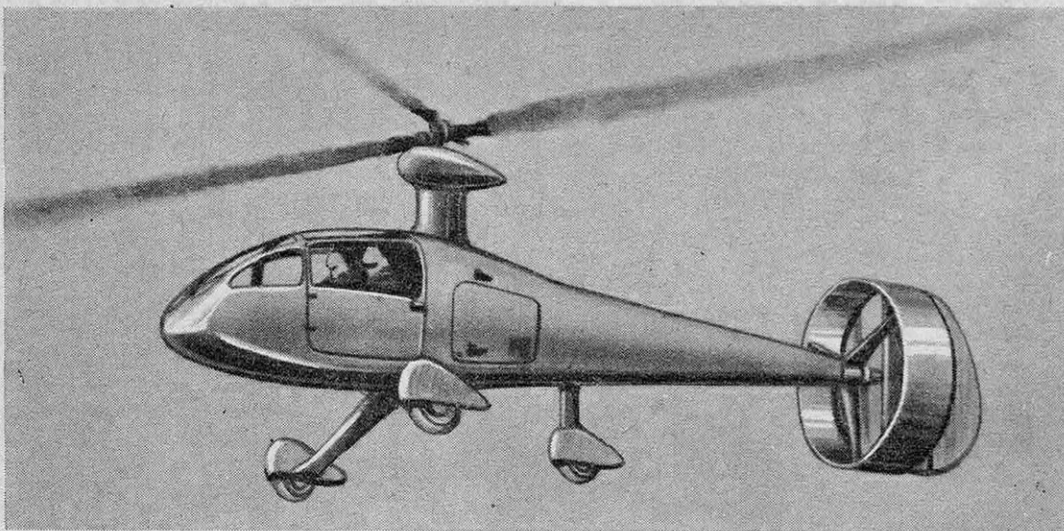


FIG. 12. — UN PROJET D'HELICOPTÈRE DE LA S. N. C. A. DU NORD : LE NORD 1700

Le couple de la voilure unique serait ici compensé par l'action d'un gouvernail de direction, placé dans le vent d'une hélice propulsive arrière.

Au cours de la guerre, l'hélicoptère a rendu des services pendant la campagne de Birmanie. C'était le seul moyen de transport permettant l'évacuation des blessés et du personnel dans la jungle où l'avion ne peut pas atterrir. Il a servi à la surveillance anti-sous-marine de l'Océan aux abords des côtes et à proximité des navires. Quand la D. C. A. des sous-marins est devenue plus forte, sa lenteur relative est devenue un défaut assez grave, et on lui a préféré l'aviation embarquée à bord de porte-avions auxiliaires.

Pour l'après-guerre, la principale question qui se pose aux constructeurs d'hélicoptères est celle de l'utilisation privée de ces appareils. Dans les pays où le standard de vie est suffisamment élevé pour qu'une part de la population puisse acheter un avion privé, l'hélicoptère pourra-t-il rivaliser avec les avions de tourisme

que l'on vend dans les grands magasins de New York ? Dans ce pays où le sondage de l'opinion est devenue une pratique quotidienne, Gallup nous apprend que les préférences du public vont à l'hélicoptère, d'un emploi plus comode et plus souple. Malheureusement, celui-ci est actuellement nettement plus coûteux que l'avion. On peut espérer atténuer dans une large mesure la différence des prix de revient quand l'hélicoptère sera construit en très grande série, mais il demeurera malgré tout plus compliqué, donc plus cher que l'avion. Là encore, il est d'ailleurs possible qu'il n'y ait pas à proprement parler concurrence entre ces deux modes d'aviation privée, mais que les clients fixent leur choix selon qu'ils habitent à la campagne où ils disposent d'espaces relativement vastes, ou à la ville où l'aire d'envol et d'atterrissage se réduit au toit de la maison.

M. FENAIN.

Pour supprimer les désagréments de la fraise, qui en font un objet d'aversion pour la grande majorité des patients, le dentiste américain P. Black a récemment proposé de remplacer cet instrument par un courant d'air comprimé (à 7 kg/cm²) entraînant à la vitesse de 400 m/s un agent abrasif pulvérisé, qu'une pompe aspirerait aussitôt de la dent. Le principe du système est donc le même que celui des jets de sable utilisés dans l'industrie métallurgique. Après avoir essayé de nombreux abrasifs, Black donne finalement la préférence à l'oxyde d'aluminium. L'appareil qu'il a construit comprend un bloc fixe (moteur, compresseur, récipient pour la poudre abrasive, aspirateur pour reprendre les déchets) et une pièce à main mobile constituée par deux tubes dont l'un amène l'air et l'abrasif et l'autre aspire les particules. Le réglage se fait sans pédale, par une pression de l'index sur la pièce à main. Black n'a pas encore réussi à exécuter ainsi la totalité des formes de cavités qu'exige la pratique dentaire, mais il espère y parvenir en apportant certains perfectionnements techniques à son invention.

LA TÉLÉVISION SUR GRAND ÉCRAN

par P. HEMARDINQUER

Quel est l'auditeur de la radiodiffusion qui accepterait aujourd'hui le casque et les écouteurs de 1920 ? Quel est l'amateur de télévision qui se contentera, dans cinq ans, du format « carte postale » — ou presque — des images présentes ? Dans tous les pays du monde, les constructeurs l'ont bien compris et ont mis à l'étude, depuis déjà avant la guerre, le problème de l'agrandissement des images télévisées. La question du « grand écran » se présente sous deux aspects différents, suivant que l'on considère la réception familiale d'amateur, celle qui groupera en principe seulement les personnes vivant sous un même toit, et la réception publique qui rassemblera une large audience. Toutes deux semblent avoir reçu d'ores et déjà des solutions satisfaisantes grâce à l'emploi de tubes spéciaux à haute luminosité et de dispositifs agrandisseurs optiquement corrigés. C'est, beaucoup plus que la « qualité » des images (la finesse de leur grain, si l'on peut dire), d'ores et déjà très satisfaisante, le problème de la lumière qui vient limiter le grossissement à faire subir à l'image lumineuse qui s'inscrit sur le fond du tube cathodique pour la rendre accessible à un nombre de spectateurs plus ou moins grand. Malgré les résultats très encourageants obtenus avec des tubes à très haute tension, il semble que l'on soit rapidement limité dans cette voie pour la deuxième catégorie d'applications de la télévision, la projection publique. C'est pourquoi plusieurs chercheurs se sont tournés vers des principes tout différents, s'efforçant de réaliser soit des modulateurs de lumière, soit surtout des écrans spéciaux où, sans tube cathodique intermédiaire, l'image télévisée vienne se reconstituer point par point et ligne par ligne sans limitation pratique d'intensité lumineuse. Rien ne s'opposerait plus, avec ces dispositifs, à ce que les dimensions des écrans soient augmentées jusqu'à atteindre celles des classiques écrans de cinéma que plusieurs centaines et même plusieurs milliers de personnes peuvent observer simultanément.

Les progrès de la télévision au cours de ces dernières années ont permis l'organisation de diffusions d'images à une échelle véritablement industrielle, soit par ondes hertziennes, soit par câbles spéciaux, dans certains pays étrangers tout au moins. C'est ainsi qu'aux États-Unis on commence à établir de véritables réseaux de transmission, qui permettront peu à peu à la plus grande partie des habitants des villes d'utiliser des récepteurs d'images. Ces images télévisées, dont la qualité augmente sans cesse et devient comparable à celle des

projections de cinématographie d'amateur, sont observées directement sur l'écran d'un tube à rayons cathodiques (fig. 1) ou bien sont projetées sur un écran transluce vertical, disposé généralement dans l'ébénisterie du récepteur lui-même. Les dimensions couramment atteintes désormais pour la réception familiale sont de l'ordre de 40 x 30 cm.

Ces dimensions sont suffisantes pour la grande majorité des amateurs, et il y a même intérêt à ne pas les augmenter si l'on veut pouvoir utiliser des appareils relativement simples et de prix

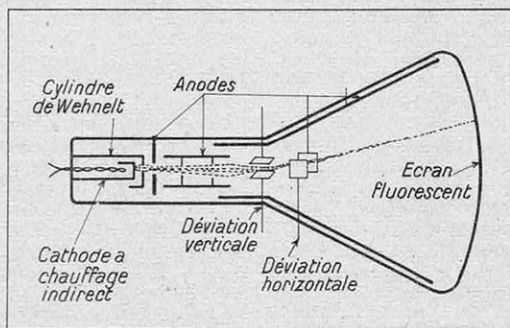


FIG. 1. — SCHEMA DE PRINCIPE D'UN TUBE CATHODIQUE POUR TÉLÉVISION, A BALAYAGE ÉLECTROSTATIQUE

La cathode, à chauffage indirect, émet un flux d'électrons dont l'intensité est réglée par la tension appliquée au cylindre de Wehnelt qui l'entoure concentriquement. La première anode joue le rôle d'écran pour soustraire les électrons à l'influence des variations de tension du cylindre de Wehnelt. Le système de ces anodes assure la concentration du faisceau électronique et son accélération. Le faisceau est dévié d'abord verticalement, puis horizontalement, par deux paires de plaques de déviation entre lesquelles sont appliquées les tensions de balayage dont les variations sont synchronisées avec les tensions de balayage de l'émetteur. Il décrit ainsi sur l'écran fluorescent une série de lignes horizontales, la brillance de la tache lumineuse au point d'impact variant en chaque point avec l'intensité du faisceau et reconstituant ainsi l'image transmise.

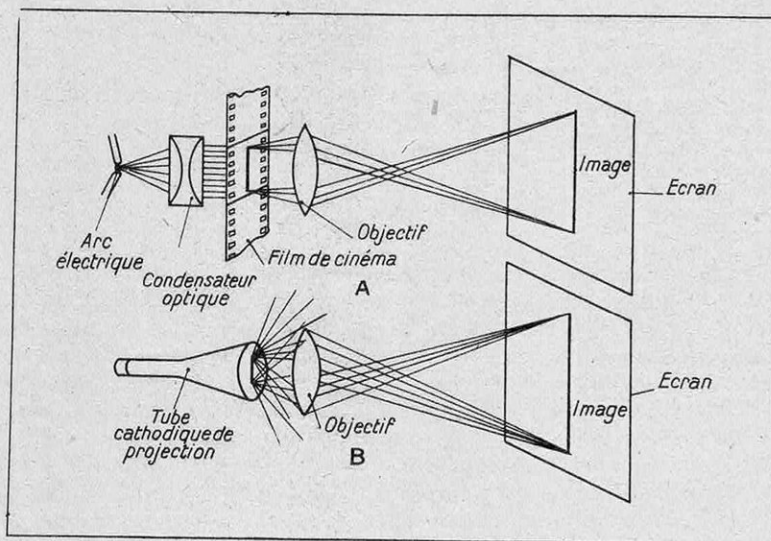


FIG. 2. — LA PROJECTION CINÉMATOGRAPHIQUE ET LA PROJECTION SUR ÉCRAN EN TÉLÉVISION

Le problème de la projection en télévision est différent, au point de vue optique, de celui de la projection cinématographique. En cinématographie (en A), l'image portée par le film est éclairée par des rayons lumineux parallèles provenant du condensateur optique, et presque toute la lumière est recueillie par l'objectif. En télévision (en B), la surface de l'écran du tube cathodique est lumineuse et diffusante; une partie plus ou moins réduite de la lumière atteint seule l'objectif.

assez réduit. Pourtant, certains usagers privilégiés voudraient pouvoir obtenir des images plus grandes, comparables à celles que l'on réalise avec des projecteurs de format 16 mm par exemple, c'est-à-dire de largeur supérieure à 1 m.

Mais un autre problème, bien plus important, commence aussi à se poser, c'est celui de la projection d'images télévisées en public.

La télévision, qu'il s'agisse de télécinéma (1) ou de prises de vues directes, ne se prête pas seulement à la réception familiale; on a déjà pu envisager de nombreuses applications collectives. Il paraît, en effet, possible d'installer des salles de projection publiques analogues aux salles de projection cinématographique et dans lesquelles les spectateurs pourraient observer les images transmises, par fils ou par ondes radioélectriques, à partir d'une station centrale fixe ou mobile. Les sujets de ces projections pourraient être très divers: actualités politiques et sportives, faits divers de tous ordres, émissions de documentation et d'enseignement, transmissions théâtrales ou cinématographiques, etc. A côté des salles cinématographiques, il s'établirait ainsi un véritable réseau de salles de télévision, et déjà, aux Etats-Unis, de nombreuses sociétés de production cinématographique ont

(1) Dans le télécinéma, on commence par filmer la scène à téléviser au moyen d'une camera cinématographique ordinaire. Le film est ensuite développé, tiré en positif, et c'est ce film positif qui sert à la transmission par télévision. Le télécinéma présente des avantages évidents pour les actualités, car la prise de vues cinématographique s'accommode de conditions d'éclairage beaucoup moins strictes que la télévision. Mais un certain temps s'écoule nécessairement entre la prise de vues et la transmission; des procédés perfectionnés de développement rapide ont permis de le réduire très sensiblement.

compris l'intérêt du problème, en participant aux recherches destinées au développement de la télévision.

Pour que de tels projets soient réalisables, il est nécessaire de pouvoir utiliser des appareils récepteurs assez puissants pour assurer la projection d'images télévisées de grandes dimensions dans des conditions suffisantes de qualité et d'éclairage, comparables à celles de la projection cinématographique.

Les procédés actuels de télévision devraient déjà permettre, en principe, d'obtenir une qualité comparable en ce qui concerne la finesse d'analyse, c'est-à-dire la trame des images; le problème le plus difficile à résoudre semble a priori celui de l'éclairage.

Les diverses solutions

Les appareils actuels de réception de télévision comportent presque toujours des *oscillographes cathodiques*, avec un écran fluorescent de couleur verdâtre ou blanchâtre sur lequel vient se former l'image; cette image peut être amplifiée pour la vision directe à l'aide d'un dispositif optique à lentilles ou à miroirs.

Il est impossible de construire des oscillographes cathodiques d'assez grand diamètre pour fournir directement les images de dimensions suffisantes pour être observées par de nombreux spectateurs dans une grande salle. La première solution consiste donc à adopter un tube à rayons cathodiques, dit de *projection*, à haute intensité et à haute tension, comportant un écran de petit diamètre, mais sur lequel vient se former une image très brillante. Cette image est ensuite projetée sur un grand écran distinct à l'aide d'un objectif de projection très lumineux ou d'un dispositif optique à grande ouverture construit spécialement, de même que les images portées par un film cinématographique sont projetées sur l'écran d'une salle.

Ces dispositifs à tube cathodique de projection ont donné jusqu'ici les meilleurs résultats pratiques. Certains inventeurs ont cependant proposé de remplacer le tube cathodique par un dispositif *modulateur de lumière*, de fonctionnement fondé sur différents principes et comportant un écran de transparence ou de pouvoir réflecteur variable, éclairé par une source lumineuse puissante d'intensité fixe. On obtiendrait ainsi, grâce à ce système modulateur, une image également très brillante, projetée ensuite sur un écran réflecteur ou translucide.

Depuis quelque temps, cependant, on envisage l'emploi d'une catégorie de procédés très différents, dont le principe est connu depuis

longtemps, mais qui n'ont pas encore permis d'aboutir à des résultats vraiment industriels. On supprime l'écran réflecteur ou translucide ordinaire ainsi que le tube cathodique ou modulateur et même tout appareil d'intégration, et on remplace l'écran habituel par un écran très particulier, « multicellulaire », éclairé par une source lumineuse puissante disposée en avant, s'il est opaque, ou en arrière, s'il est translucide.

Cet écran de grandes dimensions est divisé en un grand nombre d'éléments de petite surface identiques entre eux ; chacun de ces éléments représente un des « points », ou, plutôt une des surfaces élémentaires de l'image à reproduire. Sa tonalité lumineuse doit donc varier en correspondance avec celle de l'élément de l'image, par un effet de réflexion ou de variation de transparence obtenu par différents procédés plus ou moins complexes et ingénieux.

La projection cathodique

On pourrait croire, à première vue, qu'il suffit d'utiliser un tube à rayons cathodiques permettant d'obtenir une image suffisamment brillante de petites dimensions, et de l'associer avec un objectif de projection bien établi, pour obtenir de bons résultats. Il n'en est pas ainsi, en réalité, car le problème optique qui se pose est assez différent de celui du cinéma.

En cinématographie, ce n'est pas la surface du film elle-même qui est lumineuse. L'image portée par le film est éclairée par derrière, à l'aide d'une source lumineuse, arc électrique par exemple, et d'un condensateur optique. Les rayons provenant du film et qui vont atteindre l'objectif de projection pour venir former l'image agrandie sur l'écran, sont tous parallèles entre eux, et toute la lumière est recueillie par l'objectif (fig. 2, A).

Il n'en est pas de même pour le tube cathodique. C'est l'écran même du tube qui est lumineux ; cet écran constitue une surface diffuse, de sorte que les rayons sont envoyés dans toutes les directions. Une partie relativement faible seulement serait ainsi concentrée par un objectif de projection ordinaire, pour venir former sur l'écran une image agrandie (fig. 2, B).

L'efficacité totale d'un tel système optique est faible. Les techniciens américains qui ont spécialement étudié le problème de la projection sur écran ont calculé qu'un bon objectif à grande ouverture de $F:2$ (1) utilisé dans un

appareil de télévision ordinaire ne recueillerait et projetterait sur l'écran que moins de 5 % de la lumière émise.

Les dispositifs de projection cathodique

Pour obtenir des résultats satisfaisants, c'est-à-dire une image convenablement éclairée, il a donc fallu, tout d'abord, étudier des dispositifs optiques particuliers. Il vient immédiatement à l'esprit d'augmenter le diamètre de l'objectif et de le rendre plus grand que celui de l'écran fluorescent, de façon à recueillir la plus grande partie de la lumière émise par sa surface.

Mais alors un autre problème se pose. Lorsque les rayons lumineux provenant d'une source ponctuelle sont réfractés par les différentes régions d'une lentille sphérique de grand diamètre, ils ne convergent pas exactement au même point. Les rayons réfractés par les régions marginales de la lentille convergent plus près de la face postérieure que les rayons centraux. Ce phénomène est connu sous le nom d'aberration sphérique, et on l'évite en masquant les bords de la lentille, mais, par là même, on diminue la quantité de lumière transmise et on supprime les avantages obtenus par l'emploi d'une lentille de grand diamètre.

Cette solution n'est donc pas suffisante, et on

par l'inverse du rapport entre sa distance focale (distance entre le centre de l'objectif et l'image du point « à l'infini ») et le diamètre de ses lentilles (ou de son diaphragme, quand il est diaphragmé). Ainsi, dire que l'objectif a une ouverture $F:2$, signifie que le diamètre de ses lentilles est égal à la fraction $1/2$ de sa distance focale. Plus l'ouverture relative est grande, plus la quantité de lumière captée sera grande (elle varie comme le carré de l'ouverture relative).

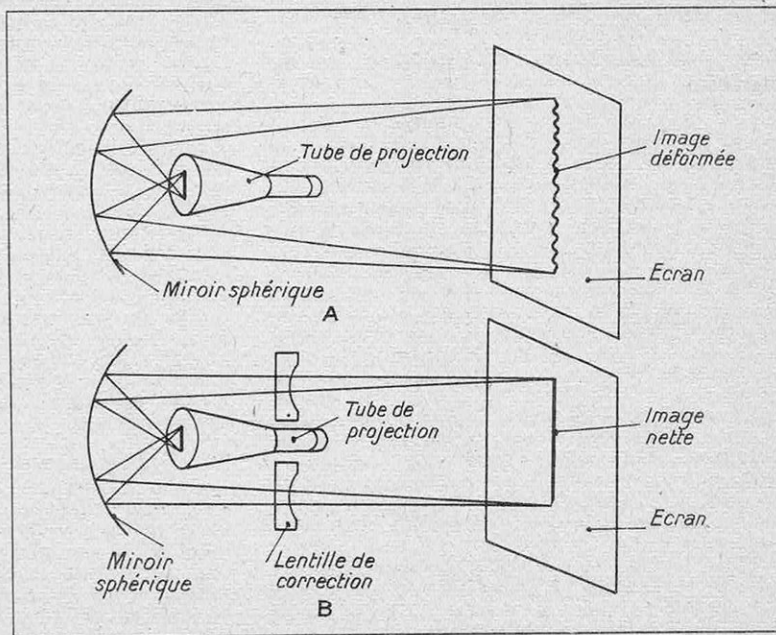


FIG. 3. — DISPOSITIFS DE PROJECTION PAR TUBES A RAYONS CATHODIQUES

L'emploi d'un miroir sphérique (en A) permet d'obtenir une image bien éclairée, mais déformée par l'aberration sphérique. Il faut utiliser, en outre, une lentille de correction intercalée (en B).

(1) Nous rappelons que l'ouverture relative d'un objectif est caractérisée

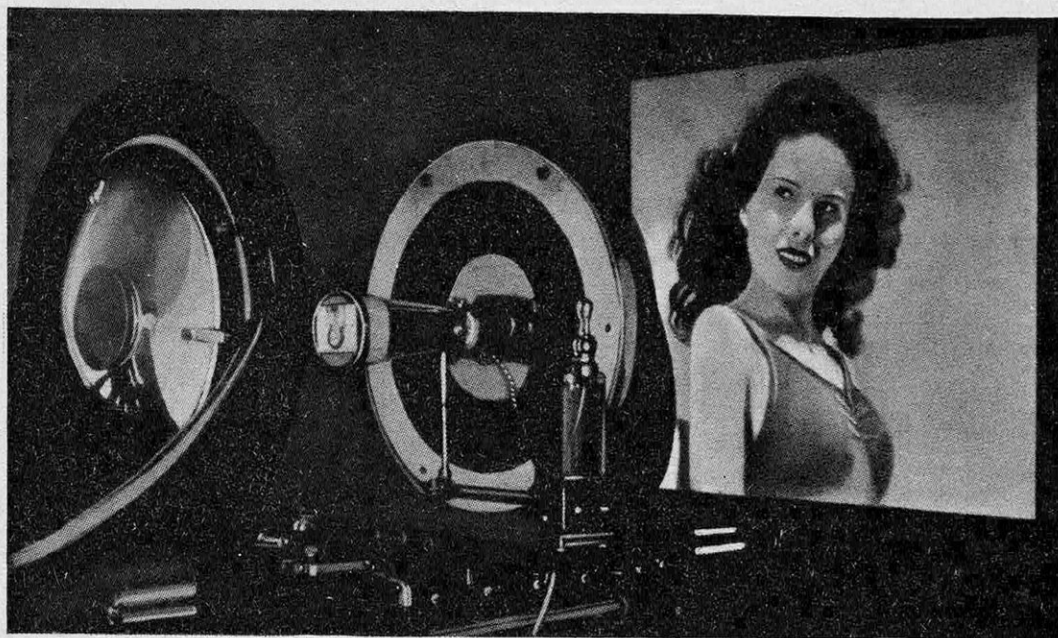


FIG. 4. — LE MONTAGE SCHMIDT POUR LA PROJECTION SUR GRAND ÉCRAN

On voit, au centre, le tube cathodique de réception, de 10 cm de diamètre, à grande luminosité. Un miroir sphérique, à gauche, lui fait face et projette l'image agrandie sur l'écran à travers une grande lentille correctrice qui entoure le corps du tube. On remarquera que la partie centrale du miroir est percée d'un trou. Elle ne joue, en effet, aucun rôle utile dans la projection, les rayons qui viennent la frapper étant renvoyés sur le tube cathodique.

a été amené à étudier des dispositifs particuliers consistant dans des combinaisons de miroirs et de lentilles.

Les combinaisons de miroirs et de lentilles

Dès 1933, les techniciens allemands avaient étudié la fabrication d'objectifs destinés à la cinématographie et comportant des miroirs et des lentilles. Ces dispositifs étaient beaucoup plus réduits et plus légers, à égalité de distance focale, et permettaient de faire des combinaisons de grande longueur focale et de grande ouverture de l'ordre de $F : 0,8$ ou $F : 0,6$; les combinaisons utilisées en télévision sont des applications de ces travaux. On emploie, en particulier, la solution de Schmidt, consistant à associer un miroir sphérique à une lentille de profil déterminé placée dans le plan du centre de courbure du miroir.

En principe, le dispositif le plus simple consisterait à adopter un réflecteur sphérique, en disposant l'écran de l'oscillographe cathodique entre le foyer principal et le centre de courbure. On obtiendrait ainsi une image agrandie, mais, par contre, on ne pourrait éviter une aberration sphérique gênante (fig. 3, A).

Pour corriger cette aberration, on emploie une lentille correctrice comportant en son centre une ouverture laissant passage au tube cathodique; la lentille est placée dans le plan du centre de courbure du réflecteur. Le réflecteur lui-même est en verre poli, et sa surface est recouverte d'aluminium; la partie centrale du miroir est masquée, ou même coupée, puisque la plus grande partie de la lumière réfléchiée par cette

région serait arrêtée par le tube. On évite également la réduction du contraste à l'aide d'un autre écran interdisant le passage des rayons lumineux directs vers l'écran. L'efficacité est de l'ordre de 30 %, ce qui équivaut à une ouverture de l'ordre de $F : 0,9$, soit six à huit fois ce qu'on obtient avec un dispositif optique ordinaire (fig. 3 B).

Rappelons également le dispositif adopté dans les récepteurs d'amateurs. L'axe du système optique est vertical, et le tube cathodique de projection est disposé avec son écran dirigé vers le bas de l'ébénisterie. Les rayons émis par l'écran sont réfléchis par un miroir sphérique annulaire inférieur, traversent des lentilles de correction en matière plastique transparente, portant au centre une ouverture laissant passage à l'extrémité du tube, et sont finalement envoyés par un miroir à 45° sur un écran translucide vertical. L'image obtenue est assez brillante, et son éclairement est comparable à celui des projections cinématographiques (fig. 6).

Les tubes cathodiques de projection

La construction des tubes cathodiques servant aux projections est très délicate, et il a fallu surmonter de nombreuses difficultés avant d'aboutir à des résultats pratiques. Ces recherches ont surtout eu lieu aux États-Unis.

Déjà avant la guerre, on avait réalisé en Europe de petits tubes de ce genre, avec une première anode dite « d'extraction », portée à une tension de l'ordre de 250 volts, et une tension anodique finale de l'ordre de 20 000 volts. La concentration électronique doit être très grande, car le diamètre du spot, c'est-à-dire de la tache lumineuse obtenue sur l'écran fluorescent, et

qui doit reconstituer l'image à projeter, ne doit pas dépasser un dixième de mm.

Le flux électronique très intense émis par la cathode, et qui vient reconstituer par ses déplacements horizontaux et verticaux l'image transmise sur l'écran fluorescent, est dévié par des champs magnétiques. On est ainsi parvenu à réaliser des tubes de longueur assez courte, ce qui permet de réduire l'encombrement; la concentration du faisceau est également réalisée par un champ magnétique dirigé suivant l'axe du tube et obtenu par un bobinage entourant le système.

Les modèles récents réalisés aux États-Unis ont une brillance tellement intense qu'il est dangereux pour les yeux d'observer directement l'image formée sur leur écran. En produisant une image de $10 \times 7,5$ cm sur l'écran d'un tel tube, d'une tension anodique de l'ordre de 60 000 volts, on peut réaliser sur un écran une image de $6 \times 4,50$ m, dont la brillance est déjà de l'ordre de 20 % de celle d'une image cinématographique.

Un modèle destiné spécialement aux projections publiques exige une tension de l'ordre de 80 000 volts, mais le rendement est de 2 à 6 bougies par watt. L'enduit fluorescent n'est plus appliqué sur un support de verre, mais sur une plaque métallique; il est à base de sulfure de zinc et de cadmium et permet d'obtenir une image dont la couleur est pratiquement blanche.

Les appareils pour projections publiques

Les appareils de projection de télévision en public réalisés industriellement ont été employés jusqu'à présent à peu près uniquement aux États-Unis et en Angleterre, et le dispositif le plus intéressant semble être l'appareil de la *Radio Corporation of America* installé au *New Yorker Theatre* et utilisé en même temps qu'un dispositif de reproduction sonore stéréophonique du type dit *Multisonic* (1).

Le tube cathodique employé a une hauteur de 356 mm, et le diamètre de son écran est de 178 mm; il est monté dans un cylindre d'acier de 86 cm de diamètre, portant une ouverture à l'opposé de l'écran de projection (fig. 8).

Devant l'écran de ce tube cathodique, on dispose un miroir de 76 cm de diamètre, avec une

(1) Voir : « Le progrès du cinéma sonore » (*Science et Vie* n° 284 avril 1946).

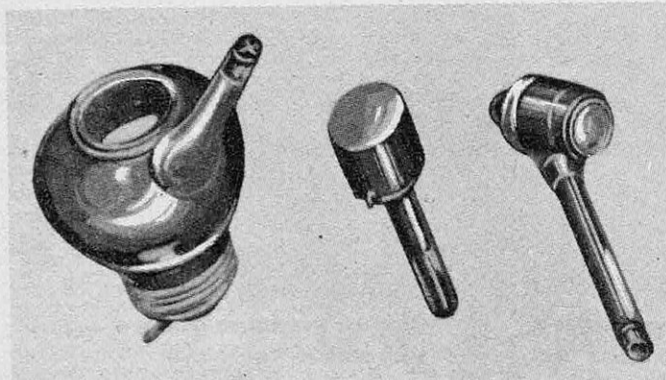


FIG. 5. — TROIS MODÈLES AMÉRICAINS DE TUBES DE PROJECTION POUR SALON ET POUR SALLE PUBLIQUE

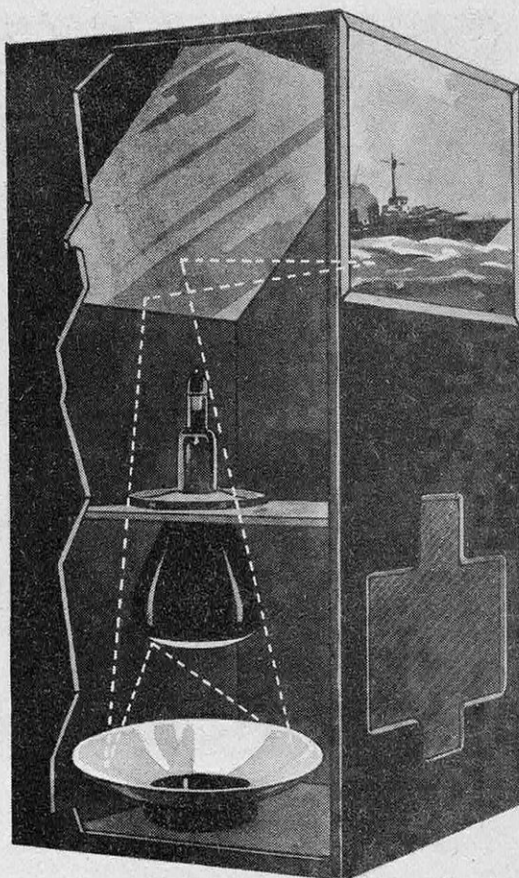


FIG. 6. — DISPOSITION GÉNÉRALE D'UN RÉCEPTEUR SUR GRAND ÉCRAN POUR SALON, SYSTÈME SCHMIDT, A TUBE VERTICAL

lentille correctrice de 60 cm qui corrige les aberrations sphériques et permet de concentrer le flux lumineux suivant le principe de Schmidt expliqué plus haut.

Le tube exige une tension anodique de 70 000 volts et fournit 1 200 lumens (1); le dispositif optique, a une efficacité de l'ordre de 75 % et peut être comparé à un objectif d'une ouverture utile de l'ordre de $F : 1$ à $F : 0,7$. On peut espérer obtenir, en tout cas, 300 lumens sur l'écran, et l'image de $6 \times 4,50$ m a un éclairement de l'ordre de 20 lux (2).

Le projecteur est disposé à en-

(1) Le *lumen* est le flux lumineux émis dans l'angle solide unité par une source ponctuelle uniforme de 1 bougie internationale. Le flux lumineux total d'une source uniforme de 1 bougie aurait pour valeur $4 \times \pi$ ou 12,57 lumens.

(2) Le *lux* est l'éclairement d'une surface de 1 m^2 qui reçoit un flux lumineux de 1 lumen uniformément réparti.



FIG. 7. — UNE RÉCEPTION DE TÉLÉVISION AVEC PROJECTION SUR GRAND ÉCRAN PAR UN PROJECTEUR SCHMIDT AUX ÉTATS-UNIS

viron 18 m de l'écran et la transmission depuis la station centrale est effectuée par câbles coaxiaux, la prise de vues initiale se fait dans une station reliée par ondes très courtes à la station centrale.

L'installation complète comporte des organes d'alimentation et de contrôle, en dehors du projecteur proprement dit. Le dispositif *Multisonic*, à plusieurs bandes musicales, comporte 18 haut-parleurs et peut être contrôlé par un opérateur placé dans la salle ; il assure des effets acoustiques réglables en intensité, en tonalité, et même en direction.

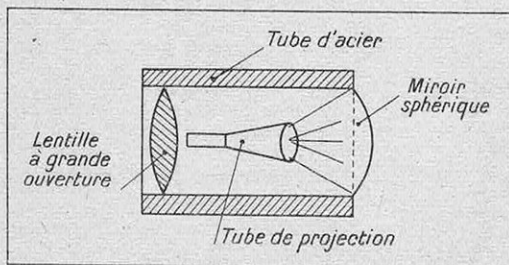


FIG. 8. — DISPOSITION SCHÉMATIQUE DU PROJECTEUR AMÉRICAIN R. C. A.

Le tube de projection est placé dans un tube d'acier. Les rayons lumineux sont réfléchis par un miroir sphérique et traversent des lentilles à grande ouverture. L'agrandissement linéaire est de quarante-cinq fois.

L'appareil utilisé en Angleterre — et en Amérique d'après les procédés anglais — est d'un type étudié par l'inventeur Baird, le pionnier de la télévision en Angleterre. Il est déjà installé dans plusieurs salles anglaises et a été monté, en particulier, au *Marble Arch Cinema* à Londres, et au *Tatler Theatre*.

Le dispositif optique de projection comporte un objectif spécial, Taylor et Hobson, d'une ouverture de $F : 1,5$ situé à 12 m de l'écran, et permettant d'obtenir une image d'un éclaircissement de l'ordre de 20 lux mesurant $4,80 \times 3,60$ m.

Le tube de projection utilisé est d'un type très particulier, signalé plus haut. L'enduit fluorescent est, en effet, appliqué sur une *plaque métallique*, et l'image optique est projetée du côté même où l'excitation est effectuée par le faisceau électronique ; ce dispositif assure des avantages certains.

La brillance de l'image est plus grande, à égalité de tension anodique, qu'avec un support en verre. Il n'y a pas d'absorption. L'image est plus régulièrement éclairée, parce qu'il n'y a pas d'effet de transparence à considérer, variant suivant l'épaisseur de l'écran lui-même, et il est possible enfin d'effectuer une mise au point plus précise suivant la distance focale de l'objectif.

L'emploi des modulateurs de lumière

De nombreux inventeurs, à partir de 1930 environ, ont proposé d'employer pour la projection sur l'écran en télévision des dispositifs *modulateurs de lumière* faisant varier l'intensité du faisceau lumineux émis par une source puis-

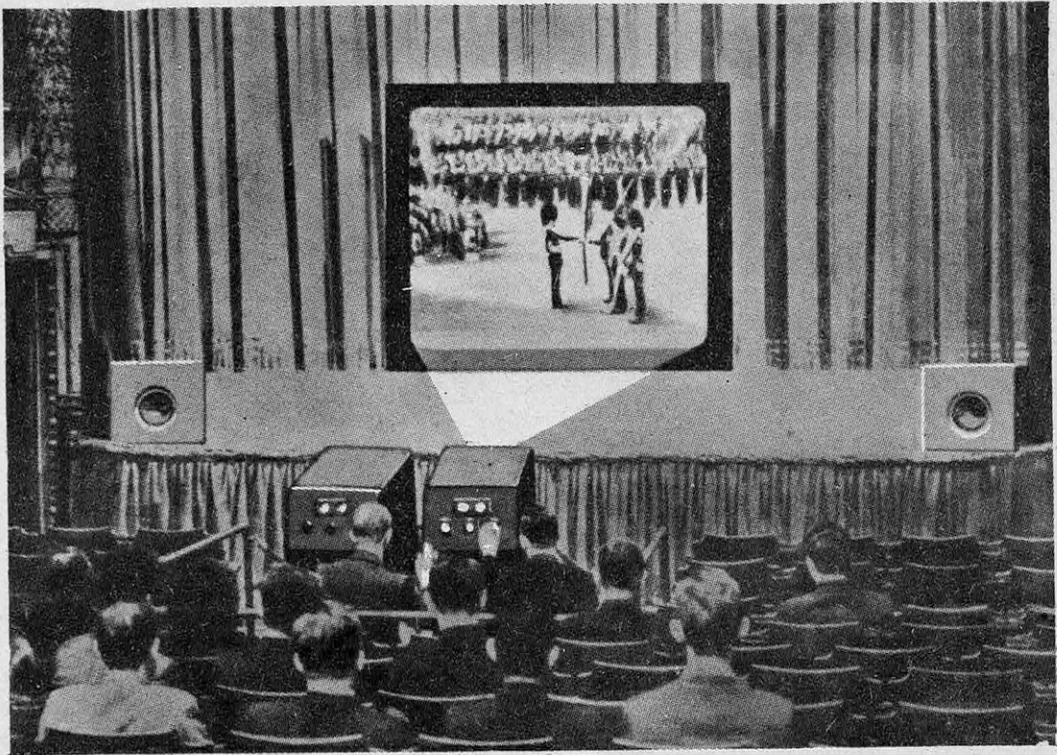


FIG. 9. — INSTALLATION GÉNÉRALE D'UN DISPOSITIF DE PROJECTION DE TÉLÉVISION BAIRD A HAUTE INTENSITÉ AU TATLER THEATRE DE LONDRES

Les haut-parleurs sont placés de chaque côté de l'écran ; on voit au centre les pupitres de contrôle des images et des sons (Journal of the Television Society).

sante, en combinaison avec un appareil intégrateur de l'image, électromécanique ou électronique.

C'est ainsi que Baird avait proposé d'employer, à cet effet, une cellule de Kerr (1) et avait pu obtenir une image de $1,80 \times 1,20$ m sur un écran transluce au *Dominion Cinema* à Londres.

Rappelons également le dispositif proposé par l'ingénieur A. H. Rosenthal de la Société anglaise Scophony, comportant essentiellement un écran de transparence variable sous l'action du bombardement électronique, formé d'une couche de cristaux convenablement choisis. Ces cristaux sont appliqués sur l'écran d'un tube comparable à un tube cathodique, mais ne forment pas une surface fluorescente. L'écran est éclairé par derrière par un faisceau lumineux émis par une lampe à arc, et les éléments, frappés par le faisceau électronique dévié de la manière ordinaire, deviennent plus ou moins transparents. En réalité, l'absorption de lumière est d'autant plus grande que l'intensité du bombardement électronique est plus élevée; aussi est-il nécessaire d'utiliser une modulation négative. D'autres inventeurs, Donal et Langmuir,

(1) Une cellule de Kerr est constituée en principe par deux plaques de regard plongées dans un liquide polarisant la lumière dans un plan dont l'orientation change avec la tension appliquée aux deux plaques. Si on envoie dans la cellule un faisceau de lumière polarisée, on peut ainsi moduler l'intensité du faisceau transmis.

ont proposé d'employer un tube du même genre, mais comportant un écran dont la transparence varierait suivant l'orientation de particules opaques en suspension sous l'action d'un champ électrique.

L'appareil le plus intéressant, dans cet ordre d'idées, semble être le projecteur puissant réalisé par le Dr Fischer de l'Institut général de Technologie de Zurich, et dans lequel le fonctionnement du système modulateur repose sur la déformation par action électrostatique de la surface d'un film liquide très mince. Un faisceau de lumière est émis par une lampe à arc, passe à travers la couche liquide où il est plus ou moins dévié, suivant la déformation de cette couche. Par l'intermédiaire d'un système optique, la variation de déviation est transformée en une variation d'intensité lumineuse permettant la modulation et la reproduction de chacun des éléments de l'image.

Beaucoup de dispositifs de ce genre sont fort ingénieux, mais aucun, semble-t-il, n'a permis jusqu'à présent d'obtenir des résultats vraiment industriels.

Principe des écrans multicellulaires

Devant les difficultés de la projection sur grand écran, encore plus sensibles avant l'apparition des tubes cathodiques de projection, c'est-à-dire, en réalité, depuis les débuts mêmes de la télévision, un grand nombre d'inventeurs ont orienté

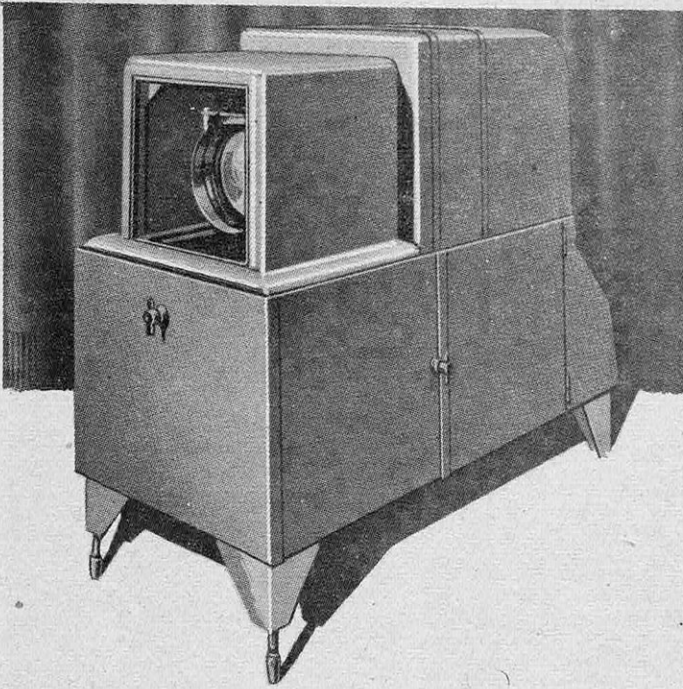


FIG. 10. — APPAREIL DE PROJECTION DE TÉLÉVISION AMÉRICAIN ÉTABLI SUIVANT LES PROCÉDÉS BAIRD.

leurs recherches dans un sens tout différent.

L'idée consiste à utiliser des écrans de grande surface formés de cellules multiples, dont chacune présente un élément de l'image à reproduire. Chacune de ces cellules doit avoir, à un instant donné, une brillance correspondant à celle de l'élément d'image à représenter, et la trame de l'image obtenue est d'autant plus fine que le nombre de cellules de l'écran est plus grand, à égalité de surface.

Il n'y a plus d'organe de projection ou de reconstitution séparé, l'écran seul suffit. Il est éclairé par une source lumineuse extérieure, disposée en avant ou en arrière, ou bien les cellules elles-mêmes sont luminescentes.

Au début de la télévision, on avait cherché à réaliser la *transmission simultanée* de tous les éléments de l'image à reproduire; toutes les cellules de l'écran devaient être utilisées en même temps et constituaient une véritable *réтина électrique*. On a appliqué ensuite la méthode de la transmission successive des éléments d'images, et on a cherché à réaliser des écrans dans lesquels une seule cellule est illuminée à un moment donné, réfléchit la lumière incidente ou laisse passage à une lumière extérieure. Il suffit que toutes les cellules fonctionnent *successivement*, en un temps inférieur à celui de la persistance de l'impression rétinienne, de façon à reconstituer subjectivement l'image.

Il existe également des types d'écrans mixtes, dans lesquels des groupes de cellules sont actionnés simultanément, de façon à transmettre à la fois plusieurs éléments d'image, par exemple plusieurs lignes.

Les premiers écrans multicellulaires avaient

été prévus par le physicien G. R. Carey en 1875. L'image télévisée serait venue se former sur un panneau recouvert d'un grand nombre d'ampoules électriques minuscules, en nombre égal à celui des éléments d'image à reproduire. Pour obtenir la transmission d'une image, même très grossière, il aurait ainsi fallu avoir recours à des milliers d'ampoules, reliées, à l'aide de milliers de circuits de liaison, à des milliers de cellules photoélectriques disposées sur un panneau émetteur correspondant.

Les études du physicien français Senlecq-d'Ardres, datant de 1883 et permettant le remplacement du panneau récepteur à ampoules multiples par un tableau en papier sensibilisé électrochimique, baptisé « téléphote », étaient, certes, très ingénieuses, mais également d'un faible intérêt pratique par suite de la multiplicité des câbles de liaison toujours nécessaires.

Les premiers écrans industriels multicellulaires

Les difficultés essentielles qui s'opposaient à l'emploi pratique de tels dispositifs consistaient dans la complexité des écrans

multicellulaires, et dans le grand nombre de circuits de liaison distincts, nécessaires pour la commande de chacun des éléments du panneau.

De nombreux inventeurs se sont efforcés, tout d'abord, de réduire le nombre des circuits de liaison indispensables, en commandant la mise en action de chaque cellule de l'écran récepteur à un moment donné, à l'aide d'un courant alternatif de caractéristiques bien déterminées. Il devenait ainsi possible d'utiliser un même circuit de liaison pour la commande d'un grand nombre de cellules de l'écran. Les premiers chercheurs proposèrent d'avoir recours, dans ce but, à des phénomènes de résonance mécanique ou électromécanique, chacune des cellules ne devant être mise en action que par un effet de fréquence caractéristique.

On peut signaler dans cet ordre d'idées les travaux de Fournier d'Albe, dont les idées semblent avoir été reprises plus tard par les chercheurs modernes.

Les écrans multicellulaires lumineux

Un des premiers modèles pratiques d'écran multicellulaire a été réalisé en 1927 par les laboratoires téléphoniques Bell, dans le but de transmettre des images carrées assez grossières, d'une trame élémentaire de 50 lignes et comportant théoriquement 2 500 éléments d'images seulement. La cadence de transmission était de 16 images par seconde, et le total des signaux à transmettre de $2\,500 \times 16 = 40\,000$ signaux par seconde.

L'écran comportait ainsi en principe 2 500 éléments distincts formés par des ampoules luminescentes au néon; mais, au lieu d'employer

2 500 lampes séparées, on avait adopté un tube en verre placé sur toute la surface de l'écran, replié en zigzag cinquante fois sur lui-même, et rempli d'une atmosphère de gaz à très basse pression (fig. 11).

A l'intérieur du tube, et sur toute sa longueur, était disposée une électrode commune, constituée par une spirale métallique. Sur la paroi extérieure du tube, on disposait 2 500 électrodes individuelles formées par de petits rectangles en papier d'étain collé.

Lorsqu'une différence de potentiel suffisante était appliquée entre la spirale intérieure et une électrode de la paroi extérieure, pendant une faible fraction de seconde, un courant très faible passait à travers le verre par effet de capacité. Ce courant suffisait pour provoquer l'illumination du tube, en face de l'électrode extérieure (fig. 12).

Cet écran permettait d'obtenir une image de 650×820 mm, maximum possible par suite du faible nombre des éléments d'images. Le système distributeur était constitué par un distributeur rotatif synchrone alimentant successivement les 2 500 ampoules, ou plutôt les 2 500 électrodes individuelles, l'autre élément du circuit étant formé par l'électrode commune.

La distribution s'effectuait en un seizième de seconde, les courants de télévision provenant du récepteur parvenaient aux ampoules qui s'éclairaient avec une brillance proportionnelle aux impulsions reçues et restituaient les tonalités lumineuses des éléments d'images.

Cet appareil constituait ainsi le premier modèle pratique des écrans luminescents.

Dans ses premiers essais de transmission sur grand écran, Baird utilisa aussi en Angleterre un écran de 1,80 m de long et 70 cm de hauteur supportant un grand nombre d'ampoules à incandescence. Chacune de ces ampoules — au nombre de 2 100 — était reliée séparément au récepteur des signaux de télévision par l'intermédiaire d'un commutateur tournant avec une vitesse de 12,5 tours/s ; chacun des éléments lumi-

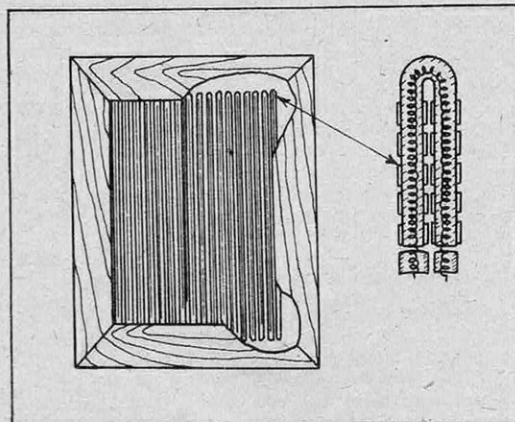


FIG. 11. — ÉCRAN MULTICELLULAIRE LUMINESCENT BELL, VUE GÉNÉRALE ET DÉTAIL SCHEMATIQUE D'UN ÉLÉMENT DU TUBE

Le tube au néon, replié au zigzag et constituant 2 500 cellules, comporte une électrode centrale commune en spirale métallique et 2 500 électrodes individuelles extérieures.

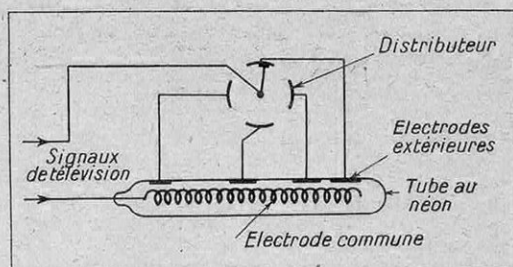


FIG. 12. — PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'ÉCRAN DE TÉLÉVISION LUMINESCENT BELL

neux était ainsi excité pendant 40 microsecondes.

Parmi les essais plus récents d'écrans luminescents de cette catégorie, il faut citer les recherches de Karolus, le pionnier de la télévision allemande. Ce technicien avait réalisé un écran carré de 10 000 éléments lumineux disposés sur 100 lignes horizontales et 100 lignes verticales. Chacun des éléments était formé par un tube cathodique minuscule à 3 électrodes ; la fluorescence était obtenue sur un écran disposé au fond du tube.

Un distributeur rapide à fonctionnement électronique assurait la mise en action des éléments successifs, et la brillance maximum obtenue était de l'ordre de 2 000 lux.

Dans le même ordre d'idées, Rosenberg avait réalisé aux États-Unis un écran luminescent comportant seulement 4 000 ampoules à incandescence, destiné plutôt à la publicité et exigeant une puissance de l'ordre de 10 kW. L'excitation de chacune des lampes était obtenue par une triode à vapeur de mercure, sur la grille de laquelle on appliquait le signal nécessaire.

Les écrans luminescents de ce genre ont donc déjà permis d'obtenir des résultats pratiques et industriels ; malheureusement, il ne semble pas qu'on ait pu jusqu'à présent augmenter suffisamment le nombre des éléments pour assurer la transmission des images avec une qualité suffisante.

Les écrans à réflexion et à transparence variables

Devant la difficulté de réaliser des écrans luminescents de haute qualité, les inventeurs ont porté leur attention sur la réalisation de dispositifs dont le fonctionnement est fondé sur un principe différent.

Les cellules distinctes de l'écran ne sont plus lumineuses par elles-mêmes, chacune d'elle réfléchit ou diffuse une quantité variable de lumière, fournie par une source extérieure, de façon à reproduire la tonalité lumineuse de chacun des éléments d'image. L'ensemble de l'écran est ainsi éclairé successivement, dans le procédé à transmission successive, et l'observateur à l'impression de percevoir en chaque point d'image une plage blanche, grise, ou noire ; la variation d'état optique de chaque cellule doit cependant être rapide, presque instantanée.

L'avantage du procédé consiste ainsi dans l'utilisation d'une source lumineuse extérieure fixe, mais d'intensité presque aussi grande qu'on le désire. L'éclairage de l'image devient très

facile et l'observation est beaucoup plus agréable puisqu'elle peut être effectuée en lumière atténuée, ou même en plein jour.

Dès 1914, on avait proposé d'établir des écrans en nids d'abeilles, comportant des cellules formées par des alvéoles relativement profonds, dont les parois étaient intérieurement peintes en noir, ce qui les faisait paraître obscures, même sous l'effet de l'éclairage d'une source lumineuse extérieure (fig. 13. A).

Chacun de ces alvéoles contenait un petit cône peint en blanc, de diamètre à peu près égal à celui de la cavité, et pouvant se déplacer d'avant en arrière, et d'arrière en avant, solidaire d'une tige reliée au noyau d'un électroaimant plongeur. Lorsque la pointe du cône approchait ainsi de l'orifice de la cellule, elle réfléchissait la lumière extérieure, et l'alvéole correspondant paraissait blanc. A mesure que le cône revenait en arrière, la lumière réfléchie diminuait, l'alvéole paraissait plus gris, ou même noir; on obtenait ainsi une variation progressive de la tonalité apparente des éléments.

En pratique, l'inertie du système était très grande, et le courant d'alimentation nécessaire beaucoup trop élevé; l'emploi de procédés électrostatiques semble plus avantageux.

Le principe le plus simple consiste à obturer plus ou moins des alvéoles élémentaires à l'aide de petits volets orientables: lamelles métalliques très légères constituant des armatures d'électroscopes, ou attirées par l'effet Johnson Rabec d'attraction électrostatique par une matière semi-conductrice.

On peut citer aussi un écran Marconi à éléments cellulaires constituant des valves de lumière. L'ensemble de l'écran est éclairé par derrière, et les faisceaux élémentaires passant à travers les cellules viennent frapper un écran distinct, sur lequel se produit une image plus ou moins agrandie. Chaque faisceau élémentaire correspond à un élément d'image, en correspondance avec les tonalités lumineuses de l'élément d'image initial à téléviser (fig. 13. B).

Écran multicellulaire Toulon

Un ingénieur français, bien connu pour ses multiples inventions antérieures, M. P. Toulon, a repris récemment l'étude d'un écran multi-

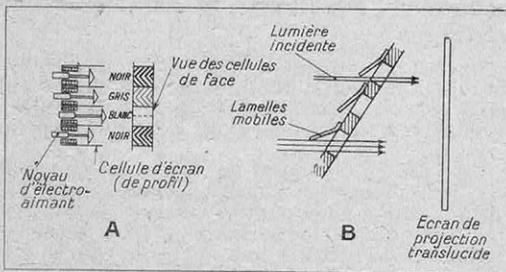


FIG. 13. — ÉCRANS MULTICELLULAIRES ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET ÉLECTROSTATIQUES

A. Dispositif multicellulaire comportant des alvéoles dans lesquels se déplacent des cônes solidaires de noyaux d'électroaimants et réfléchissant plus ou moins la lumière. B. Écran à transparence variable, formé d'éléments, ou valves de lumière, plus ou moins obturés par des lamelles mobiles très légères, constituées par des armatures d'électromètres.

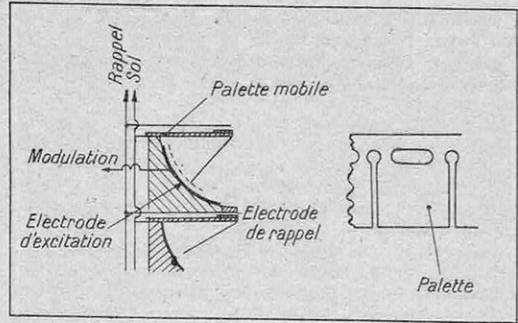


FIG. 14. — PRINCIPE DE L'ÉCRAN MULTICELLULAIRE
P. TOULON

Cet écran à réflexion variable est formé par des cellules électro-optiques à palettes mobiles en aluminium rebattu.

cellulaire à réflexion et a présenté une solution complexe, mais très originale.

L'écran proposé comporte une multitude de petites surfaces électrométriques de 8×6 mm, en feuilles très minces d'aluminium rebattu, analogues à celles utilisées pour l'argenterie. Ces palettes mobiles de forme rectangulaire sont suspendues par de petites bretelles découpées dans la feuille d'aluminium elle-même et sont collées côte à côte sur une barrette en laiton. La surface de l'écran ressemble un peu à une peau de poisson ou de reptile recouverte d'écaillles multiples (fig. 14).

Chaque palette d'aluminium mince a une surface mate, et, lorsqu'elle est éclairée normalement, elle diffuse la lumière sous un angle très faible, de l'ordre de 20° ; la diffusion est presque nulle sous une incidence très oblique de l'ordre de 45° .

Dans ces conditions, si la surface de la feuille d'aluminium est normale par rapport à l'œil de l'observateur, elle paraît blanche à ce dernier; si elle est inclinée au contraire à 45° en arrière, elle lui paraît presque noire. On peut obtenir une correspondance fidèle entre l'angle d'inclinaison de la feuille et la quantité de lumière diffusée entre ces deux positions extrêmes.

Les éléments électro-optiques peuvent devenir rapidement, en principe, en moins de un vingtième de seconde, blancs, gris ou noirs, pour l'œil de l'observateur, et l'emploi d'une feuille transparente gaufrée en rhodoïd améliore la qualité de l'image en multipliant en apparence le nombre de points transmis.

La consommation d'un tel système serait théoriquement, d'après l'inventeur, de l'ordre de 50 microwatts, mais son emploi n'a pu être prévu qu'en combinaison avec un dispositif très complexe de répartition électrostatique du courant, remplaçant tous les distributeurs rotatifs électromécaniques, dont l'emploi paraît impossible dans les conditions actuelles de la technique de transmission à haute définition.

Il s'agit donc là de recherches extrêmement intéressantes et de dispositifs délicats et complexes. La solution industrielle de la projection sur écran en télévision a été déjà assurée par l'emploi des tubes cathodiques à haute intensité, mais, peut-être, l'écran multicellulaire constitue-t-il, pourtant, la solution de l'avenir.

P. HÉMARQUER.

LES MÉTHODES MODERNES D'ENTRETIEN ET DE RENOUVELLEMENT DES VOIES FERRÉES

par M. LALLEMENT

L'accroissement de la puissance et de la vitesse des locomotives, celui du tonnage des trains resteraient inopérants sans une surveillance constante et un entretien correspondant de la voie. Les chocs verticaux et latéraux produisent de légers déplacements relatifs des différents éléments constitutifs du chemin de roulement et, partant, une usure due à ces déplacements, ainsi que des tassements du ballast. Il est nécessaire de vérifier périodiquement l'état de la voie et de procéder à une révision du matériel, puis à celle du nivellement et du tracé, opérations qui doivent être effectuées sans gêner le trafic. Le renouvellement total, au contraire, constitue un travail plus important dont un outillage moderne et puissant a amélioré le rendement de sorte qu'on fait en une semaine ce qu'on faisait en un mois autrefois.

La voie

La voie ferrée est, on le sait, un ensemble hétérogène : rails (1) reposant sur des traverses (2) (par l'intermédiaire de selles, de coussinets ou directement) posées elles-mêmes sur un lit de cailloux calibrés de 4 à 6 cm, le ballast (3), auquel elles transmettent les pressions. Les rails sont fixés sur ces traverses à un écartement constant (1,44 m en France) au moyen de grosses vis (tire-fond) et sont réunis les uns aux autres, à leurs extré-

(1) La longueur unitaire et le poids des rails au mètre linéaire ont suivi une progression parallèle à celle du poids des locomotives et des wagons. De 5,50 et 6 m de longueur et 30 kg au mètre, ils sont passés à 18 et 24 m (longueur limitée par les conditions de fabrication, de transport et de manutention) et à 46, 50, 55 et même 62 kg au mètre.

(2) Les traverses, au nombre de 1 200 à 1 700 par km, sont généralement en bois dur, parfois en métal (bonne solution, mais qui rend la voie bruyante), ou en béton armé. Pour celles-ci, le problème de la fixation des rails et celui de la fissuration sous les chocs répétés ne sont pas résolus.

(3) Le ballast, de 25 cm d'épaisseur, répartit les pressions transmises par les traverses. Sous les traverses, les cailloux comprimés finissent par s'agréger et forment des troncs de pyramides appelés moulés. Entre les traverses, au contraire, les cailloux demeurent libres et forment simplement remplissage.

mités par des plaques métalliques (éclisses) serrées par des boulons (1).

Le ballast est étendu sur une plate-forme établie sur le sol naturel décapé ; elle présente une pente transversale vers le fossé dans les tranchées, ou vers la crête sur les remblais, de façon à rejeter les eaux de pluie.

Les problèmes de l'entretien des voies

Les chocs verticaux et transversaux que les

(1) Parfois les rails de 24 m sont soudés bout à bout sur de grandes longueurs, mais la soudure en voie courante n'est guère sortie du domaine de l'expérimentation, alors que la soudure par longueurs de 80 m environ dans les voies accessoires de gares est de pratique courante et éprouvée.

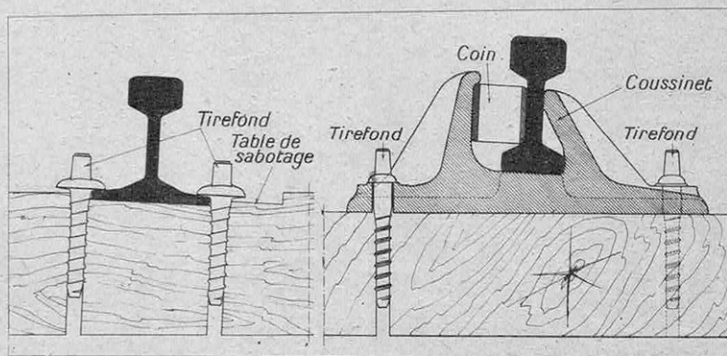


FIG. 1 ET 2. — FIXATION DU RAIL SUR LA TRAVERSE

A gauche : Rail à patin : le rail est incliné au 1/20 vers l'intérieur dans les tables de sabotage de la traverse en bois. Les tire-fond ne maintiennent le rail que par le chapeau. — A droite : Rail à double champignon dans un coussinet : le rail est « coincé » par un coin en acier ; l'inclinaison du rail est donnée par le coussinet qui repose horizontalement sur la traverse.

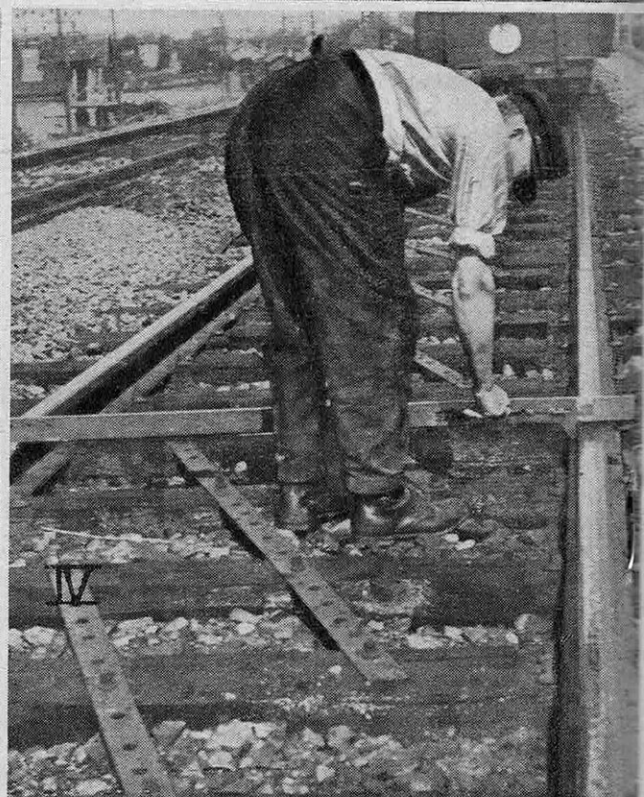
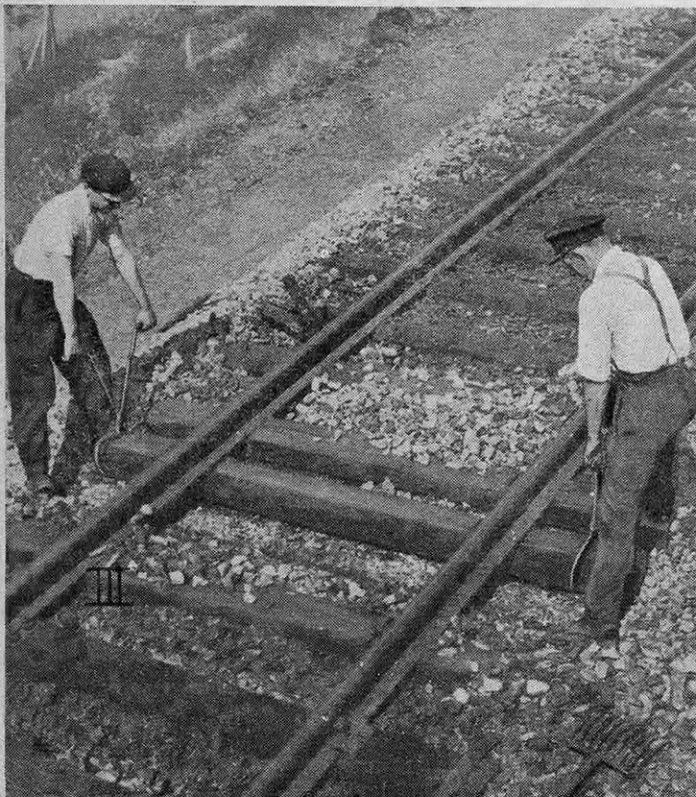
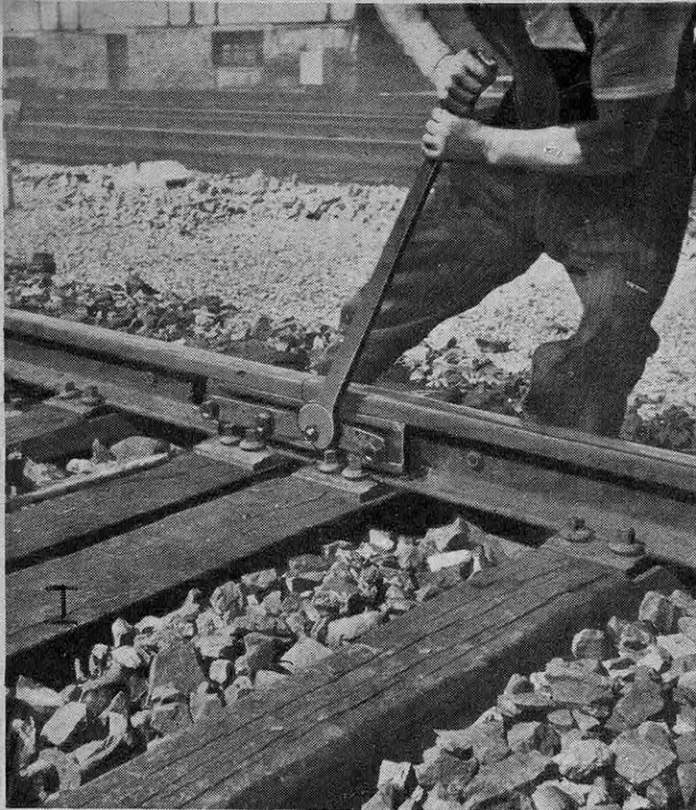


FIG. 3, 4, 5 ET 6. — QUELQUES OPÉRATIONS SIMPLES D'ENTRETIEN

I. Serrage des boulons d'une éclisse reliant les rails bout à bout; on remarque le rapprochement des traverses et, dans l'âme du rail, deux petites rondelles correspondant aux extrémités des connexions électriques. — II. Serrage annuel des tire-fond. — III. Enlèvement d'une traverse; elle vient d'être « ripée » latéralement; on remarque, à l'emplacement de la traverse, le « moule » plat composé d'éléments plus petits du ballast. — IV. Mesure de l'écartement au moyen d'une règle comportant un bec fixe à gauche et un bec rappelé par un ressort, à droite.

lourds convois infligent au chemin de roulement tendent à désolidariser les éléments de la voie. Ainsi, les joints subissent des « coups de marteau » qui matent le rail aval, font jouer les éclisses et enfoncent les traverses voisines.

L'entretien (1) est *périodique* (une fois par an sur les lignes très importantes, une fois tous les deux ans sur les grandes lignes, une fois tous les quatre ans sur les autres). De plus, il doit être effectué *sans gêner le trafic*. Aussi le travail est-il fractionné en opérations élémentaires. Enfin, il doit être exécuté avec *précision*. C'est ainsi que l'écartement, le tracé et le nivellement sont assurés à un millimètre près. Ces dernières opérations ne sont d'ailleurs effectuées qu'une quinzaine de jours après la revision du matériel et le remplacement des éléments en mauvais état. Il est en effet évident qu'il faut attendre qu'une traverse neuve ait pris sa place définitive sous le poids des convois avant de réajuster le nivellement.

(1) Il ne faut pas confondre l'entretien régulier des voies avec leur renouvellement, qui exige un temps plus long. De même, alors que les opérations d'entretien sont presque toutes faites à la main, on fait appel à des machines puissantes et spécialisées pour le renouvellement.

Rails et traverses

Il va de soi que toute revision, tout travail d'entretien ont avant tout pour but de maintenir ou de ramener la table de roulement du rail à la place exacte qu'elle avait à l'origine.

Il y a donc lieu de considérer d'abord les déplacements (que l'on pourrait appeler élémentaires) de chaque rail, puis l'ensemble de la voie dont le tracé, rectiligne ou curviligne, doit être périodiquement revisé.

Le rail peut soit s'abaisser en s'enfonçant dans la traverse sous l'effet des chocs verticaux, soit se déplacer latéralement sous l'effet des chocs transversaux (dus aux boudins des roues par exemple). Il y a là un double danger : en s'abaissant, le rail se soustrait au contact des tire-fond qui ne le maintiennent plus solidement ; quant à l'écartement, il ne doit pas varier de plus de 1 mm d'une traverse à l'autre, sous peine de dangereux mouvements de lacet pour les locomotives.

On remédie à ces deux défauts en *resabotant* la traverse, c'est-à-dire en refaisant l'encoche dans laquelle repose le patin du rail. Le resabotage s'effectue soit à la main, à l'herminette, soit au moyen d'une délardeuse, lorsque l'opération doit être répétée sur de nombreuses traverses

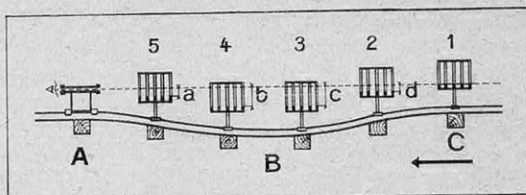
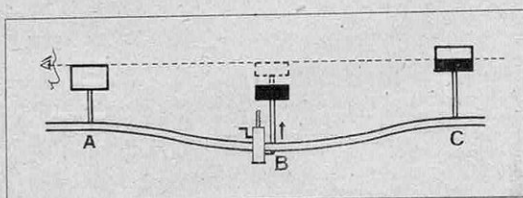


FIG. 7 ET 8. — REPRISE DU NIVELLEMENT PAR BOURRAGE DU BALLAST SUR LES TRAVERSES

Sur le schéma, un cric relève le rail affaissé en B jusqu'à amener la nivelette située en B dans l'alignement de celles disposées en A et C points extrêmes du « flache » relevé en ABC. Sur la photographie, on bourre le ballast sous les traverses correspondantes.

FIG. 9 ET 10. — MESURE DU NIVELLEMENT A L'ÉTAT STATIQUE

Un « flache » ABC étant décelé, on mesure les cotes a, b, c, d qui définissent le « creux » de chaque traverse par rapport au niveau normal, la voie étant au repos, et on inscrit ces cotes sur le rail. La mire comporte en réalité cinq mires parallèles pour permettre la visée dans les courbes sans toucher à la lunette.

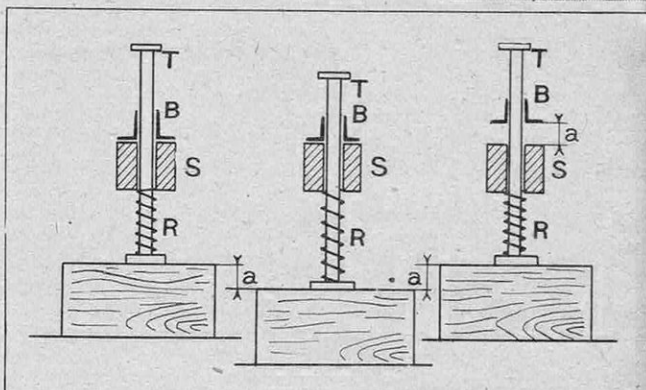
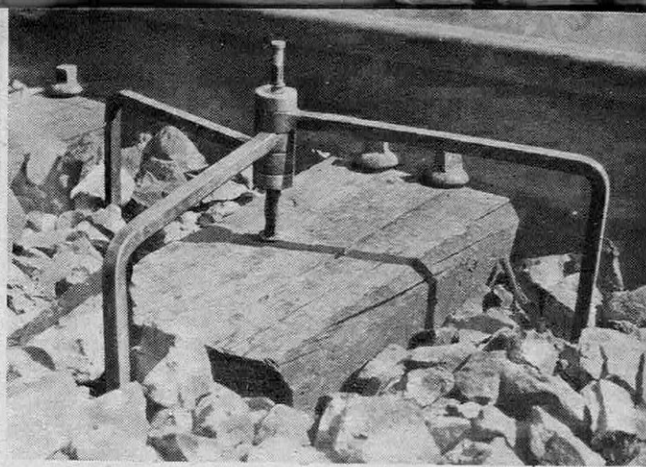


FIG. 11, 12 ET 13. — REPÉRAGE DES TRAVERSES « DANSEUSES »

Les traverses qui ne portent pas sur leur « moule » sont repérées avec la « canne à boule » qui rend un son clair en tombant sur elles. Le dansomètre permet de mesurer la « danse », quantité dont la traverse au passage d'un convoi. Avant le passage, la bague B repose sur le support fixe S. Pendant le passage, la traverse s'enfoncé de a et la tige T, poussée par le ressort R, suit son mouvement. Après le passage, la traverse remonte de a, entraînant la bague B qui est montée à frottement dur. On retrouve donc l'enfoncement a entre la bague B et le support S.

Enfin les chocs latéraux peuvent aussi faire « déverser » le rail, c'est-à-dire l'incliner vers l'extérieur. (Il doit être normalement incliné au 1/20 vers l'intérieur de la voie).

L'écartement est vérifié au moyen d'une règle spéciale et le déversement avec cette même règle munie d'un gabarit incliné au 1/20. Un déversement léger peut être rattrapé par un serrage des tire-fond, un déversement important exige un resabotage.

Après un certain nombre de serrages, les tire-fond arrivent à tourner « fou » dans leur logement. Selon le cas, on remplace les tire-fond ou les traverses. Celles-ci, en bois dur ou tendre, créosoté ou injecté d'un produit antiseptique, sont remplacées dans une proportion ne dépassant pas au maximum le dixième des traverses totales. L'opération se fait actuellement, après avoir soulevé le rail d'un centimètre, en faisant glisser la traverse sans détériorer le « moule » du ballast (alors qu'autrefois on le piochait, ce qui déconsolidait la voie). On se contente donc de le gratter et d'introduire du gravillon entre la traverse neuve et le ballast. L'expérience montre que le tassement correspond précisément au centimètre dont on avait soulevé le rail. Des remplacements assez importants peuvent être ainsi effectués sans compromettre la sécurité, donc sans ralentissement des convois.

Nivellement de la voie

Les travaux élémentaires terminés, il y a lieu de vérifier que l'ensemble de la voie est

conforme au plan de pose prévu, soit dans les alignements, soit dans les courbes, c'est-à-dire de reviser son nivellement longitudinal et transversal et de vérifier le tracé.

Le nivellement longitudinal, qui se faisait autrefois par bourrage des traverses, c'est-à-dire par l'introduction à force, au moyen d'une pioche, de cailloux sous la traverse dont la position avait été reconnue trop basse, exigeait des « bourreurs » capables de frapper avec la même intensité sous toutes les traverses et de s'arrêter quand la même compacité était atteinte.

Aujourd'hui, on emploie le soufflage mesuré (1), méthode introduite il y a une quinzaine d'années par M. Lemaire, alors ingénieur de la voie au réseau du Nord, actuellement directeur général adjoint de la S. N. C. F. On mesure d'abord, pour toutes les traverses, les cotes du rail, opération rapide, au moyen d'une lunette et d'une mire, et on consigne les résultats sur le rail. Puis, ayant repéré avec la canne à boule les traverses danseuses (ne portant pas bien sur le moule), on mesure au dansomètre la quantité dont elles s'enfoncent au passage des trains. La somme des nombres mesurés par la mire et par le dansomètre donne en millimètres la quantité dont il faut relever la traverse. Ce chiffre est inscrit sur l'âme du rail. Une pelle doseuse permet alors de mesurer le volume de

(1) Cette méthode s'est d'abord répandue sur le réseau du Nord, puis, avec M. Dautry, sur le réseau de l'Etat et ensuite sur les autres réseaux.



FIG. 14. — SOUFLAGE DES TRAVERSEES

Le soufflage se différencie du bourrage en ce que la mesure remplace le « tour de main ». Sachant de combien une traverse doit être relevée, on introduit sous elle, avec une pelle à lames, après avoir soulevé le rail au cric, la quantité de gravillon nécessaire, dosée dans une pelle spéciale, pour que la traverse reprenne par la suite la position convenable.

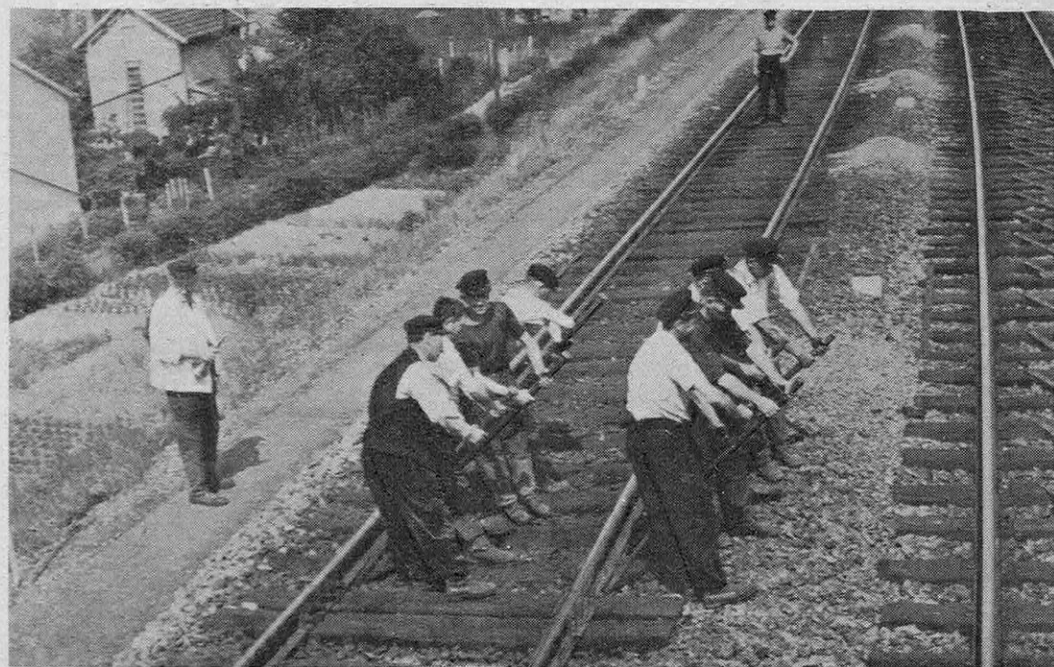


FIG. 15. — DRESSAGE « A L'ŒIL » DE LA VOIE

L'équipe fait « riper » la voie par saccades et s'arrête sur geste du chef de canton placé à une distance convenable pour juger de l'alignement.

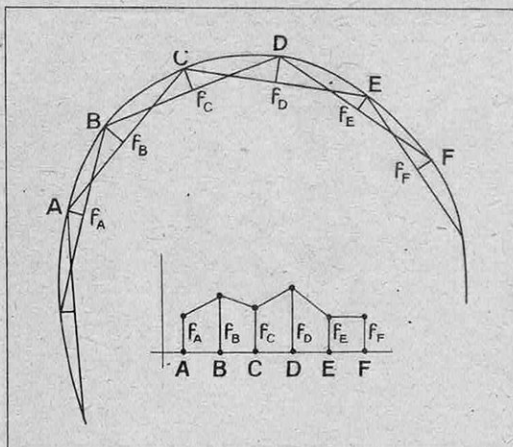


FIG. 16. — PRINCIPE DE LA MÉTHODE DES FLÈCHES POUR LA VÉRIFICATION DES COURBES

I. La voie en courbe est divisée en arcs égaux AC, BD, etc., et on mesure les flèches f_A , f_B , f_C , etc. — II. On trace alors le diagramme des flèches en portant en abscisses les longueurs AB, BC, CD, etc., et en ordonnées les flèches correspondantes. L'étude de ce diagramme permet de trouver les ripages de rails à effectuer sur le terrain pour obtenir la courbe la meilleure.

gravillon nécessaire et, après avoir légèrement soulevé la voie, on le répartit uniformément sous la traverse avec une pelle à lames.

Le nivellement transversal des alignements consiste soit à traiter le deuxième rail comme le premier, soit à utiliser un niveau transversal qui fait connaître immédiatement le nombre de millimètres dont il faut relever l'autre file.

Avec une équipe de 6 à 8 hommes, on fait facilement 120 à 160 m par jour, soit 20 m par homme et par jour, contre 5 à 8 m avec le bourrage, et cela pour une moindre peine physique et de meilleurs résultats.

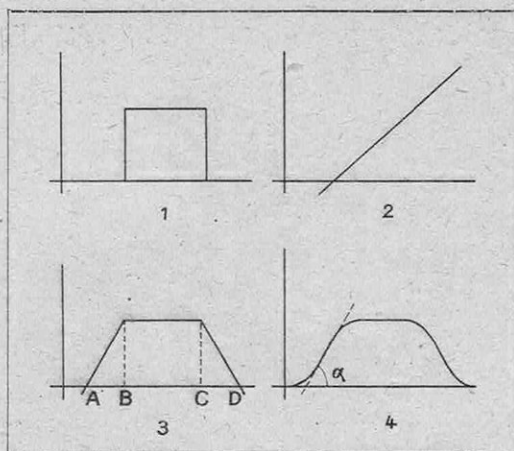


FIG. 17 — QUELQUES EXEMPLES DE DIAGRAMMES DE FLÈCHES

I. Pour une courbe circulaire, les flèches sont toutes égales; le diagramme est donc une droite parallèle aux abscisses. — II. Le diagramme des flèches d'une courbe dont le rayon varie progressivement est une droite inclinée. — III. Ce diagramme correspond à une courbe dont la partie centrale, circulaire, est raccordée aux alignements voisins par des courbes de rayon variant progressivement. — IV. Diagramme de la courbe idéale: les points anguleux du diagramme III sont supprimés. L'inclinaison maximum α est donnée par la variation admissible entre deux flèches consécutives (fonction de la vitesse maximum sur la ligne) et est fixée a priori. Les parties arrondies sont également calculées.

Signalons que, depuis la pénurie de matériaux, on a obtenu de très bons résultats en se contentant de souffler les traverses voisines des joints qui ont tendance à être creux, mais toujours en mesurant, et non pas à l'estime comme pour le bourrage.

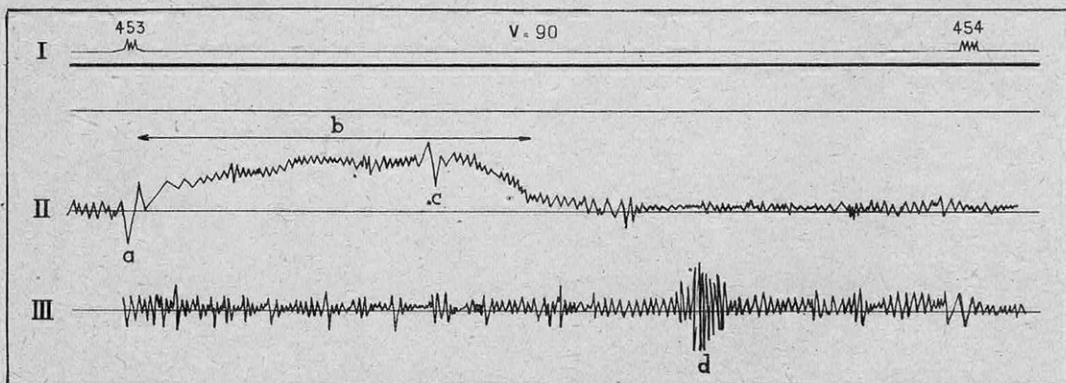


FIG. 18. — PRINCIPALES INDICATIONS DES DIAGRAMMES HALLADE REPÉRÉS

I. Graphique indiquant la vitesse. Un opérateur pointe les kilomètres, les gares, les grands ouvrages d'art qui s'inscrivent par un crochet. — II. Mouvements transversaux: a. Coup violent à l'entrée d'une courbe. — b. Enregistrement déporté par rapport à la ligne moyenne; il correspond à une courbe dont le dévers est insuffisant pour la vitesse du train. La ligne moyenne de ce tracé décalé correspond à un diagramme des flèches. — c. Coup dû à une variation brusque du dévers. Un tel coup est justiciable de la méthode « des trois points ». — III. Mouvements verticaux: d. Coup local qui peut être repéré et amélioré par un petit soufflage local.

Revision du tracé de la voie : alignements

Les chocs des boudins contre les rails, d'une part, l'asymétrie des mouvements des bielles des locomotives, d'autre part, enlèvent à la voie son tracé rectiligne primitif. La rectification s'opère avec précision en déplaçant la voie de la quantité exactement voulue, au moyen de pinces à ripier, travail contrôlé au moyen d'une lunette visant un fil à plomb fixé, dans l'axe du rail, sur la mire de nivellement qu'on déplace sur le rail.

Courbes

Les courbes ont toujours formé une partie délicate des voies. Le passage d'un alignement à une courbe doit être évidemment très progressif, sous peine de chocs brutaux et même d'accidents. Le tracé initial comporte à cet effet des arcs de parabole cubique au lieu d'arcs de cercle. Mais, lors de l'entretien, le problème est différent : il faut prendre la courbe telle qu'elle est, plus ou moins déformée, et la rendre la meilleure possible à tous égards. Ce problème doit d'abord être résolu sur le papier avant d'être matérialisé sur le terrain. On emploie pour cela la méthode des flèches.

Méthode des flèches. — Si nous considérons la courbe primitive et que nous la divisons en arcs égaux, les flèches de ces arcs ont une certaine valeur. Il est évident que, sur la courbe réelle, plus ou moins déformée, les flèches ont varié. Comme nous l'avons dit, il ne s'agit pas

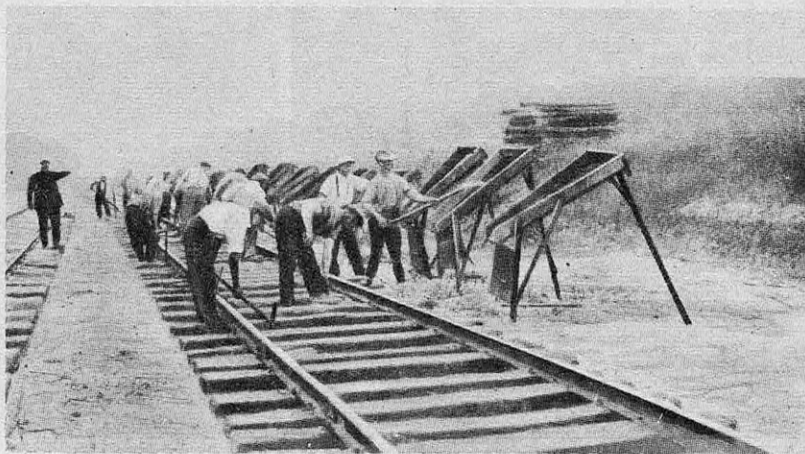


FIG. 19, 20 ET 21. — RENOUVELLEMENT MANUEL DE LA VOIE

Le ballast étant enlevé à la pelle et criblé, on place les traverses neuves, puis les rails

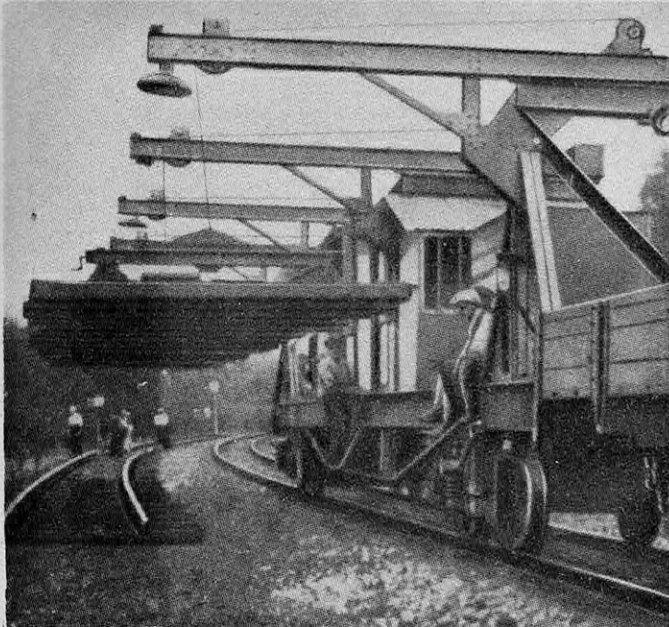


FIG. 22. — DÉPOSE MÉCANIQUE DE LA VIEILLE VOIE PAR LE WAGON-GRUE (DROUARD)

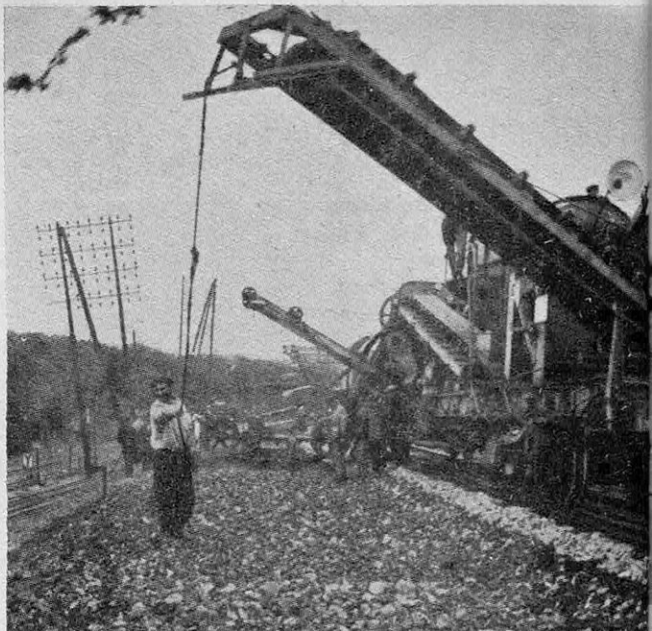


FIG. 23. — DÉGARNISSAGE ET CRIBLAGE MÉCANIQUES (DROUARD)

de leur redonner leur ancienne valeur, mais de les modifier de façon à obtenir la meilleure courbe possible.

La méthode qui consiste à utiliser le diagramme des flèches (fig. 16) repose sur les principes suivants :

I. — Le diagramme des flèches d'une courbe caractérise la forme de cette courbe (et réciproquement).

II. — Les diagrammes de toutes les courbes tangentes à deux alignements ont la même surface.

III. — Les centres de gravité des diagrammes de toutes ces courbes correspondent au même point kilométrique.

Enfin, on remarque que, si l'on fait varier la flèche en un point, les flèches des deux points voisins varient de la moitié, mais en sens inverse.

Pour l'exécution, on commence par piquer la courbe, c'est-à-dire par enfoncer à une distance égale de la voie des piquets au droit des points choisis. Sur ces piquets on plante des pointes exactement à un mètre du bord du rail.

On relève les flèches sur les pointes.

Un calculateur cherche, à partir du relevé des flèches, à établir un diagramme idéal et en déduit les « ripages ».

Sur le terrain, on procède à ces ripages sur les pointes des piquets, et à un nouveau relevé des flèches.

Le calculateur recommence et aboutit à un diagramme qu'il juge bon.

On procède au ripage définitif des pointes et on prend le relevé définitif des flèches.

Enfin, on met la voie en place en amenant le rail à un mètre des pointes. Il ne reste qu'à vérifier les flèches et à construire le diagramme réel de la courbe du rail qui doit être identique à celui trouvé par le calculateur.

On voit qu'en opérant ainsi la voie reste disponible pendant toute la durée des travaux de rectification.

Dévers

Les courbes doivent posséder un dévers, c'est-à-dire que le rail extérieur doit être surélevé par rapport au rail intérieur pour combattre les effets de déportation dus à la force centri-

fuge, proportionnelle au carré de la vitesse (1). Mais on ne peut donner au dévers la valeur correspondant au train le plus rapide, car les trains lents fatigueraient le rail intérieur et le déverseraient ; en pratique on accepte une légère secousse latérale aux grandes vitesses. Selon la vitesse choisie pour calculer le dévers, on détermine la corde des calculs précédents de sorte que la flèche soit égale au dévers. Il en résulte une variation des cordes d'une courbe à l'autre, mais cela simplifie grandement l'entretien.

Vérification de l'entretien

On vérifie en détail l'entretien par des tournées d'inspection à pied, mais, pour des vérifications d'ensemble, on utilise en général l'appareil Hallade (2), fondé sur l'emploi de pendules amorties dont les déplacements sont enregistrés sur un diagramme. Cet appareil portatif peut être placé dans un compartiment de voiture ordinaire. On décode notamment les mouvements latéraux et verticaux qui correspondent aux défauts de tracé et de nivellement. On dispose aussi de voitures spéciales perfectionnées pour l'auscultation complète de la voie.

S'il y a, par exemple, un coup latéral isolé dans une courbe, on pourra le traiter localement par la méthode « des trois points », après relevé sur place, sans recalculer toute la courbe. Le relevé donne par exemple, pour une courbe de flèche moyenne 90 mm, le diagramme 90, 90, 86, 96, 88, 91, 90. En diminuant de 6 la flèche 96 pour la ramener à 90 on augmente les deux flèches voisines de la moitié, soit 3, ce qui donne finalement 90, 90, 89, 90, 91, 91, 90, valeurs acceptables pour une rectification entre deux revisions.

Quant aux zones où il y a du *pilon*, c'est-à-dire des oscillations verticales dues aux traverses danseuses ou aux coups bas, on les traite en les soufflant, hors programme, sur la longueur voulue (100 ou 200 m).

(1) Le dévers théorique est donné, en mètres, par la formule : $D = 0,0118 \frac{V^2}{R}$, où V est la vitesse en km/h et R le rayon de courbure de la courbe en mètres.

(2) Voir : « Le contrôle des voies ferrées » (*Science et Vie*, n° 153, mars 1930).

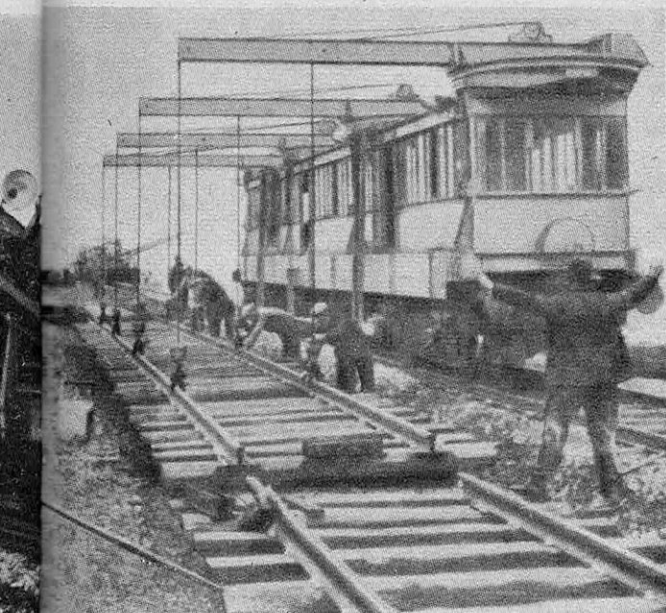


FIG. 24. — LE WAGON-GRUE MET EN PLACE UNE LONGUEUR DE VOIE NEUVE TOUTE MONTÉE (DROUARD)

Ainsi régulièrement entretenue, la voie ferrée est capable d'assurer la sécurité du trafic, jusqu'au jour où elle doit être renouvelée.

Renouvellement des voies

Quand une voie est trop fatiguée, soit que les rails soient devenus trop faibles pour les charges roulantes, soit que le pourcentage des traverses à remplacer devienne trop important, soit que le ballast devienne boueux ou trop terreux, ou plutôt que tout cela se produise à la fois, on remplace tout, on renouvelle la voie. On peut renouveler soit le matériel (rail, traverse), soit le ballast, ou mieux tout ensemble, pour une meilleure homogénéité.

L'opération exige alors : un criblage du ballast pour éliminer la terre et les éléments trop petits ; l'enlèvement des rails et des traverses ; la pose des traverses et de rails neufs ; le bourrage du ballast complète l'opération pour amener la voie à la hauteur voulue.

Autrefois, entièrement exécuté à la main, le renouvellement exigeait des chantiers de 100 à 200 ouvriers et, compte tenu du ramassage du matériel déposé, n'avancait guère que 600 à 700 m par semaine.

Aujourd'hui, des engins perfectionnés à haut rendement ont grandement amélioré le travail (1).

Le principe commun aux deux systèmes utilisés en France consiste à déposer et à poser la voie par longueurs entières, le démontage et le montage étant effectués sur des emplacements spéciaux — gares par exemple — où ils peuvent s'exécuter plus facilement que sur la voie même.

Dans un premier système (Drouard), la voie ancienne est déposée en longueurs toutes montées par un wagon-grue roulant sur la voie voisine qui les charge sur des wagons plats ordinaires. A ce wagon-grue succède un dégarnisseur-cribleur comportant : une chaîne à godets qui enlève le ballast, des trommels qui le criblent et un tapis roulant orientable rejetant les débris soit sur le côté des voies, soit dans des wagons s'il faut évacuer les déblais. Le wagon-grue revient ensuite et pose les longueurs de voie neuve toutes montées à l'emplacement prévu. Il ne reste plus qu'à raccorder ces éléments et à les relever comme dans le renouvellement manuel, puis à amener le ballast de complément.

(1) Cependant, ils exigent d'assez longs intervalles entre trains (cinq à sept heures contre une heure à une heure et demie pour le travail manuel).

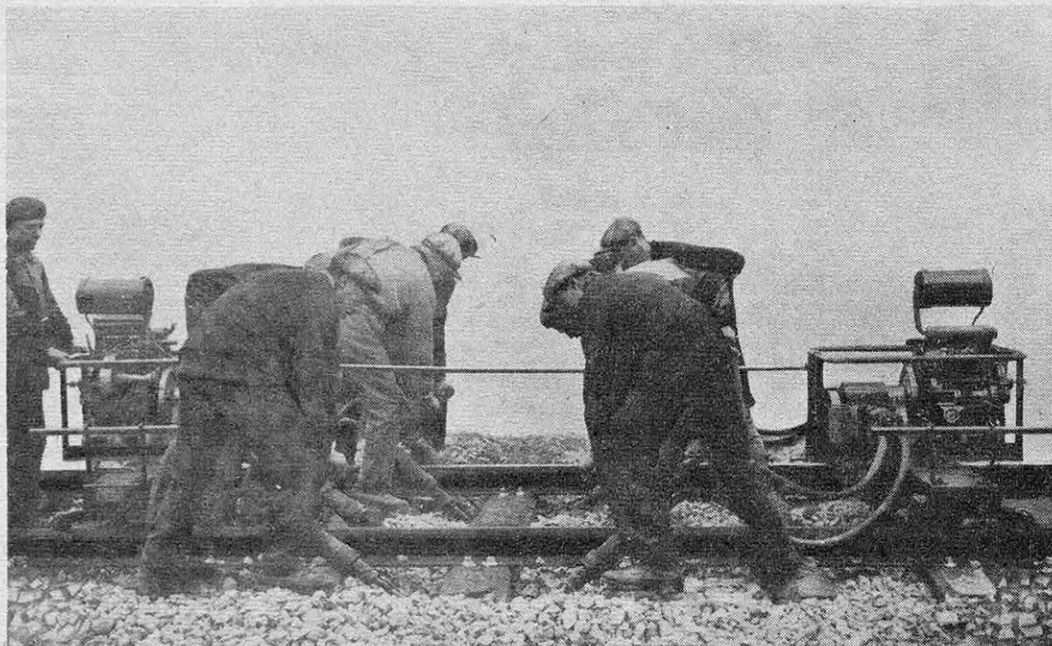


FIG. 25. — LE BOURRAGE MÉCANIQUE AU MOYEN D'OUTILS PNEUMATIQUES (DROUARD)

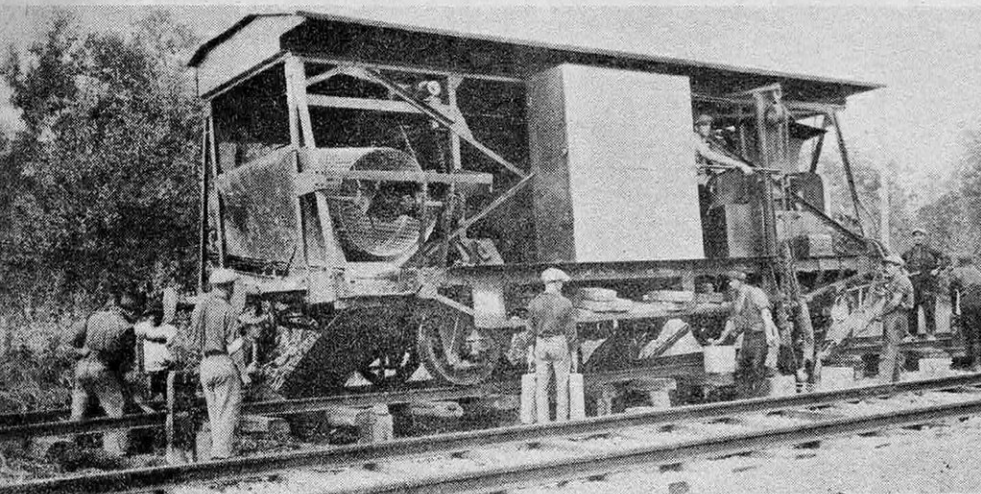


FIG. 26. — DÉGARNISSEUSE SCHEUCHZER EN ACTION (DÉHÉ)

La voie étant relevée sur cales, la machine prend le ballast sous elle, le crible et remet en place la partie épurée.

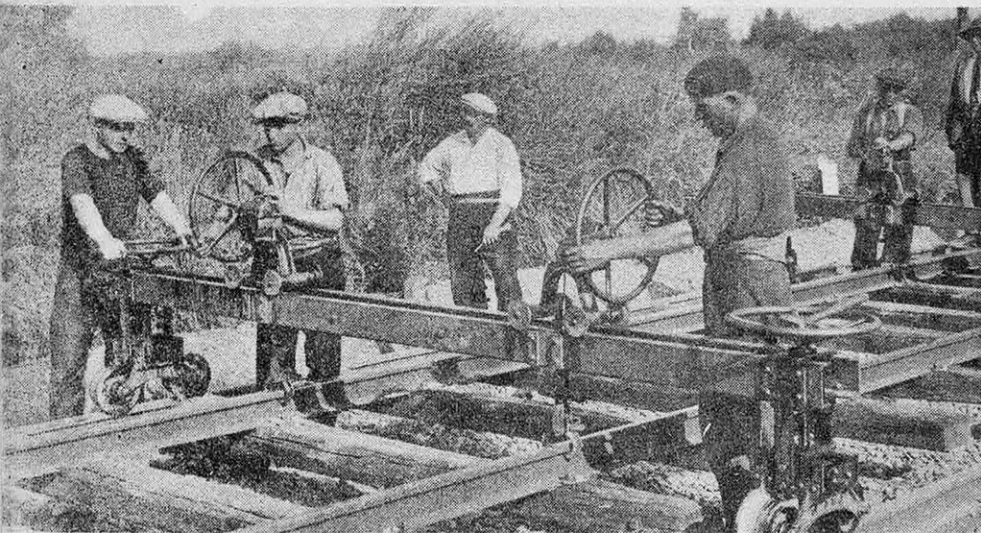


FIG. 27. — LA VIEILLE VOIE EST SUSPENDUE AU PORTIQUE QUI SE DÉPLACE SUR UN CHEMIN DE ROULEMENT ENCADRANT LA VOIE NORMALE (DÉHÉ)

Un bourrage très énergique est obtenu au moyen d'outils mécaniques analogues à des marteaux piqueurs de mines où les pics sont remplacés par des bourreurs.

Bien que ce système oblige à interrompre la circulation sur les deux voies pendant plusieurs heures, le rendement demeure très intéressant, surtout parce que le travail nocturne est possible.

Dans un deuxième système (Déhé), une machine à cribler automotrice et courte crible tout d'abord le ballast sous la voie sur laquelle elle circule, la voie ancienne étant relevée sur cales au fur et à mesure de l'avancement de la machine. Les résidus sont rejetés par tapis roulant orientable et les bons éléments retombent en avant des traverses. Dans une variante du dispositif, une autre machine, longue celle-là, soulève la voie entre ses deux bogies et crible le ballast sous elle. Cette longue machine se

hale sur une locomotive arrêtée à proximité sur la même voie. Ce système n'oblige pas à soulever la voie à l'aide de cales.

L'enlèvement de la vieille voie se fait ensuite en la suspendant, longueur par longueur, à des portiques circulant sur un chemin de roulement léger à écartement de 3,20 m. Ces longueurs sont amenées ainsi sur d'autres lorrys à écartement normal roulant sur la voie ordinaire. On relie chaque longueur à sa voisine, de façon à constituer un train de 200 à 300 m, que l'on tire doucement jusqu'au chantier de démontage.

La pose des longueurs neuves se fait de la même manière, en sens inverse ; on éclisse les longueurs à la voie déjà posée. Il ne reste plus qu'à recevoir le ballast en wagons trémies à déchargement automatique, puis à relever la voie en bourrant le ballast et ceci toujours mécaniquement.

Le renouvellement mécanique de la voie permet de traiter une moyenne de 3 km par semaine, alors qu'il fallait compter un bon mois pour effectuer le même travail avec le renouvellement manuel.

Des portiques spéciaux permettent en outre de lancer des appareils de voie tout montés, tels que des aiguillages de 30 à 40 m de long et pesant de 5 à 7 tonnes. Une heure suffit pour un tel remplacement.

Ainsi, l'entretien des voies, grâce à la mise en œuvre de procédés rationnels, fondés à la fois sur une expérience déjà longue et sur une technique précise et scientifique, servis par un outillage savant et puissant, s'est dégagé de l'empirisme.

La sécurité de l'exploitation, la vitesse des trains et le confort des voyageurs en ont bénéficié avant la guerre. Ces procédés ont permis de faire durer le réseau national malgré la pénurie extrême de matériel et de matériaux. Ils redonneront aux voies françaises la place qui était la leur, la première, dans le réseau européen.

M. LALLEMENT.

L'ACIER AMÉRICAIN PENDANT LA GUERRE

par Daniel MORTEAU

La production : chiffres records

PENDANT les cinq années qui se sont écoulées de 1940 à 1945, l'industrie de l'acier aux États-Unis a produit 400 millions de tonnes de fonte et d'acier en lingots, soit plus que pendant les dix années précédentes, et autant que tout le reste du monde.

Cette augmentation considérable n'est cependant pas le fait d'un accroissement proportionnel de la capacité de production des usines. L'industrie sidérurgique américaine apparaissait en effet, en 1940, suréquipée.

C'est pourquoi, en utilisant à plein la capacité de production de 1940, qui s'élevait à 83 millions de tonnes, on put se borner à l'accroître, en cinq années, de 17 % seulement, alors que, dans le cas de l'aluminium, on dut, pendant la même période, multiplier par 6 la capacité de production des usines et par 90 celle des usines élaborant le magnésium. Mais ces 17 % représentent à eux seuls 14 millions de tonnes, plus que n'en produisait l'industrie sidérurgique japonaise tout entière.

L'équipement nouveau, hauts fourneaux, fours Martin, fours électriques, fut installé, pour sa plus grande partie, au voisinage immédiat de l'équipement ancien, de manière à s'intégrer avec le moindre délai dans l'organisation existante. Deux exceptions sont cependant à signaler : l'une est l'aciérie ultra-moderne de la *Geneva Steel*, près du lac d'Utah, qui coûta

200 millions de dollars, propriété du Gouvernement américain ; l'autre est l'usine de Fontana, près de Los Angeles, sur la côte ouest, due à l'initiative de l'industriel Henry Kaiser.

La revue américaine *Fortune*, à qui nous empruntons les chiffres de cet article, souligne qu'ainsi la répartition géographique de l'industrie américaine de l'acier n'a pas changé sensiblement au cours de la guerre. Le centre principal se trouve toujours dans la région de Pittsburgh et de Youngstown, qui, en 1939, fournissait 40 p. 100 de la production totale américaine et, en 1944, produisit 37 millions de tonnes sur 90 millions. En deuxième position vient toujours la région de Chicago (Gary, Indiana Harbor, etc.) puis celle de Bethlehem, et ainsi de suite.

Actuellement, la sidérurgie américaine possède une capacité de production égale à celle de tout le reste du monde. Naturellement, une partie de l'équipement a vieilli et peut être considérée comme démodée. Mais elle ne dépasse pas 10 %. Par contre, la capacité des fours électriques est trois fois plus grande qu'en 1939. De 1939 à 1943, la production d'aciers spéciaux est passée de 3,2 millions à plus de 13 millions de tonnes ; et cette évolution s'est encore accentuée par la suite.

La distribution

A côté du problème de la production s'est posé aussi d'une manière aiguë aux États-Unis

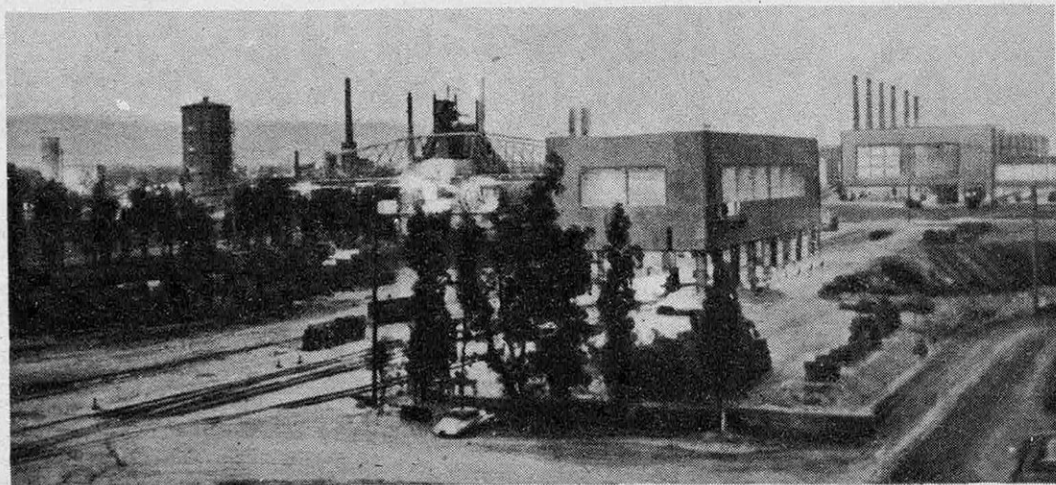


FIG. 1. — LA NOUVELLE ACIÉRIE DE LA COMPAGNIE KAISER, ÉDIFIÉE PENDANT LA GUERRE PRÈS DE FONTANA (CALIFORNIE)

On aperçoit en particulier, à l'arrière-plan, au centre, un haut fourneau de 1 200 t et, à droite, le bâtiment où sont installés six fours Martin de 185 t.

Fig. 2. — Plaques de blindage pour la marine dans une aciérie américaine



un problème de distribution, résolu par la création d'un organisme directeur, le « Controlled Materials Plan », qui centralisait les demandes et les répartissait entre les producteurs d'après leur capacité de production et leur spécialité. Sur les 300 millions de tonnes d'acier fini, correspondant aux 400 millions de tonnes indiquées plus haut, produites entre 1940 et 1945, 40 millions au total allèrent aux constructions nouvelles (usines diverses, chantiers navals, aciéries, etc.). C'est en 1942 que la demande dans ce secteur fut la plus élevée, avec 10,7 millions de tonnes ; ce chiffre marque l'énorme et soudaine expansion de l'équipement industriel qui, suivant l'agression japonaise de Pearl Harbor (décembre 1941), préluda au développement général des industries de guerre outre-Atlantique.

Une autre tranche de 40 millions de tonnes fut absorbée par la construction navale, et un chiffre égal fut attribué aux exportations, au titre du prêt-bail, exportations dont bénéficièrent surtout la Grande-Bretagne et l'U. R. S. S. Il importe de préciser qu'il s'agit de 40 millions de tonnes de fonte et d'acier brut, à l'exclusion de tous produits finis tels que chars, camions, jeeps, avions, navires, etc., qui sont comptés dans les autres rubriques.

L'aviation et l'automobile consommèrent 30 millions de tonnes, les chemins de fer 26 millions, les industries alimentaires, malgré le rationnement, 20 millions, les machines agricoles 8,5 millions. Le reste, le tiers du total environ, se partagea entre la multitude habituelle d'industries consommatrices de produits ferreux, fabrication des machines-outils, extraction du pétrole et du gaz naturel, exploitation des mines, etc.

Les gisements de fer s'épuisent-ils ?

Ces chiffres de production presque astronomiques donnent une idée du gigantesque effort qui dut être fait quant à l'extraction du minerai. Fort heureusement, les gisements de minerai de fer sont très abondants aux États-Unis, surtout dans la région des Grands Lacs (lac Supérieur). Là se trouve en particulier le gisement de Mesabi qui est peut-être le plus riche du monde et qui se prêtait d'autant mieux à un accroissement rapide de l'extraction qu'il est à ciel ouvert et qu'il suffisait par, conséquent, d'amener à pied d'œuvre suffisamment de ce matériel spécifiquement américain et à grand rendement, pelles à vapeur, drag-lines, transporteurs divers, pour multiplier la production sans avoir à entreprendre de longs travaux souterrains. De tout le minerai nécessaire aux 400 millions de tonnes brutes, 85 p. 100 arriva de la région du lac Supérieur, et les trois quarts de cette quantité de la mine de Mesabi.

Quelle que soit sa richesse, que l'on évalue encore à 1 milliard de tonnes, la mine de Mesabi n'est pas inépuisable. Déjà une certaine inquiétude se manifeste parmi les dirigeants de la sidérurgie américaine. Pendant les années de guerre, on a poussé l'extraction jusqu'à 85 millions de tonnes par an. M. E. W. Davis, directeur de la station expérimentale des Mines de l'Université de Minnesota a, en 1942, jeté un cri d'alarme, annonçant que les minerais riches seraient épuisés entre 1950 et 1954. Des estimations plus modérées accordent encore un délai de seize ans, au taux d'extraction actuel, délai qui

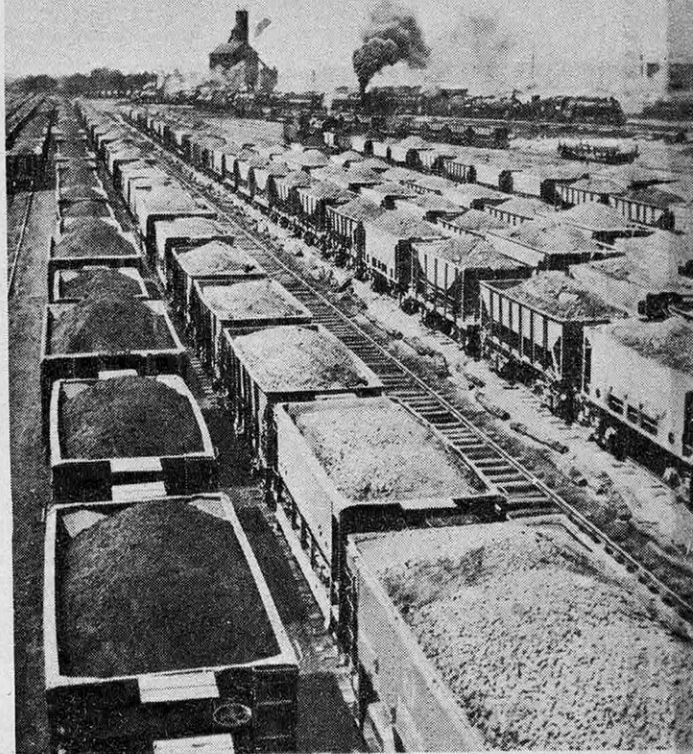


FIG. 3. — TRAINS CHARGÉS DE MINÉRAI DANS UNE GARE DE TRIAGE DE DULUTH

Ces trains viennent des monts Mesabi, où se trouve la plus riche mine de fer des États-Unis, et des autres gisements de la région. Chacun d'eux comporte en moyenne 180 wagons de 50 t. Duluth est situé à l'extrémité du lac Supérieur, à quelque 100 km des mines. C'est le principal port de chargement du minerai sur les cargos spécialisés des Grands Lacs, et il est pourvu d'installations perfectionnées pour que cette opération ne dure que le minimum de temps (moins de quatre heures pour 13 000 t). C'est la navigation sur les Grands Lacs (interrompue d'ailleurs pendant l'hiver) qui permet l'acheminement du minerai jusqu'aux grands centres métallurgiques de la Pennsylvanie (Pittsburg), de l'Ohio, de l'Indiana et de l'Illinois (Gary, Chicago).

semble fondé sur des chiffres assez précis. Que devra faire alors l'industrie américaine de l'acier ? Il semble vain de compter sur la découverte de gisements nouveaux d'une importance comparable aux États-Unis et même au Canada. C'est pourquoi il faudra se résigner à faire appel aux minerais de plus faible teneur, avec les complications inévitables qui en résultent pour leur traitement. Déjà 40 p. 100 du minerai du lac Supérieur subit un enrichissement préalable à son embarquement sur les cargos spécialisés qui l'amènent aux hauts fourneaux.

Devant cette situation, considérant que, sans l'existence de la mine de Mesabi, la production américaine de l'acier se serait trouvée sérieusement handicapée pendant cette guerre, les experts américains ont proposé de suspendre dès maintenant son exploitation intensive et de mettre la mine en quelque sorte en réserve pour le cas où les États-Unis se trouveraient entraînés dans un conflit et devraient de nouveau, dans le délai minimum, atteindre des chiffres records de production.

D. MORTEAU.

LE CARGO PORTE-AVIONS

par Camille ROUGERON

Pendant longtemps, on a cru que le porte-avions exigeait les gros tonnages. Mais les besoins de guerre ont fait sentir la nécessité de bâtiments de déplacement moindre, tels qu'en avait construit la marine japonaise dès 1930. Parmi les formules nouvelles, la plus économique est celle du porte-avions auxiliaire type « Empire Macalpine », que la marine britannique a étudié pour servir simultanément à l'escorte des convois et au transport des marchandises. Ce genre de navires peut d'ailleurs être utilisé à de nombreuses autres missions, et ses caractéristiques sont assez élastiques. A une époque où l'on n'est guère fixé sur le genre de constructions navales capable de résister aux armes nouvelles, le porte-avions auxiliaire est un type de bâtiment aussi intéressant pour les flottes de guerre que pour les flottes de commerce.

Les différentes classes de porte-avions

Un type de navire comme le porte-avions, qui n'a pas trente ans d'existence, est évidemment loin de sa formule définitive, pour autant qu'une formule d'engin de guerre puisse être taxée de définitive. Avec le navire, l'avion se prête à des combinaisons aussi variées que le canon. Construire exclusivement le porte-avions du tonnage maximum autorisé est une conception qui paraîtra un jour aussi curieuse que celle d'une flotte uniquement composée de navires de ligne. Cependant, telle a bien été la politique navale de presque toutes les grandes marines jusqu'en 1939, et il a fallu l'urgence des besoins de guerre pour en faire accepter une moins coûteuse, de même que l'on découvre régulièrement, dans les mêmes circonstances, l'intérêt des escorteurs de surface à bas prix, qu'on oublie après quelques années de paix.

Le porte-avions de 27 000 t, puis de 23 000 t, tel qu'il était défini par les accords navals de Washington et de Londres, n'était pas sans avantages. L'armement en avions ne chargeait pas beaucoup le devis de poids. D'autre part, les grandes marines

s'étaient mises d'accord pour limiter l'armement en artillerie à un calibre qui ne fit courir aucun risque à la formule traditionnelle du cuirassé. La plus grande partie du déplacement alloué pouvait donc être consacrée à la vitesse, qui mettait le porte-avions à l'abri du navire de ligne, et à la protection, qui paraît au risque de rencontre avec les croiseurs lourds ou légers. Bien qu'on n'ait probablement pas fait rendre à l'important tonnage alloué tout ce qu'il permettait à cet égard, les porte-avions ainsi conçus donnèrent satisfaction. Ils échappèrent à la menace des grands bâtiments et, si l'avion en vint à bout, la résistance qu'ils lui opposèrent est tout à l'honneur des ceintures, ponts et cloisonnements blindés qu'ils portaient. On ne peut en dire autant des porte-avions de type différent,

qui se révélèrent beaucoup plus fragiles au cours de leurs combats avec le navire de surface, le sous-marin ou l'avion.

Les variantes de porte-avions d'escadre réalisées en gagnant quelques milliers de tonnes sur le déplacement maximum alloué ne présentaient pas grand intérêt. L'économie n'était pas telle qu'elle permit de multiplier le nombre des unités. Mais elle réduisait nettement la vitesse et la protection

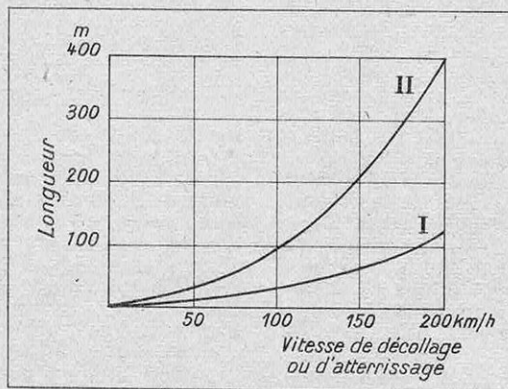


FIG. 1. — LONGUEURS DE CATAPULTAGE ET DE FREINAGE DES AVIONS

La courbe I donne, en fonction de la vitesse, la longueur nécessaire au catapultage sous l'accélération constante 2,5 g. Les fusées auxiliaires pour décollage sont loin de donner cette accélération, mais le moteur seul donnerait beaucoup moins encore. On voit donc que, aux vitesses de décollage de 160 à 180 km/h qui sont celles des avions de chasse modernes, le décollage « assisté » par fusée, câble, devient indispensable. La courbe II donne la longueur de freinage sous la contre-accelération 0,8 g, qui est voisine du maximum réalisable aussi bien en automobile qu'en avion, sur sol assurant une bonne adhérence, et en négligeant la résistance de l'air. On voit qu'aux vitesses inférieures à 100 km/h, le frein sur roues aurait largement suffi à l'atterrissage sur porte-avions de grande longueur, mais il n'était pas alors en usage sur avion. Aux vitesses d'atterrissage actuelles, le freinage extérieur par accrochage de câbles transversaux devient indispensable; la contre-accelération qu'il donne peut être réglée à la valeur désirée, à celle du catapultage par exemple.

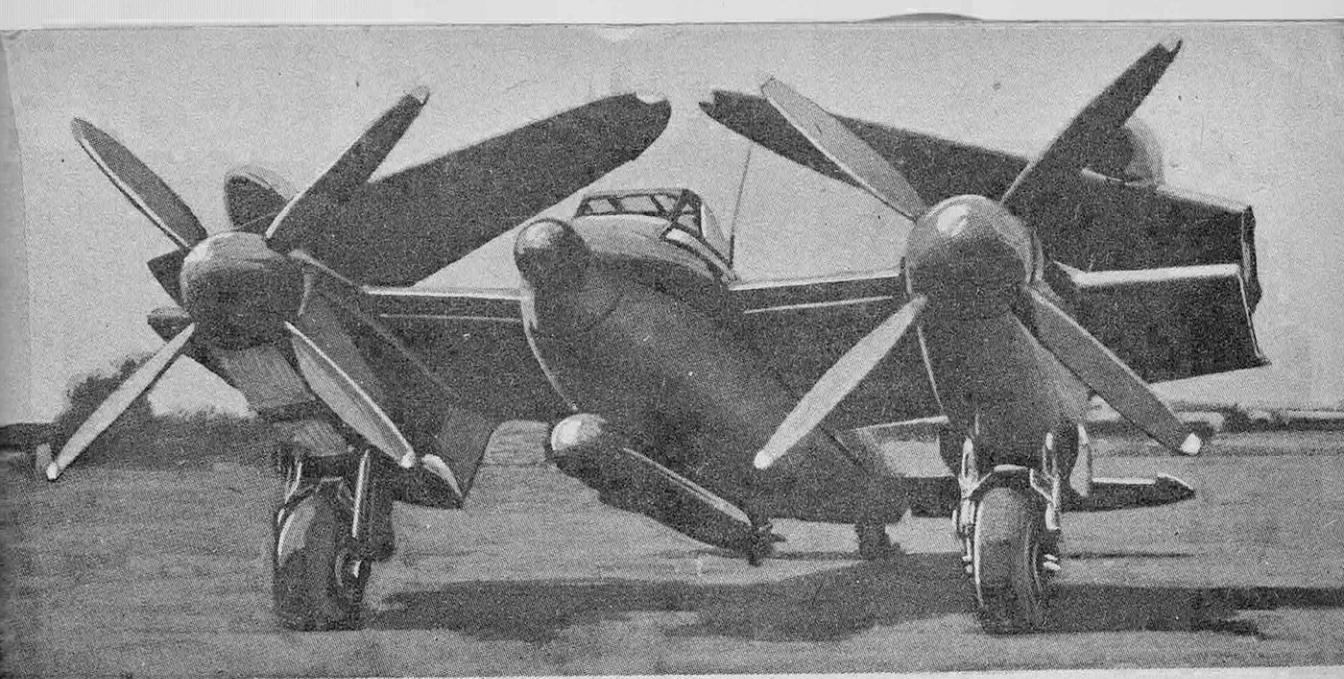


FIG. 2. — LE « SEA MOSQUITO », VERSION NAVALE DU DE HAVILLAND « MOSQUITO » MARK VI

Le De Havilland « Sea Mosquito » est un bimoteur à missions multiples, muni d'ailes repliables, et, ici, d'un dôme radar à l'avant. Ses essais, en mars 1944, furent la première utilisation de bimoteurs à partir de porte-avions britanniques. Les hélices avaient été spécialement étudiées pour réduire la longueur de décollage. Deux incidents montrèrent la facilité relative de l'opération. Au cours des atterrissages, le câble accroché se rompit; l'avion redécolla aussitôt. Au cours d'un autre atterrissage, aucun câble ne fut accroché; le pilote arrêta l'appareil sur les freins de roue.

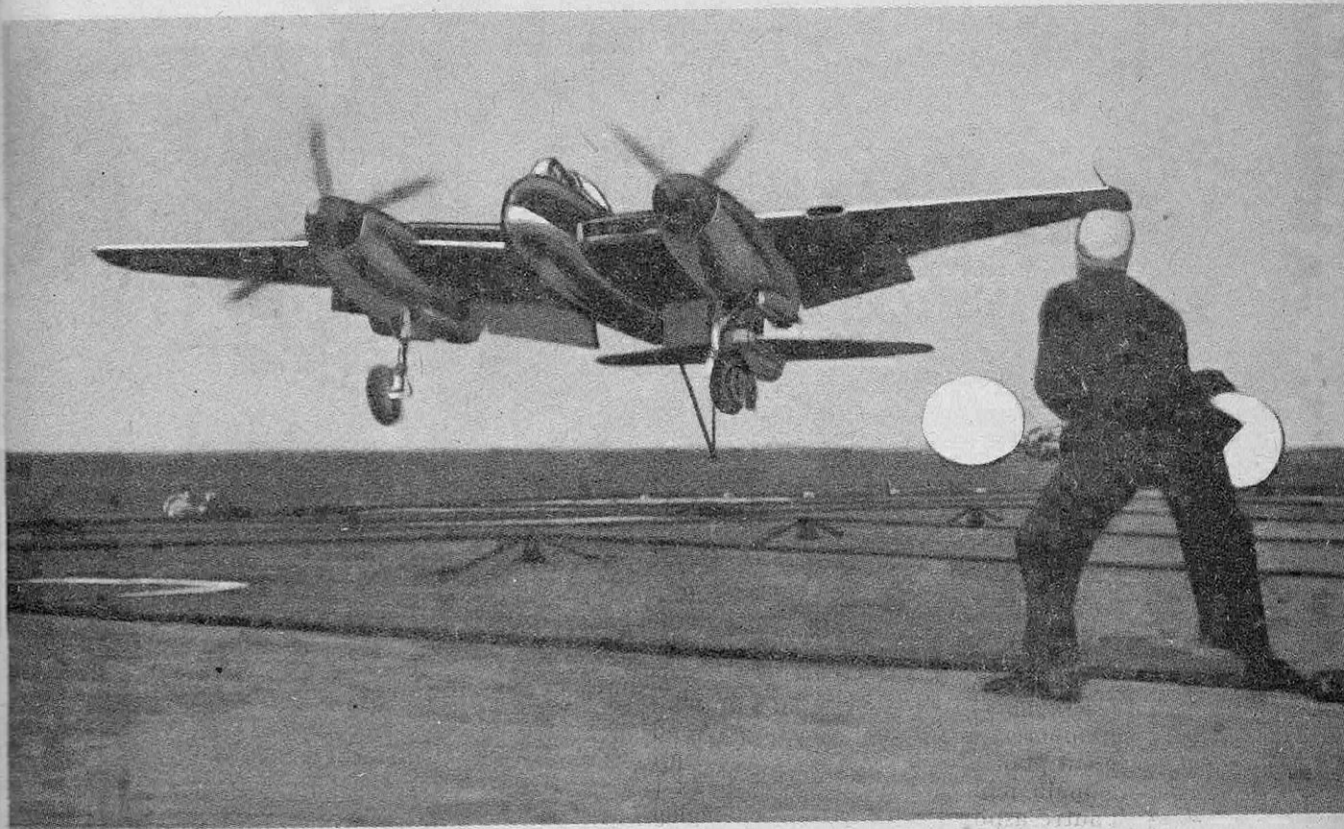


FIG. 3. — ATTEIRISSAGE DU BIMOTEUR DE HAVILLAND « SEA HORNET » SUR PORTE-AVIONS

Le premier atterrissage eut lieu en août 1945. Le « Sea Hornet » est la version navale du « Hornet », lui-même extrapolation du « Mosquito » par remplacement des moteurs « Merlin » par des « Griffon » de 2 300 ch. Le « Hornet » est le plus rapide des avions à hélice en Grande-Bretagne, et, prétend-on, dans le monde entier.

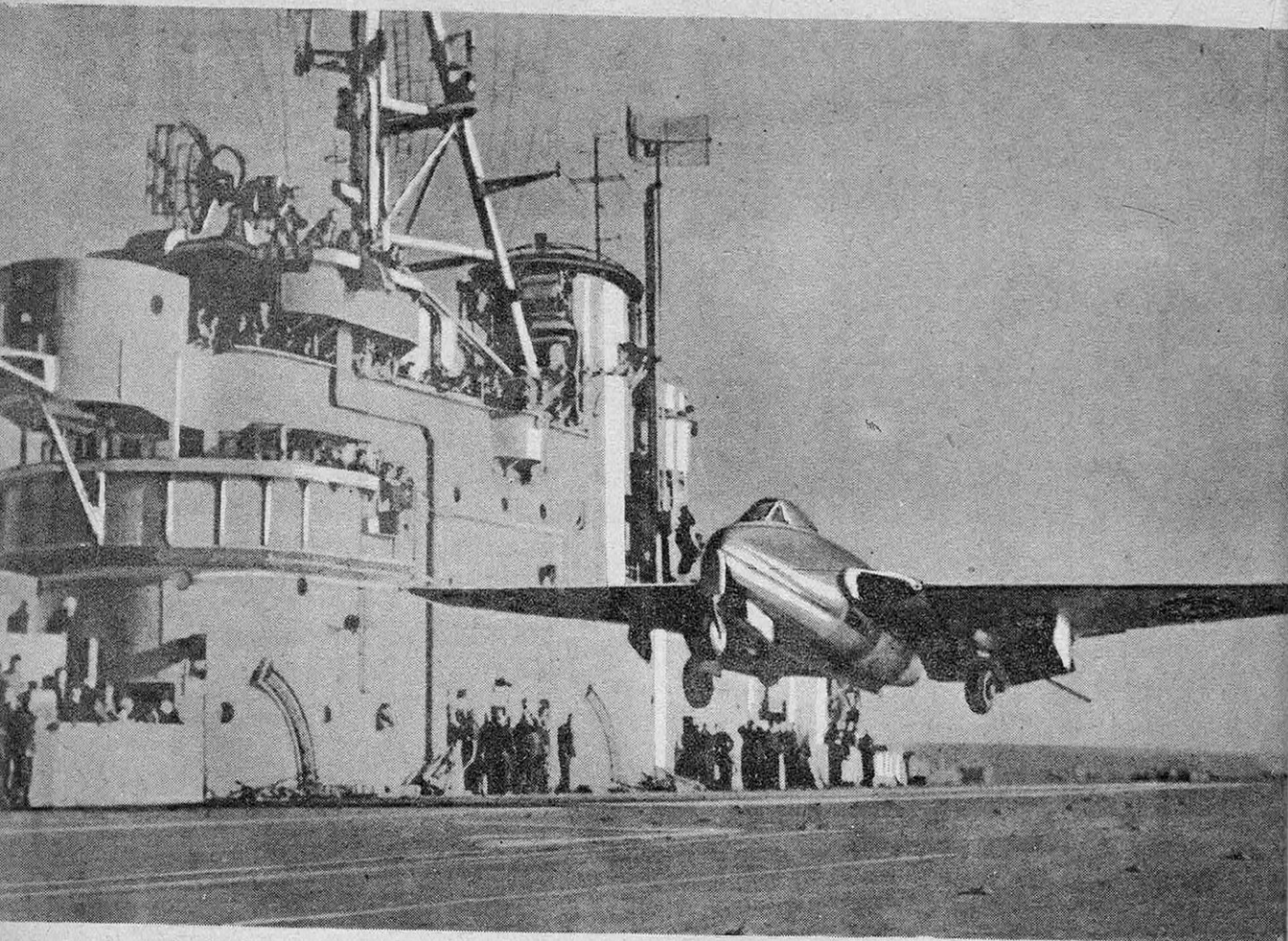


FIG. 4. — LE PREMIER DÉCOLLAGE D'UN CHASSEUR A RÉACTION SUR PORTE-AVIONS

C'est sur la moitié de la longueur du pont d'envol que le De Havilland « Vampire » a décollé, le 4 décembre 1945, du porte-avions de 14 000 t « Ocean », de 212 m de longueur. La vitesse du porte-avions était de 18 nœuds à quoi s'ajoutait un vent de 17 nœuds (8,8 m/s). Le décollage est d'ailleurs plus difficile que l'atterrissage, la propulsion à réaction étant inférieure à cet égard à l'hélice, dont le pas variable améliore beaucoup la traction aux faibles vitesses.

de chacune. Le bâtiment rapide, non protégé, atteint sensiblement même vitesse quel que soit son tonnage ; l'exemple des torpilleurs, contre-torpilleurs et croiseurs légers en est une preuve suffisante, et la conclusion s'étend jusqu'aux déplacements des porte-avions et navires de ligne. Mais le résultat est très différent sur un bâtiment où l'on veut réunir vitesse et protection, au point qu'on ne tente même pas de le faire sur les torpilleurs et contre-torpilleurs, et que les épaisseurs de blindage possibles des croiseurs légers sont très inférieures à celles que l'on rencontre sur des navires de ligne de 26 000, 35 000 et 45 000 t.

Si l'on voulait réduire le déplacement, on devait ne pas s'arrêter à ces demi-mesures et descendre à un chiffre qui permit vraiment d'abaisser le coût des porte-avions et d'en multiplier le nombre. Il fallait simultanément renoncer à la protection. Mais on bénéficiait de la rapidité d'installation accrue des avions embarqués, qui varie en inverse du nombre des appareils qui ont pu être embarqués sur la même plate-forme. La solution ne fut adoptée que par la marine japonaise avec le

Ryujo, de 7 100 t, mis en chantier en 1929, suivi en 1934 par les deux *Soryu* de 10 000 t et, en 1938, par les deux *Koryu* de 12 000 t. Les vitesses variaient de 25 nœuds sur le premier à 30 nœuds sur les derniers. Elles auraient pu atteindre une valeur très supérieure, mais il ne semble pas que la marine japonaise ait davantage compris avant 1939 l'intérêt d'un porte-avions léger, réunissant l'armement et la vitesse d'un *Condottiere*, que les autres marines n'avaient compris l'intérêt d'un porte-avions lourd, avec la protection et la vitesse d'un *Scharnhorst*. L'expérience de la guerre aidant, la marine américaine adopta cette dernière formule sur ses porte-avions de 27 000, puis de 45 000 t. Mais les variantes possibles, beaucoup plus nombreuses, en porte-avions légers sont loin d'avoir été épuisées.

Le décollage et l'atterrissage sur porte-avions léger

Il est assez curieux que les possibilités du petit porte-avions n'aient apparu qu'au moment où les caractéristiques des avions imposaient les ter-

rains de grande surface. C'est très probablement la raison du maintien des gros tonnages dans toutes les marines, à l'exception du Japon.

Aux débuts du porte-avions, l'envol et l'atterrissage sur un pont de navire semblaient des opérations difficiles. On ne négligea rien pour les faciliter et l'on offrit au pilote des plates-formes de grande longueur provenant, en général, de croiseurs de bataille transformés. On y trouvait l'avantage supplémentaire d'une grande vitesse qui réduisait encore les longueurs de décollage et d'atterrissage. Tels étaient, en Grande-Bretagne, les *Courageous* avec pont d'envol de 246 m ; au Japon, l'*Akagi*, de 232 m ; aux États-Unis, battant tous les records, les *Saratoga*, de 270 m. C'était l'époque des avions terrestres avec des charges de voilure de 40 à 60 kg/m², qu'on éprouvait même le besoin de réduire pour les applications navales.

En même temps que les longueurs de pont d'envol diminuaient — celui du *Ryujo* n'avait que 174 m, — la charge alaire des avions augmentait, ainsi que les vitesses et les distances de décollage et d'atterrissage. Simultanément, la résistance que les marines opposaient à l'introduction des avions terrestres à bord des navires cessait avec les succès des « Double Zéro » japonais. On acceptait sur les porte-avions britanniques des Vickers-Supermarine « Seafire », version navale des « Spitfire » puis, sur les porte-avions américains, des Grumman « Hellcat » et des Vought-Sikorsky « Corsair », de formule très voisine des Republic « Thunderbolt » terrestres.

Comment expliquer qu'à mesure de l'accroissement des exigences de l'avion, les plates-formes aient pu sans inconvénient diminuer autant en longueur et en vitesse ?

Longueur et vitesse n'avaient pas grand intérêt pour l'atterrissage, qui se fait toujours sur un réseau de câbles transversaux freinés et n'exige guère que le quart de la longueur des grands porte-avions. C'est donc en vue du décollage que les longues plates-formes paraissaient utiles.

A la mer, le décollage d'un porte-avions se fait toujours en orientant le bâtiment debout au vent et en lui faisant donner une vitesse aussi élevée que possible. On ne peut pas toujours compter sur l'aide du vent, bien que le calme soit assez rare en mer, mais on peut toujours compter sur la vitesse du porte-avions.

L'avion de chasse moyen de 1935, chargé à 100 kg au mètre carré et 3 kg au cheval, décollait, par vent nul, sur une centaine de mètres. Le moindre vent diminuait beaucoup cette longueur de décollage ; un vent de 5 m/s réduit d'environ un tiers la longueur de roulement d'un avion qui décolle à 30 m/s. Or l'effet du porte-avions rapide, qui équivaut à un vent de même vitesse que le bâtiment, 16,5 m/s par exemple pour 32 nœuds, est celui d'un vent très fort. Le chasseur terrestre pris comme exemple n'eût pas demandé plus de 25 à 30 m pour son envol. Les longueurs et vitesses de porte-avions étaient donc très surabondantes pour les avions qu'ils portaient, et l'on ne doit pas s'étonner que la marine japonaise ait pu embarquer sur des bâtiments de 25 nœuds, avec pont d'envol de moins de 150 m, les chasseurs terrestres « Double Zéro » aux caractéristiques voisines des précédentes.

Si l'on étudie l'effet de la vitesse de décollage, liée à la charge alaire, et celui de la charge au cheval sur la longueur de décollage, on constate que les grands porte-avions en service en 1939 pouvaient être utilisés par les plus récents des chasseurs terrestres actuels. La difficulté ne commençait que pour les bombardiers en surcharge, tels que les bimoteurs North-American « Mitchell » décollant du *Hornet* au premier raid sur Tokyo.

Le décollage est, en première approximation, un mouvement uniformément accéléré, où l'accélération est le quotient de la traction moyenne de l'hélice par la masse de l'avion. La longueur de décollage est alors proportionnelle, comme dans tout mouvement de ce genre, au carré de la vitesse atteinte et en raison inverse de l'accé-

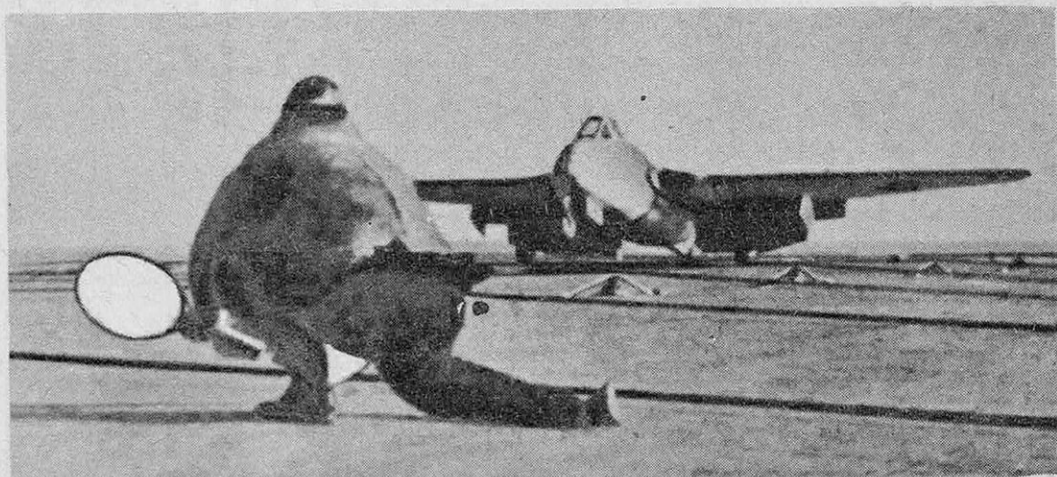


FIG. 5. — ATERRISSAGE DU « VAMPIRE » SUR PORTE-AVIONS

Malgré sa vitesse maximum officielle de 370 km/h, le « Vampire » atterrit à 155 km/h. L'atterrissage ne présente donc pas de difficultés spéciales. Au premier essai, le « Vampire » accrocha le premier des câbles de freinage du réseau que l'on distingue sur la photographie, et s'arrêta en 30 m (contre-accélération 3 g). L'accrochage se fait en moyenne au troisième ou quatrième câble.

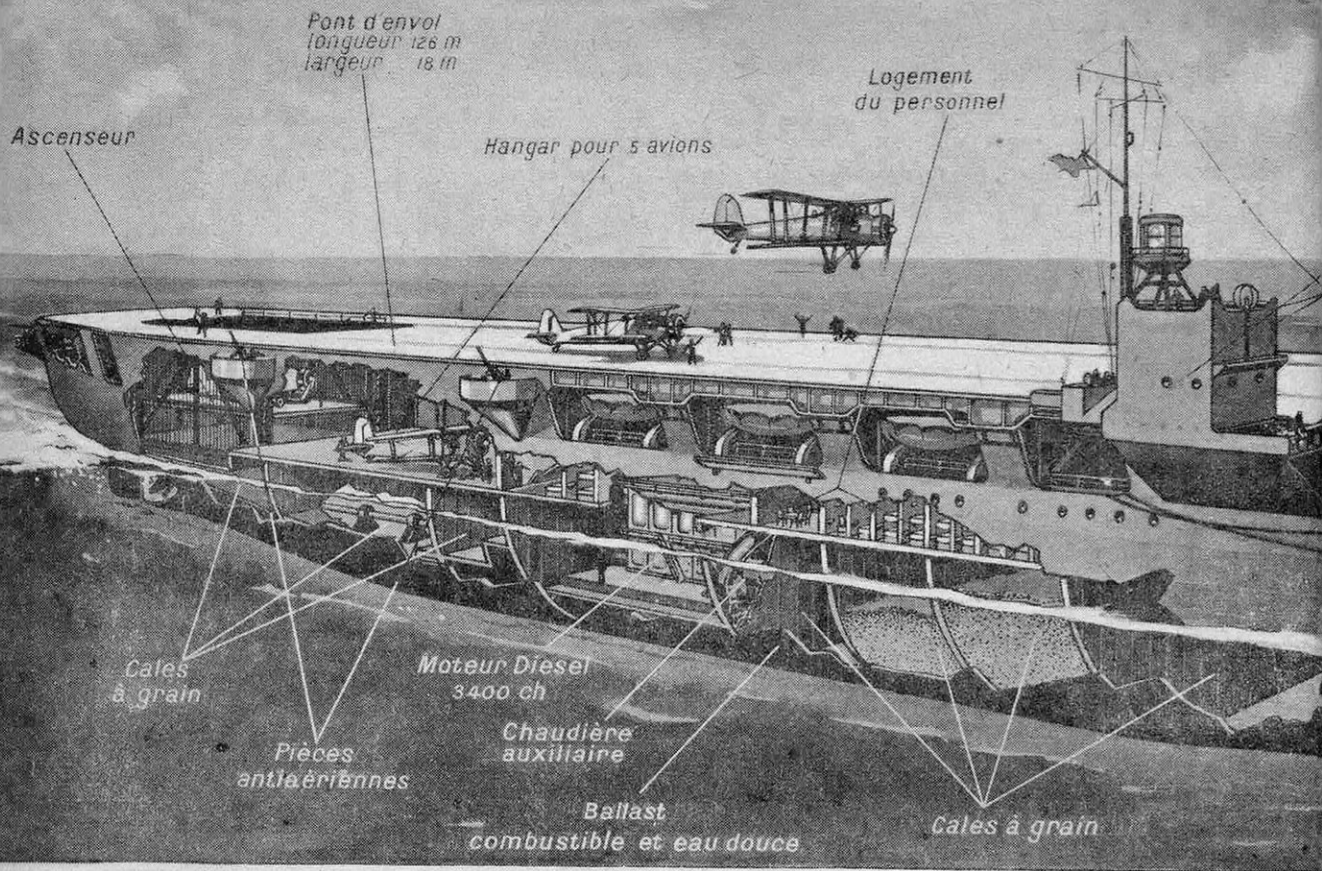


FIG. 6. — COUPE LONGITUDINALE DE L'« EMPIRE MACALPINE »

La coupe montre le double aménagement à usage commercial et militaire de l'Empire Macalpine. Sous le pont principal se trouvent la machine et les huit cales à blé. Au-dessus du pont principal on rencontre, de l'arrière à l'avant, l'ascenseur pour avions, le hangar, les aménagements spéciaux à l'aviation, soutes à essence et à huile, recharges... les logements du personnel volant, des mécaniciens et de l'équipage du navire.

lération. Si, au lieu de faire intervenir la traction de l'hélice, on introduit la puissance du moteur, produit de la vitesse par la traction, on trouve que la longueur de décollage est proportionnelle, d'une part, au cube de la vitesse de décollage, d'autre part, à la charge au cheval. Si, au lieu du chasseur chargé à 3 kg au cheval et décollant vers 100 km/h, on raisonne sur un chasseur lourd moderne, de même charge au cheval, mais décollant entre 150 et 170 km/h, on trouve que la longueur de décollage à terre varie de 350 à 500 m. Si on ajoute à ces vitesses de décollage une charge de 5 kg au cheval qui est celle d'un bombardier, on arrive aux 1 000 m et plus pour lesquels les difficultés sont évidentes quand la vitesse du porte-avions majorée de celle du vent ne permet pas une réduction des trois-quarts.

—Aujourd'hui, avec l'aide de la fusée, la longueur de décollage n'est plus qu'une question d'accélération à supporter par l'équipage ; les plus courts et les plus lents des porte-avions se prêtent au départ des avions les plus lourdement chargés. Il n'était pas inutile de montrer que les marines avaient vu suffisamment grand entre 1918 et 1939 pour que leurs porte-avions pussent accepter les avions de 1945. Mais voir grand n'est pas toujours voir juste.

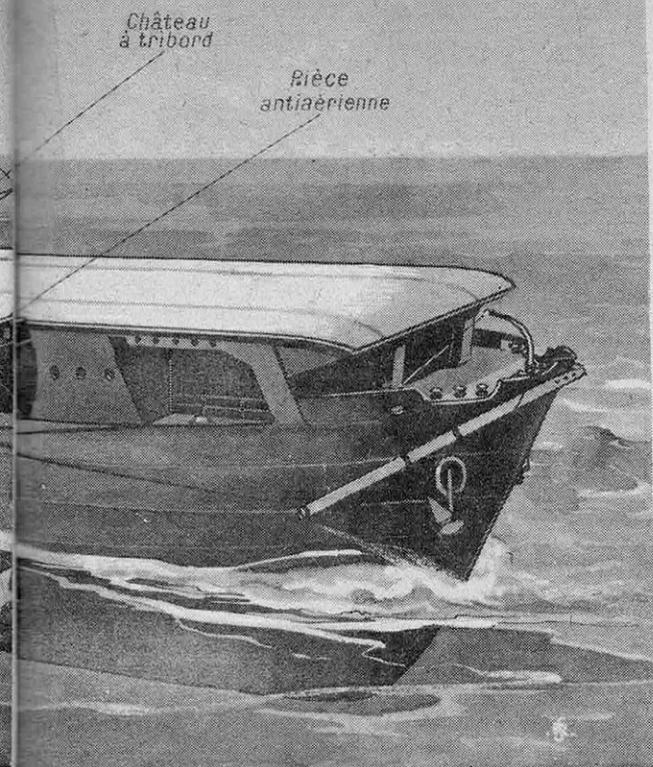
Le porte-avions auxiliaire

Le porte-avions auxiliaire est, avec un armement d'avions, l'équivalent du croiseur auxiliaire avec un armement d'artillerie, c'est-à-dire

un bâtiment fait pour un trafic commercial en temps de paix et apte à une transformation rapide en porte-avions pour le temps de guerre. Du moment que le déplacement pouvait en descendre aux 7 100 t d'un *Ryujo*, des navires marchands de tonnage très supérieur ne pourraient-ils se prêter aux mêmes missions, après un aménagement moins coûteux qu'une construction neuve ?

La question avait été discutée dans plusieurs marines avant la guerre, et l'on avait même publié des plans de paquebots aux superstructures établies, dès le temps de paix, pour le décollage et l'atterrissage. Le rayon d'action des avions de l'époque justifiait largement cette combinaison aéromaritime à usage commercial, qui eût donné en temps de guerre un appoint sérieux de porte-avions presque aménagés. La transformation des grands paquebots, tels que l'*Izumo-Maru* et le *Kashiwara-Maru*, mis en chantier en 1939 et refondus en cours de construction, le *Scharnhorst*, paquebot allemand réfugié au Japon au début de la guerre, et d'autres encore, fut la principale source des porte-avions nouveaux qui comblèrent, dès 1942, les pertes de la marine nipponne. La marine américaine adapta de même un certain nombre de C-3, étudiés comme cargos mixtes, qui donnèrent les porte-avions d'escorte types *Long-Island*, *Sangamon* et *Bogue*.

La formule n'était cependant pas aussi satisfaisante que celle du croiseur auxiliaire armé de canons. Elle demandait des travaux de coque importants, elle supposait le logement d'un



gros effectif militaire, et elle gênait beaucoup l'utilisation commerciale simultanée du navire, quand la transformation d'un paquebot en croiseur auxiliaire se bornait à la mise en place de quelques canons, que les marines prévoyantes conservaient même en soutes, avec leurs munitions, dès le temps de paix, et n'enlevait point au navire sa capacité de transport.

C'est à la marine britannique que revient le mérite d'une solution certainement beaucoup plus économique, celle du « merchant aircraft carrier », dont l'« Empire Macalpine » (1) fut le prototype et qui est principalement destiné à l'escorte des convois. La caractéristique de ces bâtiments est la combinaison d'un armement aérien calculé pour cette mission et de la capacité de transport maximum. Presque en même temps, la marine américaine mettait en service, elle aussi, des bâtiments mixtes, les *Sangamon*, qui étaient d'anciens pétroliers transformés dont

(1) Le « Mac » de ces bâtiments, « Empire Macalpine », « Empire MacKendrick », rappelle les initiales de « merchant aircraft carrier ».

on avait conservé un certain nombre de citernes à mazout pour les utiliser comme ravitailleurs de la flotte. Mais il ne s'agit pas là de navires spécialement conçus pour l'usage mixte de porte-avions et de transports, avec l'économie qui doit en résulter dans le poids de la coque. Au surplus, la marine américaine ne persista pas dans cette voie ; elle réduisit le déplacement de ses porte-avions d'escorte en renonçant à leur faire transporter des marchandises, pour en arriver à la formule des 20 *Breton* de 12 000 t, puis des 50 *Casablanca* de 9 000 t.

Le pont d'envol imposait aux « Empire Macalpine » la suppression des mâts de charge. Il fallait donc trouver un fret adapté à cette exigence. On choisit le blé, déchargé par des élévateurs à succion au travers de panneaux étanches de faible section percés dans le pont supérieur. Le bâtiment est donc, des fonds au pont principal, un cargo transporteur de grains, l'entrepont principal étant aménagé en hangar d'avions, logement du personnel, soutes à matériel. Le hangar d'avions, de 44 m de long, 19 m de large et 7,40 m de hauteur, peut loger largement 9 appareils modernes à ailes repliables.

L'équipage, de 52 hommes, appartient à la marine marchande ; le personnel mécanicien et navigant de la douzaine d'avions embarqués, soit 55 officiers et hommes, à la « Fleet Air Arm ». La vitesse, 13 nœuds, est celle des cargos lents qui composent le convoi. L'appareil moteur est également un Diesel pour cargo, un Doxford à pistons opposés de 3 400 ch à 114 tours/mn.

Bien que leur rôle soit moins connu que celui des porte-avions d'escorte américains, qui prirent une part importante aux opérations du Pacifique, les « Empire Macalpine » ont rendu d'excellents services.

Dans leur rôle de transport de grains, leur port en lourd de 7 930 t pour un navire de 136 m

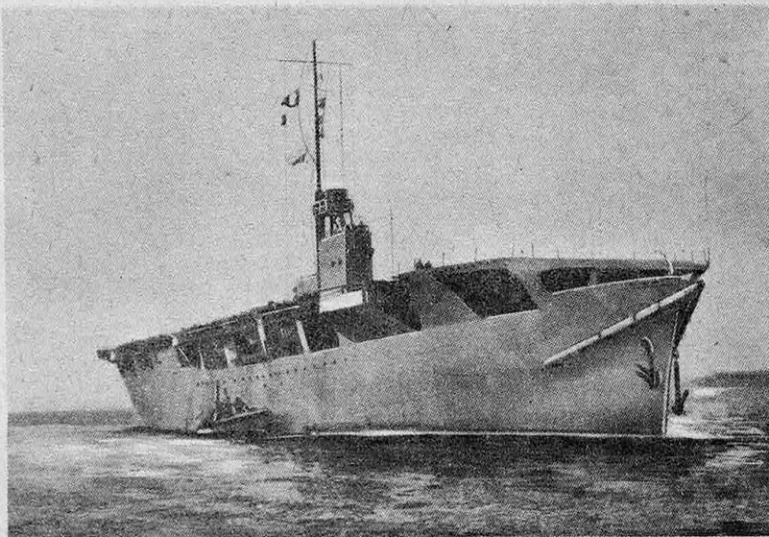


FIG. 7. — L'« EMPIRE MACALPINE », PORTE-AVIONS AUXILIAIRE

L'Empire Macalpine est un navire de 136 m de longueur, 17,4 m de largeur à la flottaison et 18,9 m au pont d'envol, et de 7,5 m de tirant d'eau en charge. Son tonnage brut est de 7 950 t, son port en lourd de 7 930 t. La machine est un Diesel Doxford à quatre cylindres et pistons opposés, de 3 400 ch, qui lui donne une vitesse de service de 13 nœuds. Le navire est construit suivant les règles du Lloyd dont il a obtenu la cote 100 A1.

de longueur, comme leur vitesse de 13 nœuds avec 3 400 ch ne sont pas des caractéristiques tellement inférieures à celles d'un cargo spécialisé qu'elles s'opposent à une exploitation normale en temps de paix. Ils continuent actuellement leurs transports de grains, et il n'est aucune raison de les mettre en réserve avant que la pléthore de navires marchands n'impose absolument leur élimination.

Mais c'est surtout en tant que bâtiments de guerre que leur économie apparaît. Assurer à un convoi la protection d'une douzaine d'avions, qui pourront repérer à plusieurs centaines de kilomètres un croiseur ennemi, obliger à même distance les sous-marins à se maintenir en plongée, détecter plus loin encore par radar l'approche des avions, combattre ces croiseurs ou ces avions s'ils poursuivent leurs attaques, et tout cela avec 55 hommes embarqués en supplément sur l'un des navires du convoi, c'est vraiment un record de rendement en matière d'opérations aéronavales. On en jugera en comparant cet effectif aux 100 hommes du moindre aviso de 600 t, et aux 600 hommes du transport d'hydravions qui loge même nombre d'appareils.

Les progrès possibles du porte-avions auxiliaire

L'escorte des convois n'est pas la seule de ces missions pour laquelle il n'est besoin ni des 60 à 90 avions d'un porte-avions de combat, ni des 20 à 25 avions d'un porte-avions d'escorte. Lorsque l'*Admiral Graf Spee* croisait dans l'Atlantique pendant des mois, et que l'on hésitait sur

le type de navire à envoyer à sa recherche en l'exposant à ses canons de 280 mm, un porte-avions auxiliaire avec une douzaine d'avions à missions multiples du dernier type britannique eût fort bien fait l'affaire. Il aurait certainement moins risqué que les croiseurs légers et lourds qui participèrent à la bataille du Rio de la Plata (1).

Le porte-avions auxiliaire est le bâtiment idéal pour la chasse au croiseur auxiliaire. Pendant les premières années de la guerre, dans les zones d'océan trop éloignées des bases aériennes, on a confié cette mission à d'autres croiseurs auxiliaires, ou à de véritables croiseurs. Le rendement est faible, et il est imprudent d'exposer ces bâtiments à un adversaire dont on ignore la puissance. N'a-t-on pas vu un croiseur léger australien envoyé par le fond dès les premières salves d'un navire qu'il venait d'arraisonner, sans avoir pu ouvrir lui-même le feu ? L'exploration aérienne réserve le temps de la réflexion avant d'en venir au contact.

De même que l'escorte des convois n'est pas la seule mission de guerre qui convienne au porte-avions auxiliaire, le grain n'est pas le seul fret possible. Il en est beaucoup d'autres qui se passent de mâts de charge, comme le pétrole des *Sangamon* américains ou le passager. Mais leur intérêt apparaîtra mieux si l'on examine les conditions techniques les plus favorables à l'économie de ce type de bâtiment.

La charpente d'un navire à deux ponts comme

(1) Voir « La bataille navale du Rio de la Plata », (*Science et Vie*, n° 272, février 1940.)



FIG. 8. — ESSAI DE DÉCOLLAGE D'UN CHASSEUR EMBARQUÉ DE LA MARINE AMÉRICAINE AVEC L'AIDE DE FUSÉES
Les fusées donnent, suivant les caractéristiques des avions et leur état de chargement, une réduction de 30 à 60 % de la longueur de décollage. Le chasseur est ici un Vought-Sikorsky « Corsair ».

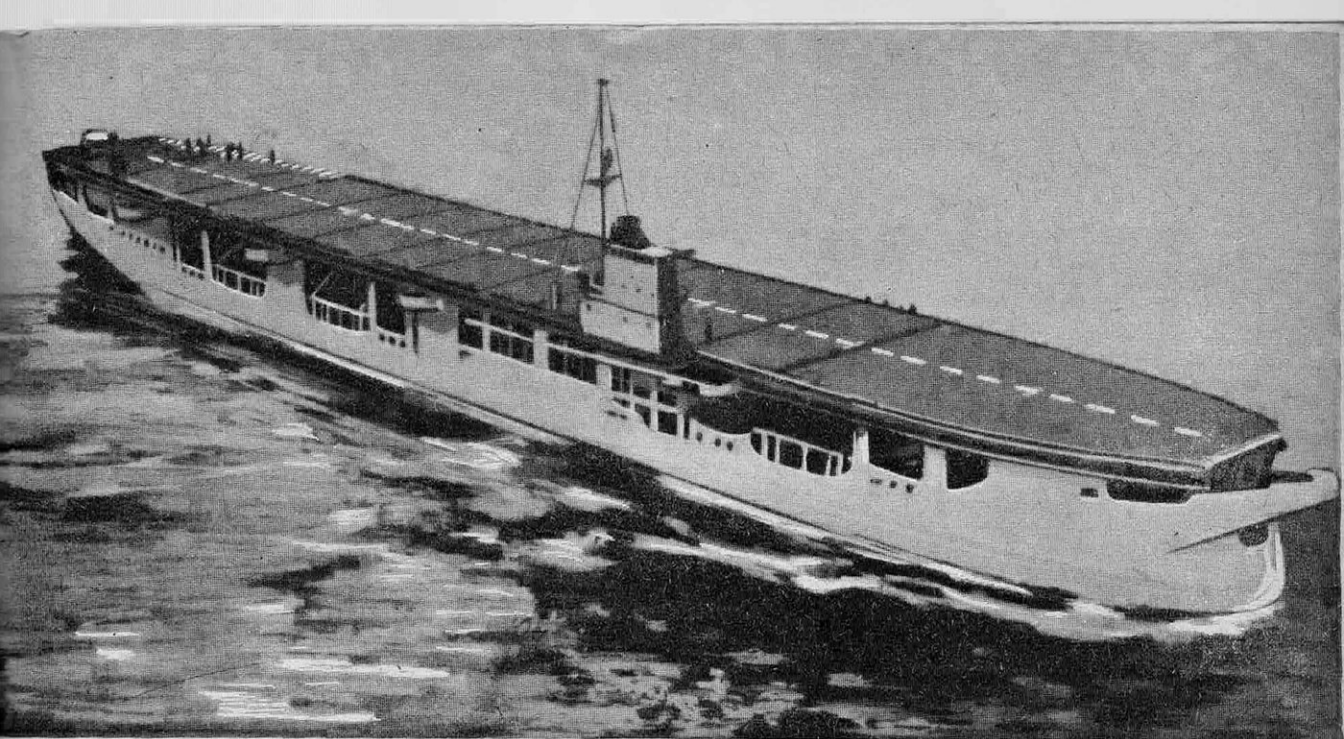


FIG. 9. — LE PÉTROLIER « AMASTRA » TRANSFORMÉ EN PORTE-AVIONS

Le porte-avions auxiliaire peut être établie de deux manières différentes. Ou bien, on part d'un navire à un pont, que l'on surmonte d'un pont d'envol léger, calculé pour la seule résistance à l'atterrissage des avions ; c'est une solution qui a été appliquée sur plusieurs pétroliers et autres navires américains et japonais transformés en porte-avions. Ou bien, on demande au pont d'envol de participer à la résistance du navire à la flexion longitudinale, et l'on réduit en conséquence les échantillons du pont principal ; c'est la solution la plus économique, mais qui exige que le bâtiment ait été étudié dès l'origine comme porte-avions. Dans ce cas, l'économie est d'autant plus grande que le déplacement est plus élevé, car on ne peut pas réduire les échantillons du pont principal au-dessous d'un minimum imposé par des considérations telles que la résistance aux charges locales ou l'usure des tôles. Le grand bâtiment à deux ponts peut même être plus léger que le bâtiment à un seul pont de creux inférieur. L'« Empire Macalpine », avec ses 127 m, est un navire de tonnage moyen qui ne bénéficiait pas de cet avantage.

L'économie de l'« Empire Macalpine » tient en grande partie à sa faible vitesse de 13 nœuds quand les porte-avions d'escorte américains filent de 16,5 à 18,5 nœuds pour les plus lents, qui sont des cargos et pétroliers transformés. Si le service des convois s'accommode de navires lents, lorsqu'ils sont employés en combinaison avec d'autres, plus rapides, chargés de la chasse au sous-marin, certaines missions du porte-avions auxiliaire se trouveraient mieux d'une vitesse plus élevée. C'est le cas en particulier de toutes celles où, navigant isolément, il est exposé à l'attaque de sous-marins plus rapides en plongée qu'il ne l'est en surface, tels que les 1 600 t allemands type XXI (1). La solution est alors le porte-avions auxiliaire de fort tonnage, qui donnera les 16 à 18 nœuds des cargos rapides. Elle reste économique si on ne l'applique pas à l'augmentation du nombre des avions ou à des largesses dans l'aménagement militaire, mais au relèvement de la part faite au transport commercial. La différence de rendement entre le

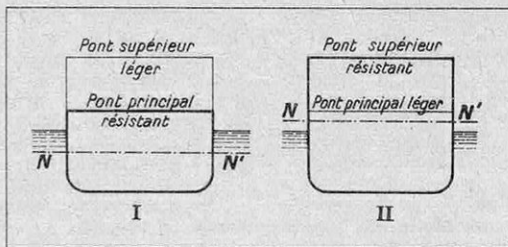


FIG. 10. — COUPES TRANSVERSALES DE PORTE-AVIONS A PONT SUPÉRIEUR LÉGER ET A PONT SUPÉRIEUR RÉSISTANT

Si l'on transforme (I) un cargo à un pont, calculé pour résister à la flexion longitudinale en cet état, par l'addition d'un pont d'envol léger, la résistance diminue au lieu d'augmenter. Sous une flexion longitudinale, en effet, la fatigue des éléments de la charpente est proportionnelle à leur distance à la « fibre neutre », NN', qui passe par le centre de gravité des éléments travaillant au cours de cette flexion ; comme elle est à peu près à mi-distance entre le pont principal et les fonds, sur les cargos à un pont, et qu'elle est relativement peu relevée par l'addition du pont d'envol léger si les échantillons en sont faibles, celui-ci devient l'élément le plus chargé de la charpente et risque de se rompre. Si, au contraire (II), le porte-avions a été calculé, dès le début, pour que la résistance des hauts soit demandée au pont supérieur, le pont principal, et même l'ensemble des échantillons peuvent être réduits au point que la charpente totale soit plus légère que celle du navire à un seul pont dont on est parti dans l'établissement de la charpente I. En ne tenant compte que de ce facteur, le porte-avions auxiliaire peut donc être plus léger que le cargo de même port en lourd. Le parallélisme est complet avec l'automobile, où un toit de carrosserie métallique trop mince, monté sur un châssis très résistant, peut casser, alors que la rupture est évitée, soit en renforçant la résistance de la carrosserie et réduisant celle du châssis, soit mieux encore, en conservant la carrosserie en échantillons minces et supprimant le châssis.

(1) Voir « Les sous-marins allemands », (Science et Vie, n° 340, janvier 1946.).

porte-avions auxiliaire et le cargo pur s'atténue.

Elle disparaît presque complètement si l'aménagement relatif à la mission de porte-avions est exécuté d'abord pour servir au transport des passagers. La formule est préférable à celle d'un entrepont à usage aéronaval qu'on aménagerait en paquebot pour le temps de paix. Tant d'hôtels ont été convertis, au cours de cette guerre, en casernes et bureaux militaires que le paquebot ou le cargo mixte apparaît comme le type de navire le plus rapidement transformable, et aux moindres frais, pour le logement des 55 aviateurs et mécaniciens nécessaires. Pour peu qu'on prévoie la double utilisation, les locaux communs, salle à manger et salon, conviendront parfaitement au logement d'une douzaine d'avions à ailes repliables. Le porte-avions auxiliaire devient alors un cargo mixte, qui est un type de navire qu'on s'accorde à voir résister, beaucoup mieux que le paquebot pur, à la concurrence de l'avion. Les C-3 de la Commission maritime américaine, dont plusieurs ont été transformés en porte-avions, étaient d'ailleurs conçus comme cargos mixtes.

Le développement du porte-avions auxiliaire

A une époque où les marines sont à la recherche d'un type de navire qu'on puisse construire sans qu'il soit trop évidemment démodé, le porte-avions auxiliaire est à recommander. A tout le moins, si on se trompe sur sa valeur, pourra-t-il faire un cargo, et ne sera-t-il pas, jusque-là, d'exploitation très coûteuse, ce qui n'est pas le cas de navires de ligne à 10 milliards pièce, avec leurs 2 000 hommes d'équipage.

Il ne faut cependant pas se dissimuler que cette formule se heurtera à une grosse difficulté, qui est d'obtenir l'accord d'une marine de guerre et d'une marine de commerce sur un type de navire mixte.

Les marines de guerre n'ont pas coutume de laisser une place inemployée à bord des bâtiments qu'elles utilisent, et il est à craindre que des cales à marchandises ou des cabines à passagers ne leur apparaissent d'abord sous ce jour. Dans le cas particulier du porte-avions auxiliaire, il ne leur sera guère difficile de démontrer qu'un navire sans canons, ou réduit à la seule pièce qui orne la proue de l'« Empire Macalpine », ne peut faire un navire de guerre, même s'il a plus d'avions qu'il n'en faut pour couler un cuirassé. A en juger par les équipages indiqués dans les annuaires, 55 aviateurs ou mécaniciens, réunis à 52 marins du commerce, ne sont pas un chiffre convenable pour un équipage de navire armé pour le combat. Sur un cargo de même longueur exactement que le bâtiment britannique, le *Wright*, transformé en 1922 pour servir de base à 12 hydravions, la marine américaine loge plus de 1 000 hommes de toutes spécialités.

Les marines marchandes supportent malaisément, en temps de paix, la moindre exigence de nature militaire, serait-ce la consolidation d'une sous-salette de canon. A quelles récriminations

ne s'exposera-t-on pas si l'on prétend imposer un navire sans mâts de charge, ou sans éponilles dans le salon ! Et l'on n'est pas près de convaincre une société de classification qu'un pétrolier à deux ponts pourrait être beaucoup plus léger que le navire à un seul pont de même port en lourd.

C'est donc surtout en temps de guerre, lorsque les constructions de grands bâtiments munis des tout derniers perfectionnements navals demandent trois ans, lorsque la crise des équipages coulés avec leurs navires sévit, lorsque les assureurs, les armateurs et les passagers sont moins difficiles, qu'on peut espérer voir reprendre des constructions du genre de l'« Empire Macalpine ». Ce ne sont cependant pas les lignes et les genres de transports favorables à l'emploi du porte-avions auxiliaire qui manquent dès le temps de paix.

On commence à découvrir l'intérêt des gros tonnages, et des vitesses élevées qu'ils autorisent, même pour des marchandises de peu de valeur. Le transport des grains, et notamment du blé, commençait à s'organiser sur cette base avant la guerre. Aujourd'hui apparaissent des pétroliers de plus de 30 000 t de port en lourd. Des cargos à minerai de même tonnage, à 18 nœuds, relient par le canal de Panama les mines du Chili aux centres de consommation des États-Unis. En aménageant de tels bâtiments pour le transport de 50 à 100 passagers en plus de leur fret principal, ils pourraient attirer par des tarifs avantageux ceux qui ne sont pas pressés. Or, le gros cargo spécialisé, sans mâts de charge, peut s'appliquer à beaucoup d'autres produits liquides ou solides que le pétrole et le blé : le caoutchouc sous forme de latex, les huiles, le sel, le phosphate, le nitrate...

Même en s'en tenant aux tonnages voisins de l'« Empire Macalpine », il n'est guère de grande marine qui ne trouverait, en temps de paix, l'utilisation de quelques bâtiments de ce type à des transports intéressant directement le pays. En France notamment, en raison de la très grosse différence des tonnages à l'importation et à l'exportation, nous n'avons pas le fret de retour pour le vin d'Algérie, le phosphate de Tunisie et du Maroc, l'arachide du Sénégal, le riz de Cochinchine, le sucre et le café de Madagascar. Le cargo mixte spécialisé dans ces marchandises pourrait renoncer à disputer aux navires aptes à des transports variés les quelques envois que la France fait en ces pays d'Empire et y rentrer sur lest. S'il est une rationalisation des transports que pourrait imposer l'État à une époque où il est à la fois maître des constructions et de l'exploitation des lignes, c'est bien celle-là. Il resterait ensuite à voir dans quelle mesure on peut embarquer, en partie au moins, des cargaisons variées sur des navires qui n'ont pas les mâts de charge habituels ; n'est-ce pas le cas, dans une mer sans marée comme la Méditerranée, des primeurs qu'on préfère manipuler à travers des portières latérales, même sur les navires ayant des panneaux ?

Camille ROUGERON.

A CÔTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

UN CHASSEUR A PROPULSION MIXTE : LE RYAN " FIREBALL "

L'AVIATION navale américaine a adopté récemment un appareil de chasse pour porte-avions d'un modèle nouveau, le Ryan FR-1 « Fireball ». C'est un appareil monoplace, à aile trapézoïdale basse, repliable pour faciliter le logement de l'appareil sur le pont ou dans les hangars des porte-avions ; il possède un train d'atterrissage tricycle escamotable en vol, ce qui est assez peu fréquent sur les appareils embarqués sur porte-avions. Mais son originalité la plus grande réside dans le fait qu'il possède deux modes de propulsion : à l'avant est installé un moteur à pistons classique qui entraîne une hélice tractive ; à l'arrière est disposé un moteur à réaction.

Cette combinaison présente des avantages nombreux. D'abord, les possibilités de décollage à forte charge et sur un faible espace sont améliorées, l'éjection de gaz vers l'arrière aidant au démarrage. De plus, l'appareil est susceptible d'atteindre une vitesse maximum élevée, qui conserve pratiquement la même valeur quelle que soit l'altitude, au moins jusqu'à 7 000 m. En effet, lorsque l'appareil prend de la vitesse et s'élève, la traction de l'hélice décroît, tandis que la poussée due au moteur à réaction s'accroît. Enfin, lors du combat aérien, l'appareil conserve grâce à son hélice une grande maniabilité aux faibles vitesses et il est capable d'accélération élevées.

Le moteur à pistons du « Fireball » est un Wright « Cyclone » R-1820, 9 cylindres en étoile à refroidissement à air, développant 1 350 ch et actionnant une hélice tripale à pas variable de 3,05 m de diamètre.

Le moteur à réaction est un

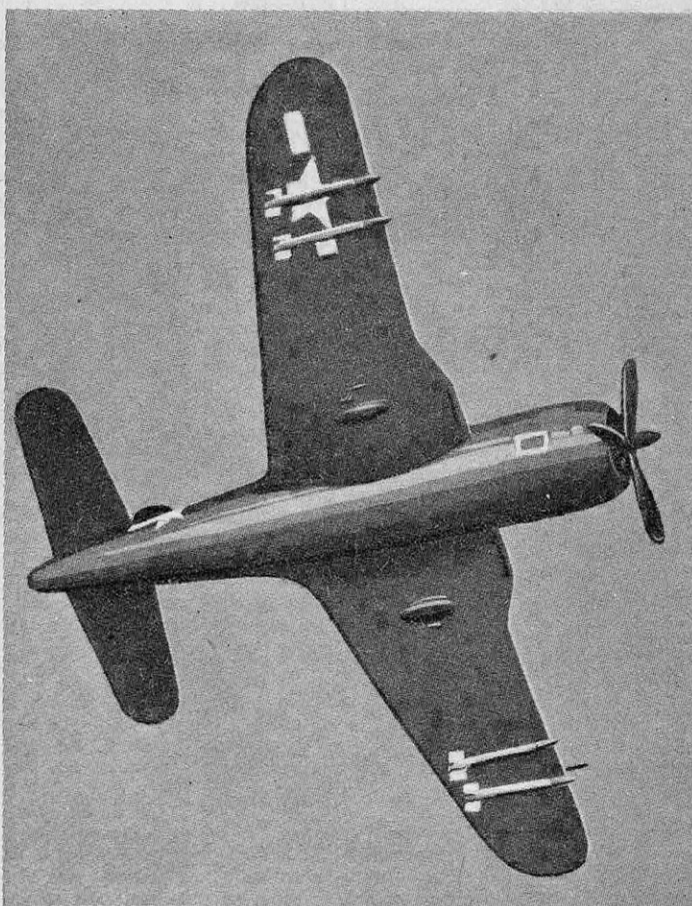


FIG. 1. — LE RYAN « FIREBALL », CHASSEUR A HÉLICE ET A RÉACTION DE L'AVIATION NAVALE AMÉRICAINE

General Electric I-16, comportant une turbine à gaz à un étage entraînant un compresseur centrifuge à 16 500 t/mn (vitesse maximum) alimentant dix chambres de combustion radiales. L'admission d'air s'effectue dans le bord d'attaque de l'aile, des deux côtés du fuselage.

Le Ryan « Fireball » mesure 12,20 m d'envergure, 9,80 m de longueur et 4,85 m de largeur avec ses ailes repliées.

Sa vitesse maximum avec hélice seule serait de 514 km/h ; avec turboréacteur seul de 482 km/h ; avec la propulsion combinée de 630 km/h. La vitesse ascensionnelle atteindrait 1 600 m/mn et le rayon d'action 2 400 km (avec réservoir supplémentaire largable).

Son armement comporte : 4 mitrailleuses Browning de 12,7 mm dans l'aile, pouvant tirer chacune 300 coups, 2 bombes de 450 kg et 4 obus-fusées

BLINDAGES " PLASTIQUES "

Dès les premiers mois de la guerre, la mise en chantier de multiples bâtiments de combat de tout tonnage avait provoqué en Grande-Bretagne une véritable crise de la production des plaques de blindage en aciers spéciaux, et on dut se résoudre à des solutions de fortune lorsqu'il devint indispensable d'armer les innombrables paquebots et cargos naviguant isolément ou en convoi et de protéger au moins leurs parties vitales contre certaines attaques dont ils pourraient être l'objet de la part des avions et des sous-marins en surface. On fut amené ainsi à utiliser des plaques de ciment pour garnir les passerelles de ces navires et couvrir les servants des pièces installées sur le pont. On pensait ainsi assurer leur protection efficace, bien que limitée aux balles des mitrailleuses et aux éclats des bombes. Cette mesure se révéla à l'usage inopérante, et même nuisible, car les fragments de béton projetés de tous côtés lors d'une atteinte menaçaient dangereusement le personnel. Il fallait trouver autre chose.

La solution du problème, qui devait recevoir au cours des années suivantes une énorme extension tant en Grande-Bretagne qu'au Canada et aux Etats-Unis, fut suggérée par la constatation faite lors de l'évacuation de Dunkerque, que balles et éclats arrivant à faible vitesse ou sous une incidence très oblique sur le pont recouvert d'un enduit bitumineux des petites unités de toute sorte mises à contribution à cette occasion, y glissaient ou y restaient fichés sans perforer le revêtement du pont. L'enduit, semblable à celui que l'on étend à chaud sur certaines toitures ou certaines routes, consistait en bitume mélangé d'une poudre calcaire et d'un peu de gravier.

Les essais systématiques entrepris immédiatement montrèrent qu'il y avait intérêt à augmenter dans de très fortes proportions la teneur du mélange en gravier et on parvint ainsi à une formule de blindage « plastique » qui comportait, en poids, 55 % d'éclats de granite de 15 mm environ en tous sens, 37 % de poudre cal-

caire et seulement 8 % de bitume. Lorsqu'un projectile de petit calibre frappe un tel ensemble, il est dévié, déformé, parfois brisé par les pierres et se perd dans la masse. Une simple tôle d'acier doux placée à l'arrière empêche la projection éventuelle de fragments de granite, d'ailleurs à faible vitesse. Une protection efficace contre les balles de 7,7 mm était ainsi assurée par une plaque pesant 187 kg/m², contre 244 kg/m² pour le ciment classique et 176 kg/m² pour l'acier. En pratique, on préparait le mélange intime des éléments entrant dans la constitution des nouveaux blindages dans des malaxeurs d'une capacité de 4 à 8 t qui, après trois ou quatre heures de trituration, le coulaient à chaud entre la paroi à protéger et des coffrages en bois ou en tôle que l'on retirait après solidification. On préparait également des éléments préfabriqués de 57 mm d'épaisseur en coulant le mélange sur de simples tôles de 5 mm. Il ne restait plus qu'à disposer ces éléments autour des passerelles, postes de radio, postes de servants des armes de bord, etc.

Ce blindage fut perfectionné par la suite en substituant au granite des graviers de silex ou quartz soigneusement calibrés (l'expérience montra qu'il fallait leur donner des dimensions doubles du calibre du projectile à arrêter) et en portant leur proportion en poids à 70 %. On remplaça aussi, cette fois pour des raisons d'approvisionnement en matières premières, le bitume par du brai. Un mélange comportant une telle teneur en matériaux de grandes dimensions se laisse difficilement couler, et on fabriqua dorénavant les plaques préfabriquées par vibration à chaud du mélange entre deux tôles minces, boulonnées entre elles à la fin de l'opération, ce qui facilitait les manutentions et la mise en place. Il était ainsi possible de réaliser même des blindages non magnétiques, destinés aux postes de timonerie des navires, en utilisant des tôles en alliages cuivreux.

À la fin de 1942, la plupart des postes de défense des navires marchands étaient garnis de tels blindages et, au printemps de 1943, on en avait fabriqué plus de 100 000 t. Lors du débarquement, on en trouvait non seulement sur

les transports et sur les éléments préfabriqués des ports artificiels de la Manche, mais aussi à terre sur certains engins spéciaux lourds tels que bulldozers et lance-flammes, et aussi pour la construction rapide de blockhaus démontables.

POUR TRACER DES ARCS DE TRÈS GRAND RAYON

IMAGINONS une règle AB (fig. 2) légère, résistant bien à la flexion, homogène, à laquelle sont fixées deux petites consoles AC et BD aux extrémités desquelles on puisse faire agir deux forces égales f . La règle AB fléchit jusqu'à ce que la position d'équilibre soit atteinte. On peut démontrer, par un calcul de mécanique simple, que la fibre neutre de la règle peut prendre la forme d'un arc de cercle parfait, à la condition de respecter certaines disposi-

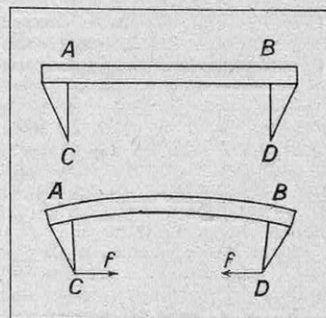


FIG. 2. — LA RÈGLE AB FLÉCHIT LORSQU'ON APPLIQUE DEUX FORCES f AUX EXTRÉMITÉS C ET D DES CONSOLES SOLIDAIRES DE LA RÈGLE

tions pour la valeur des sections de la règle en ses divers points ; de plus, suivant la force appliquée pour assurer la flexion, le rayon de l'arc de cercle peut prendre avec précision toutes les valeurs inférieures à 25 m et le tracé demeure très approché et pratiquement exact pour les rayons supérieurs à 25 m.

C'est sur ce principe qu'a été établi l'appareil représenté (fig. 3) où l'on remarque la règle fléchie sous l'action de la traction exercée par un fil d'acier dont les extrémités peuvent coulisser dans les rai-

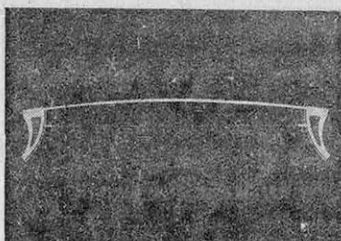


FIG. 3. — LA RÈGLE PREND LA FORME D'UN ARC DE CERCLE LORSQUE LES POINTS DE TRACTION DU CABLE SONT ÉGALEMENT DISTANTS DE LA RÈGLE

nures des consoles. Ces consoles portent chacune une graduation, l'une donnant, suivant la position de la chape du galet terminant le câble, la valeur, en mètres, du rayon de l'arc figuré par la règle, l'autre la valeur, en centimètres, de l'unité du même arc (un degré). Quant à la règle, elle porte la classique graduation millimétrique, bien que celle-ci soit légèrement faussée par la flexion. Le repère central O définit la bissectrice de l'angle formé par les consoles. Ceci permet, par exemple, après tracé de l'arc, de trouver la valeur angulaire de cet arc par le rapport entre la longueur totale de l'arc et celle du degré correspondant, ou, inversement de calculer la longueur de l'arc à tracer, produit de sa valeur angulaire en degrés, par la longueur du degré lu sur la graduation de la console.

Remarquons que, si les points d'application de la traction sur les consoles sont à des distances inégales de l'origine des consoles (fig. 4), on peut tracer des arcs de courbes variables s'apparentant, suivant les déformations, à des arcs

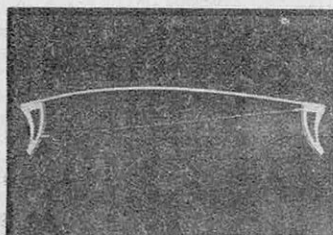


FIG. 4. — QUAND LES POINTS DE TRACTION DE LA RÈGLE SONT DISSYMMÉTRIQUEMENT SITUÉS, LA RÈGLE PREND LA FORME D'UNE COURBE AUTRE QU'UN ARC DE CERCLE

d'hyperbole, de parabole ou de développante, et susceptibles d'être utilisés comme courbes de raccordement.

ÉPIEUSES-BATTEUSES A UN SEUL HOMME

On parvient aujourd'hui à cultiver les céréales avec très peu de main-d'œuvre. La moisson et le battage, en particulier, peuvent s'effectuer simultanément sous la conduite d'un seul homme, grâce à des types nouveaux de machines agricoles dont nous décrivons ici un grand modèle américain et un petit modèle anglais.

La nouvelle épieuse-batteuse américaine (fig. 5) est auto-

Assis au-dessus du batteur, le conducteur a sous la main le volant de direction et les manettes de réglage du moteur de 45 ch à quatre vitesses de la batteuse.

De telles grandes machines sont *a priori* peu utilisables en France, pour plusieurs raisons : la paille conserve chez nous une valeur importante, ce qui conduit à la couper plus près de terre et à la lier ; l'épi n'est pas assez mûr ou sec pour être battu tout de suite ; les champs sont moins grands qu'en Amérique et les agriculteurs moins spécialisés.

C'est en Afrique du Nord que l'on pourrait rencontrer des analogies avec la culture américaine ; les moissonneuses-batteuses tractées y remplacent peu à peu les épieuses (« espi-

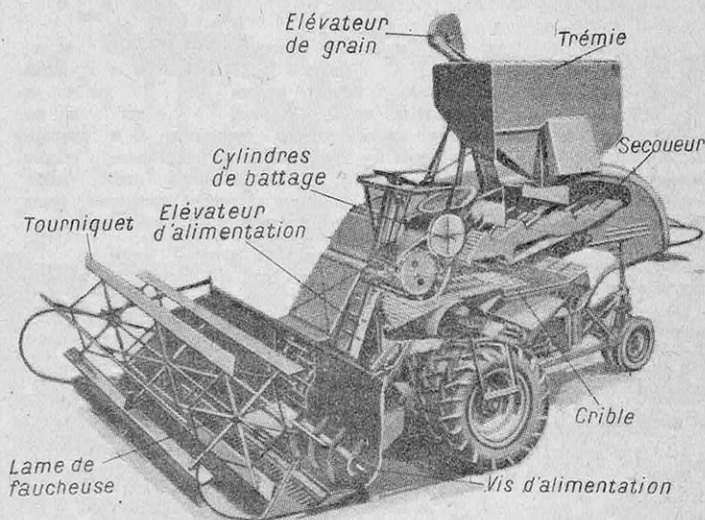


FIG. 5. — VUE EN COUPE PARTIELLE DE L'ÉPIEUSE-BATTEUSE AMÉRICAINE

mobile et poussée par l'engin moteur à travers le champ à récolter. A l'avant est une scie de faucheuse de 3 m de longueur, surmontée par un tourniquet rabattant sur la scie la récolte de céréales qui tombe dans une auge munie de deux vis sans fin bout à bout, la faisant converger vers un élévateur l'amenant au batteur. Le reste est une batteuse en long : le grain traverse des secoueurs, le débarrassant des menues pailles, puis des balles. Il est repris au fond de la batteuse pour être élevé dans une grande trémie d'où il coulera dans des sacs préparés aux extrémités du champ.

cadoras») poussées par des chevaux.

De leur côté, les Anglais, qui récoltent un grain encore moins sec que dans la France centrale, ont remarqué qu'il sèche mieux et ne s'échauffe pas en tas si on le laisse mélangé de 3 % en poids de « bales » ou menue paille, ce qui fait une bien plus grande proportion en volume. Dès lors, il est inutile de complètement séparer et nettoyer le grain. D'autre part, la paille a relativement moins de valeur qu'en France. On peut la laisser sur le champ pour la récolter ensuite en vrac comme du foin.

D'où la conception d'une



FIG. 6. — VUE AVANT DE L'ÉPIEUSE-BATTEUSE ANGLAISE

moissonneuse-batteuse simple (fig. 6) qui se compose d'un cylindre batteur précédé d'un peigne démêleur (surmonté d'un tourniquet) et d'une scie de 1,20 m, et suivi d'un élévateur-secoueur. Le tout est actionné par un petit moteur de 5 ch à refroidissement par air. Mais ce moteur ne sert pas à la traction de la machine, qui est flanquée d'un tracteur.

Le grain non nettoyé est recueilli dans des sacs suspendus à l'arrière de la machine. Il sera passé à temps perdu en automne ou en hiver dans un nettoyeur et un tarare.

Cette moissonneuse-batteuse peut être employée en petite culture.

POUR AMÉLIORER LE RENDEMENT DES TRANSPORTS ROUTIERS

ON évoque souvent le manque de moyens de transport pour expliquer les difficultés éprouvées dans la circulation des produits nécessaires au ravitaillement et à l'essor industriel du pays.

Aussi conçoit-on l'intérêt primordial qui s'attache à la recherche de l'augmentation du rendement des véhicules. Toute solution permettant, en particulier, d'éviter le retour à vide d'un camion qui ne trouve pas à charger le genre de marchandise pour lequel il a été prévu doit être la bienvenue. C'est ce que s'est proposé

M. Bonnechaux qui a mis au point une carrosserie spéciale pour le transport à volonté de liquides ou de solides. Avec un camion ainsi conçu, le volume disponible est utilisé au maximum et le rapport poids mort/charge utile est diminué, grâce à l'emploi d'aciers spéciaux et

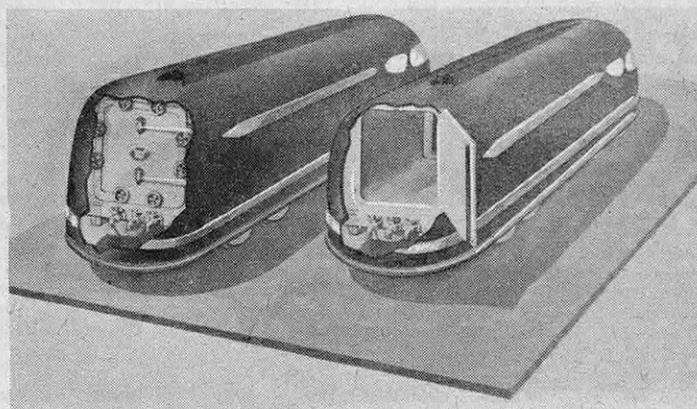


FIG. 7. — VUE ARRIÈRE DU FOURGON-CITERNE

A gauche, pour le transport des liquides la porte étanche est fermée. A droite, elle est ouverte pour permettre le chargement des colis.

d'alliages légers. La seule restriction imposée est de ne pas transporter successivement sans précaution certains liquides, tels que l'essence ou le mazout, et des denrées alimentaires non protégées.

Le véhicule se compose d'un réservoir en acier inoxydable résistant aux produits les plus corrosifs et sans action sur les liquides. Une porte arrière, fermée pour les transports de

liquides et dont l'étanchéité est assurée, même pour les liquides les plus volatils, par un joint spécial à dépression, sert au chargement des colis. Aucun revêtement intérieur fragile ne risque de compromettre la résistance du réservoir qui peut être parfaitement calorifugé. La suspension « flottante » sur le châssis préserve les marchandises des cahots de la route. Mentionnons encore l'aménagement prévu pour le repos du personnel au cours des voyages de longue durée, le refroidissement des pneumatiques qui n'ont pas à souffrir des grandes vitesses.

Sur le parcours Marseille-Paris, par exemple, on pourra transporter du vin, chargé au moyen de la pompe prévue à cet effet. A l'arrivée, le réservoir sera vidé, la porte étanche ouverte et l'intérieur aéré et nettoyé. Des grilles de caoutchouc seront alors placées sur le « plancher » et le long des parois pour protéger contre les chocs les colis prévus pour le voyage de retour.

Grâce à l'emploi d'alliages légers, on envisage, à poids égal, la construction de tels véhicules pouvant loger 210 hl

contre 150 hl seulement avec les méthodes de construction ordinaires.

Ainsi, grâce à l'utilisation dans les deux sens, la capacité de transport du nouveau véhicule pour un voyage complet pourra atteindre 42 m³ contre 15 m³ seulement pour un camion-citerne ordinaire (un seul voyage utile).

V. RUBOR.

SCIENCE ET VIE PRATIQUE

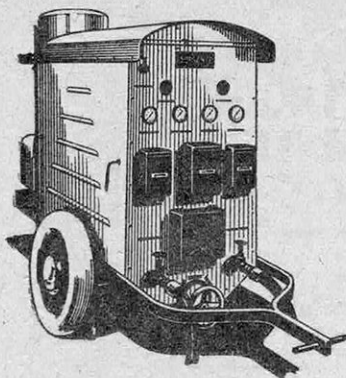
SAVOIR ÉCRIRE EST UNE NÉCESSITÉ

Ingénieur, technicien, directeur, employé ou chef d'atelier, un style sobre et clair vous est indispensable : il faut savoir mettre de la précision, de la chaleur, de la vigueur dans un rapport, un mémoire, une lettre, un article technique. La faculté de s'exprimer correctement par écrit peut s'acquérir au prix de quelques exercices méthodiques et bien conduits. Renseignez-vous sur le cours de rédaction de l'École A. B. C. qui a formé, depuis 1930, des milliers d'excellents rédacteurs de toutes catégories.

Demandez aujourd'hui même à A. B. C. (Rédaction C. B. 4), 12, rue Lincoln, Paris (8^e), la brochure *L'Art d'Écrire*, qui vous documentera de façon complète sur l'attrait et l'originalité de cette méthode. (Joindre 6 fr. pour frais d'envoi.)

ÉPURATION DES HUILES DE TRANSFORMATEURS

L'huile utilisée dans les transformateurs s'oxyde rapidement au contact de l'air et se charge de particules d'eau, d'où la nécessité de l'épurer et de la déshydrater. Jusqu'à présent, aucun appareil mobile ne se trouvait dans le commerce.



Le SOFRANCE ÉLECTRIQUE réunit toutes ces qualités. Par une filtration au 1/20 de micron, il élimine toutes impuretés de l'huile et, par une déshydratation faisant suite à la filtration, il supprime toutes traces d'eau, ramenant ainsi l'huile à sa rigidité diélectrique première. Il travaille entièrement à l'abri de l'air et ne nécessite pas l'arrêt des transformateurs.

Grâce à cet appareil, toute société peut, pour un prix minime, épurer fréquemment l'huile de ses transformateurs, évitant ainsi le décuveage et laissant les connexions internes sans traces d'oxyde pendant de nombreuses années (documentation sur demande).

SOFRANCE-PARIS :

206, bd Pereire, PARIS (17^e).

Tél. : ÉTO. 35-19.

POUR COLLER PHOTOS, PAPIERS, ET OFFES, etc.

Nous vous recommandons la Super-ADHÉSINE, la triple colle blanche parfumée, dont le pouvoir adhésif se remarque rien qu'au toucher.

Solide, propre, économique, c'est la colle idéale pour le bureau, l'atelier, l'école. Fabriquée par les Éts Corector, elle est en vente partout.

CE QU'EST L'ÉLECTROCUTEUR H. F. DESTRUCTEUR DE MOUTSIQUES

Cet appareil est composé d'un double cylindre de métal perforé dont



l'axe est constitué par un tube lumineux de faible wattage et une cartouche d'un produit spécial attire-insecte.

Le socle, en matière moulée, contient le mécanisme transformateur de courant. Dans le cylindre passe un haut voltage qui, par simple contact, électrocute instantanément tout insecte.

C'est véritablement, à l'heure actuelle, le procédé de destruction le plus moderne, le seul infaillible.

L'ÉLECTROCUTEUR H. F. est une invention brevetée de

S. E. V. U.

12 bis, avenue des Gobelins, Paris, à qui vous pouvez écrire en demandant la notice SI.

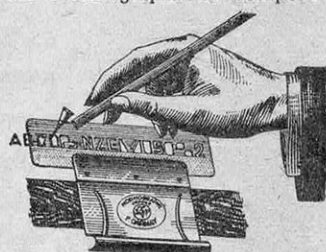
CARRIÈRES DE L'ÉTAT

Ceux qui désirent s'orienter vers une carrière de l'État peuvent, sans s'engager en aucune façon, écrire à l'École Spéciale d'Administration, 28, bd des Invalides, Paris (7^e), pour obtenir un conseil. Qu'ils n'oublient pas d'indiquer leur date de naissance, les diplômes qu'ils ont obtenus et leurs goûts.

" LE NORMOGRAPHE " TRACE LETTRES ET CHIFFRES

C'est le procédé le plus pratique et le plus perfectionné pour faire des inscriptions comparables à des caractères d'imprimerie sur dessins, plans, tableaux, affiches, étiquettes, etc.

Le Normographe se compose de



trace-lettres et de plumes spéciales à tracer.

Les trace-lettres et chiffres sont en matière plastique transparente, portant des découpures pour tracer lettres et chiffres, majuscules ou minuscules.

La plume spéciale est en laiton, elle s'adapte sur tous les porte-plume.

Grosse économie de temps et d'argent. Renseignements et prix sur demande.

F. DARNAY, Spécialiste d'articles de dessin. 9 bis, rue Coyvel, PARIS

DOUBLEZ LA PUISSANCE DE CHAUFFAGE DE VOTRE COMPTEUR

Le chauffage domestique, celui des bureaux, des cabinets de travail, n'est effectif que pendant le jour.

Or, par suite de la pénurie des compteurs, beaucoup d'usagers ne peuvent obtenir des secteurs les augmentations de puissance nécessaire à un chauffage plus efficace.

Nous attirons donc l'attention sur les possibilités du chauffage mixte NORDIA, qui, combinant l'utilisation des radiateurs à accumulation et des radiateurs à chauffage direct, permet de doubler la puissance de chauffage du compteur.

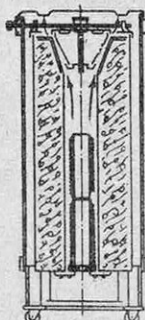
En effet, les radiateurs à accumulation NORDIA, composés d'éléments de 1000, 1500 ou 1800 watts juxtaposables, brûlent le courant de nuit, emmagasinant la chaleur qu'ils restituent pendant le jour. Les radiateurs à chauffage direct, composés d'éléments en fonte de 500 watts juxtaposables, doublent les possibilités brûlant le courant de jour.

Nos radiateurs sont brevetés, garantis 3 et 5 ans et d'un rendement calorifique élevé.

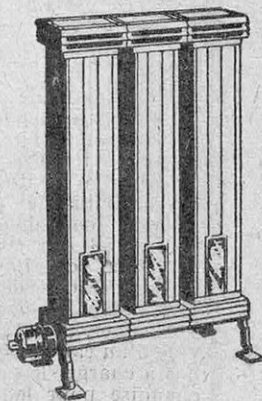
Renseignements et prix sur demande :

NORDIA, ATELIER 30

4, cité Griset, PARIS (11^e). - OBERKAMPF 10-27.



Coupe d'un élément NORDIA à accumulation.



3 éléments NORDIA à chauffage direct.

A PROPOS DES VERRES DE CONTACT FRANÇAIS R.-A. DUDRAGNE

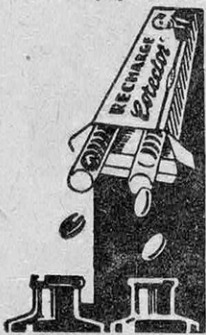
Remarquable progrès en optique médicale, les verres de contact joignent tous les avantages optiques aux nécessités de l'esthétique.

M. R.-A. Dudragne, ingénieur opticien, diplômé de l'École supérieure d'Optique, reçoit chaque matin sauf le samedi et sur rendez-vous, les mardi, jeudi, vendredi.

Brochure et prix sur demande. — R.-A. DUDRAGNE, 49, boulevard de Courcelles, PARIS (17^e). Métro Courcelles. Tel. : Wagram 48-27.

RETENEZ BIEN CE CI : AVEC CORECTOR ON EFFACE COMME ON ÉCRIT

Sur le papier, le bois, les étoffes blanches, CORECTOR enlève les taches d'encre, de fruits, de teinture d'iode. Par suite de la pénurie de flacons, refaites vous-même un Corector frais et efficace en utilisant les étuis de recharge CORECTOR. Garanti sans chlore, ne jaunit pas et ne brûle pas. En vente partout.



LA MACHINE A GRAVER "GRAVIT"



Les Etablissements VITOUX 42, rue de la Paix, à Troyes (Aube), Fabricants des Machines à Remailer « Vitos », utilisées dans le monde entier, viennent de présenter une Machine à Graver « GRAVIT ».

Cette machine, d'une rare perfection technique, apporte aux industriels et aux graveurs un outil remarquable par la rapidité, le fini de son travail et la simplicité de son emploi.

Sa cadence de frappe de 8.000 coups à la minute donne un trait continu extrêmement fin.

La machine peut travailler sur cuivre, zinc, aluminium, bois, matières plastiques, etc...

Elle permet d'établir rapidement des plaques d'identité, plaques de bicyclette, bagues, etc...

Son emploi se prête à des développements industriels presque illimités. Sa manœuvre, très simple, ne nécessite aucun apprentissage.

Avec « GRAVIT » vous graverez aussi rapidement et aussi facilement que vous écrivez.

LA RÉGÉNÉRATION DES HUILES DE GRAISSAGE

L'Ultra-Filtration des huiles de graissage usagées élimine toutes les particules solides qui les souillent et restitue 90 % de l'huile neuve.

L'Ultra-Filtre Maxéi petit modèle traite 20 litres par jour. Son prix est de l'ordre de 6 000 francs, vite amortis. Colmatage impossible. Pas de main-d'œuvre spécialisée.

Partout où tournent quelques moteurs, un Ultra-Filtre Maxéi paie.

Notice S. V. sur demande à la Société Maxéi, 25 bis, boulevard de Courbevoie, Neuilly (Seine).

LOCATION DE FILMS

Pour distraire les enfants, en famille, à l'école ou au patronage, TOUT PHOTO, 64, rue de Turbigo,

PARIS (Arch. 71-09) tient à votre disposition

une collection PATHE-BABY de beaux films ou simplement de films amusants qui peuvent vous être loués. Vous trouverez également à cette adresse des JOUETS SCIENTIFIQUES MODERNES, DES PROJECTEURS ET DES CAMERAS



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.

ÉTUDES 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 27720.

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 27721.

LES COURS DE FORMATION SCIENTIFIQUE vous permettront de compléter vos connaissances en Mathématiques, Physique, Chimie, etc. — Notice gratuite n° R 27722.

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 27723.

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 27724.

INDUSTRIE. — Certificats d'aptitude professionnelle. — Notice gratuite n° R 27725.

RADIO. — Certificats de Radio de bord (1^{re} et 2^e classes). — Notice gratuite n° R 27726.

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 27727.

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 27728.

PHONOPOLYGLOTTE vous apprendra, par le phonographe, à parler, à comprendre, lire, écrire l'Anglais, l'Espagnol, l'Allemand, l'Italien. — Notice gratuite n° R 27729.

LE COURS D'ÉLOQUENCE vous mettra en mesure d'improviser une allocution émouvante, de composer un discours persuasif. — Notice gratuite n° R 27730.

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 27731.

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 27732.

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 27733.

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 27734.

ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

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

Jeunes gens!

ASSUREZ VOTRE AVENIR
EN DEVENANT

COMPTABLE AGRÉÉ

Sans quitter votre emploi

EN SUIVANT LES COURS
PAR CORRESPONDANCE DE

*L'École Technique
de Radiélectrique
et de Sciences appliquées
2, rue du Sabli
Toulouse*

PUBL. DOUGET




*Jeunes gens et
Jeunes Filles!*

FAITES VOTRE SITUATION COMME

RADIOTECHNICIENS
dans

L'INDUSTRIE MONTEUR DÉPANNEUR
METTEUR AU POINT

L'ADMINISTRATION OPÉRATEUR des PTT
(DIPLOMÉS D'ÉTAT)

L'AVIATION TRANSMISSIONS MILITAIRES
OPÉRATEUR - MÉCANICIEN

EN SUIVANT LES COURS PAR CORRESPONDANCE
de L'ÉCOLE SPÉCIALE DES TECHNIQUES MODERNES

14 Rue Volta TOULOUSE

COURS A LA PORTÉE DE TOUS conduits
suivant des PROCÉDÉS MODERNES INÉDITS
PROGRAMME D'ENSEIGNEMENT PRÉ-MILITAIRE DE
LA RADIO APPROUVÉ PAR LE MINISTÈRE DE L'AIR

RENSEIGNEMENTS GRATUITS SUR DEMANDE
(SPÉCIFIER LA BRANCHE CHOISIE)

L'ÉCOLE INTERNATIONALE
PAR CORRESPONDANCE
DE DESSIN ET DE PEINTURE
SERVICE R.S.3 PRINCIPAUTÉ DE MONACO

★ Album de renseignements
sur simple demande à l'a-
dresse ci-dessus. Joindre
6 frs pour tous frais.

UNE GRANDE ÉCOLE D'ART MODERNE
UNE MÉTHODE INCOMPARABLE
UNE ATMOSPHÈRE D'AMITIÉ ET DE CONFIANCE

CROQUIS
D'ÉLÈVE



RÉUSSIT-ON par la haine ?

Elle suscite de l'énergie, mais trop souvent aveugle, destructive. Elle fausse nos jugements et décisions, elle mine la personnalité, elle supprime la joie de vivre. Nous en sommes les premières victimes. Prenons les résolutions qui s'imposent, puis construisons des jours meilleurs. Pour dominer souffrance, ressentiment et se tourner vers l'avenir, il faut acquérir de la force d'âme. Appuyons-nous sur la **MÉTHODE PELMAN** et son sérieux entraînement par correspondance. Elle développe toutes les qualités du jugement, du caractère et du cœur : sens du réel, concentration, initiative, enthousiasme, maîtrise, assurance, autorité. Cinquante-cinq ans d'expérience mondiale et de succès. Hommes, femmes, jeunes gens, demandez notre documentation gratuite VI. 10.

INSTITUT PELMAN

176, boulevard Haussmann, PARIS (8^e)

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

LA RADIO LA RADIO

JEUNES GENS!
DEVENEZ
RADIO TECHNICIENS

COURS par CORRESPONDANCE

**ÉCOLE PRATIQUE
D'APPLICATIONS SCIENTIFIQUES**

39, rue de Babylone, PARIS (VII^e)
Renseignements gratuits sur demande.

Le Gérant : Lucien LESTANG.

Imp. CRÉTÉ, Corbeil (S.-et-O.). - 4647-4-46 - C.O.I. 31-1631. - Dépôt légal, 2^e trim. 1946

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

PUBL. BONNANGE

AUTOMOBILE - AVIATION - CINÉMA - MA
ELECTRICITÉ - ÉLEVAGE - ENSEIGNEMENT
RADIO - TÉLÉVISION
MÉCANIQUE - PHOTO
DESSIN - DICTIONNAIRE

**LIBRAIRIE
SCIENCES et LOISIRS**

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

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

EXPÉDITIONS IMMÉDIATES FRANCE ET COLONIES.

ENCYCLOPÉDIES - MENT GÉNÉRAL - JEUX DE SOCIÉTÉ - TISME - ASTRONAUTIQUE - YACHTING - MENUISERIE - TÉLÉ - PHILOSOPHIE - RADIESTHÉSIE - D'AMATEURS - SCIENCES LANGUES ÉTRANGÈRES - JARDINAGE

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

La Librairie de Paris
au service de toute la France!



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, script-girls, assistantes, ou de production.)

ÉCOLE GÉNÉRALE AÉRONAUTIQUE
 (Pilotes, navigateurs, radios, mécaniciens, techniciens.)

EXERCICES PRATIQUES A DOMICILE
 Documentation S.V. contre 10 fr.



CENTRE D'ÉTUDES TECHNIQUES & ARTISTIQUES DE PARIS
 69, RUE VALLIER - LEVALLOIS (SEINE)

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL
 152, avenue de Wagram-Paris (17^e)

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, l'Astronomie.

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, ces 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, Météorologistes.

Envoi de programme contre 10 francs en timbres.

ÉCOLE DE T. S. F.
 3, rue du Lycée - Nice

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.

COURS SCIENTIFIQUES, TECHNIQUES, PRATIQUES, PAR CORRESPONDANCE

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

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

Envoi de programme 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)