

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

Notice du Volume	
Auteur(s) volume	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Volume	Tome 64. n. 311. Juillet 1943
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1943
Collation	1 vol. (VIII-48 p.) : ill.: couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 311
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.311

JUILLET 1943

N° 311

SCIENCE ET VIE



7 FRANCS

VOTRE AVENIR



est dans la Radio



AYEZ CONFIANCE en VOUS

Vous pouvez TOUS suivre nos cours

Écrivez-vous dès maintenant
8, rue Porte-de-France, à VICHY
ou demandez-nous franco, le

« Guide des Carrières »

** Publications Bréchet



ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

12 rue de la Lune PARIS 2^e



Telephone Central 78-87



DE L'ECOLE DU GENIE CIVIL

PARIS, 152, Av. Wagram
en zone libre :
NICE, 3, Rue du Lycée

INDUSTRIE

(INSCRIPTIONS A TOUTE ÉPOQUE)

CONTREMAITRE, DESSINATEUR, TECHNICIEN, SOUS-INGENIEUR, INGENIEUR en Mécanique générale, Constructions aéronautiques, Electricité, électromécanique, Chimie industrielle, Bâtiment, Travaux publics, Constructions navales, Géomètres.

COMMERCE - DROIT

Secrétaire, comptable et Directeur, capacité en droit, études juridiques, brevet d'expert comptable de l'Etat.

AGRICULTURE

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

MATHÉMATIQUES

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

Pour les cours ci-dessus, demander le programme n° 7.

Joindre 5 francs en timbres pour frais d'envoi.

MARINE MARCHANDE

Pour la préparation sur place ou par correspondance aux Brevets de la Marine marchande (Pont et Machine), consulter les programmes des Ecoles privées d'Enseignement maritime : Paris, 152, avenue de Wagram; Nice, 21, boulevard Frank-Pilatte. — Joindre 5 fr. pour frais d'envoi.

ADMINISTRATIONS

PONTS ET CHAUSSES ET GENIE RURAL (adjoint technique et ingénieur adjoint); P.T.T. (opérateurs radio, surnuméraires, vérificateurs, dessinateurs, etc.); DIVERS : Tous les concours techniques, géomètres compris, des diverses administrations France et Colonies. Les élèves de nos cours Armée, Air, Marine, pourront se préparer à des Administrations de niveau équivalent.

AVIATION CIVILE

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

LYCÉES - ECOLES NATIONALES

Préparation à l'entrée à toutes les Ecoles nationales, secondaires, techniques et supérieures et aux Baccalauréats. Brevets Mathématiques généraux. Licences. Préparation à l'entrée aux écoles privées d'Enseignement maritime. Envoyer au programme n° 10 contre 5 francs en timbres.

LES MATHÉMATIQUES

enseignées par correspondance

Rien n'est à la fois plus facile et plus difficile que d'apprendre les mathématiques. Chaque fois qu'un élève comprend difficilement cette science précise, c'est que les mathématiques lui sont mal enseignées. Mais on peut affirmer que chaque fois que les mathématiques ont été rationnellement enseignées, il y a eu pour l'élève un profit rapide.

Nos cours s'adressent aussi bien aux étudiants qu'aux ouvriers.

Les premiers font dans leurs classes des progrès plus rapides; les seconds comprennent de mieux en mieux la technique de leur métier.

Ces cours de mathématiques, divisés en six degrés, ont été dosés avec tant de soin que l'un de ces cours au moins répond à n'importe quel cas qu'on nous présente.

Celui qui ne sait rien pourra commencer par le cours d'initiation.

Les cours suivants sont progressifs et vont du niveau de l'enseignement primaire supérieur à celui du baccalauréat puis les grandes écoles.

Ce que nous venons de dire pour les Mathématiques s'applique intégralement à la Physique, la Chimie, la Mécanique, l'Astronomie.

Le succès de l'enseignement que nous donnons repose d'ailleurs sur trois bases essentielles :

1° Les cours sont divisés en un nombre de degrés tel qu'il est possible d'avoir un enseignement bien particulier pour chaque catégorie d'élèves se présentant à nous.

2° Le style des cours, dont la plupart ont été sténographiés sur les leçons du professeur s'il n'est pas aussi académique que celui d'un ouvrage de librairie où l'auteur s'est ingénié à polir ses phrases, a l'avantage d'être plus vivant, plus explicite, plus clair. L'élève y a tout à gagner.

3° Dans la plupart des classes, on ne fait pas assez de problèmes. Or, un cours de mathématiques ou de physique et chimie ne s'apprend véritablement que par une gymnastique considérable de problèmes. Après avoir appris son cours, plus on fait de problèmes, plus on fait de progrès.

C'est ainsi que nous avons organisé notre enseignement : de nombreux problèmes soigneusement corrigés et commentés.

Les élèves ayant suivi avec profit l'un de nos cours pourront subir un examen et obtenir l'un des diplômes correspondant à leur cours.

On trouve également, dans ces différents cours, les éléments de préparation à tous les examens et concours existants.

Cet enseignement est donné par

L'ÉCOLE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET APPLIQUÉES

125, Avenue de Wagram - PARIS et 3, Rue du Lycée - NICE

Envoi gratuit du programme

Joindre 5 fr. pour frais d'envoi.

MARINE MARCHANDE

Préparation à certains brevets de la Marine Marchande
par les Écoles privées d'Enseignement Maritime

PARIS, 152, Avenue de Wagram

Cours sur place :
Élèves officiers au long cours.

Cours par correspondance :
Capitaines de la Marine Marchande et
officiers mécaniciens de 2^e classe.

NICE, 21, Boulev. Frank-Pilatte

Cours sur place :
Élèves officiers au long cours
et officiers mécaniciens de 2^e classe.

Cours par correspondance :
Capitaines de la Marine Marchande et
officiers mécaniciens de 2^e classe.

JE N'AI QU'UN REGRET

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

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

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

L'ÉCOLE UNIVERSELLE par correspondance de Paris

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

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

BROCHURE L. 9.616. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Classes de vacances, Diplôme d'études primaires préparatoires, Certificat d'études, Bourses, Brevets, Certificat d'aptitude pédagogique, etc.

BROCHURE L. 9.617. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Bourses toutes séries, Examens de passage, Certificat d'études classiques ou modernes du premier cycle, Diplôme de fin d'études secondaires, Baccalauréats, etc.

BROCHURE L. 9.618. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats (Lettres, Sciences, Langues vivantes, Classes élémentaires des Lycées, Collèges, Professorats pratiques), Examens professionnels, P. C. B., etc.

BROCHURE L. 9.619. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES : Agriculture, Industrie, Travaux Publics, Mines, Commerce, Police, Enseignement, Beaux-Arts, Assistance, etc.

BROCHURE L. 9.620. — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS : Ingénieur (diplôme d'Etat), Sous-ingénieur, Dessinateur, Conducteur, Chef de chantier, Contremaître, etc.

BROCHURE L. 9.621. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du GÉNIE RURAL, etc.

BROCHURE L. 9.622. — CARRIÈRES DU COMMERCE (Administrateur commercial, Secrétaire, Correspondancier, Sténo-dactylo, Représentant, Services de publicité, Teneur de Livres), de l'INDUSTRIE HOTELIÈRE, des ASSURANCES, de la BANQUE, de la BOURSE, etc.

BROCHURE L. 9.623. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, DES- SIN, ÉCRITURE, etc.

BROCHURE L. 9.624. — LANGUES VIVANTES (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol, Arabe, Annamite), TOURISME (Interprète), etc.

BROCHURE L. 9.625. — AIR, RADIO, MARINE : Pont, Machine, Commissariat, T. S. F., etc.

BROCHURE L. 9.626. — SECRÉTARIAT, BIBLIOTHÈQUES, JOURNALISME (Rédaction, Administration, Direction), etc.

BROCHURE L. 9.627. — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Flûte, Clarinette, Instruments de Jazz, Professorats, etc.

BROCHURE L. 9.628. — ARTS DU DESSIN : Dessin pratique, Anatomie artistique, Dessin de Mode, Illustration, Composition décorative, Aquarelle, Gravure, Peinture, Fusain, Pastel, Professorats, Métiers d'art, etc.

BROCHURE L. 9.629. — MÉTIERS de la COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE : Petite main, Première main, Vendeuse, Retoucheuse, Modéliste, Professorats, etc.

BROCHURE L. 9.630. — ART DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ : Coiffeuse, Manucure, Pédiacre, Masseur, etc.

BROCHURE L. 9.632. — TOUTES LES CARRIÈRES ADMINISTRATIVES : Secrétariats d'Etat, Administrations financières, Inspection du Travail, Banques, Magistrature, Police nationale et régionale, P. T. T., Ponts et Chaussées, Chemins de fer, Préfectures, Mairies, etc.

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

ÉCOLE UNIVERSELLE

12 Place Jules-Ferry, LYON

59 Boulevard Exelmans, PARIS

L'Ecole A. B. C.

vous parle

L'Ecole A. B. C. affirme qu'elle est la plus ancienne Ecole de Dessin par correspondance parce que créée en 1913, elle a acquis, surtout depuis 1919, une réputation qui de Paris gagna rapidement le monde entier. Elle possédait en effet, avant la guerre, des succursales et des bureaux correspondants à Berlin, à Londres, à Turin, à Oslo, à Bruxelles, à Rotterdam, à Madrid, à Athènes et au Canada,

L'Ecole A. B. C. affirme qu'elle est la plus importante Ecole de Dessin du monde parce qu'elle compte aujourd'hui plus de 60.000 élèves, répartis dans toutes les parties du monde.

L'Ecole A. B. C. affirme que sa méthode d'enseignement est remarquable parce que ce le-ci lui a valu le parrainage spontané des artistes français les plus connus.

L'Ecole A. B. C. affirme que sa méthode répond merveilleusement au rôle du dessin dans la vie moderne parce que, répudiant de son enseignement tous travaux de copie qui étouffent la personnalité de l'élève, elle permet au contraire à celui-ci de créer des œuvres personnelles et d'acquérir le « métier » d'un excellent professionnel.

L'Ecole A. B. C. affirme que son enseignement est moderne parce qu'individuel à chacun de ses élèves, il ouvre à ceux-ci de très nombreux débouchés dans le dessin appliqué à la Publicité, à la Mode, à la Décoration, à l'Illustration, etc., etc.

Enfin l'Ecole A. B. C. a su grouper autour d'elle une pléiade d'artistes de haute valeur, auxquels sont confiés ses élèves. Nous citerons parmi eux : MM. Renefer, Ant. Raynolt, Gazan, Robiquet, Lambert, Marc Luc, Bonnetterre, etc.

La réputation universelle que l'Ecole A. B. C. doit à la probité et à l'efficacité de son enseignement, tout autant qu'aux succès professionnels de ses anciens élèves, est pour vous la meilleure des garanties.

BROCHURE GRATUITE

Ecrivez à l'adresse ci-dessous pour demander la brochure de renseignements (joindre 5 fr. en timbres pour tous frais). Spécifiez bien le cours qui vous intéresse : Cours pour Enfants ou Adultes.



Croquis de notre élève, M^{lle} Drevin

ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN

(Section C. B. 12)

12, Rue Lincoln - PARIS (VIII^e)

6, Rue Bernadotte - PAU (Basses-Pyrénées)

ECOLE SPECIALE



COURS PAR CORRESPONDANCE

Depuis 1917, l'E. S. de T. S. F. de Paris prépare sur place et par correspondance à toutes les situations dans la T.S.F.

Durant la guerre, tous les examens sont préparés à Nice par correspondance, c'est-à-dire :

BREVETS D'ETAT DELIVRES PAR LES P.T.T. : Certificat spécial, opérateurs de 2^e et de 1^{re} classe, opérateurs de postes privés, opérateurs radiotéléphonistes.

EMPLOIS ADMINISTRATIFS : opérateurs radios de la Sécurité du territoire, opérateurs-radio du Ministère de l'Air, du Ministère des Colonies, sous-ingénieur des P.T.T., inspecteurs radios de Police.

SITUATIONS INDUSTRIELLES : cours de monteur-dépanneur, d'opérateur technique, de radiotechnicien, de sous-ingénieur et d'ingénieur.

DIVERS : cours d'amateur radio, d'électricien en télévision et cinéma.

ENSEIGNEMENT : les élèves reçoivent des cours très complets et des séries de devoirs qui leur sont corrigées.

Tous les renseignements sont donnés dans une brochure de 44 pages expédiée sur demande. Joindre 5 fr. en timbres pour frais d'envoi.

INSCRIPTIONS : les inscriptions sont reçues à toute époque.

COURS SUR PLACE

Les élèves préparant les brevets de 2^e ou 1^{re} classe des P.T.T. peuvent suivre les cours sur place à l'Ecole privée d'enseignement maritime, 21, boulevard Frank-Pilatte, Nice.

ECOLE SPECIALE DE TSF-3, RUE DU LYCEE NICE

SACHEZ VOIR PLUS LOIN..

Que le présent

JEUNES GENS
Ne vous laissez pas décourager par les sombres perspectives du moment. Tout n'a qu'un temps, tout passe... Seul capital indestructible, l'instruction demeure.

APPRENEZ DONC
un BON MÉTIER dans la RADIO
C'EST le PLACEMENT d'AVENIR

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

NOS COURS SPÉCIAUX
— SUR PLACE OU PAR —
CORRESPONDANCE

sous la haute direction du C^d Dupont et d'une élite de professeurs spécialisés, vous donneront le maximum de possibilités de réussite aux examens officiels.

Ils feront de vous des spécialistes compétents et recherchés.

★
L'ÉCOLE PRÉPARE A TOUTES LES CARRIÈRES INDUSTRIELLES OU ADMINISTRATIVES de la RADIO

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

ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
Ecole de
RADIOÉLECTRICITÉ
et de
TÉLÉVISION

LIMOGES
15, RUE DU DOCTEUR BERGONIE

Documentation illustrée sur la Radio
24 pages, 2 coul., contre
5 fr.

ECOLE DE RADIOÉLECTRICITÉ ET TÉLÉVISION
15, RUE DU DOCTEUR BERGONIE — LIMOGES (H.V.) C.C.P. 406.05

Publicité R. E. O. MENACH M.C.S.P.

SCIENCE ET VIE

Tome LXIV - N° 311

SOMMAIRE

Juillet 1943

- ★ L'attaque et la défense des communications maritimes,
par Jean-Louis Costerenat..... 3
- ★ Pour conserver rationnellement légumes et fruits : la
déshydratation, par Charles Brachet..... 15
- ★ La police scientifique recule les limites de l'impondé-
rable, par Charles Sannié..... 24
- ★ Le gaz de fumier, carburant de la ferme, par Henri
Doyen 30
- ★ Pour l'électrotechnique, les « redresseurs secs » appor-
tent des solutions nouvelles et curieuses, par Pierre
Devaux 34
- ★ Les criquets, plaie de l'Egypte et fléau de l'Afrique
du Nord, par Pierre Beck..... 42
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor..... 48

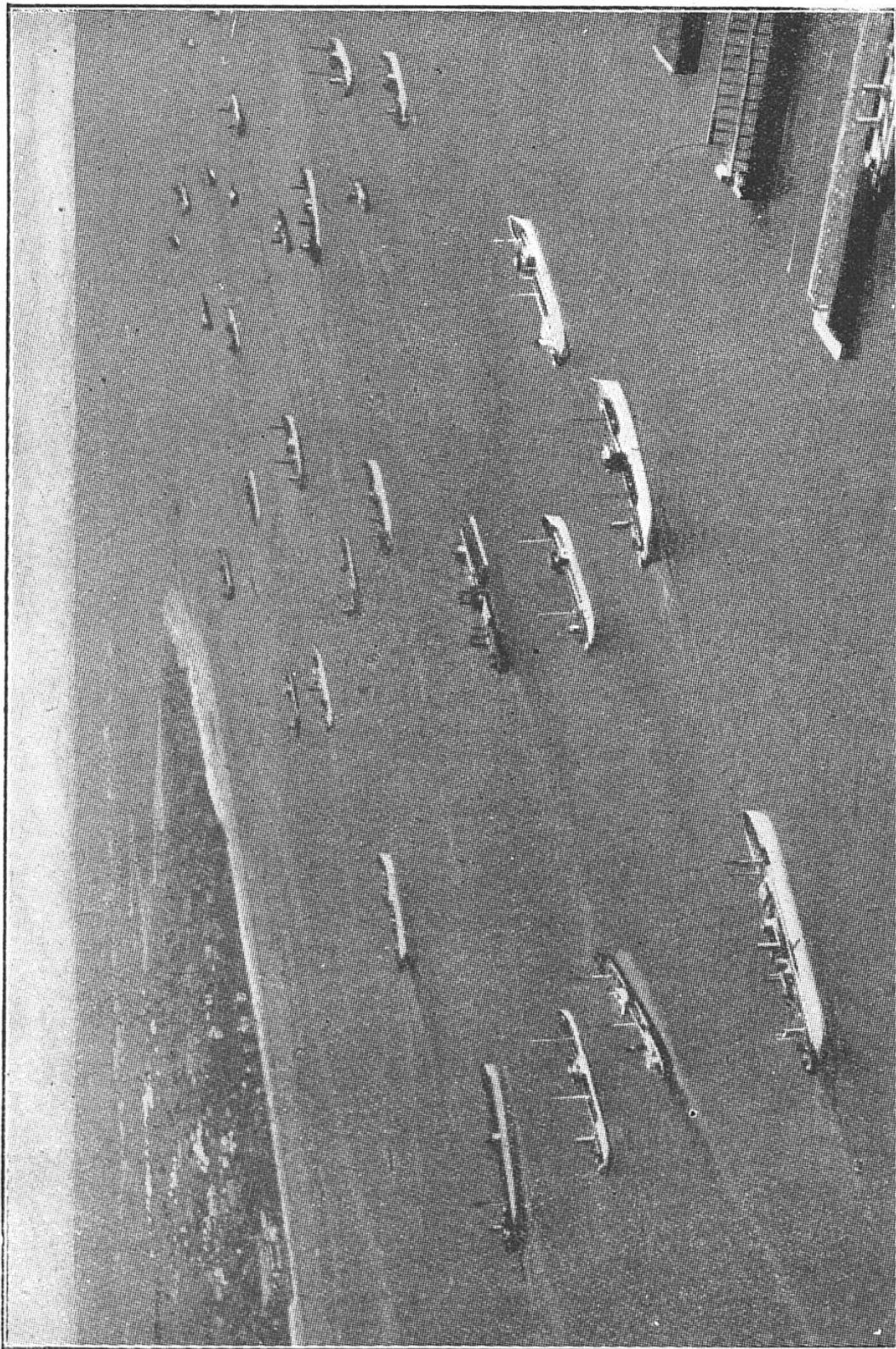


T W 24256

Depuis le début de la guerre, une bataille ininterrompue et toujours plus âpre se poursuit dans l'Atlantique et la Méditerranée entre les forces aéronavales de l'Axe et les convois marchands anglo-saxons. Son ampleur est beaucoup plus considérable qu'aux mois les plus critiques de 1917. Si, en effet, les moyens de défense se sont perfectionnés (patrouilles aériennes, chasse embarquée, corvettes, dirigeables côtiers, repérage par ultrasons), l'attaque a multiplié son efficacité par la mise en action conjuguée des sous-marins, des avions et des raiders de surface sous un commandement centralisé. La couverture du présent numéro nous montre le poste du mitrailleur avant à bord d'un bombardier-torpilleur Heinkel 111 lors de l'attaque directe des navires d'un convoi à l'approche des côtes. (Voir page 3 du présent numéro.

« Science et Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la vie moderne. Rédaction, Administration, actuellement, 3, rue d'Alsace-Lorraine, Toulouse. - Chèque postal : numéro 184.05 Toulouse. Téléphone : 230-27. Adresse télégraphique : SIENVIE Toulouse. Publicité : 68, rue de Rome, Marseille.

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « Science et Vie », Juillet mil neuf cent quarante-trois. Registre du Commerce : Toulouse 3235 B. Abonnements : France et Colonies, un an : quatre-vingts francs.



A W 24603

UN GRAND CONVOI ANGLO-SAXON A L'ANCRE A L'ENTRÉE DU PORT DE NEW YORK

L'ATTAQUE ET LA DÉFENSE DES COMMUNICATIONS MARITIMES

par Jean-Louis COSTERENAT

La défense des communications maritimes, l'attaque de celles de l'adversaire ont de tout temps constitué, pour toute Marine, une tâche essentielle. Il suffit, pour se limiter à l'histoire maritime française, d'évoquer à ce propos les noms fameux de Jean Bart, Duguay-Trouin, Châteaurenault, Forbin, Coëtlogon, qui s'illustrèrent, avec tant d'autres, dans la guerre aux communications ennemies. Déjà, en 1918, cette lutte avait pris sensiblement l'aspect que nous lui reconnaissons aujourd'hui compte-tenu du développement des possibilités d'attaque et de défense en fonction du progrès technique des vingt-cinq dernières années. Ce dernier a porté en particulier sur l'augmentation de la vitesse et de la durée des croisières des sous-marins (emploi des sous-marins ravitailleurs), l'amélioration des radiocommunications permettant l'action en groupe, en liaison avec l'aviation, ainsi que la conduite générale de la guerre sous-marine par un Etat-Major central; parallèlement, la détection ultrasonore, l'emploi d'avions, d'hydravions et de dirigeables rapides pour la patrouille d'une fraction au moins des itinéraires des convois, celui de porte-avions d'escorte pour leur protection contre les attaques des bombardiers et des avions torpilleurs ou l'exploration de vastes espaces à la recherche des « raiders » de surface viennent efficacement moderniser les méthodes de la défense. Malgré tout, l'ampleur des pertes en tonnage marchand pose d'une manière aiguë aux nations anglo-saxonnes le problème vital du remplacement des navires coulés; la construction en grande série dans les chantiers navals américains des pétroliers et des cargos « Liberty » constitue ainsi un deuxième aspect, industriel cette fois, de la guerre maritime, non moins capital pour son issue que son aspect purement naval.

La guerre de 1914-1918

C'EST pendant le conflit de 1914-1918 que la guerre aux communications maritimes a pris, à peu de chose près, la forme qu'elle a encore.

Jusqu'alors, le seul adversaire était le bâtiment de surface. Il restera redoutable. Nous rappellerons simplement ces croisières fameuses, encore dans toutes les mémoires : celle du *Karlsruhe* en Atlantique qui, en 1914, coula ou captura seize bâtiments britanniques (76.609 t); celle du *Moewe* qui, également en Atlantique, détruisit ou prit quinze bâtiments alliés et procéda à des mouillages de mines; celle du *Königsberg* en océan Indien et surtout celle du commandant Müller qui, avec son *Emden*, tant en océan Indien que dans le Pacifique, détruisit vingt bâtiments, soit 71 000 t, et plus de 2 millions de livres sterling de cargaison.

Mais un adversaire nouveau, et combien dangereux, va se joindre aux raiders de surface : le sous-marin, en attendant l'avion.

C'est le 14 février 1915 que l'amiral von Pohl, ayant remplacé l'amiral von Ingenhol à la tête de la flotte allemande, obtint de l'Empereur la déclaration de la guerre sous-marine au commerce allié. Les neutres étaient prévenus que la Manche et les eaux entourant les îles Britanniques étaient « zone de guerre », où

leurs bâtiments marchands couraient les mêmes risques que ceux des Alliés.

La réaction des Alliés fut d'abord purement défensive et quelque peu improvisée.

Les bâtiments de haut bord en patrouille furent immédiatement remplacés dans la zone de guerre par des torpilleurs ou des sous-marins, l'éclairage et le balisage réduits et souvent modifiés, un filet tendu de Gris-Nez à Folkestone, des champs de mines placés dans le Pas de Calais et devant les repaires des sous-marins allemands, Zeebrugge et Ostende.

Deuxième stade : on réquisitionna des chalutiers et des yachts pour surveiller la mer et attaquer si possible les sous-marins, avec d'ailleurs de faibles moyens (mitrailleuses, petits canons, etc...). En 1915 et 1916, les Alliés armèrent leurs bâtiments de commerce.

Enfin, toutes ces mesures se révélant de faible efficacité, on décida de réglementer la navigation et de la protéger en patrouillant des routes que les bâtiments suivraient obligatoirement. Ce fut le système des « routes patrouillées ».

La patrouille fut assurée par les petits bâtiments de guerre existants, et l'on en construisit de nouveaux, spécialement armés pour la chasse aux sous-marins. En 1916, la France en avait 154 en construction; le programme anglais était de plus de 600. Avec les chalutiers réquisitionnés, ce sont des milliers de patrouilleurs qui vont entrer en action.

Mais ce système parut vite décevant. Il fallait, pour assurer une densité de patrouille suffisante, réduire le nombre des itinéraires. Dès lors, les capitaines marchands les suivaient assez mal lorsqu'ils allongeaient leurs routes, ce qui était le cas général. D'ailleurs, les patrouilleurs prévenaient rarement un torpillage, tout au plus sauvent-ils les naufragés.

Enfin, défaut plus grave, si les sous-marins ennemis arrivent à connaître la route patrouillée (soit grâce à leurs observations propres, soit grâce aux services de renseignements), cette route constitue un rendez-vous permanent entre le chasseur et son gibier.

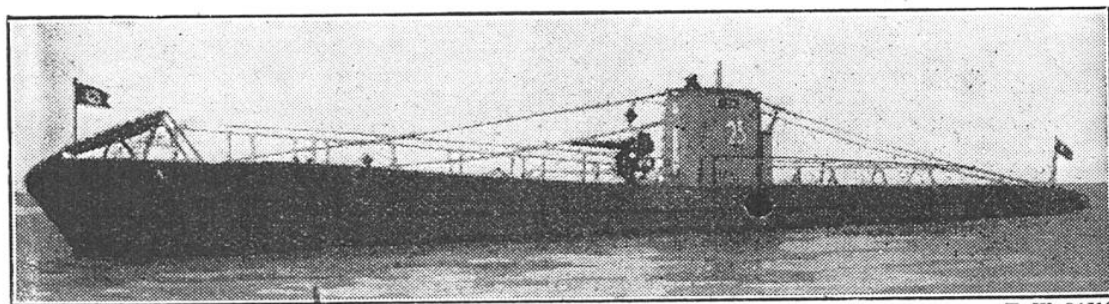
C'est pourquoi, dès le début de 1917, on en revient au convoi escorté d'autrefois, d'abord sur les routes hauturières, puis bientôt sur toutes

le groupe *Bismarck-Prinz Eugen*, dernière en date, se termine prématurément par le duel *Hood-Bismarck* dont ce dernier sortit vainqueur, suivi d'un duel entre le *Bismarck* et des forces navales et aériennes britanniques qui mirent fin à la brève carrière du 35 000 tonnes allemand (1).

Depuis lors, on n'a mentionné que quelques raids, assez rares, de navires de commerce armés en course.

L'un des caractères les plus frappants de l'organisation de ces raids est l'excellence des liaisons des raiders avec les pétroliers chargés de les ravitailler. L'opération a vraisemblablement lieu, le plus souvent, en haute mer.

Un des éléments du succès de la guerre de course étant la surprise, donc la discrétion, le



T W 24610

FIG. 1. — TYPE DE SOUS-MARIN OCÉANIQUE ALLEMAND : U-25

Cette unité, longue de 71 m, déplace 740 tonnes en surface. Elle atteint 18,5 nœuds en surface et 8 nœuds en plongée. Elle est armée d'un canon de 105 mm, une mitrailleuse antiaérienne et six tubes lance-torpilles de 533 mm, quatre à l'avant, deux à l'arrière. Son équipage est de 40 hommes.

les routes, fussent-elles côtières, tant les résultats obtenus sont satisfaisants, et le demeurent même après la déclaration de la guerre sous-marine à outrance (31 janvier 1917).

L'excellence du système est prouvée par la comparaison des résultats suivants :

Navires coulés en convois..... 0,6 %

Navires coulés en navigation isolée. 5 %

Le plus élevé de ces deux pourcentages est d'ailleurs très faible, — en comparaison des résultats d'aujourd'hui que nous étudierons plus loin, — mais n'oublions pas que l'arme sous-marine n'avait pas atteint son actuelle perfection.

Enfin, pour en terminer avec la guerre de 1914-1918, rappelons que 2 millions d'Américains furent transportés en convois en 17 mois, au cours de 1 142 voyages de navires dont pas un ne fut coulé.

Les moyens et les méthodes d'attaque actuels

Les « raiders » de surface

Jusqu'en octobre 1940, les « raiders » de surface allemands ont été des navires de commerce de 8 000 à 10 000 tonnes, armés de quelque quatre pièces, de 150 mm en général, et d'artillerie contre avions; on en trouve dans l'Atlantique nord et sud, de trois à six au total; un des plus fameux fut l'*Altmark*.

A partir de novembre 1940 apparaissent de grands navires de guerre, surtout en Atlantique, mais parfois aussi dans l'océan Indien : *Admiral Scheer*, *Admiral Hipper*, *Scharnhorst* et *Gneisenau*. A fin de mai 1941, la croisière du

corsaire ne doit, autant que possible, révéler sa présence que s'il a toutes les chances de remporter un succès éclatant. Il n'attaquera donc les grands convois que s'ils sont insuffisamment protégés; ses théâtres d'opération de prédilection seront donc ceux où les bâtiments marchands naviguent encore isolément ou en convoi sous faible escorte.

Aussi verrons-nous plus loin que les résultats de ces raids, en tonnage coulé, sont relativement faibles. Mais leurs conséquences stratégiques sont importantes; leur recherche fixe des forces parfois considérables dont le matériel s'use et le personnel se fatigue en longues croisières souvent décevantes.

Les sous-marins et les avions

Le tonnage moyen et les caractéristiques principales des sous-marins varient sensiblement suivant la mission principale qui doit être la leur.

Le sous-marin « d'escadre », destiné à coopérer avec les flottes de surface, sera rapide en surface, quel que soit l'état de la mer, pourvu de moyens de transmission nombreux et sûrs; ses logements seront assez spacieux pour permettre certains travaux d'état-major. Tels étaient les bâtiments de 1 000 à 1 500 tonnes dont la France s'enorgueillissait à juste titre et que l'on trouve également dans d'autres pays (Italie par exemple). Au contraire, le sous-marin de surveillance des côtes, dont le

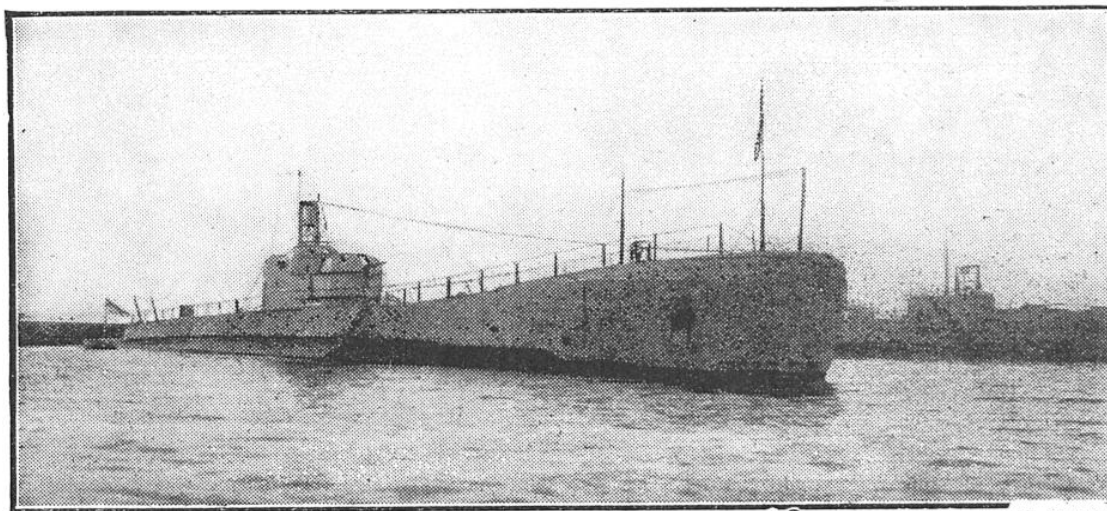
(1) Voir : « La fin du *Hood* et du *Bismarck* et la protection du navire de ligne. » (*Science et Vie*, n° 287, juillet 1941.)

rôle est plutôt « statique », est d'un plus faible tonnage (de 250 t en Allemagne à 600 t en France, en Angleterre et en Italie). Une vitesse de 13 à 14 nœuds en surface lui sera suffisante.

Le sous-marin « océanique », destiné à combattre le trafic adverse, devra surtout être endurant, capable d'« étaler » tous les temps, doté de moteurs robustes. Sa qualité essentielle est d'avoir un rayon d'action considérable; sa vitesse en surface doit être cependant suffisante pour pouvoir, dans la plupart des cas, gagner une position d'attaque s'il ne se trouve pas sur la route du bâtiment qu'il aperçoit ou qui

les côtes de l'Amérique du Sud. Une nouvelle de presse, d'origine américaine, avait d'ailleurs signalé, il y a quelques mois, la présence sur les côtes de Virginie d'un sous-marin ennemi de 1 500 tonnes; il s'agissait sans doute d'un ravitailleur.

Les zones d'action des sous-marins, si l'on en croit les communiqués des belligérants, changent constamment. On les trouve simultanément dans le golfe du Mexique, à l'embouchure du Saint-Laurent et dans le golfe du Bénin, puis à l'ouvert de la Manche et sur les côtes d'Afrique occidentale, etc...



T W 24615

FIG. 2. — TYPE DE SOUS-MARIN Océanique BRITANNIQUE : LE « SEVERN »

C'est un grand sous-marin de 100 m de longueur, déplaçant 1 850 tonnes en surface et 2 710 tonnes en plongée. La vitesse atteint 22,5 nœuds en surface, grâce à des Diesel de 10 000 ch, et dépasse 10 nœuds en plongée. L'armement en surface comporte une pièce de 102 mm et deux mitrailleuses antiaériennes. Les six tubes lance-torpilles de 533 mm sont tous logés à l'avant. Le rayon d'action est estimé à 20 000 milles. La profondeur maximum de plongée est de 120 m.

lui est signalé (1). Il doit emporter un grand nombre de torpilles et posséder un canon d'un calibre suffisant pour pouvoir, le plus souvent possible, attaquer en surface.

Le sous-marin allemand de 740 tonnes paraît bien être le sous-marin océanique par excellence. Ses caractéristiques, d'après les « Flottes de Combat 1940-1942 », sont les suivantes : vitesse en surface, 18,5 nœuds; en plongée, 8 nœuds; six tubes de 533 mm et douze torpilles; un canon de 105 mm et une mitrailleuse contre avions; son rayon d'action en surface est certainement très grand (au moins 12 000 milles, soit plus de 22 000 km).

Les sous-marins anglais type Osiris de 1 500 tonnes (17 nœuds en surface), et Severn de 1 800 tonnes (vitesse 21 nœuds) sont également des « océaniques ».

L'Amirauté allemande a révélé récemment, en janvier, l'existence de sous-marins d'un fort tonnage dont le rôle est de ravitailler à la mer (en combustible, mais sans doute aussi en munitions) leurs congénères « océaniques »; ceci explique que les sous-marins de l'Axe puissent maintenant effectuer des croisières de longue durée jusque dans le golfe du Mexique et sur

Ces changements ne sont pas des fantaisies d'exécutants, car l'ensemble de la guerre sous-marine est conduite par une haute direction. Cette mobilité et cette souplesse sont certainement des facteurs de succès importants.

La tactique utilisée est également très souple. Le temps n'est plus où les sous-marins opéraient individuellement, chacun chassant pour son propre compte. Ils opèrent maintenant — et les communiqués allemands eux-mêmes nous l'apprennent — par groupes échelonnés constituant des barrages mobiles. Plusieurs convois auraient été ainsi attaqués pendant plusieurs jours de suite.

Ce dispositif permet certainement de varier les « combinaisons » susceptibles de surprendre l'adversaire : attaque des deux bords, « fixation » de l'escorte par un groupe et attaque des navires marchands par un autre. Toutes ces manœuvres exigent des liaisons excellentes, mais aussi une cohésion et une discipline complètes.

Cette tactique est d'ailleurs spécifiquement « océanique ». Il est évident que, dans une mer resserrée à courants violents (Manche, par exemple), elle est inapplicable. Là, l'attaque individuelle reprend ses droits.

Enfin, les sous-marins allemands opèrent souvent en liaison avec l'aviation : aviation de reconnaissance à grande distance dont le rôle est de repérer, de situer l'adversaire, d'en tenir

(1) La vitesse en plongée varie assez peu d'un type de sous-marin à l'autre. Elle est en général de 7 à 9 nœuds.

le contact et de renseigner; aviation de combat qui coopère plus directement en attaquant elle-même le convoi. C'est ici surtout que des liaisons continues, une compréhension mutuelle et une grande discipline sont indispensables. Elles sont naturellement plus difficiles à obtenir entre deux armes aussi différentes que l'aviation et les sous-marins qu'au sein de l'une d'entre elles.

Les vedettes allemandes, également en bois, sont d'un tonnage nettement supérieur (elles doivent pouvoir tenir en mer du Nord, l'hiver), de 60 à 80 tonnes. D'une vitesse plus faible, 30 nœuds, elles ont un rayon d'action très comparable à celui des M.A.S. et portent le même armement.

Mais il est un autre adversaire du bâtiment de surface, qu'il soit de guerre ou de commerce, — et celui-là dangereux avant même l'appareillage ou après l'arrivée au mouillage, car il attaque à l'intérieur des ports : c'est « l'unité navale d'assaut ».

C'est encore une création italienne. On se souvient d'ailleurs



FIG. 3. — UN AVION ALLEMAND HEINKEL 111 ATTAQUANT A LA TORPILLE

Certaines attaques de convois dans l'océan Arctique, au printemps et au cours de l'été 1942 (attaques dont nous reparlerons), sont des exemples typiques de cette coopération aéronavale.

Les avions utilisés ne sont d'ailleurs pas de types spéciaux. Ce sont des hydravions de reconnaissance Blohm et Voss et Dornier, des avions d'attaque Focke-Wulf ou Junkers, des avions torpilleurs Heinkel, etc...

Vedettes rapides et engins d'assaut

Le rayon d'action des vedettes rapides étant restreint, leur champ d'action est forcément limité : abords des côtes, mers étroites. La Manche, le Pas de Calais, la Méditerranée sont leurs théâtres d'opérations habituels. C'est d'ailleurs l'Italie qui, la première, construisit et utilisa des vedettes rapides : *Motoscafi Anti Sommergeibili* ou M. A. S., au cours du conflit de 1914-1918.

Les M.A.S. italiens sont de petits bâtiments en bois d'une vingtaine de tonnes; deux ou trois moteurs (2 000 ch au total); vitesse de 40 à 45 nœuds; rayon d'action de l'ordre de 600 milles, par conséquent très suffisant pour opérer dans tout le canal de Sicile. La vitesse de ces petits navires est évidemment sensiblement diminuée par gros temps. Ils emportent en général deux torpilles et sont armés de deux mitrailleuses antiaériennes.

du forçement de Pola et de Fiume en 1918 par les embarcations d'assaut de la marine italienne. Les engins de la guerre actuelle ont déjà fait leurs preuves. En Crète (à la Sude), deux d'entre eux coulèrent le croiseur *York* et un pétrolier; Gibraltar a subi deux attaques, dont une réussie (deux bâtiments de commerce coulés, un avarié). A Alexandrie, enfin, deux cuirassés furent gravement avariés par des unités d'assaut. A Malte, en juillet 1941, par contre, elles essuyèrent un rude échec. Une seule des assaillantes réussit à lancer et avarier un navire de commerce, mais toutes furent coulées.

De quoi s'agit-il? On ne le sait, à vrai dire,

T W 24604

pas exactement; vraisemblablement, il s'agit d'une petite vedette, portée à pied d'œuvre par un grand bâtiment, armée d'une torpille, capable de franchir des obstructions (à l'aide de chenilles?...) et montée par deux hommes. On a également parlé d'une sorte de bateau torpille, monté par un homme qui, à portée de lancement, quitterait l'engin et se sauverait à la nage... Quoi qu'il en soit, le maniement de cette petite embarcation rapide exige de ceux qui la montent une grande audace et un sang-froid parfait.

La parade des Anglo-Saxons

Ces adversaires si mobiles, aux déplacements si secrets, rendaient les routes commerciales dangereuses sur tout leur parcours.

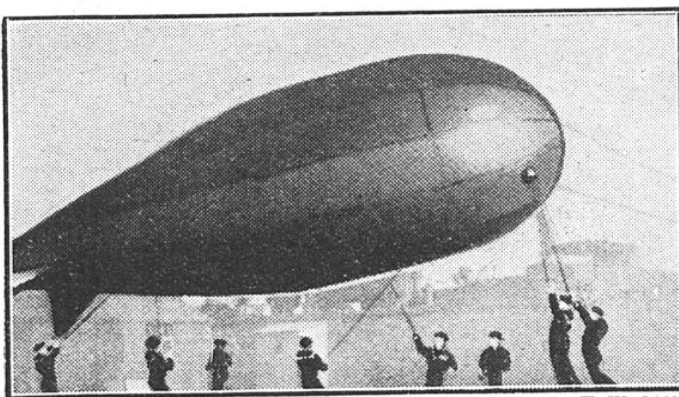
Dès 1940, les Anglais durent donc organiser la navigation en convois escortés et la prolonger jusqu'en Australie, organiser une croisière dans le Sud Atlantique jusqu'au sud du Cap, armer leurs bâtiments de commerce, affecter à la chasse des corsaires de surface de nombreux bâtiments de guerre.

Les Américains, jusqu'en mai 1942, ne formèrent que des convois transocéaniques, se contentant, pour les parages côtiers, de patrouiller les routes. Cette dernière forme de protection se révéla aussi inefficace que jadis et, depuis juin 1942, les Etats-Unis ont étendu à toutes les zones la navigation en convois escortés.

Le convoi et son escorte

Les bâtiments composant un convoi doivent tous donner au moins la vitesse qui sera prescrite, et leurs qualités manœuvrières doivent être aussi semblables que possible. Il faut donc faire, au départ, un choix entre les navires. Il en résulte pour ceux-ci des stationnements dans les ports avant leur incorporation dans un convoi convenable.

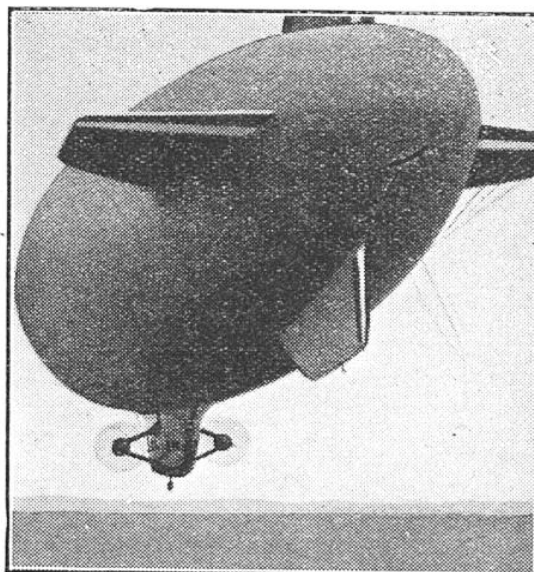
Les routes suivies, même celles du large, sont des routes imposées par le commandement naval. Plutôt que des routes, ce sont d'ailleurs des bandes de circulation, chaque sens de mar-



T W 24618

FIG. 4. — TYPE DE BALLON DE BARRAGE POUR LA DÉFENSE DES CONVOIS

De tels ballons captifs remorqués par plusieurs unités d'un convoi sont destinés à gêner les attaques de l'aviation ennemie à basse altitude, comme le font les ballons de barrage classiques pour les objectifs terrestres. Ils sont surtout utilisés pour la protection de la navigation côtière.



T W 24618

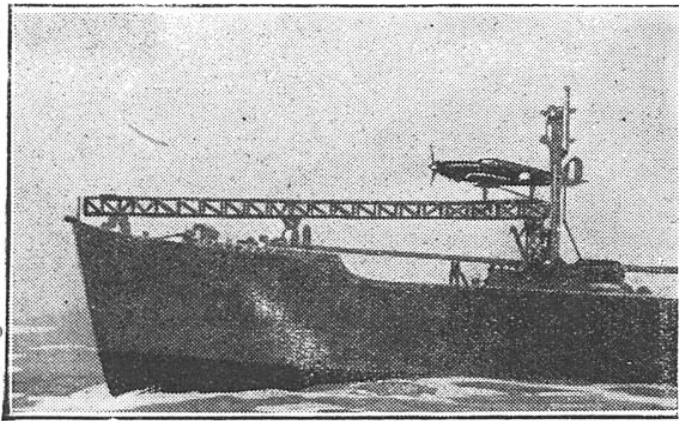
FIG. 5. — UN DIRIGEABLE ANTISOU-MARIN DE LA MARINE AMÉRICAINE « BLIMP », TYPE K 2

Les patrouilles aériennes dans les eaux américaines sont effectuées par de petits dirigeables semi-rigides armés de canons de 25 ou 37 mm pour attaquer les sous-marins surpris en surface. Grâce à l'hélium, ils sont immunisés contre l'incendie qui a causé la perte de la plupart des Zeppelins de la guerre de 1914-1918. A la fin de 1942, il y avait probablement en service 48 dirigeables « Blimp » (et 24 autres en construction) répartis en huit escadrilles, tant sur la côte occidentale que la côte orientale des Etats-Unis. Huit bases étaient prévues : à Lakehurst (New Jersey), South Weymouth (Massachusetts), Elisabeth City (North Carolina), Richmond près de Miami (Floride) et deux autres sur la côte est; Sunnyvale (Californie) et une dernière au sud de la presqu'île californienne, pour la côte ouest. Les « Blimp » sont équipés de deux moteurs Wright « Whirlwind » de 450 ch, leur longueur est de 75 m, leur cubage de 12 000 m³, leur vitesse maximum 120 km/h, leur rayon d'action de 3 200 km.

che ayant sa bande propre. Les itinéraires sont ainsi souvent allongés, les navires sont parfois contraints de marcher à des vitesses inférieures à leur vitesse normale. Il résulte de tout cela une diminution du rendement de la navigation qui atteint 30 %.

Les bâtiments d'un même convoi sont, en général, formés en colonnes, formation moins vulnérable qu'une longue ligne aux attaques des sous-marins ou de l'aviation. Des manœuvres d'évolution simples sont prévues pour les changements de route, la dispersion en cas d'alerte, etc...

Ces évolutions sont ordonnées par le chef de l'ensemble convoi-escorte, c'est-à-dire l'officier de marine qui est le chef de l'escorte. Un des capitaines marchands, choisi pour son ancienneté ou sa qualification spéciale, et dont le bâtiment est généralement placé en tête d'une colonne centrale, est « guide » de la naviga-



T W 24617

FIG. 6. — A L'AVANT D'UN CARGO BRITANNIQUE A ÉTÉ INSTALLÉ UNE CATAPULTE FIXE DESTINÉE A L'ENVOL D'UN CHASSEUR HAWKER « HURRICANE », POUR LA DÉFENSE DU NAVIRE CONTRE LES ATTAQUES D'AVIONS ENNEMIS ISOLÉS

tion, c'est-à-dire qu'il doit être particulièrement attentif à suivre les routes prévues. Les autres bâtiments règlent leur marche sur la sienne.

Cette navigation exige de la part des capitaines une discipline de manœuvre qu'ils n'ont pas en temps de paix. L'expérience a montré qu'ils s'y habituent très vite. Le chef de l'escorte a donc toute liberté d'action pour se porter, si nécessaire, en un point quelconque et se consacrer à la sécurité du convoi.

Le chef d'escorte dispose naturellement ses bâtiments de protection en antennes et sur les flancs du convoi. Lorsqu'il s'agit de convois océaniques, et tout au moins dans la partie hauturière de leur parcours, les bâtiments d'escorte sont le plus souvent des bâtiments légers, torpilleurs, avisos, corvettes. Aux atterrages, les avions se joignent aux bâtiments d'escorte pour assurer la sécurité du convoi. D'autres avions et de petits navires (chalutiers, chasseurs de sous-marins) patrouillent en outre le long des côtes. Les Américains utilisent même un grand nombre de petits ballons (75 m de long), armés de bombes, de grenades et de mitrailleuses, qu'ils appellent des « K. 2 ». En outre, pour la protection des convois contre les attaques aériennes, des essais ont été faits avec des avions de chasse catapultés de certains cargos spécialement aménagés.

Lorsque le convoi est particulièrement important, ou s'il risque la rencontre de raiders de surface, l'escorte comprend en outre un ou deux croiseurs, parfois même des bâtiments de ligne. Les communiqués nous ont appris que les convois qui, au printemps et au cours de l'été derniers, tentèrent de forcer le canal de Sicile comportaient une escorte spéciale, étant donnés les risques qu'ils couraient dans une mer étroite. Deux cuirassés, parfois d'un type récent (Rodney), placés généralement en

tête du convoi et précédés eux-mêmes de plusieurs croiseurs, deux, parfois trois porte-avions assurant une protection aérienne permanente, et, flanquant le tout, des dizaines de torpilleurs : telle était l'escorte de vingt ou trente navires de commerce. Au nord de la Tunisie, à la nuit venue, les grands bâtiments cuirassés et porte-avions rebroussaient chemin vers Gibraltar, ne pouvant se risquer dans un passage aussi étroit que le canal de Sicile, et le convoi poursuivait à sa vitesse maximum. Inutile d'ajouter qu'il était formé de cargos et de pétroliers rapides.

Les escorteurs

Les torpilleurs et les corvettes d'escorte sont munis d'un appareil de détection des sous-marins et portent le plus grand nombre possible de grenades sous-marines. Leur armement contre avions est

aussi étoffé que possible.

Au début de la guerre, les torpilleurs et les corvettes anglais avaient généralement huit ou dix mitrailleuses antiaériennes de 12,7 mm et, pour certains seulement, un « pompom » de 40 mm quadruple. Cet armement a été considérablement renforcé; certains escorteurs ont maintenant six pièces de 102 mm antiaériennes en trois affûts doubles et un pompom quadruple. D'une façon générale, les mitrailleuses antiaériennes ont fait place à des canons de 20 mm et à des pompoms de 40 mm. Les marins qui prirent part aux convois méditerranéens de cet



T W 24608

FIG. 7. — LE PASSAGE D'UN CONVOI BRITANNIQUE EN MÉDITERRANÉE CENTRALE (AOÛT 1942)

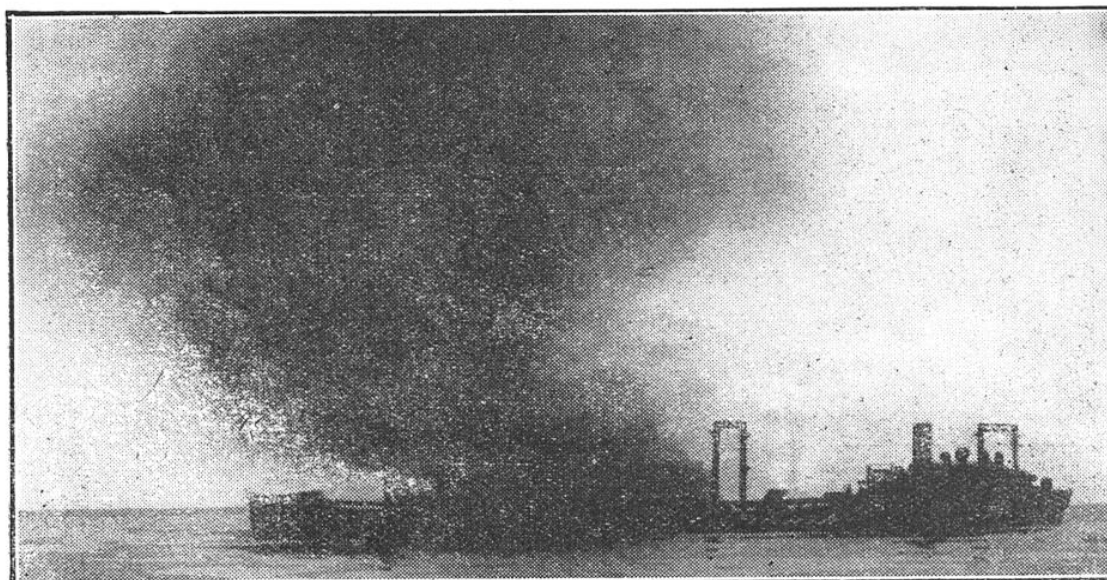
Le convoi est ici attaqué par l'aviation adverse, et on aperçoit les éclatements des obus de D.C.A. destinés à gêner le lancement de bombes et de torpilles à basse altitude. Le bâtiment d'escorte du premier plan a été touché. D'après des informations allemandes, le convoi, destiné à Malte, comprenait vingt et un navires de commerce et était escorté de trois navires de ligne, quatre porte-avions et de nombreux croiseurs et destroyers. Dès le début des opérations, le porte-avions Eagle fut coulé par un sous-marin, un porte-avions de la classe de l'Illustrious fut incendié et un troisième de la classe Furious fut endommagé. Par la suite, quinze cargos et pétroliers furent coulés, ainsi que deux croiseurs et trois destroyers.

été sont unanimes à déclarer que l'escorte entretenait autour du convoi un mur de feu.

Notons en passant que le régime des convois impose aux destroyers et corvettes un service intensif entraînant une usure rapide du matériel et un sévère surmenage pour les hommes. D'après les « Flottes de Combat 1940-1942 », la flotte britannique aurait perdu 81 destroyers depuis le début de la guerre jusqu'au 1^{er} juillet 1942. (Elle en possédait 188 en 1940.) Ceci explique l'échange, en septembre 1940, de

faut bien, en outre, en garder dans la métropole avec la Home Fleet basée sur Scapa Flow, face à Trondhjem où se trouvent souvent le *Tirpitz* (35 000 t) et les croiseurs allemands. C'est pourquoi le *Prince of Wales* et le *Repulse* furent envoyés seuls en Extrême-Orient. On sait ce qu'il leur en coûta.

Il est bien connu que la difficulté, voire la tragique, de toute manœuvre défensive est de devoir couvrir complètement un front, généralement vaste, et de se ménager en outre la pos-



T W 24609

FIG. 8. — UN PÉTROLIER AMÉRICAIN VIENT D'ÊTRE MIS EN FEU PAR L'EXPLOSION D'UNE TORPILLE DE SOUS-MARIN

50 torpilleurs américains « flushdeckers » datant de 1917-1920 contre des bases navales ou aériennes dans l'Atlantique ouest.

Les conditions particulières de la chasse au corsaire de surface

Tout ce qui précède concerne la lutte contre l'ennemi sous-marin ou aérien, et également contre le corsaire de surface. La présence de ce dernier en un point du globe oblige des forces navales composées de grands bâtiments à de longues recherches sur de grandes étendues de mer. A la fin de 1940, l'apparition d'un raider de surface allemand entraîne l'envoi en Atlantique sud d'un croiseur de bataille de 32 000 tonnes de la Home Fleet et de deux porte-avions. Comme il se trouvait déjà des forces navales stationnées aux Falklands et à Freetown, c'est une immobilisation importante de navires de guerre britanniques. Par la suite, l'envoi de nouveaux bâtiments de ligne et porte-avions s'est fréquemment renouvelé. On peut dire que la route du Cap a été longtemps surveillée en permanence par des groupes dont chacun était composé d'un cuirassé rapide et d'un porte-avions, ce qui semble bien répondre aux nécessités de la recherche et du combat des corsaires de surface.

Ces recherches et ces patrouilles « consomment » une grande quantité de porte-avions. Il

sibilité de renforcer à un instant quelconque un point particulièrement menacé. Les Anglais se sont constamment trouvés, depuis le début de cette guerre, dans une telle situation.

Les résultats

Conséquences des manifestations des « raiders » de surface

Le tonnage coulé par les « raiders » de surface est assez faible. Les navires de commerce camouflés qui croisèrent en Atlantique et en océan Indien en 1940 ne coulèrent, en six mois, que 230 000 tonnes. Au 1^{er} juin 1941 (date après laquelle on n'a presque plus signalé de raids en surface), le total du tonnage coulé, tant par les navires de guerre (cuirassés ou grands croiseurs) que par les bateaux marchands armés en course, était de 775 000 tonnes. Au regard du tonnage coulé par les sous-marins, et qu'on étudiera plus loin, c'est insignifiant.

Mais ce n'est pas là ce qui importe. Nous avons vu, en étudiant les moyens mis en œuvre par les Anglo-Saxons pour parer au danger, que la simple menace, la présence possible d'un raider, imposent la navigation en convoi sur des parcours considérables (d'Angleterre en Australie) et sa recherche immobilise un nombre parfois surprenant de grands navires de guerre ainsi distraits des théâtres principaux d'opérations.

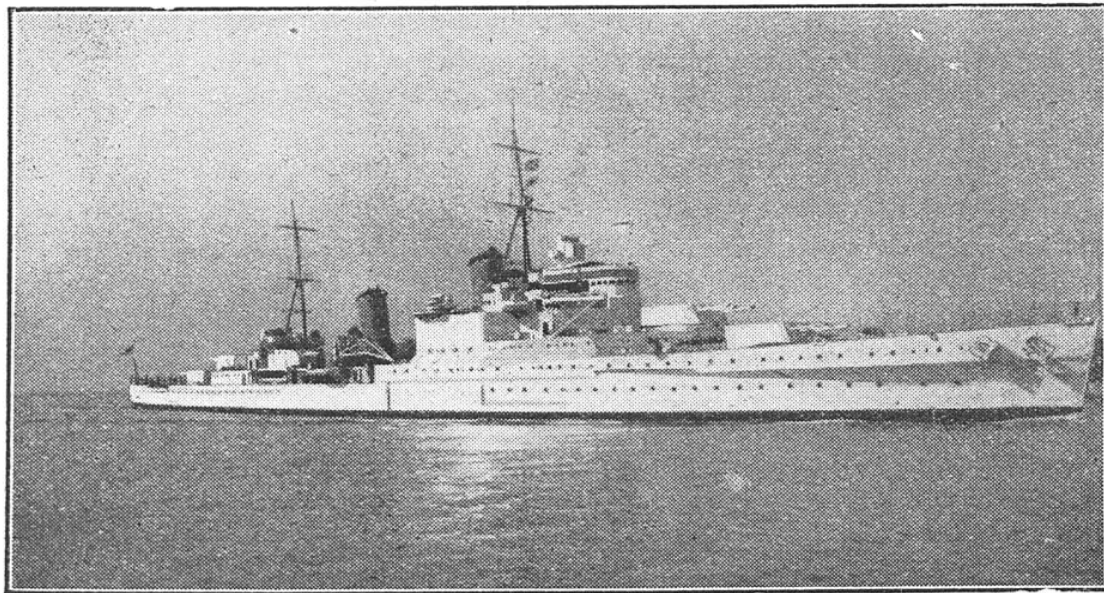
Les conséquences des manifestations, même rares, des corsaires de surface sont donc d'une grande importance stratégique.

Les pertes infligées par les sous-marins et les avions

Les résultats obtenus par les forces sous-marines et aériennes de l'Axe ne sont guère connus que par les communiqués des hauts

Il convient d'ajouter à ces pertes le tonnage coulé par les Italiens tant en Méditerranée qu'en Atlantique et par les Japonais dans le Pacifique, environ 200 000 tonnes par mois. Nous arriverions ainsi, pour 1942, au chiffre impressionnant de 11 millions de tonnes.

On constatera que, dans ce total, la part de l'aviation est assez modeste, mais il convient d'observer que pendant le printemps et l'été, où ses interventions peuvent être particulière-



T W 24613

FIG. 9. — LE CROISEUR BRITANNIQUE DE 9 300 TONNES « MANCHESTER »

Cette unité, capable d'atteindre une vitesse de 33 nœuds, est armée de douze pièces de 152 mm (en quatre tourelles triples) constituant l'artillerie principale. Toutes les autres armes sont antiaériennes. Ce sont : huit pièces de 102 mm en affûts doubles; deux pompoms octuples de 40 mm, soit seize tubes; quatre affûts quadruples de mitrailleuses de 12,7 mm, soit seize tubes de mitrailleuses. Il possède en outre six tubes lance-torpilles de 533 mm, une catapulte et trois avions.

commandements allemand, italien ou japonais, les Amirautes de Londres et de Washington ayant décidé, pour des raisons de discrétion, de ne pas publier leurs pertes. Force nous est donc de tabler surtout sur les estimations de Berlin, Rome et Tokio, en les « recoupant », chaque fois qu'il nous sera possible avec les informations que les états-majors alliés laissent parfois publier.

Ces résultats, pour l'année 1942, sont résumés comme suit :

Janvier	400 600 t
Février	525 000 t
Mars	746 000 t
Avril	585 000 t
Mai	921 000 t
Juin	886 000 t
Juillet	815 900 t
Août	808 200 t
Septembre	1 011 700 t
Octobre	730 575 t
Novembre	1 035 000 t
Décembre	634 800 t

Soit, au total, et en chiffres ronds, un peu plus de 9 millions de tonnes représentant 1 375 navires dont 1 208 auraient été coulés par les sous-marins (et quelques-uns par les vedettes rapides), et 167 par l'aviation.

ment efficaces, elle fut utilisée à plein, en 1942, sur les théâtres terrestres d'opérations de l'Est.

Essayons de comparer les résultats annoncés par Berlin et ceux que Washington admet. Le 15 mars 1942, les Allemands annoncent la destruction de 151 navires dans les eaux américaines depuis la déclaration de guerre des Etats-Unis. Les Américains disent alors 98. Le 12 juillet, le Navy Department dit : 370 navires et la marine du Reich 430; la différence entre les deux nombres serait donc sensiblement constante et voisine de 55 ou 60.

Enfin, une dépêche de Washington du 11 février dernier annonçait que le nombre des navires américains coulés jusqu'à la mi-janvier 1943 était de 593. Ces pertes posent pour les Alliés non seulement un problème de construction et plus généralement de production, mais un problème de répartition. Une proportion importante du tonnage coulé est, en effet, représentée par des navires spéciaux et plus particulièrement des pétroliers (1). D'où les restrictions imposées à la consommation du pétrole aux

(1) Le 12 février 1942, six pétroliers, soit 20 700 t, sont détruits à Aruba, un autre y est torpillé le 16; du 18 au 21, trois sont coulés au large de Curaçao et deux devant Port of Spain. Au total, douze tankers

Etats-Unis, la construction de pipe-lines et de chalands dont l'utilisation permettra de réduire le cabotage des « tankers ».

L'insécurité croissante de la navigation est d'ailleurs mise en évidence par la tendance des marchés des frets et des assurances maritimes, baromètre toujours fidèle. En avril 1942, pour les transports d'Angleterre au Canada et aux Etats-Unis, au nord du cap Hatteras, la prime s'élève de 2 1/2 à 4 % ; sur les Etats-Unis, au sud du cap Hatteras à 5 %, sur l'Afrique de l'ouest et du sud de 3 à 5 %, sur l'Australie de 5 1/2 à 7 % ; en juin 1942, nouvelle hausse, le taux s'élève à 10 % pour certaines traversées. En juin 1942, également, l'Etat anglais prend à sa charge 97,5 % au lieu de 80 % de l'assurance contre les risques de guerre des navires assurés pour plus de 2 millions de livres, 2 1/2 % restant seulement à couvrir par les compagnies d'assurance. En ce qui concerne les frets, citons celui du charbon qui subit, en mai 1942, une augmentation de plus de 50 % sur l'Amérique du Sud.

Jusqu'à ces derniers mois, les succès les plus complets remportés dans l'attaque des convois l'avaient été en Méditerranée ou dans l'océan Arctique, c'est-à-dire sur des théâtres d'opérations relativement limités ; au début de 1943, des convois importants, destinés, semble-t-il, au ravitaillement de l'armée d'Afrique du Nord, ont subi des pertes graves, même en plein Atlantique. L'un d'eux, composé de quatorze ou de seize pétroliers, aurait même été à peu près complètement détruit en janvier.

En Méditerranée, l'épisode le plus fameux est sans doute celui des combats simultanés, en Méditerranée occidentale et orientale, du 15 juin 1942.

On se souvient qu'un convoi d'une douzaine de navires de commerce partit de Gibraltar pour aller ravitailler Malte, escorté, dit le communiqué italien, d'un bâtiment de ligne, deux porte-avions, quatre croiseurs et une dizaine de contre-torpilleurs. Au soir du 14 juin, le cuirassé et les porte-avions firent demi-tour à l'entrée du canal de Sicile et le 15, à l'aube, deux croiseurs légers et cinq contre-torpilleurs italiens attaquèrent, au sud de Pantellaria, s'en prenant plus particulièrement à l'escorte, alors que les forces aériennes allemandes décimaient le convoi. Le bilan de l'opération, d'après Rome et Berlin, serait : un croiseur et un contre-torpilleurs coulés, deux destroyers très gravement atteints, un croiseur et un destroyer

du 12 au 21 février. Cette hécatombe est d'ailleurs, il faut le reconnaître, exceptionnellement sévère.

Un communiqué allemand du 16 février 1943 affirme que la marine britannique aurait perdu depuis le début des hostilités 433 bâtiments citernes, soit 2 200 000 tx.

« torpillés » (?). Deux cargos seulement auraient pu gagner La Valette. Londres contesta ces résultats et dit simplement que Malte avait été ravitaillé, « non sans pertes ».

En même temps, un autre convoi comprenant, disent les Italiens, 50 unités, partait d'Alexandrie pour ravitailler l'armée anglaise de Cyrénaïque. A la mer, se trouvaient d'importantes forces cuirassées italiennes qui n'intervinrent pas, mais dont la présence empêcha peut-être l'amiral anglais de gagner vers le nord. Attaqué le 15 par des forces aériennes, il perdit, dit le D.N.B., sept bâtiments de guerre et quatorze transports, soit 111 000 tonnes. Il dut regagner Alexandrie.

Un combat également fameux dans le bassin

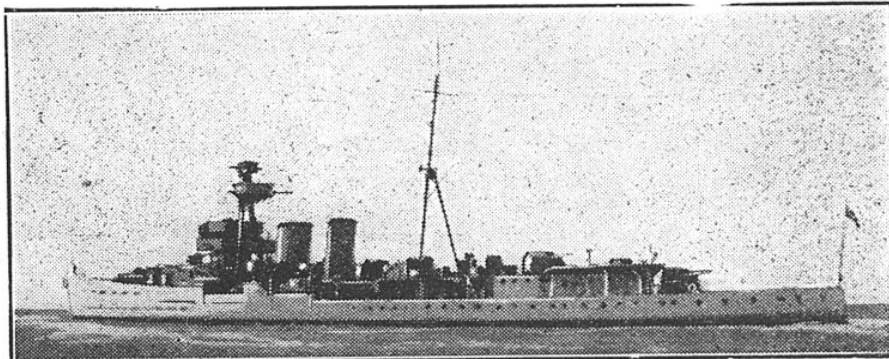


FIG. 10 — LE CROISEUR BRITANNIQUE CONTRE AVIONS « CAIRO »

C'est un croiseur déplaçant 4 200 tonnes et doté d'un puissant armement antiaérien : 8 pièces de 102 mm antiaériennes en quatre affûts doubles, 1 pom-pom octuple de 40 mm et 16 mitrailleuses de 12,7 mm. Toutes les armes sont ainsi antiaériennes.

méditerranéen occidental est celui des 11, 12 et 13 août, qui coûta, à coup sûr, aux forces anglaises, le porte-avions *Eagle*, les croiseurs récents *Manchester* de 9 000 tonnes et *Cairo* de 4 000 tonnes, un ou deux torpilleurs, des avaries à un porte-avions type *Furious*, probablement des avaries à plusieurs destroyers. Quant aux transports, il semble qu'une quinzaine sur vingt ou vingt-quatre aient été touchés.

Dans l'Arctique, les tempêtes fréquentes rendent souvent infructueuses les interventions des sous-marins. C'est alors à la Luftwaffe basée sur la côte nord de la Norvège et l'île de Jean-Mayen que revient le rôle principal.

Les attaques successives d'un même convoi durent souvent plusieurs jours consécutifs : du 25 au 30 mai 1942, un même convoi subit quatorze attaques de l'aviation allemande ; un autre fut attaqué chaque jour du 2 au 7 juillet. Du 13 au 18 septembre, quarante-cinq cargos escortés et naviguant à la limite des glaces furent attaqués sans arrêt par les sous-marins et les avions. Chaque fois, les pertes furent lourdes. Le résultat des attaques de ce dernier convoi aurait été, d'après Berlin, vingt-neuf bâtiments coulés, soit 270 000 tonnes.

Les pertes massives de tonnage marchand n'ont pas seulement des conséquences économiques. Elles peuvent avoir une incidence grave sur la conduite des opérations militaires terrestres.

Nous trouvons un exemple frappant de cette interdépendance des actions navales et terrestres sur le théâtre méditerranéen, en fin 1941 et en 1942.

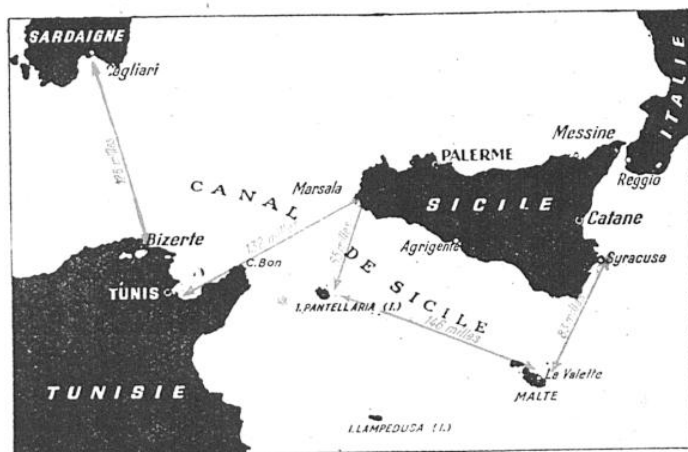


FIG. 11. — LE CANAL DE SICILE, PASSAGE CRITIQUE DES CONVOIS MÉDITERRANÉENS

Les bases aériennes et navales de Sardaigne, de Sicile et de Pantellaria permettaient une surveillance étroite du canal de Sicile (aviation, sous-marins, vedettes rapides). Les convois britanniques le passaient généralement de nuit, à vitesse maximum, escortés de bâtiments légers. L'escorte lourde (cuirassés, porte-avions, etc.) rebroussait chemin à l'entrée du canal.

L'offensive anglaise en Afrique du Nord est déclenchée le 17 novembre 1941. Après avoir d'abord résisté à Sidi Rezegh, le général Rommel entame une retraite de 500 km, dont la raison échappe aux « experts » et qui le conduit à Agadabia le 26 décembre.

C'est qu'il manque de ravitaillement, particulièrement d'essence. Depuis la bataille du cap Matapan (28 mai 1941), malheureuse pour la marine italienne (1), les sous-marins et les avions anglais ont infligé de lourdes pertes aux convois de l'Axe, sans être inquiétés par les forces de surface adverses.

Rommel doit d'abord retrouver la maîtrise de la mer.

Or, dans la nuit du 17 décembre, des engins d'assaut italiens ont gravement avarié en rade d'Alexandrie les cuirassés *Valiant* et *Queen Elizabeth*. L'escadre de la Méditerranée orientale n'a plus de cuirassés.

Déjà, en novembre, le *Barham* a été torpillé aux abords de Gibraltar, le porte-avions *Ark Royal* coulé, et tous ces grands bâtiments ne peuvent être remplacés. La surveillance de la route du Cap, les événements d'Extrême-Orient s'y opposent.

C'est alors que l'Axe renforce son aviation méditerranéenne des quelque mille avions de la Luft-

(1) Voir : « Les enseignements de la bataille navale de la mer Ionienne ». (*Science et Vie*, n° 286, juin 1941).

flotte Kesselring. Le 22 novembre 1941 commence le pilonnage de Malte qui neutralisera l'île jusqu'en juin 1942. Les forces sous-marines et aériennes anglaises ne peuvent plus rien. Les convois germano-italiens passent librement et directement en Lybie. Rommel, suffisamment ravitaillé, reprendra l'offensive, qui de El Agheila le conduira jusqu'à Tobrouk et El Alamein.

Le gigantesque effort de constructions navales des Etats-Unis

Pour « tenir », les nations anglo-saxonnes doivent faire un

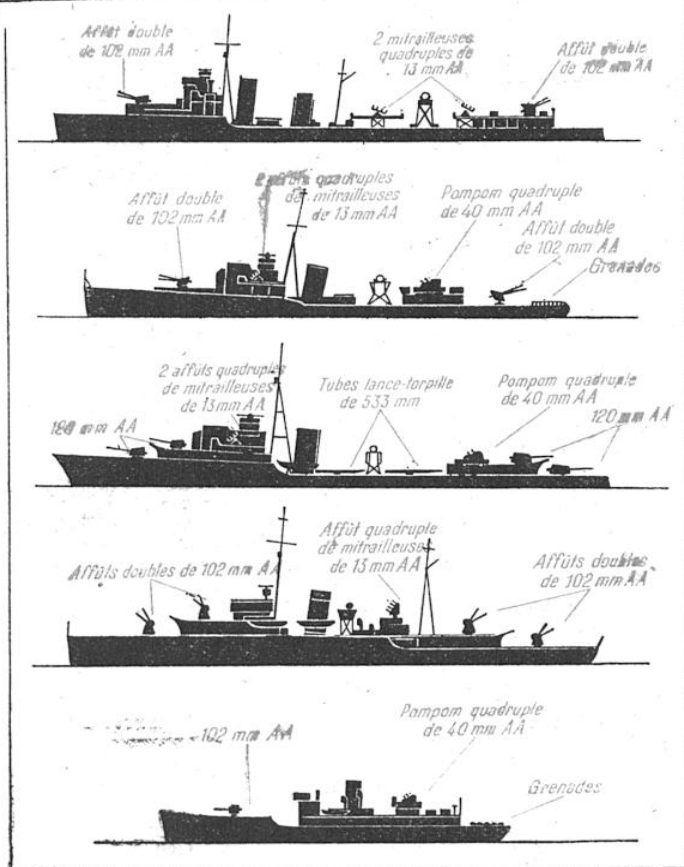


FIG. 12. — TYPES DE BATIMENTS RÉCENTS DE LA MARINE BRITANNIQUE, UTILISÉS POUR L'ESCORTE DES CONVOIS

Tous ces bâtiments sont dotés d'une puissante artillerie antiaérienne comprenant des canons de 120 ou 102 mm sur affût simple ou double, des « pompoms » de 40 mm sur affûts octuples ou quadruples, des mitrailleuses lourdes de 12,7 mm sur affûts quadruples. On voit ici, de haut en bas : un escorteur de la classe Whitley, ancien destroyer de 900 t, sur lequel ont été montés des 102 mm sur affûts doubles et des mitrailleuses multiples; un escorteur rapide type Atherstone de 900 t; un destroyer de 1500 t, type Onslow, de 1500 t, spécialisé dans l'escorte des convois; un escorteur type Egret de 1200 t; une corvette (dénommée autrefois chasseur-baleinier) de 600 t.

gigantesque effort de constructions navales, construction de navires de charge, mais aussi de bâtiments de guerre, en particulier de chasseurs de sous-marins.

La contribution des Etats-Unis est incontestablement — et de beaucoup — la plus importante. En quelques mois, le nombre des chantiers navals, qui était de 45 en 1941 avec 176 cales, est passé à 64 avec 406 cales et n'a cessé d'augmenter. Entre le début de 1940 et la fin de 1942, le nombre d'ouvriers travaillant dans ces chantiers a plus que quintuplé (720 000 fin 1942). Résultat : les constructions de navires marchands ont passé de 1 million de tonnes pour l'année 1941 à 670 000 tonnes pour le seul mois de janvier 1943.

Quelques chiffres permettront de jalonner cette progression. Précisons qu'il s'agit de chiffres fournis par les Américains eux-mêmes.

De décembre 1941 à mai 1942, la production mensuelle moyenne est de 40 navires, soit 300 000 tonnes. En mai, saut brusque : 58 navires, soit plus de 400 000 tonnes. En juin, 66 navires, près de 500 000 tonnes. En fin 1942, 600 000 tonnes mensuelles. Enfin, nous venons de le voir, en janvier dernier : 94 bâtiments, soit 3 par jour, près de 700 000 tonnes. Pour 1943, le programme américain prévoit une moyenne de 5 bâtiments par jour (qui n'est pas encore atteinte) et un total annuel de 19 millions de tonnes.

Il faut ajouter la production britannique (Grande-Bretagne et Canada), à peu près constante, de 150 000 tonnes par mois.

Ces constructions compensent-elles les pertes dues aux sous-marins et aux avions de l'Axe ? Les données relatives aux pertes sont de source allemande, les informations sur les constructions sont américaines. Il pourrait donc être difficile de répondre. Cependant, les critiques de la presse anglaise et même les exultantes statistiques de la presse américaine, plus optimiste, nous permettent de dire que l'équilibre n'était pas encore atteint fin 1942. Les « scores » les meilleurs qui aient été publiés donnent pour cette année 1942 et pour l'ensemble anglo-saxon 700 navires représentant 7 à 8 millions de tonnes. Si on le compare aux chiffres du tonnage coulé publiés par l'Axe (9 millions pour l'Allemagne, 2 millions et demi pour les Alliés), on arrive, compte tenu des inévitables enthousiasmes d'estimation, à un déficit certain.

Quelle peut être actuellement le tonnage utilisable des Anglo-Saxons ? En 1939, la flotte marchande anglaise était de 21 millions de tonnes, celle des Etats-Unis de 12 millions de tonnes. Il convient d'ajouter environ 3 millions de tonnes de navires européens récupérés,

pris, etc., soit au départ 36 à 37 millions de tonnes. En admettant les chiffres américains et anglais pour les constructions depuis lors, nous inscrirons dans la colonne « crédit » de ce compte : 53 millions de tonnes au 1^{er} janvier 1943.

Colonne « débit », nous trouvons (chiffres allemands), du 1^{er} septembre 1939 au 1^{er} janvier 1942 : 14 600 000 tonnes ; en 1942, 11 500 000 tonnes, soit, en chiffres ronds, 26 millions de tonnes.

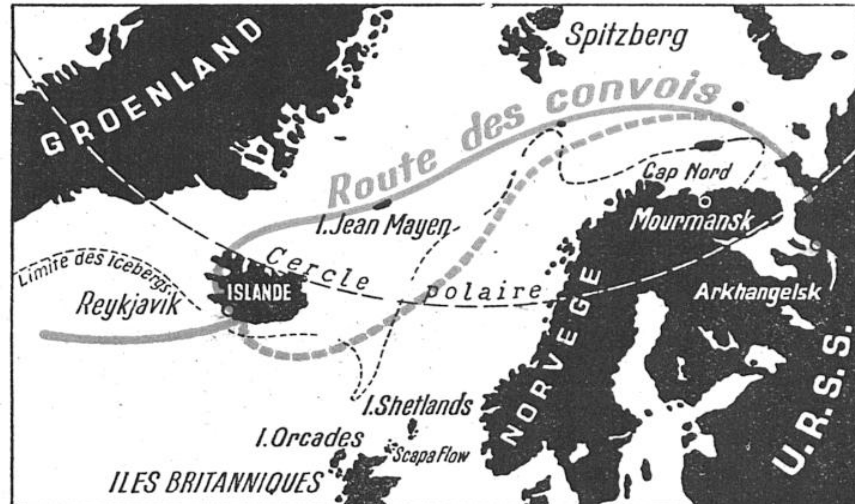


FIG. 13. — LA ROUTE ARCTIQUE DE RAVITAILLEMENT DE L'U.R.S.S.

Les convois destinés à la Russie passent, suivant la saison, au nord ou au sud de l'Islande, pour aboutir à Arkhangelsk ou Mourmansk. Arkhangelsk est bloqué par les glaces pendant cinq mois et est devenu, cette année, inutilisable le 10 décembre. C'est le plus souvent entre l'île Jean-Mayen et la côte norvégienne que les convois sont repérés par l'aviation adverse.

Les Nations Unies posséderaient donc actuellement 27 millions de tonnes et auraient un déficit sérieux à rattraper (10 millions de tonnes). Il doit être bien entendu que tous ces calculs n'ont qu'une valeur d'indication.

Ce que l'on peut dire, en tout cas, c'est que désormais le déficit mensuel semble devoir disparaître et que même, si les promesses de la presse américaine étaient tenues (22 à 23 millions de tonnes pour l'ensemble des puissances anglo-saxonnes en 1943), une part importante du déficit constaté plus haut entre l'actif actuel et l'actif de 1939 serait comblée.

Il convient cependant de remarquer que ces constructions ne brillent pas toujours par la qualité. Elles comprennent un grand nombre de cargos « Liberty » de 10 000 tonnes, 9 nœuds, que les Américains appellent tantôt « boîtes à savon » et tantôt « vilains canards » et dont les convois marchent à une allure égale à celle des sous-marins en plongée, ce qui est très dangereux. Sur les 94 bâtiments construits en janvier 1943, il y avait 75 « Liberty », 4 pétroliers seulement, 9 cargos divers et 6 navires spéciaux. Sur les 2 000 ou 2 300 prévus pour 1943, il y aurait 1 500 « Liberty » et, il est vrai, 300 pétroliers. Les Anglais semblent d'ailleurs vouloir réagir contre cette construction standard de bateaux lents à bon marché et préconisent celle de cargos rapides. Mais alors, le rythme actuel des constructions pourrait-il se maintenir ? C'est fort douteux.

Il ne faut pas oublier que, outre les navires de commerce, doivent être construits des navires de guerre. Les grands bâtiments sortent de chantiers généralement spécialisés. Nous n'en parlerons pas. Mais toute la « poussière navale », dont la lutte contre les sous-marins exige une consommation énorme, sort de n'importe quel chantier et sont souvent construits côte à côte avec les bâtiments de charge. En 1940 et 1941, plus de 500 de ces petits navires (chasseurs de sous-marins, vedettes rapides, etc.) ont été construits. Le programme de 1943 en prévoit 700.

On peut donc bien dire que l'effort imposé aux constructions navales anglo-saxonnes par la guerre sous-marine est gigantesque.

Conclusion

Depuis 1918, l'arme sous-marine a fait des progrès considérables. A la fin du précédent conflit, certains U-Boote avaient fait croisière jusque sur les côtes américaines. Actuellement, c'est pendant des semaines (un mois parfois et plus même) que les sous-marins de l'Axe, ravitaillés à la mer en torpilles et en combustibles, restent sur leurs terrains de chasse. Grâce à l'excellence de leurs moyens de transmissions, à leur entraînement, ils appliquent une tactique d'attaque en groupe très souple, qui semble donner des résultats remarquables.

L'arme aérienne, elle aussi, — soit qu'elle travaille seule, comme parfois dans l'Arctique, soit, le plus souvent en liaison avec les sous-marins, — est devenue un adversaire avec lequel les navires de commerce, même armés, et leurs escorteurs doivent compter.

Les moyens de défense ont, par contre, peu évolué. Les transports naviguent en convois comme au temps de Tourville, protégés par un ou deux cuirassés comme jadis par un ou deux vaisseaux, deux ou trois croiseurs remplacent les frégates d'antan; quant aux corvettes, elles ont une descendance directe (fig. 14). Les armes se sont naturellement adaptées aux conditions du combat : appareil de détection des sous-marins, grenades, D.C.A. renforcée. Mais l'expérience prouve qu'elles permettent de n'assurer qu'une sécurité partielle des convois. Une attaque conduite avec mordant cause presque toujours des dégâts. La guerre sans merci au

trafic maritime conduit à une hécatombe de tonnage.

Devant de tels résultats, on est fondé à se demander si la formule des convois, — formations rigides et généralement lentes (leur vitesse est celle des plus mauvais marcheurs) qui offrent à l'adversaire ses victimes rassemblées, — n'est pas une formule désuète.

Le cargo rapide, bien armé, pourvu de la détection sous-marine, naviguant isolément, n'hésitant pas à allonger sa route par des zigzags dans les parages dangereux, n'aurait-il pas beaucoup plus de chances d'arriver sain et

sauf?

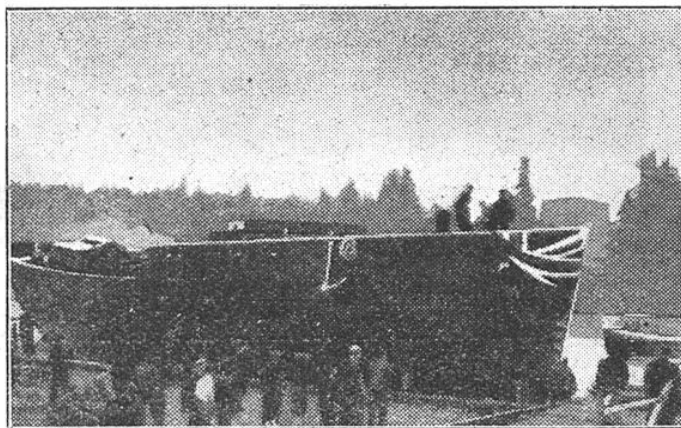
Mais il faudrait posséder les cargos rapides.

Or, pour palier leurs pertes, importantes dès le début des hostilités, les Anglo-Saxons, allant au plus pressé, ont construit en série des navires lents (75 % des constructions américaines sont de ce type). Ils se trouvent donc, à l'heure actuelle, à la tête d'une quantité de ces navires de série qui, eux, doivent naviguer en convois sous peine de risques excessifs. Si les Nations Unies voulaient actuellement abandonner ces constructions au rabais pour cons-

truire des navires de qualité, le pourraient-elles? Non seulement le déficit de tonnage, déjà accumulé, ne serait jamais rattrapé, mais il s'augmenterait rapidement: D'autant plus qu'avant de faire « démarrer » les constructions nouvelles, il faudrait rééquiper en grande partie les usines.

C'est probablement à une solution moyenne que l'on aboutira, à un « panachage » qui permettra de faire transporter les cargaisons précieuses (armes, carburants) par des navires rapides, naviguant isolément, et les autres marchandises (ravitaillement par exemple) par des bâtiments en convois.

Certains parlent avec aisance de « seconds fronts » à créer ici ou là. Ont-ils bien toujours réfléchi aux difficultés de transport que présente l'entreprise? Il faut plus d'un million de tonnes de navires pour 150 000 hommes et leur matériel (armement et approvisionnement). Et non pas des « Liberty », mais des paquebots ou des cargos mixtes pour le personnel, des pétroliers, des transports rapides, toute l'aristocratie des navires de commerce. Cette entreprise est possible, elle n'est certainement pas d'une réalisation aisée. Jean-Louis COSTERENAT.



T W 24611

FIG. 14. — LE LANCEMENT D'UNE CORVETTE DANS UN CHANTIER CANADIEN

Les chantiers canadiens ont mis sur cale, tant pour la marine canadienne que pour la marine britannique, un nombre important de corvettes (70 pour la seule période 1939-1941) destinées à l'escorte des convois. Ces petits bâtiments de 600 à 700 tonnes, autrefois appelés chasseurs de baleines (whale-catchers), ont reçu un armement antiaérien important : une pièce de 102 mm, un pom-pom quadruple de 40 mm et plusieurs mitrailleuses. Ils sont équipés naturellement d'un appareil de repérage ultrasonore, de grenades sous-marines et de mortiers de lancement.

POUR CONSERVER RATIONNELLEMENT LÉGUMES ET FRUITS : LA DÉSHYDRATATION

par Charles BRACHET

La disette actuelle a donné une actualité particulière au problème de la conservation des aliments. Si l'on exclut les conserves en boîtes stérilisées qui demandent des quantités importantes de métal et ne sont applicables qu'à des produits précieux, le procédé idéal de stockage des légumes et des fruits, pratiqué depuis des siècles pour les prunes et les raisins, consiste à les dessécher pour suspendre dans leurs tissus tous les phénomènes de la vie (combustion des réserves nutritives, action des ferments et des bactéries). Cette déshydratation doit être réversible et le produit doit reprendre, en récupérant l'eau qu'il a perdue, toutes les qualités du produit frais. La dessiccation est donc une opération délicate à conduire et qui nécessite des appareils où la température, le degré d'humidité et la vitesse de circulation de l'air soient parfaitement réglés. Elle peut s'effectuer dans de petites installations ménagères ou coopératives ou enfin dans de véritables usines utilisant avec le meilleur rendement possible des calories bon marché (chaleur récupérée d'autres industries). Quand la déshydratation sera entrée dans les habitudes, elle pourra rendre même en temps de paix des services appréciables dans l'économie de la ferme et de la maison.

PAR la mise en évidence de l'impérieuse nécessité de stocker, la disette présente a permis de mesurer les gaspillages du passé en matière alimentaire, notamment en récoltes fruitières, légumières, potagères, fourragères. L'abondance nous empêchait d'apprécier tout ce qui, d'une récolte à l'autre, se perdait par la pourriture, la moisissure ou le gel; par le déchet résultant des transports d'un mode grossier, en vrac; par la fermentation ou la germination prématurées... Bref, on ne s'était jamais préoccupé sérieusement de stabiliser en son état nutritif optimum cette matière vivante que constituent les récoltes.

Primauté de la déshydratation sur la congélation dans la conservation des denrées végétales

Ici comme pour la viande, le problème est de suspendre le processus de désagrégation de la matière alimentaire. Mais le végétal a ceci de particulier que, récolté, il continue de vivre, en fixant de l'oxygène et rejetant du gaz carbonique. Autant d'énergie perdue pour l'alimentation. Les transformations chimiques survenant avec le temps (celles par exemple que comporte la germination) sont parfois indésirables pour l'estomac.

L'attaque bactérienne ou cryptogamique intervient à son tour, comme pour la viande. Enfin, si le gel vient à surprendre le légume, son tissu éclate, sa pulpe se durcit, la cuisinière le rejette. On sait que des tonnes de pommes de terre ont été perdues de ce fait au cours des deux derniers hivers.

Dans ces conditions, spéciales au végétal, le même dilemme qui se posait pour la conservation de la viande (doit-on cuire, saler, fumer ou bien refroidir?) va se trancher d'une manière à peu près rigoureusement inverse : c'est le froid qui prend logiquement possession de la plus vaste portion du stock alimentaire « viande », malgré que la « charcuterie-salaison » conserve l'avantage dans certaines de ses spécialités, bien connues. C'est tout au contraire, la dessiccation, plus exactement « déshydratation », par la chaleur qui devient la méthode rationnelle de conservation pour les végétaux, mais en quantités massives; tandis que la conservation par le froid garde tout son intérêt pour la distribution détaillée des fruits de qualité, des primeurs. Appliqué aux denrées végétales, le circuit du froid exige, en effet, le même équipement spécialisé que celui de la viande.

Il s'étend du frigorifique industriel à la glacière ménagère avec des cadres ou des wagons réfrigérés spéciaux au transport. Or, si un tel appareil se justifie pour la viande, la chaîne dût-elle s'arrêter au frigidaire du boucher de quartier, on ne conçoit guère l'intérêt qu'il y aurait à conserver des pommes de terre congelées! A supposer que leur gel et dégel fussent assez méthodiques pour éviter la détérioration dont précisément nous nous plaignons déjà! Les choux, les carottes, les épinards, les légumes verts en général, n'ont pas une valeur marchande qui justifie leur insertion dans la chaîne du froid, dispendieuse et encombrante.

Par contre, leur stockage par déshydratation offre un grand avantage : il permet d'éliminer du magasin, comme du transport, 80 à 90 % d'une matière sans valeur ni marchande ni spé-

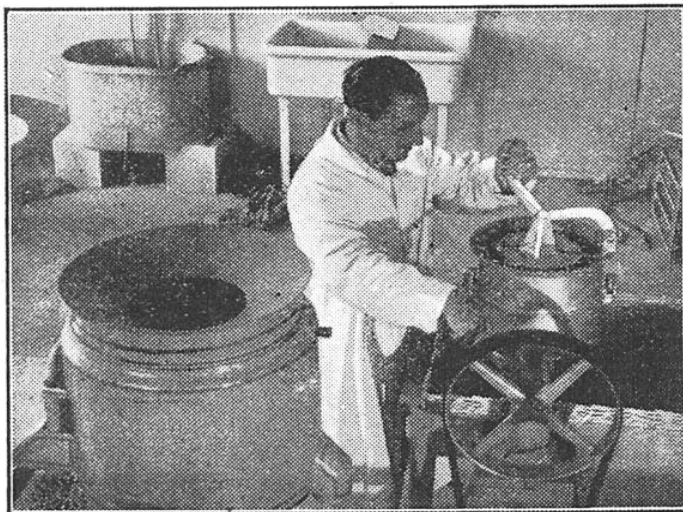


FIG. 1. — LE DÉCOUPAGE DES CAROTTES A LA SÉCHERIE MUNICIPALE DE VILLEURBANNE

T W 24588

cifique, c'est-à-dire la plus grande partie de l'eau contenue dans le végétal, *quitte à la lui restituer* au moment de la cuisson définitive.

L'hydrophilie du protoplasme et la « réversibilité » d'imbibition du système cellulaire

Afin de pénétrer les phénomènes auxquels la technique de déshydratation fait appel, insistons sur ceci qu'il s'agit de conserver, autant que possible, l'homogénéité cellulaire du végétal. Autrement dit, la cellule végétale offerte à la cuisson définitive doit s'y présenter avec une membrane intacte, renfermant, par suite, tous les principes nutritifs dont elle était garnie au moment de la cueillette.

Voici le mécanisme très simple de « réversibilité », qui permet d'extraire et de restituer son eau physiologique à la cellule, sans modifier sa structure.

La cellule végétale comporte une membrane externe « cellulosique » doublée d'une seconde membrane « protoplasmique », exactement comme l'œuf de poule possède, doublant immédiatement sa coquille, une pellicule organique. La membrane protoplasmique n'est du reste, qu'une différenciation périphérique du protoplasme dont la substance forme le corps cellulaire proprement dit.

Le protoplasme est un colloïde complexe formé des éléments nutritifs qui précisément nous intéressent : les glucides, les protides et les lipides dont nous avons marqué le rôle alimentaire fondamental à propos des recherches sur les « Ersatz » (1).

(1) Voir : « Les ersatz alimentaires », (*Science et Vie*, n° 304, décembre 1942.)

Un colloïde étant une suspension de corpuscules microscopiques (micelles) dans un milieu aqueux, l'eau n'y joue aucunement le même rôle de « solvant » qu'elle tient dans les solutions salines. Déshydrater une solution saline revient à faire cristalliser le sel dissous. Déshydrater un colloïde revient à faire coaguler les éléments micellaires en suspension. Et, tout de même qu'en restituant au sel l'eau dont on l'a privé on rétablit la solution saline, de même en restituant son eau (son « sol » comme disent les physiciens) au « gel » colloïdal, on reconstitue la suspension originelle. Ce phénomène de réversibilité se réalise d'autant plus aisément que la matière du colloïde est plus « hydrophile » et justement le protoplasme cellulaire possède cette qualité à un degré très élevé. Reste à examiner les moyens d'entrée et de sortie qu'on doit offrir à l'eau, hormis celui qui consisterait à rompre la membrane, ce qu'il convient d'éviter, avon-nous dit, si l'on veut conserver

l'homogénéité cellulaire.

Nous touchons ici au délicat phénomène de l'osmose dont les lois physiques sont des plus précises. Une membrane donnée se laisse, sans déchirure, traverser par l'eau, dans des conditions qui dépendent de la différence des températures et des pressions installées de part et d'autre de la membrane. Si l'on prétend déshydrater le protoplasme à travers la double membrane cellulaire, il faut donc opérer à des températures et des pressions physiquement *optima*, en vue du rendement industriel, mais qui, néanmoins, restent au-dessous de la température et de la pression critiques, c'est-à-dire capables de rom-

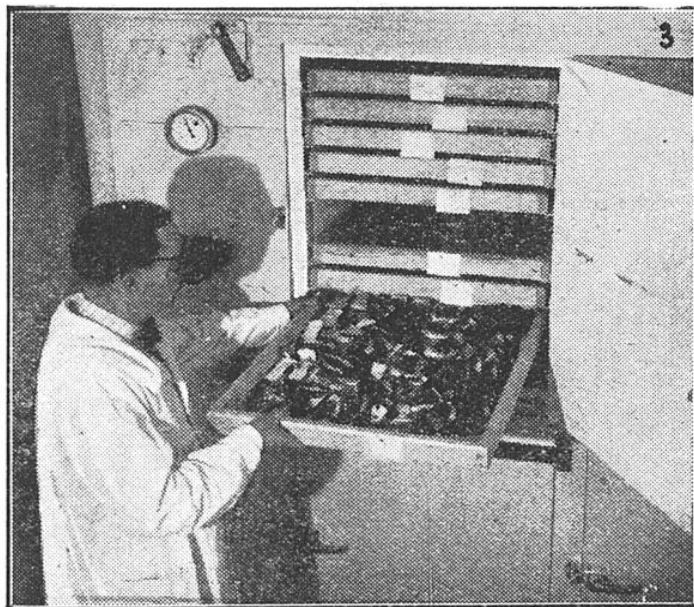
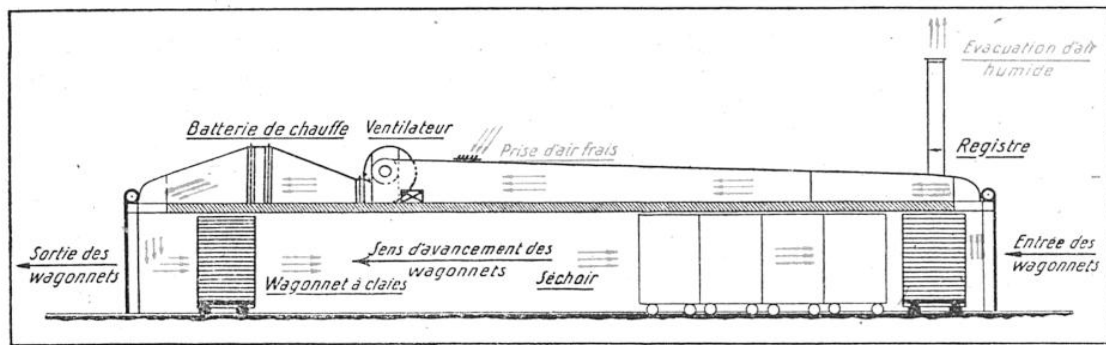


FIG. 2. — L'INTRODUCTION DES LÉGUMES DANS LE FOUR DE SÉCHAGE A LA SÉCHERIE DE VILLEURBANNE

T W 24594



T W 24582

FIG. 3. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN FOUR TUNNEL POUR LE SÉCHAGE DES FRUITS ET DES LÉGUMES (NACAL)

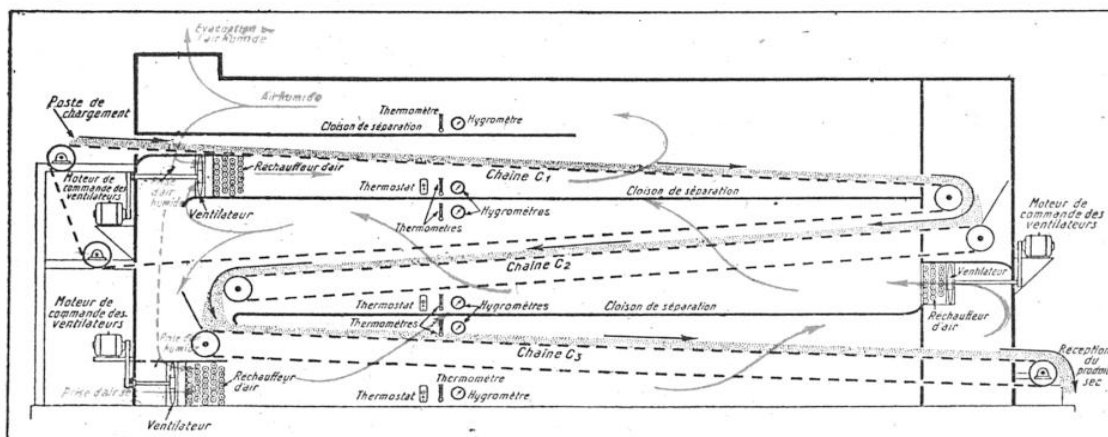
Les produits à sécher, découpés et étendus sur des claies, sont chargés sur des wagonnets. Les wagonnets circulent, l'un poussant l'autre à contre-courant dans le tunnel de séchage. Ils rencontrent donc d'abord de l'air relativement froid et humide, puis de l'air de plus en plus chaud et sec, et le séchage est très progressif. L'air chaud qui pénètre dans le séchoir doit être à une température et à un degré hygrométrique soigneusement réglés. Pour cela, la chaleur est fournie par une batterie de chauffe constituée par des tubes d'acier où l'on fait passer de la vapeur d'eau sous pression. La batterie est réglée par un thermostat. L'humidité convenable est fournie par le prélèvement d'une partie de l'air qui vient de traverser le tunnel. Cet air, mélangé à une quantité convenable d'air frais et réchauffé, est injecté dans le tunnel grâce à un ventilateur centrifuge qui entretient la circulation de l'air dans l'appareil. Suivant les dimensions du tunnel et la puissance de l'installation de conditionnement de l'air chaud, on obtient des capacités de séchage qui varient entre 60 et 1 000 kg à l'heure.

pre la membrane ou de lui enlever ses propriétés osmotiques. Ce bref aperçu nous aide à concevoir l'importance de la température à laquelle on opère la déshydratation, ainsi que le rôle éventuel d'une dépression auxiliaire.

Il devient aussitôt évident que la « dessiccation » au four de boulanger ou dans telle étuve empirique similaire n'atteint pas le but proposé : les points indiqués y sont dépassés et les cellules détruites. Ces procédés empiriques aggravent, d'autre part, l'action de l'oxygène sur la vitamine C qui, déjà labile à la lumière

du jour, se trouve détruite par le rayonnement du four (corps noir, émettant en principe toutes les longueurs d'onde).

Notons que l'opération « réversible » de déshydratation et d'hydratation du protoplasme intracellulaire n'est possible qu'à cause de la nature colloïdale de ce protoplasme. Une solution saline laisserait fuir sa substance par osmose dans des conditions qu'il est inutile de préciser ici. Notons encore que le caractère colloïdal de l'aliment doit être d'autant mieux conservé qu'il est lié au pH, si important en matière d'alimentation.



T W 24587

FIG. 4. — COUPE SCHÉMATIQUE D'UN SÉCHOIR NEU POUR LE TRAITEMENT DE 7 TONNES DE LÉGUMES EN 24 HEURES

Le séchage s'effectue par passage des légumes sur trois tabliers superposés entraînés par les chaînes C₁, C₂, C₃, dont chacune possède son circuit d'air chaud soigneusement conditionné. Le réglage de la température se fait au moyen d'un thermostat, le réglage de l'humidité (contrôlé à l'hygromètre) se fait par la reprise d'une certaine quantité de l'air humide. La chaîne supérieure accomplit une partie de son trajet à l'air libre, ce qui permet d'introduire les produits à sécher dans le four. Le trajet parcouru par ces produits est figuré par les flèches noires, le trajet de l'air est représenté par les flèches rouges.

Les conditions physicochimiques du traitement

La première question qui se pose est d'ordre physique : quelle quantité d'eau peut-on extraire sans ruiner l'édifice moléculaire propre du protoplasme ?

Il convient de laisser aux éléments protoplasmiques leur eau « de constitution ». Autrement dit, il est un minimum d'hydratation au-dessous duquel les micelles ne peuvent descendre sous peine de n'être plus des particules colloïdales. On admet que ce minimum, très faible, est sauvegardé si l'on ne dessèche pas en extrayant plus de 90 pour cent de l'eau totale contenue dans le végétal. Et comme l'industriel n'a aucun intérêt quantitatif à pousser la dessiccation, il en résulte qu'en fixant à 10 % de l'état hygroscopique primitif le taux d'humidité des produits marchands en question, le législateur sauvegarde, *ipso facto*, leur qualité biologique.

Un second point de vue concerne le chimiste : sous l'action des *diastases* (ferments solubles) inclus dans le végétal traité, la plupart des corps oxydables qu'il contient seront modifiés au cours de la déshydratation. Il faut donc neutraliser les *diastases* en question. Et c'est l'opération du blanchiment préalable qui pourvoit à cette destruction des *diastases*. On la pratique soit par immersion rapide dans l'eau bouillante, soit à la vapeur. C'est une opération délicate que le technicien doit spécialement régler pour chacune des denrées traitées, en fonction du milieu qu'il utilise. C'est ainsi que la destruction des « oxydases » — nom spécial de ces « diastases » végétales nuisibles — des carottes s'effectue par un blanchiment de trois à quatre minutes avant épluchage; les haricots verts, entiers ou coupés, se trouvent suffisamment blanchis en deux ou trois minutes; les petits pois en deux minutes; les choux en une minute ou deux suivant la qualité. Les pommes de terre exigent plusieurs minutes et, parfois, l'addition d'acide citrique. Les oignons, les poireaux, les épinards, le céleri ne se blanchissent pas.

Les fruits se « blanchiront » par soufrage, ce qui, par un avantageux doublé, élimine, en même temps que les oxydases, les œufs et les larves d'insectes. Le phénomène d'oxydation est, du reste, particulièrement rapide, visible aux yeux les plus inexpérimentés, sur une tranche de pomme ou de poire. Certaines espèces « brunissent » en quelques minutes, après le passage du couteau. Si on coupe ces fruits en milieu sulfureux, la tranche reste blanche.

Les conditions physiques précises de la dessiccation pour chaque espèce de légume :

l'importance du « débitage »

Passons, maintenant, à la technique destinée à réaliser, au plus près, les données scientifiques ci-dessus.

Aussitôt apparaît la nécessité d'informer spécialement chaque cas particulier :

un fruit riche en sucre n'a pas besoin de voir réduire sa teneur en eau au-dessous de 20 %; tandis que les fruits pauvres en sucre, logés à la même enseigne que les légumes, doivent être déshydratés jusqu'au-dessous de 10 % si l'on veut barrer le chemin aux moisissures, aux levures, aux bactéries et à l'activité des diastases. Le point de stérilité dépend, en effet, de la proportion de résidu sec et soluble (sucres, acides, sels). Et c'est pourquoi l'industrie millénaire de la dessiccation a débuté empiriquement, en Grèce, par les figues et les raisins. L'activité du soleil à laquelle on les expose suffit pour conduire ces fruits très sucrés au point de stérilité. Le succès des raisins de Corinthe tient, en particulier, au faible diamètre de leurs grains qui leur confère une grande surface d'évaporation relativement à leur petite masse.

Il n'est donc, pour atteindre à la dessiccation rationnelle, que de prolonger l'expérience antique en lui adjoignant ces coefficients numériques, chers à Kelvin, qui seuls donnent la connaissance scientifique du sujet.

On va donc substituer la chaleur artificielle à celle du soleil, puisque rares sont les pays jouissant du climat athénien et qu'au surplus toute industrie sérieuse doit pouvoir travailler à son heure et au rythme le plus avantageux. Du reste, le « four artificiel » ou séchoir conditionné permet seul d'obtenir cette constance de température hors de laquelle il n'est pas de rendement certain.

L'atmosphère desséchante établie dans un appareil rationnel (nous en dirons quelques mots plus loin) peut être choisie différente de l'air. On peut essayer l'action de la vapeur surchauffée ou celle d'un gaz inerte. On peut maintenir le séchoir au-dessous de la pression atmosphérique (dessiccation par le vide). Rien de tout cela n'est à rejeter *a priori*. Néanmoins, c'est l'air qui est généralement adopté comme véhicule industriel chargé : 1° de transporter la chaleur du dispositif de chauffage au produit, ce qui provoque l'évaporation de l'eau incluse

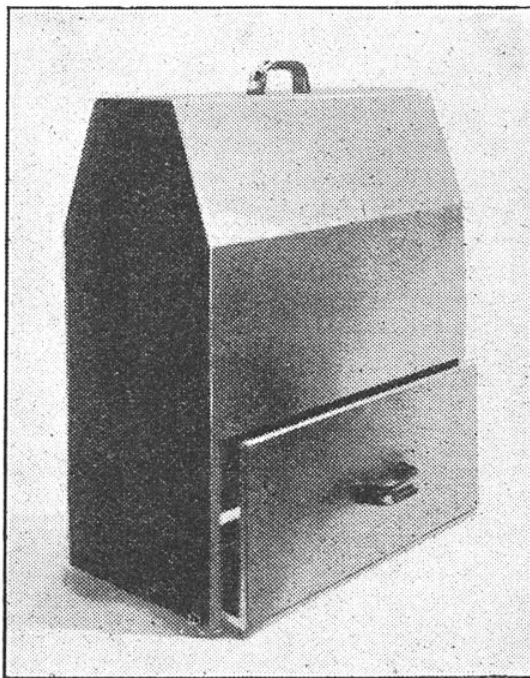


FIG. 5. — DÉSHYDRATEUR A LAMPES MAZDA « LA MÈRE-POULE » (ÉTABLISSEMENT MALABARD, DOCUMENT COMPAGNIE DES LAMPES)

dans celui-ci; 2° d'évacuer à l'extérieur du séchoir l'eau ainsi évaporée. Cette double fonction est, nous le verrons, assez complexe pour retenir toute la science des ingénieurs.

Le séchoir étant établi, il reste à préparer la matière qu'il doit traiter. La remarque touchant l'harmonie préétablie entre le format du raisin de Corinthe et sa destinée d'aliment de conserve, justifie également l'importance de la fragmentation des produits en vue de leur dessiccation. On a le choix du découpage préalable, soit en tranches d'épaisseur constante, soit en cubes de grandeur déterminée, soit en lanières, soit en copeaux, soit enfin en granules tellement petits qu'il s'agit d'une véritable floculation. Des pommes de terre ainsi « floculées » se présentent à la cuisine comme une farine sèche qui devient la « purée classique » en cinq minutes de cuisson. Une « cartouche » pour n personnes. C'est tout. Cet exemple laisse entrevoir toute une variété de présentation. Autre exemple : le débitage en rondelles de 3 à 5 mm d'épaisseur convient à la carotte : la dessiccation s'effectue alors en raison de la surface sous épaisseur constante. Mais le « parallélipède » de carotte est exigé pour la julienne : le rapport de la surface d'évaporation au volume de substance traité n'est plus le même que précédemment. D'autre part, la température à laquelle peut être soumise la carotte, au cours de la dessiccation, ne doit pas dépasser 65° C et 60°, si possible. La vitesse de dessiccation, c'est-à-dire la propagation du phénomène déshydratant de la périphérie au centre dans un parallélipède n'est pas la même que dans le cylindre très plat figuré par une rondelle. Si vous prétendez conserver l'homogénéité cellulaire dont il est question ci-dessus, il faut comprendre que la température et le temps d'exposition convenant à la rondelle peuvent, au contraire, « saisir » le cube et le cuire superficiellement, ce qui tue les cellules périphériques et conserve humides les cellules centrales.

Si la nature vous présente le légume tout débité, comme les petits pois ou les haricots verts, c'est parfait. La régularité sphérique du pois est d'autant mieux venue qu'il ne supporte pas, sous peine de dissociation cellulaire, une température de dessiccation supérieure à 40°.

Les fruits se traitent d'ordinaire en respectant leurs formes naturelles. Les uns sont pelés, les autres conservent leur peau qui est un

obstacle supplémentaire à la dessiccation. Autant de variantes dans le traitement. Ce qui exige une souplesse de fonctionnement adéquate de la part des appareils de séchage.

Grandes et petites installations : séchages à contre-courant et à courant concomitant

Pour obtenir de grands rendements indus-

triels, les constructeurs ont naturellement établi des séchoirs à fonctionnement continu, notamment des « séchoirs-tunnels ». Le principe en est simple. Un courant d'air sec, porté à la température voulue, est canalisé dans un tunnel où circulent, à vitesse réglée, des chariots contenant, sur claies de séchage, les denrées à traiter.

Dans une petite installation, on utilise avec succès des lampes électriques du type « sun-light » dont les résistances sont calculées pour fournir un spectre lumineux abaissé dans le sens calorifique, vers l'infrarouge. L'irradiation s'effectue dans des coffres à tiroirs sur lesquels on dispose les denrées qu'on peut surveiller à tout instant et brasser ainsi qu'il convient.

Dans le premier cas, la chaleur est donc utilisée par convection; dans le second, par rayonnement. Le choix est classique entre ces deux méthodes.

L'irradiation, affirmant quelques spécia-

listes, « pénètre » la masse à dessécher, en raison de la « sélection » appliquée à la lumière utilisée. Les rayons situés sur le spectre aux environs de 15 000 Å° pénétreraient jusqu'à plusieurs centimètres d'épaisseur la pulpe végétale. Ils traversent donc aisément une tranche de quelques millimètres. Mais comme la matière à traiter se trouve nécessairement présentée en tas plus ou moins compacts, la chaleur rayonnée agit par contact dès qu'elle a été absorbée par les premières couches de la matière irradiée. Disons donc plus simplement que les lampes offrent une grande commodité pour les installations réduites et leur chaleur un prix de revient raisonnable lorsqu'on utilise du courant nocturne, à tarif réduit.

La technique du séchage infrarouge, extrêmement intéressante quand il s'agit de traiter de larges surfaces homogènes, peut du reste perfectionner sa pratique en ce qui concerne les denrées : les appareils réflecteurs y détiennent une grande importance et leurs métaux spéciaux les plus parfaits, or et argent, sont coûteux.

Moins spectaculaire est le courant d'air sec et chaud obtenu par consommation d'un com-

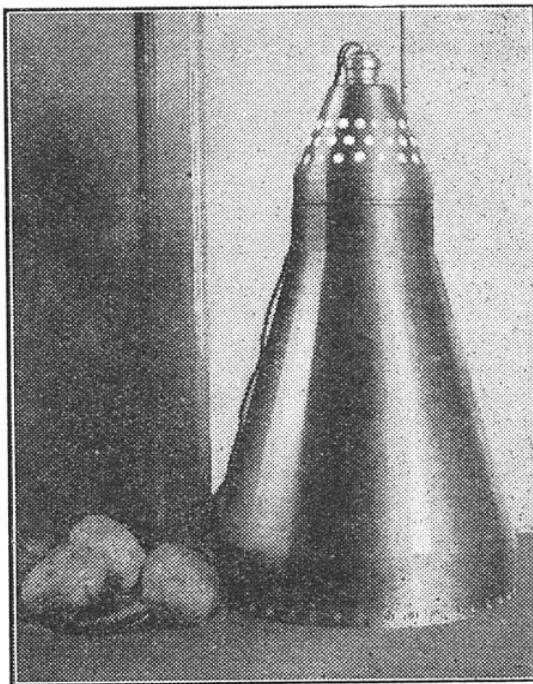


FIG. 6. — SÉCHOIR CONIQUE A UNE LAMPE MAZDA INFRAROUGE POUVANT SÉCHER 2 KG DE LÉGUMES A LA FOIS (SOCIÉTÉ LYONNAISE DES FOURS ÉLECTRIQUES, DOCUMENT COMPAGNIE DES LAMPES)

bustible quelconque dans un fourneau équipé par exemple de serpentins où passe l'air à chauffer. Canalisé par un système de ventilation adéquat et dirigé dans le tunnel de traitement, l'air de séchage y circule soit en sens inverse des denrées, soit dans le même sens qu'elles. Le premier procédé, dit « à contre-courant », comme le second, dit « à courant concomitant », ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients.

Dans le système à contre-courant, le produit entrant dans le tunnel y rencontre l'air sortant et, par conséquent, relativement froid et chargé de l'humidité qu'il a mission d'emporter. Le

La « surchauffe » des denrées est ainsi évitée. Enfin, l'ensemble du matériel soumis à la variation de température (denrées, plateaux, chariots, étagères) sortent du tunnel refroidis. Il y a donc moins de chaleur gaspillée.

Un autre véhicule que l'air peut être, d'ailleurs, utilement envisagé pour extraire l'humidité des denrées : c'est la vapeur surchauffée. L'évaporation étant commandée par la différence de « tension » des vapeurs du milieu ambiant, d'une part et du produit à sécher, d'autre part, il est évident que la vapeur « sèche », c'est-à-dire surchauffée, absorbe l'eau du végétal qui se présente froid et à l'état sa-

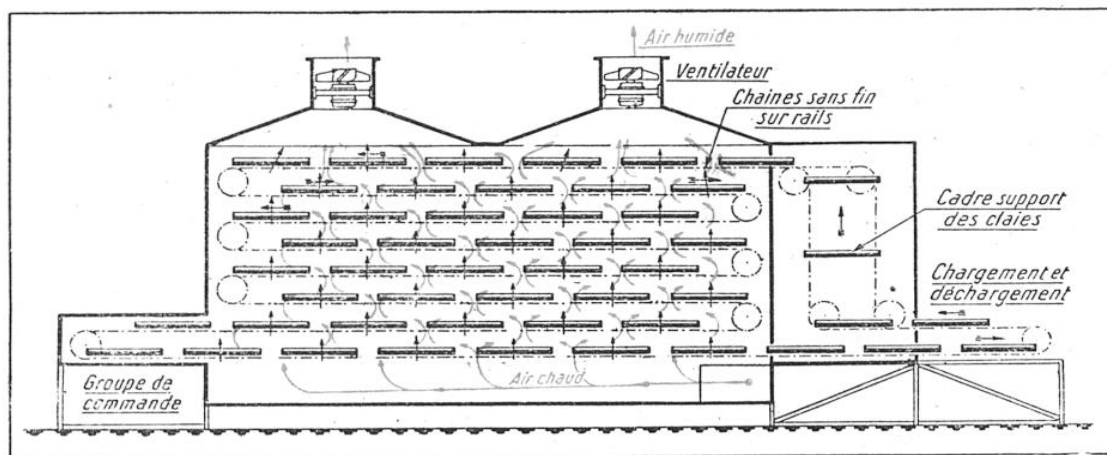


FIG. 7. SCHÉMA D'UN SÉCHOIR INDUSTRIEL À PLATEAUX MOBILES

T W 24584

Les produits à sécher sont étendus sur des claies que l'on place sur des cadres mobiles. Ces cadres sont entraînés lentement par une chaîne sans fin qui leur communique un déplacement de bas en haut et alternativement de gauche à droite et de droite à gauche. L'air chaud arrive à la partie inférieure de l'appareil et une partie de cet air traverse les claies, cependant que l'autre partie circule dans les intervalles. Les légumes déshydratés sont déchargés à la partie inférieure de l'appareil, où les claies qui les portent sont remplacées au fur et à mesure de leur passage par des claies chargées de légumes frais.

séchage, progressif, se termine, à l'autre bout du tunnel, sur l'air entrant chaud et sec. Ces conditions tendent à provoquer une dessiccation excessive en surface avec échauffement exagéré de la masse, déclarent les uns. Mais d'autres répondent : « Entrant dans l'air tiède et humide, les produits ne sont pas surpris. La ventilation y est homogène et le régime s'y maintient constant une fois réglées la température et la vitesse de déplacement pour le produit traité. »

Le système à courant concomitant est jugé préférable par les auteurs américains, quand il s'agit par exemple d'abricots, de pommes ou de légumes débités soit en cubes, soit en lanières. L'évaporation étant rapide durant la phase initiale de dessiccation, le produit entre précisément frais et humide dans l'air chaud et sec, conditions *optima* pour l'évaporation initiale. Au fur et à mesure qu'il avance, le produit conserve cet équilibre entre l'eau qui lui reste à céder et la chaleur offerte. En sorte que, d'un bout à l'autre du séchoir continu, le produit se trouve à une température voisine du point hygrométrique, dit « thermomètre humide » : autrement dit, il cède beaucoup d'eau et se refroidit en conséquence dans les sections chaudes et sèches du tunnel pour se refroidir moins vite dans les parties plus froides, alors qu'il ne lui reste que peu d'eau à céder.

Dans les villes qui disposent du chauffage urbain — comme en France, Villeurbanne, dont le réseau de chauffage distribue de la vapeur à 180° et 15 kg/cm² — il est tout indiqué d'utiliser cette vapeur pour alimenter des séchoirs publics. Installées en manière de service municipal collectif, ces séchereries reçoivent un contingent à traiter quotidiennement d'environ une tonne. Et c'est bien là un mode à retenir de l'industrie du séchage, le mode coopératif qui rassemble les avantages de la grande industrie quant au traitement et ceux de la petite production du potager ou du verger familiaux quant à la matière traitée.

Le bilan des calories dans l'opération du séchage

Puisqu'il s'agit d'une industrie de la chaleur, il faut dire un mot de l'économie de la chaleur au cours des opérations. Tout l'avenir industriel en pareille matière dépend du bilan des calories mises en jeu.

Ici, comme dans toute usine thermique, l'avantage économique est de travailler aux températures les plus élevées, compatibles avec les conditions du traitement.

Nous avons montré que la température critique marque une limite infranchissable. Il est donc évident que, dans le système « à contre-

courant » la température critique constitue, pour chaque produit traité, le maximum de la température de l'air utilisé à l'entrée du tunnel où se trouve précisément le terme du traitement, pour le produit. Dans le système « à courant concomitant », il devient possible d'attaquer le produit à des températures dépassant la température critique : le produit frais, contenant une grande réserve aqueuse, soutient aisément le premier choc thermique : l'évaporation le refroidit de manière à maintenir le point d'équilibre au-dessous du point critique.

Si l'on ne considérait que la vitesse d'évaporation, le plus avantageux des fluides thermiques utilisables ne serait autre que l'air sec. Mais une évaporation trop rapide « saisit » le produit et l'entoure d'une croûte isolante qui empêche ou tout au moins retarde l'évaporation profonde. Il est donc nécessaire que l'air transporteur de chaleur possède lui-même une certaine humidité. En général, on travaille avec de l'air à 70° C et 20 % d'humidité, pris à l'entrée du séchoir et 50° C avec 60 à 65 % d'humidité, pris à la sortie.

Les pertes de chaleur particulières à l'industrie du séchage sont d'origine très diverse. D'abord, le séchoir lui-même (qu'il soit en tôle ou en maçonnerie) absorbe un lot considérable de calories pour son propre chauffage, si bien calorifugé qu'il soit, à l'extérieur. Chaque fois qu'on ouvre les portes du tunnel pour la sortie du produit, des plateaux et du chariot qui le véhiculent, ce sont des calories qui s'évadent. La perte par rayonnement ou par les fissures n'est pas non plus négligeable. Tant et si bien que, parfois, 50 % de la chaleur se déperdit hors du circuit utile. Jamais la déperdition ne tombe, dans les meilleures installations, au-dessous de 25 %, disons 20 %.

Il importe d'introduire seulement dans le circuit de séchage la quantité d'air strictement nécessaire. Prenons un exemple : les fruits à traiter sont à 15° lors de leur introduction dans le séchage qui les porte à 65°. Pour réaliser cette élévation de température (des fruits et de l'eau qu'ils contiennent), soit $65^\circ - 15^\circ = 50^\circ$, il faut 50 grandes calories par kilogramme,

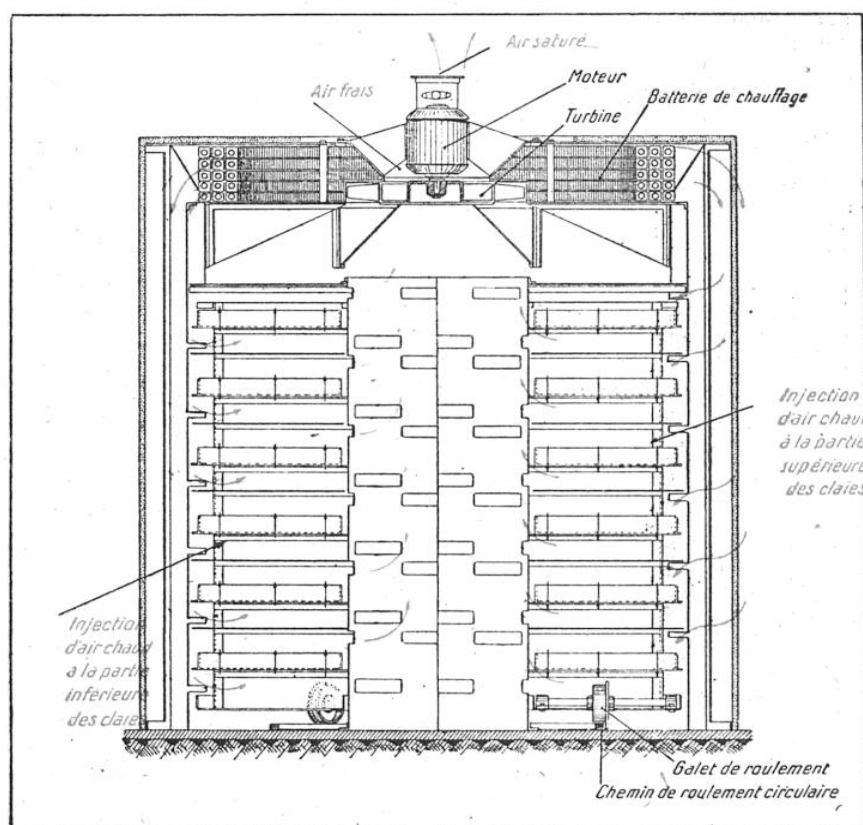


FIG. 8. — FOUR ARTISANAL POUR LA DESSICCATION DES LÉGUMES T W 24586

Ce four comporte une partie fixe composée de huit gaines de soufflage réparties sur le pourtour du séchoir, et une partie mobile au centre où l'on dispose sur des claies les produits à traiter. La partie mobile tourne sur un chemin de roulement circulaire. Elle est divisée en huit secteurs correspondant aux huit gaines de soufflage. Quand on fait tourner d'un huitième de tour la partie mobile du four, le passage de l'air chaud à travers les claies s'effectue tantôt de haut en bas tantôt de bas en haut. L'air chaud est fourni par une batterie de chauffage située à la partie supérieure de l'appareil, et dans laquelle une turbine insufflé de l'air frais. L'appareil peut sécher 240 kg de légumes frais en six heures.

plus 570 grandes calories correspondant à la chaleur de vaporisation. C'est donc 620 calories que nécessite chaque kilogramme d'eau à évaporer. Etant donnée la chaleur spécifique de l'air, un mètre cube d'air entrant à 65° dans le séchoir et en sortant à 50° laisse dans l'appareil environ 5 grandes calories. Il faut donc 124 m³ d'air pour évaporer 1 kg d'eau. Mais encore, cet air ne sera pas intégralement utilisé comme véhicule thermique efficace : il faut en rabattre 25 %, ce qui porte à 165 m³ véhiculant 825 cal le volume de l'air nécessaire à l'évaporation d'un kilogramme de l'eau contenue dans les fruits à 15°.

Le nombre de 825 cal mesure la consommation de combustible, en tenant compte du rendement propre à la chaufferie. Le nombre 165 m³ précise les conditions de ventilation applicables au tunnel. Si nous voulons sécher 5 tonnes de pommes en seize heures avec un rendement prévu de 1 tonne de produit sec pour 6 tonnes de produit frais (épluché et paré), nous aurons à évaporer 4 200 kg d'eau, soit 250 kg d'eau à l'heure ou 4,3 kg par minute. Le courant d'air chaud devra fournir 710 m³

par minute et véhiculera 3 550 calories par minute.

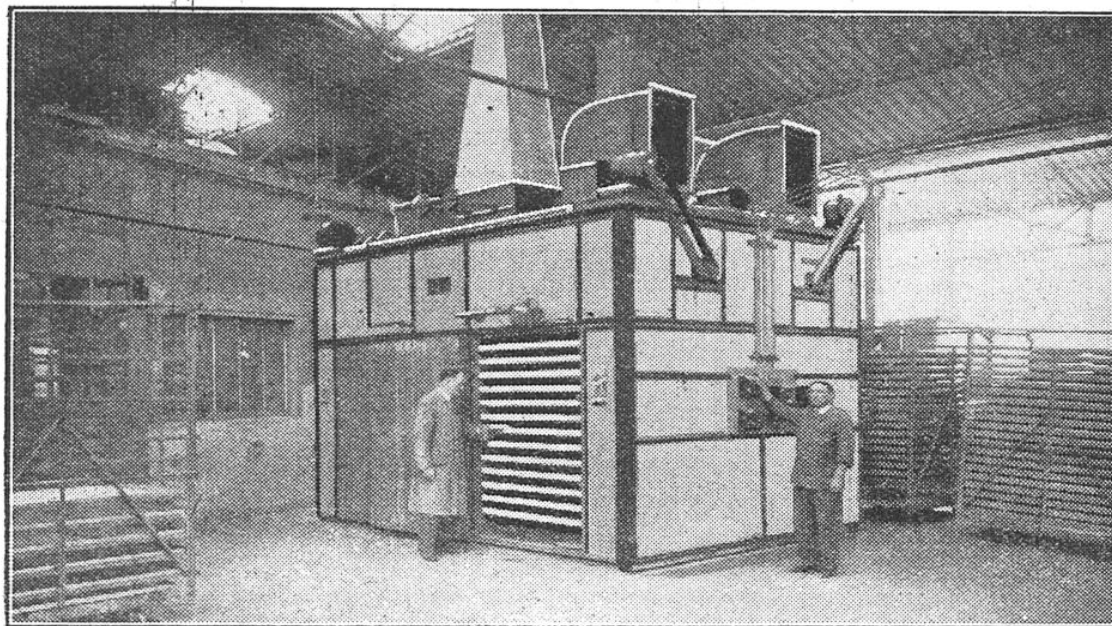
L'intervention des produits chimiques absorbants

Dans les évaluations précédentes de la chaleur véhiculée par l'air de séchage, la quantité relative à l'état hygrométrique de l'air n'est pas défalquée. Si on déshydrate cet air au moyen d'un corps absorbant, il devient capable d'entraîner une plus grande quantité d'eau pré-

obligatoires d'installations thermiques importantes dans lesquelles les calories à 65° n'ont aucune utilisation.

Faute de pouvoir traiter des produits « normalisés », les séchoirs exigent une main-d'œuvre compétente

Ne croyons pas que, malgré ses avantages éclatants, ses commodités de stockage et de distribution, l'industrie de la dessiccation doive



T W 24585

FIG. 9. — SÉCHOIR INDUSTRIEL POUR LE TRAITEMENT DES LÉGUMES ET DES FRUITS

Cet appareil divisé en quatre cases indépendantes permet le séchage de 6 000 kg de légumes frais en 24 heures. (Frédéric Fouché.)

levée sur le produit à sécher et cela sans dépense de chaleur supplémentaire.

Si le corps chimique absorbant peut être régénéré — c'est-à-dire déshydraté à son tour — sans perte de chaleur, l'opération est évidemment d'une économie positive. Or, justement, c'est en chauffant le corps absorbant qu'on le déshydrate, tout en se réservant de restituer au séchoir la chaleur ainsi dépensée (au moyen d'un échangeur de température). C'est un tel « cycle » qu'ont réussi à établir certains constructeurs. La chaleur fournie à l'installation globale est utilisée, pour ainsi dire, deux fois : une première fois, en régénérant la matière absorbante, ce qui (par préparation de l'air déshydraté) revient à un séchage partiel du produit; une deuxième fois, en élevant la température du séchoir au moyen de l'échangeur de température. Le cycle R.V.C. ainsi imaginé réaliserait une économie de 50 %, suivant les renseignements publiés par un de nos confrères (1).

Pour généraliser très économiquement à l'échelle industrielle la méthode de séchage, il suffirait d'installer les séchoirs comme annexes

se développer sans qu'on y veuille très soigneusement. Un séchoir qui recevrait, pêle-mêle, toute la variété des légumes et des fruits, et, pour chaque légume, pour chaque fruit, une corbeille d'espèces différentes ou des cueillettes à maturités inégales, ne réussirait à contenter personne. Il ferait faillite, à moins d'être conduit par un moniteur de génie capable d'adapter instantanément la marche de l'appareil (vitesse et température) à chaque lot, en tenant compte de son débitage. En d'autres termes, les appareils exigent, pour marcher à plein rendement, qu'on les alimente en produits normalisés.

Devant la normalisation des cultures et la normalisation de la cueillette aux mêmes stades de croissance, l'aspect physique des appareils perdra son intérêt. Le constructeur de séchoirs créera sans difficulté l'appareil répondant à n'importe quel *desideratum* de débit, ou de déshydratation, pourvu que ces *desiderata* lui soient exprimés à la commande, sous la forme d'un « diagramme » précis tel qu'il en existe pour l'industrie du bois, et renseignant sur la durée de dessiccation, la courbe de température sèche, la courbe de température humide que le client désire appliquer aux denrées. Mais

(1) *La Vie industrielle* (27 janvier 1943).

les légumes fournis ne répondent, la plupart du temps, à aucune norme de qualité ni de maturation.

Deux voitures d'une même espèce de choux provenant de deux champs différents, traitées suivant le même diagramme, vous donneront, l'une un produit trop sec qui ne se régénérera pas (à la réhydratation); l'autre, un produit humide qui moisira. Ainsi s'exprime l'un des spécialistes les plus expérimentés, dans une étude publiée par le Laboratoire Biologique des

L'importance majeure des emballages de conservation

Les légumes déshydratés sont « hygroscopiques ». Les légumes sucrés (carottes, navets nouveaux) le sont extrêmement.

Le problème est de ne pas laisser persister l'humidité qui favorise les moisissures. L'emballage le meilleur serait le fût métallique à ouverture totale (pour le nettoyage) fermé par un couvercle étanche sur boudin de caoutchouc.

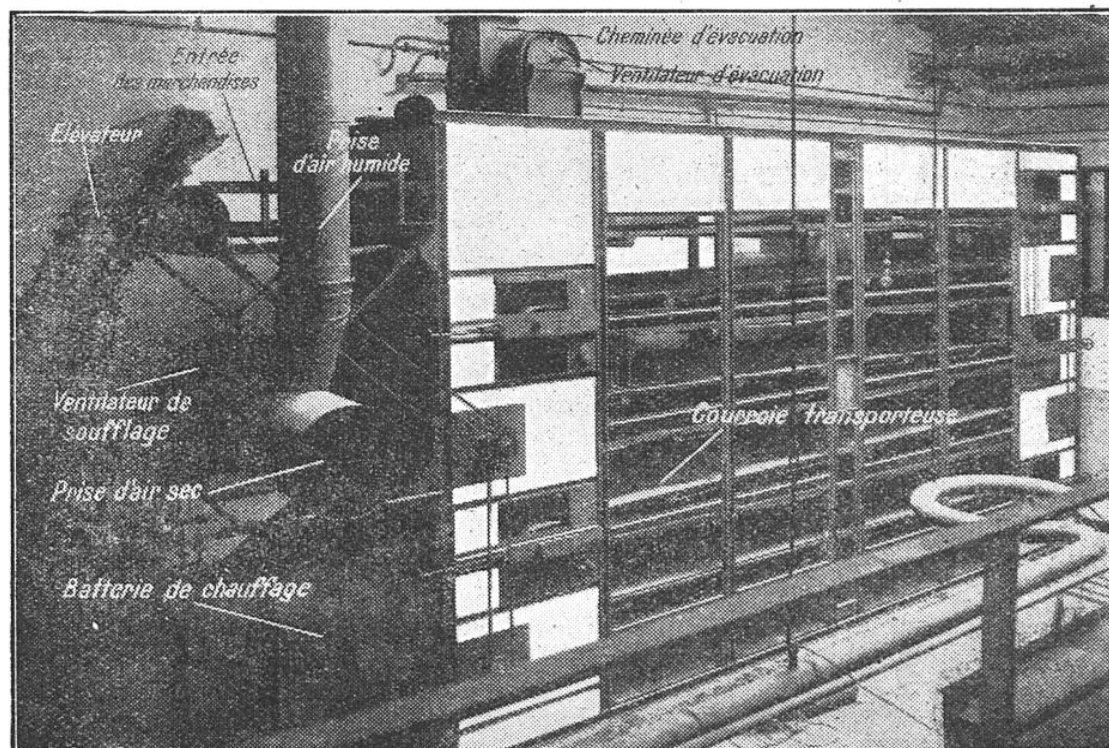


FIG. 10. — UN SÉCHOIR INDUSTRIEL A FONCTIONNEMENT CONTINU ET AUTOMATIQUE (SPIROS) T W 24583

L'intérieur du four est ici rendu visible par l'enlèvement des panneaux isolants qui le ferment normalement. Les légumes y circulent de haut en bas à contre-courant sur deux courroies transporteuses qui les reprennent alternativement et leur font faire un mouvement de va-et-vient. A gauche, on aperçoit l'élevateur qui amène la matière à sécher sur la portion de courroie transporteuse extérieure et au four. Au premier plan, le ventilateur qui insuffle l'air dans la batterie de chauffe.

Etablissements Carnaud : « La déshydratation de légumes et fruits, tant que les produits traités ne sont pas normalisés, est simplement une affaire de soin. C'est de la cuisine », ajoute-t-il.

Et comme nous sommes loin de pouvoir seulement imiter les vastes résultats d'ensemble obtenus par exemple en Amérique (Californie) sur ce plan de la culture, il faut nous résigner à pratiquer la déshydratation, en France, sur une échelle de moyenne industrie, avec un personnel particulièrement entraîné et des appareils d'une grande souplesse de réglage : réglage du débit en fonction de la déshydratation du produit et de la température aux différents stades de la déshydratation; appareils permettant enfin une surveillance constante de l'avancement du travail, pour suivre au mieux, empiriquement, l'évolution de chaque cas traité.

A défaut de métal, un fût de bois doublé de cellophane suffit pour isoler le produit, à condition que le lieu de stockage soit sec, obscur, frais et méticuleusement propre. La mise en petits emballages destinés aux consommateurs ne doit s'effectuer que peu de temps avant l'expédition. Ces petits emballages sont toujours, à l'heure actuelle, pratiqués en cellophane imperméable blanche. La cellophane de couleur, qui préserve les légumes contre l'action du soleil, est préférable, mais, actuellement, la fabrication de ce produit est suspendue.

C'est à plus tard qu'il faut remettre l'établissement d'emballages normalisés et probablement « rationalisés » au point, si l'on nous permet cet à peu près, d'offrir aux ménagères la « ration » normale du produit en fonction du nombre de personnes qu'elle doit nourrir.

Charles BRACHET.

LA POLICE SCIENTIFIQUE RECULE LES LIMITES DE L'IMPONDÉRABLE

par le Docteur Charles SANNIÉ

Professeur honoraire à la Faculté de Médecine de Paris

Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle

Directeur de l'Identité Judiciaire à la Préfecture de Police de Paris

Tous les actes de l'homme — le vol et le crime en particulier — laissent des traces. Parfois, rarement à vrai dire, ils sont observés par des témoins; toujours ils s'inscrivent par des indices matériels, souvent imperceptibles : empreintes, dépôts, poussières, etc. La police, il y a cent ans, utilisait presque uniquement des témoignages pour dévoiler un coupable et faire la preuve d'un crime. Ce procédé n'a certes rien perdu de sa valeur là où il est applicable, mais il tend de plus en plus à être complété, voire entièrement remplacé par l'interprétation scientifique des indices matériels qui présente, pour la preuve devant le tribunal, l'immense avantage d'une stricte impartialité. La police scientifique dispose pour l'étude des orifices de projectiles, des traces de peinture, des encres, des taches de sang, de méthodes microchimiques, spectrographiques ou microphotométriques mises au point récemment par le professeur Sannié et ses collaborateurs de l'Identité judiciaire de Paris. Elle est capable aujourd'hui d'identifier des traces extraordinairement faibles d'éléments divers dans des prélèvements de l'ordre du milligramme ou de mettre en évidence des variations infimes dans la composition des liquides soumis à l'analyse, apportant ainsi une aide des plus puissantes à la recherche criminelle.

CE n'est pas la première fois qu'ont été décrites les applications judiciaires des méthodes scientifiques. Les mystères des empreintes digitales sont devenus aujourd'hui chose banale, surtout depuis que chacun de nous est obligé d'apposer son doigt encre sur une carte d'identité.

Aussi ne nous appesantirons-nous pas sur des techniques déjà connues. Il nous paraît plus intéressant de décrire quelques méthodes récentes de police scientifique mises au point à l'Identité judiciaire de Paris.

La tâche de l'expert, en criminologie, est loin d'être aisée. La plupart du temps, il n'a à sa disposition que des traces extrêmement faibles sur lesquelles il doit faire porter son analyse. Bien plus, il doit chaque fois qu'il le peut n'en utiliser qu'une partie, afin de permettre, le cas échéant, une contre-expertise. C'est dire tout l'intérêt que présentent les techniques de la microanalyse.

Durant ces dix dernières années, ces techniques, principalement celles de l'analyse qualitative minérale, ont subi de nombreux perfectionnements. Elles sont basées soit sur l'apparition de précipités insolubles à formes cristallines plus ou moins caractéristiques, soit sur la formation de colorations plus ou moins spécifiques. Toutes, en criminalistique, peuvent être mises à contribution dans certains cas déterminés.

Mais c'est surtout aux méthodes physiques que nous donnons la préférence, et parmi elles à la spectrographie. Cette dernière permet

d'identifier avec une sûreté absolue des traces extraordinairement faibles d'un ou de plusieurs éléments, dans un prélèvement qui peut ne pas dépasser un ou deux milligrammes. Sa sensibilité est du même ordre que celles des méthodes microchimiques, mais elle possède l'avantage d'une spécificité beaucoup plus grande, et elle laisse entre les mains de l'expert un cliché qui pourra être le témoin des opérations effectuées, en cas de contestation ou de contre-expertise.

L'analyse spectrographique des orifices de projectiles

Dès 1909, le professeur Balthazard (1) a montré que la trame des étoffes frappées par une balle en plomb s'imprimait sur le métal du projectile, et que l'on pouvait ainsi identifier le tissu atteint. Malgré leur grande vitesse, les balles, tout au moins celles en plomb, sont donc déformées au contact des étoffes.

Nous nous sommes alors demandé si une balle traversant l'étoffe ne laissait pas sur les bords de l'orifice une petite quantité du métal de sa surface, et s'il n'était pas possible d'identifier ces traces de métal.

Pour réussir, plusieurs difficultés durent être vaincues. Il fallait tout d'abord rassembler les quantités infinitésimales de métal sur une surface aussi petite que possible, afin de concen-

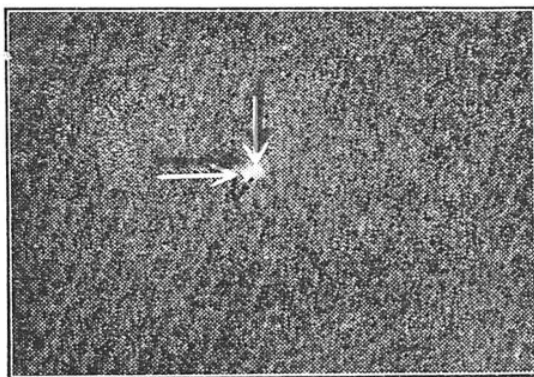
(1) Comptes rendus Académie des Sciences, 18 janvier 1909.

trer, au maximum l'élément à identifier. Comme on ne connaît pas, d'autre part, la nature de cet élément : plomb, nickel ou cuivre, il était nécessaire de rechercher successivement chacun de ces métaux, et pour cela de les séparer les uns des autres. Enfin, la méthode devait être assez sensible, pour permettre de n'utiliser qu'une partie de l'orifice de projectile, le reste devant être conservé pour une contre-expertise éventuelle.

De nombreuses expériences préliminaires nous ont montré, en outre, qu'en l'absence de toute perforation par balle on retrouve dans la plupart des étoffes des traces de nickel et de plomb. Pour pouvoir affirmer qu'un orifice a bien été fait par un projectile en plomb ou à chemise nickelée, il faut donc doser au moins approximativement le métal sur l'orifice et en dehors de lui. Cela est tout à fait impossible avec les méthodes microchimiques, et il a fallu mettre au point une technique spéciale de microdosage spectrographique.

Son principe (1) consiste à séparer quantitativement par électrolyse dans une même solution et à concentrer d'abord le plomb, ensuite le nickel, puis à spectrographier le métal ainsi déposé sur une électrode, enfin à comparer le spectre à ceux obtenus dans les mêmes conditions avec une série de solutions contenant des quantités connues et progressivement croissantes du métal à doser.

(1) C. Sannié et V. Poremski, *Bulletin Société Chimique*, 1939 (5), t. VI, page 1401. — C. Sannié, *Annales Médecine Légale*, 1939, t. XIX, page 91.



T W 24598

FIG. 1. — LE TROU FAIT PAR UNE BALLE DANS UNE ÉTOFFE DE DRAP (GRANDEUR NATURELLE)

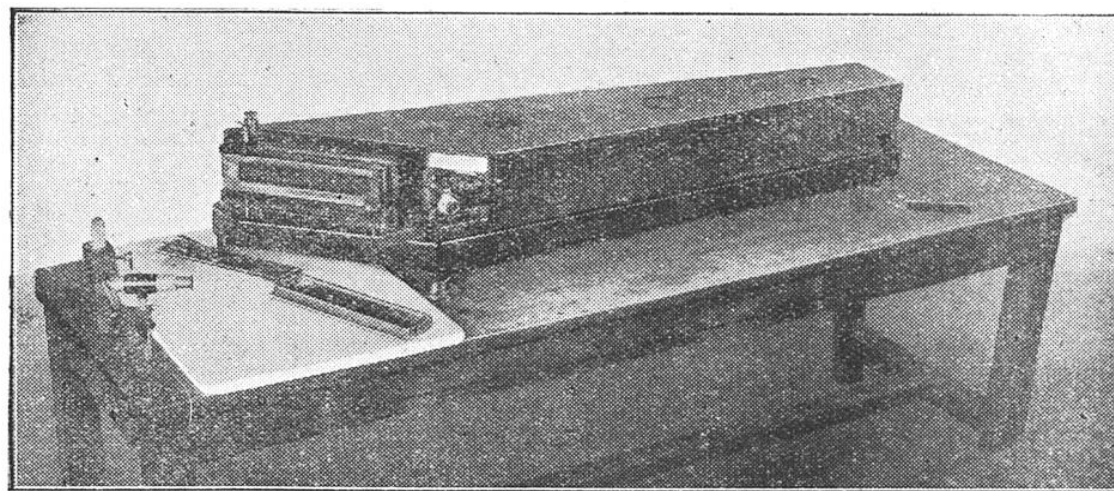
L'électrolyse se fait sur la section d'un fil de cuivre pur émaillé ou de graphite verni, en fixant strictement le voltage, la température, la densité et la durée du passage du courant. Les électrodes sont alors placées devant la fente d'un grand spectrographe à optique de quartz de Féry, et l'on fait éclater entre elles une étincelle fortement condensée. L'image de l'étincelle, reçue sur la fente d'un grand spectrographe de Féry à optique de quartz, est analysée et donne un spectre

sur la plaque photographique de l'appareil. Bien entendu, on vérifie la pureté des électrodes et des réactifs en prenant sur le cliché une série de spectres témoins.

Chacun des éléments métalliques constituant la prise d'essai vient s'inscrire sur le cliché, sous forme de raies noires plus ou moins nombreuses et dont les positions dans le spectre sont rigoureusement spécifiques.

Comme l'on opère toujours dans les mêmes conditions, on peut, dans certaines limites et pour un même cliché, comparer entre elles les intensités des raies des divers éléments, c'est-à-dire préciser la proportion relative de chacun d'eux.

Les spectres sont ensuite dépouillés au microphotomètre photoélectrique enregistreur. L'appareil (fig. 4) que nous avons mis au point (1) permet d'obtenir, pour une raie spec-



T W 24596

FIG. 2. — GRAND SPECTROGRAPHE A OPTIQUE DE QUARTZ DE FÉRY

La lumière de l'étincelle entre par le dispositif optique à l'avant et à gauche de l'appareil et elle est diaphragmée par une fente verticale. Le faisceau de lumière est décomposé par un prisme qui l'étale horizontalement et le réfléchit en même temps; il vient donner une série de raies spectrales sur la plaque photographique. La photographie représente l'appareil avec son châssis porte-plaques enlevé et posé ouvert devant lui.

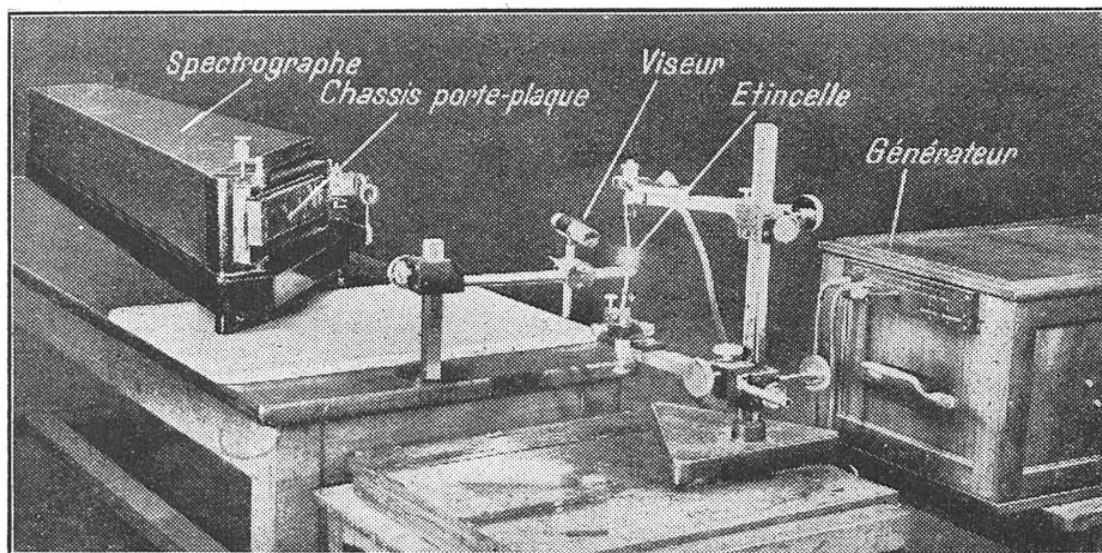
trale déterminée, avec chaque solution de concentration connue et avec celle à doser, une courbe (fig. 5) dont les ordonnées sont proportionnelles aux concentrations de l'élément recherché. On connaît ainsi la quantité de cet élément dans la prise d'essai, quantité comprise entre 1/2 et 10/1 000 de mg. La précision est de l'ordre de 5 à 15 % environ, bien suffisante pour le but recherché.

C'est ainsi que nous avons pu confondre un assassin qui avait tué sa victime en tirant sur

faites par la peinture du meuble fracturé, mais ne nous autorise pas à assurer que ces taches sont certainement constituées par cette peinture.

Il fallait donc aller plus loin et, pour cela, analyser quantitativement les peintures.

On conçoit qu'une telle analyse soit excessivement délicate sur des traces aussi infimes que celles laissées sur un outil d'effraction. Aussi bien n'est-il pas nécessaire de connaître, en valeur absolue, les quantités de chacun



T W 24601

FIG. 3. — PHOTOGRAPHIE DU SPECTRE D'UNE ÉTINCELLE CONDENSÉE

Les électrodes sont mises en place avec précision devant le spectrographe à l'aide du viseur de repérage que l'on aperçoit immédiatement à gauche de l'étincelle.

elle un coup de feu à travers la poche de son pardessus. Il restait sur l'étoffe de ce vêtement, autour de la perforation, des quantités importantes de plomb. Nous pûmes affirmer que l'assassin s'était servi de munitions à balles de plomb, et c'est ce que l'enquête a confirmé.

Les applications de l'analyse spectrographique à l'identification des traces de peinture mettent encore mieux en lumière ce principe fondamental de comparaison sur lequel sont basées presque toutes les recherches de criminalistique.

L'identification des traces de peinture par spectrographie

Les traces de peinture à identifier, par exemple, sur une pince monseigneur, sont tout d'abord repérées en lumière de Wood (raie 3 650 Å de l'arc au mercure filtrée par un verre spécial au nickel). Dans ces conditions, elles émettent une vive lumière de fluorescence dont la couleur varie suivant la nature des pigments et des impuretés qu'ils renferment.

Un tel résultat, pour si intéressant qu'il soit, nous permet seulement de dire que certaines taches sur la pince peuvent bien, en effet, être

des constituants des peintures; il suffit de comparer leurs proportions relatives les unes par rapport aux autres.

Voici comment nous sommes arrivé à résoudre ce problème.

Nous avons dit que l'analyse spectrographique permet de déceler des quantités extraordinairement faibles de métaux : quelques millièmes de milligramme dans certains cas.

Nous pratiquons cette analyse de la manière suivante :

On fait une pâte, avec une trace de la peinture à analyser et un peu d'huile de lin ou de vaseline pure. Cette pâte est disposée sur une tige de graphite spécialement purifié, en face d'une autre tige semblable; on fait éclater entre les deux électrodes ainsi constituées une étincelle fortement condensée, dont la lumière est reçue et analysée par le spectrographe de Féry.

La plupart des peintures utilisées pour les boiseries sont essentiellement à base de plomb, de zinc, de baryum et de fer, parfois de titane, avec, accessoirement, du magnésium et du calcium : leurs principaux constituants sont en effet les blancs de zinc, de baryte, de titane, la céruse et l'ocre.

Les trois constituants les plus intéressants sont le plomb (raie 4058 Å), le baryum (raie 4554 Å) et le zinc (raie 3 345 Å). Sur chaque spectre, on mesure au microphotomètre l'intensité du

noircissement des raies ci-dessus, correspondant à ces trois éléments.

Il est alors facile de transformer les valeurs obtenues en valeurs proportionnelles à la concentration de chaque élément. Il suffit ensuite de porter sur un papier à coordonnées trilinéaires les points correspondant à ces valeurs pour obtenir une représentation graphique de la composition relative des peintures étudiées.

Les points peuvent être groupés ou séparés; on a alors le droit de conclure à l'identité ou à la non-identité. Ils peuvent être aussi répartis suivant une ligne droite (points alignés); cela peut résulter soit du mode de calcul utilisé, soit de ce que l'on a affaire à un mélange de deux peintures différentes.

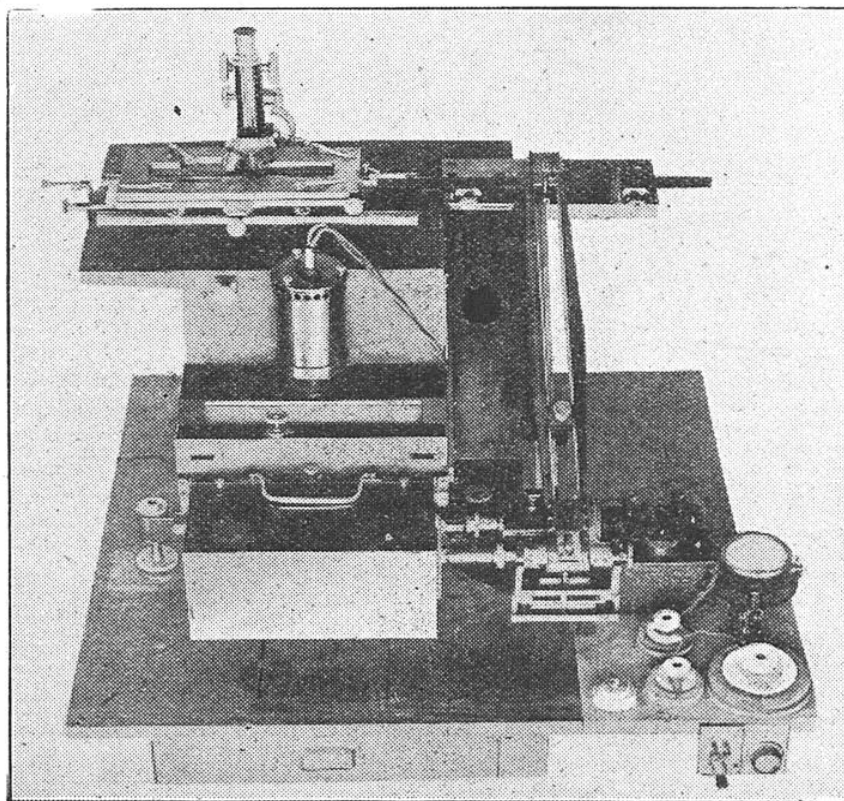
Quoi qu'il en soit, la technique que nous venons de décrire permet, dans la plupart des cas, de dire si deux peintures sont identiques ou différentes, même si l'on ne dispose que de traces. Le tableau ci-dessous auquel correspond le diagramme (fig. 6) donne l'exemple de la comparaison de trois peintures Q_1 , C_1 et C_2 ; la peinture retrouvée sur une pince monseigneur (Q_1) avait pratiquement la même composition que celle prélevée sur le meuble fracturé (C_1), mais était différente de celle prélevée sur la porte d'un autre meuble (C_2) dans le même appartement.

Peintures	Pourcentage relatif des constituants		
	Ba	Pb	Zn
Q_1	64,4	16,9	18,7
C_1	65,3	20,2	14
C_2	54,23	2,07	43,7

L'identification des encres

Dans l'étude des falsifications de documents, il est souvent nécessaire de savoir si deux tracés graphiques ayant le même aspect ont été écrits ou non avec la même encre. Pour cela, il faut en faire l'analyse.

Jusqu'à maintenant, on se bornait à déposer sur les traits d'encre une goutte d'un réactif approprié et à observer la couleur obtenue. Tout ce que l'on peut ainsi connaître, c'est le type



T W 24600

FIG. 4. — LE MICROPHOTOMÈTRE ENREGISTREUR SANNIER

Cet appareil est utilisé notamment pour l'étude de la position et de l'intensité des raies spectrales en spectrographie et a été appliqué au dosage de certains sels contenus dans les encres. Il permet de comparer, dans le premier cas, le noircissement des raies spectrales sur un ou plusieurs clichés spectrographiques et, dans le second cas, le noircissement d'un trait d'encre avant et après traitement par divers réactifs chimiques qui font apparaître ses constituants, puis ses impuretés. La mesure se fait à l'aide d'une cellule photoélectrique, dont la lecture s'inscrit en ordonnées sur un cylindre enregistreur. Un dispositif mécanique fait tourner le cylindre d'un angle proportionnel au déplacement (très petit) du chariot qui porte le document à étudier. On aperçoit sur la photographie le microscope sur lequel est fixée la cellule photoélectrique et qui sert à repérer les déplacements du chariot portant le document. Ce chariot entraîne un levier (visible à droite), qui provoque le déplacement correspondant du cylindre enregistreur (placé dans un carter au premier plan).

de l'encre; on ne peut conclure que lorsque l'on est en présence d'encres essentiellement différentes.

Il fallait donc mettre au point une méthode quantitative.

La difficulté du problème réside, ici encore, dans la quantité extrêmement petite de substance sur laquelle porte l'analyse, puisqu'il faut pouvoir opérer sur quelques lettres, ou même sur un ou deux jambages. L'appréciation de la prise d'essai est déjà très difficile, le dosage des constituants évidemment encore plus. D'autant plus que ce ne sont pas les principaux constituants, qui varient relativement peu d'un échantillon à l'autre, qui sont intéressants, mais les impuretés, seules vraiment caractéristiques.

Par contre, il n'est pas nécessaire d'obtenir les valeurs absolues des taux des éléments constitutifs, ni de les séparer les uns des autres dans le dosage, ni même de savoir exactement à quoi correspond ce que l'on mesure. Il suffit d'obtenir une grandeur constante pour un même échantillon et variable d'un échantillon à l'autre.

Considérons, par exemple, le cas des encres au campêche-chrome. Elles sont essentiellement obtenues en oxydant l'hématoxyline, principe extrait du bois de campêche, par le bichromate de potassium en présence d'acide chlorhydrique. Ni le dosage du pigment noir ainsi obtenu, ni celui du chlore, ne sont bien intéressants dans ce type d'encre parce que tous les fabricants utilisent à peu près la même formule. Par contre, le fer, impureté qui provient de l'attaque des plumes, constitue un élément intéressant parce que extrêmement variable.

D'autre part, lorsque l'on traite un trait d'encre noire au campêche par un acide, il vire au rouge et se dissout. Mais cette réaction est d'autant moins nette et la redissolution du pigment dans le réactif d'autant plus incomplète que le texte est plus vieux. Nous ignorons tout à fait en quoi consiste cette évolution du pigment avec le temps, mais il suffit que la fraction insoluble soit constante pour un même texte, pour que nous puissions la doser et nous en servir pour identifier une encre.

Voici le principe de la méthode que nous avons mise au point :

Lorsqu'on envoie un faisceau de lumière sur un trait d'encre, la lumière est absorbée par le pigment de l'encre; la mesure de cette absorption permet de connaître la quantité d'en-

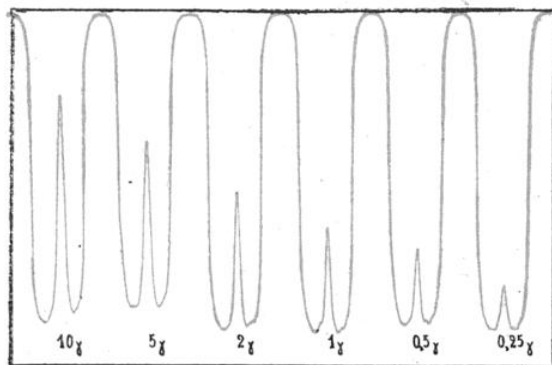


FIG. 5. — LE DOSAGE DU ZINC PAR LA MÉTHODE SPECTROGRAPHIQUE

Les spectres obtenus à l'aide du spectrographe de la figure 2 sont dépouillés à l'aide du microphotomètre (fig. 4). On voit ici la courbe obtenue par l'observation de la raie 2558 Å du zinc sur une série de clichés correspondant à des concentrations croissantes de zinc dans les prises d'essai, permettant d'étalonner la méthode.

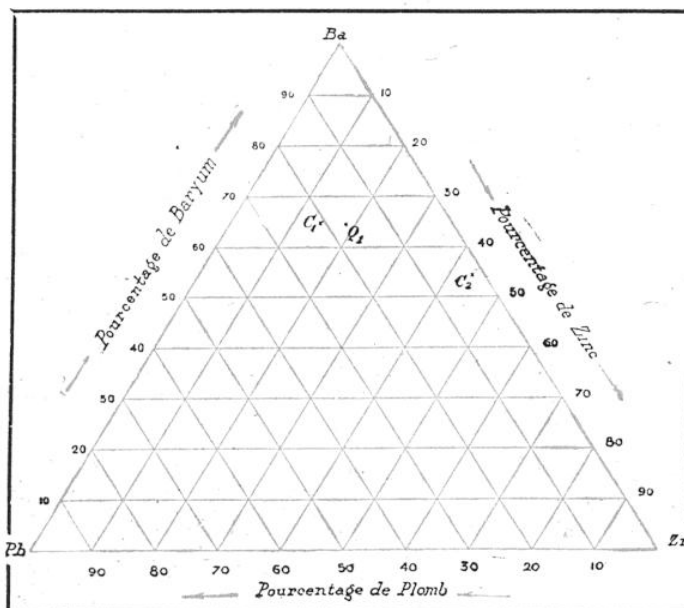


FIG. 6. — DIAGRAMME TRILINÉAIRE DE L'ANALYSE DE TROIS PEINTURES

On a porté sur ce diagramme la composition des peintures étudiées au tableau page 27. La peinture C, par exemple, contient 65 % de baryum, 14 % de zinc et 21 % de plomb. Sa composition est représentée par le point de coordonnées 65 (sur la droite issue de la graduation 65 % de l'échelle du pourcentage de baryum), 14 et 21 (sur des droites issues des deux autres échelles). La somme des trois coordonnées est toujours égale à 100. On voit que les points C_1 et Q_1 coïncident pratiquement, tout en s'écartant notablement du point C. La composition de la peinture Q_1 est semblable à celle de la peinture C.

cre que renferme le trait étudié. Au moyen de réactifs appropriés, on peut faire apparaître successivement les différents constituants ou les impuretés de l'encre; de nouvelles mesures d'absorption donneront les taux de ces constituants, et l'on peut finalement calculer leurs proportions.

Dans le cas d'un trait d'encre au campêche, par exemple, une première mesure effectuée directement sur le trait donnera le pigment noir correspondant à l'encre totale. Un traitement par l'acide chlorhydrique au 1/10 permettra de mesurer la fraction insoluble dans cet acide. Enfin le fer s'obtiendra en détruisant le pigment noir au permanganate et en faisant réapparaître le fer sous forme de bleu de Prusse. La teneur en encre est variable d'un point à l'autre du tracé, mais les rapports : insoluble dans acide chlorhydrique/encre totale et fer/encre totale, sont constants tout le long d'un même texte.

La mesure de l'absorption du trait se fait au microphotomètre enregistreur, soit directement sur le papier rendu transparent par immersion dans un liquide d'indice convenable, soit sur des reproductions photographiques.

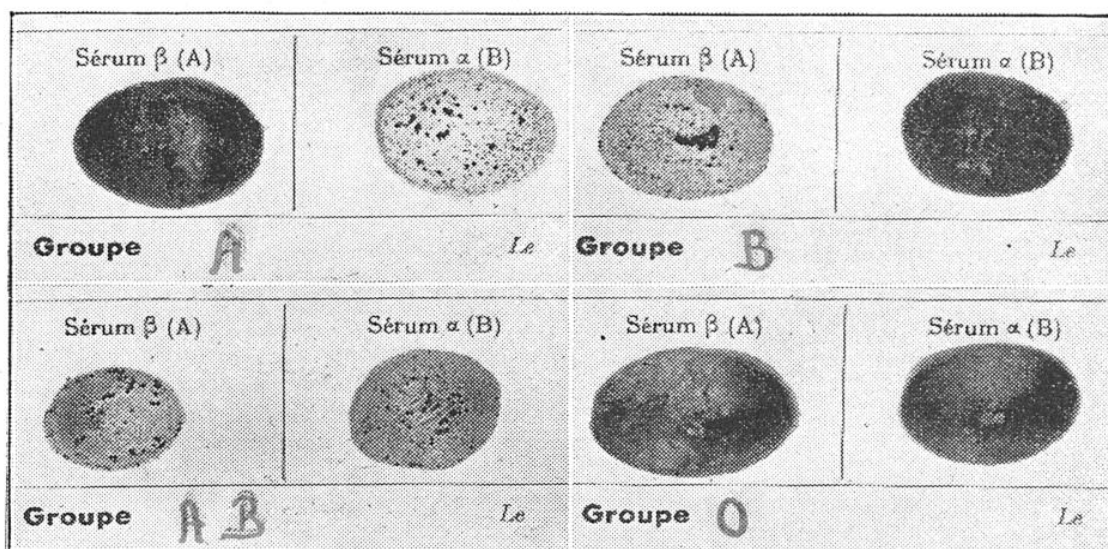
Cette méthode nous a permis, à de nombreuses reprises, de différencier entre elles sur un même document des encres du même type, ayant la même composition générale, et qu'aucun autre procédé ne permet actuellement de reconnaître comme distinctes. Elle marque donc l'introduction des mesures quantitatives dans l'étude des documents manuscrits.

Les taches de sang

On sait, depuis longtemps, déterminer l'origine humaine ou animale d'une tache de sang. Mais il est maintenant possible, au moins dans certains cas, de préciser si une tache peut ou non avoir été faite par le sang de tel individu.

Lorsque l'on mélange les globules rouges d'un homme avec le sérum sanguin d'un autre homme, l'expérience montre que les globules, au lieu de rester uniformément répartis dans le liquide en formant une suspension homogène, comme dans le sang normal, se réunis-

tinogène appelé A
et une agglutinine appelée β
— du groupe « B » possède un agglutino-
gène B
et une agglutinine α
— du groupe « AB » possède les
agglutinogènes A et B
et pas d'agglutinines.
— du groupe « O » ne possède pas
d'agglutinogènes
et possède les agglutinines α et β
Les quatre schémas normaux seront donc :
A — α , B — β , AB et O — $\alpha\beta$.



T W 24595

FIG. 7. — LES RÉACTIONS D'AGGLUTINATION CARACTÉRISTIQUES DES QUATRE GROUPES SANGUINS

Tandis que le sang non agglutiné donne une tache uniformément rouge, le sang agglutiné se rassemble en des taches sombres qui laissent entre elles des vides clairs. Le sang A est agglutiné par le sérum alpha et ne l'est pas par le sérum bêta. Au contraire, le sang du groupe B est agglutiné par le sérum bêta et ne l'est pas par le sérum alpha. Le sang du groupe AB est agglutiné par les deux sérums et le sang du groupe O n'est agglutiné par aucun sérum.

sent parfois en amas qui ne tardent pas à se précipiter. C'est ce que l'on appelle l'agglutination.

Avec le sérum d'autres individus, au contraire, l'agglutination ne se produit pas.

C'est cette agglutination qui est la cause des accidents observés au cours des transfusions sanguines lorsque le sang du donneur n'est pas compatible avec celui du receveur. Il y a donc là un caractère qui permet, dans certains cas, chez l'homme, de différencier entre eux les sangs de deux individus.

On a constaté que tous les sangs humains se classent suivant quatre groupes, absolument fixes au cours de l'existence. On les a appelés groupes « A », « B », « AB » et « O » (1).

L'agglutination se produit lorsqu'une substance contenue dans le sérum, appelée agglutinine, se trouve en présence d'une substance dite agglutinogène fixée sur les globules rouges.

Seules certaines agglutinines peuvent réagir avec un agglutinogène déterminé.

Normalement, un individu :

— du groupe « A » possède un agglu-

L'agglutination se produit si l'agglutinogène A est en présence de α , l'agglutinogène B en présence de β .

On voit que, si l'on possède des sérums étalons α et β , on peut déterminer avec précision le groupe sanguin auquel appartient un individu.

Il est intéressant d'indiquer ici la fréquence avec laquelle chacun des groupes fondamentaux se retrouve chez les Français.

En moyenne, on trouve :

42,6 % des individus qui appartiennent au groupe A ;

11,2 % des individus qui appartiennent au groupe B ;

3 % des individus qui appartiennent au groupe AB ;

43,2 % des individus qui appartiennent au groupe O.

Dans les taches de sang, on peut soit rechercher les agglutinines présentes dans les taches, en faisant agir une macération de la tache sur des globules étalons A et B, soit mettre en évidence les agglutinogènes provenant des globules rouges détruits au cours de la dessiccation de la tache.

Tous ces examens doivent être accompagnés

(1) Voir : « La transfusion du sang sans danger », (*Science et Vie*, n° 248, février 1938.)

d'une étude de comparaison avec un prélèvement non souillé de sang du support des taches, ce qui permet de constater l'absence de toute agglutination en présence de ce support non taché.

Le sang renferme aussi un autre système de propriétés agglutinantes, absolument distinct des agglutinogènes A et B, et qui permet de classer les individus en trois nouveaux groupes appelés « M », « N » et « MN ».

Malheureusement, il n'a pas encore été possible jusqu'ici de retrouver avec certitude ces groupes ailleurs que dans des humeurs fraîches, non desséchées. Au point de vue médico-légal, ils n'ont donc d'intérêt que pour la recherche de la paternité (1).

Si la détermination des groupes sur du sang frais, bien qu'assez délicate, reste toujours aisée, il n'en est pas de même pour le sang desséché qui constitue les taches.

Dans ces dernières, en effet, les globules rouges sont détruits par la dessiccation, et les agglutinogènes qu'ils renferment ont diffusé dans l'étoffe. L'identification serait cependant encore facile si l'on pouvait aisément rechercher les agglutinines du sérum; mais cela n'est que très rarement possible; les agglutinines, en effet, sont beaucoup plus fragiles que les agglutinogènes, et la plupart du temps ont disparu des taches lorsqu'elles nous parviennent.

Il faut donc avoir recours à une méthode indirecte, dont voici le principe.

L'agglutination se produit à la suite de la combinaison d'un agglutinogène donné avec

l'agglutinine correspondante. Si l'on extrait les agglutinogènes d'une tache, et qu'on les mette en présence d'un excès connu d'agglutinine, par exemple d'une quantité donnée de sérum de titre connu, on pourra mesurer la baisse de titre du sérum étalon titré.

La méthode est d'autant plus délicate qu'il faut se mettre à l'abri de toutes les causes d'erreurs pouvant provenir soit du support des taches, c'est-à-dire de l'étoffe du vêtement, soit de toute autre cause. Elle nécessite des sérums sensibles, soigneusement étalonnés et fréquemment vérifiés, une technique impeccable et surtout une longue expérience.

C'est dire qu'elle ne pourra être mise en œuvre que dans des laboratoires spécialisés; en France, trois laboratoires ont particulièrement étudié les applications médico-légales des groupes sanguins : celui du professeur Simonin à Strasbourg, celui du professeur Leclercq à Lille, et nous-même à l'Identité judiciaire à Paris.

Nous espérons, dans ce court exposé, avoir montré quelle aide puissante l'application des méthodes scientifiques a apportée récemment à la criminalistique. Mais on a pu se rendre compte aussi de la très grande difficulté des techniques mises en œuvre; la science policière est une vraie science de laboratoire; elle exige des connaissances approfondies et des techniciens exercés. Le temps n'est plus — si même il a jamais existé — où l'on pouvait s'improviser Sherlock Holmes avec quelques réactifs, quelques tubes à essai, une géniale intuition et d'innombrables cigarettes.

Dr Ch. SANNIÉ.

(1) Voir : « La recherche de la paternité devant la science. » (*Science et Vie*, n° 284, avril 1941.)

LE GAZ DE FUMIER, CARBURANT DE LA FERME

par Henri DOYEN

Le moteur à explosion, pourvu qu'on ne lui demande pas de performances extraordinaires, s'accommode à peu près de n'importe quel carburant. Le carburant pour automobile n'est donc pas un produit « noble » et on peut le fabriquer avec des déchets considérés généralement comme sans valeur. En particulier, la digestion des boues d'égouts dans les grandes villes (1), celles des gadoües dans les villes même d'importance moyenne, et enfin la digestion du fumier dans les agglomérations rurales permettraient de récupérer un grand nombre de calories qui étaient autrefois perdues, en fabriquant un gaz combustible analogue au gaz d'éclairage et susceptible de remplacer partiellement celui-ci dans toutes ses applications.

UNE entreprise agricole est une usine de produits chimiques qui utilise pour ses fabrications les synthèses qu'effectuent les organismes vivants. Comme toutes les usines chimiques, elle obéit à une règle de mieux en mieux observée, à mesure que nos connaissances s'élargissent : elle s'efforce de ne rien laisser perdre. Dans cet ordre d'idées, un des derniers perfectionnements de la chimie agricole a consisté à récupérer dans le

fumier les calories que les animaux de la ferme — dont le tube digestif n'est pas armé pour digérer intégralement la cellulose (1) — n'ont pas su utiliser.

Cette récupération se fait en soumettant le fumier à une fermentation spéciale qui transforme partiellement la cellulose en méthane, le principal constituant du gaz d'éclairage, et elle permet d'installer dans les agglomérations rurales de véritables petites usines à gaz, sans

(1) Voir : « L'eau d'égout, source de carburant. » (*Science et Vie*, n° 301, septembre 1942.)

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

nuire cependant à la qualité de l'engrais fabriqué à la ferme, car les constituants du fumier qui échappent à la fermentation ne perdent rien de leur valeur fertilisante.

La digestion de la cellulose du fumier

La fermentation méthanique du fumier est anaérobie. Elle est provoquée par des micro-organismes dont on connaît plusieurs types et qui existent en abondance dans les parties noires du fumier.

Le méthane, formé au cours de la digestion du fumier, résulte de la fermentation en milieu légèrement basique de la cellulose et des hydrates de carbone dont ordinairement le fumier contient entre 16 et 20 % (1).

La réaction de digestion des matières celluloses non seulement n'est jamais complète, mais son évolution dépend de la température et de la nature du milieu. Si celui-ci est légèrement du pouvoir calorifique du gaz recueilli, au de méthane et de gaz carbonique. Inversement, s'il devient basique, la proportion de méthane augmente comme il convient pour l'accroissement du pouvoir calorifique du gaz recueilli, au détriment du gaz carbonique qui n'est qu'un ballast. Il peut ainsi être recommandé de neutraliser le fumier par une addition modérée de calcaire. Toutefois, il faut pratiquer avec précaution cette alcalinisation parce que la formation de gaz se ralentit ou devient irrégulière si la basicité du milieu est trop forte (2).

La température optimum de digestion des déchets celluloses semble comprise entre 30 et 35°. Si la température s'abaisse de 35° à 10°, la vitesse de dégagement du courant gazeux diminue dans le rapport de 40 à 1. Au-dessous de 5 à 6°, la gazéification devient nulle. Par conséquent, suivant les conditions climatiques, on devra soit calorifier les cuves avec du fumier comme pour les châssis de couche, soit même leur adjoindre une petite chaudière à thermosiphon. Un brassage ou plus simplement la circulation en cycle fermé du liquide présent dans le milieu, en utilisant la pression du gaz dégagé, favorise la prolifération des colonies bactériennes, ainsi qu'une attaque rapide et profonde de la matière cellulosique; celle-ci peut en outre être activée si on ensemence le fumier de cultures microbiennes sélectionnées. Généralement, à partir du trente-cinquième jour de la mise en service, le débit gazeux baisse rapidement, si la fermentation a lieu vers 30° C. Plus la température de fonctionnement est basse, plus la durée d'une production moyenne est longue. La fermentation dure quatre-vingt-dix jours entre 15° et 18°.

Les gaz indésirables

Il convient d'éviter la présence d'hydrogène sulfuré dans le gaz pour éviter une mauvaise odeur et la corrosion des canalisations. Cet élément provient d'une fermentation putride quand les débris végétaux sont mélangés à une proportion élevée de déjections animales solides ou liquides. En se désagréant, celles-ci cè-

dent de l'hydrogène sulfuré, de l'ammoniaque et du gaz carbonique. On se met à l'abri de la présence de ces éléments gênants en laissant s'établir, d'après la méthode de MM. Ducellier et Isman, une préfermentation aérobie. Celle-ci se développe d'elle-même si, l'air accédant largement à la matière, on humidifie simplement celle-ci. A cet effet, la cuve est munie d'un couvercle qu'on ne met en place qu'après achèvement de la fermentation aérobie, laquelle dure habituellement trois à quatre jours.

Même en employant cette précaution, il reste une teneur assez élevée en hydrogène sulfuré : 3,5 % environ. Aussi, si on voulait utiliser le gaz pour l'alimentation de moteurs d'automobiles (après l'avoir comprimé à 250 atm dans des bouteilles en acier spécial), faudrait-il le purifier dans des caisses épurantes à l'oxyde de fer.

Les appareils

La figure 1 représente un schéma de principe d'une cuve de fermentation du fumier. L'installation est en béton armé, à l'exception de la cloche gazométrique en acier qui surmonte la cuve dans laquelle elle s'adapte par un joint hydraulique.

La capacité des cuves est très variable. On peut, par exemple, leur donner une capacité de 4 m³, ce qui correspond au chargement d'environ 2 tonnes de fumier. Comme nous l'avons vu, afin d'amortir les variations de formation du gaz, il convient de faire travailler en parallèle un minimum de deux cuves.

La figure 2 montre une cuve Ducellier et Isman de fermentation dans laquelle on réalise, sans aucun organe mécanique, une circulation du liquide qui noie le fumier. Cette circulation rappelle un peu celle que l'on réalise dans une lessiveuse, mais ici c'est la pression du gaz dégagé qui, remplaçant la pression de la vapeur, fait remonter le liquide du fond de la cuve à un réservoir supérieur. Les résidus celluloses : gadoues ou ordures ménagères collectées dans les poubelles et les boues résultant de la décantation des eaux d'égouts peuvent donner lieu aux mêmes réactions et produits de fermentation. En général, les gadoues renferment quelque 18 % de matières celluloses, tandis que les eaux d'égouts n'en contiennent que 0,05 à 0,06 %, soit 250 à 300 fois moins que les fumiers et les gadoues. Le traitement des gadoues s'effectue suivant le même principe, et la figure 3 montre une installation qui conviendrait à une petite agglomération.

La marche de la fermentation

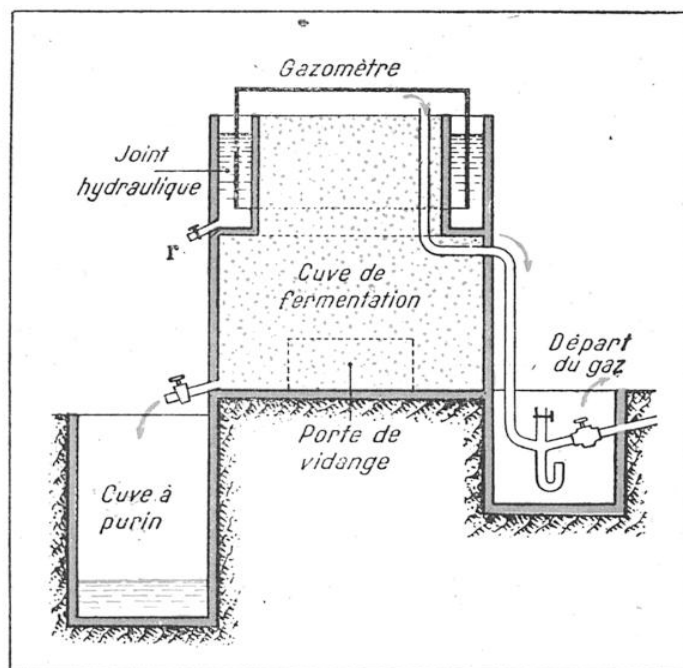
Le fumier est chargé dans la cuve et noyé, soit avec du purin, soit avec un mélange d'eau et de purin. On débute par une fermentation aérobie en milieu légèrement acide, qui a pour but, comme nous l'avons dit, d'empêcher la formation ultérieure d'hydrogène sulfuré. Peu à peu, spécialement si on ajoute un peu de calcaire, au bout des trois à quatre jours durant lesquels cette fermentation se prolonge, le milieu acquiert naturellement la légère alcalinité voulue. La fermentation anaérobie commence alors et on recueille le gaz produit.

Pour une cuve déterminée, la production de gaz s'étend sur une période dont la durée peut varier d'un à trois ou même quatre mois. Elle dépend de la température, de l'activité du bras-

(1) La réaction correspondante s'exprime par l'équation :

$n(C_6H_{10}O_5) + nH_2O = 3nCO_2 + 3nCH_4 + 41\text{ cal.}$, dont il convient de retenir le caractère exothermique.

(2) pH supérieur à 7,5; cette valeur, d'après les expériences de l'Ecole d'Agriculture de Grignon, peut être considérée comme la plus favorable à tous les points de vue.



T W 24629

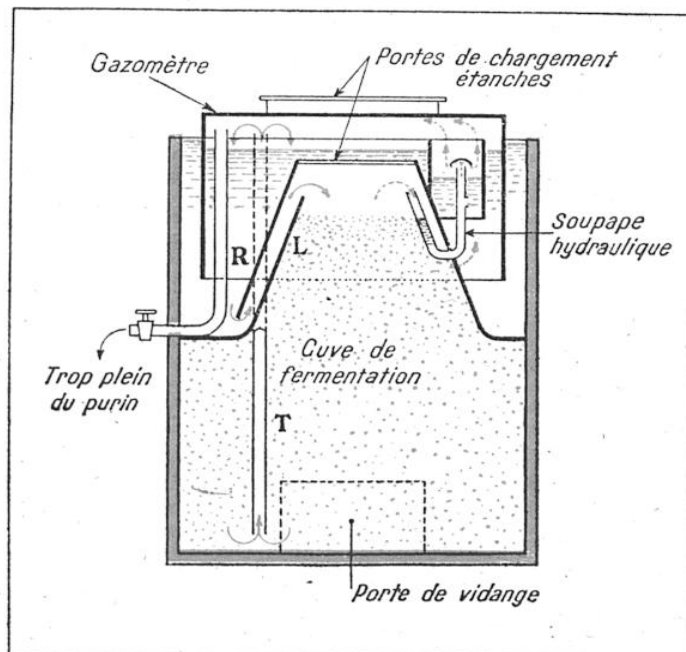
FIG. 1. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE CUVE DE FERMENTATION DU FUMIER POUR LA PRODUCTION DU GAZ COMBUSTIBLE

Le fumier fermente dans la cuve centrale et le gaz produit est recueilli dans une cloche gazométrique fermée par un joint hydraulique. Le purin qui s'écoule du fumier est déversé dans une citerne à purin. Quand la fermentation est terminée, on vidange la cuve de fermentation par la porte inférieure. Le gaz de fumier est acheminé vers les appareils d'utilisation par la vanne de droite.

sage, des conditions du milieu (alcalinité). En pleine marche, dans les meilleures conditions afférentes à chacun de ces trois facteurs, on peut recueillir jusqu'à un demi-mètre cube de gaz par jour, et par tonne de fumier. Ce n'est là qu'une valeur moyenne.

FIG. 2. — SCHÉMA D'UNE CUVE DE FERMENTATION DU FUMIER POUR EXPLOITATION AGRICOLE (DUCELLIER ET ISMAN)

Le principe de cette cuve a été exposé à la figure 1. Le chargement de la cuve C se fait par des portes étanches qu'on ferme après achèvement de la fermentation aérobie (destinée à éviter la formation d'hydrogène sulfuré). Un dispositif ingénieux permet de réaliser une circulation de liquide dans la masse en fermentation, ce qui favorise la réaction. Pour cela, le gaz qui se dégage de la cuve n'est pas admis directement dans la cloche gazométrique, mais il passe par une soupape hydraulique qui maintient une certaine pression au-dessus de la cuve. Le fonctionnement de l'appareil s'effectue en plusieurs temps. Dans le premier, le gaz sous pression refoule dans le tube T le liquide qui se trouve à la base de la cuve; ce liquide s'accumule dans le réservoir supérieur R. Dans le deuxième temps, la pression du gaz au sommet de la cuve atteint une valeur suffisante pour que le gaz passe dans la cloche gazométrique, à travers la soupape hydraulique. La pression s'abaisse alors au-dessus de la cuve et le liquide du réservoir R se déverse au sommet par le lessiveur L. Le trajet du purin est indiqué par les flèches continues et celui du gaz par les flèches pointillées.



T W 24630

Le fonctionnement de l'appareil s'effectue en plusieurs temps. Dans le premier, le gaz sous pression refoule dans le tube T le liquide qui se trouve à la base de la cuve; ce liquide s'accumule dans le réservoir supérieur R. Dans le deuxième temps, la pression du gaz au sommet de la cuve atteint une valeur suffisante pour que le gaz passe dans la cloche gazométrique, à travers la soupape hydraulique. La pression s'abaisse alors au-dessus de la cuve et le liquide du réservoir R se déverse au sommet par le lessiveur L. Le trajet du purin est indiqué par les flèches continues et celui du gaz par les flèches pointillées.

En fin de production, on doit vider la cuve de fermentation et la recharger à nouveau. L'opération est donc forcément discontinue. Pour s'assurer une marche régulière de l'installation, il faut donc disposer de plusieurs cuves, dont le rechargement se ferait tous les quarante jours, par exemple.

Le rendement et le budget d'une installation

Théoriquement, pour du fumier à 20 % de cellulose, on obtiendrait par tonne 127 m³ d'un gaz répondant volumétriquement à la composition : 65 parties de méthane pour 35 parties de gaz carbonique, représentant 791 000 calories, soit l'équivalent de 95,6 litres d'essence. Pratiquement, le rendement de l'opération ne dépasse pas 40 %, ce qui correspond à la formation de 51 m³ d'un gaz constitué pour les deux tiers de son volume par du méthane et pour l'autre tiers par du gaz carbonique représentant 316 400 cal, soit l'équivalent de 38,2 l d'essence. Dans les démonstrations publiques effectuées au cours de l'année 1941 par MM. Ducellier et Isman à la station du Génie rural de Maison-Carrée, près d'Alger, la production était de 60 à 70 m³ de gaz méthane, immédiatement

utilisable à l'alimentation de moteurs fixes ou plus simplement à l'éclairage ou au chauffage.

D'après les essais effectués à Grignon, au début de la fermentation, le gaz que l'on recueille n'est pas combustible parce qu'il renferme une proportion trop élevée d'azote et de gaz carbonique. Le pouvoir calorifique au mètre cube est, vers le vingtième jour, de l'ordre de 6 000 calories au mètre cube, puis il s'élève jusqu'à 6 500 calories vers le soixantième jour, en correspondance avec la composition volumétrique que voici :

Méthane : 64;
Gaz carbonique : 20;
Hydrogène : 9;
Azote : 3,0;
Hydrogène sulfuré : 3,5;
Divers : 0,5.

En pratique, une tête de gros bétail fournit de 8 à 10 t de fumier par an, quantité correspondant pratiquement à 500 l d'essence, mais la quantité de ces détritres recueillies effectivement dépend évidemment de la présence des animaux à l'étable.

Pour déterminer le nombre de cuves à établir dans une ferme, on admet que, dans les régions où le bétail est toujours dehors l'été, soit au pâturage, soit au travail, on dispose d'un minimum de 3 t de fumier par animal et par an. Dès lors, si, pour une durée normale de digestion de quarante jours, on traite 500 kg de fumier par mètre cube de cuverie et par opération, on pourra soumettre à la digestion 4,5 t de fumier par an et par mètre cube de cuverie. Autrement dit, pour

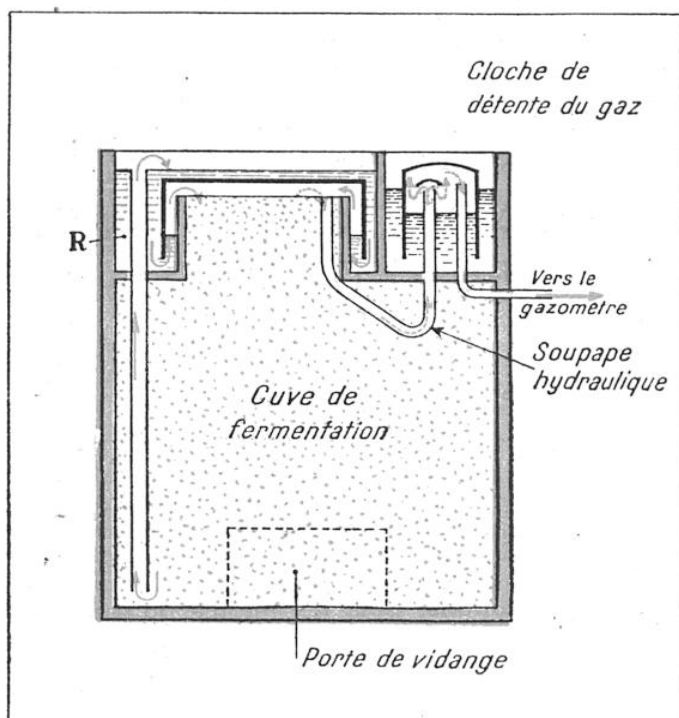


FIG. 3. — SCHÉMA D'UNE CUVE DE FERMENTATION DES GADOUES POUR LA PRODUCTION DU MÉTHANE

Le fonctionnement de la cuve est identique à celui de la cuve représentée figure 2. Mais ici l'installation est plus importante, et on a séparé le gazomètre de la cuve. Le gaz de fermentation se détend donc dans une cloche, puis il est acheminé vers le gazomètre.

deux cuves d'une capacité totale de 8 m³, on devra disposer de 36 t de fumier, ce qui représente la production de 10 à 12 bêtes (chevaux ou vaches) et permet d'obtenir annuellement 2500 m³ de méthane, équivalant à près de 1800 litres d'essence (1).

Par mètre de cuverie, on prévoit habituellement l'immobilisation de 150 à 300 kg de ciment et de 80 à 150 kg de métaux ferreux. Toujours par rapport à cette même unité, les investissements varient entre 1000 et 3000 fr, soit 15 000 à 20 000 fr pour l'exemple envisagé d'une ferme possédant dix à douze bêtes.

On admet, dans ces conditions, que le mètre cube de

gaz méthane revient à environ 2 fr.

L'intérêt de la production et de l'utilisation du gaz de fumiers est indiscutable pourvu que l'on prenne les précautions voulues d'aménagement et de préparation, notamment en ce qui concerne la température de fermentation et l'élimination de l'hydrogène sulfuré. En outre, ces procédés ne semblent avantageux que si l'on dispose effectivement d'au moins 30 t de fumier par an.

Henri DOYEN.

(1) Pratiquement, les installations de ferme fonctionnent à une température d'environ 20° C. La durée de la fermentation est de 80 jours environ. D'autre part, dans la plus grande partie de la France, le bétail est en demi-stabulation et on peut compter sur 6 à 8 tonnes de fumier par tête.

Les matières grasses utilisées dans l'alimentation (beurre, saindoux, margarine, huile, etc.) et dans l'industrie (savonnerie, graissage) proviennent de six sources principales entre lesquelles la production mondiale, évaluée en millions de tonnes par an, se répartit comme suit : huiles végétales 11,2; matières grasses du lait 8,3; lard de porc 3,5; graisse de bœuf 1,8; lard de baleine 0,5; graisse de mouton et de chèvre 0,5. Sur cette production, 15 % (3,8 millions de tonnes) sont absorbés par l'industrie, et le reste (22 millions de tonnes) va à l'alimentation.

POUR L'ÉLECTROTECHNIQUE, LES « REDRESSEURS SECS » APPORTENT DES SOLUTIONS NOUVELLES ET CURIEUSES

par Pierre DEVAUX

Ancien élève de l'Ecole Polytechnique

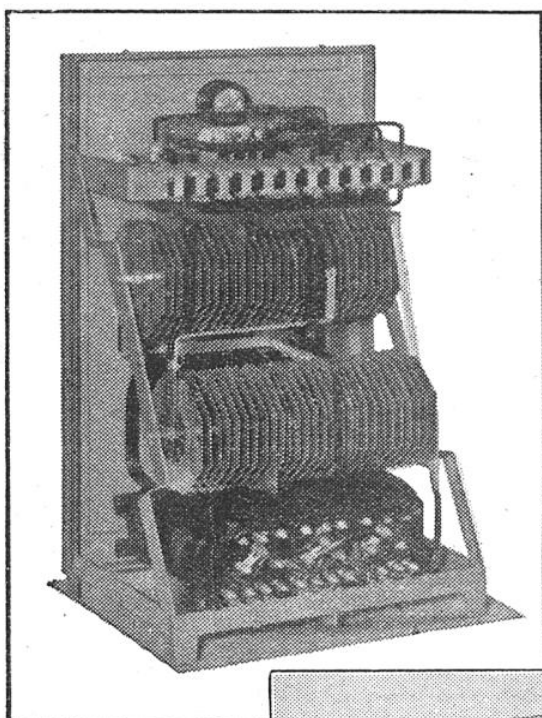
Le redressement du courant alternatif constitue la solution la plus heureuse combinant les avantages du courant continu dans ses applications de faible puissance et ceux du courant alternatif dont la production et le transport s'accomplissent avec un rendement élevé. Si, pour les grandes puissances (traction électrique sur rails notamment), les mutateurs à vapeur de mercure (1) équipent aujourd'hui la majorité des sous-stations, pour les faibles puissances, au contraire, les lampes thermoïoniques, les groupes convertisseurs moteurs-dynamos, les redresseurs électrolytiques cèdent de plus en plus la place aux appareils à contact direct sec, moins encombrants, et dont tout le monde connaît au moins un type, le détecteur à galène. Effet de redressement extrêmement marqué dû à la dissymétrie des contacts (oxyde de cuivre-cuivre, fer-sélénium), rendement assez élevé (75 %), facilité de surcharge, longue durée, telles sont les caractéristiques principales qui justifient la faveur actuelle de ces appareils. Pour des puissances de quelques kilowatts, leurs applications sont déjà extrêmement nombreuses : charge d'accumulateurs, relais ultrasensibles, installations téléphoniques ou de signalisation, alimentation directe des circuits d'excitation des alternateurs et moteurs alternatifs, des appareils de soudure électrique, des lampes à arc, des trieurs magnétiques, des électroaimants de freins, des instruments de radiodiagnostic et de radiothérapie, production des tensions continues de tous voltages utilisées en T.S.F., suppression des étincelles de rupture si nuisibles aux contacts des interrupteurs industriels, etc. Encore cette liste est-elle loin d'épuiser les possibilités de cette nouvelle création de l'électrotechnique qu'est le redresseur sec.

LA diffusion actuelle des véhicules électriques à accumulateurs a posé sous forme aiguë le problème de la recharge des batteries. La plupart des « secteurs » de distribution sont en effet équipés en courant alternatif à 110 ou 220 volts, qu'il est nécessaire de transformer en courant continu à 7, 14 ou 28 volts pour la recharge des batteries à 6, 12 ou 24 volts. Un problème analogue s'était posé pour la recharge des accumulateurs de T.S.F., avant la création des « postes secteurs » ; mais il est aujourd'hui singulièrement plus ardu par suite des puissances mises en jeu, qui imposent des conditions d'encombrement et de rendement. Il ne s'agit pas seulement, en effet, de recharger le véhicule à poste fixe ; il est nécessaire de pouvoir installer le redresseur sur le véhicule lui-même, afin de pouvoir le recharger sur une prise-secteur quelconque de puissance suffisante ; on dispose ainsi, accessoirement, de la possibilité de faire « biberon-

ner » la batterie au cours de la journée, ce qui élargit le rayon d'action. Différents systèmes sont actuellement utilisés, tels que la lampe thermoïonique (Tungar), le convertisseur rotatif comportant moteur asynchrone et dynamo, enfin les redresseurs secs. Ces derniers, redresseurs à l'oxyde de cuivre ou au fer-sélénium (fig. 1), ont révélé des possibilités toutes nouvelles, qui débordent dans le cadre de l'électrotechnique générale et que nous allons examiner.

Depuis la découverte fameuse de la pile électrochimique de Volta en 1799, le courant continu possédait la faveur des savants et des praticiens. Assurément, Faraday, en 1831, par sa découverte non moins célèbre de l'induction électromagnétique, avait apporté le moyen de fabriquer du courant électrique par des moyens purement mécaniques ; des machines de laboratoire, telles que celles de Pixii ou de Clarke, voire des engins industriels, ceux de la Compagnie l'Alliance, de Siemens, Wilde, Ladd, avaient été construites sur ce principe. Mais l'induction fournit nécessairement un courant discontinu.

(1) Voir : « Les valves à gaz ionisé. » (*Science et Vie*, n° 220, octobre 1935.)



T W 24260
FIG. 1. — REDRESSEUR
POUR LA RECHARGE
DES BATTERIES DE VOI-
TURES ÉLECTRIQUES

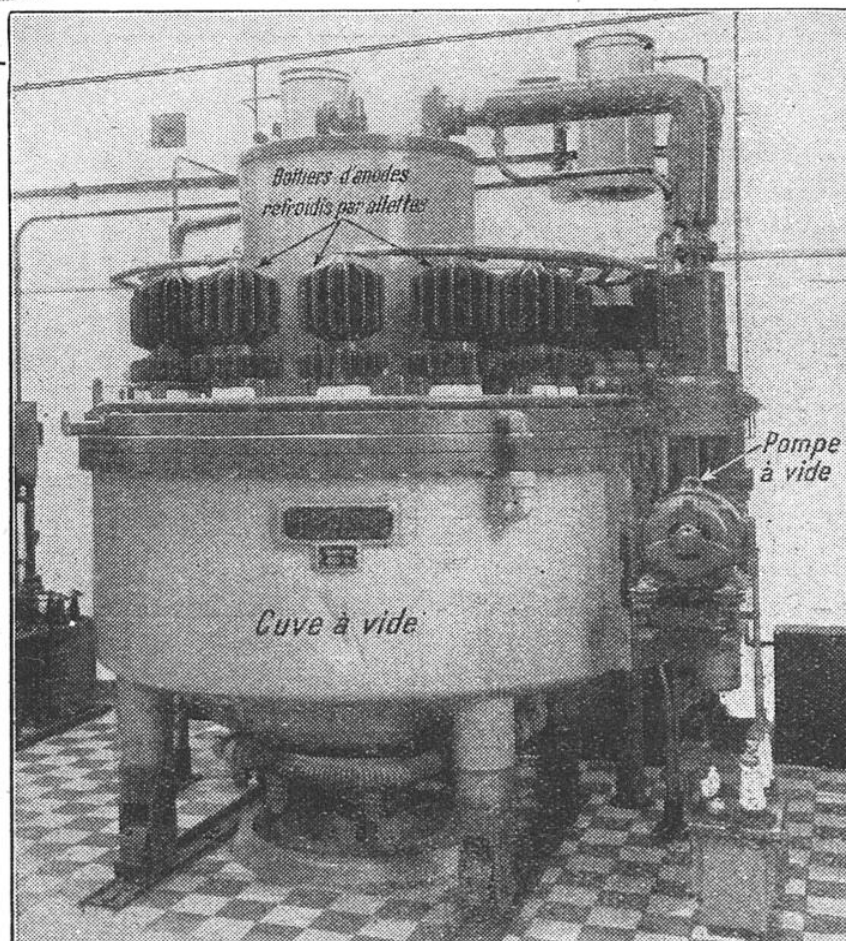
En haut, éléments redresseurs, avec leurs ailettes de refroidissement; en bas, transformateur à prises multiples (Selenofer LMT).

alternatif (1), et les électriciens avaient eu grand soin d'équiper leurs rotors d'un « redresseur » à lames (collecteur), chargé de restituer au courant sa forme... « noble », c'est-à-dire continue!

L'une des gloires de Zénobe Gramme

(1) Il convient d'excepter les dynamos *homopolaires* (dites à tort « unipolaires »), telles que la dynamo Poirson, au Palais de la Découverte, qui sont équipées de bagues et fournissent des voltages très faibles, utilisables pour l'électrochimie.

FIG. 2. — MUTATEUR
A DOUZE ANODES A
GRILLES POLARISÉES.
PUISSANCE, 2 000 KW
A 1 500 VOLTS, POUR
GRANDE TRACTION



T W 24273

auprès de ses contemporains, en 1870, fut d'avoir obtenu du courant continu, grâce à son « anneau » rotatif équipé d'un collecteur. Mais les années suivantes virent le triomphe du *courant alternatif*: grâce à la découverte du *transformateur*, appareil inerte formé de bobines multiples enfilées sur un noyau commun, il était possible d'élever formidablement la tension du courant au départ des lignes, pour l'abaisser à l'arrivée; de là des sections de conducteurs réduites et des lignes économiques. Ce fut la grande époque de Fontaine, de Marcel Deprez et de Ferraris.

Le continu ne se rendit pas sans combattre. On sait que Thury installa entre Moulins et Lyon une ligne à courant continu à 80 000 volts, fonctionnant à intensité constante, grâce au couplage en série de dynamos à régulation automatique.

La découverte des *champs tournants* par Tesla, en 1888, vint élargir de façon gigantesque le champ d'application du courant alternatif; actuellement, l'énorme majorité des moteurs électriques existant dans le monde fonctionne sur l'alternatif monophasé ou polyphasé. Le moteur à courant continu conserve toutefois certains fiefs à peu près incontestés, tels que la traction sur rails. Le problème de la transformation du courant alternatif en continu s'est donc posé depuis une vingtaine d'an-

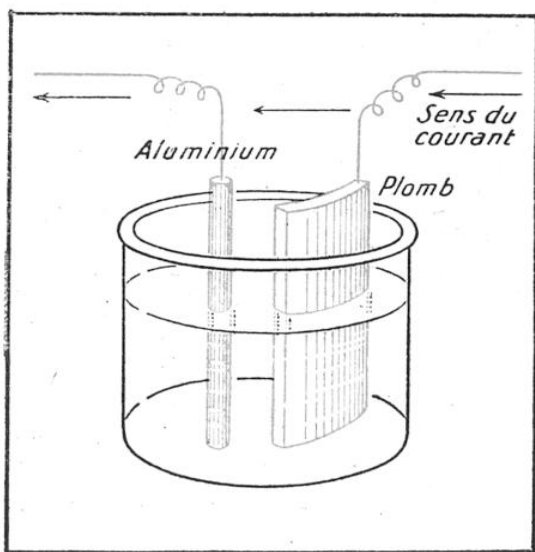


FIG. 3. — SCHÉMA D'UN REDRESSEUR ÉLECTROLYTIQUE

Le redresseur comporte uniquement deux électrodes métalliques plongeant dans un électrolyte. La cathode peut être formée d'un crayon en aluminium, de préférence étiré (il y a intérêt à éviter les surfaces trop grandes; on doit avoir au moins 1 ampère par décimètre carré de surface mouillée), l'anode étant formée d'une lame de plomb ou de fer. L'électrolyte peut être une solution de phosphate trisodique, de tartrate ou de carbonate neutre de sodium; on utilise également le borate. Dans le cas où l'anode est en fer, on répand sur l'électrolyte une mince couche de pétrole pour éviter qu'elle ne se coupe par oxydation au niveau de la surface. Ainsi construite, la « cellule électrolytique » peut fonctionner sous des tensions atteignant 150 volts. Avec une cathode en titane ou en tantale, un électrolyte formé d'acide sulfurique étendu et une anode en plomb, on obtient un rendement beaucoup plus élevé, avec une tension de fonctionnement d'une quinzaine de volts. Le débit des cellules électrolytiques demeure toujours faible.

nées aux Compagnies de chemins de fer et a été résolu de façon très complète par l'introduction des *mutateurs* à vapeur de mercure avec contrôle par grilles polarisées. Les heureux résultats obtenus dans cette technique en pleine évolution permettent d'envisager des réalisations grandioses, telles que l'adduction en Europe centrale et en France du courant continu de Norvège par câbles à 1 million de volts.

Les redresseurs à l'oxyde de cuivre

Pour les petites puissances, nécessitées par exemple par la recharge des accumulateurs de garage, la solution aujourd'hui classique est la *lampe thermoïonique*

à vapeur de mercure, qui représente en petit l'équivalent des mutateurs des sous-stations de traction. Grâce à l'emploi d'une *cathode chauffée*, l'émission des ions négatifs, transportant le courant, peut se faire sous une tension modérée, convenant à l'usage envisagé.

Les redresseurs à *palette vibrante* ou à *commutateur synchrone* étant aujourd'hui pratiquement abandonnés, et les groupes convertisseurs (groupes doubles proprement dits, comportant moteur et dynamo, ou commutatrice simple avec bagues et collecteur) ayant contre eux leur prix élevé, une solution éminemment pratique subsiste : le *redresseur à contact*, ou « *souape électrique* ».

Deux types de « contacts rectifiants » peuvent être envisagés. Le *redresseur électrolytique* offre un exemple de contact *médiat*. Il comporte deux larges électrodes en métaux différents, dont l'un est nécessairement de l'aluminium, plongeant dans une solution alcaline. Une microscopique pellicule isolante se forme par oxydation sur l'aluminium quand le courant tend à passer dans le sens interdit (aluminium formant anode), tandis que le courant passe librement en sens inverse. Un aspect particulier de ce dispositif est qu'il permet de réaliser des capacités électriques considérables : 1 farad dans un volume de quelques décimètres cubes, à cause de la minceur de la pellicule électrique.

Plus maniables que les redresseurs électro-

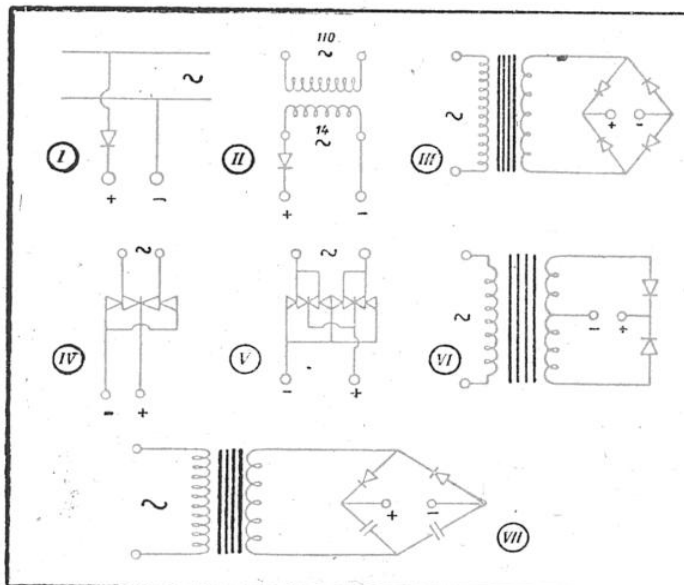
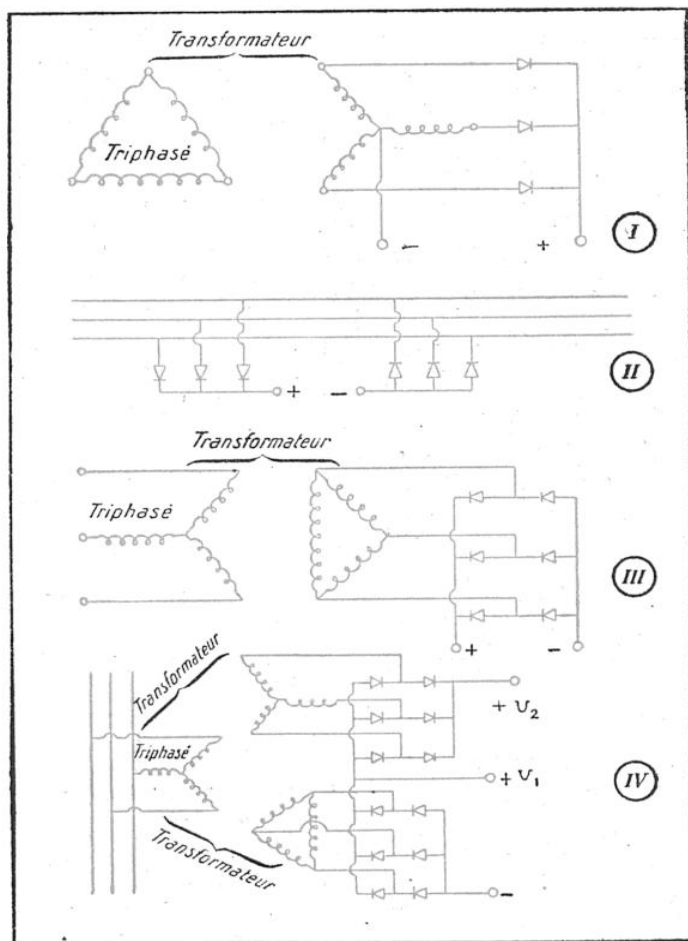


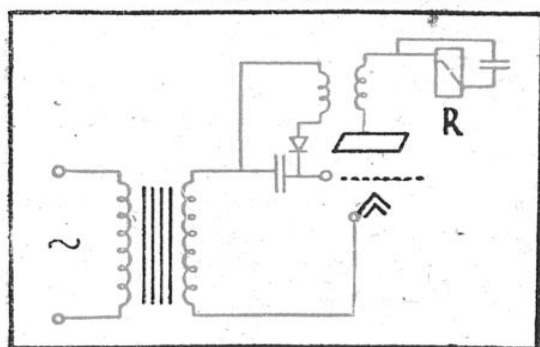
FIG. 4. — DIFFÉRENTS MONTAGES A REDRESSEURS PERMETTANT D'OBTENIR DU COURANT CONTINU A PARTIR DE COURANT ALTERNATIF SIMPLE (COURANT ALTERNATIF MONOPHASE)

Le redresseur est indiqué conventionnellement par une pointe triangulaire dirigée dans le sens « autorisé ». I. Un seul redresseur, sans transformateur. Le rendement est faible, le courant fourni étant ondulé avec une composante alternative appréciable. — II. Un seul redresseur, montage avec transformateur ordinaire. — III. Montage « en pont », redressant les deux alternances. — IV. Réalisation pratique du schéma n° III, mais sans transformateur. — V. Même redresseur que le n° IV, avec deux ponts en parallèle. — VI. Redressement des deux alternances au moyen de deux redresseurs seulement et d'un transformateur à point milieu (montage « va-et-vient »). — VII. Montage en pont à deux capacités, formant doubleur de tension.



T W 24269

FIG. 5. — MONTAGES POUR LE REDRESSEMENT DU COURANT TRIPHASE
I. Redressement d'une seule alternance : on utilise un transformateur avec secondaire en étoile avec point neutre sorti. — II. Redressement des deux alternances, montage sans transformateur. — III. Redressement des deux alternances avec transformateur à secondaire en triangle et six redresseurs. — IV. Redressement des deux alternances avec transformateur à double secondaire étoile et triangle, alimentant douze redresseurs sous une tension dodécaphasée. La composante alternative persistant dans le courant redressé est seulement de 1,4 %, ce qui réduit au minimum les problèmes éventuels de filtrage.

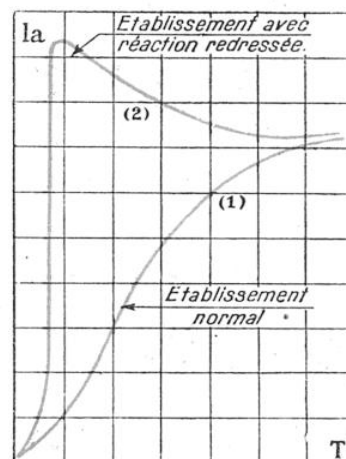


I' W 24270

FIG. 6. — MONTAGE A « RÉACTION REDRESSÉE » (CIRCUIT REFLEX BFCC)
R relais à courant continu.

lytiques, les redresseurs secs comportent un contact direct, immédiat, entre les deux électrodes. Le type familier en est le détecteur à galène, qui se prête au redressement des courants alternatifs de puissance extrêmement faible captés par l'antenne.

Disons tout de suite que le mécanisme intime du redressement, de l'« effet de soupape », est encore inconnu. On admet généralement que la constitution morphologique des subs-



T W 24264

FIG. 7. — COURBE MONTRANT L'AVANTAGE D'UN RELAIS A RÉACTION REDRESSÉE POUR UN FONCTIONNEMENT RAPIDE

L'établissement du courant est presque vertical. (D'après LMT.)

tances en contact (cristaux de galène, par exemple) intervient; des contacts aigus favoriseraient le cheminement des électrons dans un sens au détriment de l'autre, au-dessous d'une certaine échelle. La dissymétrie du contact est évidemment essentielle. Pratiquement, deux « couples » de contacts rectifiants ont donné des résultats satisfaisants et sont actuellement utilisés sur le plan industriel : le contact oxyde de cuivre-cuivre (fig. 8 et 9) et le contact fer-sélénium (fig. 1 et 10).

On utilise pour la construction des redresseurs à l'oxyde de cuivre un certain nombre de disques en cuivre, soumis à un traitement thermique duquel ils se recouvrent d'une pellicule d'oxyde de cuivre sur une face. Cette pellicule est ensuite revêtue d'une couche métallique qui en assure la protection, tout en fournissant un bon contact pour amener le courant. L'ensemble forme un élément monobloc qui possède la propriété redressante.

Empilons en effet deux disques ou davantage; au contact de deux faces successives, oxyde de cuivre et cuivre, l'effet de soupape électrique se produit. Pratiquement, il suffit de

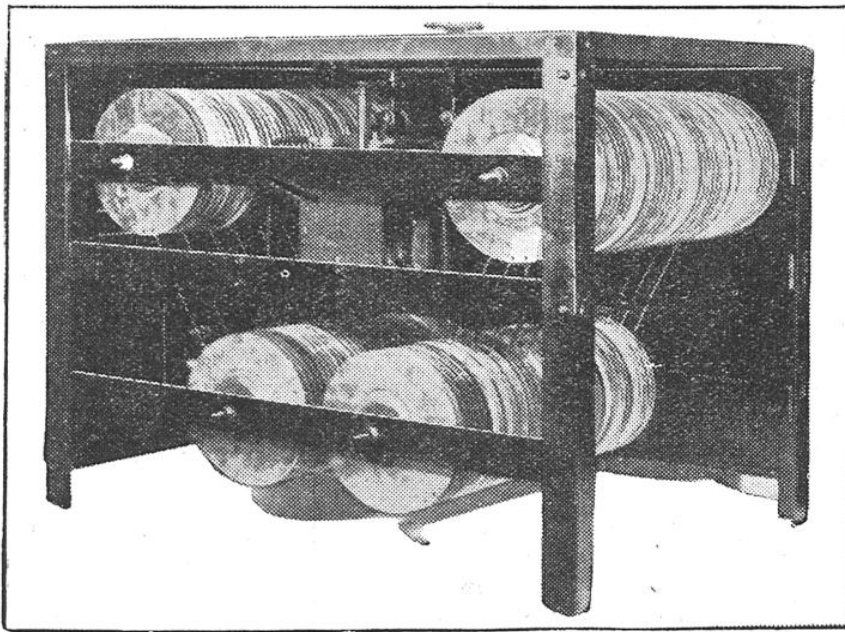


FIG. 8. DISQUES RECTIFIANTS A L'OXYDE DE CUIVRE

Débit : 48 ampères sous 12 volts (Orthox Thomson).

compléter le montage par un axe central isolant, comportant un dispositif de serrage par écrous. De larges ailettes prolongent vers l'extérieur la surface des disques, afin d'assurer une évacuation correcte de la chaleur due aux pertes; ces ailettes portent des connexions permettant le couplage des disques en série ou en parallèle. Le rendement est de l'ordre de 70 % pour les très faibles puissances, avoisinant 1 watt.

Un redresseur complet comprend un transformateur ou un autotransformateur, le ou les blocs redresseurs formés par l'empilement des disques oxydés, une résistance de stabilisation-réglage, des appareils de mesure : ampèremètre et voltmètre, des organes de protection électrique (fusibles sur la primaire et le second

daire du transformateur), enfin le châssis de montage et les capots. Des « meubles redresseurs » à puissance relativement élevée, peuvent être construits pour l'alimentation des lampes à arc (projecteurs de cinéma) ou même de moteurs. Dans ce cas, l'aération doit être particulièrement soignée et l'on peut même avoir recours à une ventilation mécanique.

Un nouveau « contact rectifiant » : le fer-sélénium

Le sélénium est un métalloïde fusible de la famille du soufre dont les propriétés photoélectriques sont bien connues. Une

T W 24262

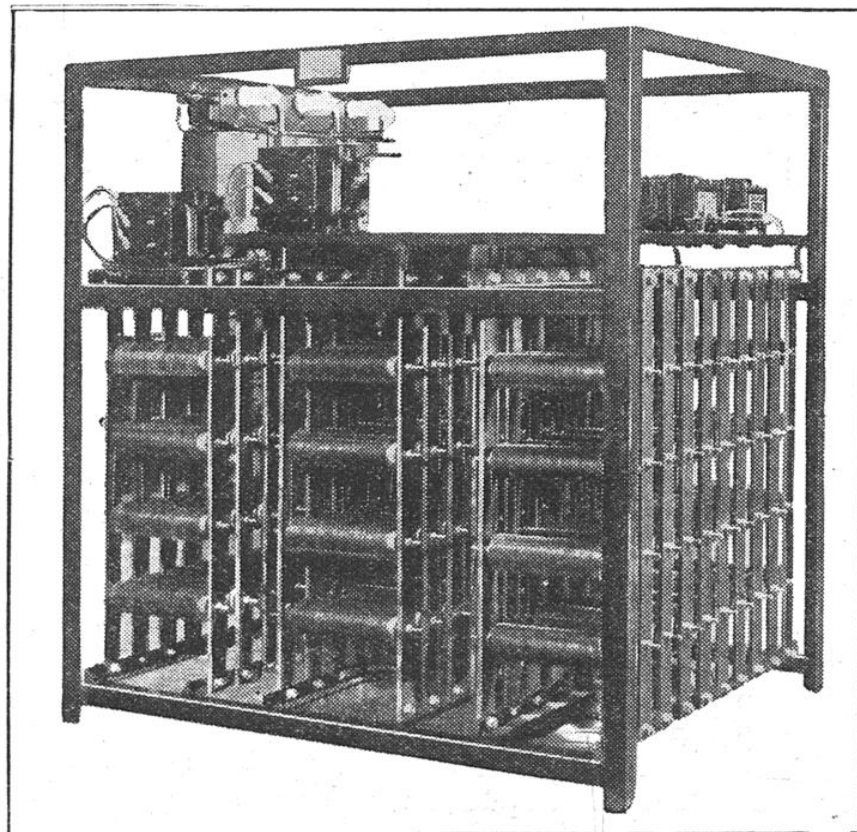


FIG. 9. — REDRESSEUR ALIMENTÉ EN COURANT TRIPHASE, FOURNISSANT 0,5 AMPÈRE EN COURANT CONTINU 4 000 VOLTS (ORTHOX)

T W 24263

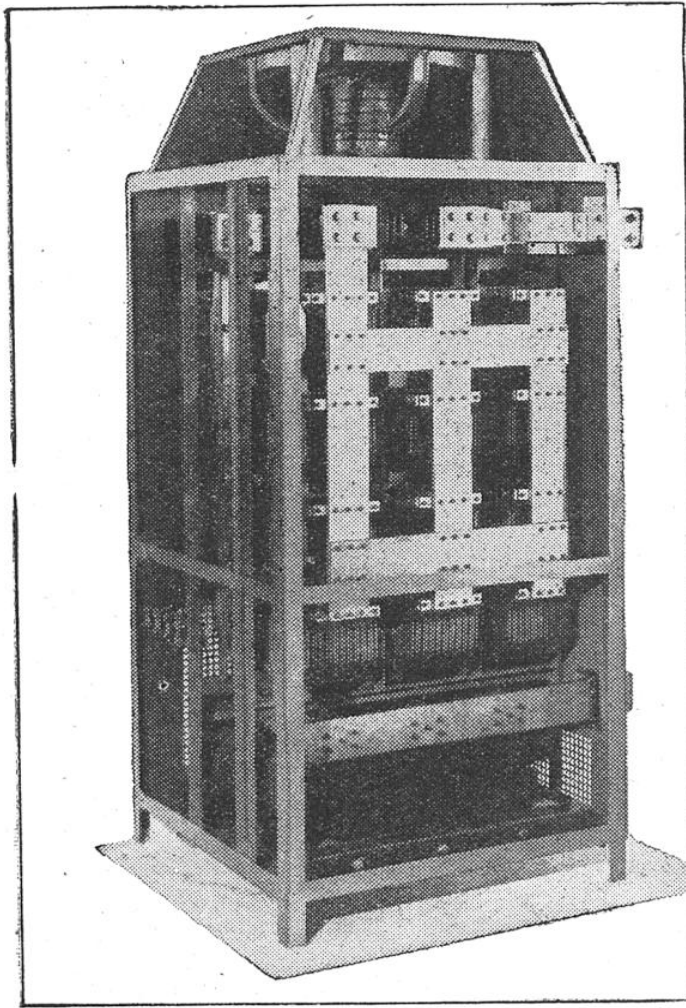


FIG. 10. — REDRESSEUR D'ÉLECTROLYSE FOURNISSANT 2 000 AMPÈRES SOUS 6 VOLTS (SELENOFER) T W 24267

lame de sélénium, exposée à la lumière, possède une résistance électrique variable avec l'éclairement; on a pu construire sur ce principe de nombreux types de cellules photoélectriques ultraplates et particulièrement robustes. Or, c'est un fait mal expliqué que les corps photoélectriques possèdent aussi des propriétés « rectifiantes ». Il semble que la circulation des électrons, d'un atome à l'autre, soit extrêmement sensible, dans ces substances, aux influences extérieures, telles que le choc des photons.

Par un procédé spécial, on étend sur un disque de fer nickelé une couche de sélénium provenant d'un minéral de Madagascar, la zorgite. Le contact est réalisé, sur cette couche, par une deuxième couche, à base de cadmium, déposée sur le sélénium et faisant corps avec lui. Cette disposition a l'avantage que le contact est indépendant de la pression; la présence du cadmium interdit par ailleurs des températures de fonctionnement supérieures à 103°. Les disques sont empilés pour former des blocs redresseurs, avec couplage en série ou en parallèle.

Caractéristiques des redresseurs secs

Si l'on applique à un redresseur, ou à un disque unique, une tension déterminée dans le sens interdit, on constate le passage d'un faible « courant inverse », attestant que l'effet de soupape n'est pas absolu. On désigne sous le nom de *coefficient de redressement* le rapport

$$\frac{\text{courant direct}}{\text{courant inverse}}$$

les deux courants étant produits par une même tension appliquée successivement dans les deux sens. Ce rapport doit être très élevé pour la plupart des applications courantes; il dépasse 1 000, pour un contact sélénium-fer, dans les conditions normales de fonctionnement.

Dans le passage du courant direct, l'intensité ne suit pas la loi d'Ohm; la caractéristique tension-courant possède une légère courbe vers le haut, ce qui donne lieu à des applications du reste assez rares. Le rendement énergétique varie peu avec la charge; il se tient aux environs immédiats de 75 % — toujours pour un contact fer-sélénium — pour des puissances de fonctionnement variant de 25 % à 120 % de la puissance nominale. La chute de tension aux bornes courant continu ne varie que de 20 % entre la marche à vide et la marche à pleine charge. Les contacts sélénium-fer peuvent supporter une surcharge permanente de 15 % et des surcharges discontinues de 300 %, à la condition que les éléments disposent de quelques minutes pour se refroidir. La « vie » des éléments est pratiquement indéfinie, le rendement ne baissant pas de plus de 2 % au bout de six ans de service.

Des applications révolutionnaires

Les redresseurs secs conviennent à toutes les applications industrielles où la puissance demandée n'excède pas quelques kilowatts; au-dessus, le redresseur à vapeur de mercure ou les machines rotatives s'imposent.

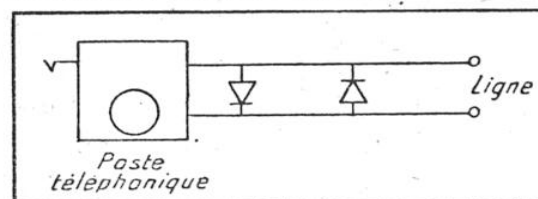
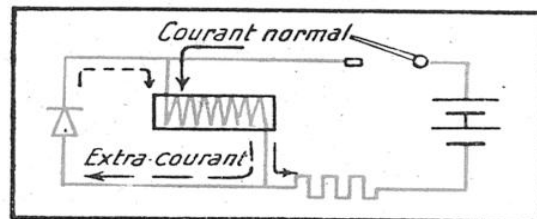


FIG. 11. — « ANTICHOC » TÉLÉPHONIQUE A CONTACTS SÉLÉNIUM-FER T W 24266

C'est une application de la résistance décroissante du contact sélénium-fer pour les tensions croissantes. Les contacts s'opposent au passage des courants téléphoniques normaux, mais forment by-pass pour les parasites violents.

On les utilise pour tous les modes de charge des accumulateurs : charge directe de puissance, charge en tampon, charge des batteries de traction; charge des batteries de téléphonie, télégraphie, télétypes, signalisation, automobiles et motocyclettes à moteur thermique ou électrique, pendules électriques, dispositifs de sécurité et d'alarme, etc. Le redresseur, formant soupape, donne toute sécurité en cas de panne du courant d'alimentation et se trouve prêt à fonctionner dès le retour du courant; aucun disjoncteur n'est nécessaire.

Des simplifications remarquables sont apportées par la suppression, désormais possible, des sources auxiliaires à courant alternatif. Citons notamment la possibilité d'utiliser en alternatif des relais sensibles, dont on ne disposait jusqu'ici qu'en continu; la suppression des dispositifs antiroulement (bagues sur noyau fendu) pour les relais; création de relais ultrasensibles: galvanométriques, voltétriques, polarisés, fonctionnant même sur fréquences vocales; l'alimentation directe, après filtrage, d'installations téléphoniques publiques ou privées ou de dispositifs



T W 24271

FIG. 13. — LE CONTACT RECTIFIANT REMPLACE AVEC AVANTAGE LE CLASSIQUE CONDENSATEUR DE FIZEAU POUR ÉTOUFFER LES ÉTINCELLES DE RUPTURE

Le contact rectifiant forme soupape, s'opposant au passage du courant direct, mais laissant passer l'extra-courant.

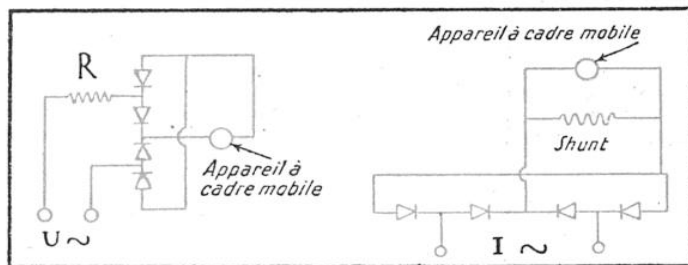
fournissent les hautes tensions réclamées pour la précipitation électrique des poussières dans les carnaux des cheminées d'usines; dans la technique de la radio, ils se prêtent à la production des tensions continues de tout voltage (fig. 9), tant à l'émission qu'à la réception, à l'alimentation des microphones et des haut-parleurs. Ils permettent de supprimer le transformateur d'entrée et la valve dans les « postes secteur », autorisent le contrôle automatique du volume du son en radio et différents montages entièrement nouveaux, tels que le montage Reflex BFCC à redresseur (fig. 6).

Une transformation complète de l'industrie des appareils de mesure électriques : ampèremètres, voltmètres, wattmètres, boîtes de contrôle, a été apportée par les redresseurs, qui permettent d'étendre au courant alternatif les avantages de sensibilité et de précision des

appareils à courant continu. Les puissances mises en jeu étant très faibles, il est possible d'utiliser des redresseurs extrêmement petits. Le volume d'un redresseur de boîte de contrôle portative, équipée d'un galvanomètre amorti à cadre mobile, n'excède pas 2 cm³ et le redresseur peut être logé dans la courbe de l'aimant (fig. 12).

Suppression des étincelles de rupture

Réalisation encore récente, tout au moins sous sa forme actuelle, le redresseur sec ap-



T W 24265

FIG. 12. — MONTAGE DE REDRESSEURS DANS UN APPAREIL DE MESURE A CADRE MOBILE

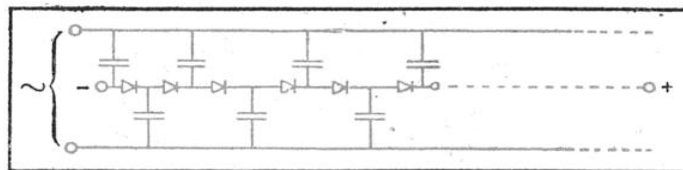
A gauche, voltmètre; à droite, ampèremètre.

de signalisation : police, dispatching, incendie.

Dans le domaine de l'électrotechnique générale, des réalisations révolutionnaires deviennent possibles : les alternateurs alimentent directement leur circuit d'excitation, avec caractéristique shunt, analogue à celle des dynamos; il en est de même des moteurs synchrones, qui n'ont plus besoin d'excitatrice, des moteurs asynchrones synchronisés, des moteurs à collecteur — tout au moins de puissance modérée — qui fonctionnent avec des caractéristiques de moteurs à courant continu.

Pour l'électrochimie (fig. 10), la soudure électrique, l'alimentation des lampes à arc, il est possible de réaliser des installations de plusieurs centaines d'ampères fonctionnant avec une parfaite stabilité et un rendement satisfaisant, sans déséquilibre des réseaux. La technique des plateaux magnétiques, des trieurs magnétiques, des électroaimants de freins, se trouve très simplifiée, du fait de la suppression des problèmes d'impédance et d'adaptation des enroulements aux circuits d'alimentation.

L'électrothérapie utilise les redresseurs secs pour l'alimentation des lampes à effluves, les appareillages de radioscopie, radiodiagnostic, radiographie, radiothérapie. Ils



T W 24272

FIG. 14. — MULTIPLICATEUR DE TENSION

Ce montage permet d'obtenir sans transformateurs, à partir d'un réseau à courant alternatif, toutes les tensions continues désirées. A chaque alternance de la tension d'alimentation, les condensateurs se chargent dans le sens qu'autorise la présence des redresseurs, c'est-à-dire de gauche à droite. Ces mêmes redresseurs interdisent aux charges accumulées sur les armatures de s'écouler en sens inverse lors de l'alternance suivante. Une analyse détaillée du fonctionnement de l'ensemble montrerait que ces charges vont en s'additionnant de la gauche vers la droite, ce qui permet de recueillir aux extrémités de la ligne centrale des tensions continues d'autant plus élevées que cette ligne est plus longue.

porte à l'électrotechnique générale des possibilités qui sont loin d'être épuisées. On peut dire que tous les circuits électriques existants peuvent être modifiés et enrichis par l'introduction de cet élément nouveau.

Outre les montages spécialement désignés pour le redressement du courant alternatif (fig. 4 et 5), il y a lieu de citer le montage dit à réaction redressée (fig. 6 et 7), procurant l'établissement ultrarapide d'un courant continu dans un relais, les schémas de montage des redresseurs d'appareils de mesure (fig. 12) et les « antichocs » acoustiques, destinés à protéger les écouteurs contre les parasites à tension élevée qui se produisent parfois dans les installations téléphoniques (figure 11). Ce n'est plus, dans ce dernier schéma, la propriété rectifiante du contact sélénium-fer qui est mise à profit, mais sa résistance décroissante pour les tensions élevées.

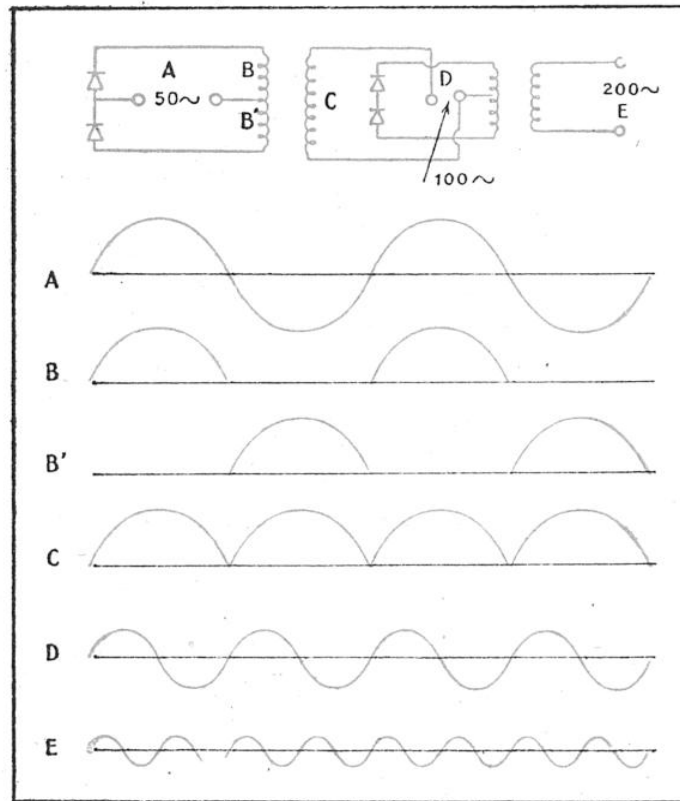


FIG. 15. — MULTIPLICATEUR DE FRÉQUENCE A ORGANES PUREMENT STATIQUES, FONCTIONNANT AVEC TRANSFORMATEURS A POINT MILIEU ET REDRESSEURS

En haut : schéma de montage; en bas : formes des courants obtenus; A, courant alternatif à 50 périodes/s. B, flux magnétique dans la demi-bobine B. B', flux dans la demi-bobine B'. C, flux global, donc flux dans la bobine secondaire C. La courbe C est assimilable grossièrement à une sinusoïde de fréquence double; cette imperfection se traduit dans le courant final D par des harmoniques que l'on peut éliminer au moyen de filtres. D, courant de fréquence double, disponible aux bornes D. Un second multiplicateur de fréquence suivant le même principe permet d'obtenir aux bornes E un courant de fréquence quadruple (200 p/s).

tenir les formes et les caractéristiques de courant les plus variées.

Pierre DEVAUX.

Une application très curieuse est la suppression des « étincelles de rupture », par absorption du courant inverse de self-induction (fig. 13) au moment de la coupure. Plus efficace que le condensateur, ce montage protège complètement le contact — qui n'a plus à supporter le courant de charge, très intense, du condensateur à chaque fermeture — et supprime la décharge oscillante. Il est particulièrement recommandable pour la protection des contacts très délicats, tels que ceux des relais galvanométriques.

En combinant les redresseurs avec des transformateurs à prise médiane ou des condensateurs, il est par ailleurs possible de réaliser des « multiplicateurs » de fréquence ou de tension absolument statiques (fig. 14 et 15), permettant d'ob-

Avant la guerre, les Etats-Unis étaient les principaux acheteurs d'étain sur le marché mondial. Ils absorbaient 40 % de la consommation mondiale et importaient 72 000 tonnes, dont 57 000 en provenance des territoires asiatiques actuellement occupés par les Japonais. Les fournisseurs qui demeurent sont l'Angleterre, l'Australie, le Congo belge, l'Argentine et la Bolivie qui seront cependant impuissants à couvrir plus du quart des besoins américains. Parmi les mesures de restriction draconiennes prises outre-Atlantique, les plus importantes portent sur l'industrie des conserves. On sait l'énorme développement de cette branche aux Etats-Unis, où la consommation annuelle atteignait 100 boîtes par habitant et par an, contre 5 en Europe. La fabrication du fer blanc absorbait 50 % de la consommation américaine d'étain. Déjà 300 fabriques de conserves sur 1 100 ont été fermées, et d'autres arrêts sont prévus à bref délai.

LES CRIQUETS, PLAIE DE L'ÉGYPTE ET FLÉAU DE L'AFRIQUE DU NORD

par Pierre BECK

Professeur au Lycée de Tarbes

Les agriculteurs d'Égypte, d'Éthiopie et d'Afrique du Nord vivent sous la menace permanente des migrations de criquets, dont les bandes innombrables ne laissent subsister derrière elles aucune végétation et détruisent toutes les récoltes, semant la désolation et la famine sur leur passage. Des méthodes modernes de lutte contre ce fléau ont été préconisées : tels sont en particulier l'emploi de gaz toxiques et aussi la diffusion des ennemis naturels des criquets (lutte biologique) (1); expérimentées ces dernières années, elles viendront utilement compléter les procédés classiques fondés sur l'emploi des pièges et des poisons insecticides. Mais le moyen le plus rationnel et le plus efficace serait de découvrir et de neutraliser la cause mystérieuse qui pousse les criquets à constituer de telles colonies et à quitter leurs pays d'origine (Nubie, Mauritanie) pour entreprendre au delà des déserts leurs raids désastreux. Outre son intérêt pratique évident, la solution de ce problème présenterait un intérêt scientifique considérable, car les migrations des animaux comptent parmi les énigmes les plus attachantes que nous propose la zoologie.

« **Q**UAND ce fut le matin, le vent d'Orient avait apporté les sauterelles. Les sauterelles montèrent sur le pays d'Égypte et se posèrent dans toute l'étendue de l'Égypte... Elles couvrirent la surface de toute la terre, et la terre fut dans l'obscurité; elles dévorèrent toute l'herbe de la terre et tout le fruit des arbres, tout ce que la grêle avait laissé, et il ne resta aucune verdure aux arbres ni à l'herbe des champs, dans tout le pays d'Égypte. » (Exode, chap. X, versets 14-15.)

Ainsi s'exprime la Bible. Depuis Moïse, la terre des Pharaons a continué d'être, régulièrement, dévastée par les terribles « sauterelles ». Nos possessions voisines : Tunisie, Algérie, Maroc, reçoivent, elles aussi, les ruineuses visites. Ces insectes sont migrateurs et ne font que passer, par bandes innombrables, en Afrique du Nord. Ces « sauterelles » sont, en réalité, des criquets ou acridiens. Ces deux groupes d'orthoptères se distinguent par leurs antennes qui, longues et délicates chez les sauterelles, où elles dépassent souvent le corps, sont courtes et assez fortes chez les criquets. Les sauterelles chantent en frottant leurs deux élytres l'un contre l'autre, les criquets en les grattant de leurs pattes postérieures. Les femelles de sauterelles ont l'abdomen terminé par une longue tarière en forme de sabre, qui fait défaut chez les criquets. Enfin, les sauterelles sont souvent carnivores, comme notre grande sauterelle verte, alors que, malheureusement pour nous, les criquets sont uniquement herbivores. Les

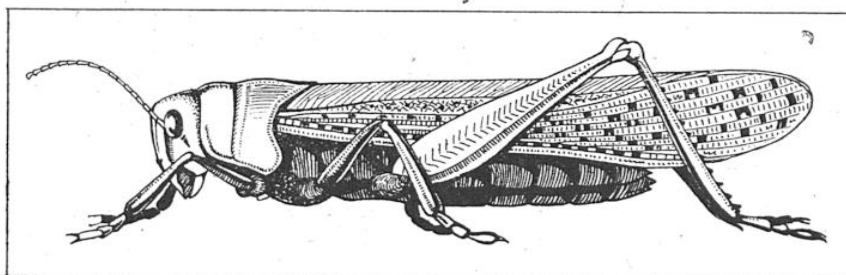
innombrables petites « sauterelles » de nos prés sont, en réalité, des criquets, au même titre que les grandes espèces migratrices de notre Afrique du Nord. Celles-ci sont au nombre de deux : le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*) et le criquet marocain (*Stauronotus maroccanus*).

Le criquet pèlerin et ses migrations

La première de ces espèces : le criquet pèlerin, est un gros insecte, de 6 cm de long environ, possédant des ailes longues et fortes lui permettant des vols prolongés (fig. 1). Il n'existe pas à l'état permanent en Afrique du Nord, mais y arrive, certaines années, en troupes immenses venant du sud en franchissant les cols de l'Atlas. D'où viennent ces insectes? Pourquoi se rassemblent-ils ainsi en bandes? Pourquoi entreprennent-ils de tels voyages? Autant de problèmes qui se posent au naturaliste. Si tous ne sont pas encore résolus, bien des points ont été cependant élucidés ces dernières années, grâce surtout aux très belles recherches de notre compatriote L. Chopard.

L'habitat normal de l'espèce se trouve au sud du Sahara et englobe la Mauritanie, le Niger, le Tchad, la Nubie et l'Erythrée. En certains points bien déterminés de cet habitat, et toujours les mêmes, se produisent certaines années de vastes rassemblements suivis de pontes : ce sont les zones grégaires. Elles sont au nombre de deux : une en Mauritanie occidentale, l'autre en Nubie. De la première partent les bandes qui envahissent le Maroc, l'Algérie et la Tunisie; de la seconde des troupes prennent la direction du nord et envahissent l'Égypte jusqu'à l'embouchure du Nil, d'autres vont vers le sud et

(1) Voir : « La lutte biologique contre les ennemis des cultures. » (*Science et Vie*, n° 280, décembre 1940.)



T W 24284

FIG. 1. — UN CRIQUET PÈLERIN ADULTE (LONGUEUR 6 CM)

dévastent l'Abyssinie, les Somalies et une partie de l'Afrique orientale anglaise (fig. 2).

Suivons la genèse et la progression des bandes. Nous avons vu qu'il se produit d'abord un grand rassemblement d'adultes; les femelles pondent les unes à côté des autres dans la terre. Une femelle de criquet est, nous l'avons indiqué, dépourvue de tarière; pour pouvoir percer le sol, elle absorbe de l'air en grande quantité dans son jabot. Celui-ci se dilate et comprime tous les organes thoraciques, en chasse le sang qui reflue alors dans l'abdomen, lequel devient de ce fait dur et rigide et peut s'enfoncer en terre. Les œufs sont pondus par groupes de cent environ. Chacun de ces groupes est enrobé de mucus qui durcit et constitue, mélangé à de la terre, un manchon protecteur ou oothèque de forme allongée. Toutes les larves provenant de pontes voisines se groupent dès leur éclosion, c'est-à-dire vingt à trente jours après la ponte. Elles présentent, en effet, à un très fort degré l'instinct grégaire. Elles ont déjà l'allure caractéristique des criquets mais sont dépourvues d'ailes (fig. 3).

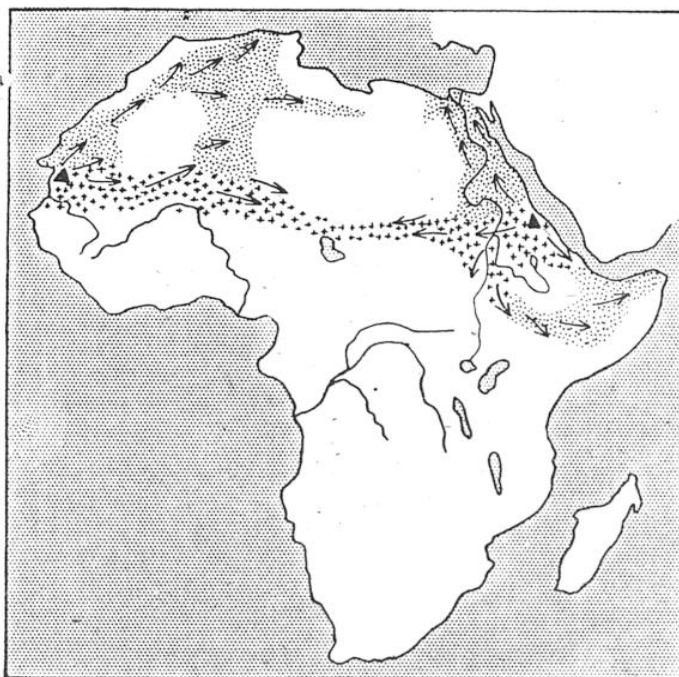
Il se forme ainsi des bandes dites primaires constituées de quelques milliers d'individus. Ces bandes vont bientôt se mettre en mouvement. Leur déplacement d'ensemble est grandement facilité par l'instinct d'imitation très développé des jeunes criquets : dès que l'un fait un mouvement, il est répété par ses voisins et gagne ainsi de proche en proche. Il suffit donc que quelques individus d'une de ces bandes primaires de Mauritanie prennent la route du nord pour que commence la grande migration vers les riches plaines du Tell.

En cours de route, à travers la zone grégarigène, plusieurs bandes primaires se rencontrent et fusionnent. Il en résulte des troupes de plusieurs millions d'individus avançant lentement sur un front qui atteint quelquefois une dizaine de kilomètres. La marche en avant se poursuit inexorable, aucun obstacle ne l'arrête, les rivières sont traversées à la nage. (La propulsion dans l'eau est due à des mouvements des pattes postérieures, assez analogues à ceux du saut.) Elle n'a lieu qu'aux heures chaudes de la journée. Au crépuscule le froid en-

gourdit les jeunes criquets qui s'arrêtent; les premiers rayons du soleil les tirent de leur torpeur; les déplacements sont faibles au début : c'est le moment des repas; puis, la température augmentant, le voyage vers le nord reprend. Ils sont si sensibles à la température que le passage devant le soleil d'un gros nuage arrête leur progression.

Une température trop élevée peut produire le même effet. La vitesse de ces troupes de larves est, en moyenne, de un mètre par minute, mais peut atteindre neuf mètres.

Les jeunes criquets grossissent peu à peu, muent à plusieurs reprises; enfin, au bout de quarante jours environ, après un dernier changement de peau, ils sont adultes et munis d'ailes. C'est alors l'envol de toute la bande. D'abord quelques individus volent en rond, puis se reposent. L'instinct d'imitation aidant, tous prennent leur essor. Ce ne sont, pendant quelques jours, que des vols d'essais à courte distance. Enfin, à lieu, sous des influences complexes et mal élucidées, le grand départ. Ici, encore, les déplacements n'ont lieu qu'aux heures chaudes, la nuit étant consacrée au repos et le matin à l'absorption de la nourriture.



T W 24289

FIG. 2. — CARTE DES MIGRATIONS DU CRIQUET PÈLERIN (« SCHISTOCERA GREGARIA »)

L'habitat permanent de l'espèce, où se rencontre la forme solitaire est marqué de croix. Les pointillés représentent les zones envahies par les migrations. Enfin, les deux triangles noirs indiquent l'emplacement des zones grégarigènes.

Cependant, des vols continus de deux ou trois jours ont été quelquefois observés. Plusieurs troupes peuvent se réunir, constituant des rassemblements de plusieurs trillions d'individus couvrant, parfois, une superficie de 6 000 à 7 000 kilomètres carrés. Une de ces nuées a été estimée à 30 milliards d'individus représentant un poids de 40 000 tonnes.

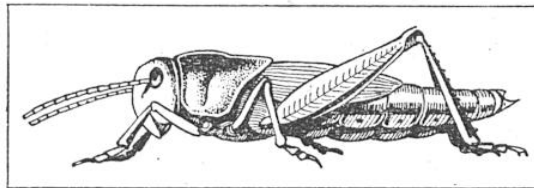
Le vol des criquets est un vol plané; ces animaux utilisent les courants atmosphériques, souvent à grande hauteur, les nuées qu'ils constituent n'étant plus, alors, visibles. Leur vitesse est de 20 à 45 kilomètres à l'heure. Grâce à la grande surface de leurs ailes et à leur légèreté due aux nombreuses vésicules trachéennes pleines d'air que contient leur corps, ils peuvent tenir l'air sur des parcours d'au moins 1 000 kilomètres. On a, en effet, rencontré de leurs bandes en mer à une telle distance des côtes. Ce sont de ces nuées qui arrivent généralement en avril, en Afrique du Nord, où elles dévastent complètement toutes les cultures. En cours de route, les criquets pondent, leurs larves constituent, comme dans leur pays d'origine, des bandes primaires, puis secondaires et, enfin, des nuées d'adultes. Larves et adultes ne laissent rien là où ils prennent leurs repas matinaux : pas une herbe, pas une feuille. Puis les criquets disparaissent, retournant vers le sud.

Heureusement, de telles invasions ne se produisent pas chaque année. Les rassemblements dans les zones grégaires, indispensables à la formation des armées dévastatrices, n'ont lieu, en effet, que de temps en temps à des intervalles irréguliers. Cela se produisit, par exemple, en 1780 où le Maroc subit une invasion dont les effets désastreux nous sont décrits en ces termes par le docteur Chenu : « En 1780, le royaume de Maroc éprouva les ravages terribles de ces criquets, qui y occasionnèrent une famine affreuse. Les pauvres erraient, dit-on, par la contrée pour déterrer les racines des plantes, et cherchant même dans la fiente des chameaux les grains d'orge qui n'avaient pas fermenté pour s'en nourrir; les chemins et les rues étaient jonchés de cadavres. » Depuis la conquête jusqu'en 1900, l'Algérie fut envahie en 1845, 1866, 1874 et 1891.

Peut-on expliquer les migrations de criquets?

Les conditions qui font ainsi se produire certaines années ces énormes rassemblements de criquets sont encore mal précisées. Quelles qu'elles soient, elles provoquent une anormale pullulation de ces insectes. Il doit s'agir de conditions ne pouvant se produire qu'en certaines régions bien limitées qui sont les zones grégaires. Un fait très curieux est que les individus participant à ces rassemblements diffèrent morphologiquement des individus vivant solitaires. Ceci a été mis en évidence par le savant russe Uvarov au cours des études qu'il a poursuivies de 1911 à 1914 sur une espèce migratrice d'Europe orientale : *Locusta migratoria*. Il a montré qu'il s'agissait, en réalité,

d'individus modifiés d'une espèce solitaire précédemment connue sous le nom de *Locusta danica*. On a pu montrer, depuis, que les adultes se groupant pour pondre en Mauritanie où en Nubie avaient tous les caractères d'une forme décrite, autrefois, sous le nom de *Schistocera flaviventris*. Petit à petit, ils se pigmentent beaucoup plus fortement, leurs ailes deviennent plus longues, des modifications se produisent dans la forme du thorax : ils deviennent des *Schistocera gregaria* typiques. Des œufs qu'ils vont pondre sortiront des larves de type *gregaria* qui, outre leurs caractères morphologiques, seront caractérisées par leur comportement et, tout particulièrement, par leur grégisme et leur instinct d'imitation qui font défaut à celles de type *flaviventris* dérivant de pontes isolées. Des individus grégaires isolés reprendront vite,



T W 24287

FIG. 3. — LA LARVE DU CRIQUET PÈLERIN

Elle se distingue principalement de l'insecte adulte par l'absence d'ailes.

en passant par toute une série d'aspects intermédiaires, le type *flaviventris*. Ces différentes formes que peuvent revêtir les criquets migrateurs ont été nommées : phases. On distingue dans chaque espèce une phase *gregaria* correspondant au type des individus groupés : ici *Schistocera gregaria*, une phase *solitaria*

correspondant à celui des individus vivant isolément : ici *Schistocera flaviventris*, et des phases intermédiaires ou *transiens*, par lesquelles passent les individus qui de solitaires deviennent grégaires : ce sont les *transiens congregans*, où qui de grégaires deviennent solitaires : ce sont les *transiens dissocians* dont l'évolution est l'exacte reproduction, mais en sens inverse, de celle des précédents. C'est le fait même d'être groupés ou solitaires qui fait apparaître chez ces insectes ces divers types morphologiques : il suffit de maintenir dans une petite cage plusieurs *Schistocera flaviventris* pour qu'ils se transforment en *Schistocera gregaria*. Si on laisse ensemble, après l'accouplement, un mâle et une femelle de la forme solitaire, les œufs pondus donneront des larves du type grégaire. On sait que l'organisme des insectes est très sensible et réagit à des influences très subtiles. L'accumulation sur un faible espace de beaucoup d'individus d'une même espèce serait une de ces influences et provoquerait les modifications morphologiques et psychiques caractérisant le passage des solitaires aux grégaires. Il est regrettable que ne soient pas connues, avec précision, les conditions amenant, certaines années, dans les régions grégaires les gros rassemblements qui provoquent l'apparition d'individus migrateurs. On pourrait, en effet, espérer les empêcher, si l'on en connaissait les causes exactes. Une fois l'accumulation de nombreux *Schistocera flaviventris*, puis leur transformation en *Schistocera gregaria* effectuées, la ponte va produire, nous l'avons vu, des larves grégaires. Les migrations vont commencer.

Quel est le mobile qui pousse ces animaux à se déplacer pour accomplir un voyage long et pénible? On a, successivement, supposé qu'il s'agissait pour eux d'aller à la recherche de la nourriture, qu'il s'agissait d'un rassemblement sexuel se déplaçant en vue de rechercher un

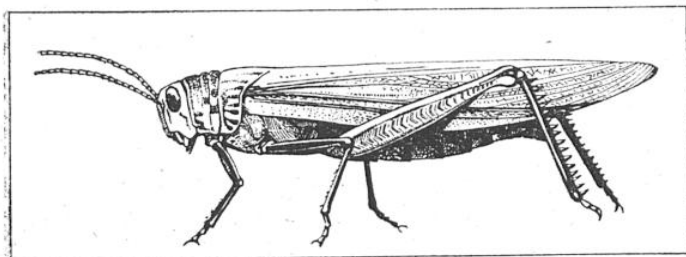


FIG. 4. — UN CRIQUET MAROCAIN ADULTE (LONGUEUR 2 A 3 CM) T W 24283

lieu de ponte convenable. Dans ce dernier cas, on aurait affaire à quelque chose d'analogue aux migrations de l'anguille ou du saumon. Cette hypothèse n'est pas ici soutenable, car les migrations débutent dès l'état larvaire pendant lequel ces animaux, n'étant pas mûrs sexuellement, ne peuvent être sollicités par des besoins complexes analogues à ceux qui attirent les poissons migrateurs vers leurs frayères. La recherche de nourriture ne peut guère, non plus, être retenue, puisque les criquets de Mauritanie quittent un pays à végétation relativement abondante pour se lancer à la traversée du désert, à moins de supposer qu'ils ont la prescience qu'ils trouveront au delà les riches plaines d'Afrique du Nord, ce qui, on l'avouera, est assez peu vraisemblable. Il semble, en réalité, que la température soit le principal facteur des déplacements individuels et que ceux-ci, par suite de l'instinct d'imitation des criquets, se transforment en déplacements massifs. Nous avons vu, cependant, que l'on avait parfois constaté des vols durant jour et nuit pendant quarante-huit ou trente-six heures. Dans ce cas, d'autres facteurs que la température doivent inciter les insectes à se déplacer. La direction des migrations doit, dans une grande mesure, dépendre des courants atmosphériques.



FIG. 5. — LE MYLABRE, COLÉOPTÈRE VÉSICANT DONT LES LARVES DÉVORENT LES ŒUFS DE CRIQUETS T W 24288

En résumé, on peut schématiser ce que l'on sait, actuellement, des migrations du criquet pèlerin de la façon suivante : certaines années, en des points favorables de l'habitat permanent de cet insecte, dits zones grégaires, sous l'influence de circonstances non élucidées, il s'en produit une anor-

male pullulation ; cette accumulation d'un grand nombre d'individus sur une surface restreinte modifie les conditions de vie de chacun d'eux, ce qui retentit sur le comportement et sur la morphologie : passage de la phase solitaire à la phase grégaire ; les œufs pondus en très grand nombre très près les uns des autres donnent des larves grégaires ; celles-ci se déplacent aux heures chaudes ; comme elles possèdent l'instinct d'imitation, toutes se déplacent dans le même sens ; elles se métamorphosent, les adultes grégaires qui en dérivent volent aux heures chaudes, restant groupés et, guidés par les courants aériens, se dirigent vers le nord.

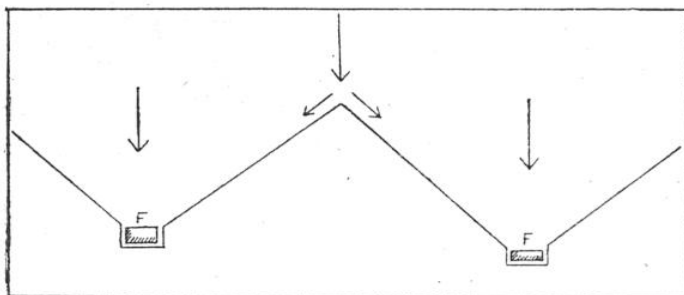


FIG. 6. — PLAN SCHÉMATIQUE D'UN BARRAGE CYPRIOTE T W 24290

Le barrage cypriote est un piège qui sert à détruire des larves de criquet. C'est un barrage de toile cirée glissante en forme de V ouvert du côté d'où viennent les larves de criquets (la direction et le sens d'arrivée de ces larves sont indiqués par des flèches). Les sommets du V sont pourvus de fosses (F) où tombent les larves et où on les détruit par la chaux vive.

Le criquet marocain

Ce schéma peut s'appliquer à toutes les espèces de criquets migrateurs connues et, en particulier, à l'autre forme qui dévaste l'Afrique du Nord : le criquet marocain (fig. 4). Il est plus petit (2 à 3 cm) et beaucoup moins grand voyageur que le criquet pèlerin. Il est roussâtre avec des taches brunes dessinant vaguement une croix sur le dos. Son habitat permanent se trouve dans les hauts plateaux de l'Atlas. Certaines années, de zones grégaires situées en quelques points de ce territoire, ses bandes migratrices envahissent les plaines cultivées d'Algérie, Maroc et Tunisie. Il est commun à Chypre. En 1901, il était abondant en Camargue ; en 1920 et 1922, en Provence. Ses troupes, comme celles du criquet pèlerin, ne voyagent qu'aux heures chaudes, à partir de 11 heures environ. Les deux phases ne sont pas, chez lui, bien distinctes morphologiquement. Ses invasions ont, elles aussi, de graves conséquences. Il s'attaque de préférence aux plantes potagères et fourragères.

La lutte contre les criquets

Pour lutter contre les dégâts de cet insecte et ceux, plus graves encore, du criquet pèlerin, de nombreux moyens ont été préconisés, quelques-uns depuis la plus haute antiquité. Actuellement, un comité d'études de la biologie des Acridiens centralise toutes les données rela-

tives à tous les acridiens migrateurs. Il a fondé un laboratoire central de biologie acridienne rattaché au laboratoire d'Entomologie du musée. Il envoie des entomologistes en missions de recherches dans les régions habitées par les criquets. Point n'est besoin de souligner la nécessité qu'il y a à bien connaître la biologie de ces insectes pour pouvoir lutter efficacement contre eux. Les moyens utilisés pour les combattre peuvent être groupés en moyens biologiques et moyens artificiels, ceux-ci comprenant l'emploi de pièges et d'insecticides.

La lutte biologique contre les insectes nuisibles consiste à favoriser leurs ennemis naturels. Ceux des criquets, en Afrique du Nord, sont les oiseaux insectivores, surtout les perdrix, cailles, alouettes, étourneaux et hirondelles, et des insectes. Parmi ces derniers sont, d'abord, des insectes de proie qui capturent et dévorent les criquets, surtout les jeunes. C'est le cas, par exemple, de la mante religieuse. D'autres parasitent, à l'état larvaire, œufs, jeu-

nes ou adultes d'acridiens. Parmi eux, on peut citer, en premier lieu, les mylabres, coléoptères vésicants au corps noir et aux élytres jaunes ou orangés, avec des bandes noires, ou inversement (fig. 5). Ils pondent dans les cothèques de criquets et leurs larves en mangent les œufs. Des mœurs identiques se retrouvent chez des mouches noires, très abondantes

dans le Tell : les anthrax. Les vols de criquets pèlerins sont souvent accompagnés de petits diptères : les *Idia fasciata* qui pondent également sur leurs œufs. De grosses mouches vivipares, les *Sarcophaga clathrata*, poursuivent les jeunes acridiens encore aptères pour déposer sur eux leurs larves, qui ne les tueront pas, mais les épuiseront au point que leurs ailes ne se formeront pas et que leurs organes reproducteurs ne parviendront jamais à maturité : c'est la castration parasitaire. Les êtres vivants, que nous pouvons utiliser dans la lutte contre les acridiens migrants, ne sont pas uniquement des animaux. Un champignon, le *Lochonium acridiorum*, parasite les adultes et



T W 24285

FIG. 8. — LA LUTTE CONTRE LES CRIQUETS EN ALGÉRIE (BATNA)

Les criquets rassemblés dans un barrage de plaques de zinc sont tués par pulvérisation d'un produit toxique.



T W 24286

FIG. 7. — LA DESTRUCTION D UNE PETITE BANDE DE CRIQUETS A BATNA (ALGÉRIE)

Les rabatteurs indigènes poussent les insectes vers un piège constitué par une toile ou par un barrage de plaques de zinc. Les criquets s'accumulent dans le piège où on les détruit (fig. 8).

les œufs du criquet marocain, les faisant périr. Une bactérie, le *Coccobacillus acridiorum*, produit une maladie mortelle chez divers criquets, dont les espèces migratrices. On peut songer à essayer d'élever ces différents ennemis naturels de nos dangereux insectes pour en répandre de grandes quantités.

Jusqu'à présent, les méthodes biologiques n'ont guère été utilisées contre les criquets. On a, cependant, tenté de répandre sur les plantes des cultures du *Coccobacillus acridiorum*, sous le nom de virus d'Hérelle. Les résultats n'ont pas été très satisfaisants, la contagion semblant très lente; il faudrait de considérables quantités de virus.

On s'en tient donc surtout à l'emploi de pièges ou de poisons. Les pièges employés sont nombreux. Un des plus utilisés est le barrage cypriote, inventé en 1871 par le gouverneur de Chypre : Mehemed Saïd Pacha, et introduit en Algérie, en 1874, par le vétérinaire militaire Durand. Il est constitué par des bandes de toile de 50 mètres de long sur 0,80 m de haut maintenues par des pieux et surmontées d'une toile cirée de 0,10 m. On établit avec elles des barrages sur plusieurs kilomètres. Ces barrages sont disposés en V ouverts du côté d'où viennent les criquets (fig. 6). Le sommet de chacun des V est pourvu d'une fosse. Cet appareil ne peut servir que contre les larves qui ne peuvent voler. Des rabatteurs munis de branchages les poussent vers le barrage (fig. 7) qu'elles ne peuvent franchir à cause de la toile cirée sur laquelle elles glissent. Arrivées aux sommets des V, elles tombent dans les fosses où elles sont recouvertes de chaux vive (fig. 8). On peut également établir sur le passage des bandes de larves des fosses dont les parois sont rendues glissantes par des feuilles de zinc. Le « melhafa » est un barrage mobile destiné à la capture de petites bandes. Il est constitué d'une pièce de toile de dix mètres de long sur trois à quatre mètres de large. Trois ou quatre personnes en maintiennent le bord supérieur à 1,50 m du sol,

le reste traînant à terre. Des rabatteurs y poussent les jeunes criquets. Quand ils sont en nombre sur la toile on en relève le bord inférieur et on enfonce dans l'eau toile et animaux.

Tous ces pièges ne peuvent être employés que contre les larves, les adultes ne peuvent être capturés que la nuit, quand ils sont arrêtés et engourdis. On les récolte alors avec des filets dont les plus employés sont la drague de Corsi et le filet-nasse de Finot. Les indigènes, étant friands des criquets adultes, s'associent volontiers à ce ramassage. On a proposé également, contre les nuées au vol, l'emploi d'engins explosant en l'air en libérant des gaz toxiques.

C'est également l'emploi de substances toxiques qu'ont conseillé Knuckel d'Herculais ou Paul Marchal. Il s'agit de mélanges d'huiles lourdes et de savon noir, dont on arrose les bandes de jeunes. D'autres auteurs préconisent l'utilisation d'appâts empoisonnés contre les adultes et les larves. Les plus efficaces sont formés d'un mélange de mélasse, qui attire les insectes et d'arséniate de soude, qui les tue. Il faut, en ce cas, prendre soin d'écarter des appâts volaille et bétail.

Grâce à l'emploi combiné de toutes ces méthodes, on a réussi à limiter les dégâts des criquets migrants. Ce grave danger n'est, cependant, pas définitivement écarté des champs et des jardins de nos belles possessions nord-africaines. Malgré les gros progrès réalisés, récemment, dans nos connaissances sur la biologie de ces dangereux insectes, connaissances indispensables si l'on veut lutter scientifiquement contre eux, il reste encore bien des mystères à éclaircir dans leur comportement étrange. L'un de ces mystères, et non des moindres, est celui de la force toute puissante qui pousse les criquets pèlerins à quitter le pays où ils sont nés pour entreprendre, en bandes innombrables, un épuisant voyage à travers les immensités du grand désert.

Pierre BECK.

Les roches les plus anciennes de la couche terrestre seraient, d'après les évaluations récentes d'un savant allemand en fonction de leur teneur en éléments radioactifs, vieilles de deux milliards d'années. Imaginons, pour rendre plus frappant le rythme de l'évolution de la matière vivante sur la terre, que ces deux milliards d'années soient condensées sur une seule période d'une année, d'un premier janvier au 31 décembre suivant. La période du précambrien s'étendrait alors du premier janvier au 23 septembre. On peut admettre qu'alors la vie existait déjà sur la terre, sans qu'on puisse préciser sous quelle forme. Le cambrien et le silurien nous mèneraient au 27 octobre. C'est dans la dernière partie du silurien qu'apparaissent les premiers poissons. Peu après, les premières plantes terrestres se dégagent de l'eau. Puis, vers le 25 novembre naîtraient les batraciens et les reptiles. Les plus anciens mammifères remonteraient à la fin de novembre et les premiers oiseaux au 5 décembre. L'histoire de l'homme commencerait deux heures et demie seulement avant la fin de l'année par l'apparition des premiers hominiens, et la période de l'*homo sapiens* tiendrait dans la dernière demi-heure. Enfin, les temps historiques occuperaient une minute et demie et la durée totale de la vie d'un vieillard de quatre-vingts ans correspondrait à 1,25 seconde.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

Les chemins de fer russes

LE réseau ferroviaire de l'U.R.S.S. comptait, au 1^{er} janvier 1938, environ 85 000 km de lignes soit 5 km pour 1 000 habitants (chiffre voisin de celui correspondant à l'Afrique tout entière) et 0,4 km pour 100 km² (le double seulement du chiffre correspondant au Continent africain). Sur ce total, les lignes à voie double n'atteignaient que 24 800 km et celles à traction électrique 1 680 km, auxquelles il faut ajouter 90 km établis depuis. Comparée à celle des autres pays, la répartition de ce réseau à très larges mailles est très irrégulière et sa

densité décroît d'ouest en est. Les maxima de densité du réseau se situent dans le bassin du Don, autour de Moscou et de Léninegrad. Ainsi le Caucase, dont les richesses naturelles sont importantes, est très mal relié à l'ensemble du pays. Seules sont à la disposition du trafic les deux lignes conduisant, en passant par Rostov, l'une vers Stalingrad, l'autre vers Salsk. Quant à la ligne Stalingrad-Salsk (Salsk se trouve à 350 km au sud-ouest de Stalingrad), elle ne peut être considérée comme une ligne de pénétration vers l'est. C'est pourquoi avait-on projeté avant la guerre de relier par rail Machatschkala à Astrakan en suivant la rive occidentale de la mer Caspienne. Le territoire transcaucasien n'est égale-

ment relié au centre de l'U.R.S.S. que par une ligne à voie unique dont la transformation en ligne à voie double n'est pas terminée. Enfin, on sait que seul le Transsibérien, à voie double depuis peu, aboutit à l'Océan Pacifique.

Un réseau à mailles aussi larges est fatalement surchargé. Ainsi en janvier 1937 on comptait 4.175 millions de tonnes-kilomètres par kilomètre exploité, chiffre supérieur à ceux des autres pays. Certaines sections, telles que Kharkov-Krasni, Léninegrad-Moscou, Moscou-Kharkov étaient encore plus chargées; l'ensemble des expéditions de marchandises a atteint 384,4 milliards de tonnes-kilomètres en 1937, et le nombre de voyageurs 1,14 milliards.

TARIF DES ABONNEMENTS

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis.....	1 an.....	80 fr.
Envois recommandés	1 an.....	110 fr.

ÉTRANGER (Suisse, Espagne, Portugal)

Envois simplement affranchis.....	1 an.....	150 fr.
Envois recommandés	1 an.....	200 fr.

Les abonnements sont payables d'avance, par chèque postal. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 2 francs en timbres-poste.

Rédaction et Administration : actuellement : 3, rue d'Alsace-Lorraine - Toulouse (H^e G.) Chèques Postaux : Toulouse 184.05

BULLETIN D'ABONNEMENT (311)

Nom (en majuscules) et prénoms :

Adresse :

Déclare m'abonner pour **un an**, au prix de (tarif ci-dessus), que je vous adresse par Chèque postal 184-05 Toulouse. Le premier numéro à envoyer sera le n^o

C'est MARC SAUREL qui m'a appris à **DESSINER!** disent depuis 30 ans les meilleurs élèves des Cours de Dessin par correspondance

★ Voilà qui explique l'étonnant succès de l'École du DESSIN FACILE créée voici 2 ans par Marc SAUREL, le véritable promoteur en France de l'enseignement du dessin par correspondance. Il a consacré sa vie à tous ceux que sollicitent la joie de dessiner. Sa profonde expérience est pour chaque élève la certitude formelle d'être jugé avec plus de clairvoyance et donc d'être mieux guidé. C'est pourquoi sa nouvelle méthode mène aux meilleurs résultats dans les plus courts délais.

Qu'ils apprennent le dessin pour leur simple plaisir ou en vue d'un avenir lucratif, les élèves de Marc SAUREL sont unanimes à reconnaître l'aisance avec laquelle ils exécutent des travaux dont ils se croyaient à jamais incapables quelques mois auparavant. Travail facile. Progrès rapides : tel est le double signe sous lequel se place l'enseignement de Marc SAUREL.

● Demandez aujourd'hui l'album abondamment illustré où vous trouverez l'exposé détaillé de cette merveilleuse méthode.

BON pour une documentation illustrée SV35 qui vous sera envoyée par retour, contre 3 frs en timbres-poste. Soulignez le genre de dessin qui vous intéresse.

Croquis	Dessin de mode	Dessin industriel
Paysage	Dessin de publicité	Dessin animé
Portrait	Dessin d'illustration	Dessin de lettres
Cours de dessin pour les enfants de 6 à 12 ans.		

"LE DESSIN FACILE"
INSTITUTION FRANÇAISE
11, Rue Keppler — Paris-16^e



Dessin d'élève.

LÉGUMES
ÉVAPORÉS

AMIEUX

LA SAVEUR
DU LÉGUME FRAIS

TOUJOURS AMIEUX

PAR LES
DERNIERS PROCÉDÉS
DE LA
TECHNIQUE et de
L'HYGIÈNE MODERNE

Qui dit AMIEUX
dit QUALITÉ

**"L'Électricité
c'est l'avenir des jeunes"**



Étudiez chez vous, sans interrompre vos occupations, la plus jeune et la plus passionnante des sciences

**L'ÉLECTRICITÉ
ET SES APPLICATIONS**

En 6 mois, grâce à notre méthode moderne d'enseignement pratique professionnel, vous deviendrez l'expert recherché dans l'Industrie, le Cinéma, la Télévision, l'Amplification, etc

**INSTITUT
ELECTRO-RADIO**

6, RUE DE TÉHÉRAN-PARIS-8^e

DE SUITE, écrivez-nous pour recevoir gratuitement notre luxueux programme. Service V S
L'ÉLECTRICITÉ ET SES APPLICATIONS MODERNES -
PRÉPARATION AUX DIPLOMES D'ÉTAT

AVIS IMPORTANT

Nous informons nos lecteurs que nous pouvons leur fournir :

1. TOUS les numéros parus à ce jour, SAUF :

les numéros 4 - 5 - 6 - 19 - 21 - 27 - 287
293 - 294 - 295 - 296 - 297 - 298 - 299 - 300

Adresser 7 fr. 50 par exemplaire commandé ou 15 fr. pour les
numéros spéciaux : 114 - 258 - 274 - 280 -
284 - 292.

2. La Table générale des matières (analytique et alphabétique) publiées pendant les vingt premières années (N° 1 à 186)

Prix franco 25 francs

Tous les règlements doivent être effectués par chèque postal : 184.05 Toulouse, à l'exclusion de timbres et mandats. Nous nous réservons le droit de rembourser les commandes arrivées après épuisement du stock disponible.

GAZOGÈNES

S.E.V.

AU BOIS

COMME A L'ESSENCE

*Pas d'usure du moteur
Consommation d'huile normale
Départ instantané automatique*

S.E.V. - ISSY - SEINE

Le Gérant : L. LESTANG. T W 10250 - 21 juin 1943.

SÉRIES de TIMBRES

provenant

d'ŒUVRES et d'ÉCHANGES

FORTE REMISE



ÉCRIRE :

Ab. DENIS

LA COQUILLE (Dordogne)

R. C. Seine 3.541

Imp. Régionale, Toulouse - I.C.O. 31-2658.

LA RADIO

manque

DE SPECIALISTES !

JEUNES GENS !...

Pour répondre aux besoins sans cesse grandissants de la Radio française en cadres spécialisés, nous conseillons vivement aux jeunes gens de **s'orienter délibérément** vers les carrières de la R. S. F.

AVIATION CIVILE ET MILITAIRE, INDUSTRIE, MARINE MARCHANDE ET MARINE NATIONALE, COLONIES, MINISTÈRES ET ADMINISTRATIONS

Ces carrières réaliseront les aspirations de la jeunesse moderne, puisqu'elles joignent à l'attrait du scientifique celui de travaux manuels importants.

PRÉPAREZ CES CARRIÈRES en suivant nos cours spécialisés

PAR CORRESPONDANCE

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

INSCRIPTIONS

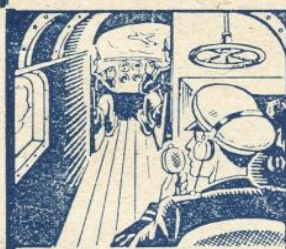
à toute époque de l'année.

TOUS NOS COURS COMPORTENT DES EXERCICES PRATIQUES À DOMICILE.

PLACEMENT

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

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



RADIO VOLANT



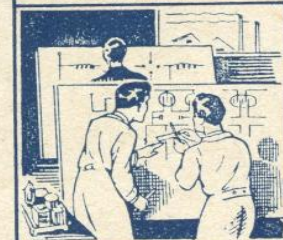
SOUS-INGENIEUR



CHEF-MONTEUR



MARINE MARCHANDE



INGENIEUR



DÉPANNÉUR

Demandez nos notices envoyées

gratuitement sur demande

ECOLE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE

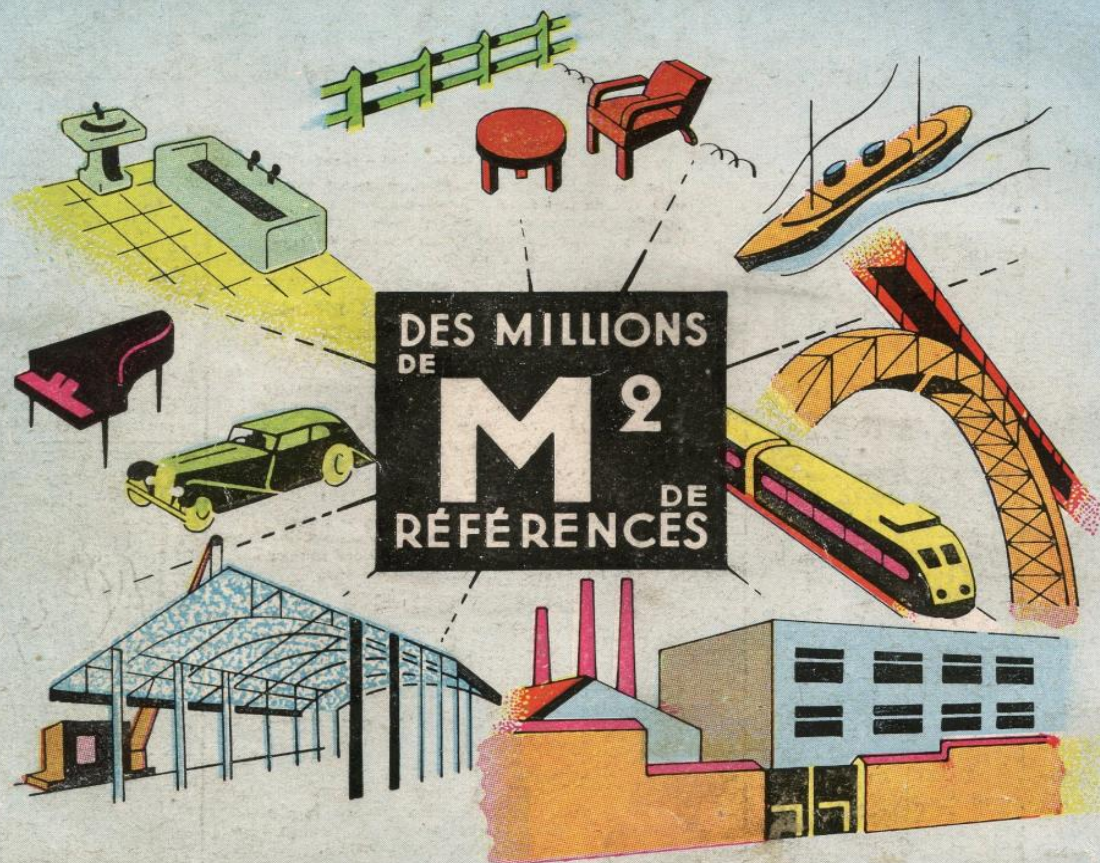
RUE DU MARÉCHAL LYAUTEY-VICHY (ALLIER)

Adresse de repli

Publicité R. DOMÉNACH M.C.S.P.

NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



TOUS LES PROBLÈMES DE PEINTURE

NITROLAC

98, ROUTE D'AUBERVILLIERS-ST DENIS (SEINE)-PLAINE+1655