

SCIENCE ET VIE

MAI 1945

N° 332

15 FRANCS



Revue
Bonne

VOTRE AVENIR est dans LA RADIO

Inscrivez-vous à nos
cours du JOUR, du SOIR
ou par CORRESPONDANCE



ECOLE CENTRALE DE T.S.F.

12, Rue de la Lune - Paris -

PUBLICITÉS RÉUNIES

COURS DE DESSIN ET DE PEINTURE

par correspondance



Depuis 34 ans, Marc SAUREL enseigne le dessin par correspondance. Il possède en cette matière une expérience très complète qui lui a permis d'inventer des méthodes entièrement nouvelles, jeunes et vivantes, adaptées à tous les genres de dessin, comme le démontre l'immense succès du **DESSIN FACILE**.

Pour les Adultes :

LE DESSIN FACILE Croquis, paysage, portrait, caricature, nu académique, perspective, anatomie, etc...

LA PEINTURE FACILE Techniques de l'aquarelle, de la gouache et de la peinture à l'huile.

Pour les Enfants de 6 à 12 ans :

"JE DESSINE" Petit Cours amusant et instructif en 10 leçons.

Autres Cours Techniques :

Dessin industriel - Dessin animé de cinéma - Dessin de mode - Affiche et publicité - Illustration pour livres et journaux - Dessin de lettres...

Demandez la brochure qui vous intéresse en joignant 6 Frs en timbres et le bon ci-contre

Bon SV54

LE DESSIN FACILE 11, Rue Keppler, Paris-16^e

"LA PHOTO FACILE"

95% des amateurs

se servent mal de leur appareil et se fient au hasard !

Demandez-nous aujourd'hui la magnifique brochure illustrée SV.55 que vous présente le nouveau Cours de Photographie par correspondance "LA PHOTO FACILE" établi par l'un des Maîtres de la photographie moderne, Lucien LORELLE, selon les célèbres méthodes de Marc SAUREL. Au lieu de gâcher votre temps et votre argent, vous deviendrez en quelques mois un excellent artiste de l'objectif capable de réussites dignes des meilleurs professionnels. Maître de son appareil et de sa technique la photographie connaît les mêmes joies inépuisables que le peintre et le dessinateur car la photo est un art qui est à votre portée.

Joindre 6 frs en timbres pour frais.

"LA PHOTO FACILE"

11, RUE KEPPLER, PARIS (16^e)

Les cours par correspondance

DE L'ÉCOLE UNIVERSELLE

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

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

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

- BROCHURE L. 57.702.** — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, etc.
- BROCHURE L. 57.707.** — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.
- BROCHURE L. 57.712.** — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.
- BROCHURE L. 57.718.** — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.
- BROCHURE L. 57.722.** — POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE : Administrations financières, P. T. T., Police, Ponts-et-Chaussées, Génie rural, etc...
- BROCHURE L. 57.726.** — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS. Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.
- BROCHURE L. 57.732.** — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.
- BROCHURE L. 57.737.** — COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc... Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.
- BROCHURE L. 57.742.** — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.
- BROCHURE L. 57.744.** — CARRIÈRES de l'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.
- BROCHURE L. 57.748.** — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc.
- BROCHURE L. 57.757.** — CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.
- BROCHURE L. 57.762.** — CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE (Pont, Machinés, Commissariat).
- BROCHURE L. 57.769.** — CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariats, bibliothèque, etc...)
- BROCHURE L. 57.773.** — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chants, Professorats.
- BROCHURE L. 57.777.** — ARTS DU DESSIN : Professorats, Métiers d'art, etc.
- BROCHURE L. 57.782.** — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc.
- BROCHURE L. 57.786.** — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.
- BROCHURE L. 57.791.** — CARRIÈRES DU CINÉMA.

ÉCOLE UNIVERSELLE
59, Boulevard Exelmans, PARIS

Apprenez l'ANGLAIS

C'est aujourd'hui plus que jamais votre devoir, à l'heure où la Victoire resserre encore davantage les liens qui nous unissent à nos Alliés et que nos relations d'amitié reconnues indispensables deviennent chaque jour de plus en plus étroites.

Apprenez l'anglais, c'est aussi votre intérêt, car bientôt, dans tous les domaines, commerce, tourisme, sport, politique, diplomatie, etc..., nous aurons besoin de l'anglais et celui qui ne saura pas cette langue sera terriblement handicapé.

Mais apprendre l'anglais c'est encore acquérir des joies nouvelles, d'abord celle de mieux connaître la vie anglaise, les grands journaux, les magnifiques magazines de Londres, d'écouter et de comprendre les concerts de la radio; enfin le plaisir de goûter dans la langue originale les bons films qui, « doublés », perdent la moitié de leur valeur.



Sachez maintenant que par la Méthode LINGUAPHONE quelques mois suffisent pour apprendre l'anglais. A

l'aide de disques et de livres par le son, par l'image et par le texte, cette méthode de réputation mondiale vous enseigne chez vous la langue parlée et la langue écrite. Votre accent est parfait et vous écrivez correctement après seulement quelques semaines; vous êtes très vite étonné de pouvoir vous débrouiller avec des Anglais ou des Américains.

La preuve... il vous suffit de nous demander notre brochure C. B. 5 qui vous donnera tous renseignements sur notre méthode (joindre 6 frs en timbres pour tous frais) ou mieux, si vous habitez Paris, venez à notre Institut, nous vous ferons une démonstration personnelle.

LINGUAPHONE

Service CB 5, 12, rue Lincoln (Champs-Élysées) PARIS

*N'importe qui peut apprendre
à **DESSINER**
...il suffit de savoir écrire*

PAS plus que l'écriture, le dessin n'est réservé à une élite, à des privilégiés.

Mais si vous saviez que par la simple utilisation des lignes que vous tracez en écrivant, vous devez pouvoir reproduire ce que vos yeux ont vu, vous ne résisteriez pas plus longtemps au désir que vous avez souvent manifesté de dessiner.

C'est en effet si simple : Les lignes que vous tracez ne sont-elles pas les mêmes que celles qui composent les lettres de l'alphabet les mêmes droites les mêmes courbes ? Il suffit de les voir.



Croquis où l'un de nos élèves affirme la sûreté de son trait

En somme, ce n'est qu'une question de méthode, et vous avez tout intérêt à connaître celle de l'Ecole A. B. C. qui vous permettra d'utiliser pour dessiner l'habileté graphique que vous avez acquise en écrivant.

A ce propos, la brochure que l'Ecole A. B. C. de dessin met gracieusement à votre disposition vous révélera que c'est dans les deux premières heures de vos études que vous apprendrez comment on dessine.

Deux heures : puis, avançant pas à pas, vous réaliserez chaque jour de nouveaux progrès avec plus de sûreté, avec une joie toujours plus grande. Après avoir pris comme modèles les objets, les décors qui vous sont familiers, vous reproduirez les traits, les attitudes de ceux qui vous sont chers et, de progrès en progrès, vous connaîtrez le bonheur de créer des œuvres où vous pourrez donner toute la mesure de votre personnalité.



BROCHURE ILLUSTRÉE — Demandez la brochure de renseignements C. B. 31 (joindre 6 frs en timbres pour tous frais). Spécifiez bien le cours qui vous intéresse : Cours pour Adultes ou Cours pour Enfants.

BON
pour la
brochure
C. B. 31

Cette brochure ne sera adressée qu'aux personnes ayant joint le bon ci-contre à leur demande.

ECOLE A. B. C. DE DESSIN
12, rue Lincoln (Champs-Élysées), PARIS



ÉCOLE TECHNIQUE
DE
RADIOÉLECTRICITÉ
DE
TOULOUSE

**LA RADIO
c'est L'AVENIR**

sans quitter vos occupations courantes

**SUIVEZ NOS COURS
PAR CORRESPONDANCE**

PRÉPARATION AUX CARRIÈRES CIVILES
MILITAIRES ET MARITIMES

TOUTES CES ÉTUDES PEUVENT ÊTRE
ENTREPRISES AVEC, A LA BASE, UNE
INSTRUCTION DE NIVEAU DU C. E. P.

Fournitures scolaires et chassis
d'études assurés gratuitement

La Direction et les Professeurs de l'Ecole ont continuellement enfreint les ordres de l'envahisseur pendant la période d'occupation, en enseignant toute la radio et l'émission, malgré les risques encourus.

*Renseignements gratuits
sur simple demande*

Devenez ...

REPORTER

Sportif
Théâtral
Cinématographique
Criminel
D'information
etc ..

ou CORRESPONDANT de PRESSE

En suivant sans quitter vos occupations habituelles les cours par correspondance de

l'ECOLE TECHNIQUE de REPORTAGE

2, rue du Salé — TOULOUSE

Renseignements gratuits sur demande

SCIENCE ET VIE

Tome LXVII - N° 332

Mai 1945

SOMMAIRE

- ★ Les bombes à réaction : V 1 et V 2, par Pierre Belleruche. 179
- ★ Le neutron, arme nouvelle contre le cancer ? par Maurice E. Nahmias 189
- ★ L'attaque aérienne et la paralysie des réseaux ferrés, par Camille Rougeron 195
- ★ De l'infiniment grand à l'infiniment petit : télescope et cyclotron géants, par N. 205
- ★ La bataille des ponts, par Charles Brachet 207
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor 217



La destruction systématique des voies de communication du continent, prélude à l'invasion, s'est poursuivie plusieurs mois avant le jour du débarquement. Dans l'attaque des gares de triage, des dépôts de locomotives, des convois en marche, le chasseur-bombardier a joué un rôle de premier plan. Défiant, grâce à sa vitesse, la chasse et la D.C.A. adverses, il arrosait ses objectifs des balles de ses mitrailleuses ou de ses canons, des obus-fusées et des bombes légères emportés sous ses ailes. La couverture du présent numéro montre un bimoteur De Havilland « Mosquito », type dérivé d'un chasseur à grand rayon d'action, armé ici de quatre mitrailleuses à l'avant, quatre canons sous le fuselage et huit obus-fusées accrochés à leurs rails de lancement sous l'aile. Son approvisionnement en carburant lui permettait d'effectuer des raids de plus de 3 000 km au cours desquels il emportait en outre des bombes légères ou lourdes, jusqu'à 1 800 kg. (Voir l'article sur l'attaque des voies ferrées page 195 de ce numéro.)

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

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « Science et Vie », Mai mil neuf cent quarante-cinq. Registre du Commerce : Toulouse 3235 B.

Abonnements : France et Colonies, un an : 150 francs. Chèque postal 184.05 Toulouse.

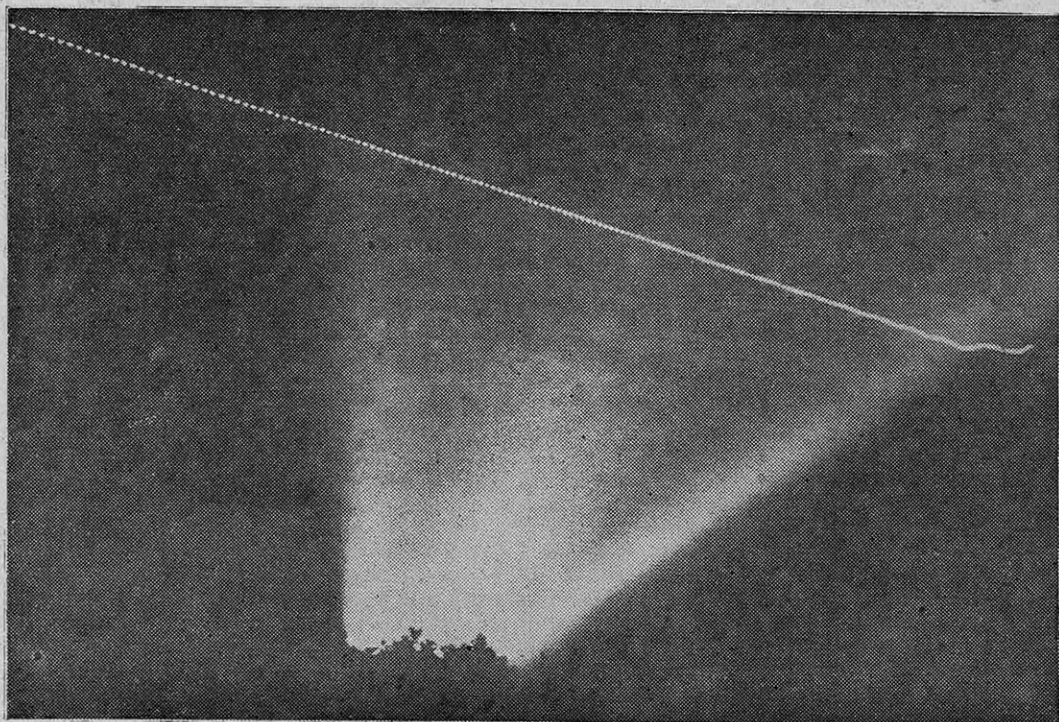


FIG. 1. — LE PASSAGE D'UNE V 1 DANS LE CIEL NOCTURNE DE LONDRES

La photographie enregistre les explosions successives du moteur à réaction de la V 1, explosions qui se succèdent à raison d'une cinquantaine par seconde. La trajectoire de l'engin apparaît ainsi sous l'aspect d'un trait pointillé. Le bruit du passage d'une V 1 a pu être comparé à celui d'une motocyclette.

LES BOMBES A RÉACTION : V 1 et V 2

par Pierre BELLEROCHÉ

L'année 1944 a vu un développement considérable de la propulsion par réaction, dont la grande révélation furent les bombes volantes V 1 et les bombes fusées autonomes V 2 (1). La V 1 est un véritable petit avion pesant trois tonnes et muni d'un propulseur à réaction rudimentaire et, par suite, de faible rendement. La V 2, au contraire, est une gigantesque fusée, pesant plus de treize tonnes, d'une construction infiniment plus perfectionnée. Au stade actuel de leur développement, la précision de l'un et de l'autre engin est faible, et de ce fait leur valeur militaire est encore douteuse. Mais nous ne sommes sans doute qu'au premier stade de la création d'un matériel nouveau fondé sur un principe différent de ceux des armes de guerre aujourd'hui classiques qu'une longue évolution a amenées à leur état actuel de perfection apparente; les dommages qu'ils ont causés ces derniers mois laissent supposer qu'ils pourront devenir, dans un avenir proche, des armes redoutables.

DANS la nuit du 12 au 13 juin 1944, les guetteurs de la côte du Kent aperçurent le premier engin traversant le ciel avec un bruit de moteur à deux temps de motocyclette : c'était l'apparition de la V 1, la première des 5 394 qui devaient franchir la côte

d'Angleterre sur les 8 070 lancées dans la seule période du 13 juin au 31 août 1944.

Dans le même mois de juin 1944, une V 2 d'essais, lancée du centre allemand de Peenemünde (1) V est l'initiale du mot allemand « Verteilungswaffe », arme de représailles.

münde, sur la côte Baltique, tombait intacte en Suède, à Kalmar. Après de délicates négociations, le Gouvernement suédois consentit à ce que le Gouvernement britannique en prit secrètement livraison, ce qui fut fait en août 1944 par un avion de transport Douglas C 47 « Dakota », après un hasardeux voyage au-dessus de la Norvège occupée.

Ce n'est que le 8 septembre que la première V 2 tomba sur Londres, et le 27 octobre 1944 sur Anvers. Les dernières V 2 tombèrent le 27 mars sur Londres et le 28 mars 1945 sur Anvers.

La V 1 utilise comme source d'énergie la combustion du mélange air-essence. Sa trajectoire est donc limitée aux basses et moyennes altitudes,

C'est ainsi que, pour faire décoller verticalement une V 2 du poids de 13 500 kg, avec une éjection de gaz à 3 300 m/s, il faut exercer une force verticale ascendante au moins égale au poids, c'est-à-dire par la combustion de 4,1 kilogrammes-masse de mélange, soit 40,25 kilogrammes-poids.

La vitesse obtenue dépend essentiellement de l'énergie dégagée au cours de la combustion. Le tableau I donne les vitesses théoriques qui résulteraient d'une utilisation intégrale de l'énergie cinétique des gaz brûlés, et les vitesses pratiques, telles qu'on peut les obtenir dans le cas d'une très faible durée de combustion, où l'on n'a pas à s'inquiéter de la résistance

Réaction.	Vitesse théoriques en m/s.	Vitesse pratique en m/s au rendement thermique de	
		80 %	60 %
Poudre B	2 400	2 150	1 860
Air + essence	2 200	1 970	1 700
Oxygène + essence	4 450	3 980	3 450
Oxygène + alcool	4 180	3 740	3 230
Oxygène + hydrogène	5 170	4 630	4 000

TABLEAU I

VITESSE D'ÉJECTION DES GAZ DANS LA PROPULSION PAR RÉACTION

La vitesse théorique d'éjection des gaz brûlés s'obtient en exprimant que leur énergie chimique se transforme en énergie cinétique au rendement 100 %. Mais, même si l'on effectue la combustion dans un récipient parfaitement calorifugé et parfaitement résistant à la chaleur, cette transformation supporte des pertes inévitables (perte par chaleur restante en fin de détente adiabatique, pertes de charge, etc.). Aussi le meilleur des rendements qu'on puisse atteindre dans le cas des durées de fonctionnement très courtes est-il de l'ordre de 80 %; la tuyère, à ce régime, est brûlée en quelques secondes; mais cela n'a pas d'autre inconvénient. Si, au contraire, on envisage une durée de fonctionnement de quelques minutes (cas de la V 2) ou de quelques dizaines de minutes (cas de la V 1), il faut organiser la machine thermique pour une résistance en régime quasi continu; il faut donc accepter des pressions plus faibles, un refroidissement, etc., toutes sujétions qui réduisent fortement le rendement thermique. Et encore doit-on faire les plus expresses réserves sur la possibilité d'atteindre un tel rendement de 60 % dans les réactions où entre l'hydrogène, à très grand pouvoir calorifique. Bien entendu, les chiffres de 80 % et 60 % ne s'appliquent qu'au « rendement thermique », c'est-à-dire au rapport de l'énergie cinétique des gaz brûlés à l'énergie calorifique mise en jeu par la réaction. Le rendement global est le produit de ce rendement thermique par un « rendement de propulsion », rapport du travail utile de propulsion à l'énergie cinétique des gaz brûlés, qui dépend du rapport de la vitesse d'éjection des gaz à la vitesse de l'engin propulsé.

où elle trouve l'air ambiant servant de comburant à une densité suffisante. Sa puissance baisse en altitude, comme celle des moteurs à explosion non suralimentés. Elle ne suffirait pas, aux grandes altitudes, à assurer sa sustentation.

La V 2 utilise, au contraire de la V 1, le mélange alcool-oxygène liquide. Emporçant carburant et comburant, elle peut donc naviguer dans le vide de la stratosphère avec une puissance pratiquement constante et même légèrement croissante avec l'altitude, puisque, l'échappement se faisant à une pression de plus en plus faible, l'énergie disponible dans la tuyère augmente.

Le principe de la propulsion par réaction

Le principe du fonctionnement est le même dans les deux cas. L'éjection d'une certaine masse de gaz par seconde produit une force de propulsion égale au produit de cette masse par la vitesse d'éjection.

des tuyères à la chaleur, et dans le cas d'une durée de combustion de plusieurs minutes, où il est indispensable d'accepter une pression de fonctionnement plus faible et de prévoir un refroidissement, qui permettent aux organes en contact avec les gaz chauds de résister à la fois à la température et à la pression.

La V 1

Cet engin est parfaitement connu. De nombreux exemplaires à peu près intacts ont pu être examinés par les divers services techniques de Grande-Bretagne, de France, de Belgique et même par les civils qui les ont signalés. On sait en particulier qu'une V 1 en excellent état a été expédiée en Amérique, où elle a servi à une copie actuellement construite en grande série par Ford et dont il est probable que les sujets du Mikado pourront apprécier bientôt la puissance.

La V 1 est un véritable petit avion sans pilote avec les organes habituels de sustentation et de direction.

L'aile monolongeron a pour ossature résistante un tube en acier traversant le fuselage, des nervures en acier évidé; elle est recouverte par une tôle en acier, soudée par points. La construction est extrêmement ingénieuse; le recouvrement de l'avant est soudé sur la moitié des nervures; le recouvrement arrière sur l'autre moitié; l'ensemble est mis en place et enfilé sur le longeron tubulaire. L'aile est parfaitement lisse, avec joints bout à bout, sans aucune saillie.

Le fuselage comprend, de l'avant à l'arrière :

- un contact électrique provoquant le fonctionnement du détonateur de la charge explosive,

- une petite hélice entraînée par le vent relatif et servant à régler la portée,

- un nez en alliage léger abritant le compas magnétique,

- la charge explosive avec son amorçage et deux autres fusées,

- le réservoir à combustible.

- le compartiment des bouteilles à air comprimé nécessaires pour alimenter les auxiliaires : gyroscopes, pompes à essence, etc.,

- le compartiment du pilote automatique.

L'hélice de réglage tourne à une vitesse sensiblement proportionnelle à la vitesse de la bombe; le nombre de tours qu'elle effectue permet donc un réglage assez précis de l'arrêt du moteur à la portée désirée.

Elle libère, de plus, les sécurités des fusées après 15 000 tours, lorsque l'explosion de la bombe n'est plus dangereuse pour le personnel employé au lancement.

On inscrit pratiquement sur le compte-tours logé dans le compartiment du pilote automatique le nombre de tours que doit effectuer l'hélice avant la chute de l'engin; lorsque ce nombre est atteint, l'alimentation en essence des brûleurs est coupée, le gyropilote mis hors d'action, en même temps que deux pastilles explosives libèrent des volets dissymétriques sous le plan stabilisateur de queue. La V 1 se met alors en « vrille ».

Le contact électrique avant provoque, comme une fusée instantanée, l'explosion de la charge avant qu'elle ait pénétré dans le sol ou même qu'elle se soit écrasée sur le sol. L'explosion donne donc, comme celle de toutes les bombes soufflantes, un effet de souffle puissant, presque sans entonnoir. Les deux fusées portées par la charge explosive elle-même sont destinées à parer à un raté du contact avant; l'une est une fusée mécanique ordinaire, l'autre une fusée à mouvement d'horlogerie.

En outre, un contact électrique est prévu à la partie inférieure de l'appareil pour que soit actionné le détonateur central de la charge explosive en cas d'atterrissage de l'engin « sur le ventre ».

La charge ne contient pas, semble-t-il, un de ces explosifs extraordinaires dont la puissance servait de thème de propagande, mais simplement l'explosif d'emploi courant dans les bombes allemandes.

Le réservoir à combustible contient de l'essence; sa capacité, variable avec la portée, est comprise entre 450 et 750 litres.

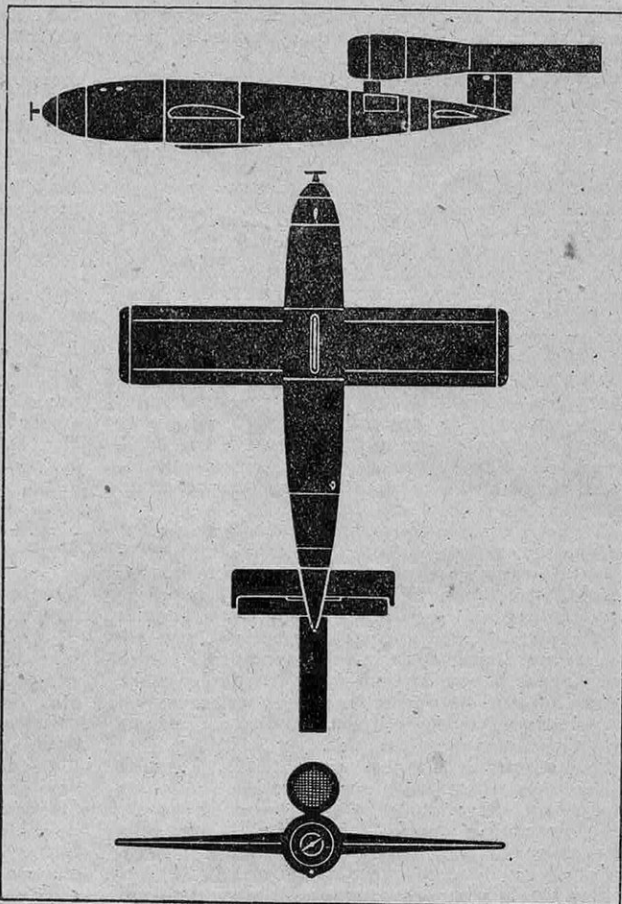


FIG. 2. — SILHOUETTES DE LA V 1 : DE PROFIL, EN PLAN (VUE PAR LA FACE INFÉRIEURE) ET DE FACE

Sur l'arrière du réservoir se trouvent les bouteilles à air comprimé, d'un type qui n'avait pas été réalisé jusqu'ici. Le corps est sphérique et fretté par un fil d'acier dit « corde à piano ». L'avantage de cette construction est le suivant : les alliages légers des derniers types, genre « alumag » (alliage d'aluminium avec 5 à 10 % de magnésium) permettent la construction de réservoirs sous pression un peu plus légers que les réservoirs en acier spécial. La limite de rupture des plus durs de ces alliages dépasse en effet nettement les 60 kg/mm²; d'autre part, leur densité est assez inférieure à celle des alliages genre « dural » par suite du remplacement du cuivre par le magnésium. Toutefois dans une bouteille en alliage léger, le corps cylindrique est mal adapté pour résister à l'effort d'ouverture suivant une génératrice du cylindre. C'est là qu'intervient le fretage en « corde à piano » qui permet de résister à cet effort avec un poids moindre que si l'on demandait ce supplément de résistance à une épaisseur double de métal du réservoir.

En effet, la plus grande résistance à la traction est obtenue par de l'acier au carbone, de nuance très dure, auquel le tréfilage à froid sous forme de « corde à piano » donne une résistance à la rupture de plus de 200 kg/mm². Aussi la bouteille cylindrique en alliage léger

avec frettage en corde à piano est-elle couramment employée, dans l'aviation notamment, pour les réservoirs sous pression.

Le réservoir sphérique présente un avantage théorique incontestable sur le réservoir cylindrique, la sphère étant la forme qui demande le poids de métal minimum pour loger un volume d'air donné. Le perfectionnement à lui apporter est un frettage dans tous les sens suivant les grands cercles au moyen de « corde à piano ».

Dans le cas de la V I, on a d'ailleurs préféré aux alliages légers une construction en deux hémisphères de tôle mince d'acier doux soudable. Chaque réservoir a un diamètre de 56 cm, son poids, vide, est de 50,5 kg; plein, de 64,5 kg. La pression de service est de 150 kg/cm²; la plaque d'épreuve des réservoirs récupérés indique l'essai à une pression supérieure de moitié, soit 225 kg/cm², comme il est réglementaire pour les récipients à gaz comprimé. A l'expérimentation, en Grande-Bretagne, un réservoir récupéré a pu supporter un essai hydraulique, à 250 kg/cm².

Sur l'arrière des réservoirs à air, dans le compartiment extrême arrière, se trouve un gyropilote du type classique; il comporte une double liaison, pneumatique et électrique, avec le compas magnétique. Trois gyroscopes participent à la direction : le gyroscope principal, qui est bloqué au départ dans le sens « montée », entre en service à une altitude prédéterminée grâce à une capsule barométrique; deux autres gyroscopes servent à l'amortissement des oscillations que provoquerait le premier.

La commande du cap est obtenue, à partir du compas magnétique, par deux électroaimants qui créent sur la cage intermédiaire du gyroscope un couple qui le fait précessionner dans le sens voulu pour corriger la déviation de cap qu'a décelé le compas magnétique. Le gyroscope agit alors sur les commandes pneumatiques qui actionnent elles-mêmes le gouvernail de direction.

Le maintien de l'altitude choisie pour la navigation, qui est d'habitude de 600 m, mais qui peut varier entre 0 et 3 000 m, est assuré par un altimètre; il agit sur les gouvernes de profondeur par l'intermédiaire du gyroscope princi-

pal, suivant un principe analogue à celui du compas magnétique pour le maintien du cap. Un index sur un cadran extérieur permet de marquer l'altitude choisie.

Le moteur à réaction de la VI

C'est une sorte de grand cylindre horizontal, sans piston ni bielle, de 60 cm de diamètre et mesurant 3 m 30 de longueur, couché dans l'axe de la marche, ouvert à l'arrière, et fermé à l'avant par des volets de persienne mobiles.

Ces volets de persienne frontaux s'ouvrent sous l'action du vent relatif et jouent le rôle de soupape d'admission pour l'air frais et le balayage du cylindre. L'essence est injectée en permanence. Elle s'allume au contact des parois du propulseur portées au rouge par les explosions précédentes. Lors de l'explosion, les volets se ferment sous l'effet de la pression des gaz. Ceux-ci s'évacuent vers l'arrière. Lorsque la pression est tombée dans le cylindre, les volets s'ouvrent à nouveau sous l'action du vent relatif et laissent pénétrer l'air frais de balayage. Une nouvelle explosion s'ensuit, et ainsi de suite à raison de 45 impulsions environ par seconde.

Les volets de persienne fonctionnent donc alternativement 45 fois par seconde comme surface de poussée et comme soupape de balayage et d'admission. En fait, les choses ne se passent pas aussi simplement, et le phénomène explosif évolue le long du cylindre qui mesure plus de 3 mètres de longueur.

Les volets de persienne comportent 126 lames doubles. Derrière les volets, il y a 9 injecteurs d'essence en trois étages, et le cylindre est dessiné intérieurement en deux venturis : un divergent qui transforme en pression la vitesse de l'air à l'entrée et un convergent qui transforme en vitesse la pression des gaz dans la chambre de combustion.

Trois buses à air comprimé, connectées à un réservoir extérieur sur l'emplacement de lancement, sont placées immédiatement au-dessus de la rangée supérieure des injecteurs. Elles sont utilisées pour faire partir le moteur avant le lancement. Une bougie spéciale commande alors l'allumage au départ.

Il n'y a ni turbine, ni compresseur, et la seule compression qui s'effectue est celle due au vent relatif, à par exemple 550 km/heure, c'est-à-dire que cette compression ne peut dépasser une atmosphère et quelques dixièmes.

Quand la masse des gaz de combustion progresse vers l'arrière du cylindre, une dépression tend à se créer graduellement derrière les volets. Quand cette dépression a atteint une certaine valeur, les volets sont obligés de s'ouvrir, aidés par la poussée de l'air extérieur, et un nouveau contingent d'air pénètre dans la chambre à combustion. Cette masse brûle immédiatement, produisant une haute pression qui ferme les volets. La masse des gaz brûlés s'engouffre vers l'arrière du cylindre, amenant une nou-



FIG. 3. — L'AUTOPSIE D'UNE V I ABATTUE PAR LES OBUS-FUSÉES DE LA D. C. A. BRITANNIQUE

velle masse d'air frais derrière elle, et ainsi de suite.

L'analogie avec un cylindre de moteur à deux temps est évidente.

La résonance du tube commande la cadence des explosions

Toutefois, la combustion dans la partie arrière du cylindre est pratiquement continue et les injecteurs de pétrole débitent en permanence. La fréquence des explosions est déterminée par celle de « résonance » du tube, et le temps d'un cycle sera égal à deux fois la longueur du tube, divisées par la vitesse du son à la température des gaz chauds. En divisant le double de la longueur (6,60 m) par 1 100 m/s, on obtient un chiffre de 0,02 seconde (50 explosions par seconde), ce qui correspond au temps du cycle.

La très faible compression initiale du gaz, qui n'est due qu'à la transformation de la vitesse en pression dans l'ajutage divergent d'entrée, permet d'utiliser une essence à faible nombre d'octane. Mais elle explique en partie le très faible rendement thermique de ce moteur. Il développe une poussée d'environ 280 kg à une vitesse de 550 km/h. Dans ces conditions, il donne une puissance de 575 ch, équivalant à environ 725 ch d'un moteur à pistons ordinaire travaillant sur hélice. Sa consommation en essence est d'environ 27 litres à la minute. On peut avoir une idée exacte du faible rendement global de ce moteur, monocylindrique à impulsion par réaction, lorsqu'on considère que sa consommation d'essence au kilomètre équivaut à peu près à celle d'un bombardier Avro « Lancaster » avec tout son chargement (25 t) et dont les moteurs développent quelque 6 000 ch au lieu de 575. Mais une grande partie de ce faible résultat tient au mauvais rendement propulsif de la réaction à des vitesses aussi faibles que 500 ou 600 km/heure.

Les rampes de lancement

Le lancement se fait sur une piste inclinée à 10° environ et demande une cinquantaine de mètres de longueur. L'accélération du catapultage est d'environ 10 g. La rampe est formée de blocs métalliques juxtaposés creusés d'un tube qui en fait une sorte de canon pneumatique. Le piston, à double tête, a environ 25 cm de diamètre; il entraîne la bombe par un ergot passant à travers la génératrice supérieure du tube, ouverte, qui laisserait donc fuir l'air d'une manière continue si une longue baguette métallique de même longueur que le tube et passant dans des trous ménagés à cet effet dans le piston ne venait, derrière ce piston, s'appliquer sur la fente et l'obturer, assez imparfaitement d'ailleurs.

Les gaz sous pression qui poussent le piston sont un mélange de vapeur d'eau et d'oxygène débités par un générateur fixe à permanganate et eau oxygénée, du genre de celui qui est décrit plus loin à propos de la V 2.

Une rampe peut débiter un projectile toutes les cinquante minutes.

Un certain nombre de bombes V 1, une sur 20 ou 25, sont munies d'un radioémetteur qui sert au réglage, soit en indiquant simplement la durée exacte du trajet, soit, par radiogoniométrie, en donnant la position de la bombe

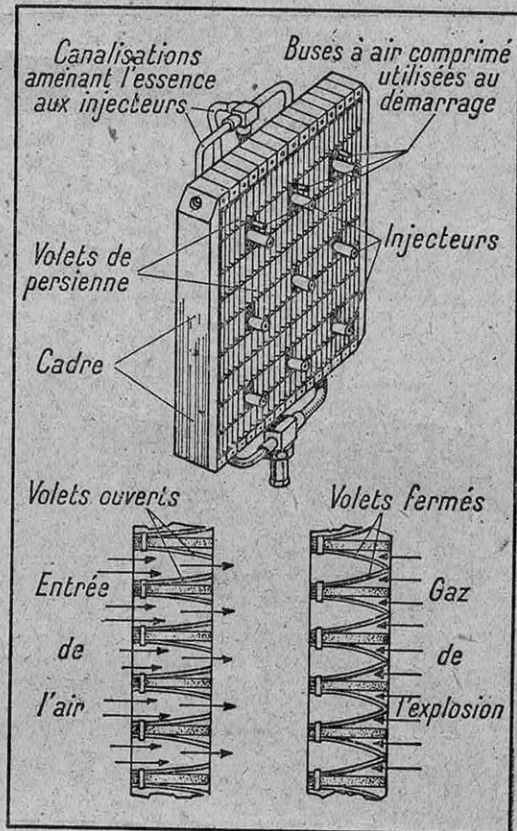


FIG. 4. — CROQUIS SCHÉMATIQUE DES INJECTEURS D'ESSENCE DU MOTEUR A RÉACTION DE LA V 1 ET DU FONCTIONNEMENT DES VOILETS DE PERSIENNE

à chaque instant. On peut alors faire les corrections nécessaires sur les bombes suivantes.

La défense contre les V 1

Le Haut Commandement allié avait eu connaissance, dès 1943, des préparatifs allemands. Des informations de source neutre, des photographies d'un engin inédit tombé en territoire danois, et surtout les photographies aériennes de la station d'essai allemande de Peenemünde, sur la mer Baltique, centre d'études des projectiles-fusées, avaient révélé les travaux de mise au point d'une nouvelle « arme secrète »; sur la nature de laquelle on était à peu près fixé. La mise en chantier de rampes de lancement en béton armé sur les côtes de la Manche, près de Dieppe, Calais, Boulogne, en direction de Londres, près de Cherbourg en direction de Bristol, Portsmouth et Southampton (ces dernières n'étaient pas terminées lorsque les alliés s'emparèrent du Cotentin) confirma l'imminence du péril. Dans la nuit du 17 au 18 août 1943 les bombardiers lourds déversèrent 2 000 tonnes de bombes sur Peenemünde. Cette expédition préventive coûta la perte de 41 appareils. Par la suite, les usines de montage de V 1 de la banlieue de Vienne, les centres de stockage des engins terminés et les chantiers de la côte française subirent des attaques aériennes répétées qui eurent certainement pour effet de retarder

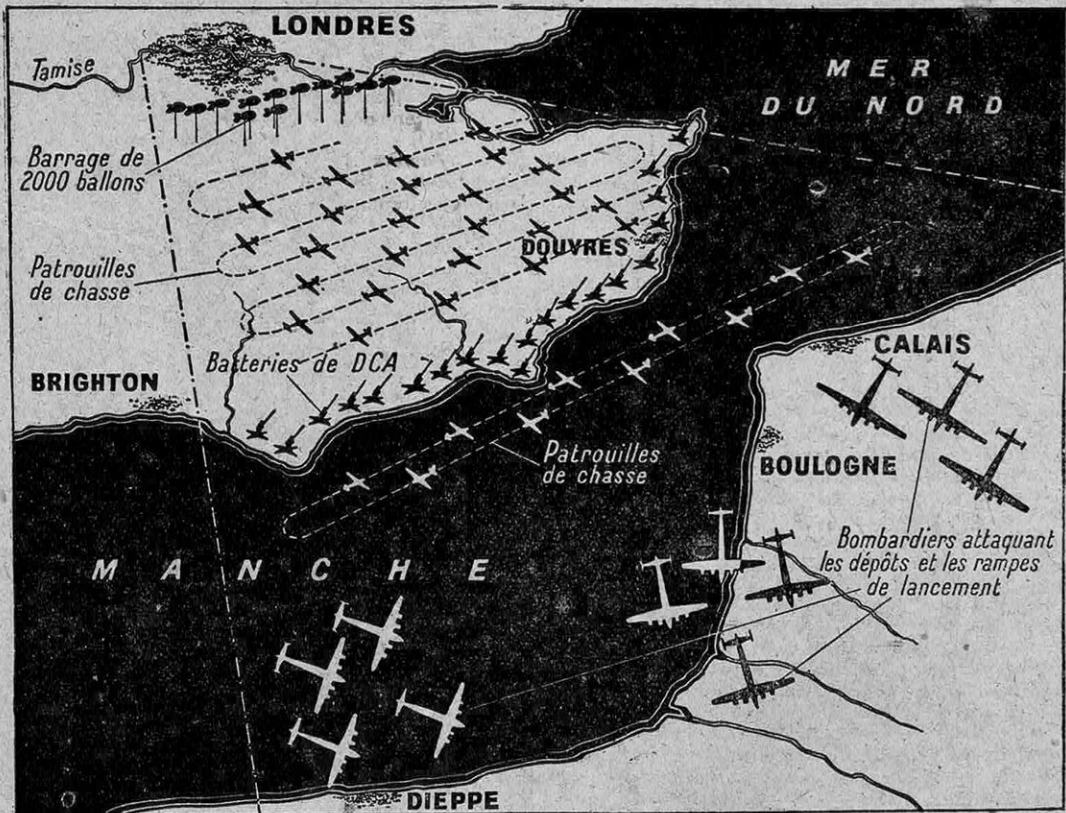


FIG. 5. — SCHÉMA DE L'ORGANISATION DE LA DÉFENSE DE LONDRES CONTRE LES V 1

Les rampes de lancement des V 1 se trouvaient réparties le long des côtes françaises entre Dieppe et Dunkerque; c'est pourquoi la défense britannique se concentra dans le vaste triangle ayant la ligne Dieppe-Dunkerque pour base et Londres pour sommet. Jour et nuit, d'importantes formations de bombardiers légers et lourds attaquaient les emplacements repérés des rampes de lancement des avions-fusées, ainsi que les dépôts et les voies de communication. Au-dessus de la Manche croisaient incessamment des patrouilles de chasseurs de jour (North American P-51 « Mustang » et Hawker « Tempest » et « Typhoon ») et de nuit (De Havilland « Mosquito »). Puis venait, le long de la côte britannique, une formidable concentration de batteries de D.C.A. légère et lourde, comprenant de nombreuses pièces pour le lancement d'obus-fusées. Au-dessus du territoire au sud de Londres, les chasseurs effectuaient leur ronde continue, aidés la nuit par de multiples projecteurs. Enfin, immédiatement aux abords de l'agglomération londonienne, était tendu un vaste rideau de plus de 2 000 ballons.

der de plusieurs mois la mise en action de la bombe volante.

Les méthodes de défense de l'agglomération londonienne contre le nouvel engin avaient été prévues dans leurs grandes lignes dès avant le 12 juin 1944, mais les lignes de ballons n'étaient pas en place. La défense entra en jeu en 48 heures. L'orientation des rampes de lancement fixes permettant dans une certaine mesure de prévoir les trajets des bombes volantes, on massa sur leur passage les barrages de ballons, la D. C. A. et les patrouilles de chasseurs de jour et de nuit. D'autre part, les escadres de bombardiers lourds, Boeing B-17 « Forteresse volante », Consolidated « Liberator », Avro « Lancaster », Handley-Page « Halifax », attaquèrent sans relâche les sites où se trouvaient les rampes de lancement. 450 appareils y furent perdus, mais une centaine de rampes furent détruites. Les barrages de ballons, normalement limités à 500 m, furent étendus jusqu'à 2 000 m. Plus de 2 000 ballons y furent rassemblés. La D. C. A. disposée en bordure de la côte, groupa des milliers de pièces de tous calibres. En une seule journée, 800 canons

lourds et 2 000 canons légers tirèrent jusqu'à 69 000 projectiles. Seuls les chasseurs dont la vitesse en vol horizontal était suffisante pour rattraper les V 1 (North American P 51 « Mustang », Hawker « Typhoon » et Hawker « Tempest »), purent être utilisés et encore ils durent mettre au point de nouvelles méthodes d'attaque. De beaucoup la plus courante, était l'attaque par les armes de bord après un piqué de quelques 1 000 m, destiné à acquérir un excédent de vitesse. Une nouvelle tactique fut inaugurée : le pilote s'efforçait de voler parallèlement à la V 1, de manière à engager l'extrémité de l'aile de son appareil sous celle de la bombe; en la relevant brusquement, il faisait ainsi basculer la V 1, ce qui déséquilibrait le gyropilote, et la bombe-fusée s'écrasait au sol. Le capitaine français Jean Maridor abattit ainsi onze bombes volantes; à la dernière, la V 1 explosa et il fut tué.

Un certain nombre de V 1 furent abattues par les nouveaux chasseurs bimoteurs propulsés par réaction, Gloster « Meteor ». Leur première victoire fut acquise le 4 août.

Le bombardement par V 1 se poursuivit du

12 juin—au 31 août. A partir de cette date, les lancers systématiques par rampes cessèrent, et les quelques V 1 signalées par la suite furent lâchées au-dessus de la Mer du Nord par des bimoteurs Heinkel III qui emportaient la V 1 sur le dos du fuselage. La cadence moyenne des lancements sur Londres tomba alors de 100 par jour à 50 et même 40 par jour à la fin de 1944.

Le nombre des objectifs militaires touchés fut infime, mais les dommages aux habitations privées furent considérables. Au cours de ces 80 premiers jours, 24 491 maisons furent détruites, 52 293 rendues inhabitables, 950 395 endommagées. Le nombre des victimes s'éleva à 5 864 morts, 17 197 blessés graves, 23 174 blessés légers pour un total de 8 070 bombes lancées, dont 2 400 environ atteignirent Londres et ses environs.

On estime qu'en moyenne 25 % des V 1 tombèrent à l'eau dans la Manche ou s'égarèrent, 46 % furent abattues par les défenseurs (24 % par les chasseurs, 17 % par la D.C.A., 5 % par les ballons de barrage) et 29 % atteignirent l'agglomération londonienne. Aucune estimation n'a été faite du nombre des bombes volantes détruites par bombardement des sites

de lancement, mais il est certainement considérable.

Pour Anvers, les bombardements par V 1 commencèrent en octobre 1944 et durèrent jusqu'à la fin de mars à une cadence variant de 65 par jour en décembre 1944 à 45 par jour en mars 1945.

Sur Anvers, furent lancées 4 883 V 1 entre le 28 octobre 1944 et le 30 mars 1945 (154 jours), soit une trentaine par jour en moyenne, dont 211, soit 4 % seulement, tombèrent sur le port.

Sur ce chiffre, 2 183 furent abattues par la D.C.A. Le recul n'était pas suffisant pour l'emploi de la chasse, et toute la défense fut concentrée dans la D.C.A., une D.C.A. formidable qui mettait en action 22 000 canonnières.

La proportion de V 1 abattues autour d'Anvers a donc atteint 45 %.

De même, sur Londres, le taux des V 1 abattues fut de 46 % (chasse et D.C.A.).

Bien que le rendement de l'arme ne fût, en définitive, sur Londres comme sur Anvers, que de 55 %, les bombes volantes ont eu des effets plus graves que les bombardements d'avions de 1940-1941, en raison de la régularité et de la continuité de l'arrosage.

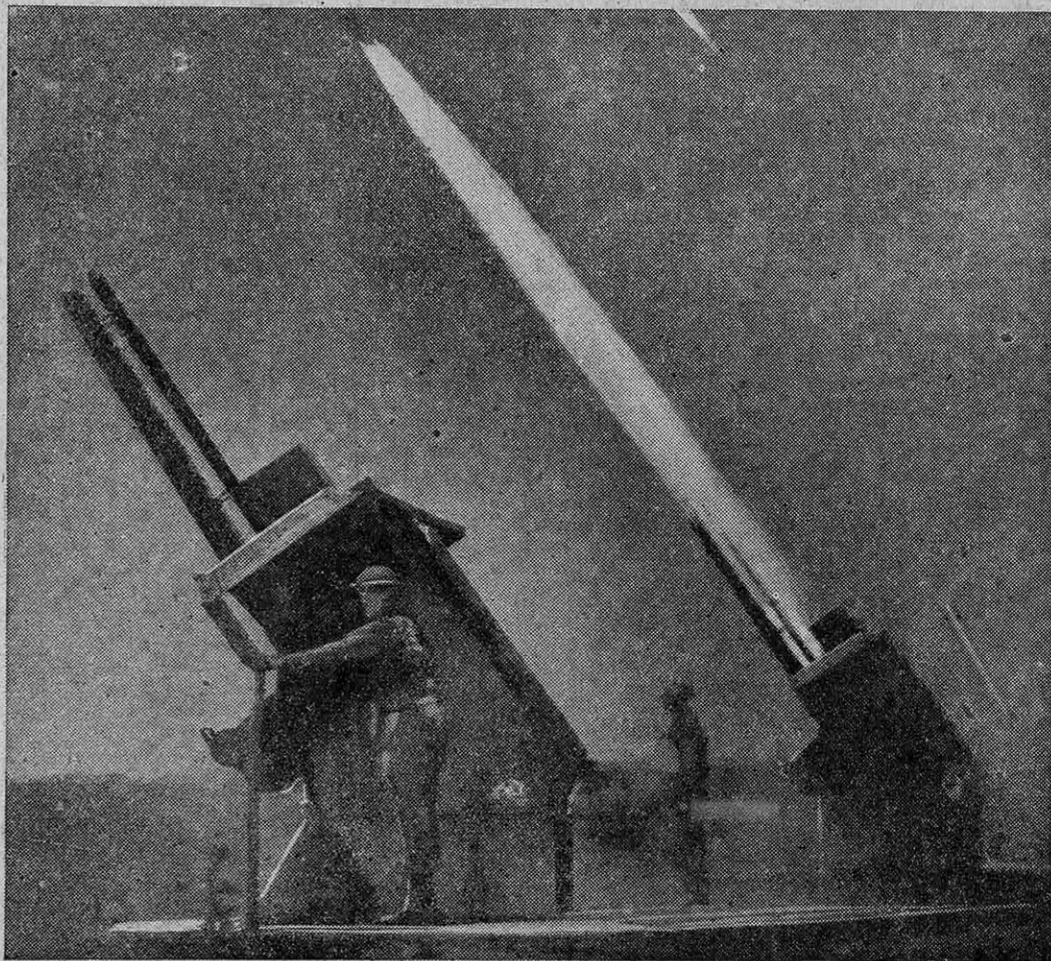
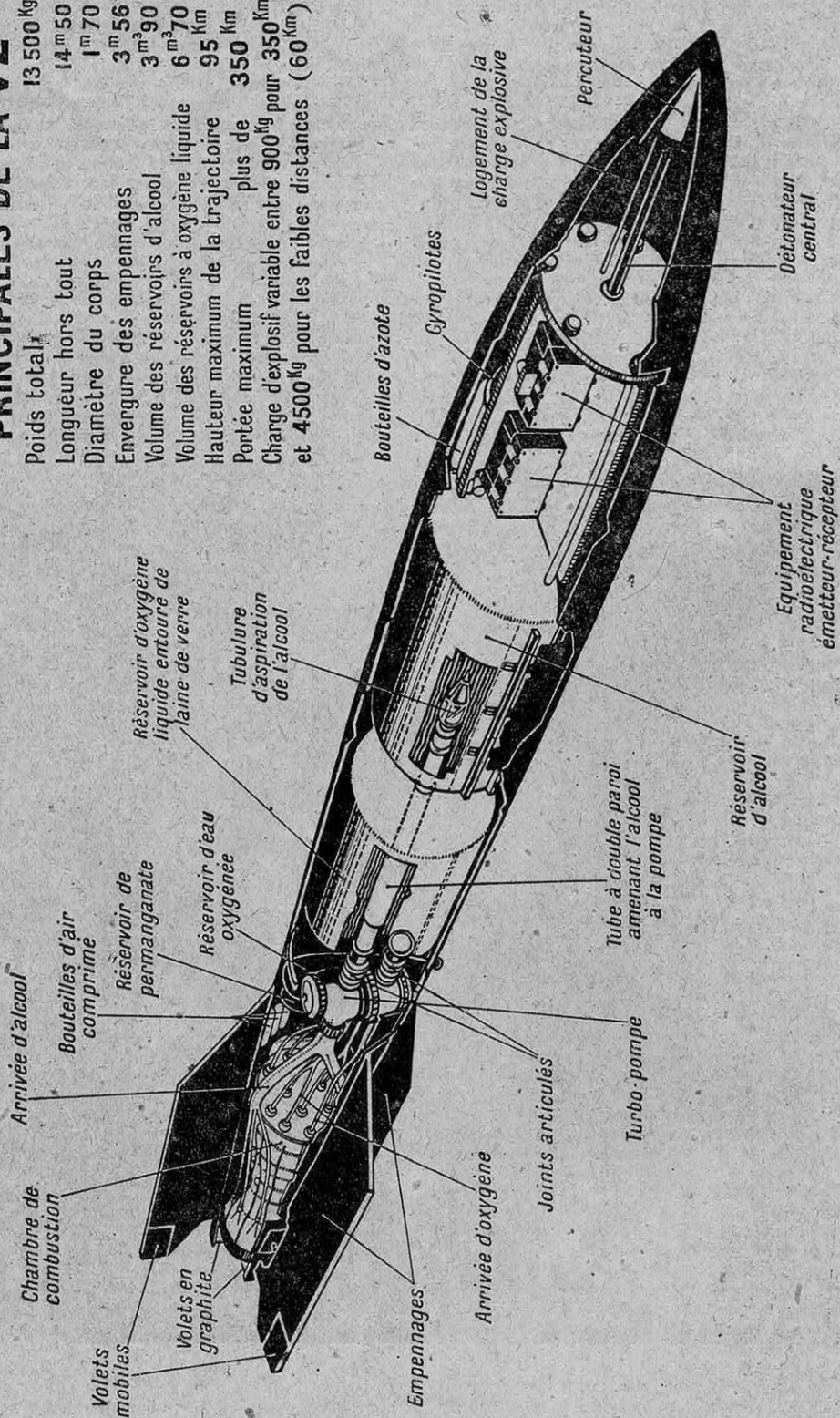


FIG. 6. — UNE BATTERIE DE LA D. C. A. BRITANNIQUE TIRE A OBUS-FUSÉES CONTRE LES V 1 DANS LA BANLIEUE DE LONDRES

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DE LA V2

Poids total	13 500 Kg
Longueur hors tout	14 ^m 50
Diamètre du corps	1 ^m 70
Envergure des empennages	3 ^m 56
Volume des réservoirs d'alcool	3 ^m 90
Volume des réservoirs à oxygène liquide	6 ^m 70
Hauteur maximum de la trajectoire	95 Km
Portée maximum plus de	350 Km
Charge d'explosif variable entre	900 Kg pour 350 Km
et 4500 Kg pour les faibles distances	(60 Km)



Si la libération des côtes de France et de Belgique n'avait pas coïncidé avec l'entrée en service de cette arme nouvelle et rapidement éliminé les sites de lancement, les V 1 auraient pu retarder de plusieurs mois la victoire alliée.

La V 2

La V 2 est un véritable projectile autopropulsé, sans voile. Elle est de construction beaucoup plus coûteuse que la V 1.

La V 2 comporte, de l'avant à l'arrière :

- la charge d'explosif,
- le compartiment des appareils radioélectriques et du gyropilote,
- le réservoir d'alcool,
- le réservoir d'oxygène liquide,
- le compartiment des auxiliaires,
- la chambre de combustion et la tuyère d'éjection,
- l'empennage et les gouvernes.

Le corps contenant l'explosif est en acier moyennement épais, 5 mm environ, et peut donc donner à volonté, en raison de sa résistance, l'explosion instantanée avec effet du souffle pur, et l'explosion retardée après pénétration dans l'obstacle. Ce deuxième mode de fonctionnement permet d'atteindre le personnel abrité, mais les dégâts sont en moyenne beaucoup moins importants que dans l'explosion avec fusée instantanée. Aussi, malgré leur forte charge, M. Churchill avait signalé dans sa déclaration à l'entrée en service des V 2, qu'elles avaient un effet destructeur nettement inférieur à celui des V 1.

Le compartiment des appareils radioélectriques est en dural de 2 mm.

Le compartiment des réservoirs est de beaucoup le plus long, puisqu'il doit loger environ 5 tonnes d'oxygène et 3 tonnes d'alcool.

Le compartiment des auxiliaires contient les pompes nécessaires à l'injection d'alcool et d'oxygène dans la chambre de combustion, et la turbine à vapeur qui les entraîne. La réalisation, particulièrement originale, est tout à fait remarquable.

Deux modes de construction peuvent être envisagés pour un projectile-fusée utilisant un combustible et un carburant liquide. Ou bien les réservoirs sont capables de supporter la pression de la chambre de combustion, et sont mis en pression, soit par de l'air comprimé, soit, dans le cas de l'oxygène liquide, par l'oxygène gazeux qui en provient; on peut alors se passer de tout auxiliaire. Ou bien les réservoirs sont de construction légère, et il est indispensable d'injecter sous pression combustible et

carburant, à l'aide de pompes. C'est cette dernière solution qui a été admise sur la V 2; le poids des réservoirs résistants pour près de 8 tonnes de comburant et de carburant eût été prohibitif.

La turbine à eau oxygénée-permanganate

Comment conduire ces pompes? La solution choisie a été la turbine à vapeur. Mais l'alimentation de cette turbine est réalisée d'une manière particulièrement originale, qui fait appel à la réaction de l'eau oxygénée sur le permanganate de calcium.

L'eau oxygénée donne, par décomposition spontanée sous diverses influences, lumière, catalyseurs, etc., de l'eau ordinaire et de l'oxygène. Le permanganate intervient dans les réactions chimiques comme un autre producteur d'oxygène.

La réaction de l'eau oxygénée et du permanganate est connue depuis très longtemps; elle a été étudiée d'une manière approfondie par Marcelin Berthelot il y a plus de trois quarts de siècle sous la forme du permanganate de potassium. C'est d'ailleurs la réaction classique de dosage de l'eau oxygénée avec une solution tirée de permanganate, ou inversement du permanganate avec une solution d'eau oxygénée.

Cette réaction appartient à une classe très générale de réactions données par l'eau oxygénée, qui provient de la facilité de décomposition catalytique, surtout en solution concentrée. Le catalyseur peut être très varié; le bioxyde de manganèse qui provient du permanganate est un des plus puissants. La réaction dégageant beaucoup de chaleur, l'eau se retrouve sous forme de vapeur à haute température et pression élevée, surtout si l'on emploie une solution concentrée d'eau oxygénée.

Un certain nombre de bombes V 2 ont été saisies en Allemagne; bien qu'on n'en connaisse pas encore la disposition exacte, il semble que le rendement maximum de la réaction consisterait à utiliser l'oxygène produit pour brûler de l'alcool, et fournir un supplément de vapeur d'eau. On aurait ainsi une chaudière à triple alimentation par un jet d'eau oxygénée, un jet de permanganate, un jet d'alcool, et peut-être même, comme sur les torpilles marines, avec une injection d'eau par un quatrième jet, pour réduire la température du mélange gaz-vapeur.

Mais pour la conduite d'un auxiliaire, on se sera contenté probablement d'une solution plus simple, ne cherchant pas à tirer le maximum de l'oxygène produit.

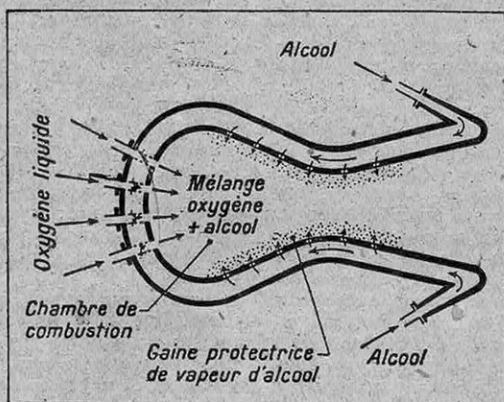


FIG. 7. — SCHÉMA DU PROPULSEUR DE LA V 2

La chambre de combustion est confondue avec la partie convergente de la tuyère. L'ensemble est refroidi par la circulation de l'alcool qui arrive à l'extrémité de la tuyère divergente et qui est injecté autour des buses d'oxygène perpendiculairement à la direction de leur jet. Les injecteurs doubles d'alcool et d'oxygène sont situés dans 16 bossages dont chacun porte 25 gicleurs d'arrivée d'alcool. En outre, un certain nombre de petits trous sont ménagés dans la paroi intérieure du propulseur. L'alcool suinte à travers ceux-ci, formant une gaine isolante protégeant la paroi.

La réalisation de cette commande de pompes par turbine à eau oxygénée et permanganate est certainement un des points les plus remarquables de la V 2. Faute de connaître la pression dans la chambre de combustion, il est difficile d'évaluer la puissance exacte de la turbine; mais il s'agit certainement de plusieurs centaines de chevaux pour faire passer en un temps très court plusieurs mètres cubes de liquide de la pression ambiante à une pression de plusieurs dizaines de kilogrammes par centimètre carré.

Derrière le compartiment des auxiliaires se trouve celui des stabilisateurs, commandés pneumatiquement par le gyro-pilote à deux gyroscopes, l'un pour la direction, l'autre pour la profondeur. Les gouvernes, sous forme de volets mobiles, sont placées à l'arrière de quatre empennages en croix. Elles sont prolongées vers l'intérieur de la tuyère par quatre volets qui sont donc soumis au jet des gaz d'échappement. Ceux-ci sont en graphite pour résister à la température de plus de 1 000° C.

Le propulseur se compose d'une chambre de combustion et d'une tuyère convergente-divergente de forme classique; l'ensemble est d'ailleurs réduit à sa plus simple expression, puisque les arrivées d'alcool et d'oxygène se font par la face avant de la tuyère convergente; il n'y a en somme pas de chambre de combustion séparée. L'un des problèmes les plus importants est celui du refroidissement des parois de la tuyère. On l'obtient en faisant circuler autour de ces parois l'alcool avant de l'envoyer aux injecteurs; ce dispositif est complété par un certain nombre de trous, débouchant de la double paroi vers l'intérieur; l'alcool qui y pénètre se vaporise aussitôt et forme une gaine annulaire autour de la veine de gaz chauds, avec lesquels il se mélange et brûle, s'il y a excès d'oxygène.

Le choix du mélange alcool-oxygène, au lieu d'essence-oxygène, malgré le moindre pouvoir calorifique de l'alcool, tient à ce qu'il exige une quantité d'oxygène très nettement inférieure à celle que réclame la combustion de l'essence. C'est pourquoi, sur les torpilles marines, on a de tout temps employé l'alcool; le produit coûteux à transporter n'était en effet pas l'alcool, mais l'air comprimé. Or, l'alcool utilise mieux l'air comprimé que l'essence ne le fait. La situation est d'ailleurs différente lorsqu'on emploie l'oxygène liquide, moins coûteux à transporter, mais un certain bénéfice n'en subsiste pas moins.

Les premières V 2 comportaient un système

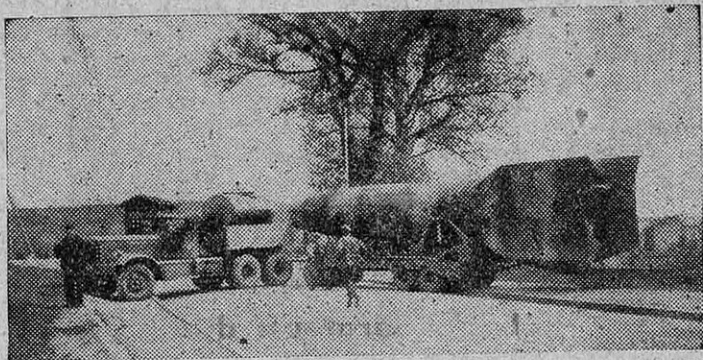


FIG. 8. — UNE V 2, SAISIE LORS DE L'AVANCE DES TROUPES AMÉRICAINES ET ENCORE RECOUVERTE DE SA TOILE DE CAMOUFLAGE, EST TRANSPORTÉE EN VUE DU DÉMONTAGE ET DE L'ÉTUDE DE SES ORGANES

très complexe de contrôle par radio, avec réception et émission. Sur les dernières, il a été supprimé : on n'a maintenu qu'un poste émetteur pour 25 projectiles, comme pour la V 1.

Le lancement et la commande sur la trajectoire comportent plusieurs dispositions intéressantes, qui ont été décrites dans la presse britannique, mais qui ne sont peut-être pas absolument indiscutables.

L'engin quitte le sol sous un angle voisin de la verticale (80°) et par ses propres moyens. La poussée serait évidemment à ce moment supérieure au poids, mais ne dépasserait pas 30 tonnes, ce qui correspond à une accélération d'environ 2 g. Elle monterait ainsi, sous l'angle de 80°, à une hauteur d'une trentaine de kilomètres. Elle prendrait ensuite une inclinaison de 40° jusqu'à l'altitude de 50 km et continuerait sur sa lancée, une fois le combustible coupé par radio, jusque vers 85 à 100 km où la vitesse serait encore de 1 500 m/s. La branche descendante est alors, à la résistance de l'air près, la demi-parabole du tir des projectiles ordinaires, la vitesse à l'impact ne dépassant pas 1 300 m/s en raison du freinage de l'air, aux couches inférieures de l'atmosphère.

La première V 2 tomba à Chiswick, dans la banlieue de Londres, le 8 septembre 1944, causant un profond cratère et des dégâts considérables. La dernière tomba, le 27 mars, à Orpington. Au total, 1 050 de ces engins tombèrent sur Londres, en tir court, c'est-à-dire sur la banlieue Sud, Essex et Kent; à la cadence de cinq à dix par jour. Le bilan des V 2 sur l'Angleterre se monte à 2 754 tués et 6 523 blessés.

Tandis que la V 1, qui se propage horizontalement, fait un bruit caractéristique qui peut permettre de gagner un abri, la V 2 se propulse plus vite que le son, tombe sensiblement à la verticale et explose sans avoir été entendue.

Aucune défense n'est possible contre la V 2, ni par D.C.A. ni par chasse. La seule riposte est le bombardement des sites de lancement, s'il est possible de les reconnaître, ou la destruction des voies ferrées qui en amènent les pièces détachées des usines aux sites.

En résumé : la défense contre la V 1 fut surtout une extension des procédés de D.C.A. et de chasse en usage contre les attaques d'avions, tandis qu'on ne put se prémunir contre les V 2 que par la mise en œuvre d'une puissante aviation de bombardement, c'est-à-dire en définitive par l'exercice d'une complète maîtrise de l'air, celle qui permet de rechercher à loisir les sites de lancement des V 2, de les photographier avec minutie — car ils sont très exigus et très camouflés — et de les arroser avec précision.

La résistance française joua un rôle considérable dans le repérage des sites de lancement des V 1 et des V 2. Plus d'une centaine de ces sites furent identifiés dans le nord de la France et en Normandie avant l'invasion par des équipes de résistants français, en liaison avec Londres, c'est-à-dire au péril de leur vie et des tortures de la Gestapo.

LE NEUTRON, ARME NOUVELLE CONTRE LE CANCER ?

par Maurice E. NAHMIA

Docteur ès Sciences physiques

Chef du Laboratoire de Radiobiologie de Marseille

Depuis leur découverte en 1932, les neutrons ont joué un rôle important dans les recherches de science pure touchant la structure la plus intime de la matière, celle des noyaux atomiques. Leur intérêt n'est pas moindre dans d'autres domaines, d'applications plus immédiates, chimie, biologie et même médecine. Ne portant pas de charge électrique, leur pouvoir de pénétration dans la matière est si élevé qu'il leur permet de franchir sans peine la barrière de potentiel qui empêche les particules électrisées ne possédant pas une énergie considérable d'accéder aux noyaux atomiques. Les neutrons sont capturés facilement par ces noyaux qui deviennent alors, pour la plupart, instables et radioactifs. Les éléments radioactifs artificiels que l'on peut produire au laboratoire en quantités appréciables, largement suffisantes pour les applications médicales, présentent des avantages certains sur les radioéléments naturels, car ils se prêtent mieux que ceux-ci à l'introduction dans le corps humain, sous forme de différents composés, de « vie » brève, et dont les produits de décomposition sont inoffensifs. L'action directe des neutrons sur les tissus vivants peut, d'autre part, se comparer à celle des rayons X, mais avec des différences notables. L'ionisation qu'ils provoquent est beaucoup plus localisée, épargnant les cellules saines avoisinant les cellules malades dont on recherche la destruction et, par suite, lésant moins les tissus sains et l'état général des sujets traités. Les expériences poursuivies, tant in vitro que sur de petits animaux, ont fourni d'ores et déjà des résultats suffisamment encourageants pour qu'apparaisse souhaitable l'extension systématique de ces recherches. C'est dans des laboratoires spécialement aménagés, mais surtout avec une parfaite rigueur scientifique, afin d'éviter les erreurs et les tâtonnements qui marquèrent les débuts de la radiothérapie, que devront être mises au point les modalités d'emploi de l'arme nouvelle et puissante que la physique nucléaire met aujourd'hui à la disposition des praticiens.

Le neutron est un des éléments de base de l'architecture du noyau des atomes. L'hypothèse de son existence a été émise dès 1920 par Harkins, et c'est Chadwick qui prouva sa réalité. C'est un corpuscule matériel, de masse voisine de celle du noyau de l'atome d'hydrogène (proton), mais de charge électrique nulle (alors que le proton porte une charge positive).

C'est à cette absence de charge électrique que doit être attribué le grand pouvoir de pénétration des neutrons dans la matière. N'a-t-on pas observé que des neutrons rapides sont capables de traverser plusieurs mètres de plomb, alors que des protons ou des particules alpha (noyaux d'hélium) sont arrêtés par bien moins d'un millimètre? On sait, en effet, que le noyau d'un atome porte une charge électrique positive (numériquement égale à celle de l'ensemble des charges négatives des électrons qui gravitent autour de lui). Un neutron traversera donc la matière sans être sollicité par ces charges électriques. Sa rencontre directe avec

un noyau sera un phénomène très rare, étant donné la petitesse des particules en présence et l'espacement considérable des noyaux.

Si cette rencontre se produit, il franchira sans peine la barrière électrostatique qui protège le noyau et s'y incorporera, réalisant une transmutation. Alors qu'une particule électrisée (ion) doit posséder une énergie cinétique considérable pour franchir cette barrière, des projectiles neutroniques, même lents, atteindront sans difficulté les noyaux. C'est pourquoi les neutrons représentent des agents de transmutation particulièrement précieux, et cette propriété est mise en œuvre couramment au laboratoire en vue de la production de sources radioactives « artificielles », la plupart des noyaux transmutés par les neutrons étant instables.

Les générateurs de neutrons

Pour produire des neutrons, on s'adresse à des réactions nucléaires. La plus couramment utilisée est celle provoquée par le bombarde-

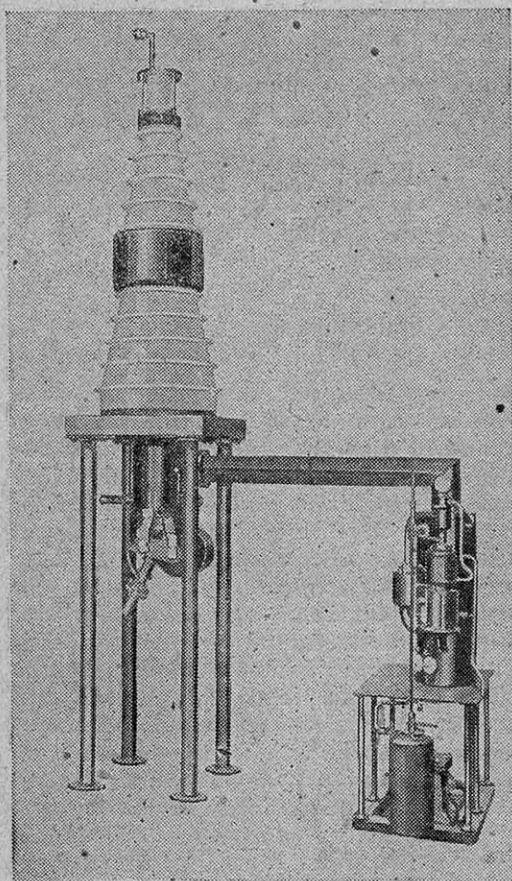


FIG. 1. — TUBE ACCÉLÉRATEUR DE DEUTONS (NOYAUX D'HYDROGÈNE LOURD) POUR LA PRODUCTION NE NEUTRONS (C. G. R.)

On aperçoit à droite le groupe de pompage. Les deutons sont accélérés du haut en bas du tube et tombent sur une cible de béryllium. Le tube mesure environ 2 m de hauteur.

ment de certains éléments comme le béryllium (appelé aussi glucinium) par les projectiles *alpha* (noyaux d'hélium) qui sont continuellement émis par les substances radioactives naturelles, radium, actinium, thorium, etc. Le béryllium (de béryl ou émeraude) est un métal léger, grisâtre, très dur, mais très cassant, ce qui permet de le réduire en poudre. Pratiquement, on mélange intimement de la poudre de béryllium avec du radon (ou émanation du radium), dans un tube scellé. Le radon est un gaz que l'on obtient facilement par pompage sur une solution de sel de radium. Si on ne dispose pas d'appareil extracteur d'émanation radioactive, on peut faire intervenir le phénomène de désintégration du béryllium par les rayons *gamma* (de nature électromagnétique, comme la lumière et les rayons X, mais de

longueur d'onde beaucoup plus faible et plus pénétrants) émis par un radioélément. Les tubes scellés contenant des sels de radium que l'on utilise en curiethérapie peuvent ainsi servir à la production de neutrons, soit en mélangeant les sels avec du béryllium, soit en entourant les tubes avec du béryllium.

Ces deux moyens sont évidemment très modestes. Pour disposer de fortes sources neutroniques, on utilise, ou bien des particules *alpha* naturelles, ou bien des courants très intenses d'ions animés de grandes vitesses. Ces ions sont, soit des *protons* (noyaux d'hydrogène), soit des *deutons* (noyaux d'hydrogène lourd de masse 2), soit des *héliions* ou particules *alpha*. Pour les accélérer, on fait appel à une technique expérimentale appropriée: application d'une tension redressée ou de la tension développée par un générateur électrostatique à un tube accélérateur, accélérateurs de haute fréquence, et enfin cyclotron, la méthode la plus puissante.

La cible offerte au faisceau d'ions est constituée d'un métal léger, béryllium, bore ou lithium, plus rarement par de la glace d'eau lourde (où l'hydrogène habituel est remplacé par l'hydrogène lourd). La transmutation sous l'influence des ions est pratiquement inobservable avec les méthodes ordinaires. En effet, pour le béryllium, par exemple, un atome-gramme de ce corps (9,02 g) compte 10^{23} noyaux, nombre énorme. Bien qu'un courant ionique de 1 microampère désintègre 10^{13} noyaux par seconde et cause l'émission d'autant de neutrons, il faudrait environ 1 000 années pour transmuter à ce régime 1 g de béryllium.

Par contre, l'émission neutronique de 10^{13} neutrons par seconde est observable et immédiatement utilisable, soit dans des expériences de physique nucléaire, soit en biologie.

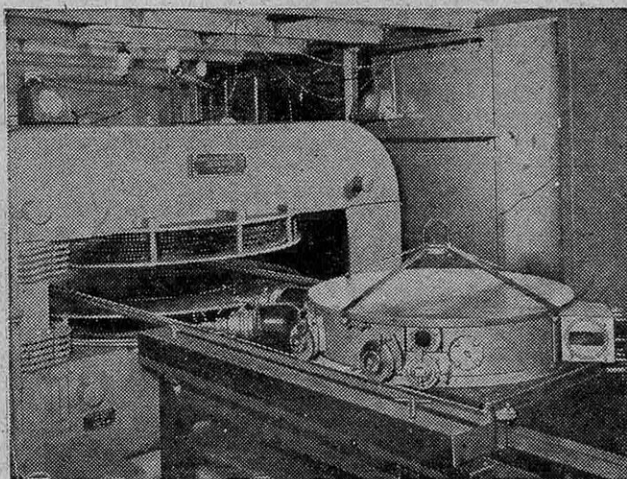


FIG. 2. — LE CYCLOTRON DE 30 TONNES ET DE UN MÈTRE DE DIAMÈTRE DU LABORATOIRE DE M. JOLIOU, AU COLLÈGE DE FRANCE. Cet appareil donne actuellement des deutons de 8 millions d'électrons-volts et une douzaine de microampères. Bombardant une cible de béryllium, ces ions-projectiles le désintègrent et des millions de neutrons sont émis par cette cible pendant le bombardement. Cette source de neutrons est équivalente à celle que l'on obtiendrait en mélangeant quelques kilogrammes de radium avec du béryllium.

Le dosage des neutrons

L'action biologique d'une radiation est étroitement liée à l'ionisation qu'elle provoque dans les tissus soumis au rayonnement. Cette ionisation est mesurée pratiquement par un « dosimètre intégrateur », instrument indispensable aujourd'hui dans la conduite systématique de toute méthode radiothérapique. En voici le principe : les rayons X ou les rayons *gamma*, en traversant toute matière, arrachent les électrons aux atomes qu'ils rencontrent (les « ionisent »). Dans une enceinte gazeuse ainsi bombardée par les « grains d'énergie » du rayonnement, se trouvent donc mis en liberté, d'une part des électrons négatifs, d'autre part des ions positifs. Si des électrodes convenables recueillent ces charges, on notera dans un circuit extérieur le passage d'un courant. Des artifices simples, dans le détail desquels (1) nous ne pouvons entrer ici, permettent de totaliser les effets d'une irradiation continue de la chambre d'ionisation et donc d'évaluer l'énergie totale reçue du rayonnement. Cette énergie est chiffrée avec une unité universellement adoptée, le « roentgen » (désignée par la lettre *r*) (2).

L'ionisation que les neutrons produisent dans l'air est due à la transmutation des noyaux atomiques d'azote en noyaux de bore, avec expulsion de particules *alpha*. Ce sont ces dernières qui provoquent l'ionisation des molécules d'air. Si on remplace l'air de la chambre d'ionisation par du méthane, l'ionisation est triplée à cause des quatre atomes d'hydrogène du méthane. Ceux-ci, bombardés par les neutrons incidents, acquièrent une certaine énergie qui leur permet d'ioniser les molécules avoisinantes. Ils peuvent aussi s'amalgamer avec les neutrons et former des noyaux de deutérium, ou hydrogène lourd, avec libération d'énergie intratomique sous forme de rayons *gamma* de près

(1) Voir : « Le dosage rigoureux des rayons X, base de la radiologie médicale » (*Science et Vie*, n° 288, août 1941, p. 87).

(2) La définition exacte du roentgen est la suivante : quantité de rayons X qui, lorsque tous les électrons secondaires sont utilisés (les électrons arrachés directement par les « grains d'énergie » des rayons X, ou électrons primaires, peuvent en rencontrer d'autres secondaires, qu'ils arrachent, et ainsi de suite) et que la radiation diffusée est évitée, produit dans un centimètre cube d'air — à la température et pression normales — un degré de conductibilité qui donne une unité électrostatique, lorsque cette charge est mesurée dans des conditions de saturation.



FIG. 3. — PHOTOGRAPHIE DE TRAJECTOIRES IONISANTES OBTENUES A L'AIDE D'UNE CHAMBRE A DÉTENTE REMPLIE D'HYDROGÈNE ET TRAVERSÉE PAR UN FAISCEAU DE NEUTRONS FOURNI PAR LE GRAND CYCLOTRON DE BERKELEY (ÉTATS-UNIS)

Les noyaux d'hydrogène projetés par les neutrons acquièrent une certaine vitesse et arrachent les électrons des atomes qu'ils rencontrent.

de 2 millions de volts (1). Ces rayons *gamma* arrachent des électrons aux molécules du gaz et à leur tour, ces électrons ionisent le milieu ambiant.

Dans les tissus biologiques, la proportion d'hydrogène est moitié moindre que dans le méthane. On trouve qu'il faut multiplier par 1,5 l'ionisation neutronique mesurée, dans une chambre d'ionisation remplie d'air pour déterminer celle qui se produit dans le corps humain.

On fait, bien entendu, une correction liée à la densité du corps humain, densité voisine de celle de l'eau. Pour avoir en valeur absolue l'ionisation causée par une radiation dans une certaine partie de l'individu, il faut tout d'abord multiplier par 820 les chiffres donnés en roentgens par le dosimètre intégrateur, car il se produit 820 fois plus d'ions dans 1 cm³ d'eau que dans 1 cm³ d'air à la pression normale.

Il faut ensuite faire intervenir le rapport des carrés des distances, et finalement le facteur d'absorption des matériaux : air, filtres, peau, qui se trouvent entre le dosimètre et l'organe considéré. Généralement, la connaissance de l'ionisation en valeur absolue n'est pas nécessaire, et les mesures relatives, telles qu'elles sont données par le dosimètre, sont amplement suffisantes.

Une autre méthode très élégante vient d'être mise au point à l'Institut du Radium par MM. Bonnet-Maury et Frilley. Elle consiste à doser l'eau oxygénée produite dans une enceinte pleine d'eau et traversée par des radiations ionisantes. Les neutrons se prêtent à cette dosimétrie par l'entremise de l'ionisation causée par les protons projetés au sein de l'eau.

L'action biologique comparée des rayons X et des neutrons

Puisque nous avons pris le gaz méthane comme intermédiaire entre l'air et le corps humain, poursuivons l'expérience en remplaçant l'air de la chambre d'ionisation d'un dosimètre par du méthane, dont la densité est inférieure à celle de l'air. Faisons cette fois tomber un faisceau de rayons X sur ce dosimètre. Nous observerons, par comparaison avec un dosimètre à air, une ionisation moindre. Lorsque le dosimètre à air marquera 100 roent-

(1) En physique atomique, l'unité d'énergie est l'électron-volt (on dit quelquefois en abrégé, mais improprement, volt), énergie qu'acquiert un électron, ou toute autre particule de même charge dans un champ électrique de 1 volt.

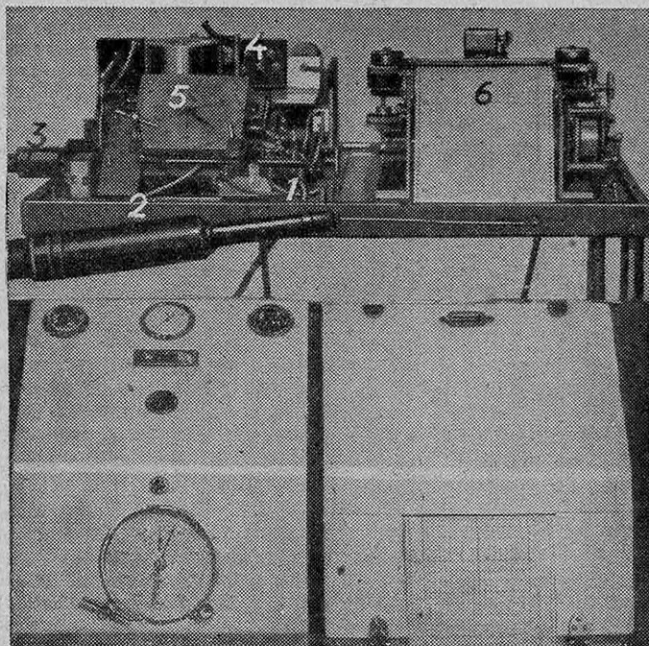


FIG. 4. — LE DOSIMÈTRE ENREGISTREUR HAMMER

On voit, en 1, la petite chambre d'ionisation, précédant immédiatement le premier dispositif d'amplification 2. Cet ensemble est relié par le câble 3 avec l'amplificateur-relais 4. Les doses de radiations (rayons X, rayons gamma ou neutrons) sont lues sur le cadran 5 et enregistrées graphiquement sur le papier 6. Au-dessous, l'appareil a été photographié avec ses couvercles de protection.

gens, celui à méthane ne marquera que 70 r. Nous en déduisons donc qu'un roentgen en neutrons produit 1,5 : 0,7 = 2,1 fois plus d'ions dans le corps qu'un roentgen en rayons X, mesuré avec une chambre à méthane.

Pour être complet, nous devons ajouter que l'ionisation par neutrons est normalement supérieure à celle provoquée par un même nombre de roentgens en rayons X ou gamma, mais qu'elle est de « qualité » différente. En effet l'ionisation par neutrons (1) est plus localisée que celle provoquée par les rayons X et gamma, tout en étant moins localisée que celle due soit aux rayons bêta primaires, soit aux corpuscules alpha. Or on a démontré que l'effet biologique est loin de varier proportionnellement avec l'ionisation. Ainsi, en opérant avec des rayons alpha de différentes énergies et provoquant par conséquent un nombre variable d'ions par centimètre cube, on a trouvé que l'effet biologique varie comme la puissance 5/2 de l'ionisation. En d'autres termes, l'effet biologique provoqué par une certaine dose en roentgens de neutrons n'est pas toujours 2,1 fois plus « intense » que celui dû à la même dose en rayons X, mais peut être beaucoup plus « intense ». Ce terme étant assez vague, nous dirons plutôt que, pour reproduire un effet biologique déterminé provoqué par une dose de N roentgens en neutrons, il ne suffira pas toujours de donner une dose de 2,1 N roentgens en rayons X.

Cette « qualité » des neutrons, qui réside dans la densité ionique (localisation des effets biolo-

(1) Qui est fonction de l'énergie cinétique des neutrons.

giques), se complique du fait que les neutrons peuvent créer de minimes quantités de radioéléments artificiels *in situ*. L'ensemble de ces considérations se résume, dans la pratique, par l'observation d'une « sélectivité » différente des neutrons par rapport à celle des rayons X et gamma sur différents éléments biologiques.

La sélectivité des neutrons

Prenons quelques exemples numériques. On a trouvé (voir courbes de la fig. 5) qu'il fallait 90 r en neutrons pour tuer la moitié des œufs de mouche, tandis qu'il en faut 190 r en rayons X. Donc, en termes des mesures au dosimètre standard à air, les neutrons sont ici deux fois plus efficaces que les rayons X.

De même façon, on a trouvé que ce rapport est égal à 2,5 en ce qui concerne les spores de fougère.

Mais la figure 6 montre qu'il faut 5 fois plus de rayons X que de neutrons pour abréger la vie d'une souris.

La figure 7 illustre le fait qu'il faut 4 fois plus de rayons X que de neutrons pour endommager un certain pourcentage de cellules cancéreuses. Les figures 8 et 9 donnent respectivement les valeurs 5 et 4 pour ce rapport des doses avec divers éléments biologiques (1). Ce rapport devrait

rester constant si les neutrons avaient la même « sélectivité » que les rayons X.

Ce qui est important en thérapie, c'est l'effet produit par une radiation, sur une tumeur par exemple, *relativement* à celui causé sur les cellules environnantes et sur l'individu en général. Voyons donc ce que nous pouvons déduire

(1) On a trouvé la valeur 6 dans la stérilisation temporaire des souris.

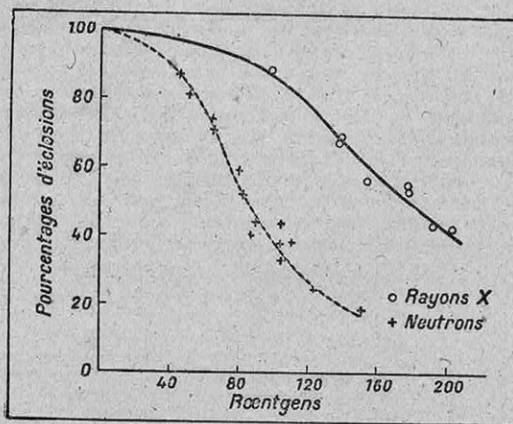


FIG. 5. — STÉRILISATION D'ŒUFS DE MOUCHE DRO-SOPHILE PAR IRRADIATION

Les neutrons sont ici deux fois plus actifs que les rayons X.

dans ce sens à partir des graphiques des figures 7 et 6. La figure 7 montre qu'il faut 3 600 r en rayons X pour détruire la moitié des cellules cancéreuses, et la figure 6 montre qu'il faut 400 r en rayons X, comme minimum, pour tuer une souris. Donc $400 : 3\ 600 = 1/9$, indique que la souris peut tolérer sur tout son corps le neuvième de la dose requise pour tuer 50 % des cellules cancéreuses (expérience faite *in vitro*). Avec les neutrons, nous avons le rapport $120 : 700 = 1/6$. Nous constatons que la souris peut supporter sans trop de mal plus de roentgens en neutrons qu'en rayons X. Donc double avantage de guérir plus vite et de léser beaucoup moins l'état général du sujet. Cet heureux résultat peut être amplifié en badigeonnant la tumeur avec de l'acide borique. Les neutrons désintègrent le bore en lithium et en hélium qui sont projetés avec des vitesses considérables. Ces fragments nucléaires ionisent d'une façon très localisée la tumeur et épargnent les cellules saines avoisinantes.

La neutronthérapie

L'utilisation des neutrons en thérapie du cancer semble *a priori* devoir être considérée sérieusement. Avant de passer aux expériences cliniques, qui seraient à la rigueur faisables sur des sujets condamnés, il faut multiplier les expériences biologiques. Il ne s'agit pas de répéter avec les neutrons les lamentables expériences empiriques faites avec d'autres radiations.

Dans le traitement des cancers internes, notamment de ceux des voies digestives, il est extrêmement difficile d'éviter l'irradiation massive de l'individu. Dans certains centres anticancéreux, notamment en Allemagne, on a eu recours à des solutions contenant du polonium que l'on faisait ingérer aux malades. Les tissus néoplasiques étaient ainsi fortement irradiés, par les rayons de ce radioélément, mais malheureusement les tissus environnants étaient aussi si fortement touchés que le patient en mourait. Ce grave inconvénient était surtout imputable à la vie assez longue du polonium (plusieurs mois).

Avec les neutrons, on pourrait envisager d'irradier les cancers de l'estomac, par exemple, en y introduisant une source amovible à volonté. Un petit tube de radon ou de radium contenant du béryllium en poudre est préférable à une source

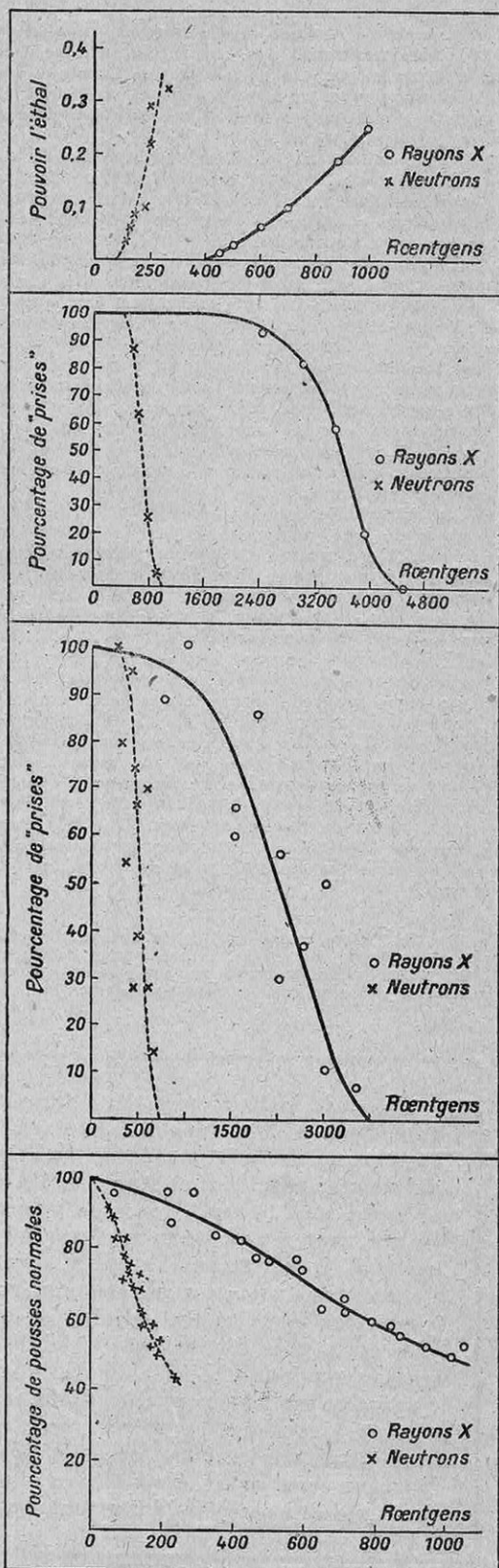
FIG. 6, 7, 8, 9. — COURBES ILLUSTRANT L'ACTION BIOLOGIQUE DES NEUTRONS. DE HAUT EN BAS :

Comment les souris résistent à l'irradiation complète. En ordonnée a été porté le « pouvoir létal », c'est-à-dire l'inverse du nombre de jours pendant lesquels la souris a survécu à l'irradiation. Les neutrons se sont montrés cinq fois plus actifs que les rayons X.

Action de l'irradiation sur des cancers (carcinomes de la mamelle de souris). Le tissu cancéreux irradié a été inoculé à des animaux sains, et on a porté en ordonnée le pourcentage des « prises ». Les neutrons se sont montrés là quatre fois plus actifs que les rayons X.

Action de l'irradiation sur le Sarcome 180 de souris. En ordonnée sont portés les pourcentages de transplantations réussies avec du sarcome 180 irradié par des doses croissantes de rayons X et de neutrons. Ces derniers sont cinq fois plus actifs que les rayons X.

Germmination de grains de blé irradiés. A la suite d'irradiations par des doses croissantes de rayons X et de neutrons, on note des retards variables dans la pousse des racines primaires. Les neutrons ont été quatre fois plus actifs que les rayons X.



artificielle externe (cyclotron, etc.). Il faut, en effet, éviter d'irradier inutilement un organisme avec des neutrons, car on connaît encore très mal leurs effets. On sait déjà pourtant que les neutrons peuvent, à forte dose, comme les rayons X et autres radiations, provoquer des cancers (Lacassagne).

On ne saurait trop insister sur la nécessité de « chiffrer » autant que possible les conditions expérimentales. La dosimétrie des neutrons semble très compliquée de prime abord. Elle est au contraire beaucoup plus simplifiée que celle des rayons X. Ainsi la dose de neutrons administrée peut être mesurée beaucoup mieux que celle des rayons X. Il suffit de placer tout autour de l'objet étudié des pastilles de soufre et de mesurer la quantité de radiophosphore formé dans ces pastilles par les neutrons incidents. On éliminera de la sorte de nombreuses erreurs et on sera dispensé de faire certaines corrections. On passera ensuite des mesures de radioactivité de ces échantillons-témoins à des unités roentgens, par exemple par étalonnage avec un dosimètre standard.

La protection contre les neutrons est également plus aisée que celle contre les rayons X ou *gamma*. Il se trouve que toute substance contenant de nombreux atomes d'hydrogène (1), comme l'eau ou la paraffine, absorbe très vite un faisceau de neutrons. Il sera donc facile et peu coûteux de canaliser ces corpuscules. Lorsqu'il s'agit de se protéger contre des faisceaux de neutrons fournis par un cyclotron, ou toute autre machine donnant des faisceaux très intenses, il suffit tout d'abord d'augmenter les écrans d'eau. Le choc des neutrons avec les noyaux de l'hydrogène, qui ont sensiblement la même masse, entraîne un échange d'énergie considérable, et les neutrons ralentis sont facilement absorbés par les noyaux. Une épaisseur d'eau de 1 mètre assurera une protection efficace, alors qu'il faudrait plus de 10 mètres de plomb.

(1) Ceci découle des lois de la mécanique classique, suivant lesquelles le maximum d'énergie (100 %) peut être transmis par un projectile à une cible lorsque leurs deux masses sont égales.

On ajoutera à ce liquide quelques kilogrammes de borax. Cette dernière précaution est destinée à supprimer la composante *gamma* de 2 millions d'électrons-volts signalée plus haut et qui est émise lors de la formation de noyaux de deutérium dans l'eau pure. Avec les noyaux de bore éparpillés dans l'eau, la réaction nucléaire ne dégage pratiquement pas de rayonnement pénétrant.

On éloignera aussi de la source de neutrons tout appareil ou objet susceptible de s'activer. Les neutrons forment des radioéléments pouvant avoir des périodes radioactives assez longues, de telle sorte que les instruments, objets ou matières premières « activés » accidentellement seront de véritables « poisons » de laboratoire, au même titre et avec plus d'inconvénients que les vapeurs de sodium dans un laboratoire de spectroscopie. Les mouvements propres des appareils de mesure peuvent atteindre de telles valeurs que toute recherche est rendue difficile sinon impossible. Il est arrivé, par exemple, qu'une table d'expérience contenant diverses parties métalliques ait été utilisée près d'un cyclotron. Toutes les mesures et travaux effectués pendant plus de trois semaines furent à rejeter le jour où on s'aperçut que la table « rayonnait » vers les compteurs de Geiger. Ce rayonnement était évidemment variable en fonction des décroissances des radioéléments formés dans les matériaux de la table, et en fonction des objets absorbants se trouvant sur celle-ci.

Un autre souci constant doit présider durant ces manipulations de neutrons. Il faut avoir toujours présent à l'esprit le fait que si nous sommes pratiquement transparents aux rayons X et *gamma* très pénétrants, nous sommes pratiquement opaques aux neutrons. Le corps humain contient énormément d'eau, et une radiographie aux neutrons sur écran lumineux approprié donnerait l'inverse d'une radiographie aux rayons X. Les os laisseraient passer plus de neutrons que la chair, et leur position sur le négatif serait plus noire que celle des autres tissus. De ce fait il découle que le laisser aller coutumier avec les rayons X serait catastrophique avec les neutrons.

M.-E. NAHMIAS.

Depuis le 10 février dernier, où furent attaquées les bases de sous-marins allemands à Ijmuiden (Pays-Bas), les Boeing B-17 « Forteresses volantes » américaine de la 8^e armée de l'air emploient une nouvelle bombe d'avion propulsée par réaction, conçue par l'Amirauté britannique. Une bombe ordinaire, tombant sous la seule force de la pesanteur, ne possède pas assez de force vive en arrivant au sol pour perforer les épaisses structures dont l'ennemi a recouvert ses installations les plus importantes et ses abris. La nouvelle bombe s'abat sur le sol à une vitesse supérieure à celle du son grâce à un propulseur à réaction qui lui est adjoint et qui entre en action au cours de la chute. Elle est munie d'une fusée spéciale qui provoque l'explosion après une pénétration profonde. L'idée d'adjoindre un propulseur à réaction à une bombe d'avion n'est pas nouvelle. Déjà, en 1942, on avait signalé l'emploi par les marines italienne et allemande de bombes perforantes propulsées par une fusée leur donnant un excédent de vitesse. Dès avant la guerre, d'ailleurs, M. Rougeron avait étudié avec précision les avantages d'un tel engin pour l'attaque des objectifs fortement protégés.

L'ATTAQUE AÉRIENNE ET LA PARALYSIE DES RÉSEAUX FERRÉS

par Camille ROUGERON

*D*ans tous les pays d'Europe occupés par l'Allemagne, le réseau ferré a été le moyen de transport presque exclusif. Il s'est trouvé, dès le début, surchargé à un point qui explique en grande partie la faible production de cette Europe sous contrôle allemand. Aussi, les coups que portaient les aviations alliées, soit en cherchant la coupure complète des voies dans une zone étendue, soit en accélérant l'usure du matériel par l'attaque des trains ou des rames de wagons sur les gares de triage, étaient-ils parmi les plus sérieux qui pouvaient frapper l'économie générale ou les transports militaires de l'Allemagne. Les bombes, explosives et incendiaires, et les méthodes d'attaque, ont été mises au point dès 1943. Elles ont permis, en France notamment, les succès militaires de l'été dernier, et l'on doit leur attribuer en grande partie l'état relativement satisfaisant de notre pays après sa libération, si on le compare à plusieurs autres d'Europe orientale.

L'importance militaire du réseau ferré européen

Au lendemain de l'armistice de juin 1940, la première des crises qui frappa l'Europe occidentale, bien avant les difficultés alimentaires, fut la crise des transports. Dans tous les pays d'Europe qu'il occupait comme dans ceux qu'il ne tenait que par la menace, Hitler commandait en maître. Du cap Nord au détroit de Gibraltar et à la Thrace, presque tout ce qui poussait sur le sol ou s'en extrayait était en fait à la disposition de la machine de guerre allemande. Il ne lui restait qu'à le transporter.

C'est là que la difficulté commençait avec la présence de « ce porte-avions ancré au large de l'Europe » qu'étaient les Îles Britanniques, et des quelques succursales qu'elles entretenaient à Gibraltar, à Malte et en Egypte. Dès l'automne 1940, il fut évident qu'on ne pouvait expulser l'Anglais de ses îles et de ses positions méditerranéennes. L'ordre nouveau en Europe devait se résigner à ce voisinage, dont le premier effet était l'interdiction, par le moyen du sous-marin et de l'avion, de tout transport maritime normal le long des côtes européennes. Les dix millions de tonnes de charbon dont l'Italie avait besoin pour soutenir son effort de guerre, il fallait les lui envoyer par voie ferrée, non seulement jusqu'à Milan, mais jusqu'à Rome ou Naples. Les pyrites d'Espagne, le fer de Scandinavie, le bois de Finlande, le blé de Transylvanie, le pétrole de Roumanie, tout cela était bien à la disposition de l'Allemagne, mais à condition de l'amener dans ce petit coin d'Europe occidentale, du Pas-de-Calais à la Ruhr, où l'on avait la prétention de concentrer la majeure partie de l'industrie européenne.

Si de tels transports étaient habituels jusqu'en

1939, c'est qu'ils utilisaient la voie maritime ou la voie sensiblement aussi économique des grands fleuves tels que le Rhin, dans son cours inférieur du moins. Tous les autres moyens,

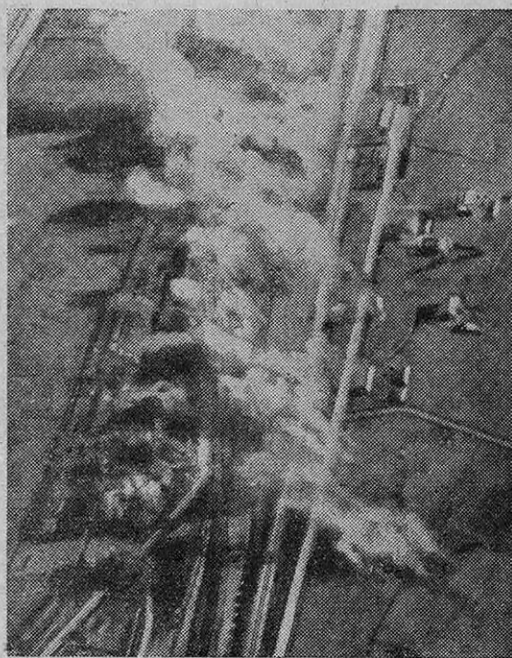


FIG. 1. — L'ATTAQUE A LA BOMBE EXPLOSIVE ET A LA BOMBE INCENDIAIRE D'UNE GARE RUSSE PAR L'AVIATION ALLEMANDE, AU DÉBUT DE 1942

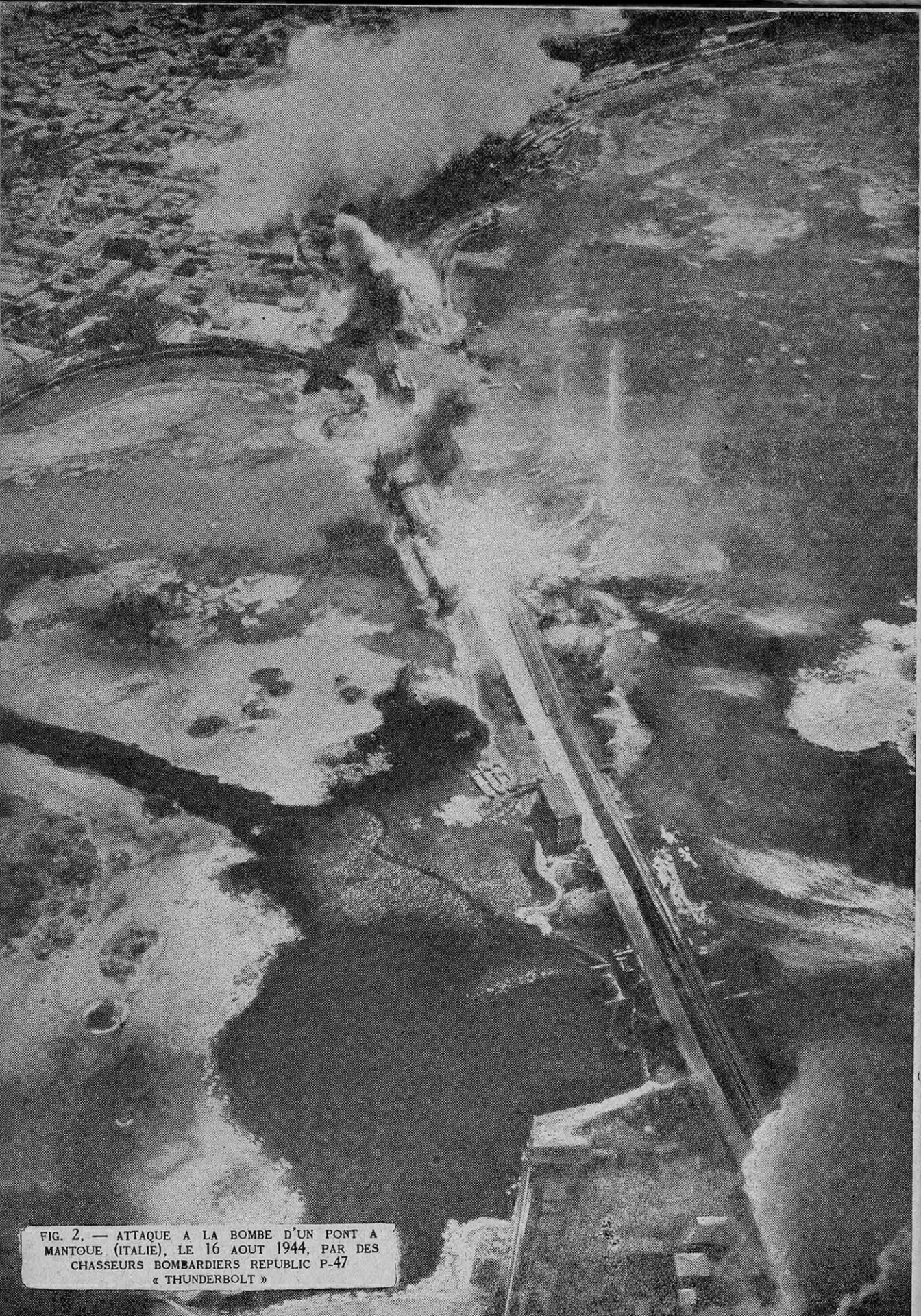


FIG. 2. — ATTAQUE A LA BOMBE D'UN PONT A
MANTOUE (ITALIE), LE 16 AOUT 1944, PAR DES
CHASSEURS BOMBARDIERS REPUBLIC P-47
« THUNDERBOLT »

voie ferrée, navigation intérieure sur la plupart des fleuves et des canaux à écluses, route. étaient beaucoup plus onéreux. Le transport maritime convenait seul à l'exploitation d'un ensemble à l'échelle de l'Europe. En temps de paix, il circulait sur le Rhin, en aval de Mannheim, 25 millions de tonnes de marchandises par an; en aval de Duisbourg, après le confluent de la Ruhr, le tonnage annuel atteignait près de 50 millions de tonnes, presque toutes à destination ou en provenance de la mer du Nord.

Ce n'est pas sans avoir tenté de maintenir le trafic maritime de l'Europe que les dirigeants allemands se décidèrent à rejeter sur le réseau ferré une charge pour laquelle il n'était pas fait. Ce n'est pas l'un des traits les moins curieux de la conduite allemande de la guerre que la commande, fin 1940, d'un tonnage imposant de cargos, de pétroliers, etc., à tous les chantiers des pays occupés, non pas pour débarquer en Angleterre, mais simplement pour assurer les transports du continent européen.

Dès septembre 1940, libérée de toute menace sérieuse de débarquement par le succès de la bataille d'Angleterre, la R.A.F. réagit violemment. Les chantiers furent bombardés, les ports, de Brest à la Hollande, copieusement arrosés, les convois poursuivis en Manche et en mer du Nord. Les tentatives allemandes pour rétablir le cabotage le long des côtes de l'Atlantique, de la Manche et de la mer du Nord, se soldèrent par de très grosses pertes de tonnage au cours des premiers mois de 1941. Le résultat fut le même en Méditerranée où l'Italie essaya vainement de faire passer par les Détroits sa part

du pétrole roumain. Au printemps de 1941, le seul transport maritime normal du continent européen était celui des mers fermées ou semi-fermées, Baltique, Adriatique, Tyrrhénienne. Et encore ne fallait-il pas en abuser; l'Italie l'apprit au cours de la campagne italo-grecque de l'hiver 1940-1941, quand elle dut faire appel aux faibles ressources du réseau terrestre yougoslave pour alimenter en Albanie des troupes coupées de leur ravitaillement maritime par l'action des sous-marins et des avions britanniques.

La guerre à l'est devait donner à cette crise générale des transports européens, dès l'été 1941, une acuité nouvelle. L'avance profonde des armées allemandes en U.R.S.S. créait, à 2 000 km des centres industriels rhénans, un bloc de huit millions de consommateurs nouveaux, particulièrement exigeants en matériel, et dont les besoins ne souffraient aucun retard. Les lignes de communications de ces armées étaient perpendiculaires à la direction générale des grands fleuves russes, Dniepr, Don, Volga; les voies fluviales, qui jouent un rôle essentiel dans les transports soviétiques, ne pouvaient donc leur être d'aucun secours.

La deuxième année de la guerre en U.R.S.S. marqua une nouvelle étape de la crise des transports européens, dont Stalingrad fut le point culminant. « Ah! si j'avais l'Ukraine et l'Oural! » s'écriait un jour Hitler dans un accès de franchise. Il approchait de l'Oural et il avait l'Ukraine en totalité. Mais il n'en était pas plus avancé pour cela, tant qu'il n'avait pas d'autre moyen que la voie ferrée pour en transporter

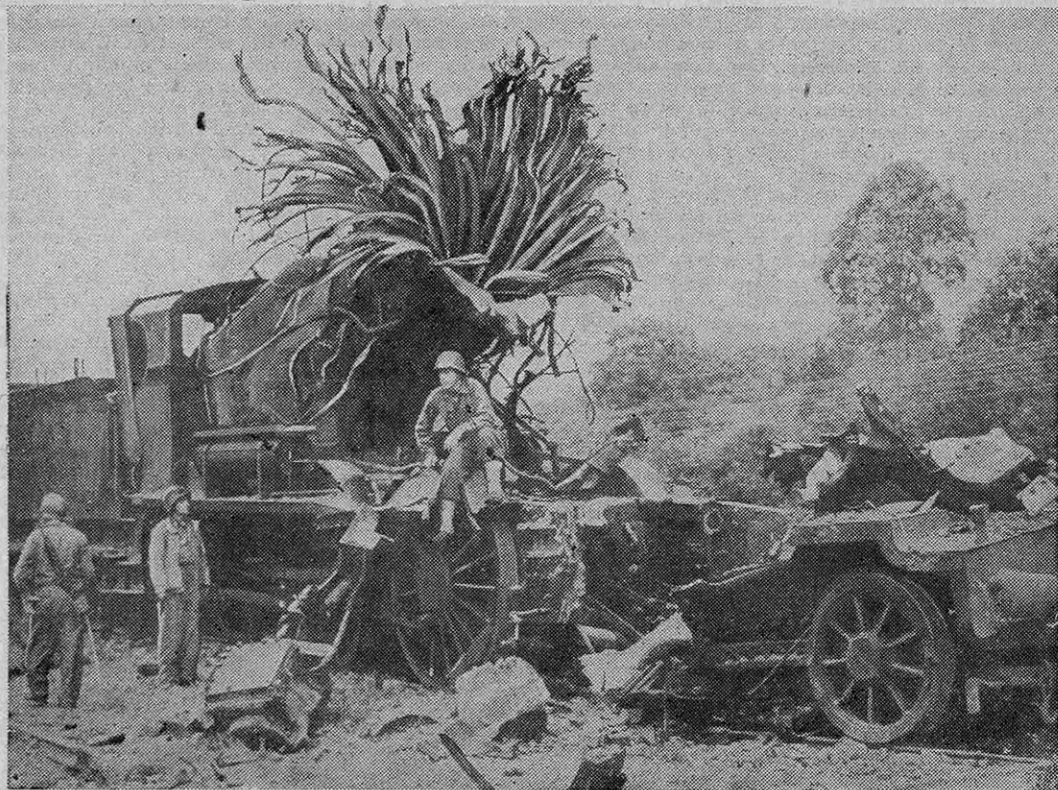


FIG. 3. — UN COUP AU BUT D'UNE BOMBE EXPLOSIVE SUR UNE LOCOMOTIVE (O.W.I.)

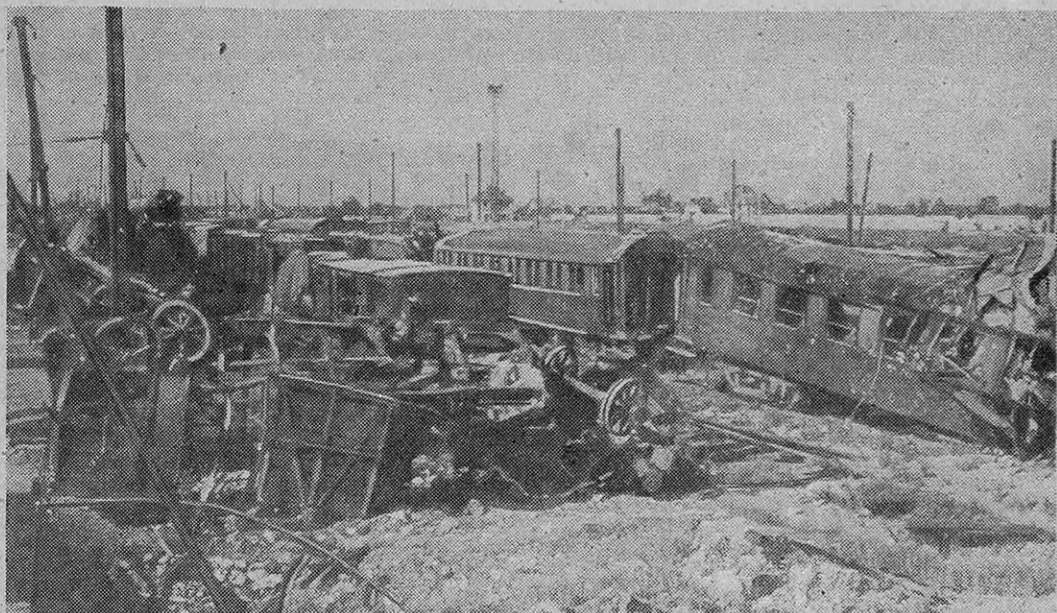


FIG. 4. — LES GARES DE VERSAILLES TELLES QU'ELLES FURENT RETROUVÉES, APRÈS BOMBARDÉMENT AÉRIEN, LORSQUE LES ALLIÉS LIBÉRÈRENT LA VILLE LE 26 AOUT 1944 (O.W.I.)

les richesses agricoles vers les populations affamées de l'Europe occidentale.

Il n'est que de chiffrer le tonnage des produits dont le plan allemand de concentration industrielle supposait le transport pour se rendre compte de son absurdité. Dans les années qui précéderent la guerre, la seule production soviétique de blé atteignit les cent millions de tonnes, dépassant de beaucoup celle de tout autre producteur de blé au monde. Ce chiffre se justifiait par l'importance du blé dans l'alimentation du peuple russe et s'expliquait par les progrès considérables de l'agriculture soviétique qui avait mis en exploitation des territoires nouveaux, amélioré les semences et les façons culturales, etc. C'est aux réserves ainsi accumulées pendant trois années de bonnes récoltes d'avant guerre que l'U.R.S.S. doit de ne pas avoir connu la famine, malgré l'occupation de ses terres les plus riches.

Assurément, tout ce blé ne venait pas des terres noires d'Ukraine. Mais, en sens inverse, beaucoup d'autres productions agricoles sortaient d'Ukraine, ne serait-ce que pour des raisons d'assolement : céréales secondaires, betteraves, graines de lin et de tournesol, et la production agricole totale de l'Ukraine occupée par les armées allemandes représentait, en 1940, plus de cent millions de tonnes; ce chiffre correspond simplement à une production de 18 quintaux à l'hectare sur une surface égale à celle de l'Allemagne. Si, par quelque miracle, en y transportant des agriculteurs hollandais dotés d'un super-outillage mécanique par la technique allemande, Hitler avait eu à sa disposition ces cent millions de tonnes, au lieu des villages incendiés, désertés par la population valide qu'il trouva presque partout, s'il avait vu la réalisation de son rêve, il n'en aurait guère été plus avancé.

La difficulté d'un transport se mesure en tonnes-kilomètres, produit du tonnage par la distance parcourue. Le transport de cette produc-

tion aux centres de consommation de la Rhénanie, de la Belgique, de la France du Nord, sur 2 000 km de distance moyenne, réclamait aux réseaux européens un supplément de deux cents milliards de tonnes-kilomètres. C'est sensiblement six fois l'activité totale annuelle normale du réseau français. Ce qui fait la différence entre un transport de ce genre et celui qu'assurent les chemins de fer d'Europe occidentale, ce n'est pas le tonnage; le réseau français transportait un peu plus de cent millions de tonnes annuellement. Mais il le faisait sur une distance moyenne qui ne dépassait pas 250 km, au lieu des 2 000 km que supposait le transport d'Ukraine en Rhénanie.

C'est la même objection qui a empêché tout transfert sérieux des industries rhénanes vers des régions où elles auraient beaucoup moins souffert du bombardement aérien. Evacuer la Ruhr pour l'Autriche et la Bohême, ce n'était pas seulement déplacer un outillage, reconstruire des usines, aménager des baraquements pour le personnel. C'était encore transporter annuellement, vers les régions de repli choisies, les cent millions de tonnes de charbon que la Ruhr consommait sur place ou aux environs immédiats; le tonnage équivalent de lignite qui se transformait en pétrole, en explosifs, en produits chimiques dans les usines rhénanes; les dizaines de millions de tonnes de minerai de fer qui arrivaient déjà péniblement de Suède dans la Ruhr, alors qu'elles ne pouvaient plus emprunter le Rhin, et qui seraient parvenues bien plus difficilement encore en Moravie ou en Styrie. Le transfert de l'industrie rhénane en des lieux moins exposés de l'Europe centrale se serait soldé, lui aussi, par un supplément de deux cents milliards de tonnes-kilomètres pour un système de transports tendu à l'extrême. Ce que l'U.R.S.S. a pu faire pour son industrie du Donetz parce qu'elle possédait, dans l'Oural et en Sibérie, des richesses minières surabondantes

auxquelles ne manquaient que des hommes et de l'outillage, l'Allemagne devait y renoncer pour sauver une industrie de guerre qui fondait sous les bombes.

C'est donc à un réseau ferré surchargé par le bouleversement complet de la répartition antérieure des transports que s'est appliquée, pendant plusieurs années, la plus formidable offensive aérienne que les Alliés aient exécutée. On conçoit la gravité de la crise qu'ils ont pu y provoquer, lorsque au trafic commercial ordinaire s'ajoutaient les besoins urgents des transports militaires.

La coupure des réseaux

L'attaque aérienne des voies ferrées peut viser divers résultats, plus ou moins accessibles, qui vont du simple ralentissement du trafic à la coupure totale du réseau desservant un secteur plus ou moins étendu, en passant par des destructions d'importance variable, du matériel roulant.

L'interdiction des transports ferroviaires dans un secteur, au sens du terme en artillerie lorsqu'on vise l'arrêt des transports à destination d'un front par des « tirs d'interdiction » sur les arrières, est une mission qu'on a demandée depuis longtemps au bombardement aérien.

On rappellera que l'aviation française avait entrepris d'empêcher ainsi l'exploitation du bassin de Briey, en 1914-1918, par le bombardement des gares périphériques, ce qui dispensait de détruire les usines. Le résultat fut sensiblement nul.

Il ne semble pas qu'il ait été très supérieur au cours des tentatives analogues, soit du côté allié, soit du côté de l'axe, jusqu'à la fin de 1943. On doit excepter cependant la campagne de Pologne, où la très grosse supériorité de la « Luftwaffe » permit de bloquer les transports polonais.

Le premier succès allié dans ce genre d'opé-

rations remonte à l'armistice italien de septembre 1943. Le problème était d'isoler l'Italie du Nord de l'Allemagne et de la France pour éviter, vers la Péninsule, un afflux de forces allemandes qui aurait gêné l'opération de retournement préparée entre Badoglio et le commandement allié en Méditerranée. La disposition géographique était particulièrement favorable en raison du nombre très restreint de voies ferrées au travers des Alpes. Le succès technique de l'opération fut complet; des effectifs modérés de bombardiers alliés coupèrent les lignes du Brenner, du mont Cenis, et la voie côtière. Mais on avait compté sans les troupes italiennes, et l'on n'avait pas prévu que la vingtaine de divisions allemandes stationnées en Italie pourrait désarmer les troupes de Badoglio et les expédier dans les camps de prisonniers au nord des Alpes.

L'opération fut reprise en janvier 1944 lors du débarquement d'Anzio. Là encore, la disposition du réseau ferré d'Italie centrale, à densité très faible, s'y prêtait parfaitement; la neutralisation des gares de Rome compliquait d'ailleurs le problème des transports allemands. Les effectifs d'avions engagés furent plus nombreux qu'en septembre 1943; la durée de l'opération fut augmentée. Aussi réussit-elle parfaitement, et les troupes allemandes ne purent contre-attaquer avant un aménagement défensif poussé de la tête de pont, qui permit de la maintenir contre les plus violents assauts. L'opération fut renouvelée, dans le même secteur, à la veille de l'offensive de mai 1944 qui porta les alliés de la ligne « Gustav » aux abords de Florence. Le général Cannan, commandant la 1^{re} « Tactical Air Force », pouvait annoncer, le 6 mai, qu'aucun train n'avait circulé depuis le 24 avril dans une zone s'étendant jusqu'à 225 km au nord de Rome.

A la même époque, l'exécution de la plus puissante et de la plus réussie des interdictions d'arrière battait son plein. C'était celle que

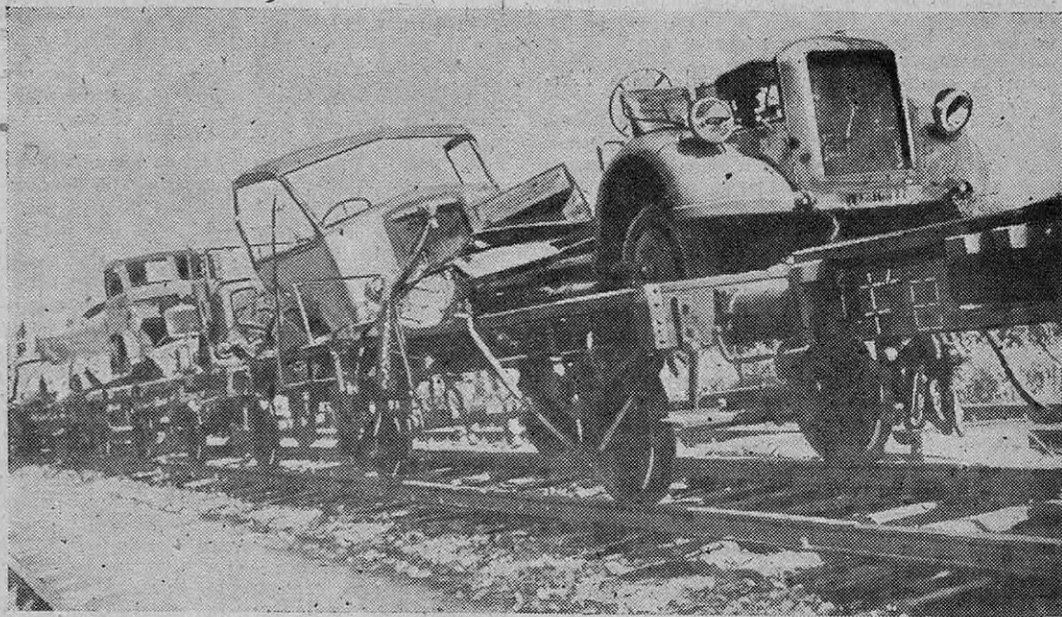


FIG. 5. — UN TRAIN D'AUTOMOBILES ALLEMANDES EXPÉDIÉ SUR LE FRONT FRANÇAIS ET ABANDONNÉ APRÈS UNE ATTAQUE À LA MITRAILLEUSE À BASSE ALTIITUDE, QUI MIT HORS DE SERVICE TOUS LES VÉHICULES SANS EXCEPTION (O.W.I.)

l'aviation alliée de Grande-Bretagne menait, depuis le début de mars, contre le réseau ferré de France et de Belgique. Vers le 15 avril, elle abandonna ses objectifs lointains pour se consacrer au pilonnage des gares de triage, puis, du 27 mai au 6 juin, détruisit la totalité des ponts sur la Seine et la Loire. L'interruption à peu près totale des communications par voie ferrée, combinée avec l'attaque des communications routières dans les trois jours qui précédèrent le débarquement, et avec l'action des F.F.I., eut des conséquences décisives sur le succès de celui-ci et sur les opérations ultérieures qui aboutirent à la reconquête de la France et de la Belgique.

Les mêmes bombardements visant à l'interdiction des arrières ont été repris à l'ouest après le rejet des armées allemandes sur la ligne Siegfried, aussi bien au cours des opérations offensives que défensives. Ils semblent avoir eu moins de succès si l'on en juge par les résultats obtenus en automne et au début de l'hiver. Ils n'ont été suivis, en effet, d'aucune percée foudroyante comme celle de juillet 1944 dans le Cotentin, et ne sont pas parvenus à bloquer instantanément la contre-offensive allemande dans l'Ardenne.

Mais il faut bien se représenter que la même réussite technique du bombardement d'interdiction ne pouvait donner les mêmes résultats en France et en Allemagne. Dans un cas, l'armée qui tenait garnison sur le rempart atlantique et occupait la France et la Belgique était disséminée sur de vastes étendues; elle recevait en grande partie ses renforts et ses approvisionnements d'Allemagne, quelquefois même des autres fronts. L'armée qui défendait la ligne Siegfried se battait sur le sol national, au voisinage immédiat de ses réserves du « Volkssturm », de ses usines à munitions; elle ne dépendait pas dans la même mesure de ses communications par voie ferrée. A la limite des resserrlements possibles, si la « Wehrmacht » n'avait plus tenu qu'un réduit où des civils devaient lui préparer, dans des usines souterraines, armes, munitions et équipement, sur la ligne même de combat, l'attaque des communications par voie ferrée n'aurait plus donné aucun résultat. Ce n'est pas autrement que les défenseurs de Léningrad ont tenu pendant plus de deux ans.

L'usure du matériel

On peut essayer de gêner les transports ferroviaires en visant à un résultat immédiat beau-

coup moins complet que la coupure totale et permanente d'un réseau, qui sera l'usure progressive du matériel roulant. L'objectif peut être soit les locomotives, soit les wagons.

Dans ce dernier cas, la destruction se complète souvent par celle du matériel transporté. Ce dernier effet était, au début, accessoire. Dans des régions comme l'Europe occidentale, où la durée moyenne de rotation d'un wagon est d'une semaine, le matériel qui brûle en même temps que le wagon ne représente évidemment qu'une fraction très faible de sa capacité de transport annuelle. La conclusion est différente pour les régions lointaines, aux lignes rares et difficiles, où la rotation du matériel est moins rapide. Tel était le cas, au début de 1944, pour

les transports allemands à destination ou en provenance des Balkans que l'aviation alliée d'Italie attaquait à Nich, à Sofia, à Bucarest. Tel était également le cas des transports de ravitaillement du front de l'Est attaqués par l'aviation soviétique lors des grandes offensives de l'armée Rouge.

Au surplus, à la cadence des destructions depuis le début de 1944, le parc européen de wagons a fondu rapidement, et la part du ma-

tériel de guerre qui a disparu avec les wagons incendiés était assez importante pour compléter utilement l'action directe contre les usines.

L'attaque des locomotives par des avions de chasse, puis par des appareils spécialisés avec armement de canons automatiques, a inauguré en 1942 cette méthode de lutte. Combinée avec le bombardement des établissements constructeurs de locomotives, elle a provoqué une crise très grave de transports au moment où l'Allemagne en avait le plus besoin; c'était celui où la « Wehrmacht » se battait dans le Caucase et sur la Volga. On peut en mesurer l'importance au fait que la production des locomotives dut être classée presque aussitôt en première urgence au même rang que celle des avions et des sous-marins. Il fallut cependant suspendre le trafic marchandises pendant la journée dans les secteurs les plus exposés, et se limiter aux transports de nuit jugés moins dangereux.

La destruction des wagons donne son rendement le plus élevé dans le bombardement des gares de triage. L'ensemble, arrosé à la bombe incendiaire, prend feu; la combustion est le plus souvent activée par le matériel transporté. La bombe incendiaire est particulièrement efficace contre le matériel roulant dont disposait l'Allemagne. Le parc européen de wagons ne



FIG. 6. — LE DÉPÔT DE LOCOMOTIVES DE LA GARE D'ARGENTAN TEL QU'IL APPARAÎSSAIT LORSQUE LES TROUPES AMÉRICAINES OCCUPÈRENT LA VILLE, LE 20 AOUT 1944 (O. W. I.)

comprend qu'une faible proportion de matériel entièrement métallique, ne serait-ce qu'en raison de la crise de métaux ferreux qui sévissait dès avant 1939 en Allemagne et surtout en Italie. Son renouvellement sous forme de wagons en acier, avec peinture ignifugée, eût été une parade convenable à la bombe au phosphore; mais la guerre devait être terminée avant qu'un progrès notable ait pu être fait dans cette voie.

L'arrêt progressif des transports par usure du matériel présente un gros avantage sur les autres opérations de bombardement. Il n'exige pas, en effet, l'expédition lointaine, avec accompagnement important de chasse, au cours de laquelle il est difficile d'éviter des pertes sérieuses. On peut se limiter aux gares les plus accessibles, à faible distance du front. L'aviation anglo-américaine n'a pas besoin d'aller chercher les ramés de wagons à incendier en Silésie ou en Bohême quand des centaines de milliers se trouvent concentrés au même instant à proximité de ses bases de départ, dans des gares où les autres viendront les remplacer après incendie.

Cette méthode de destruction simultanée du matériel roulant et des marchandises qu'il transporte présentait enfin un dernier avantage qui s'accroissait à mesure que les fabrications les plus importantes étaient transférées des usines détruites dans des ateliers souterrains. Le transport était obligatoirement fait à l'air libre, donc justiciable de la bombe d'avion.

Aussi, en dehors des usines d'aviation et des raffineries et fabriques de pétrole naturel ou synthétique, les gares ont été, pendant plus d'un an, l'objectif le plus important des avions britanniques, américains et soviétiques.

La bombe explosive

La bombe employée pour l'attaque de ces objectifs n'a pas subi de changements notables depuis les premières opérations contre les gares de 1914-1918 jusqu'à la fin de 1943. C'était la bombe explosive à corps résistant, à teneur d'environ 50 % en explosif, de poids moyen, 100 à 500 kg, munie d'une fusée à retard de quelques centièmes à quelques dixièmes de seconde, en somme la bombe explosive d'usage général, qui constituait les trois quarts des stocks de 1939 dans les grandes aviations. Il n'y avait aucune raison pour qu'une telle bombe convînt également à des objectifs aussi différents qu'un ouvrage d'art, une voie, un train en marche, une gare de triage, un atelier de réparations, etc. L'obstination à se servir de la bombe explosive d'usage général est l'explication principale des

résultats très modestes que l'attaque des réseaux ferrés a donnés jusqu'à la fin de 1943.

Ce type de bombe ne convient à vrai dire qu'à un seul de ces objectifs, qui est l'infrastructure, à l'exception des ouvrages d'art, c'est-à-dire la voie elle-même avec ses rails, ses aiguillages, ses traverses, son ballast, soit dans les gares, soit en dehors. Le corps de la bombe est assez résistant pour pénétrer dans le sol sans désorganiser la charge et l'amorçage; le retard de la fusée donne le fonctionnement convenable, c'est-à-dire l'entonnoir de vastes dimensions au milieu des voies. Mais la parade ne présentait pas la moindre difficulté; c'était la multiplication des équipes de voie et des dépôts de matériaux. En dehors des gares, les

voies coupées pouvaient être remises en état en quelques heures. Dans les grandes gares, si l'on n'employait pas des tonnages de bombes très importants, il restait le plus souvent des voies intactes où l'on pouvait dévier le trafic; dans l'hypothèse la plus désavantageuse, on remettait rapidement en état la voie la moins touchée; la réparation des autres voies rétablissait ensuite progressivement la situation normale.

Sans entrer dans une étude détaillée de la bombe la plus satisfaisante contre les ouvrages d'art, il est clair que la bombe d'usage général ne leur convient pas. La persistance à l'employer, faute de mieux, n'est pas une raison probante. Cette bombe n'est pas mieux adaptée à la maçonnerie, au béton, ou à la charpente métallique, qu'elle ne l'est à la destruction du fortin bétonné, contre lequel elle a cependant servi pendant plusieurs années. Les succès de la « Luftwaffe » et de ses « Stukas », payés d'ailleurs par l'épuisement progressif, en personnel et en matériel, de l'aviation allemande, pas plus que les victoires de la « Wehrmacht » après les percées ainsi réalisées dans les lignes de fortins bétonnés, ne doivent nous cacher les imperfections de ce type de bombe. Sa teneur en explosif est beaucoup trop élevée pour que le corps ait la résistance voulue à un début de perforation du béton, ou même de la maçonnerie et des grosses pièces de charpente métallique. On doit rappeler que le projectile contre béton, sur lequel toutes les artilleries s'étaient mises d'accord un peu avant 1914 et même jusqu'en 1918, avait une teneur en explosif de 10 % environ. D'autre part, la bombe d'usage général peut agir contre les ouvrages défensifs bétonnés dans des voies qui ne lui sont pas ouvertes lorsqu'il s'agit d'ouvrages d'art. La bombe pénétrant dans le sol à proximité immédiate d'un fortin léger peut le renverser ou le retourner par l'explosion; la multiplia-

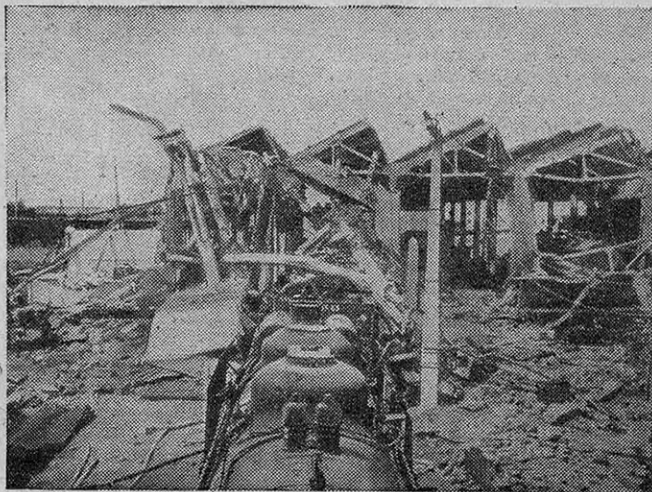


FIG. 7. — LA GARE DE MIRAMAS APRÈS BOMBARDEMENT AÉRIEN (O.W.I.)

tion des entonnoirs au voisinage d'un fortin suffit à masquer les vues ou le champ de tir des armes. Rien de semblable ne peut être escompté contre une pile de pont.

L'attaque du matériel roulant, wagons et locomotives, à la bombe explosive d'usage général prête à des critiques du même ordre. Il faut placer cet objectif dans la classe des matériels résistants, que le souffle n'incommode pas plus que les éclats légers, même à grande vitesse, ni les matériaux projetés hors d'un entonnoir. Si l'on voulait détruire le matériel roulant à la bombe explosive, il faudrait choisir un corps à parois très épaisses, à très faible teneur d'explosif, 2 à 3 %, avec une fusée instantanée provoquant l'explosion avant que la bombe ait pénétré dans le sol. Ce serait une transposition des projectiles d'artillerie lourde utilisés dès 1914 contre cet objectif de résistance équivalente qu'étaient les pièces en batteries non protégées. Mais un autre type, beaucoup plus efficace, a été mis au point avec la grosse bombe incendiaire dont il est fait mention dans le paragraphe suivant.

Le plus gros progrès de la bombe explosive en matière d'attaque des voies ferrées est la bombe à retardement dont l'emploi, au printemps 1944, servit de thème aux exposés de la propagande allemande. Aucun crime, à l'entendre, ne dépassait l'arrosage d'une gare de triage avec des bombes à retardement. On rappellera que l'emploi en grand de la mine à retardement, avec retard de fusée variant de quelques heures à un mois, fut une innovation allemande lors du repli sur la ligne Hindenburg du printemps 1917. La transposition à la bombe est également une innovation allemande. Elle est apparue fin 1940, lors des grosses opérations sur Londres de la « Luftwaffe ». Les bombes soufflantes et les bombes incendiaires étaient lâchées en mélange avec une forte proportion de bombes explosives à retard, qui compliquaient considérablement l'extinction des incendies et le sauvetage des sinistrés. Que l'aviation alliée ait retourné cet engin contre les gares de triage, voilà qui paraissait proprement inadmissible au Commandement allemand.

Il fallait voir dans cette orchestration non seulement l'exploitation d'un thème de propagande jugé efficace, mais encore la réaction du Commandement devant une arme tout aussi efficace, qui suffisait à elle seule à l'arrêt complet des transports ferroviaires à l'ouest. On aurait compté, dans les 24 heures qui suivirent l'attaque, 103 explosions retardées dans une des gares de triage de la proche banlieue parisienne. L'extinction des incendies, l'évacuation des carcasses de wagons brûlés, la réfection des voies sont évidemment très gênées par une telle arme. Elle doit interdire en fait la réutilisation pendant plusieurs jours de la gare de triage, c'est-à-dire d'un des éléments essentiels au fonctionnement normal d'un réseau ferré.

Ce n'est certainement pas le seul emploi intéressant de la bombe à retardement, ni dans les opérations aériennes, ni même dans l'attaque des voies ferrées. Les coupures en pleine voie, les destructions des têtes de tunnels... s'accommoderaient fort bien de ce type de bombes pour compliquer les opérations de remise en état.

La bombe incendiaire

La bombe incendiaire, en complément de la bombe explosive, a été employée dès 1939 par

la « Luftwaffe » dans l'attaque du réseau ferré polonais, puis dès 1940 dans l'attaque des gares françaises, belges et hollandaises qui fut une des premières opérations de l'offensive sur le front occidental.

Le succès ne fut pas brillant. On n'observa à aucun moment les incendies généralisés du matériel roulant concentré dans les grandes gares, tels que les aviations alliées les provoquèrent depuis sur le front occidental, le front oriental et le front méditerranéen, avec des tonnages de bombes du même ordre. L'échec tenait à l'infériorité de principe de la bombe genre Elektron, alors employée par l'aviation allemande. Pas plus qu'elle ne parvenait, en général, à déborder les services de la défense passive britannique affectés à la protection des villes, elle ne réussissait à incendier cet objectif certainement moins vulnérable qu'est le matériel roulant disséminé dans une grande gare. La lutte contre les débuts d'incendie était aisée, plus aisée même que dans les immeubles. D'autre part, la proportion des bombes qui se perdaient sur le sol au lieu d'atteindre un wagon dépassait largement la proportion des bombes tombant dans les rues d'une ville au lieu de toucher les immeubles.

Les renseignements manquent encore sur l'importance donnée à la bombe incendiaire dans l'attaque des grandes gares par l'aviation alliée au cours des années 1942 et 1943. On sait que l'aviation britannique remplaça alors la bombe genre Elektron par un type plus lourd, à hydrocarbures phosphorés, avec charge d'amorçage en poudre noire qui lui donna et continue à lui donner des résultats remarquables dans l'attaque des quartiers d'habitation. Le même type fut-il employé en grand contre les gares? On ne peut encore le dire. En tout cas, il n'était pas beaucoup mieux adapté que la bombe Elektron à l'incendie du matériel roulant dispersé. Le retard de la fusée était tout effet aux bombes qui n'atteignaient pas directement un wagon, et qui formaient la grosse majorité, même si la bombe du nouveau type pénétrant dans le wagon était plus efficace que la bombe Elektron. En tout cas, les photographies des grandes gares après bombardements, abondamment distribuées par les services de presse britanniques et américains, montraient que l'incendie ne prenait alors qu'une part négligeable dans les dégâts. Les wagons atteints par le feu restaient l'exception; les wagons déplacés, et probablement endommagés par les bombes explosives, étaient en nombre déjà plus élevé; mais les gros dégâts étaient infligés à l'infrastructure par les entonnoirs dont les bombes explosives semaient les faisceaux de voies.

Le gros progrès réalisé dans l'attaque des réseaux ferrés fut l'œuvre des bombes incendiaires de 500 livres de l'aviation américaine, dont le général Arnold fit part au début de janvier 1944. Simultanément, les communiqués allemands accusaient le coup, et reconnaissaient les dégâts importants provoqués par la bombe au phosphore dans l'attaque des gares de triage, notamment le 5 janvier à Munster; le communiqué américain du même jour signalait la dévastation des objectifs par d'importants incendies. Quelques semaines plus tard, des bombes de même type apparaissaient sur le front oriental; le communiqué soviétique du 19 février 1944, assez peu prolixe d'habitude sur le détail des destructions infligées à l'ennemi, relatait en ces termes le bombardement de la gare de Pskov : « Pendant la nuit du 18 février, d'importantes

formations aériennes ont attaqué le nœud ferroviaire de Pskov, où elles ont bombardé efficacement plusieurs douzaines de trains militaires embouteillés aux embranchements. Plus de 80 incendies ont été allumés et suivis par de grosses explosions. Plus de 15 convois ont été vus en flammes. A la fin du raid, tout le secteur du nœud ferroviaire était en feu.»

Le produit incendiaire de ces grosses bombes est certainement très voisin du même mélange hydrocarbures-phosphore des bombes britanniques qui présente l'avantage de l'inflammation spontanée et de la réinflammation après extinction si l'on n'a pas pris le soin de racler toutes les traces de mélange. Mais le rôle de la fusée est essentiel; c'est évidemment une fusée instantanée qui répartit le chargement des bombes de 500 livres sur les wagons voisins avant que la bombe ait pénétré dans le sol.

Les résultats obtenus sont certainement remarquables. On doit en croire sur ce point les communiqués qui a confirmés l'extension considérable donnée à ce genre d'opérations. Au surplus, les photographies de ces bombardements indiquent nettement de très grands foyers d'incendies qui se développent à l'emplacement où la photo prise quelques instants avant avait montré des rames de wagons.

Les résultats de l'attaque

En 1916, des soldats curieux, qui voyaient fumer de leurs tranchées les usines du bassin de Briey où l'on fabriquait l'acier qu'ils recevaient ensuite sous forme de projectiles, firent intervenir leurs députés pour qu'on en fit l'objectif de quelques expéditions de bombardement. On dépêcha au Quartier général intéressé une compétence, sous la forme du directeur de l'une des usines en cause. Il n'eut aucune peine à démontrer que les établissements métallurgiques étaient insensibles à la bombe et que le seul moyen d'en empêcher l'exploitation sans gaspiller les avions et leurs équipages était d'arrêter l'évacuation des produits par le bombardement des gares périphériques du bassin. Si l'on avait consulté, en guise de compétence, un chef de gare, le plan de bombardement eût certainement été autre.

Toujours est-il qu'on l'exécuta consciencieusement pendant des mois; l'opération fut même, de beaucoup, la plus importante de celles qu'on demanda en 1914-1918 à l'aviation française



FIG. 8. — UNE ESCADRILLE DE MARTIN B-26 « MARAUDER » BOMBARDE UN NŒUD DE VOIES FERRÉES DERRIÈRE LES LIGNES ALLEMANDES, EN FÉVRIER 1945

de bombardement. La photographie aérienne n'était certainement pas aussi perfectionnée qu'aujourd'hui. Ou peut-être le contrôle systématique des bombardements n'était-il pas encore organisé. Aussi est-ce seulement après la guerre, et par relevé individuel des points de chute, qu'on entreprit une étude complète des résultats obtenus. Elle ne fut guère encourageante; on trouva des entonnoirs de bombes à plusieurs kilomètres, mais assez peu dans les gares. En tout cas, le trafic de Briey n'avait subi aucune perturbation appréciable. L'étude fut publiée dans la « Revue des Forces Aériennes »; c'était même l'une de celles qu'invoquaient les esprits conservateurs contre ceux qui osaient annoncer qu'on détruirait, un jour, une gare ou une ville à la bombe.

Quelles que fussent ses intentions, le directeur des usines de Jœuf était un précurseur; il ne lui manquait, pour arrêter l'évacuation des marchandises sans toucher aux usines, que les grosses bombes à hydrocarbures phosphorés et

à fusée instantanée, et un millier de quadrimoteurs de 30 tonnes pour les porter à destination. Aujourd'hui, il n'est plus nécessaire de démontrer, aux Français surtout, l'efficacité du bombardement aérien des réseaux ferrés. L'Allemand de l'Est, qui devait fuir à pied cet hiver sur les routes enneigées, a dû le comprendre tout aussi bien.

Du point de vue des opérations militaires directes, certaines opérations d'interdiction des transports ferroviaires ont eu, en Italie, des résultats décisifs. En France, l'impuissance du Commandement allemand à redresser la situation au lendemain du débarquement de Normandie, puis lors de la percée américaine dans le Cotentin, est due pour la plus grande part à la paralysie de ses transports, attribuable aux destructions d'ouvrages d'art et de matériel roulant.

Mais on n'apprécie pas toujours les conséquences de cette paralysie quant aux conditions d'évacuation de la France par l'occupant. Assurément, les destructions causées par les bombardements de gares ont été importantes; leurs effets ne sont pas encore réparés. Mais le Français sait faire la part des différentes causes de ses malheurs actuels; le Parisien a parfaitement observé que les voies ferrées, qui ne pouvaient pas amener le beurre de Normandie jusqu'à la capitale, avaient débité un tonnage de pommes comme il n'en avait jamais vu.

En même temps qu'il avertissait les populations de France et de Belgique de la multiplication prochaine des attaques contre les voies

ferrées, le Commandement allié avait présenté par la voie de la B.B.C., en avril 1944, un plaidoyer discret sur la nécessité de ces destructions. L'expérience faite, on peut aller beaucoup plus loin et soutenir que, sans elles, le Français aurait eu à souffrir infiniment plus dans sa personne et dans ses biens. On sait que, en dehors de quelques destructions de gares qui intéressaient les arrières immédiats des troupes sur le front, l'aviation soviétique a été employée d'une façon très différente de l'aviation anglo-américaine sur le front occidental. L'appui « tactique » des troupes en ligne remplaçait le travail « stratégique » à grande distance. A l'est, il n'y a pas eu d'opérations comparables à l'offensive du printemps 1944 contre les communications ferroviaires en France et en Belgique. Or il faut bien observer que, malgré la puissance des offensives soviétiques, l'armée allemande a pu presque toujours évacuer avec elle la partie valide des populations et pratiquer la méthode de « la terre brûlée ». Croit-on que, sans la paralysie de ses transports, elle n'eût pas fait en France ce qu'elle a fait en Ukraine, en Pologne, en Hongrie? Si l'occupant a dû finalement abandonner la France en emportant quelques dizaines de milliards de billets, mais en laissant le bétail, les machines, la laine des matelas et autres produits qu'on n'a point abandonnés à l'envahisseur, même dans l'Italie alliée, rendons-en grâce aux moyens de transport qui manquaient.

Camille ROUGERON.

La pénicilline est rapidement éliminée par l'organisme, ce qui oblige à l'administrer en injections rapprochées, en général toutes les quatre ou six heures. (On la donne peu par la bouche parce qu'une partie en est alors détruite par les ferments digestifs, d'où un gaspillage regrettable d'un produit rare et coûteux.) Une nouvelle méthode de traitement par la pénicilline vient d'être mise en application en Angleterre par le bactériologiste Frank Alexander Knott et le technicien de laboratoire W. H. Clark, du Guy's Hospital de Londres. Elle consiste à charger l'air de la chambre du malade ou de la salle d'hôpital de pénicilline portée par un brouillard artificiel, pour permettre aux patients de respirer directement le médicament.

Depuis une dizaine d'années, l'administration de médicaments inhalés sous forme d'un fin brouillard (aérosol) a été expérimentée sur une large échelle. On cherche ainsi : 1° à se dispenser des piqûres pour les médicaments que l'on ne peut donner par la bouche parce qu'ils sont détruits par les sucs digestifs; 2° à réaliser une pénétration continue ou du moins prolongée de médicaments qui s'éliminent rapidement; 3° à obtenir dans les voies respiratoires de fortes concentrations médicamenteuses.

Il était donc logique d'essayer d'administrer la pénicilline sous forme d'aérosol, après l'avoir mise en suspension dans le propylène-glycol, très utilisé comme véhicule en pareil cas. Les essais faits en Angleterre ont montré que la pénicilline conserve, dans ces conditions, son pouvoir antimicrobien pendant 90 minutes et que la respiration de l'air « pénicillinisé » ne s'accompagne d'aucune gêne. Pratiquement, ce mode de traitement par la pénicilline pourrait convenir aux malades atteints de bronchite ou de pneumonie, soit qu'ils soient groupés dans une même salle, soit que l'on utilise de petites tentes individuelles. En chirurgie, une suspension de pénicilline dans l'air pourrait aussi être précieuse dans le cas où les risques d'infection secondaire sont élevés.

DE L'INFINIMENT GRAND A L'INFINIMENT PETIT

Télescope et cyclotron géants

C'EST dans l'état de Californie, aux Etats-Unis, à près de 1 000 km l'un de l'autre, que se trouvent les deux plus grands appareils pour explorer, l'un le ciel, l'autre l'atome.

L'observatoire du mont Wilson à Pasadena (Californie) possède un télescope qui mesure déjà 2,50 m de diamètre. Cet instrument est jugé aujourd'hui trop modeste dans son rayon d'action. Les lumières de Los Angeles, au pied de la montagne, gênent également les poses de longue durée en voilant les plaques. D'autre part, sa monture ne permet pas de scruter le ciel près du Pôle Nord. Aussi les fondations Rockefeller et Carnegie ont-elles décidé de fournir les crédits nécessaires (6 millions de dollars) pour la construction d'un nouvel observatoire géant au mont Palomar (Californie), à 140 km de Pasadena et à 2 000 m d'altitude. Cet observatoire sera garanti contre le risque futur d'établissement d'une agglomération urbaine du fait que des milliers d'hectares ont été acquis tout autour. Un télescope de 5 m de diamètre (17 m de long), dont le miroir n'est pas achevé du fait des hostilités, logera bientôt dans la coupole circulaire (fig. 1) qui est due aux ingénieurs des chantiers navals américains. Avec cet instrument, les astronomes franchiront encore quelques milliers d'années-lumière supplémentaires dans l'espace et atteindront les mystérieuses et lointaines galaxies qui y gravitent. Le volume de l'espace accessible sera 30 fois plus grand que celui exploré jusqu'ici. Les astronomes pourront ainsi donner une réponse au problème de l'expansion de l'Univers.

La figure 2 représente l'état actuel du nouveau Laboratoire des Radiations du professeur E. O. Lawrence à Berkeley, sur la baie de San Francisco (Californie). On y voit, au centre, l'armature de l'électro-aimant de 4 000 tonnes d'un

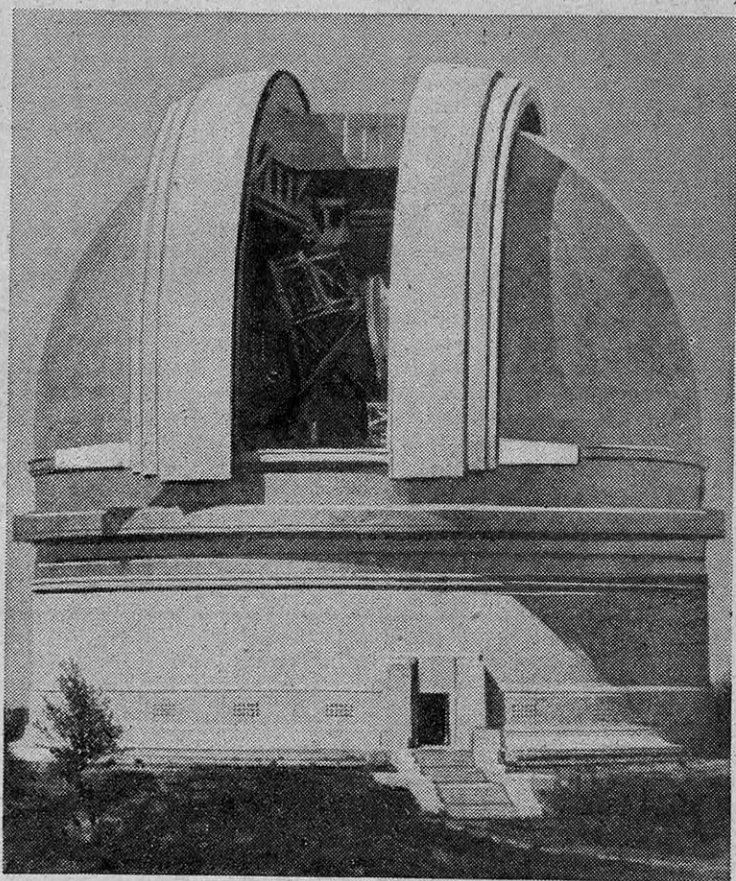


FIG. 1. — LA COUPOLE DE 47 M DE DIAMÈTRE, PESANT PLUS DE 1 000 T, QUI ABRITE LE PLUS GRAND TÉLESCOPE DU MONDE (5 M DE DIAMÈTRE) A L'OBSERVATOIRE DU MONT PALOMAR

nouveau cyclotron géant, dont les pièces polaires auront un diamètre de 5 m. C'est le neuvième ou le dixième des modèles, chacun plus puissant que le précédent, construits sous la direction de Lawrence. Ce savant qui a déjà donné un démenti aux théoriciens trop sûrs d'eux-mêmes et de leurs calculs, en dépassant les « limites » que la variation relativiste de la masse des particules accélérées paraissait imposer à la puissance des cyclotrons, démontrera cette fois que, par une réalisation technique adéquate, on peut compenser l'asynchronisme dû à cette variation de la masse.

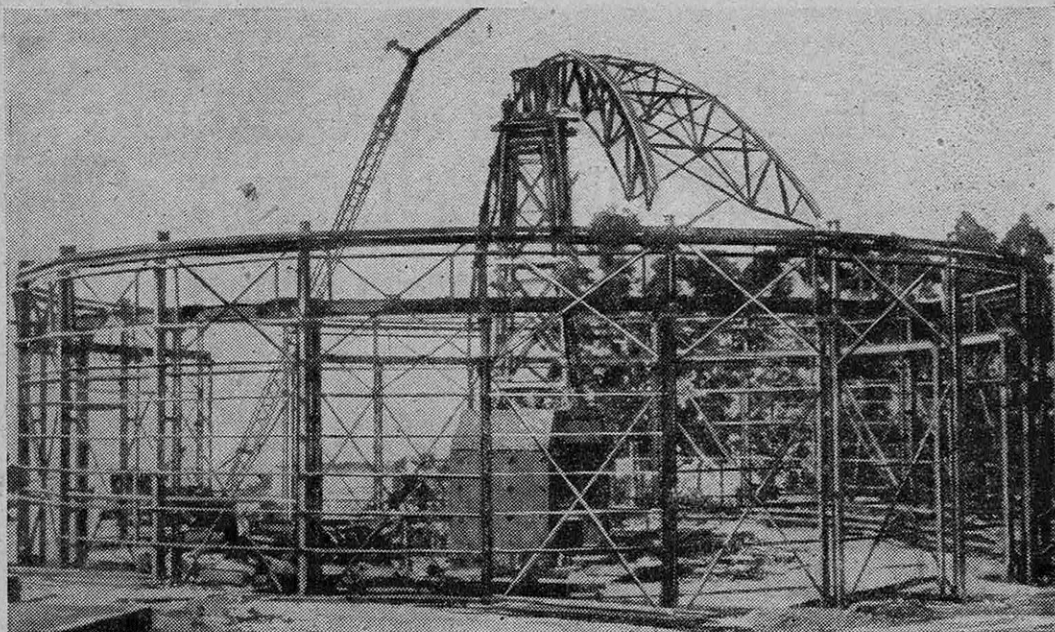


FIG. 2. — LE NOUVEAU LABORATOIRE DES RADIATIONS DE BERKELEY (CALIFORNIE) AURA 30 M DE HAUT ET 53 M DE DIAMÈTRE

L'électro-aimant du cyclotron de 5 m de diamètre, visible au centre, pèse 4 000 tonnes. Ce laboratoire engloutira près de 2 millions de dollars.

Lawrence pense atteindre avec ce cyclotron des énergies de l'ordre de 100 millions d'électrons-volts (1), alors que les autres cyclotrons

(1) L'électron-volt est l'énergie qu'acquiert un électron (ou toute particule portant une charge élec-

existants ne dépassent pas 30 millions d'électrons-volts, et pouvoir sonder ainsi plus profondément le noyau atomique.

trique unité) franchissant une différence de potentiel de 1 volt.

Les experts de la Standard Oil of New Jersey ont préconisé un changement progressif de la structure de l'industrie américaine des carburants qui devrait, selon eux, s'orienter vers la production synthétique à partir du charbon, le traitement des sables bitumineux, celui de l'huile de schiste et des gaz naturels. Au rythme de la consommation actuelle, les réserves américaines de *charbon* sont évaluées à 25 siècles; toutes les recherches scientifiques ont été faites et tous les préparatifs techniques sont au point pour passer, dès qu'il le faudra, à la production synthétique à grande échelle (plusieurs usines de liquéfaction du charbon existent d'ores et déjà). On estime d'autre part, que les *sables bitumineux* de la partie septentrionale du Saskatchewan, au Canada, contiennent plus de 100 milliards de barils d'huile; une très petite partie seulement est en exploitation. Quant aux *schistes* de l'ouest des Etats-Unis, ils ont une teneur moyenne en huile de 10 %, et on estime qu'ils représentent une réserve cinq fois plus importante que celle des gisements pétroliers actuellement reconnus. L'exploitation systématique des *gaz naturels*, enfin, insuffisamment utilisés aujourd'hui, correspondrait à une augmentation de 50 à 60 % des réserves de pétrole. Ainsi, même en supposant que soient correctes les évaluations des experts du gouvernement américain, pessimistes quant à l'épuisement des réserves pétrolières, et qu'il faille, dans un avenir plus ou moins proche, compter sur un ralentissement de l'extraction des gisements, on voit que l'industrie américaine des carburants dispose, sur son propre continent, de réserves véritablement inépuisables.

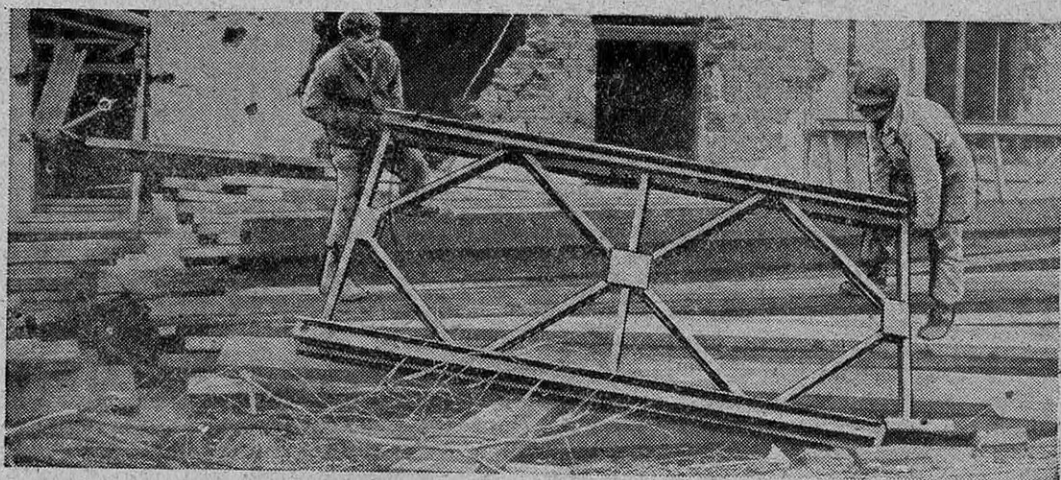


FIG. 1. — UN PONT BAILEY EST CONSTITUÉ PAR L'ASSEMBLAGE D'ÉLÉMENTS IDENTIQUES DONT CHACUN PEUT ÊTRE PORTÉ PAR SIX HOMMES (LA SECTION STANDARD CI-DESSUS PÈSE 270 KG) (O. W. I.)

LA " BATAILLE " DES PONTS

par Charles BRACHET

Le pont a joué de tout temps un rôle capital dans la guerre. C'est la défense et la coupure d'un pont qui fit d'Horatius Coclès le héros de nos versions latines; c'est le pont d'Arcole qui conduisit Bonaparte à la victoire et le pont de bateaux de la Bérésina qui le rejeta vers la défaite. En juin 1944, nos esprits furent tous suspendus au développement — dont toute la libération dépendait — de la « tête de pont » établie sur la Manche par la technique herculéenne des ports artificiels comportant des caissons géants qu'on immergeait après une traversée de plus de 100 milles marins et d'interminables wharfs de débarquement établis en quelques heures par le simple alignement de ponts de bateaux préparés en série. On sait quel atout de première grandeur figura « le pont Ludendorff » sur le Rhin, à Remagen, pour les Américains qui purent l'utiliser intact parce que les Allemands ne pouvaient s'en détacher. Couper et rétablir des ponts aussi vite que possible, voilà donc une technique guerrière dont la virtuosité devait, en raison même de son importance, aller en croissant, à mesure que ponts et viaducs enjambaient les fleuves et les vallées avec des portées et des puissances accrues. En sorte que, si nous prenons au sens littéral l'expression courante des troupes du génie américain : « nous avons gagné la bataille des ponts », il est naturel de trouver aujourd'hui l'équipement des modernes pontonniers à l'échelle même des armes du combat : aviation, chars, artillerie, train des équipages. Mais le point de vue civil, qui prime le militaire une fois les troupes libératrices passées, ne nous intéressera pas moins, puisque c'est celui du ravitaillement et finalement du rétablissement des communications normales qui préfigurent la paix.

Les ponts Bailey

LA grande révélation de cette guerre en matière de ponts fut, sans contredit, au moment de la libération, celle des ponts Bailey, entièrement constitués par 4 ou 5 éléments normalisés, dont l'assemblage s'effectue comme celui des éléments similaires du jouet bien connu « Le Meccano »; les ponts Bailey échelonnent leurs possibilités depuis la passerelle toute simple jusqu'aux ponts d'une

puissance de 80 tonnes qu'exige le passage des plus lourds chars d'assaut.

Le problème fut posé dès 1940 par le génie britannique à ses techniciens. Il était avéré qu'aucun des modèles de ponts militaires prévus jusqu'en 1940 n'était capable de supporter le poids de plus en plus considérable des chars d'assaut. Le tank « Churchill » supérieur à 24 tonnes, qu'on préparait pour le débarquement, ne figurait, du reste, que le minimum de puissance auquel il fallait atteindre. Aujourd-

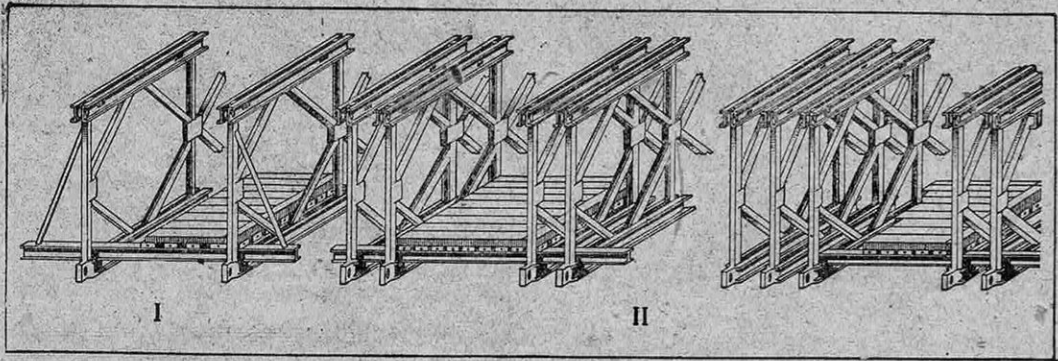


FIG. 2. — TEL LE JOUET « MECCANO », LE PONT BAILEY SE PRÊTE A DE MULTIPLES COMBINAISONS SUIVANT LE POIDS DES VÉHICULES QUI DOIVENT LE FRANCHIR

I. Pont simple à un seul élément; — II. Les éléments verticaux sont doublés ou triplés; le renforcement peut également s'effectuer dans le sens vertical (fig. 3).

d'hui ce sont des chars de 78 tonnes qui doivent franchir les ponts de campagne improvisés et qui les franchissent effectivement.

D'autre part, le modèle standard réclamé par le Royal Corps of Engineers devait pouvoir s'adapter éventuellement au renforcement des ponts permanents que l'on rencontrerait en pays libéré, et qui, très souvent ne présenteraient pas eux-mêmes la puissance nécessaire.

Ce fut un ingénieur civil, Mr. Bailey, qui apporta la solution la plus pratique et même, peut-on dire aujourd'hui, définitive, non sans avoir procédé à une longue série d'expériences faites en collaboration avec les techniciens militaires britanniques, expériences modèles de « rationalisation », comme nous disons en français.

Il fut posé en principe que pas une pièce élémentaire du futur montage ne pourrait dépasser, en poids, la charge maniable par une équipe de six hommes. En dimensions, ces pièces devaient pouvoir contenir dans un

camion de trois tonnes, puissance assez modeste, comme on voit. Le Royal Corps of Engineers avait, en effet, constaté, non sans impatience, l'inconvénient que comportaient les camions spécialisés dans le service des pontonniers. D'une part, ce train d'équipage trop spécial était le plus souvent inutilisable pour les autres transports, divers, imprévus, d'usage militaire. D'autre part, en leur absence, seules les plus grosses unités automobiles pouvaient les suppléer, et les camions de gros tonnage ne sont pas souvent disponibles au moment opportun. Le camion d'usage courant, de 3 tonnes, fut donc choisi comme transporteur du futur matériel normalisé. En sus de ces conditions de poids et de dimensions, d'autres intervenaient, concernant les coefficients de résistance de chaque élément autant que de leurs différents assemblages. Il nous est malheureusement impossible, devant les nécessités du secret auxquelles s'astreignent les autorités militaires britanniques, de fournir aucun renseignement numérique sur ces intéressantes données du problème. Le lecteur devra se contenter de ses propres appréciations, « à vue d'œil », c'est le cas de le dire — qu'il pourra retirer des documents photographiques ci-joints, que nous lui présentons avec l'autorisation du Royal Corps of Engineers.

La série de ces photographies montre, du reste, clairement, la méthode de montage et de lancement des ponts Bailey.

Le panneau standard mesure 1,50 m de haut, sur 3 m de large.

Etant donné la « coupure » à franchir, les sapeurs spécialistes construisent sur cette dimension une première poutre prolongée d'une excroissance importante mais aussi légère que possible, le « nez » de la passerelle. L'ensemble rigide ainsi réalisé formant cantilever (porte-à-faux) est poussé, soit sur rouleau fixe, soit sur boggie jusqu'à ce que le nez atteigne le bord opposé de la coupure, où un second rouleau-porteur l'attend. Une fois que le corps de la passerelle a atteint sa position définitive, reposant par ses extrémités sur les culées, ou par son corps central sur les piliers de l'ancien pont écroulé, ou, plus simplement encore, sur le sol ferme de la route qu'il s'agit de rétablir, on déboulonne la portion parasite, le « nez », dont le rôle seulement utile au lancement est à présent terminé. Et le passage se trouve rétabli. C'est là le pont Bailey le plus élémentaire.

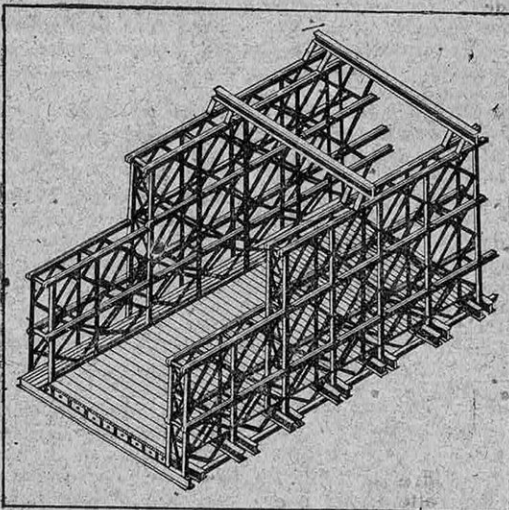


FIG. 3. — LE RENFORCEMENT D'UN PONT BAILEY PEUT S'EFFECTUER EN ASSEMBLANT LES ÉLÉMENTS LES UNS AU-DESSUS DES AUTRES

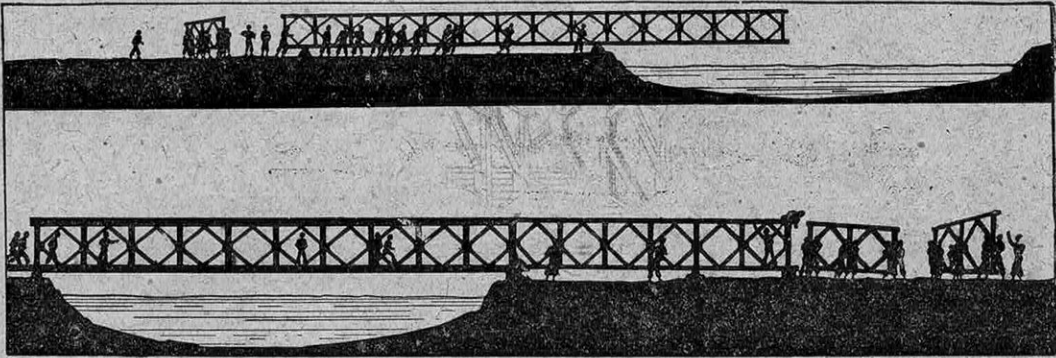


FIG. 4. — LES DEUX PHASES DE L'ÉTABLISSEMENT D'UN PONT BAILEY

En haut : le lancement du « nez ». Au fur et à mesure que celui-ci s'avance sur des rouleaux, de nouveaux éléments sont boulonnés à l'arrière afin que la partie en porte-à-faux ne puisse basculer. En bas : le pont, avec son tablier, a suivi le « nez » qui a continué à rouler sur la rive opposée, et il est ancré au sol. Le « nez » est alors démonté.

Mais on peut doubler l'ensemble d'un tel dispositif. Dans ce cas, la poutre sera établie par juxtaposition de deux panneaux élémentaires sur chacune de ses joues. Ces panneaux pourront encore être doublés par superposition. Ils pourront enfin être triplés soit en juxtaposition, soit en superposition. Dans ces cas, de renforcement croissant, le « nez » de lancement sera dégradé en conséquence afin d'assurer sous le minimum de poids supporté en porte-à-faux le contact avec le bord opposé de la coupure. On peut voir, sur nos photographies, l'exemple d'un semblable pont Bailey, établi par doublage de ses éléments, autant en juxtaposition qu'en superposition. C'est un tel pont qui peut recevoir des unités roulantes de 80 tonnes.

Pour donner une idée seulement de la vitesse de montage et de lancement d'un pont Bailey, disons qu'il suffit de quatre heures de travail à une équipe de 50 hommes exercés, pour rétablir une coupure de 25 mètres.

Notons, d'ailleurs, que, s'il était nécessaire, on pourrait quadrupler le montage élémentaire, mais c'est d'autant plus inutile que la solution d'une seule portée rigide n'est pas la seule possible, ni même souvent la meilleure. Très souvent le génie militaire des alliés se sert du pont Bailey à la manière classique des ponts de bateaux. Les pontons, de taille imposante, isolés ou accouplés, supportent alors telles portées que l'on désire d'un pont Bailey dont les travées, rigides, n'ont plus les inconvénients des tabliers des ponts de bateaux ondulant au passage des poids lourds. La descente de la berge sur le pont et la remontée se font par des rampes inclinées amarrées au rivage, en sous-pesse, et glissant sur des rouleaux. Un tel système épouse évidemment les variations de niveau éventuelles du cours d'eau.

Mais il y a mieux : ce système est utilisé sur les rivages de l'océan pour relier à la terre les débarcadères dont nous avons parlé. Il suit avec docilité les mouvements de la marée.

Enfin, un tronçon de pont Bailey, posé sur des pontons transversaux, constitue éventuellement un bac de très grande capacité. Il n'est donc pas besoin, en toute rigueur, de construire la totalité du pont de bateaux pour passer un char d'assaut d'une rive à l'autre d'un fleuve important. Les rampes d'accès peuvent être solidaires du bac : une seule, d'ailleurs,

est suffisante, si on prend la peine de faire évoluer le radeau en tête-bêche, durant le passage.

Aussi, voit-on, le montage imaginé par l'ingénieur Bailey se présente-t-il comme le maître-Jacques du genre, depuis le rétablissement des viaducs ferroviaires jusqu'au passage improvisé d'un bras d'eau. Il n'est pas douteux que cette formule de pont militaire doive être tenue pour définitive par tous les corps du génie.

Les brèches ouvertes par la guerre dans les ponts de France

Les rétablissements opérés par les armées alliées ne concernent, évidemment, que les routes stratégiques. Or, les ponts, tant ferroviaires que routiers, coupés par l'Allemand en fuite ou par les bombardements, sur l'ensemble du territoire, laissent la France dans un état de morcellement à peine concevable pour qui ne se réfère pas aux rapports officiels de l'administration qui se trouva aussitôt mise en demeure de réparer les dégâts par des moyens de fortune.

Voici l'état de ces dégâts recensés au 31 décembre 1944 avec, comme repères comparatifs, les ravages du même ordre, laissés par la guerre au lendemain des deux armistices, celui de novembre 1918 et celui de juin 1940 :

À la fin de la guerre de 1914-18, la destruction des ponts routiers concernait seulement 12 départements avec 2 091 ponts, cumulant une longueur totale de brèche d'environ 25 kilomètres.

En 1940, à la suspension des hostilités, le nombre des départements atteints était de 60, avec 2 500 ponts routiers, totalisant une brèche ouverte de 72 kilomètres.

Au début de 1945, les 87 départements dont la libération a permis le recensement révèlent la destruction de 4 010 ponts routiers, le double du chiffre de 1918. La brèche qu'ils représentent n'atteindrait, il est vrai, que 90 kilomètres.

La destruction des ponts urbains fut particulièrement catastrophique dans les grandes villes qui figurent toujours des nœuds de communications. Des 24 ponts qui, tant sur la Saône que sur le Rhône, faisaient l'orgueil de Lyon, 22

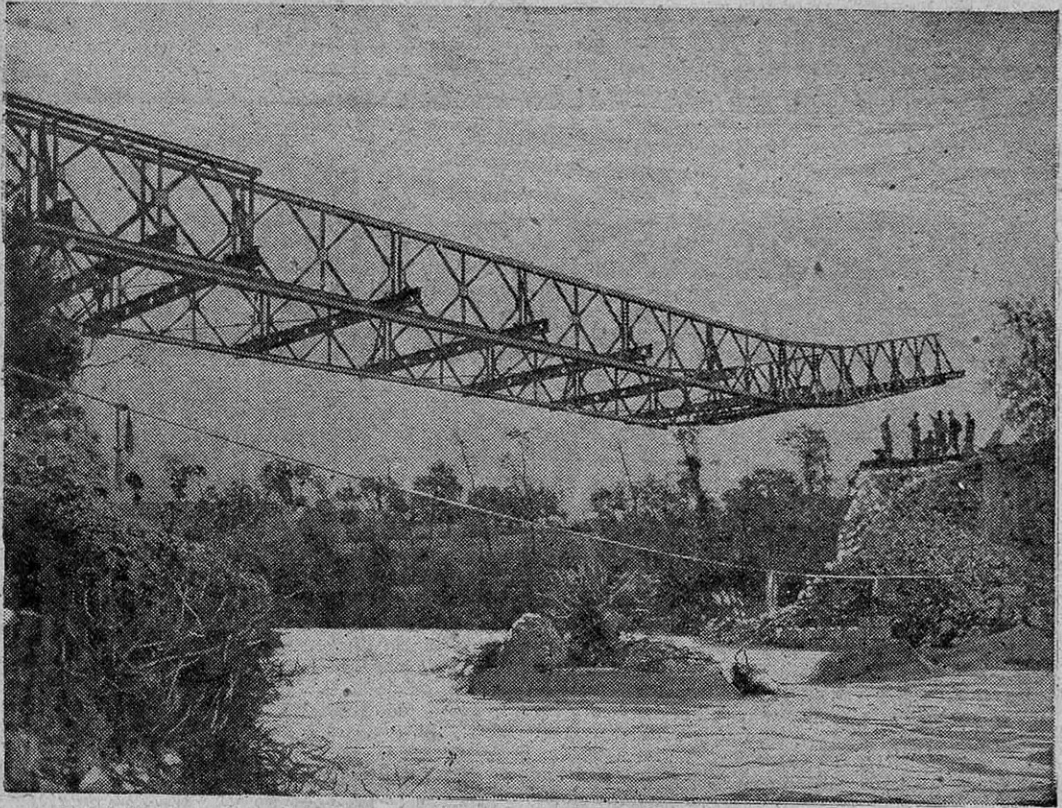


FIG. 5. — LE « NEZ » DE LA PASSERELLE D'UN PONT BAILEY, AUSSI LÉGER QUE POSSIBLE, EST LANCÉ PAR-DESSUS LA RIVIÈRE A FRANCHIR

ont été détruits, ainsi que les 3 viaducs de chemin de fer. Le miracle est bien que tous les ponts de Paris aient été épargnés.

Un si grand nombre de destructions ont littéralement morcelé la France. C'est ainsi qu'au début de septembre 1944, tous les ponts, depuis l'embouchure de la Seine jusqu'à Nogent-sur-Seine inclus, se trouvaient détruits, à l'exception des ponts parisiens que leur situation au cœur de la ville protégea des bombardements alliés, tandis que l'ennemi les réservait, peut-être, en vue d'une retraite qui, fort heureusement pour la Capitale, a pris d'autres chemins.

La vallée de la Loire ne fut pas mieux épargnée; 46 grands ponts routiers étaient détruits à partir de Nantes. Pour trouver un passage intact, il fallait remonter jusqu'à Nevers.

Dans le sud-est, toute la bande de territoire délimitée, de Besançon jusqu'à la mer, par la frontière suisse, par celle des Alpes, par le Doubs, la Saône et le Rhône, se trouvait complètement coupée du reste de la France, avec la destruction de tous les ponts du Rhône, de la Saône et du Doubs, sauf les deux ponts lyonnais, déjà cités, sur la Saône. Au total : 148 ouvrages à rétablir.

Mais le littoral méditerranéen était lui-même isolé de cette bande par la coupure de 21 ponts sur la Durance entre Avignon et Tallard. Seul, le pont de Manosque subsistait, mais seulement utilisable à trafic réduit.

Quant à la région niçoise, elle était isolée par la coupure du pont routier et ferroviaire du Var.

Ce morcellement du territoire isolait donc complètement Paris du centre et du sud de la France. De plus, dans une quarantaine de départements, de très nombreuses liaisons locales indispensables à la vie administrative et économique des populations étaient coupées.

Au fur et à mesure de la libération du territoire, les services des Ponts et Chaussées se sont immédiatement appliqués à rétablir les ponts. Non pas, inutile d'y insister, avec un matériel spécialisé, ni même normal, mais avec des moyens de fortune et les rares matériaux préservés des réquisitions allemandes.

Le maillage très serré du réseau routier de la France donnait, par contre, le maximum d'aisance pour les détournements d'itinéraires et par suite pour dégager les chantiers difficiles. Et ce fut une immense floraison de « ponts provisoires ». Là où la longueur de la brèche rendait impraticable la construction d'un pont provisoire, des bacs furent établis; on recommença à pouvoir circuler en France.

Le 15 octobre 1944, pour 20 départements recensés, la situation était la suivante :

Ponts réparés.	5
Ponts provisoires et passerelles en service.	74
Bacs en service.	37
Ponts provisoires en construction.	33

Un mois plus tard, le 15 novembre, pour 70 départements recensés, la situation était devenue :

Ponts réparés.	67
Ponts provisoires et passerelles en service.	1 200

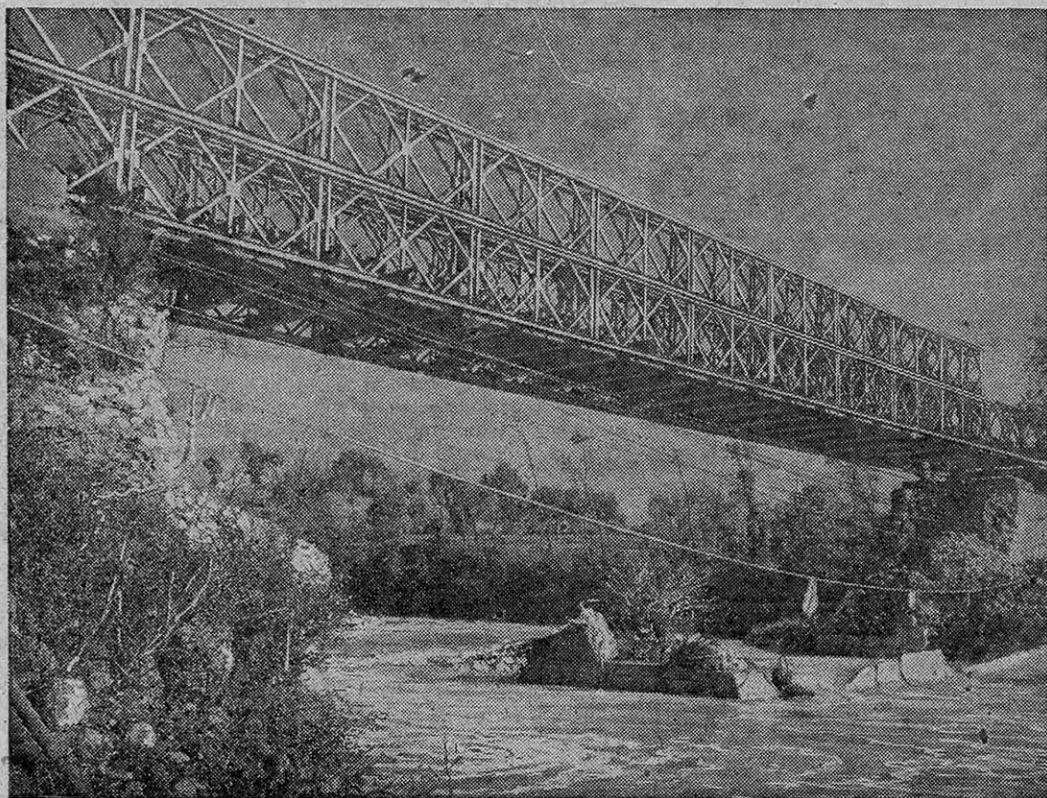


FIG. 6. — UN PONT BAILEY DE GRANDE PUISSANCE ÉTABLI SUR LE VOLTURNO, EN ITALIE
On voit que les éléments en sont doublés à la fois horizontalement et verticalement.

Bacs en service.	70
Ponts provisoires en construction.	175
Au 15 janvier 1945, l'amélioration était beaucoup plus sensible, puisque pour 85 départements, on avait :	
Ponts réparés.	154
En cours de réparation.	209
Ponts provisoires et passerelles en service.	1 877
Ponts provisoires en construction.	322

Fin novembre 1944, sauf quelques détournements locaux aux abords du Rhône et de la Dordogne, la circulation était rétablie sur les grands itinéraires routiers. Un camion de 12 à 15 tonnes pouvait atteindre n'importe quel point de la France. Il ne restait plus, au début de 1945, qu'à renforcer certains passages de manière à permettre graduellement le franchissement de la Seine, de la Loire, du Rhône et de la Dordogne aux gros poids lourds qui se trouvaient encore arrêtés par la faiblesse des ouvrages provisoires. Les crues de fin novembre ont gêné le travail, elles ont même détruit quatre ponts provisoires déjà établis. Maintenant, la belle saison étant arrivée, on peut dire qu'est terminée la première phase du travail : construction d'ouvrages provisoires récents, rétablissement des ponts provisoires établis en 1940, remise en état des ponts définitifs quand elle s'avérait possible.

La seconde phase, de longue haleine, comporte les reconstructions définitives sur les itinéraires importants ou relatives à des ponts provisoires reconnus d'une sécurité insuffisante.

Son avancement ne dépend plus que d'un facteur : la quantité des matériaux disponibles.

Le travail de nos ingénieurs par des moyens de fortune

En cette matière de rétablissement d'urgence d'un pont coupé, il ne peut être question que de cas d'espèce. Rien n'est plus dissemblable que les conditions du travail suivant le site, la nature du terrain, le genre de l'ouvrage détruit.

C'est précisément le mérite de l'ingénieur Bailey d'avoir recouvert le maximum de ces conditions diverses par l'invention de son pont-à-tout-faire. Mais, ni le génie militaire français, exproprié de son matériel par l'occupant, ni la S.N.C.F., ni l'administration des Ponts et Chaussées ne peuvent opérer autrement que par moyens de fortune.

Pour les chemins de fer, cependant, dont les viaducs comportent nécessairement un minimum de normalisation, on pouvait, avec un peu d'ingéniosité, esquisser quelques opérations méthodiques valables pour la plupart des cas. C'est bien à quoi sont parvenus les ingénieurs de la S.N.C.F. en créant un wagon-grue capable de mettre en place des poutrelles en double T, de 1 mètre de hauteur, longues de 25 mètres, à âmes pleines, avec ailes de 300 mm.

Notre photographie fig. 9 montre cette machine en action.

Elle se compose d'une puissante plate-forme à boggies renforcés qui supporte, en *cantilever*, une voie aérienne de roulement à laquelle est suspendue la poutrelle manipulée. Le wagon-grue est amené au bord accessible de la coupure, culée ou pile déjà atteinte par la voie rétablie. La poutrelle est soulevée par son centre de gravité, conduite jusqu'à l'extrémité en porte-à-faux de la grue. Là, le jeu des palans la pose avec précision sur l'emplacement qui lui est réservé. Et la voie se trouve libre pour la pose d'une seconde poutrelle. Ainsi peut-on rétablir, dans un temps relativement court, l'armature nécessaire et suffisante pour soutenir un et puis deux rails de voie ferrée. C'est tout ce qu'exige le passage d'un train.

Le pont de Montlouis

Cette méthode du wagon-grue a été utilisée en partie pour le rétablissement du pont de Montlouis. Cet ouvrage de maçonnerie comportait 12 arches en anse de panier de 24,75 m d'ouverture, sur une longueur totale de 383 m. Déjà endommagé par les bombardements alliés, le pont avait été presque entièrement détruit par l'armée allemande en retraite; le 16 août 1944, les pionniers allemands faisaient sauter les 5 dernières arches encore intactes, du côté de Paris. Il ne restait d'utilisables, pour la reconstruction définitive, que les piles n^{os} 1 et 4, l'arche n^o 1 et la culée côté Paris.

Pour l'établissement de l'ouvrage provisoire, on a prévu 12 tabliers de 28 m, reposant sur des palées en bois elles-mêmes établies sur les débris des anciennes piles préalablement coiffées d'une galette de béton. Les 6 tabliers du côté Paris ont été posés (en février 1945) au moyen du wagon-grue. Les 6 tabliers du côté Tours sont, par contre, des tabliers militaires qui avaient pu être soustraits aux réquisitions allemandes. Ils forment des travées solidaires dont le montage s'est fait sur la rive au fur et à mesure

du lancement, commencé le 22 janvier. Le pont a été terminé un mois plus tard. Les travaux préparatoires avaient cependant débuté en septembre.

Le pont d'Orléans

Un autre travail non moins remarquable est la reconstruction provisoire du pont de chemin de fer d'Orléans, sur la Loire, qui put être rendu à la circulation dès le 22 novembre 1944, c'est-à-dire deux mois après que furent librement accessibles les épaves de l'ouvrage démoli.

La brèche de ce pont s'étendait sur 281 m avec trois piles seulement intactes (n^{os} 3, 4 et 10 à partir des Aubrais). Les six autres piles étaient, soit coupées en deux dans le sens du fleuve (pile n^o 2) soit complètement déversées dans le même sens (piles 6, 7, 8 et 9). Quant à la pile n^o 5, elle était enfoncée verticalement de 5,50 m dans le sol, comme un vulgaire pilotis, sous la force d'un éclatement de bombe. Les débris des 10 arches écroulées formaient un barrage entre ces piles. Eu égard à l'urgence du rétablissement, on ne pouvait songer à reconstruire purement et simplement les 10 arches écroulées. Il fallait renoncer également aux deux voies, se contenter d'une seule. Il restait enfin à se procurer le métal nécessaire à ce tablier provisoire de 281 m, et c'était la difficulté essentielle. Aucun tablier Bonnet-Schneider (type IV du génie militaire français, utilisé à Montlouis) n'était disponible.

La S.N.C.F., au prix de nombreuses difficultés, se procura 60 poutrelles de 1 m de hauteur sur 29 m de longueur. Ce fut seulement avec ces fers, ne nécessitant que peu de main-d'œuvre pour leur mise en place et leur entretoisement, que le tablier provisoire fut construit.

Une fois le lit de la rivière déblayé entre piles, les fondations des 10 piles restantes ont été arasées, aplanies et, sur la moitié seulement de chaque fondation, il a été monté un

chevalet en charpente fortement entretoisé supportant un sommier en bois. Les 10 tabliers de 28, 20 m, jetés sur ces supports sont constitués chacun par 6 fers à double T formant deux groupes, chacun de trois fers, dont le fer central est à l'axe du rail. La voie est portée sur traverses fixées sur les tables supérieures des supports.

La voie unique rétablie est formée de files de rails doublés. Chacun des deux couples de rails espacés de 1,45 m (gabarit normal) figure l'un la voie paire (montante), l'autre la voie impaire (descendante). Ainsi, grâce à de simples croisements de rails, les trains peuvent passer, dans les deux sens, en dehors de toute manœuvre d'aiguillage. C'est le système dit « en pénétration » (fig. 11).

La surcharge-type du Règlement des Chemins de fer a été respectée dans le calcul de l'ouvrage avec,

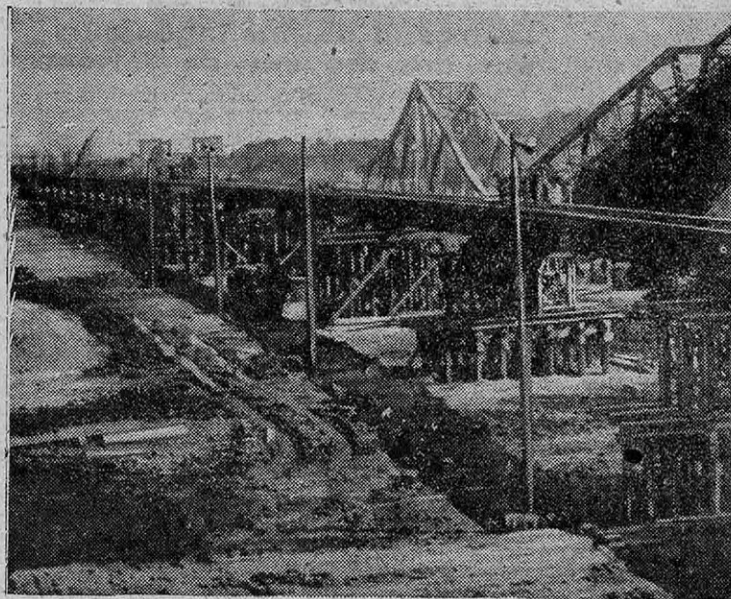


FIG. 7. — LE PONT DE CHEMIN DE FER PERMANENT SUR LE RHIN, CONSTRUIT EN DIX JOURS PAR LE GÉNIE BRITANNIQUE

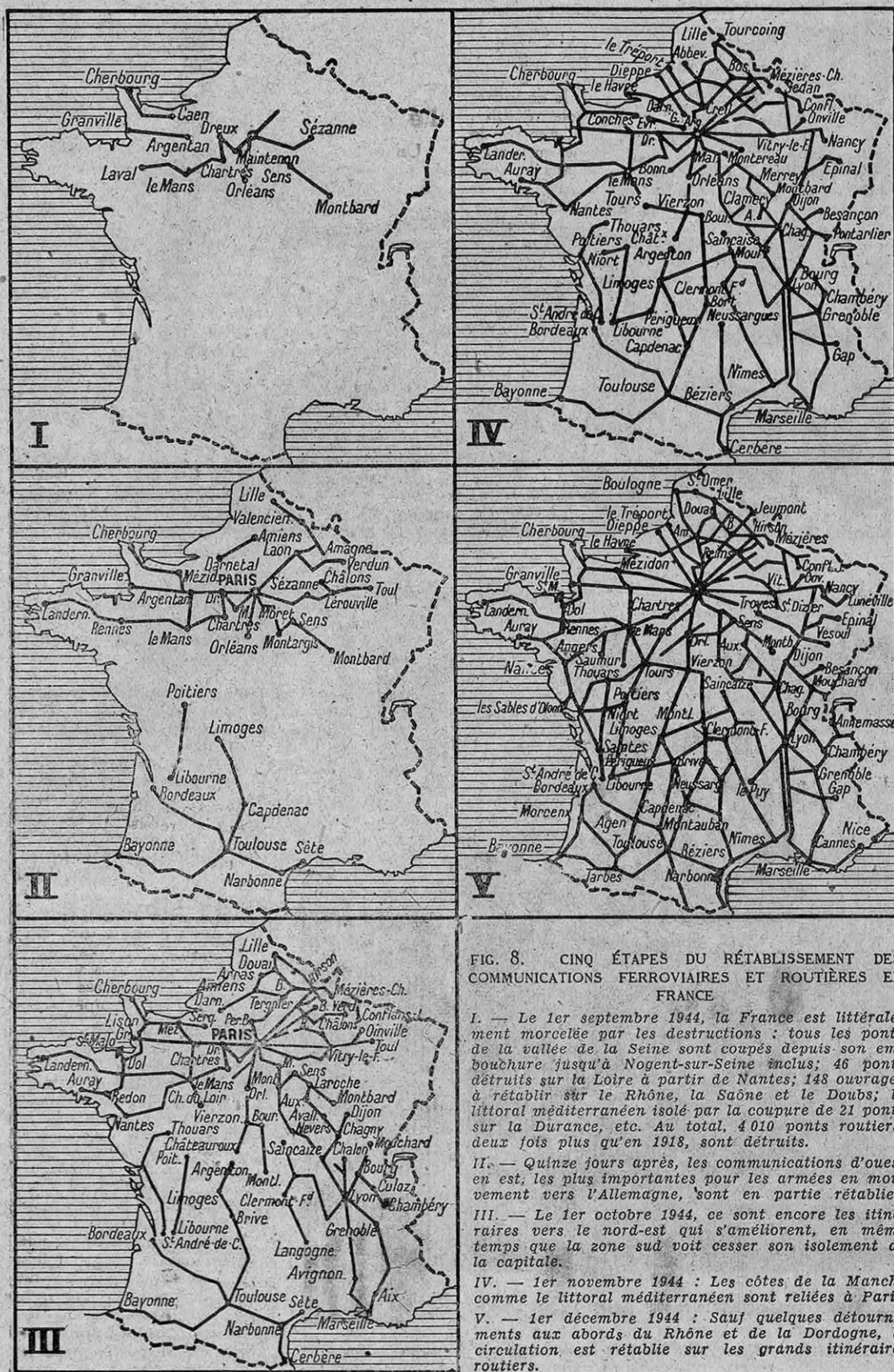


FIG. 8. CINQ ÉTAPES DU RÉTABLISSEMENT DES COMMUNICATIONS FERROVIAIRES ET ROUTIÈRES EN FRANCE

I. — Le 1er septembre 1944, la France est littéralement morcelée par les destructions : tous les ponts de la vallée de la Seine sont coupés depuis son embouchure jusqu'à Nogent-sur-Seine inclus; 46 ponts détruits sur la Loire à partir de Nantes; 148 ouvrages à rétablir sur le Rhône, la Saône et le Doubs; le littoral méditerranéen isolé par la coupure de 21 ponts sur la Durance, etc. Au total, 4 010 ponts routiers, deux fois plus qu'en 1918, sont détruits.

II. — Quinze jours après, les communications d'ouest en est, les plus importantes pour les armées en mouvement vers l'Allemagne, sont en partie rétablies.

III. — Le 1er octobre 1944, ce sont encore les itinéraires vers le nord-est qui s'améliorent, en même temps que la zone sud voit cesser son isolement de la capitale.

IV. — 1er novembre 1944 : Les côtes de la Manche comme le littoral méditerranéen sont reliées à Paris.

V. — 1er décembre 1944 : Sauf quelques détournements aux abords du Rhône et de la Dordogne, la circulation est rétablie sur les grands itinéraires routiers.

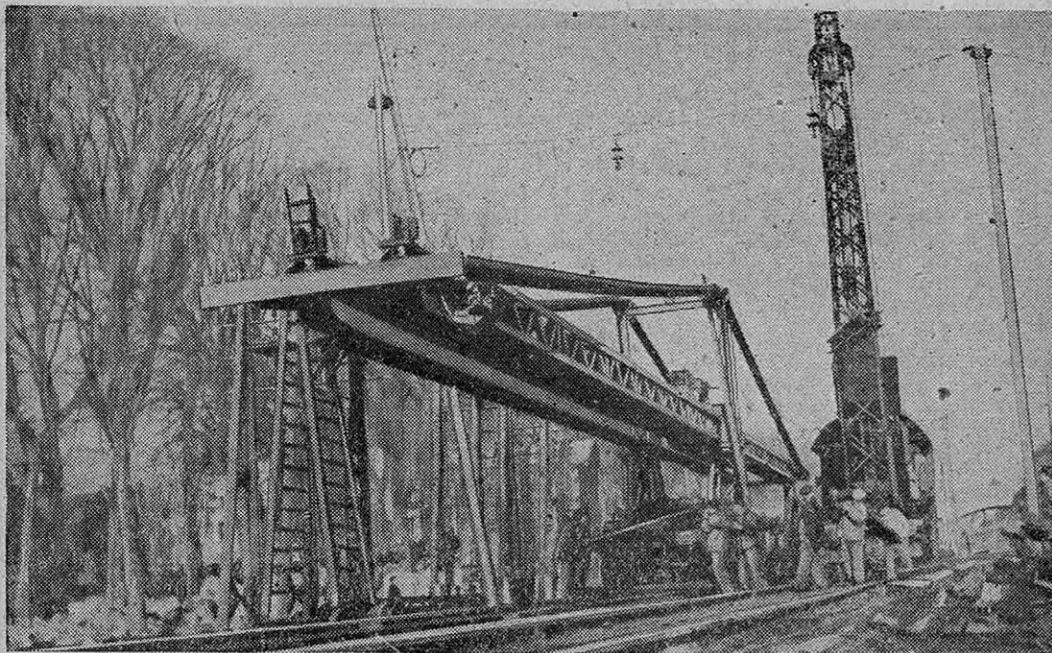


FIG. 9. — LE WAGON-GRUE UTILISÉ PAR LES INGÉNIEURS DE LA S. N. C. F. SUPPORTE, SOUS UNE VOIE AÉRIENNE DE ROULEMENT, UNE POUTRE DE 25 M DE LONG ET DE 1 M DE HAUT (PHOTO LE BOYER)

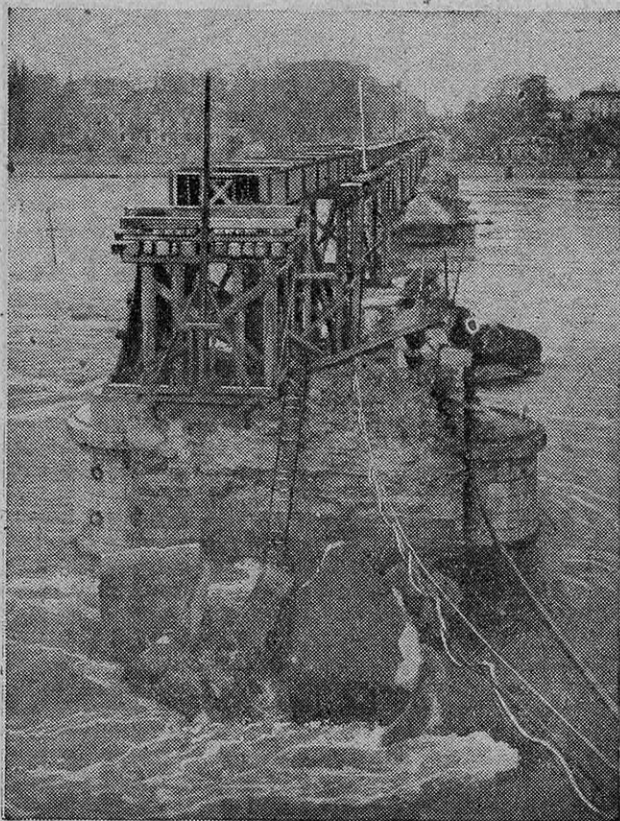


FIG. 10. — ÉTABLISSEMENT DU PONT PROVISOIRE D'ORLÉANS
On voit que les charpentes de bois n'intéressent que la moitié de chaque pile, ce qui permettra la reconstruction du pont définitif par moitié, sans interrompre le trafic. (Photo Le Boyer.)

toutefois, une tolérance de dépassement de 20 pour cent sur les fatigues-limites, à cause du caractère provisoire de l'ouvrage.

L'avenir de la reconstruction définitive est entièrement réservé par cette reconstruction provisoire; on peut donc envisager la reconstruction par moitié à partir de l'emplacement réservé sur les fondations des piles utilisées.

Le pont de Libourne

Le rétablissement provisoire du pont de Libourne, sur la Dordogne, mérite également d'être cité pour la technique mise en œuvre.

Cet ouvrage en maçonnerie, un des principaux de la ligne Paris-Bordeaux, comportait 9 arches en anse de panier de 20 m d'ouverture. Les cinq premières voûtes, côté Paris, étaient détruites, les deux suivantes fissurées.

L'ouvrage provisoire qui fut mis en service le 15 janvier 1945 comporte : pour le franchissement des deux premières voûtes, deux tabliers en poutrelles de 27,5 m et 22,5 m prenant appui sur la culée et sur les première et deuxième piles; pour le franchissement de la brèche suivante (3^e, 4^e et 5^e voûtes), quatre tabliers en poutrelles de 12,5 m, 25 m, 12,5 m prenant appui sur la 2^e pile, sur trois palées provisoires en bois et sur la 5^e pile; pour le franchissement des quatre dernières voûtes, non détrui-

tes, mais ébranlées, quatre tabliers de 22,5 m, 21 m, 19,5 m et 19,5 m prenant appui par leurs extrémités à l'aplomb des piles 5, 6, 7, 9 et de la culée côté Bordeaux.

Ici encore c'est la recherche des matériaux qui constitua la difficulté principale. Dès le début de septembre, les services locaux de la S.N.C.F., isolés de Paris, prirent une initiative heureuse, celle de démonter le pont provisoire inutilisé sur la Bidassoa, à Hendaye. Les crues intervinrent malencontreusement, mais, enfin rétabli en janvier, le pont de Libourne a réduit de 20 à 15 heures le temps nécessité par le trajet Paris-Bordeaux.

Le viaduc de Maintenon

Le viaduc de Maintenon présente le cas d'une réfection à peu près impossible dans son état primitif.

A la sortie de la gare de Rambouillet, la ligne de Paris à Brest franchit la vallée de la Voise sur ce viaduc en maçonnerie long de 322 m avec 32 arches en plein cintre de 7,90 m d'ouverture s'appuyant sur des piliers espacés de 10 m d'axe en axe.

Au cours de l'année 1944, le viaduc fut à peu près entièrement détruit par les bombardements; une vingtaine d'arches tombèrent et les parties restantes furent sérieusement ébranlées. Ces

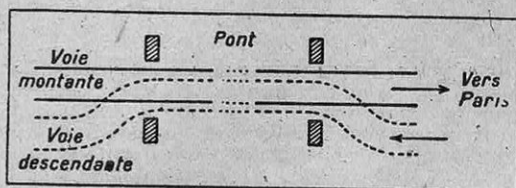


FIG. 11. - SCHÉMA DE LA CIRCULATION SUR LE PONT PROVISOIRE D'ORLÉANS

Grâce aux deux files de rails juxtaposées sur le pont, on a pu éviter tout aiguillage des trains circulant soit sur la voie paire montante (vers Paris), soit sur la voie impaire descendante.

ruines durent néanmoins supporter le rétablissement de la circulation qui s'imposait d'urgence. Tout fut donc mis en œuvre pour réaliser un franchissement provisoire de 4 brèches, de 63 m, 40 m, 40 m et 85 m.

Aux piles détruites on substitua de grandes palées en bois qui, avec les piles restantes, ont fourni les appuis du tablier provisoire.

La première brèche est franchie par quatre tabliers de 11,5 m, 20 m, 20 m et 11,5 m prenant appui sur 3 palées en bois de différentes hauteurs (maximum : 18 m) soutenues par des semelles en béton placées sur les décombres.

La deuxième brèche est franchie par 2 tabliers de 20 m prenant appui au centre sur une pile de l'ouvrage conservée.

La troisième brèche est franchie par 2 tabliers de même longueur prenant appui au centre sur une palée en bois.

La dernière brèche est franchie par 5 tabliers de 20 m, 11,5 m, 20 m, 17,8 m et 15 m supportés par 2 palées en bois de grande hauteur et 2 piles conservées. Pour consolider ces piles, il a fallu les « chemiser » en béton armé, étant donné leurs fissures, et même ceinturer l'une d'elles sur toute sa hauteur. Il a fallu établir des butoirs en charpente ainsi que des tirants

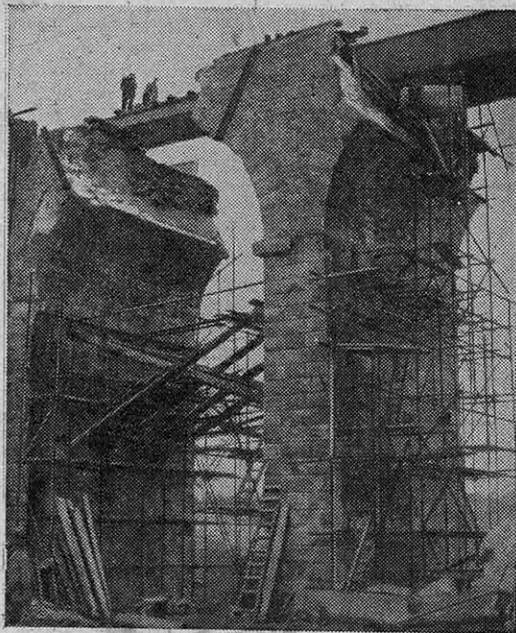
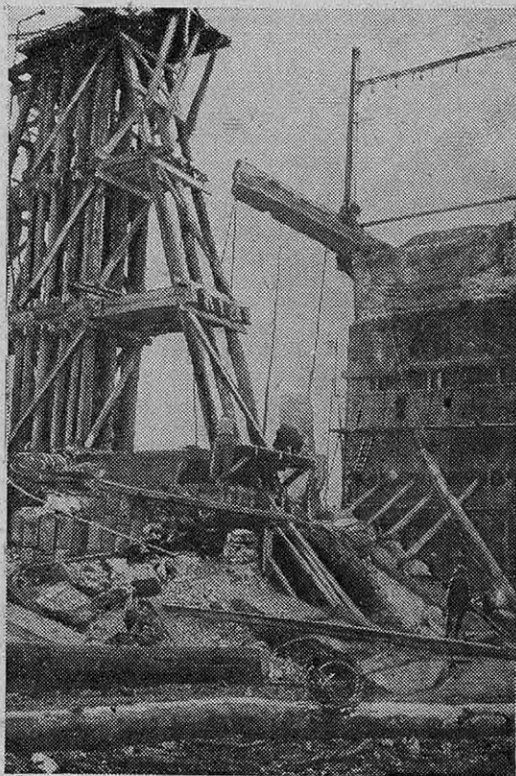


FIG. 12. - EN HAUT : UNE DES GRANDES PALÉES EN BOIS SUBSTITUÉES AUX PILES DÉTRUITES DU VIADUC DE MAINTENON SUR LA VOIE. EN BAS : ENTRETOISEMENT DE DEUX PILES VOISINES DU VIADUC DE MAINTENON (PHOTO DESBOUTIN)

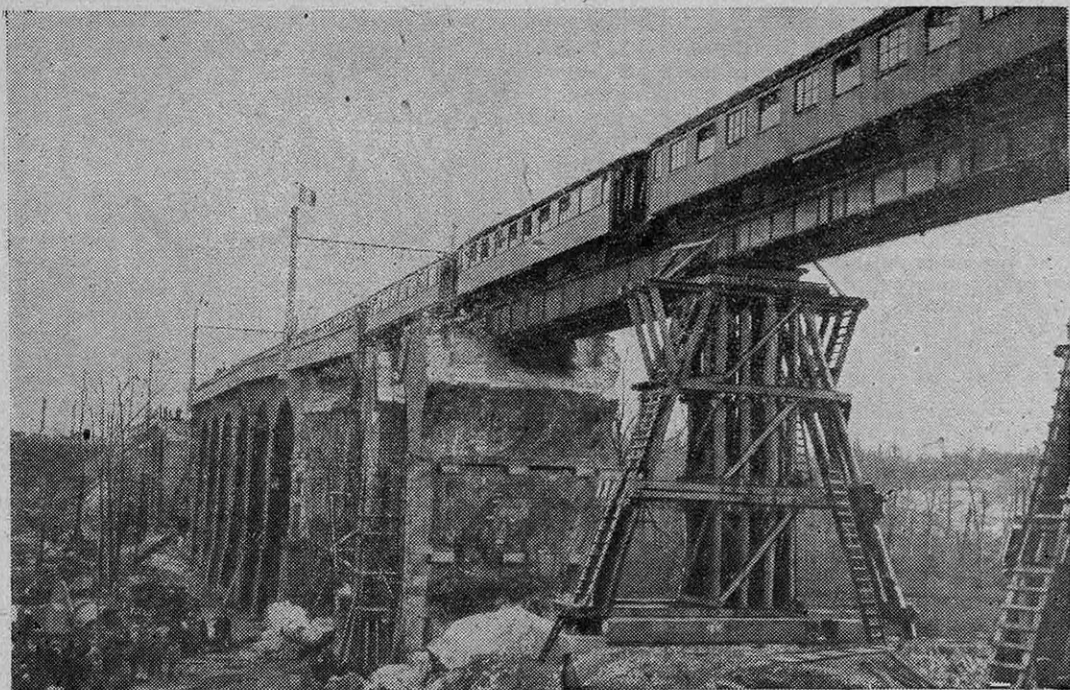


FIG. 13. — VUE D'ENSEMBLE DU VIADUC DE MAINTENON : APRÈS SA RÉPARATION (PHOTO DESBOUTIN)

métalliques pour contre-balancer les poussées des voûtes conservées. Ces voûtes, également fissurées, ont dû enfin recevoir des injections de ciment.

Un tel raïstolage, terminé le 20 novembre 1944, c'est-à-dire deux mois après le début des travaux, constitue évidemment un record de vitesse en même temps que de virtuosité quant à ce qu'on pourrait appeler « la chirurgie d'urgence » appliquée aux viaducs. Mais tout ce qu'on peut souhaiter, c'est que le passage à voie unique ainsi rétabli résiste le temps suffisant pour construire, en dérivation, un ouvrage entièrement neuf.

Les plans de ce nouveau viaduc sont déjà établis. Le matériau utilisé ne sera plus la pierre mais le béton armé qui permet le franchissement de travées relativement importantes. En conséquence le nombre des appuis sera ramené de 32 à 19. Le tablier, horizontal, sera du type « à caissons » et les piles, également en béton, seront évidées dans le sens transversal. Le nouvel ouvrage, d'exécution très rapide, n'en présentera pas moins un caractère architectural agréable.

Charles BRACHET.

Le long blocus terrestre et maritime auquel fut soumise la Chine au cours de cette guerre a, on le sait, provoqué un développement sans précédent du trafic aérien entre les Indes britanniques et la partie non envahie de la Chine. Les appareils qui effectuent cette liaison doivent survoler l'Himalaya et le Thibet, contrées qui étaient récemment encore les plus inaccessibles et, partant, les moins bien connues du globe. Aussi les nombreux vols effectués au-dessus de ces régions ont-ils permis d'accroître grandement notre connaissance de leur configuration géographique.

C'est ainsi que plusieurs aviateurs ont repéré dans la partie nord-orientale du Thibet un pic inconnu jusqu'ici, qui serait plus élevé que le mont Everest (considéré avec ses 8 881 mètres d'altitude, comme le plus haut sommet du globe). L'altitude exacte du sommet nouvellement découvert n'a encore pu être déterminée, et ne le sera vraisemblablement qu'après la fin des hostilités, lorsqu'une expédition pourra être organisée à cet effet. Il semble cependant que le mont Everest puisse d'ores et déjà être considéré comme détrôné, car les observations des divers aviateurs qui ont signalé l'existence du nouveau sommet du monde sont remarquablement concordantes quant à sa situation et son altitude approximative.

LES A CÔTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

L'armement du bombardier russe P. E. 2

LE P. E. 2 est un bimoteur de combat léger et de bombardement en piqué très répandu dans l'armée soviétique (1). Il est équipé de deux moteurs de 1 200 ch, et sa vitesse maximum est de 540 km/h à 5 000 m.

Son armement est variable et comporte, suivant les missions qui lui sont dévolues, soit quatre mitrailleuses légères de 7,6 mm, du type « Shkas », soit deux de ces mitrailleuses légères et deux mitrailleuses lourdes de 12,7 mm, du type « Berezin », tirant des balles explosives, soit enfin quatre mitrailleuses légères et deux lourdes.

Ces armes sont réparties entre les différents postes de tir de l'appareil : certaines sont fixes, installées dans le nez du fuselage et dans l'aile ; deux sont mobiles, l'une dans la paroi arrière de la superstructure du poste de pilotage, l'autre dans un support sortant vers le bas au milieu du fuselage.

Cette dernière arme tirant vers l'arrière et vers le bas a une disposition originale. Au repos, elle entre complètement dans le fuselage, maintenue par deux ressorts à boudin accrochés à son support pivotant. L'ouverture du plancher du fuselage est alors complètement recouverte par une tôle, et le mitrailleur dispose de deux fenêtres latérales pour observer l'espace aérien.

En position de tir, l'arme est abaissée, le mitrailleur se couchant, pour pointer,

(1) Voir : « L'aviation soviétique » (*Science et Vie*, n° 330, mars 1945, p. 106).

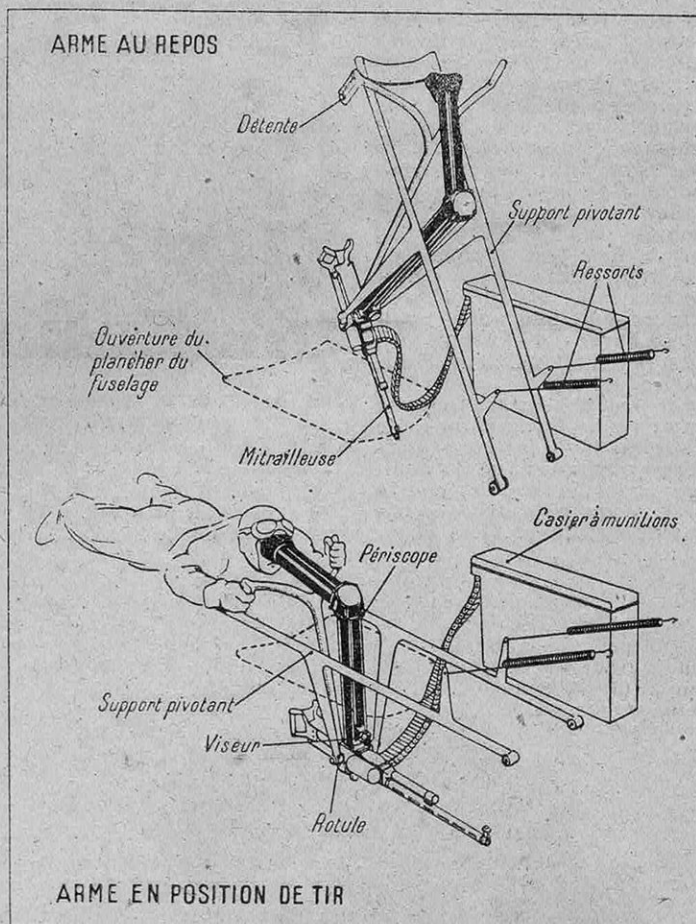


FIG. 1. — DISPOSITION SCHEMATIQUE DE LA MITRAILLEUSE ARRIERE DE 12,7 MM DU BOMBARDIER RUSSE P. E. 2

sur le plancher du fuselage. Il oriente l'arme à l'aide de deux poignées dont l'une porte la détente, et vise par l'intermédiaire d'un périscope à grand champ, de l'ordre de 40°, et de grossissement nul. Les deux tubes du périscope ne sont pas rectangulaires, mais forment un angle de 110° : ils contiennent le réticule. Le tube supérieur portant l'oculaire fait un angle de 20°

avec la direction de l'axe du viseur.

Le P. E. 2 peut emporter jusqu'à 1 000 kg de bombes, logées tant dans des caisiers à l'intérieur du fuselage qu'accrochées à des porte-bombes entre le fuselage et les moteurs ou dans la partie arrière des fuseaux moteurs. Un sélecteur électrique permet le lancement individuel des bombes dans l'ordre désiré par le pilote.

Lance-fusées britanniques

PARMI les armes nouvelles, les projectiles-fusées jouent actuellement dans la guerre sur terre, sur mer, dans l'air, un rôle de plus en plus important. « Science et Vie » a signalé en son temps l'apparition sur le front de l'est des lance-fusées russes et des « Nebelwerfer » allemands. Les photographies ci-contre montrent des batteries de tubes lance-fusées utilisées actuellement par les armées britanniques et canadiennes. L'une d'elles, montée sur affût léger, comporte 32 tubes, l'autre, installée sur un char, en compte 60. Le calibre des projectiles est voisin de 115 mm. Douze de ces « projectors » à 32 tubes sont groupés en une unité tactique chargée d'effectuer des tirs de barrage, dont l'efficacité serait comparable à celle de 200 des canons de campagne britanniques de 142 mm. Or, ces 12 « projectors » n'exigent que 200 hommes pour les servir, contre 3 000 pour le nombre équivalent de canons. Les 32 ou

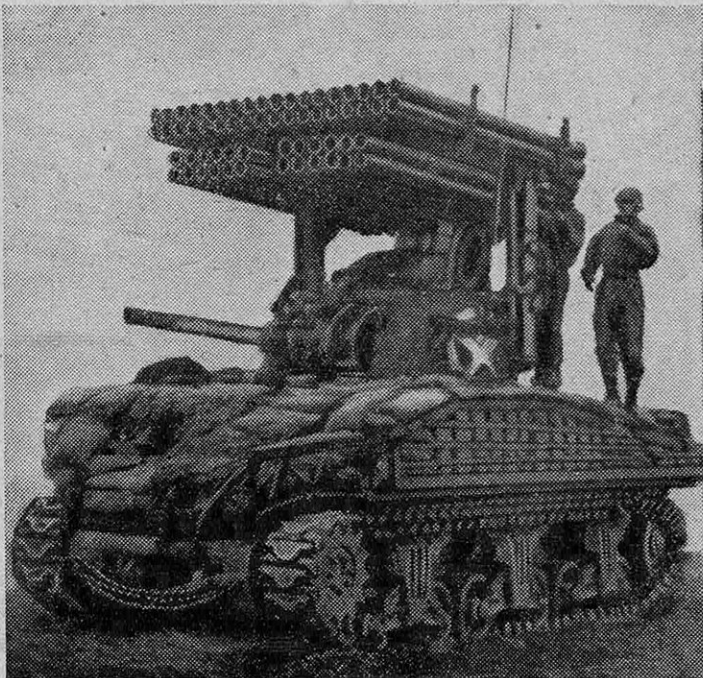


FIG. 3. — CETTE VERSION DU « PROJECTOR » MONTÉE SUR UN CHAR, COMPORTE 60 TUBES A MISE A FEU SIMULTANÉE

60 tubes d'un même « projector » peuvent être mis à feu simultanément.

Ce nouvel engin constitue un développement des tubes lance-fusées utilisés par la « Home Guard » anglaise pour la défense contre les avions. Il s'apparente également aux tubes lance-fusées, dont sont munis maintenant de nombreux avions de chasse et à ceux que mirent en œuvre les embarcations d'assaut lors des débarquements de Sicile, d'Italie et de Normandie.

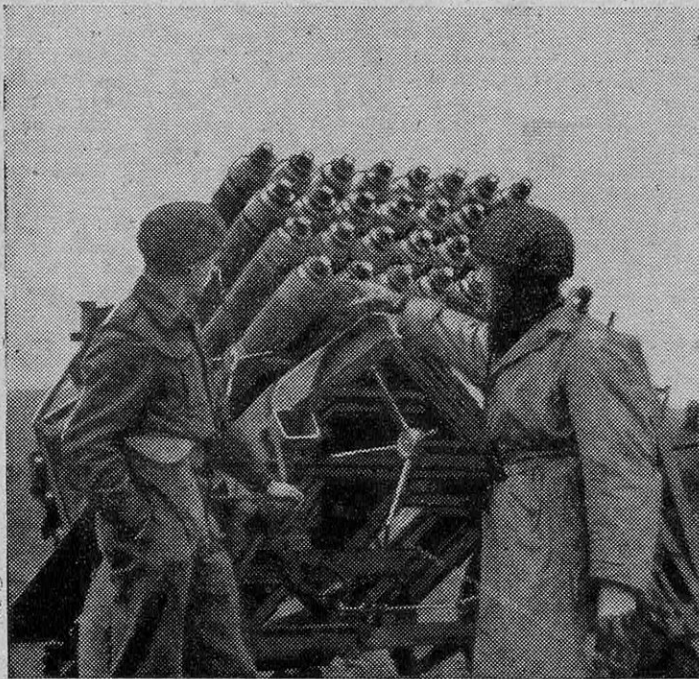


FIG. 2. — UN « PROJECTOR » A 32 TUBES LANCE-FUSÉES DE L'ARMÉE CANADIENNE

Les facteurs de croissance de la levure

LA croissance, l'entretien et la reproduction des organismes animaux se trouvent, on le sait, sous la dépendance de « biocatalyseurs » agissant à très faible dose (vitamines, hormones, diastases). Dans les végétaux également, on a pu mettre en évidence des hormones végétales ou phytohormones, ayant une action analogue à celle des hormones animales. Puisque de telles substances dirigent la vie

de tous les êtres vivants de dimensions macroscopiques, à quelque règne qu'ils appartiennent, il était logique que l'on recherchât la présence de facteurs semblables dans les organismes microscopiques.

Des travaux récents de Weber ont montré à cet égard que les levures peuvent être divisées en deux groupes, selon leur capacité de développement dans les milieux nutritifs synthétiques. Les unes peuvent, en effet, se multiplier indéfiniment dans de tels milieux par repiquages successifs, alors que les autres cessent rapidement de se développer, ayant besoin pour vivre de trouver dans le milieu nutritif un certain ensemble de « facteurs de croissance ». (Ces excitants chimiques de la multiplication cellulaire avaient été mis en évidence dès 1901 par Wildiers, qui les avait désignés du nom générique de « bios ».) Les levures capables de se reproduire indéfiniment en milieu synthétique secrètent elles-mêmes leurs facteurs de croissance, comme les organismes supérieurs secrètent leurs hormones. Les autres, au contraire, ont besoin de trouver le « bios » dans le milieu nutritif à la façon d'une vitamine, ou plutôt d'un ensemble de vitamines.

C'est à l'impossibilité où se trouvent nombre de levures de synthétiser leur « bios » qu'étaient dues les célèbres divergences expérimentales entre Pasteur et Liebig. On sait que Liebig ne parvenait pas à reproduire les expériences de Pasteur sur la culture des levures. C'est que Liebig ensemait avec quelques cellules seulement, tandis que Pasteur opérait avec une « pointe d'épingle » de culture, introduisant ainsi avec les cellules un peu du milieu nutritif contenant le « bios », qui agit à dose minime. Si l'on ensemait comme faisait Liebig, il suffit d'ajouter du « bios » sous la forme d'un extrait aqueux stérile de levure pour

que les levures se développent.

Si le « bios » est connu depuis assez longtemps, ce n'est que récemment qu'on a commencé à déterminer sa composition. Il reste encore des constituants inconnus, mais on a déjà réussi à identifier :

Le méso-inositol (Eascott, 1912), corps classique répandu dans tous les tissus végétaux;

La biotine (1936), substance azotée et sulfurée, encore mal connue, qu'on trouve dans certains tissus animaux et végétaux, surtout dans le jaune d'œuf. Si l'on songe que Kogl, qui a découvert cette substance, n'a pu, en 1941, en réunir que 132 mg pour entamer l'étude de sa constitution, on peut juger du degré de perfection qu'atteignent les techniques microchimiques modernes;

L'acide pantothémique c'est-à-dire « de partout », car il est présent dans presque tous les êtres vivants), corps parfaitement identifié depuis 1939 et même synthétisé (Stiller, 1940). Cet acide a une action physiologique importante, non seulement pour les microorganismes, mais aussi pour les végétaux et animaux supérieurs. Dans de nombreux cas, il agit comme une vitamine du groupe B, pour l'homme notamment, et l'on songe à l'identifier à la vitamine anti-dermatosique du poussin, au « facteur de croissance » du rat, et surtout au facteur « anti-pois gris » du rat noir.

Chacune de ces trois substances prise isolément exerce une action stimulante sur le développement des levures, mais cette action est considérablement renforcée par la conjugaison des divers facteurs. L'étude du « bios » rappelle celle des vitamines du groupe B. : on croyait d'abord avoir affaire à une substance unique, puis, à mesure qu'on isolait les divers éléments, il restait toujours un résidu indéterminé. Un proche ave-

nir verra sans doute l'identification de nouveaux constituants inconnus du « bios », et il est fort possible que, comme il est arrivé pour l'acide pantothémique, leur intérêt dépasse le cadre de l'étude de la croissance des levures, et que ces corps interviennent dans des mécanismes biologiques plus généraux.

Pour calculer rapidement

L'ARITHMOGRAPHE « KISER » consiste en principe en un cylindre et en un cache transparent, concentrique à ce cylindre et pouvant être animé, par rapport à lui, d'un mouvement de rotation.

Ce cylindre sert de support à un barème qui le recouvre et qui comporte, disposés suivant des génératrices, les résultats d'opérations d'un ou plusieurs nombres multiplicandes partiels ou complémentaires.

Le cache comporte, en regard de graduations, la même disposition se rapportant à des séries de nombres multiplicandes décalés toutefois d'une centaine par rapport aux séries de nombres correspondants du barème intérieur.

L'ensemble de ces dispositions permet la lecture facile du résultat cherché par simple addition mentale et immédiate des deux lignes de chiffres, superposées et décalées d'une centaine l'une par rapport à l'autre, l'une de ces lignes (celle du barème fixe) étant lue au travers de fenêtres longitudinales ménagées dans ledit cache entre les lignes de lecture qu'il comporte. Ces lignes de lecture sont disposées par groupes de deux sur l'ensemble de la périphérie du cache, les chiffres pairs étant, dans chaque groupe, situés au-dessus de la dite ligne, les chiffres impairs au-dessous.

V. RUBOR.

ABONNEMENTS

France

Etranger

Envois simplement affranchis . . . 150 francs 300 francs
Envois recommandés 200 francs 400 francs

Chèques postaux : 184-05 TOULOUSE — Timbres-poste non acceptés

CARRIÈRES TECHNIQUES de L'ADMINISTRATION

Orientation professionnelle par l'École Spéciale d'Administration, 28, boulevard des Invalides, Paris (7^e). Indiquer date de naissance, diplômes obtenus, aptitudes spéciales, préférences.



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

LES MEILLEURES ETUDES PAR CORRESPONDANCE

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

ETUDES PRIMAIRES OU SECONDAIRES. — Des centaines de brillants succès au Brevet élémentaire, au B. E. P. S., au Baccalauréat établissent la haute efficacité des méthodes de l'École des Sciences et Arts. — Brochure gratuite n° R 4356.

LES COURS DE FORMATION SCIENTIFIQUE vous permettront soit de compléter vos connaissances, soit d'augmenter utilement vos aptitudes professionnelles, soit d'étendre votre culture générale en Mathématiques, Physique, Chimie, etc... — Notice gratuite n° R 4357.

DESSIN INDUSTRIEL. — Notre cours de Dessin industriel vous prépare soit à un Certificat d'aptitude professionnelle, soit directement à l'exercice de la profession choisie par vous et où vous deviendrez un technicien accompli. — Notice gratuite n° R 4358.

CARRIÈRES COMMERCIALES. — Nos Cours de Commerce et de Comptabilité constituent la meilleure des préparations à ces carrières comme aux Certificats d'aptitude professionnelle commerciaux. — Notice gratuite n° R 4359.

LA CÉLEBRE MÉTHODE DE CULTURE MENTALE DUNAMIS permet à chacun de développer toutes ses facultés, d'acquérir la confiance en soi et de « forcer le succès ». — Notice gratuite n° R 4360.

LE COURS DE DESSIN ARTISTIQUE, en vous

apprenant d'abord à voir, puis à interpréter votre vision personnelle par les procédés les plus variés, vous donnera la formation complète de l'artiste et l'accès aux plus brillantes carrières. — Notice gratuite n° R 4361.

LE COURS D'ELOQUENCE vous mettra en mesure d'improviser une allocution émouvante, de composer un discours persuasif. Il vous livrera tous les secrets de l'art oratoire. — Notice n° R 4362.

LE COURS DE PUBLICITÉ vous permettra soit de vous créer une situation dans une spécialité appelée au plus brillant avenir, soit de donner à vos affaires le maximum de développement. — Notice gratuite n° R 4363.

LE COURS DE FORMATION MUSICALE fera de vous un musicien complet, capable de déchiffrer n'importe quelle œuvre, non seulement maître de la technique musicale mais averti de toutes les questions d'histoire et d'esthétique. — Notice gratuite n° R 4364.

LE COURS D'INITIATION AUX GRANDS PROBLÈMES PHILOSOPHIQUES sera le guide familier et sûr de tous ceux qui veulent savoir comment se posent et comment peuvent être résolus les grands problèmes qui hantent l'esprit humain (liberté humaine, immortalité de l'âme, etc.). — Notice gratuite n° R 4365.

FONCTIONS PUBLIQUES. — Nous vous recommandons les situations accessibles, sans diplôme, de l'Administration des P. T. T. : Commis masculin ou Commis féminin, Contrôleur stagiaire. — Notice gratuite n° R 4366.

ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

81, boulevard des Belges, LYON (Rhône).

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

Devenez DESSINATEUR et PEINTRE!



Renseignez-vous aujourd'hui même sur l'ÉCOLE INTERNATIONALE et sur les lucratives et passionnantes carrières auxquelles vous pourrez prétendre lorsque vous saurez dessiner. L'ÉCOLE INTERNATIONALE vous offre gratuitement un très bel Album qui vous expliquera comment vous pouvez apprendre rapidement et agréablement, chez vous, à dessiner et à peindre. Pour recevoir cet Album, sans aucun engagement pour vous, il vous suffit de découper le bon ci-dessous, d'y joindre 5 Frs. à votre gré, ainsi que votre nom et adresse, et d'adresser aussitôt votre lettre à

L'ÉCOLE INTERNATIONALE

PAR CORRESPONDANCE

DE DESSIN ET DE PEINTURE

SERVICE D R _____ PRINCIPAUTÉ DE MONACO



SACHEZ VOIR PLUS LOIN..

Que le présent

Jeunes gens, ils sont venus ...

Les mauvais jours sont finis,
la victoire totale est proche.

Plus que jamais la radio vous appelle.

C'EST L'AVENIR

Préparez dès aujourd'hui les carrières civiles et militaires de la Radio aux débouchés aussi variés que nombreux.

AVIATION — MARINE — COLONIES

ADMINISTRATIONS

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

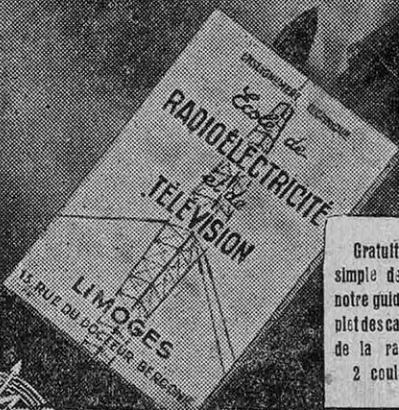
NOS COURS SPECIAUX

— sur place ou —

PAR CORRESPONDANCE

feront de vous des Spécialistes recherchés
L'Ecole prépare à toutes les carrières industrielles ou administratives de la radio.

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



Gratuit sur simple demande notre guide complet des carrières de la radio en 2 couleurs

ÉCOLE DE RADIOÉLECTRICITÉ ET DE TÉLÉVISION

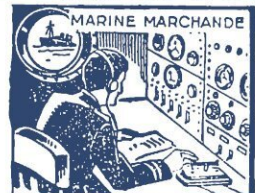
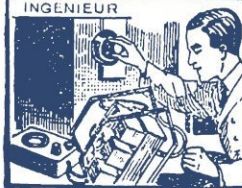
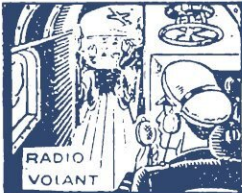
15, RUE DU DOCTEUR BERGONIE

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

Le Gérant : Lucien LESTANG.

Imprimerie Régionale - Toulouse.

LA RADIO *manque* DE SPECIALISTES!



JEUNES GENS!

Pour répondre aux besoins sans cesse grandissants de la Radio française en cadres spécialisés, nous conseillons vivement aux jeunes gens de s'orienter délibérément vers les carrières de la T.S.F.

AVIATION CIVILE ET MILITAIRE, INDUSTRIE, MARINE MARCHANDE ET MARINE NATIONALE, COLONIES, 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.

PREPAREZ CES CARRIERES en suivant nos cours spécialisés PAR CORRESPONDANCE

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

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

PLACEMENT

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

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

Notices gratuitement sur demande.



ECOLE GENERALE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE

VICHY, 14, rue de Bretagne — Prochainement réinstallation de nos locaux de PARIS.

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

PARIS, 152, av. de Wagram
NICE, 3, rue du Lycée

ÉCOLE DE T. S. F.

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

MATHÉMATIQUES

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

INDUSTRIE

CONTRÉMAÎTRE, DESSINATEUR, TECHNICIEN, SOUS-INGÉNIEUR, INGÉNIEUR en Mécanique générale, Constructions aéronautiques, Electricité, Electro-mécanique, 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.

ADMINISTRATIONS

Tous les cours techniques des diverses administrations France et Colonies, Armée, Air, Marine.

AVIATION CIVILE

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

BACCALURÉATS, ÉCOLES NATIONALES

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

Envoi du programme désiré contre 10 francs en



JEUNES GENS !

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

sont dans la RADIO

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

COURS SCIENTIFIQUES, TECHNIQUES, PRATIQUES, PAR CORRESPONDANCE

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

Possibilité d'exercices pratiques chez soi : lecture au son, manipulation, montage et construction de poste.

Préparation à l'entrée aux écoles privées d'Enseignement maritime, ainsi qu'aux écoles en exercice de l'Aviation et de la Marine militaires. COURS SUR PLACE ont lieu à Nice à l'Ecole d'Enseignement maritime, 21, boul. Frank-Pilatte.

(INSCRIPTIONS A TOUTE EPOQUE.)

NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



NITROLAC

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