

## Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

|                           |                                                                                       |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Notice du Volume          |                                                                                       |
| Auteur(s) volume          | [s.n.]                                                                                |
| Titre                     | La science et la vie                                                                  |
| Volume                    | Tome 66. n. 327. Décembre 1944                                                        |
| Adresse                   | Paris : La Science et la Vie, 1944                                                    |
| Collation                 | 1 vol. (p.[173]-212) : ill., couv. ill en coul. ; 24 cm                               |
| Cote                      | SCI. VIE 327                                                                          |
| Sujet(s)                  | Sciences -- Vulgarisation<br>Culture scientifique et technique<br>Presse scientifique |
| Thématique(s)             | Généralités scientifiques et vulgarisation                                            |
| Typologie                 | Revue                                                                                 |
| Langue                    | Français                                                                              |
| Date de mise en ligne     | 10/12/2019                                                                            |
| Date de génération du PDF | 05/12/2019                                                                            |
| Permalien                 | <a href="http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.327">http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.327</a> |



DÉCEMBRE 1944

N° 327

# SCIENCE ET VIE



10 FRANCS

Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires



# SCIENCE ET VIE

Tome LXVI - N° 327

## SOMMAIRE

Décembre 1944

- ★ L'invasion de la forteresse Europe et les principes de la défense des côtes, par Camille Rougeron..... 173
- ★ A la recherche du pétrole dans le sous-sol français, par D. Schneegans ..... 181
- ★ Contre les attaques aériennes, la D.C.A. est-elle efficace? par René Maurer..... 195
- ★ L'avion dragueur contre les mines magnétiques, par J. B. .... 203
- ★ Les autoroutes d'Europe et leur avenir, par Philippe Reine ..... 204
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor..... 211



Quand les navires ont échappé en haute mer aux torpilles des sous-marins et aux bombes des avions, une nouvelle menace les guette aux abords des côtes et jusqu'à l'entrée même des ports : celle des mines magnétiques que les hydravions mouillent constamment sur les hauts fonds à la faveur de la nuit. De nombreux bâtiments de construction spéciale, rigoureusement amagnétiques, croisent sans relâche dans les chenaux de navigation pour draguer ces engins que le seul passage d'une coque métallique à leur voisinage suffit à faire détoner, lorsque des précautions spéciales n'ont pas été prises (ceintures antimagnétiques des bâtiments). L'avion lui-même a dû prendre part à cette lutte et la couverture du présent numéro montre un groupe de bimoteurs spécialement équipés d'enroulements magnétisants de grand diamètre, destinés à provoquer l'explosion des mines qu'ils survolent. (Voir l'article page 203 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 : numéro 184 05 Toulouse Téléphone : 230-27.  
Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « Science et Vie », Décembre mil neuf cent quarante-quatre. Registre du Commerce : Toulouse 3235 B.  
Abonnements : France et Colonies, 100 francs par an.



# L'INVASION DE LA « FORTERESSE EUROPE » ET LES PRINCIPES DE LA DÉFENSE DES CÔTES

par Camille ROUGERON

*La libération de la France est le plus brillant démenti qu'on pouvait infliger aux affirmations allemandes sur la capacité de résistance de la « forteresse Europe ». Si l'on excepte les opérations insulaires dans le Pacifique, qui présentent un caractère assez différent, elle n'est que la plus récente démonstration de l'erreur d'une doctrine qui attribuait une puissance particulière aux organisations côtières et qui a été controuvée bien souvent au cours de cette guerre. Elle a mis en évidence à la fois l'insuffisance de ces défenses, tant contre les adversaires au large que contre ceux de l'intérieur qui avaient généralement été négligés, la faiblesse des lignes continues détrônées par les réseaux de places, et l'échec de la manœuvre hitlérienne, calquée sur la manœuvre napoléonienne, en présence de l'aviation.*

## La défense des côtes avant 1939

JUSQU'EN 1939, la défense des côtes était un de ces sujets de tout repos où les tenants de la tradition pouvaient étaler une argumentation que confirmaient régulièrement toutes les tentatives infructueuses de l'assaillant contre la défense. On se reposait encore sur les affirmations concordantes de Napoléon : « Un canon à terre vaut un vaisseau à la mer », et de Nelson, qui renchérisait : « Tout marin qui attaque un fort est un fou. »

La plus récente de ces mésaventures était la tentative de forçement des Dardanelles, suivie d'un débarquement dans la presqu'île de Gallipoli. On se gaussait de ces stratèges improvisés qui avaient lancé les flottes, puis les armées franco-britanniques dans cette aventure, et qui auraient beaucoup mieux fait, affirmait-on, d'appliquer leur effort de guerre au front principal.

Aussi l'expérience de 1915 fut-elle jugée assez concluante pour que ni en mer du Nord, ni en Baltique, ni en Adriatique, aucun des belligérants, qu'il détint ou non la maîtrise de la mer, ne tentât de prendre à revers le front qui s'appuyait à la côte.

En 1939, l'intérêt que les différents pays portaient à la défense de leurs côtes se traduisait par des travaux d'importance très inégale.

La Grande-Bretagne avait fortifié ses bases lointaines, de Gibraltar à Singapour. Mais elle semblait bien s'en tenir, pour les îles Britanniques, au principe que sa première ligne de défense était les côtes de l'adversaire, et au mépris de Jervis pour « ces vieilles dames des deux sexes », qu'effrayaient les préparatifs de Napoléon et qui réclamaient une batterie ou un bataillon pour chaque village de la côte, au lieu de se reposer sur les vaisseaux de Nelson.

L'Allemagne avait apporté plus d'attention à sa défense. Mais sa maîtrise navale en Baltique l'autorisait à appliquer, sur la plus étendue de ses frontières maritimes, la même politique que la Grande-Bretagne. A l'ouest, l'exiguïté des côtes, leur disposition rentrante, les hauts-fonds, et les îles du large, dont la principale, Helgo-

lande, était d'ailleurs puissamment fortifiée, lui facilitaient la tâche.

L'étendue de ses côtes posait à la France un problème plus difficile. Elle l'avait résolu par des travaux assez importants dans ses ports militaires de la métropole et de l'Empire, complétés par une défense réduite des ports de commerce et du reste des côtes. Mais elle n'avait certainement pas envisagé la résistance à une attaque venant de terre, comme le confirma la chute rapide de Dunkerque, Cherbourg, Brest et Lorient en 1940, et des ports nord-africains pris à revers, en 1942, par le débarquement allié sur les plages voisines.

Le problème italien était au moins aussi difficile que le problème français; il ne semble pas qu'il ait été résolu de façon très différente. Cependant, il faut noter que la principale base nord-africaine, Tobrouk, avait reçu une excellente défense moderne vers l'intérieur, par lignes de fortins échelonnées. Si elle ne servit guère au maréchal Graziani, elle fut, par contre, d'un grand secours à Wavell, qui put y faire soutenir un siège contre Rommel pendant presque toute l'année 1941.

L'U.R.S.S. avait hérité de l'expérience russe des sièges de Sébastopol, en 1855, et de Port-Arthur, en 1904. La concentration de la défense en quelques places côtières aussi bien aménagées contre les attaques venant du large et contre celles lancées de l'intérieur y était de règle. La résistance d'Odessa, de Sébastopol, de Léninegrad, fut un des plus brillants et des plus utiles succès de l'Armée Rouge.

## La défense des côtes de 1939 à 1944

Peu de guerres ont été aussi riches que celle-ci en opérations dirigées contre les côtes. Leurs résultats ont renversé les idées régnantes sur la facilité de leur défense.

Dès le début de 1940, le débarquement allemand en Norvège, et notamment à Oslo, au fond d'un long fiord fortifié, sans tentative préalable pour s'assurer la maîtrise de la mer, prouvait bien que les opérations combinées subis-



saient les lois communes de la surprise, de l'économie des forces...

En mai-juin 1940, la chute successive, rapide, de Dunkerque, Cherbourg, Brest, Lorient, montrait que les deux problèmes de la défense contre les « insultes » des escadres ennemies et contre les attaques d'une armée venant de l'intérieur réclamaient des dispositifs différents.

L'offensive de Wavell de décembre 1940 devait mettre en évidence à la fois le rôle des places côtières et celui de l'aide navale pour la progression le long d'une côte aux communications difficiles. Sidi-el-Barrani, Solloum, Bardia, Tobrouk, tout en résistant mieux que les

fortifiées de Hong-Kong, Guam et Wake, dont la conservation eût interdit à la marine japonaise toute opération sérieuse vers les mers du Sud. La prise de Singapour montra une fois de plus la nécessité de défendre vers l'intérieur des forteresses où l'on dépensait des centaines de millions en arsenaux et tourelles de canons à longue portée tirant vers le large. La résistance de Bataan montra que le commandement américain avait vu plus juste aux Philippines que le commandement britannique en Malaisie; mais elle n'excuse ni Guam ni Wake.

L'étale de la marée japonaise fit en 1942, à Midway et dans le sud-ouest de la Nouvelle-

Guinée, la preuve de l'impuissance d'une formation navale qui prétendait mettre des troupes à terre devant une aviation supérieure. Le reflux confirma la leçon de Crète, et les succès américains aux Salomon, aux Gilbert, aux Marshall, aux Iles de l'Amirauté, aux Mariannes, aux Palau et aux Philippines, renouvelèrent la démonstration faite en Crète de la faiblesse d'une défense qui ne peut pas compter sur la maîtrise de l'air. Il est juste d'ajouter que la maîtrise de surface était passée, dans l'intervalle, à la marine américaine, et que les positions insulaires dans les archipels

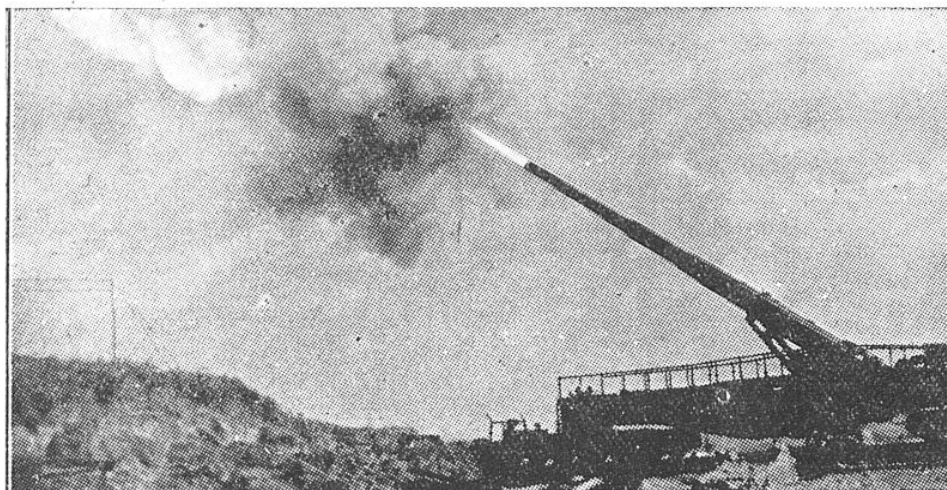


FIG. 1. — UN CANON A LONGUE PORTÉE ALLEMAND BOMBARDANT LA CÔTE SUD DE L'ANGLETERRE

places françaises, tombaient en quelques jours ou en quelques semaines. Mais c'est surtout au cours du repli devant la contre-offensive Rommel que se manifesta la capacité de résistance d'une place côtière dont la défense peut être entretenue par voie maritime, et l'importance de cette défense. Tobrouk tint d'avril 1941 jusqu'à son dégagement en novembre suivant. Avec les deux ou trois autres places que Rommel aurait eu à investir ou à enlever avant d'atteindre Alexandrie, Tobrouk barrait l'accès à la vallée du Nil.

En mai 1941, le débarquement allemand en Crète devait montrer le rôle primordial de l'aviation dans l'attaque ou la défense des côtes, et l'inutilité des tentatives purement navales pour s'opposer à l'opération, lorsque la maîtrise aérienne ne complète pas la maîtrise de surface.

La guerre en U.R.S.S. faisait à nouveau, à partir de juin 1941, la démonstration de la puissance des places côtières, dans une mer où la maîtrise est détenue par l'assiégé. La résistance d'Odessa, de Leningrad, de Sébastopol, compte au nombre des plus brillants et des plus utiles faits d'armes de cette guerre.

Décembre 1941 vit, dans le Pacifique, les débuts de la série de débarquements qui devaient conduire l'armée japonaise aux frontières de l'Inde, en Nouvelle-Guinée et aux Aléoutiennes. Les échecs les plus sérieux de la défense furent la chute, en quelques jours, des bases

comptent parmi les plus difficiles à tenir.

En novembre 1942, le débarquement allié en Afrique du Nord ne rencontra aucune difficulté. Les bases navales, principales et secondaires, prises à revers, tombèrent ensuite en quelques jours comme elles l'avaient fait en France.

Le franchissement du « mur méditerranéen », puis du « mur atlantique », fut l'œuvre de 1943 et 1944. Le commandement allemand faisait alors l'expérience de la ligne de défense continue. À vrai dire, en Méditerranée, elle était plutôt un thème de propagande qu'une réalité, si l'on en excepte les côtes de Provence. Sur l'Atlantique et sur la Manche, les travaux dataient au contraire d'une époque où les ressources militaires de l'Allemagne lui permettaient quelques prodigalités.

Ni les unes ni les autres de ces fortifications ne répondirent à l'espoir qu'on avait mis en elles. Le succès de la défense à Dieppe, en 1942, fut sans lendemain. En Sicile, en Calabre, à Tarente, à Salerne, en Corse, à Anzio, le mur méditerranéen s'effondra à chaque coup reçu, et la défense ne put compter que sur la rapidité et la vigueur de ses contre-attaques. En Normandie, le résultat fut plus mauvais encore; la contre-offensive fut plus tardive, et le commandement ne réussit même pas la manœuvre de retardement qui suppléa, en Italie, aux défaillances des ouvrages côtiers.



### L'artillerie de côte et la défense contre l'ennemi flottant

Ce n'est pas d'aujourd'hui que l'on a signalé les faiblesses de la plupart des organisations de défense côtières, fort menaçantes contre l'ennemi flottant, mais beaucoup moins convenables à l'arrêt de l'ennemi débarqué qui les prend à revers. Les responsables du système peuvent soutenir qu'il n'a pas été conçu pour cette éventualité et que l'échec incombe alors aux armées de l'intérieur qui auront laissé pénétrer trop profondément les troupes débarquées au lieu de les rejeter sur la côte. Aussi, avant de trancher cette question, n'est-il pas inutile d'examiner le comportement de l'organisation dans l'une de ses missions essentielles, sinon la principale : le rejet des navires ennemis hors de portée des défenses côtières.

C'est à cette mission que se rapportent les appréciations de Napoléon et de Nelson citées plus haut, que le premier tirait de son expérience au siège de Toulon, et le deuxième de son commandement en Méditerranée, quand les armées françaises l'obligeaient à renoncer à un agréable séjour dans la péninsule italienne. L'expérience la plus récente semblait confirmer cette supériorité de l'artillerie de côte sur l'artillerie de bord. Les « kemmerliks » des Dardanelles, tirant des boulets de pierre, avaient suffi à infliger des pertes sérieuses à l'escadre de lord Duckworth qui, les ayant franchies par surprise en 1807, voulut repasser ensuite en Méditerranée. Un siècle plus tard, au même endroit, l'artillerie des cuirassés français et britanniques ne parvenait pas à réduire au silence des batteries à découvert, dont le matériel était presque aussi vétuste pour l'époque que les pierriers en 1807.

Cette confiance explique la profusion de grosse artillerie, le plus souvent sous casemate protégée par quelques mètres de béton, qui fut mise en place par les puissances de l'Axe pour la défense de leurs conquêtes, aussi bien en Europe que dans le Pacifique. De la Norvège aux Pyrénées, le « rempart atlantique » notamment consumma une quantité difficilement croyable de canons et de béton. Il s'y ajoutait, sur la côte française du Pas de Calais, des pièces à très longue portée destinées à bombarder les ports anglais d'en face et à interdire la navigation. On transporta même sur les côtes de la Manche les fameux canons dans le tube desquels « deux hommes pouvaient tenir à l'aise », qui avaient servi au siège de Sébastopol. Les Alliés, moins exposés aux débarquements grâce à la supériorité aérienne dont ils jouirent presque constamment, furent plus modérés dans leurs installations de défense : la Grande-Bretagne n'en construisit pas moins, sur la côte nord du Pas de Calais, des répliques des batteries allemandes, destinées aux mêmes missions.

Aucune de ces très coûteuses installations ne donna les succès escomptés. En Sicile comme en Normandie, les pièces côtières furent ou détruites au préalable par l'aviation, ou réduites au silence par les navires qu'elles prenaient à parti. Au cours des deux années de progression des Alliés remontant la péninsule italienne vers la vallée du Pô, la marine appuya constamment les flancs en prenant à revers les batteries ennemies, de côte ou de campagne. Contrairement aux affirmations de Napoléon et de Nelson, le duel se termina toujours à l'avantage de l'artillerie de bord. Les cuirassés et monitors qu'on avait jugé plus prudent d'employer en

Sicile, purent même être remplacés sans inconvénient par des croiseurs et des destroyers. Mais la démonstration la plus nette de l'impuissance de la côte fut donnée, dans le Pas de Calais, par l'échec simultané des batteries britanniques et allemandes dans leurs tentatives d'interdire le passage des convois côtiers. La question présentait la même importance de part et d'autre, en raison de la surcharge des réseaux ferrés ; les navires marchands purent

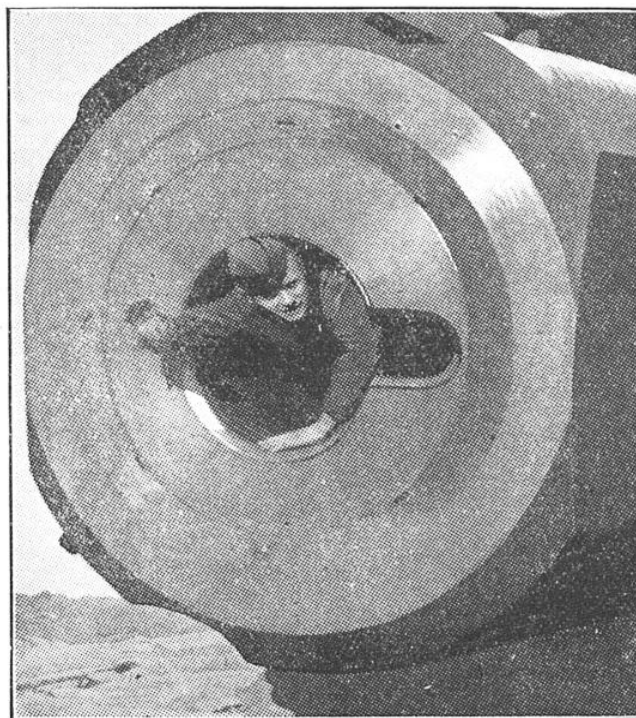


FIG. 2. — LA CULASSE D'UNE PIÈCE DE GROS CALIBRE DU SYSTÈME DÉFENSIF DE LA MANCHE

leur prêter jusqu'à la fin un concours précieux qui ne fut guère troublé que par l'intervention des vedettes et des avions.

Comment expliquer ce renversement total des valeurs de l'artillerie de côte et de l'artillerie de bord ? C'est que, depuis 1915, presque tous les progrès avaient joué en faveur de la dernière.

Les distances d'engagement s'étaient accrues. Le canon de côte ne conservait plus le monopole d'un pointage en hauteur dans un secteur de 45°, quand l'amplitude de pointage jugée suffisante pour le canon de bord s'échelonnait, suivant les marines, de 15° à 20°. Sur les navires, les affûts d'artillerie principale étaient aménagés pour le tir à 45° au moins ; certains même, pour le tir à 60° en vue de concourir à la défense contre avions. Or, dans la lutte entre deux adversaires dont l'un est fixé et l'autre mobile, l'augmentation de la distance joue toujours à l'avantage du dernier, dont les évolutions permettent l'esquive des projectiles qu'on lui destine. Les manœuvres de dérolement, inefficaces, pour les grands bâtiments, du moins aux distances d'engagement de la guerre de 1914, retrouvaient tout leur intérêt sur des



croiseurs et des cuirassés qui pouvaient tirer entre 25 et 40 km.

Les progrès du navire en vitesse l'aidaient à échapper aux coups. L'efficacité de la manœuvre de déroboement se mesure en effet au parcours de l'objectif pendant la durée de trajet, ou, plus exactement, à l'écart entre la position calculée dans l'hypothèse d'une route rectiligne à vitesse constante et la position qu'il peut prendre, au cours de cette durée de trajet, sous l'effet de la manœuvre. C'est pourquoi les croiseurs légers et surtout les destroyers, plus ra-

les batteries côtières en action et réglera son tir sur elles, quand le tir de l'adversaire devra être fait à l'aveugle.

Le vaisseau à la mer contre le canon à terre, ce sont deux artilleries aux méthodes de tir équivalentes à limite de portée, mais l'une se défend en évoluant derrière un rideau fulmigné, dont l'aviation amie interdit le survol, pendant que l'autre, rivée au sol, doit subir le feu qu'un avion d'observation règle sur elle, salve après salve.

### La défense vers le large et vers l'intérieur

Une place côtière peut être attaquée directement de la mer. L'histoire en donne de multiples exemples. Depuis la fondation de Byzance, de nombreuses escadres se sont présentées, avec plus ou moins de succès, devant les Dardanelles et le Bosphore; les Londoniens eux-mêmes ont vu les vaisseaux de Ruyter incendier les arsenaux de la Tamise. Il est donc indispensable de prévoir une défense directe des points les plus importants contre la menace du large.

Mais l'histoire donne au moins autant d'exemples de places dont l'accès par voie maritime était difficile ou impossible, et qui tombèrent aisément lorsqu'on débarqua au voisinage et qu'on les attaqua de l'intérieur. Si les efforts de Ruyter contre Londres échouèrent, ceux de Guillaume le Conquérant, qui avait débarqué à Hastings, réussirent. Le port d'Alger subit pendant des siècles, sans grand dommage, les bombardements des escadres de la Chrétienté; il ne résista pas au débarquement à Sidi-Ferruch du maréchal de Bourmont. Mais la leçon ne servit guère, et, narguant les canons braqués vers le large, les troupes américaines y entrèrent par le sud en 1942 avec la même aisance que les troupes françaises en 1830. La défense vers l'intérieur est donc aussi nécessaire que la défense vers le large. On peut même être certain que, plus la défense vers le large sera puissante, et plus l'adversaire sera incité à la tourner, s'il sait ne rencontrer aucun obstacle sérieux.

L'intérêt de la défense vers l'intérieur s'accroît pour celui qui, détenant la maîtrise navale, pourra ravitailler par mer la garnison de la place. Bien que Joffre, au lendemain de la chute des forteresses belges et françaises, fût assez mal disposé à l'égard des places fortes, au point d'avoir affirmé dans l'instruction du 9 août 1915 que « les places fermées destinées à être investies n'ont plus de rôle à jouer », ce caractère des positions côtières ne lui avait pas échappé. « La situation maritime de Dunkerque, écrivait-il ensuite, donne à la possession de cette place une importance particulière et supprime pour l'ennemi la possibilité de l'investir. Contrairement aux principes énoncés plus haut, Dunkerque doit pouvoir être défendue pour elle-même et être organisée en conséquence. »

Ce point de vue n'avait cependant prévalu ni en France, ni en Grande-Bretagne. Dunkerque, dont la défense vers l'intérieur aurait

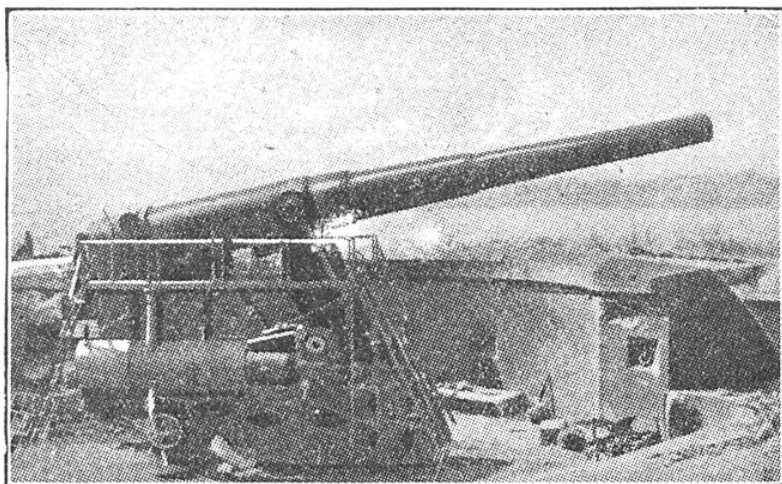


FIG. 3. — PIÈCE D'ARTILLERIE LOURDE DE LA DÉFENSE DE CORRIGIDOR AUX PHILIPPINES

pides et moins longs que les cuirassés, ont pu compenser par leurs qualités évolutives l'infériorité ou l'absence de leur protection.

L'emploi des fumigènes, soit par émission directe du bâtiment tireur lorsque la direction du vent s'y prête, soit par le tir de son artillerie secondaire ou d'un bâtiment auxiliaire, soit enfin avec le concours d'un avion, qui fut mis au point depuis 1916, permet le tir du navire à l'abri d'un couvert particulièrement efficace. C'est le plus gros obstacle qu'ait rencontré l'artillerie de côte.

Si celle-ci a pu transposer à son profit les progrès de la conduite du tir à la mer depuis 1914, il faut reconnaître que l'essentiel avait déjà été accompli avant 1914, sous l'influence en particulier de sir Percy Scott. Mais le tir de bord contre la côte n'en avait pas bénéficié. Le tir indirect, notamment, laissa beaucoup à désirer, aussi bien aux Dardanelles qu'à Gallipoli. Les procédés de tir d'après la carte, qui se compliquent à la mer de la nécessité du placement continu du tireur sur la carte, ne furent mis au point qu'ultérieurement. Ils permirent, par mer calme du moins, l'exécution de tirs équivalents en justesse et en précision à ceux d'une batterie fixe.

L'aide que l'aviation apporte à l'artillerie pour le repérage des objectifs et le réglage continu du tir semble jouer aussi bien pour la défense que pour l'attaque. Mais ce n'est qu'une apparence, car l'assaillant n'entreprend son opération que s'il possède la supériorité aérienne dans le secteur choisi tout au moins. Son aviation repérera



été bien utile en mai 1940, n'avait pas mieux été aménagé à cette fin que les ports de guerre français. Singapour, où des centaines de millions avaient été enfouis dans les aménagements d'un arsenal et du front de mer, prêtait au même reproche.

Ici, les leçons de la guerre sont particulièrement démonstratives. Aucune place côtière n'a été prise, ni même attaquée, du large, si l'on excepte les villes norvégiennes saisies par surprise que ni leurs défenses, ni leur garnison ne permettaient de qualifier de places. Toutes ont été enlevées ou assiégées de l'intérieur, que le défenseur possédât ou non la maîtrise navale dans le secteur. La marine allemande ne s'attaqua pas plus à Cronstadt et Leningrad, bien qu'elle fût supérieure à la flotte russe de la Baltique, qu'elle ne le fit pour Sébastopol, où son inaction pouvait s'expliquer par son infériorité en mer Noire. Et les batteries côtières de Singapour n'eurent pas davantage à repousser la flotte japonaise, bien que celle-ci n'ait jamais eu pareille liberté d'action dans le Pacifique, qu'après la mise hors de combat des cuirassés américains à Pearl Harbor et la destruction de deux navires de ligne britanniques sur les côtes de Malaisie.

La longue liste des places côtières belges, françaises, britanniques et italiennes, qui tombèrent ainsi avec leurs garnisons successives sans résistance sérieuse, n'aurait pas grand intérêt. Mais il faut noter le premier renversement en faveur de la défense à Tobrouk. C'est là qu'apparut pour la première fois au cours de cette guerre la capacité de résistance des places côtières ravitaillées par mer. Tobrouk avait reçu une fortification moderne, sous forme d'une ceinture profonde et dense de fortins qui ne servit guère à ses constructeurs et premiers défenseurs, mais qui permit à la garnison britannique, comme autrefois à Gibraltar, de tenir devant toutes les attaques jusqu'à sa délivrance. C'était le premier échec du « Blitzkrieg » et l'on peut être assuré que Hitler et Rommel ne s'y résignèrent pas sans assauts puissants. Quelques mois plus tard, la défense des places soviétiques, Odessa, Leningrad, Sébastopol, exécutée dans des conditions semblables, renouvelait la démonstration.

Ainsi, la défense des places côtières assiégées de l'intérieur se révélait possible. Que la garnison, ravitaillée et maintenue à l'effectif requis, pût tenir indéfiniment, comme à Tobrouk et à Leningrad, qu'elle fût sacrifiée comme à Sébastopol ou à Bataan, ou qu'elle fût évacuée après avoir résisté le temps que le commandement supérieur jugeait suffisant, comme à Odessa, la place jouait dans tous les cas un rôle essentiel. Tobrouk a sauvé l'Egypte; Odessa a épuisé l'armée roumaine en marche sur les côtes de la mer Noire; Sébastopol a retardé d'un mois l'offensive en direction du Caucase; Corrégor et Bataan ont retenu pendant plusieurs mois des divisions japonaises qui auraient été bien utiles sur les routes de l'Inde et de l'Australie, avant que les Alliés retrouvassent la maîtrise aérienne.

Il est toujours risqué de refaire une guerre avec des « si ». Cependant, qui ne voit que l'issue de la campagne de France eût été tout autre si les armées franco-britanniques de Belgique avaient trouvé à Dunkerque une place refuge modernisée, qui aurait pu tenir le rôle que Brialmont donnait à Anvers, ou n'aurait été enlevée qu'après de gros sacrifices allemands, d'où les armées auraient pu à un moment quel-

conque — on n'oubliera pas la maîtrise de la R.A.F. dans le ciel de Dunkerque — être ramenées avec leur matériel vers d'autres places ou d'autres fronts, une place enfin qui aurait été sur l'arrière des armées d'invasion l'équivalent d'Odessa ou de Sébastopol? Qui ne voit que l'offensive japonaise se serait brisée avant d'atteindre les mers du sud, si Hong-Kong avait résisté aussi longtemps que Corrégor et Bataan, si Guam et Wake avaient tenu comme Malte, et si la flotte japonaise avait rencontré en ces points le barrage aérien auquel il ne

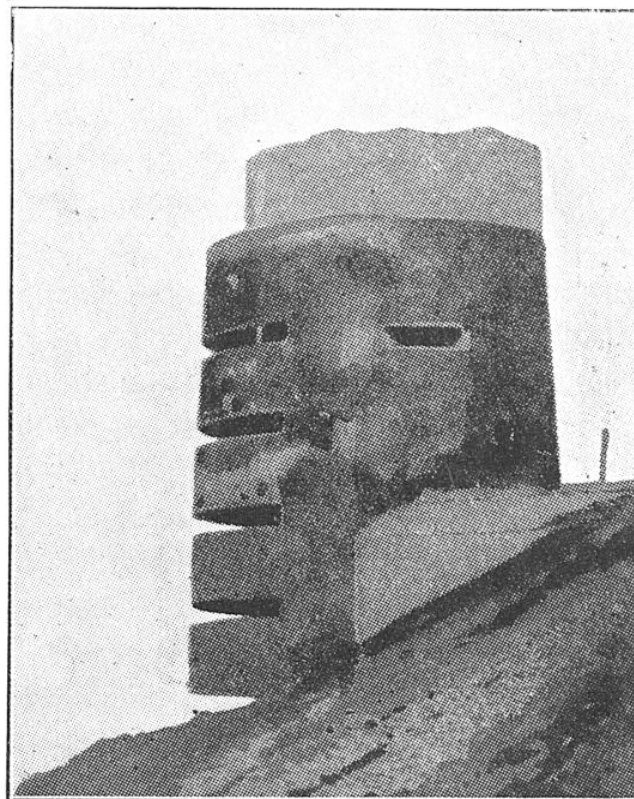


FIG. 4. — UN POSTE D'OBSERVATION BÉTONNÉ ALLEMAND SUR LA MANCHE

manquait que des bases et qui dut être établi à quelques milliers de kilomètres de là, en Australie, à Midway et aux Aléoutiennes?

### La ligne continue et le réseau de places

Le bouleversement le plus complet des principes admis avant guerre pour la défense des côtes a été, en apparence, la substitution de la ligne continue au réseau de places côtières. Son échec a été total. Il confirme celui de ces mêmes lignes pour la défense des frontières terrestres. Il ne surprendra aucun de ceux qui ne se seront pas laissés abuser par une étude superficielle des événements de 1914-1918 et auront admis les enseignements de l'histoire militaire dans une de ses leçons les plus certaines et les plus répétées. « Il en est des places fortes,



écrivait Napoléon après Machiavel et tant d'autres, comme des placements de troupes. Pré-tendez-vous défendre une frontière par un cordon? Vous êtes faible partout, car enfin tout ce qui est humain est limité. Artillerie, argent, bons officiers, bons généraux, tout cela n'est pas infini, et si vous êtes obligés de disséminer partout, vous n'êtes forts nulle part. »

Avant d'examiner plus en détail les causes et les conséquences de l'échec allemand dans la tentative de défense de la « forteresse Europe », il n'est pas inutile de préciser le degré exact de recours à la ligne continue et au réseau de places pour cette défense.

L'érection du « rempart atlantique » a été ordonnée par Hitler, avant qu'il se retournât

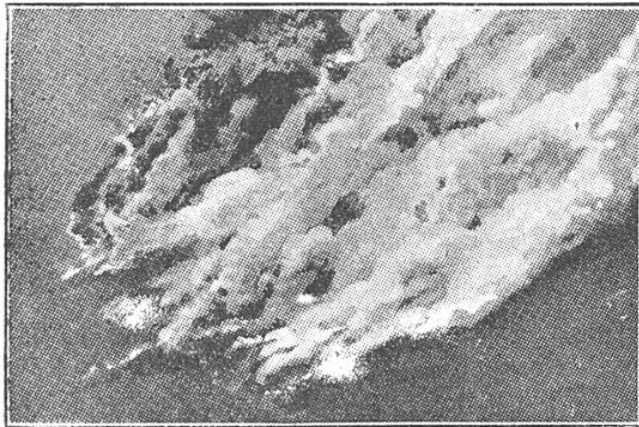


FIG. 6. — LA FORTERESSE DE PANTELLERIA EN MÉDITERRANÉE, EN FEU, APRÈS UN BOMBARDEMENT AÉRIEN

vers l'Est, pour protéger ses conquêtes contre la menace d'un débarquement britannique. La ligne fut renforcée lorsque l'entrée en guerre des Etats-Unis, en décembre 1941, aggrava la menace et que les raids de commandos se multiplièrent. La conception pouvait se défendre alors. La ligne Siegfried avait réussi à protéger les frontières allemandes de l'Ouest pendant que la « Wehrmacht » était occupée en Pologne. Pourquoi le rempart atlantique n'aurait-il par rendu le même service pour l'Europe occidentale pendant la conquête de la Russie? D'autant que les effectifs employés à sa défense étaient alors largement calculés. Hitler, en s'engageant à l'Est, laissait près d'une centaine de divisions à l'Ouest.

C'est seulement aux premiers mois de 1942 qu'apparut la puissance d'arrêt des « hérissés » allemands devant les assauts répétés de la première offensive soviétique, qui devait transformer les opérations à l'Est, en 1943 et en 1944, en une perpétuelle manœuvre sur réseau de places, pendant que toutes les lignes continues, fluviales notamment, étaient régulièrement percées. Il était inévitable que la doctrine allemande sur les défenses côtières s'en ressentît. Le rempart méditerranéen, construit après le débarquement allié de novembre 1942 en Afrique du Nord, n'eut jamais l'importance ni la continuité du rempart atlantique. On s'en aperçut notamment lors des nombreux débarquements en Italie. On ne doit pas douter que,

simultanément, et tout en laissant en place les fortifications érigées à l'Ouest, leur occupation ait été révisée. L'inviolabilité de l'Europe, à l'abri de ses deux remparts, n'était plus désormais qu'un thème de la propagande allemande, et les déclarations de Hitler sur le rejet certain de l'envahisseur en moins de temps encore qu'à Dieppe, n'ont jamais traduit ses intentions véritables.

En réalité, la stratégie hitlérienne n'a été, en ce domaine, qu'une transposition de la stratégie napoléonienne. Comme Hitler, Napoléon a dû défendre, mais pendant dix ans au lieu de quatre, des côtes de même développement contre la menace d'un débarquement britannique. Comme lui encore, il devait en outre combattre à l'Est sur son front principal où il se trouvait simultanément ou successivement aux prises avec l'Autriche, la Prusse et la Russie.

S'il a été assez difficile de dégager les principes de la manœuvre napoléonienne sur ce front principal où l'Empereur, qui opérait lui-même, n'a pas jugé nécessaire d'en laisser un exposé d'ensemble à la postérité, sa correspondance à ses lieutenants contient la présentation la plus claire des principes à appliquer pour repousser les débarquements britanniques. Le dispositif recommandé comportait un minimum d'effectifs sur les côtes, au voisinage des points de débarquement les plus probables; le soutien de ce premier échelon par des troupes en réserve, dans une position centrale qui leur permit l'intervention en temps utile en tout secteur choisi par l'ennemi; enfin, l'établissement dans chaque région d'une « place-refuge » où les défenseurs pussent se replier si l'adversaire se présentait en nombre très supérieur, et attendre le dénouement de l'action décisive sur le théâtre principal. Rien n'est donc plus éloigné que le rempart continu de la doctrine napoléonienne de défense des côtes.

« Vous avez des côtes, sans doute, écrivait l'Empereur à son frère Joseph qui lui avait rapporté le cuisant échec de Reynier, surpris à Cassano, au voisinage du golfe de Tarente, par quelques milliers d'Anglais débarqués. Mais j'en ai partout... Il y a longtemps que je vous ai dit que vous disséminiez trop vos troupes. Tenez-les réunies et il vous arrivera ce qui est arrivé en France; les Anglais ont débarqué plusieurs fois, mais ils ont été bien rossés et n'osent plus recommencer. »

Comment placer les troupes, qu'on renonce à établir sur la côte, si l'on veut qu'elles puissent intervenir en temps utile, et en force, contre les éléments débarqués? Par le choix d'une position centrale entre les points de débarquement les plus probables et la répartition des troupes en échelons entre la position centrale et ces points. Ce dispositif, sur lequel Napoléon insiste beaucoup, permet le renforcement de l'échelon avancé par le suivant si l'on estime la contre-attaque possible sur la côte; le repli de l'échelon avancé sur le suivant si l'adversaire est jugé trop supérieur; enfin, le transfert rapide de toute l'armée d'un point de débarquement à un autre, jugé plus menaçant ou plus propre à la contre-offensive.

« Des échelons, et encore des échelons, répète Napoléon à Joseph... Je ne suis pas satisfait de la distribution de vos troupes... Votre réserve serait bien si elle était à moitié chemin de Naples et de Cassano. Placez toujours vos troupes de manière que, quelque chose que fasse l'ennemi, vous vous trouviez en peu de jours réunis. »



Si l'on est écrasé sous le nombre, il reste à s'enfermer dans une place-refuge centrale et à y soutenir un siège : « Il n'est aucun moyen, écrivait l'Empereur à Marmont, qui commandait alors en Dalmatie, d'empêcher une armée, double ou triple en forces de la vôtre, d'opérer son débarquement sur un point quelconque de 80 lieues de côtes et d'obtenir bientôt un avantage décidé... Le soin des généraux doit alors être de diriger toutes les opérations de manière que leur retraite soit toujours assurée... Quand, après plusieurs mois de campagne, on a toujours pour pis-aller de s'enfermer dans une ville forte et abondamment approvisionnée, on a plus que la sûreté de la vie, la sûreté de l'honneur. »

Loin de se croire tenu par les affirmations de sa propagande sur les remparts infranchissables, le commandement allemand s'est bien gardé d'y masser ses troupes et a suivi de très près les principes napoléoniens.

Aux premiers débarquements en Italie, Kesselring reprit le dispositif préconisé par Napoléon et jusqu'aux emplacements qu'il suggérait. Il s'en trouva fort bien, car les Alliés débarquèrent, en Calabre et à Tarente, en deux des trois points que la perspicacité de l'Empereur lui avait fait signaler comme probables à son frère. Son erreur quant au troisième était excusable. Il avait indiqué Gaète; ce fut Salerne. Mais pouvait-il prévoir que le rayon d'action de la chasse basée en Sicile obligerait les Alliés à débarquer au sud de Naples et non au nord? C'est pour avoir placé ses troupes à mi-chemin entre Naples et Tarente au lieu de les disperser sur les côtes que Kesselring put exécuter une lente retraite devant le débarquement de Reggio, un rapide repli devant ce lui de Tarente, et un retournement avec toutes ses forces contre la 5<sup>e</sup> Armée de Salerne.

Le dispositif réalisé en France comprenait de même une occupation à très faible densité des fortifications côtières, des réserves de secteur assez nombreuses, du moins dans les régions les plus menacées, et une réserve générale très importante entre Seine et Rhin. Aussi, lors du débarquement en Normandie, les prisonniers isolés par les parachutistes déposés au delà de la ligne côtière furent assez peu nombreux; les armées alliées rencontrèrent aussitôt devant elles les réserves locales, intactes, qui comprenaient au moins trois divisions blindées; enfin, Rommel réussit, malgré les destructions mais avec de longs délais, à les renforcer par sa réserve générale avant de lancer ses contre-attaques.

Le principe de la place-refuge fut aussi généralement appliqué que celui du dispositif en échelons, avec faible occupation de la zone côtière. A Cherbourg d'abord, puis en Bretagne et dans les ports de l'Atlantique, puis à Toulon et Marseille, lors du débarquement sur la côte de Provence, dans les ports de la Manche et de la mer du Nord enfin au cours de l'avance alliée vers la ligne Siegfried, des garnisons allemandes en nombre variable tinrent avec plus ou moins de succès les places côtières

qu'elles avaient ordre de défendre jusqu'à la mort.

Ainsi l'échec de l'Allemagne sur les remparts de la forteresse Europe n'est pas, comme il semble au premier abord, une erreur de doctrine. Hitler n'a pas cherché à défendre sérieusement un rempart atlantique qu'il savait intenable. La résistance allemande sur le front de Normandie en juin et juillet 1940, s'expliquait tant que le développement de ce front continu était assez peu étendu eu égard aux effectifs disponibles. Après la percée américaine, la

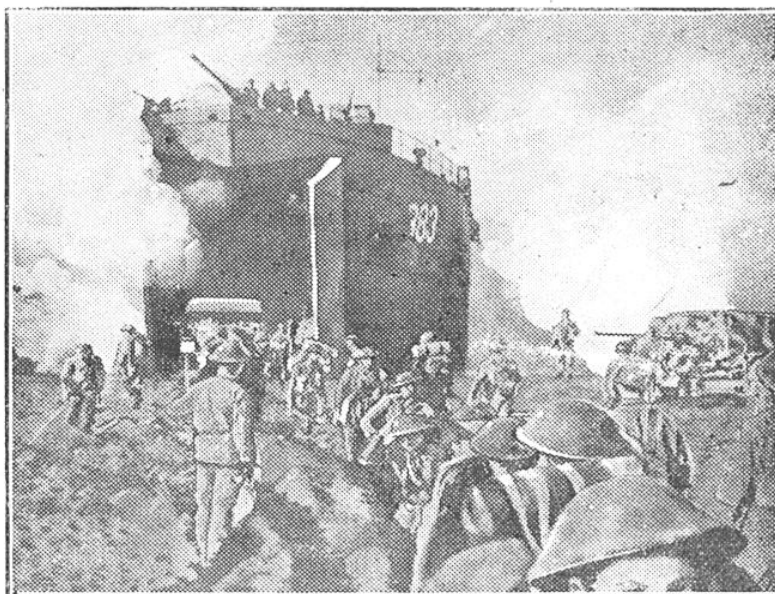


FIG. 7. — UN NAVIRE DE DÉBARQUEMENT BRITANNIQUE DANS LA BAIE DE SALERNE

manœuvre a bien été, en gros, une retraite appuyée sur un réseau de places, côtières ou intérieures. En Provence, la faiblesse de ses effectifs a contraint le commandement allemand à passer aussitôt au dernier stade de la manœuvre, en s'associant à Toulon, à Marseille et à Lyon. Mais ni dans un cas, ni dans l'autre, il n'a tiré du réseau de places des résultats aussi satisfaisants dans l'ensemble que ceux qu'il avait donnés à l'Est.

### L'interdiction des arrières par l'aviation

L'échec de la manœuvre napoléonienne, transposée par Hitler en 1943 et 1944, est dû principalement à l'interdiction des mouvements qu'elle suppose, sous l'effet séparé ou simultané de l'aviation et du soulèvement intérieur en pays occupé.

L'emploi de l'aviation de bombardement à l'interdiction des arrières a mis longtemps avant d'atteindre l'efficacité qu'il eut en Normandie.

Au cours du débarquement en Afrique du Nord, aucune tentative sérieuse ne fut faite, aux premiers jours de l'opération du moins, pour empêcher les troupes germano-italiennes massées en Sicile de passer en Tunisie. Lors du débarquement en Sicile, le commandement allié accorda davantage d'attention à la cou-



pure des communications avec l'Italie, et à l'intérieur même de l'île; il y dut de pouvoir mettre ses effectifs à terre et d'organiser ses têtes de pont, sans gêne sérieuse. La question ne se posait pas en Calabre, où ne se tenaient que des effectifs très faibles destinés à ralentir l'avance britannique. Elle se posait certainement par contre, lors du débarquement simultané de Tarente et de Salerne. On ne peut dire que la coupure des communications allemandes ait été entièrement négligée; elle fut même fort bien réussie à ce point sensible qu'était la traversée des Alpes. Le résultat fut cependant nul, car les divisions allemandes déjà massées en Italie suffirent largement au désarmement des troupes de leur ex-allié et au maintien de l'ordre dans la Péninsule. Mais la liberté de mouvement laissée à Kesselring dans le sud lui permit de se retourner contre la 5<sup>e</sup> armée américaine et lui valut le demi-succès de Salerne.

### L'avenir de la défense des côtes

L'avenir de la défense des côtes est aussi sombre que celui des lignes de fortification par lesquelles on vise à interdire le franchissement d'une frontière terrestre. Encore doit-on observer que, dans ce cas, les prétentions se bornent le plus généralement à tenir une ligne de quelques centaines de kilomètres d'étendue, derrière laquelle sont massées les forces principales d'un pays. Sur les frontières maritimes, au contraire, les lignes à défendre par la plupart des grandes puissances ont quelques milliers de kilomètres de développement, et on ne consent à y affecter que des troupes d'effectif très inférieur.

Les vertus particulières qu'on attribuait aux défenses côtières et qui reposaient sur l'infériorité présumée du navire et de ses armes n'ont pas été confirmées. A l'abri de son blindage,

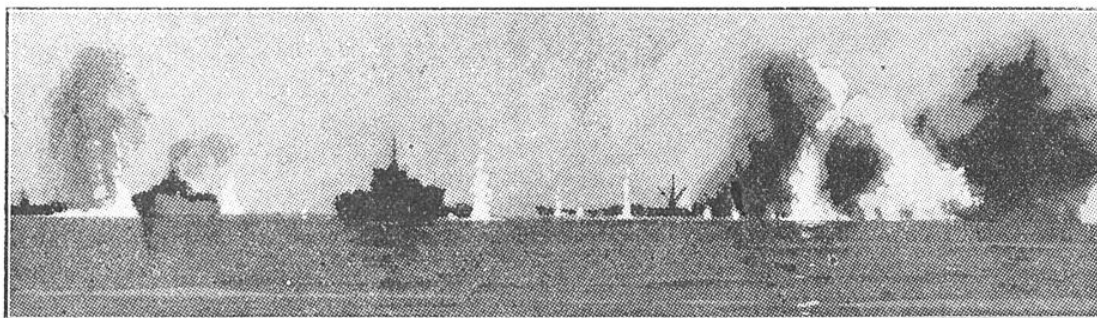


FIG. 8. — LES TRANSPORTS DE DÉBARQUEMENT ANGLO-AMÉRICAINS DEVANT ANZIO.

C'est seulement à Anzio qu'apparut la puissance de l'aviation dans la mission d'interdiction des arrières. Le secteur choisi pour le débarquement avait été dégarni, au profit de la ligne Hitler que menaçait simultanément une offensive de fixation alliée. La coupure des voies ferrées et des routes, l'attaque des convois, furent tellement efficaces que Kesselring ne put ni ramener devant Anzio les troupes envoyées sur le front principal, ni y transporter ses réserves stationnées dans la vallée du Pô. Il lui fallut plusieurs semaines, au cours desquelles l'adversaire eut tout loisir d'organiser, sa tête de pont, avant d'avoir réussi les éléments d'une contre-offensive sérieuse.

Rommel rencontra les mêmes difficultés au cours du débarquement allié en Normandie. L'interdiction des arrières fut poussée à un degré de perfection inconnu jusqu'alors et absorba plusieurs milliers d'avions pendant des semaines; la zone de débarquement choisie était en effet beaucoup plus riche que l'Apennin en moyens de communication de toute sorte. Le résultat fut aussi brillant qu'à Anzio. Seules les réserves de secteur purent être opposées aux troupes mises à terre pendant les premiers jours. Les réserves générales et celles des zones non menacées furent réunies si lentement que la contre-offensive de Rommel ne put être exécutée avant plusieurs semaines, quand la liaison de la côte et des parachutistes avait été achevée, les têtes de pont organisées et les troupes mises à terre renforcées dès les premiers jours.

dage, l'artillerie du bord s'est révélée tout aussi efficace contre le béton que l'armement du char. Les places fortes défendues uniquement contre le large n'ont pas tenu devant les assauts de l'intérieur. La ligne continue, qui prétendait à empêcher cette prise à revers, a été franchie ou tournée par voie aérienne aussi souvent qu'elle a été attaquée. La manœuvre par laquelle on comptait parer à ces succès locaux, inévitables, de l'assaillant s'est révélée inexécutable pour plusieurs raisons, dont l'une au moins, l'interdiction des mouvements d'arrière par l'aviation, jouera quelles que soient les conditions de la lutte. L'avion s'est montré une fois de plus, dans cette mission comme dans toutes celles qu'on lui a demandées, digne de la confiance qu'on pouvait placer en lui.

Faut-il donc chercher des principes nouveaux de défense pour remplacer ceux dont la faillite est évidente? Ils sont exactement les mêmes sur les frontières maritimes et sur les frontières terrestres. La manœuvre sur réseau de places, que Napoléon préconisait après Vauban, et que Staline et Hitler ont appliquée tant de fois avec succès, vaut exactement dans un cas comme dans l'autre; elle reste le plus puissant moyen à la disposition de la défense. Ses progrès sont liés à l'allégement des armes et des formations et au perfectionnement de leurs moyens de transport sous la menace aérienne. Mais on n'oubliera pas que l'attaque en bénéficiera tout autant.

Camille ROUGERON.



# A LA RECHERCHE DU PÉTROLE DANS LE SOUS-SOL FRANÇAIS

par D. SCHNEEGANS

Maître de Conférences à l'Université de Strasbourg  
Géologue en chef de la Régie Autonome des Pétroles

*La géologie est une science d'apparence aride, mais, par certains de ses aspects, fort voisine de la poésie, puisqu'elle nous retrace l'épopée de notre planète depuis des centaines de millions d'années. Elle est aussi à la base des entreprises humaines les plus réalistes : prospections minières, constructions de tunnels ou de barrages, captages d'eau, etc. C'est elle qui est notre guide dans la recherche des gisements de pétrole, pour le diagnostic des indices, la reconnaissance des roches-magasins, l'étude des « structures » pétrolifères respectées ou bouleversées par les convulsions de l'écorce terrestre, et dissimulées sous les amas considérables de matériaux accumulés au cours des âges géologiques. En raison de sa nature même, le pétrole est un élément fugitif, quittant presque toujours son lieu d'origine, circulant à travers les terrains jusqu'à ce qu'un « piège » le retienne et l'immobilise sous la forme d'un gisement. La France, prise dans son ensemble, ne se présente pas, pour ces recherches, sous un jour favorable, si l'on excepte les bassins de sédimentation de l'Alsace, de la Limagne, de la Bresse, du Bas-Languedoc et surtout de l'Aquitaine. C'est dans ce dernier qu'une prospection rationnelle a révélé récemment la présence d'hydrocarbures et a permis la mise en exploitation d'un important gisement de gaz naturel. Le succès de ces premières campagnes autorise de sérieux espoirs pour l'avenir, car elles n'ont porté que sur une bien faible partie du territoire où les géologues admettent la présence possible du précieux liquide et plusieurs années seront nécessaires pour l'explorer méthodiquement.*

## Quelle est l'origine du pétrole ?

**A** PRÈS un certain engouement pour l'hypothèse de l'origine minérale du pétrole, très compréhensible à une époque où la hardiesse des synthèses semblait donner aux chimistes la clef de toutes les énigmes de la nature, la plupart des savants sont aujourd'hui d'accord pour admettre que le pétrole s'est formé à partir de matières organiques animales ou végétales.

Nous connaissons dans la nature toute une famille de roches susceptibles d'engendrer des hydrocarbures par distillation et dont les types essentiels sont les charbons d'algues (*bogheads*) et les schistes bitumineux. Des algues vivant en colonies, voisines d'espèces actuellement encore hôtes de nos lacs, se multipliant à un rythme extraordinaire, ont donné naissance à la matière organique de ces sédiments. Des études microscopiques minutieuses ont permis de les observer dans la roche et ont même réussi à identifier les bactéries fossiles qui ont dû jouer un rôle dans la transformation des algues tombées au fond de l'eau, étouffées par suite de la croissance exubérante des colonies plus jeunes. On a retrouvé des lacs et des lagunes côtières dans lesquels il se forme sous nos yeux de telles roches, et nous connaissons aujourd'hui le détail des transformations biochimiques

qu'elles ont subies. Ces roches nous renseignent donc sur les premiers stades de la bituminisation; leurs bitumes sont insolubles dans les solvants organiques alors que les pétroles y sont solubles.

Que la genèse des hydrocarbures liquides et gazeux (pétrole et gaz combustibles naturels) ait des points communs avec celle des schistes bitumineux, cela est très vraisemblable. Toutefois elle s'est faite dans des conditions de milieu voisines mais avec un enfouissement plus rapide de la matière organique dans des fonds marins, sous une couverture de terrains à la fois épaisse et étanche. Le foisonnement des algues à la surface des eaux n'est pas un phénomène rare dans nos mers actuelles; il caractérise ce milieu vivant « en fleur d'eau » que les naturalistes appellent le *plancton* (1).

En juin 1905, par exemple, on a observé dans le Golfe de Trieste l'accumulation d'énormes masses mucilagineuses formées de *Pérédiniens* et de *Diatomées*. Les témoins de cette « maladie de la mer » ont déclaré que l'on pouvait naviguer pendant des heures entières dans une mer encombrée de gelée dont l'image était comparable à un ciel nuageux qui se serait reflété sur l'eau. Les algues du plancton montrent des

(1) Voir : « Le plancton » (*Science et Vie*, n° 323, juillet 1944, p. 18).



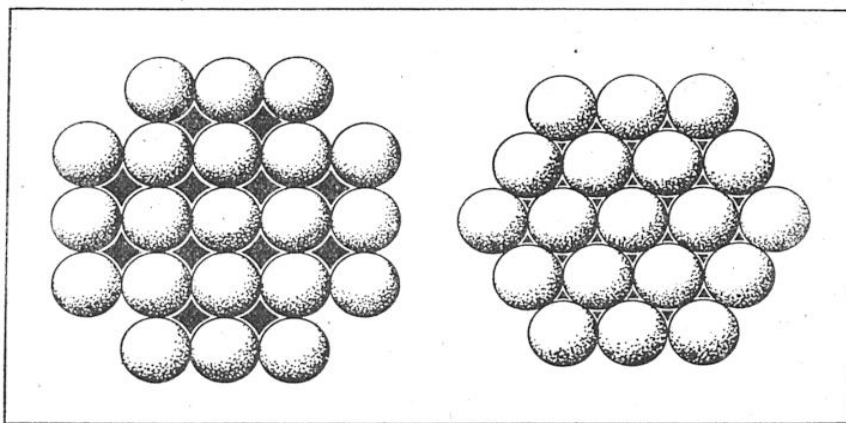


FIG. 1. — DEUX MODES D'IMPRÉGNATION DES SABLES

A gauche, dans un sable non tassé, la porosité est de 47 %. L'huile occupe les vides compris entre les grains de sable. Un film liquide reste adhérent aux grains après l'exploitation du pétrole. A droite, la porosité du sable tassé à refus est de seulement 26 %. Les grains de sable sont supposés sphériques. En général, leur diamètre varie entre 0,1 et 1 mm.

adaptations diverses destinées à assurer leur flottaison.

Dans l'évolution de la matière organique de ces algues tombées au fond dans un milieu privé d'oxygène, les bactéries ont dû jouer un rôle important. Au Congrès Géologique International de Moscou de 1937, on pouvait voir des cultures bactériennes vivant dans le pétrole et capables d'engendrer des matières bitumineuses à partir des graisses végétales, et des gaz combustibles à partir des hydrates de carbone et des albumines. Nous ne sommes pas encore en mesure de préciser le processus chimique de toutes les réactions de polymérisation et d'hydrogénation qui ont nécessairement dû se produire à une température inférieure à 200° C, les pétroles naturels contenant des dérivés de la chlorophylle qui sont détruits au-dessus de cette température. Nous connaissons toutefois les conditions de milieu dans lesquelles le pétrole a dû s'élaborer et les chimistes ont pu reproduire dans leurs laboratoires, à partir des graisses végétales et de la cellulose, des transformations voisines de celles qui ont dû se jouer dans la nature.

### Les notions de roche-magasin et de « toit protecteur »

Nous savons aussi que les sédiments actuels, riches en matières organiques, sont des boues fines accumulées dans des dépressions voisines des côtes. Au large de la Californie, les fosses

de sédimentation actuelles ont beaucoup de traits communs avec les bassins pétrolifères voisins de la côte, domaine jadis marin, aujourd'hui terre ferme.

Bien que le pétrole prenne naissance dans des sédiments argileux, fins, considérés comme « roches mères » du pétrole, les expériences de laboratoire faites sur la circulation d'un mélange de pétrole et d'eau à travers un milieu alternativement peu et très perméable, mettent en évidence que le pétrole a une véritable « aversion » pour les roches finement poreuses comme le sont les argiles. On sait que le contenu liquide des argiles, qui atteint, au moment du dépôt, parfois 70 à 90 % du volume total de la roche, est progressivement exprimé comme d'une éponge, sous l'effet de la surcharge exercée par l'enfouissement progressif des terrains sous des sédiments plus récents. Ce liquide, qui, dans une formation pétrolifère, est formé d'un mélange d'eau, de pétrole et de gaz, est ainsi drainé vers les roches plus perméables de la série sédimentaire, jouant le rôle de roches-magasins. Il s'agit là d'une notion essentielle qui échappe à ceux qui se figurent qu'il existe dans le sous-sol de grandes cavités, des « poches », remplies de pétrole, de gaz et d'eau. Rien n'est plus loin de la réalité, à de rares exceptions près.

Le problème n'est pas différent de celui des nappes aquifères. Tout sédiment perméable est susceptible de contenir du pétrole. Les sables ont généralement une porosité homogène et ils peuvent être imprégnés de pétrole dans une proportion de 25 à 47 % de leur volume, suivant qu'ils sont tassés ou non, en admettant que les grains de sable soient bien arrondis (fig. 1). Si un ciment calcaire ou siliceux réunit entre eux les grains de quartz, on aura affaire à un grès. La porosité pourra, suivant l'abondance du ciment qui obstrue les vides de la roche, varier de 25 à 10 %. Au-dessous de cette dernière valeur, la roche devient quasi imperméable; elle cesse donc généralement d'être une roche-magasin de pétrole.

Dans d'autres sédiments, dont la pâte peut être imperméable en raison de la finesse de leur

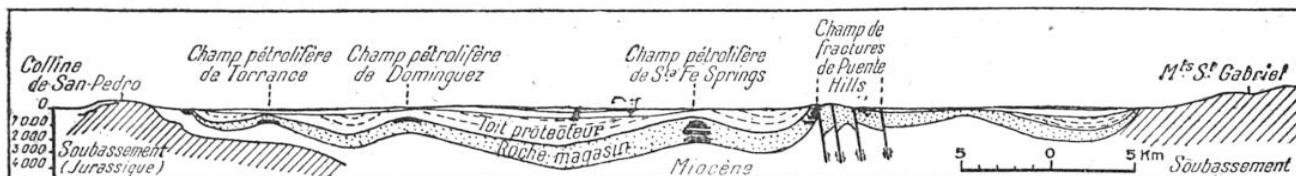


FIG. 2. — COUPE GÉOLOGIQUE A TRAVERS LE BASSIN PÉTROLIFÈRE DE LOS ANGELES

Cette coupe montre que l'huile d'un bassin pétrolifère se concentre dans les structures anticlinales, et comment elle est arrêtée dans sa migration par des failles. Les synclinaux sont occupés par de l'eau salée.



grain, les fissures ou les cassures peuvent être suffisamment nombreuses et larges pour leur permettre de se gorger d'eau, de pétrole ou de gaz. Tel est précisément le cas des calcaires, des dolomies (formées d'un carbonate double de magnésium et de calcium). Elles constituent des roches-magasins souvent très favorables. Pour être efficace, une roche-magasin doit être recouverte par un toit de marnes ou argiles étanches, imperméables au gaz, au pétrole et à l'eau. Ce *toit protecteur* empêche la dispersion de l'huile vers la surface.

### La notion de « structure » et la migration du pétrole

Par suite de leur densité plus faible, le pétrole et le gaz se sont tout naturellement concentrés dans les points hauts des roches-magasins. Ces points hauts sont constitués, dans le cas le plus simple, par les *voûtes anticlinales* (I) résultant de la déformation des assises sédimentaires sous l'effet des plissements (fig. 2).

Dans d'autres cas, le pétrole peut s'accumuler dans l'extrémité d'une roche-magasin coupée en biseau sur les bords d'un bassin de sédimentation (fig. 4, I). Mais les géologues connaissent aujourd'hui une infinité de types de plis ou de dislocations de terrains susceptibles de déterminer des accumulations de pétrole, et ils donnent à ces « pièges » à pétrole le nom de « structures ».

On reconnaît dans une structure une calotte de gaz plus ou moins étendue dans sa partie la plus élevée, puis dans le haut des flancs un anneau plus ou moins étiré de pétrole, tandis

(1) L'anticlinal est la partie convexe vers le haut (en forme de voûte) d'une ondulation des assises géologiques provoquée par un plissement. Il s'oppose au synclinal qui constitue la partie profonde concave, séparant deux voûtes anticlinales.

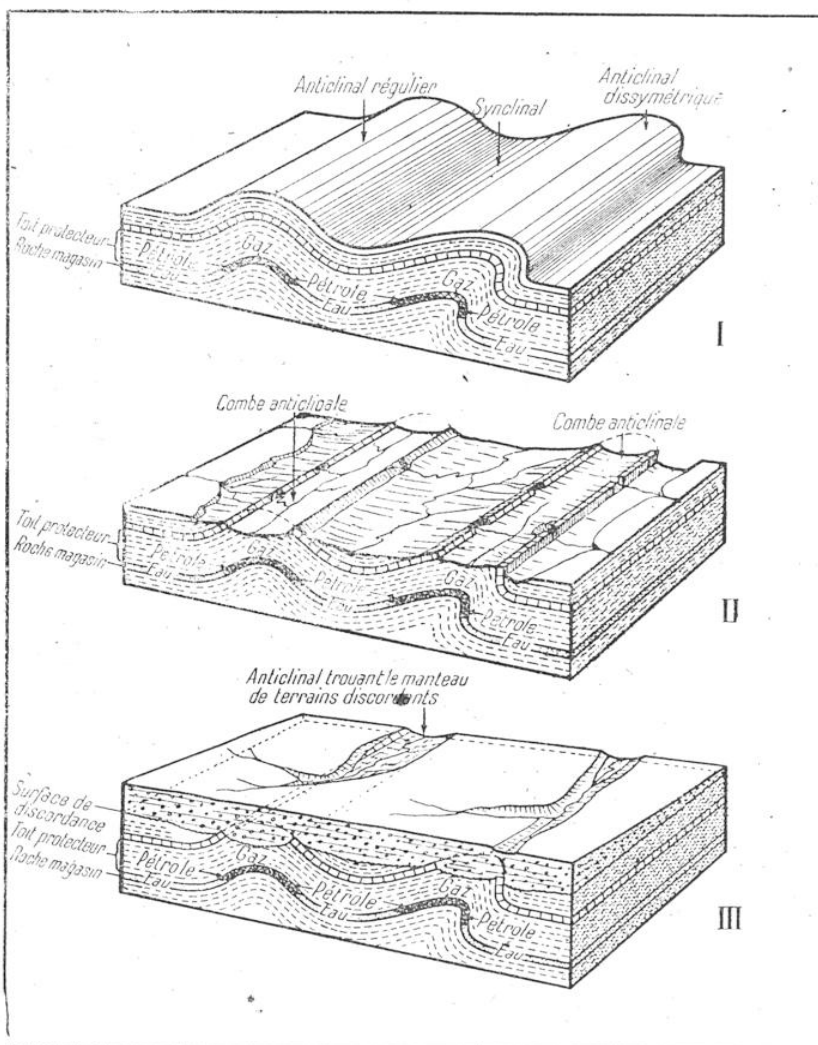


FIG. 3. — COMMENT L'ÉROSION ET LA SÉDIMENTATION PEUVENT MODIFIER L'ASPECT EXTÉRIEUR ET DISSIMULER LES « STRUCTURES » PÉTROLIFÈRES

On voit en I schématiquement la forme primitive des plis des assises géologiques, le pétrole s'accumulant dans les anticlinales au niveau de la roche-magasin, tandis que cette roche, à l'aplomb des synclinaux, est remplie par de l'eau salée. En II, l'érosion découpe des combes dans les anticlinales qui peuvent être finalement enterrés en III sous un manteau de terrains discordants qui ne permettent plus de reconnaître en surface la disposition primitive et la présence de structures pétrolifères.

que dans les synclinaux gît l'eau salée ou *eau de gisement*. La pression des gisements de pétrole, qui est souvent considérable, provient de l'effet combiné : de la *charge hydrostatique de l'eau de gisement* qui s'applique de bas en haut sur le pétrole, du *poids des sédiments* qui agit sur la roche-magasin tout entière, et de la *force d'expansion du gaz* comprimé dans la partie supérieure du gisement.

Cette forte pression, caractéristique des grands gisements de pétrole ou de gaz, se manifestait autrefois par des effets spectaculaires. A la mise en production des sondes, on assistait au jaillissement de panaches de pétrole qui retom-



baient dans des cuvettes de terrain hâtivement aménagées pour recevoir le précieux liquide. De nos jours les éruptions brutales sont de plus en plus rares. Nous avons le moyen, au cours du forage du puits, de faire échec à ces énormes pressions (elles peuvent atteindre ou même dépasser 150 à 200 kg/cm<sup>2</sup>) par une circulation dans le trou de sonde de boues argileuses denses, exerçant une contre-pression sur les couches gazéifères ou pétrolifères du sous-sol. Au cours de la mise en production du pétrole ou du gaz, on arrive à contrôler la pression au moyen de puissantes vannes.

Retenons de cet exposé que les accumulations de pétrole imprègnent les points hauts des roches-magasins, que nous appelons des *structures*. Comme les roches-magasins résultent généralement de la destruction des chaînes de montagne et que les *structures* proviennent du jeu des plissements qui « soulèvent les montagnes », c'est généralement dans l'avant-pays de

ces chaînes, là où les tempêtes orogéniques s'amortissent progressivement en modelant des trains de plis de plus en plus étalés, que nous trouvons aussi de préférence les gisements de pétrole. Mais n'oublions pas que ces points hauts des roches-magasins ont pu se modifier, se multiplier, s'élever ou s'abaisser au cours de chaque nouvelle manifestation du plissement. A chaque déformation du plan des structures qu'une roche-magasin a pu subir depuis la mise en place du pétrole, a forcément correspondu une réadaptation aux conditions imposées au bassin pétrolifère, par les effets du plissement ou l'entrée en jeu de l'érosion. De là ont résulté une série de « migrations » qui ont chaque fois déplacé l'huile vers les points hauts nouvellement créés (fig. 4).

Reconnaissons que la vie des gisements est donc bien fragile. En outre, si le toit marneux fermant le piège à pétrole vers le haut manque d'étanchéité, il en résultera des fuites plus ou moins massives à la surface du sol. Les plus grandioses que nous connaissons sont les fameux lacs d'asphalte de Trinidad ou du Venezuela, dont l'un couvre une surface de 4 kilomètres carrés. Si un courant d'eau balayant une roche-magasin ne rencontre pas sur son passage de piège pouvant retenir le pétrole, celui-ci pourra être dispersé à la surface du sol à l'affleurement de la roche-magasin, donnant naissance à des bitumes solides ou liquides.

Les manifestations de la migration ne sont pas toujours aussi désastreuses dans leurs effets. Quand il s'agit simplement de très faibles remontées de pétrole ou de gaz par des cassures ou à l'affleurement des assises pétrolifères, on observera des indices qui ont le grand intérêt d'attirer l'attention sur la présence d'hydrocarbures en profondeur. C'est même par l'examen de ces fuites de pétrole ou de gaz que l'on reconnaît généralement qu'un bassin sédimentaire est pétrolifère. L'art du géologue est de savoir s'orienter à partir de ces indices, pour arriver de proche en proche à retrouver les avenues détournées menant aux gisements exploitables.

Nous voyons donc quel parti les recherches de pétrole peuvent tirer de la science géologique. Que ce soit le diagnostic des indices, la reconnaissance des roches-magasins ou l'étude des structures, c'est à la Géologie que l'on devra faire appel dans l'établis-

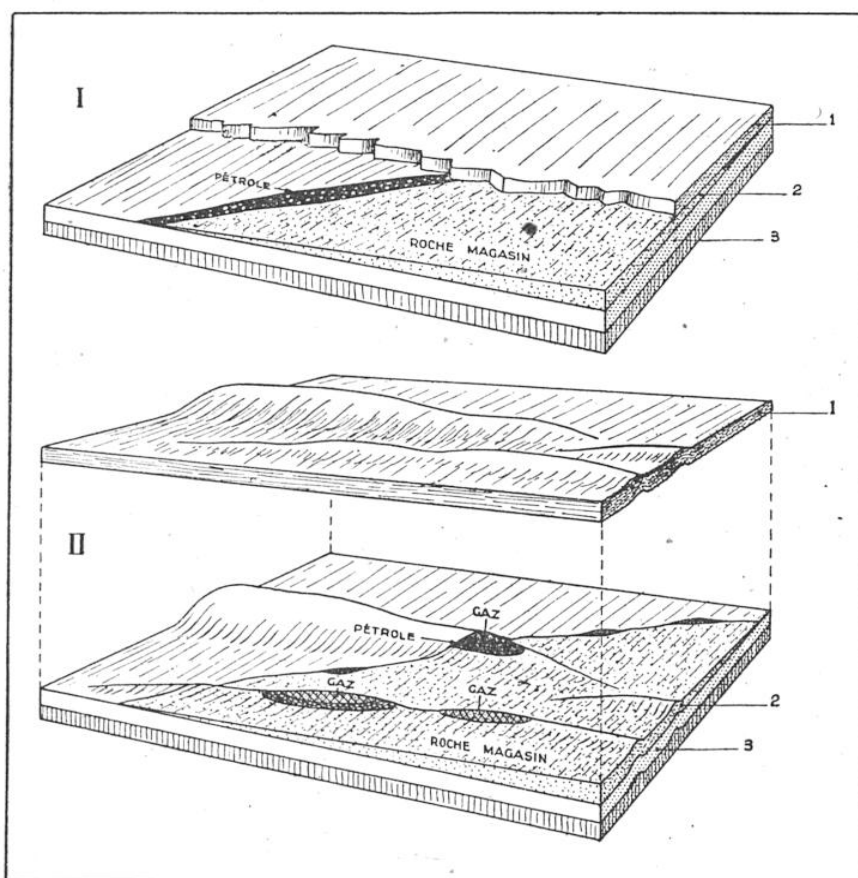


FIG. 4. — UN EXEMPLE DE « MIGRATION » DU PÉTROLE

Premier stade : poussé par l'eau, le pétrole s'est accumulé à l'extrémité d'un biseau sableux 2, compris entre deux assises imperméables 1 et 3. Un gisement allongé a pris ainsi naissance suivant la limite de la roche-magasin, et la découpe pratiquée dans la couche 1 permet d'en voir l'extension. Deuxième stade : une phase de plissement intervient dans ce domaine et y modèle des plis anticlinaux. Elle déclenche une migration de l'huile qui gagne les points hauts de la roche-magasin, c'est-à-dire les anticlinaux. Un chapeau de gaz se forme au cours de l'évolution de ces gisements de pétrole.



Dans ces travaux, la géophysique complète heureusement l'observation de surface, grâce à tout un faisceau de méthodes gravimétriques, sismiques, électriques, permettant de situer les accidents de la topographie souterraine, si importants à considérer dans la recherche des gisements.

En définitive, le succès ou l'échec d'une prospection de pétrole dépendra dans une large mesure de la valeur des interprétations géologiques formant les prémices de cette entreprise. C'est ce que vont illustrer quelques exemples empruntés à notre sous-sol français.

### Les régions pétrolifères de la France

Nous avons vu que les gisements de pétrole se rencontrent dans les bassins de sédimentation situés en marge des chaînes de montagne ou des zones disloquées. Plus ces bassins sont vastes et plus il y a de chances d'y rencontrer de grandes étendues productives. La France doit la variété de ses paysages aux multiples contrastes de son sous-sol; c'est-à-dire qu'elle ne se présente pas précisément sous un jour favorable au point de vue qui nous intéresse. Les deux tiers de son sous-sol sont constitués par des vestiges de la chaîne hercynienne<sup>(1)</sup> et par des bassins de sédimentation établis sur les parties effondrées et nivelées de cette vieille chaîne. Le Massif Central, les Ardennes, le Massif Armoricain et les Vosges embrassent le bassin parisien comblé par des dépôts secondaires et tertiaires, très variés par l'histoire de leur sédimentation, mais dépourvus, semble-t-il, de formations pétrolifères. Le reste de la France est dévolu à l'aire des plissements pyrénéens et alpins. Ce sont d'abord les fières montagnes qui s'érigent en murailles à l'horizon

(1) La chaîne hercynienne caractérise la fin des temps primaires.

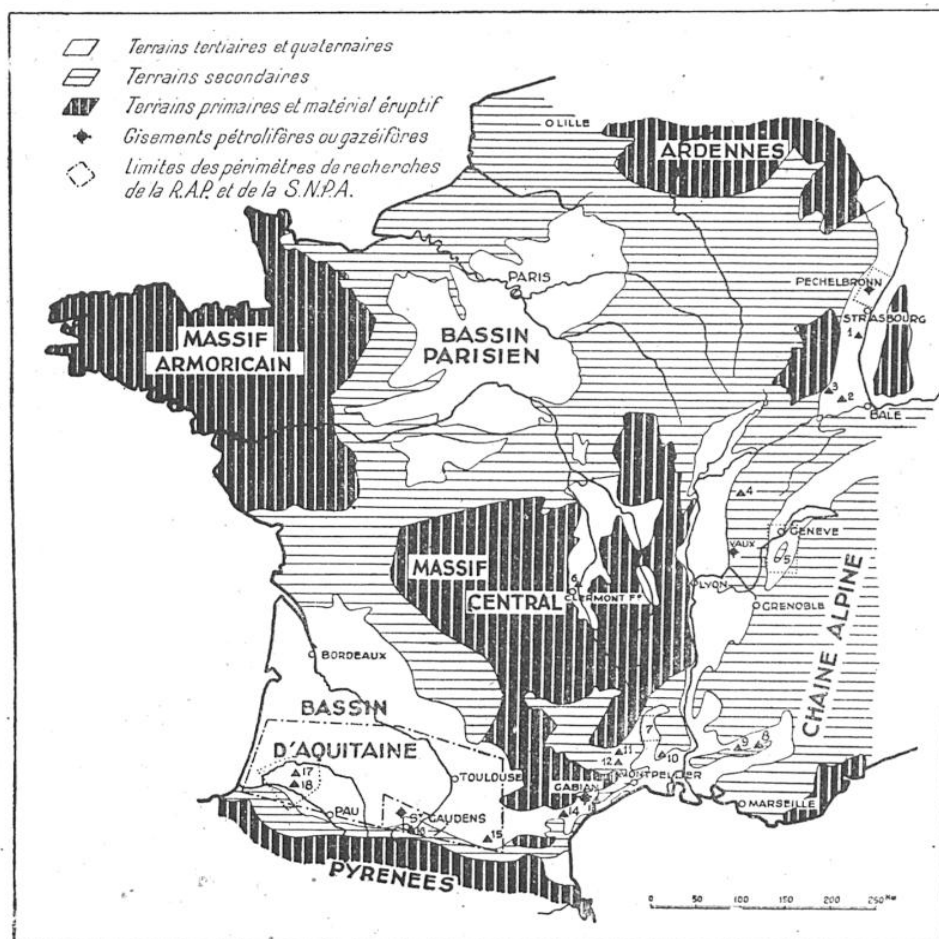


FIG. 5. — CARTE DES INDICES DE PÉTROLE ET DE GAZ DE LA FRANCE

1. Indice de Sundhouse : irisations de pétrole sur l'eau de puits dans les cailloutis quaternaires. — 2. Hirtzbach : petite production de pétrole dans les terrains oligocènes. — 3. Law : Bitume dans des calcaires jurassiques au voisinage de la faille rhénane. — 4. Revigny : venue de gaz dans les terrains triasiques recoupés par un sondage. — 5. District bitumineux de Savoie. — 6. District bitumineux de la Limagne. — 7. Calcaires bitumineux du Gard. — 8. Grès bitumineux de l'oligocène de Manosque. — 9. Bitume des mines de soufre des Tapets, près d'Apt. — 10. Indice de bitume de Milhau, près de Nîmes. — 11. Bitume de Gorniers, près de Ganges. — 12. Indices de pétrole du sondage de Saint-Loup no 1. — 13. Indices de pétrole du sondage de Castelnau-de-Guers. — 14. Gisement de soufre de Malvèsy, près de Narbonne. — 15. Venue de gaz du premier sondage de Lavelanet sur l'anticlinal du Dreuilhe. — 16. Indice de pétrole de la carrière de Miramont, au sud de Saint-Gaudens. — 17. Sables asphaltiques de Bastennes. — 18. Source minérale de Saint-Boès avec irisations de pétrole.

de la France. A leur pied s'étalent les bassins tertiaires qui ont englouti au cours des âges les produits des démolitions plusieurs fois répétées de ces chaînes érigées à la fin du Crétacé et pendant le Tertiaire (1) ou des massifs anciens soulevés par des convulsions de la terre. Nous voulons parler de la Plaine d'Alsace, de la Limagne, de la Bresse, du Sillon rhodanien, du Bas-Languedoc et surtout du Bassin d'Aqui-

(1) Pour fixer un ordre de grandeur, on peut admettre que le Crétacé (dernier terme de l'ère secondaire qui comprend le Trias, le Jurassique et le Crétacé) a duré 65 millions d'années et que l'ère tertiaire qui lui a fait suite a duré environ 50 millions d'années.



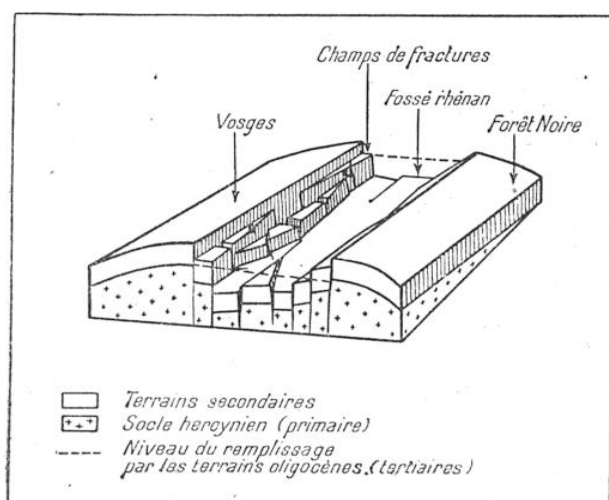


FIG. 6. — SCHÉMA DE L'EFFONDREMENT DU FOSSÉ RHÉNAU AU DÉBUT DE L'OLIGOCÈNE

taine. C'est dans ces bassins où des sédiments épais, tantôt fins, tantôt grossiers, tantôt perméables, tantôt étanches, parfois riches en matière organique, sont accidentés de plis ou de cassures, que se trouvent les lieux d'élection des gisements de pétrole. C'est là que le géologue peut, avec quelques chances de succès, tenter d'arracher le pétrole à ses secrètes demeures.

### Les gisements de la Plaine d'Alsace

La plaine d'Alsace est le résultat du comblement, pendant les temps tertiaires, d'un vaste couloir de direction nord-sud provenant de l'effondrement de la « clef de voûte » de l'ancien massif primaire dont les Vosges et la Forêt Noire sont les vestiges. Au moment où cet effondrement s'est produit, le socle primaire était encore enseveli sous un manteau de terrains secondaires. Tantôt mer intérieure à salure variable, tantôt bras de mer reliant une ancienne mer du Nord à la vaste « Méditerranée » qui baignait alors le pied du colosse alpin en formation, ce couloir a été alimenté par des sédiments issus de la destruction des reliefs dominant le fossé de part et d'autre. L'épaisseur de ces terrains de la division moyenne du Tertiaire, ou Oligocène (1), a dépassé souvent 2 000 m (2). C'est sur les bords de ce bassin qu'ont pu se réaliser les conditions favorables à la formation du pétrole. Les bancs sableux, voisinant avec les fonds de boue argileuse riche en matière organique, sont devenus autant de roches-magasins. Ces terrains ont été morcelés en une

(1) Le tertiaire comprend l'Eocène, l'Oligocène, le Miocène et le Pliocène.

(2) Ces événements géologiques survenus à l'Oligocène nous reportent à une époque dont la durée est estimée à 16 millions d'années et qui s'est terminée il y a 18 millions d'années environ.

mosaïque de compartiments séparés par des failles parallèles au bord du fossé, inclinées vers les Vosges et dont l'action compense chaque fois les effets de la pente des couches orientées vers le centre du fossé rhénan. Dans une même lentille sableuse, l'huile, accompagnée ou non de gaz, s'accumule dans les parties élevées des compartiments faillés, tandis que les points bas sont occupés par l'eau salée. Le morcellement de ce champ de fractures et la disposition en lentille des sables pétrolifères permettent de comprendre pourquoi l'exploration de la région de Pechelbronn a été si longue et a nécessité un si grand nombre de sondages : plus de 4 000 depuis 1881 dans la concession de Pechelbronn.

L'histoire de la production de Pechelbronn peut être caractérisée par une tendance à la recherche d'horizons pétrolifères de plus en plus anciens. La découverte de pétrole, dans le soubassement des terrains tertiaires à partir de 1922, a modifié, pour certains géologues, les idées que l'on se faisait sur l'origine de l'huile de Pechelbronn. Pour eux, une huile venue de la profondeur se serait distribuée au cours des temps tertiaires dans les niveaux sableux des terrains secondaires et tertiaires. L'application de cette nouvelle hypothèse devait entraîner une campagne de sondages profonds : l'un d'eux a atteint le granite vers 1 350 m de profondeur, traversant le grès vosgien absolument stérile, prouvant que le pétrole ne se trouve qu'accidentellement dans les terrains secondaires.

Pour employer une expression imagée, on peut dire que les terrains secondaires ont subi une « transfusion » de pétrole, le « donneur » étant constitué par les sables imprégnés des terrains tertiaires, rapprochés des roches-magasins plus anciennes par le jeu d'une faille. Là où les terrains secondaires ne sont pas en regard des terrains tertiaires pétrolifères, ils ont beau contenir des roches-magasins favorables, ils sont secs. Les mêmes remarques pourraient être faites au sujet de l'exploration en-

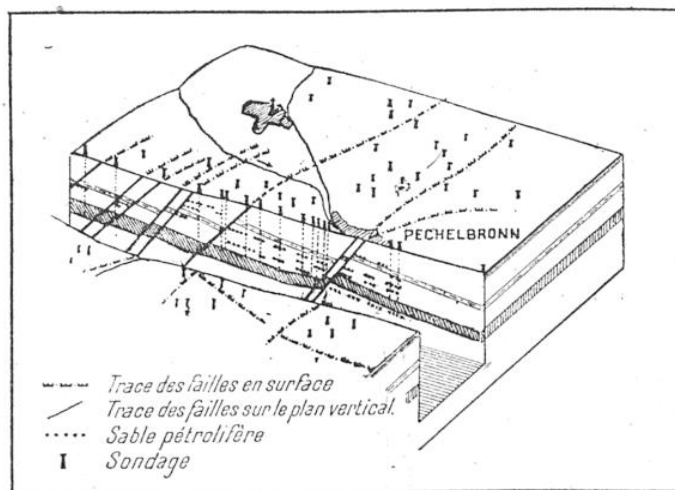


FIG. 7. — DIAGRAMME MONTRANT LA DISPOSITION DES FAILLES D'UNE PARTIE DU GISEMENT DE PECHELBRONN



treprise en 1935 dans le sud de l'Alsace, à Hirtzbach. Là aussi les sondages n'ont pas prouvé l'origine profonde de l'huile qui suintait dans le « ruisseau de pétrole », huile qui semble bien avoir pris naissance, comme à Pechelbronn, dans les terrains oligocènes environnants.

### Les bitumes de la Limagne

Tout comme les Vosges et la Forêt Noire, le Massif Central a été disloqué au début de l'Oligocène par de grandes failles, entre lesquelles les fossés de la Limagne et du Forez se sont effondrés. Des dépôts sableux, puis marneux, l'ont comblé sur une épaisseur de 1 000 à 1 500 m environ. Le fossé de la Limagne a été générateur d'hydrocarbures pendant l'Oligocène. A plusieurs reprises, il a retenu l'attention des géologues et des mineurs, en raison des venues de bitumes si variés qui s'y manifestent. Les sables bitumineux de Sainte-Marguerite, dominant en falaise par la vallée de l'Allier au sud-est de Clermont-Ferrand, représentent « le berceau » du pétrole de la Limagne, les assises où le pétrole s'est formé à l'origine. Mais, depuis cette époque, le bassin de la Limagne a subi de nombreux avatars. En même temps que se produisait l'effondrement de la Limagne se déclenchaient des éruptions volcaniques sous-lacustres, créant, au milieu des sédiments, des cheminées comblées par une roche de teinte « poivre et sel », dite, pépéritique, représentant, d'après Jung, un basalte pulvérisé par suite d'un refroidissement brusque au contact de l'eau, et incorporé dans une gangue marneuse ou calcaire. Peu après, la Limagne s'est couverte de lacs au fond desquels se déposaient de curieux calcaires en « choux-fleurs » ou des calcaires blancs bourrés d'escargots fossiles. Enfin, plus récemment, le volcanisme, si turbulent au cours de la fin des temps tertiaires et du quaternaire, a continué à se manifester jusqu'à nos jours par des dégagements de gaz carbonique et l'imprégnation des terrains poreux par des-eaux minérales chaudes et gazeuses. Tous ces événements ont perturbé les conditions primitives du bassin pétrolifère, les ont profondément dégradées. Ce que nous voyons aujourd'hui en Limagne, ce sont les vestiges de gisements dont le pétrole a été dispersé par la migration verticale ou détruit par la chaleur dégagée par le volcanisme. Le problème de la recherche du pétrole en Limagne consiste à déterminer s'il existe des parties du bassin qui auraient échappé à cette destruction, ou si des sondages heureux peuvent permettre de récupérer des bitumes liqui-

des, bien sûr dégradés, mais encore suffisamment abondants pour justifier une exploitation.

Ceux qui jugeaient par les apparences, étaient frappés par la diversité et l'abondance des manifestations de bitume entre Clermont-Ferrand et la vallée de l'Allier (fig. 9).

De nombreux sondages ont été faits en Limagne de 1883 à 1929, sur la foi de ces indices; trois d'entre eux ont dépassé 1 000 m. Celui de Mirabel, entrepris en 1925, a rencontré, dans des fissures des marnes à dif-

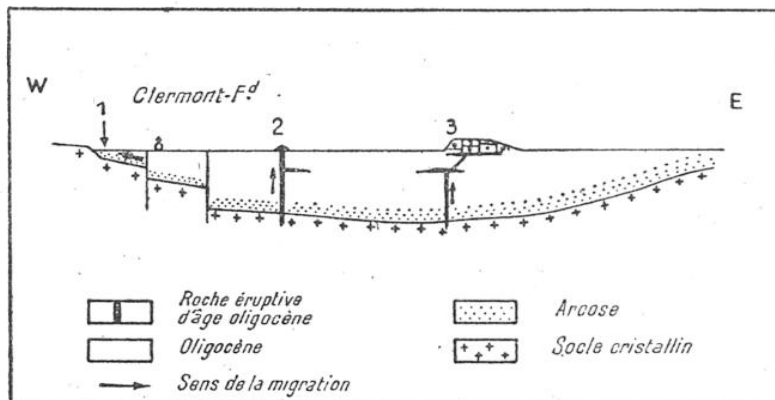


FIG. 9. — COUPE TRANSVERSALE A TRAVERS LA PLAINE DE LA LIMAGNE

Les manifestations de bitume les plus typiques de cette région sont : 1. Les arcsos bitumineuses d'Escouchades et de Chamalières, exploitées depuis 1829 aux environs immédiats de Clermont-Ferrand, dont le bitume est remonté dans des terrains plus poreux et plus anciens que le sable d'origine, par le jeu des failles bordant le Massif Central; 2. Les cheminées pépéritiques ont drainé le bitume à la manière d'une mèche de lampe, ramenant à la surface l'huile recélée dans les sables pétrolifères. Les plus typiques sont celles du Puy de Crouelle, à l'est de Clermont, cône volcanique dont on voit suinter surtout en été des larmes de bitume noir et visqueux, ou le Puy de la Poix qui a tant frappé les naturalistes et les voyageurs du dix-huitième siècle, par le « flux pisasphaltique » qui coulait sur toutes ses faces; 3. Les calcaires asphaltiques du Pont du Château, exploitées aujourd'hui pour la fabrication des pavés d'asphalte, constituent les indices hydrocarbonés les plus remarquables de la Limagne. Les vides du calcaire et les moules des fossiles sont remplis par un bitume noir et brillant. Il faut admettre avec M. Jung que le pétrole est monté avec des eaux thermales accompagnant les explosions volcaniques contemporaines et qu'il s'est insinué dans les boues calcaires du lac au moment où elles se sédimentaient, donnant naissance à une roche contenant de 12 à 14 % de bitume.

férentes hauteurs, près de 18 000 litres de bitume liquide; par contre, le niveau des arcsos (1) de la base de l'Oligocène, roche-magasin sur laquelle on fondait tous les espoirs, s'est montré pratiquement inondé d'eau et le sondage fut arrêté en 1928 en raison de la violence des éruptions de gaz et d'eau. Un autre de ces sondages, celui de Martres d'Artières, a donné un « geyser » d'eau gazeuse qui a pu être exploité comme source de gaz carbonique. Aucun de ces 26 sondages n'a découvert de niveau pétrolifère exploitable.

L'exemple de la Limagne nous montre qu'une prospection pétrolifère, se présentant au début sous un jour favorable, n'aboutit pas forcément à des résultats heureux, malgré l'accumulation des moyens de forage et la continuité dans l'effort; la fragilité des hydrocarbures n'est pas un des moindres aléas qu'aient à redouter les prospecteurs.

(1) On appelle arcose un grès riche en feldspath provenant de la décomposition d'un granit.



## Le pétrole dans le domaine alpin et dans le Jura

On s'est souvent demandé pourquoi le colosse alpin n'est pas accompagné de manifestations importantes de pétrole. La violence des tempêtes orogéniques et la sédimentation très troublée qui ont constamment caractérisé les abords de la chaîne en voie d'édification ont été des milieux peu favorables à l'élaboration et à la conservation du pétrole. Toutefois, on connaît en Savoie des calcaires bitumineux dont les relations avec d'anciennes accumulations de pétrole ne font

éminent ingénieur pétrolier a proposé, il y a quelques années, une hypothèse diamétralement différente de la précédente. Il donne à ces bitumes une origine profonde, imaginant qu'ils sont remontés à la surface par une grande cassure. Il a été ainsi conduit à proposer l'exécution d'un grand sondage pour l'exploration du pétrole qui serait resté en place dans son gisement d'origine. Ce sondage foré à Frangy de 1938 à 1940 est resté sur plus de 1 300 m, dans la zone de broyage de la faille du Vuache, sans rencontrer de trace de bitume ni de pétrole. L'expérience est concluante; elle montre,

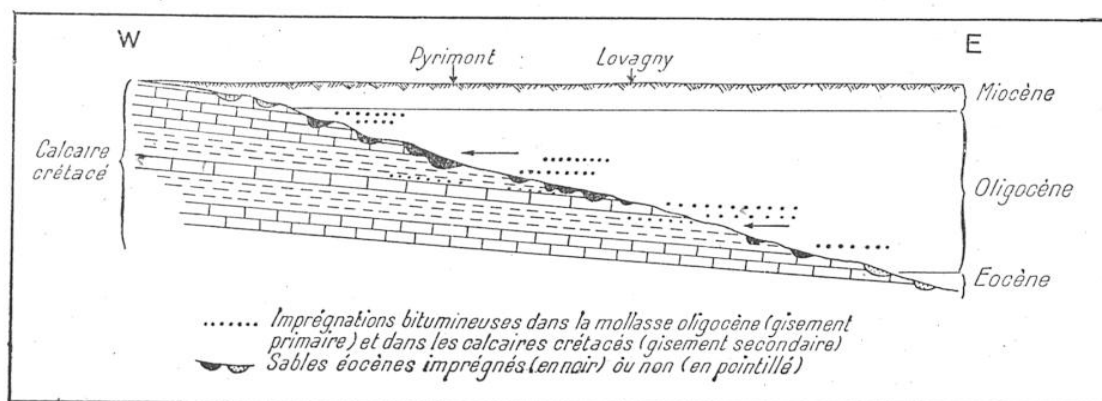


FIG. 10. — COMMENT SE SONT IMPRÉGNÉS LES CALCAIRES BITUMINEUX DE SAVOIE

Le pétrole formé dans les terrains oligocènes a émigré latéralement dans les sables éocènes et les calcaires voisins.

pas de doute. Faut-il conclure que nous verrons un jour la Savoie se couvrir d'une « forêt de derricks » ? Nous ne le pensons pas et ne parlons ici de la Savoie que pour montrer combien l'interprétation des indices de pétrole peut conduire à des résultats différents.

MM. Gignoux et Moret, les maîtres de la géologie alpine, ont montré, dès 1925, que le pétrole avait dû prendre naissance dans les terrains oligocènes s'étalant au pied de la chaîne alpine et prolongeant au sud la plaine suisse, s'appuyant au nord sur un glacis de calcaires crétacés caverneux et poreux. Ces sables pétrolifères y ont déversé leur contenu et, par oxydation, le pétrole s'est figé dans la roche. Il en est résulté le *calcaire bitumineux* qui est exploité à Seyssel et à Lovagny. On considère, dans cette hypothèse, comme sables pétrolifères d'origine primaire ceux de l'Oligocène, tandis que les calcaires bitumineux du Crétacé, bien que plus spectaculaires, n'auraient été imprégnés « secondairement » que parce qu'ils se sont trouvés en contact avec les sables pétrolifères oligocènes, avant la formation du plissement jurassien.

Comment comprendre les recherches de pétrole dans le cadre de cette hypothèse ? Inutile de faire des sondages profonds, puisque le niveau pétrolifère se trouve dans les terrains tertiaires. Tout ce que l'on est en droit d'espérer c'est d'y rencontrer des sables pétrolifères dont le contenu n'aurait pas été complètement dispersé par le jeu de la migration latérale. Il faut avouer que cette hypothèse laisse peu de place aux espoirs de découvertes substantielles.

Etonné de trouver tant de bitumes sur un aussi bel anticlinal que le mont Vuache, un

une fois de plus, combien les résultats d'une prospection dépendent des idées géologiques adoptées comme point de départ.

On pourrait dire la même chose de ce coûteux sondage exécuté en ce moment aux portes de Grenoble dans le but chimérique de trouver du pétrole. Les anciens avaient déjà été frappés par la source de gaz naturel de Vif, près de Grenoble. Classée parmi les sept merveilles du Dauphiné, la « fontaine ardente » était connue de saint Augustin qui signale en Gaule, près de Grenoble, une fontaine « où les flambeaux allumés s'éteignent et où ceux qui sont éteints se rallument ».

Ce dégagement de gaz des marais « fossile », qui n'est pas le seul qu'on connaisse dans les « terres noires » du Dauphiné et de la Savoie, pas plus que l'émanation de gaz méthane, qui s'est produite en mai 1938 à l'occasion de recherches d'eau par sondages dans les environs de Grenoble, ne peuvent être considérés comme des indices de pétrole ou même signifier la présence en profondeur de grands gisements de gaz combustible.

Le cas du petit champ de gaz naturel de Vaux en Bugey, découvert en 1905 au hasard d'une prospection de sel gemme dans un chaînon extérieur du Jura, est plus intéressant. A Vaux, les plis jurassiens ont déferlé sur la bordure du bassin de la Bresse. L'origine du gaz combustible pouvait donc être cherchée dans les terrains tertiaires de ce bassin ou dans les terrains triasiques du Jura, puisque c'est au contact de ces deux terrains que le gaz a été emprisonné. Suivant que l'on sera partisan de l'une ou de l'autre de ces deux hypothèses, on sera donc amené à chercher des gisements d'hydro-



carbures dans la Bresse ou dans les plis du Jura. Cette incertitude vient récemment d'être levée par un sondage foré à Revigny, à 3 km à l'est de Lons-le-Saunier, où des gaz combustibles et des indices de pétrole ont été rencontrés dans un sondage pratiqué à travers le Trias jurassien, loin de tout affleurement de terrains

prisonnée qu'elle était dans le repli d'une écaïlle, on doit considérer le gisement de Gabian comme un gros indice de pétrole (1), si l'on veut le ramener à ses vraies proportions. Cet indice n'est pas isolé sur le bord sud du Massif Central; celui de Gorniers au sud de Ganges, découvert à la suite de travaux miniers,

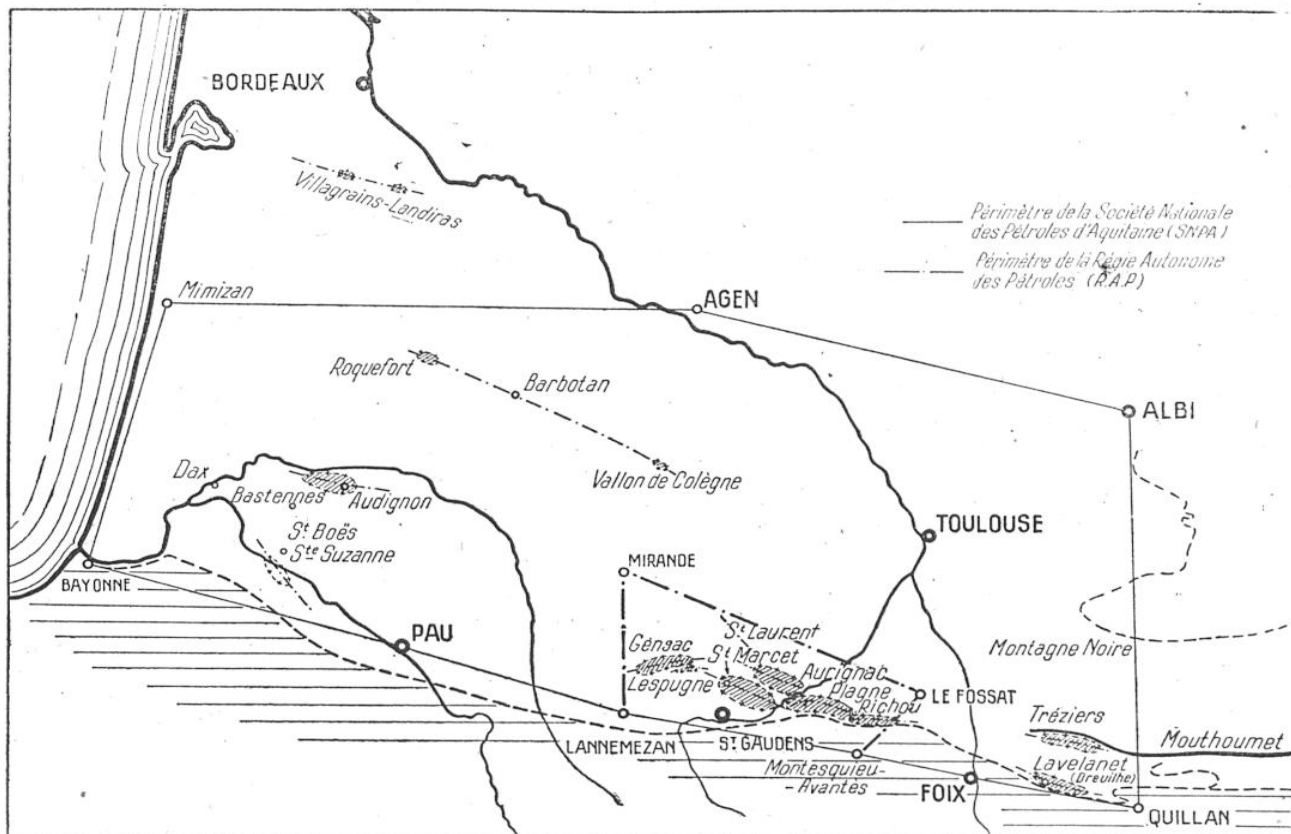


FIG. 11. — CARTE DES PRINCIPALES STRUCTURES DU BASSIN D'AQUITAINE DONT L'EXPLORATION EST ENVISAGÉE

tertiaires. C'est donc bien du Trias que le gaz de Vaux est originaire, et on en vient donc à considérer le Jura comme province pétrolifère possible. C'est ainsi que, de proche en proche, les hypothèses servant à orienter les recherches d'hydrocarbures se simplifient et se précisent au fur et à mesure de l'exécution de sondages judicieusement interprétés.

### Les recherches de pétrole dans le Languedoc

En dehors de Pechelbronn, nous ne comptons encore comme gisement pétrolifère exploité dans la métropole, que le petit champ de Gabian. Situé sur la bordure méridionale de la Montagne Noire, au nord de Béziers, dans un paquet de terrains secondaires jeté contre cet ancien môle hercynien, ce petit gisement a plutôt déçu les espoirs que l'on avait placés en lui, et pour cause... Malgré le succès des sondages qui ont ponctionné la tache d'huile préservée de la dispersion vers la surface, em-

a la même position géologique en bordure des Cévennes.

Les pointements de bitume de la tranchée de chemin de fer de Milhaud, au sud-ouest de Nîmes, et d'Auzon, sur la bordure du bassin du Gard, témoignent également d'une relation avec des accumulations de pétrole. Les calcaires bitumineux oligocènes du bassin du Gard, exploités dans des puits pour la fabrication de mastics et de carreaux asphaltiques, pourraient eux-mêmes indiquer des fuites de pétrole massives d'un réservoir profond probablement d'âge triasique. En admettant cette hypothèse, la seule crainte pouvant naître dans l'esprit du prospecteur serait l'épuisement des gisements par suite d'une migration trop facile vers la surface. En tout cas, ces indices justifient pleinement une prospection de pétrole dans le Bas-Languedoc et, d'une manière générale dans les plis pyrénéo-provençaux qui courent des Corbières

(1) La production d'huile s'est élevée à 15 000 t de 1924 à 1929. Celle de 1942 a été de 633 710 litres.



res à la vallée de la Durance au nord de Manosque.

Les recherches par sondages profonds ont été poursuivies par l'Etat jusqu'en 1938. Des dolomies jurassiques pétrolifères ont été traversées dans le sondage de Castelnau-de-Guers, non loin de Pézenas. Des indices d'huile légère ont été également rencontrés dans le sondage de Mortiers, foré en 1938 dans le pli du Pic Saint-Loup, au pied de la fameuse falaise calcaire qui s'érige au nord de Montpellier. Ces débuts encourageants permettent d'augurer favorablement des recherches entreprises par la société, qui s'est récemment créée avec le concours de puissants groupes industriels, pour l'exploration de cette vaste région.

### Le gaz et le pétrole dans le bassin d'Aquitaine au nord des Pyrénées

A partir de 1920, l'attention des industriels intéressés aux recherches de pétrole s'est surtout portée sur la région occidentale du bassin d'Aquitaine au nord-ouest de Pau, où des venues de bitume avaient été signalées en bien des endroits, surtout au voisinage des pointements de sel, nombreux dans cette région. (Voir la carte du bassin d'Aquitaine figure 11.)

Une activité de forage désordonnée, entreprise avec des moyens insuffisants, a suivi les prospections hâtives de ces indices d'hydrocarbures et des structures.

Parmi ces sondages les uns sont restés dans les argiles salifères formant le cœur de structures aiguës et peu propices, d'autres ont traversé sur une profondeur plus ou moins grande

des marnes noires du Crétacé moyen ou du flysch (1), sans rencontrer de roches-magasins imprégnées de pétrole. Devant ces résultats décevants, l'ardeur des chercheurs s'est peu à peu refroidie et l'activité de forage n'a pas tardé à entrer dans le sommeil.

En 1937, lorsque l'Office National des Combustibles liquides a consulté son comité de géologie pour savoir dans quelles régions de la France il convenait d'entreprendre des recherches de pétrole, MM. Ch. Jacob, L. Bertrand et nous-même avons cherché à coordonner les résultats de ces premières recherches en vue d'établir un nouveau plan de campagne de prospection, au nord des Pyrénées. Il a fallu expliquer quelles raisons géologiques avaient déterminé l'échec des sondages du Béarn, de la Chalosse et des Landes, et pourquoi il fallait porter son effort sur une région où les indices de pétrole étaient jusqu'alors inconnus, mais où la régularité des structures et la nature des terrains correspondaient au cas classique des régions pétrolifères de l'avant-pays d'une chaîne de montagnes.

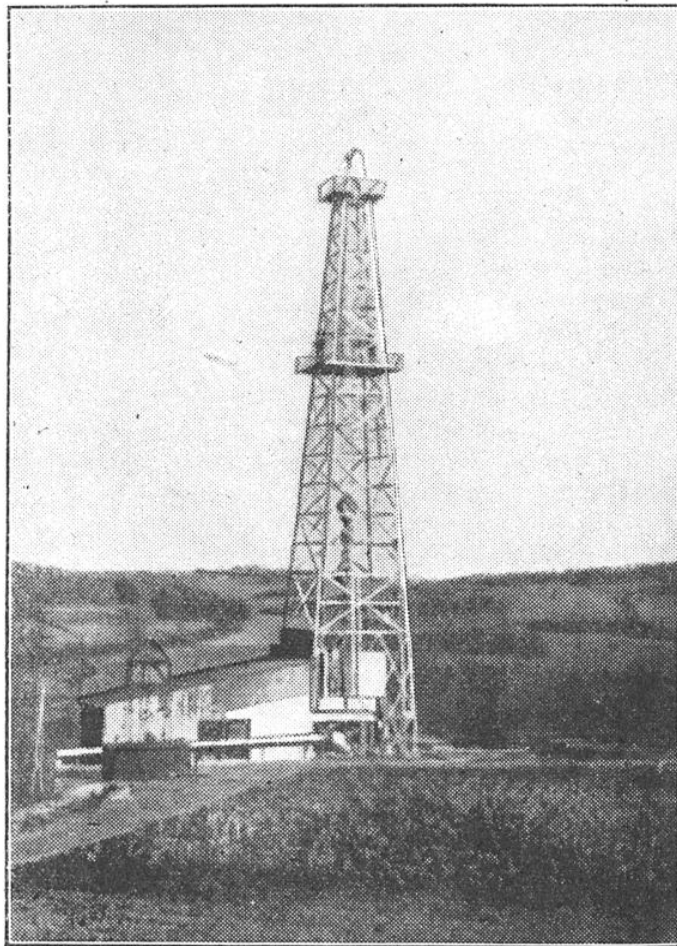


FIG. 12. — INSTALLATION DE SONDAGE ROTARY DANS LE CHANTIER DE SAINT-MARCET

La tour métallique de 40 m de hauteur peut supporter une charge de 200 t. Les tiges de forage vissées par éléments de 25 m et terminées par le trépan, sont entraînées par la table de rotation tournant à une vitesse de 100 tours à la minute. L'installation comporte deux moteurs de 200 ch et deux pompes entretenant une circulation de boue destinée à nettoyer le fond du trou en ramenant au jour les débris du terrain et à préserver les parois contre les éboulements. L'appareil est équipé pour pouvoir forer jusqu'à 3 000 m de profondeur. (Photo Coulaty).

### Histoire géologique des Pyrénées

Au devant des Pyrénées s'est creusée une vaste fosse que sont venus combler les produits de démolition de la chaîne après chacune des pulsations du plissement pyrénéen. Une première chaîne a pris naissance avant le Crétacé

(1) Flysch : ensemble épais de marnes entrecoupé de dalles de grès ou de calcaires.

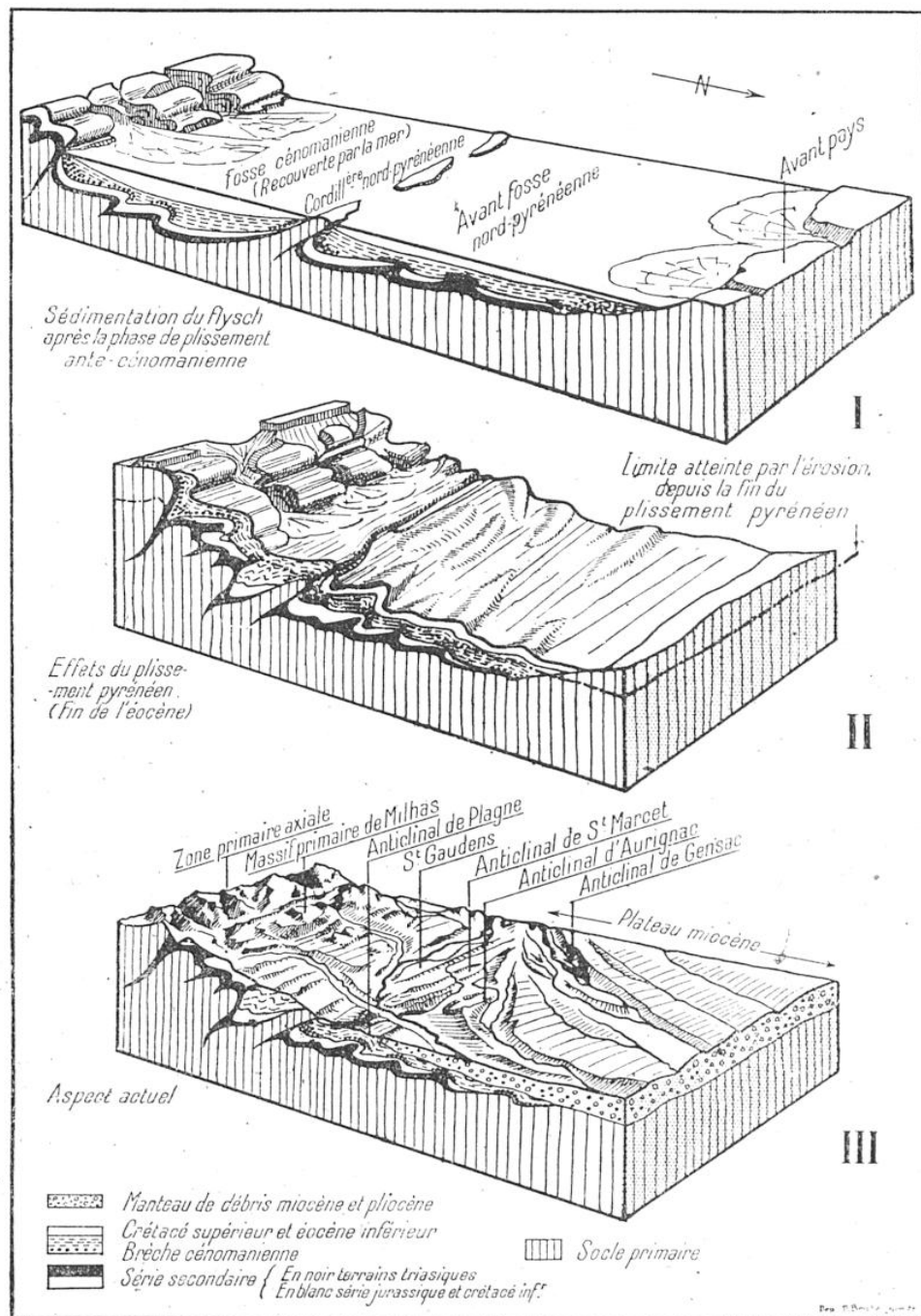


supérieur (I). La mer couvrait alors une grande partie du versant nord des Pyrénées. Seule la partie axiale de la chaîne surgissait au-dessus des eaux ou formait des chapelets d'îles bordés de récifs calcaires. A peine formés, ces reliefs ont été la proie des érosions fluviales et marines. D'énormes quartiers de roches, arrachés aux falaises, ont été entraînés vers les fonds marins. Des débris de toutes tailles, plus ou moins grossièrement cimentés, ont formé d'abord une brèche de nature poreuse. Au fur et à mesure que les reliefs ont été aplanis, les apports se sont faits plus fins, des marnes entrecoupées de dalles de grès se sont empilées

(1) Terme supérieur de l'ère secondaire dont le début remonte à 90 millions d'années environ, et dont le premier étage est appelé Cénomanién.

FIG. 13. — HISTOIRE GÉOLOGIQUE SCHEMATIQUE DE LA ZONE NORD-PYRÉNÉENNE

I. Les plis formés lors de la première phase de plissement (ère secondaire) sont soumis à l'érosion. Les matériaux provenant de cette destruction de la chaîne se déposent dans la fosse cénomaniénne et dans l'avant-fosse nord-pyrénéenne. D'autres matériaux sont enlevés à l'avant-pays émergé. Le front nord-pyrénéen forme un chapelet d'îles séparant les deux domaines marins. II. A la fin de l'Eocène (première partie de l'ère tertiaire), le plissement pyrénéen incorpore définitivement la zone cénomaniénne dans la chaîne pyrénéenne s'exagère et sépare la zone des plis serrés de la zone des Petites Pyrénées où l'allure des plis est plus régulière. L'érosion commence à agir sur les plis de la chaîne nouvellement érigée. Cette érosion s'est exercée sur toute la zone pyrénéenne et nord-pyrénéenne au cours de la deuxième moitié des temps tertiaires, livrant un abondant matériel détritique sous lequel les reliefs plissés sont enfouis. L'apparition du socle primaire dans l'avant-pays est figurée à titre purement hypothétique. III. L'aspect actuel montre que l'érosion a sculpté les montagnes de la zone primaire axiale et dégagé les avant-monts et les Petites Pyrénées de leur manteau de débris de la fin de l'ère tertiaire (Miocène et Pliocène). Les rivières entament le plateau miocène dont les couches horizontales couvrent les plis pyrénéens. Les crêtes figurant le contour de chacune des structures des Petites Pyrénées sont dessinées schématiquement. Sur le diagramme ci-dessus, la longueur des blocs tient compte, autant que possible, du raccourcissement qui s'est opéré dans le domaine pyrénéen à la suite de la phase de plissement de la fin de l'Eocène.





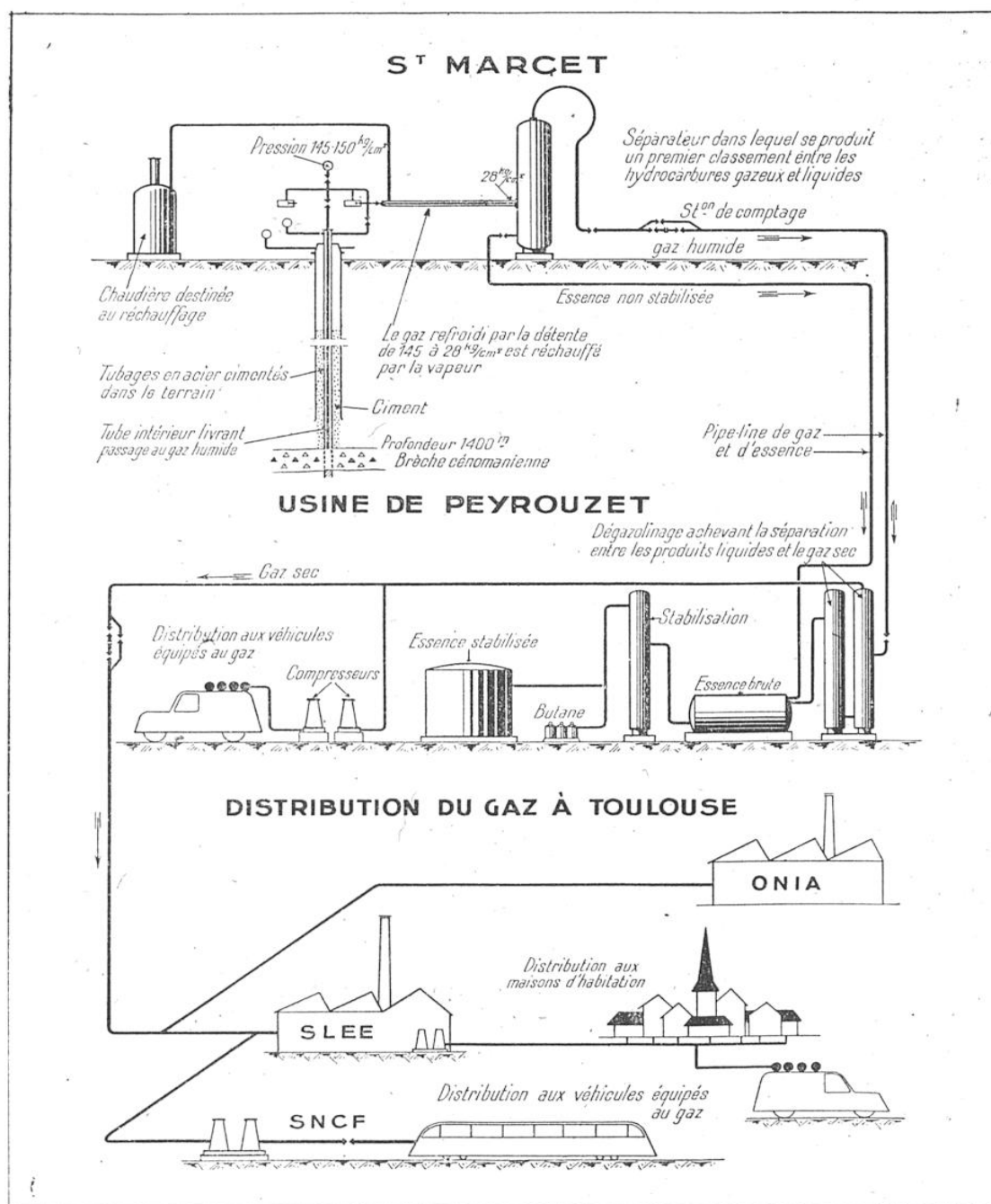


FIG. 14. — SCHÉMA DU FONCTIONNEMENT DU PIPE-LINE DE SAINT-MARCET A TOULOUSE

L'étage supérieur du schéma montre les installations d'une sonde du chantier de Saint-Marcet. Le gaz arrive au jour sous une pression de 145  $\text{kg/cm}^2$ . Il se détend à 28  $\text{kg/cm}^2$  en passant par un orifice calibré. Cette détente produit un refroidissement des conduites qui nécessite un réchauffage entre la sonde et le séparateur. Dans le séparateur, le gaz est obligé de parcourir un système de chicanes où il se dépouille de l'essence non stabilisée, qui contient, à côté de l'essence, du butane, du propane, ainsi qu'un peu de pétrole lampant. L'étage moyen du schéma comprend l'appareillage de dégazolinage du gaz humide et, de stabilisation de l'essence. La production d'essence stabilisée est de l'ordre de 200 tonnes par mois et celle du butane de 40 tonnes par mois. La distribution du gaz à Toulouse est représentée à l'étage inférieur du schéma. Elle porte sur une quantité de gaz de 150 000 mètres cubes par jour. Dans les chaudières de l'Office National Industriel de l'Azote, 1 mètre cube de gaz remplace 2 kg de charbon. A l'Usine à Gaz, 1 mètre cube de gaz correspond à 3 ou 4 kg de charbon, et dans les véhicules équipés



sur une épaisseur de 1 500 m ou plus, tandis qu'un abaissement graduel du fond marin créait un appel insatiable de sédiments. C'est pendant cette phase du plissement qu'ont pris naissance les *roches-magasins de pétrole*. Les unes, celles que nous connaissons aujourd'hui en dessous du manteau de débris d'âge céno-manien, sont des roches poreuses telles les *dolomies* pétrolifères, d'âge jurassique, du chantier de St-Marcet qui ont été plissées puis coupées par l'érosion au début du Crétacé supérieur. Les autres sont précisément formées par les grès ou par les *brèches* issues de la démolition de la première ébauche des Pyrénées.

Les marnes à intercalations gréseuses, si épaisses que nous désignons sous le nom de « flysch », qui ont été englouties par la fosse nord-pyrénéenne, ont constitué la *couverture protectrice* sous laquelle le pétrole et le gaz ont pu être conservés dans les roches-magasins.

L'œuvre du plissement pyrénéen proprement dit a déterminé les points hauts des roches-magasins que nous nommons les *structures* et a déclenché la migration du pétrole et du gaz vers ces centres d'accumulation. A l'Eocène supérieur, c'est-à-dire dans la première moitié des temps tertiaires, la chaîne pyrénéenne a donc été définitivement soulevée. Dans ce qui est aujourd'hui la montagne, les terrains ont été torturés en vagues de plis serrés et imbriqués. Le *front nord-pyrénéen* est la plus avancée de ces vagues de plis qui ont déferlé sur l'avant-pays asséché.

Tandis que les poussées créatrices de la chaîne de montagne s'exaspéraient ainsi sur le

domaine pyrénéen, elles s'amortissaient progressivement en s'éloignant de la montagne, dessinant sur l'avant-pays des trains de plis de plus en plus hésitants. Ces plis ont formé, au devant du front de la chaîne, une succession d'anticlinaux et de synclinaux dans une grande partie du bassin d'Aquitaine. Cette chaîne de

montagne a été à son tour victime de l'érosion. Une bonne partie de ces plis a été entamée puis enfouie, au cours du Miocène et du Pliocène, sous les décombres de la chaîne. Mais l'œuvre dévastatrice de l'érosion n'a pas encore réussi à niveler la faite même de la chaîne, qui se dresse encore fièrement, défiant les millénaires.

Les *Petites Pyrénées* sont des plis pyrénéens éventrés par l'érosion après le plissement et puis enfouis sous le lincol de terrains miocènes et récemment exhumés par l'érosion actuelle. Nous savons que ce sont autant de structures recélant du gaz et du pétrole. D'autres trains de plis demeurent encore enterrés sous les plateaux de l'Aquitaine, constituant pour les recherches de pétrole de l'avenir autant d'objets d'espoir. L'effort combiné des géologues, géophysiciens et des sondeurs permettra de

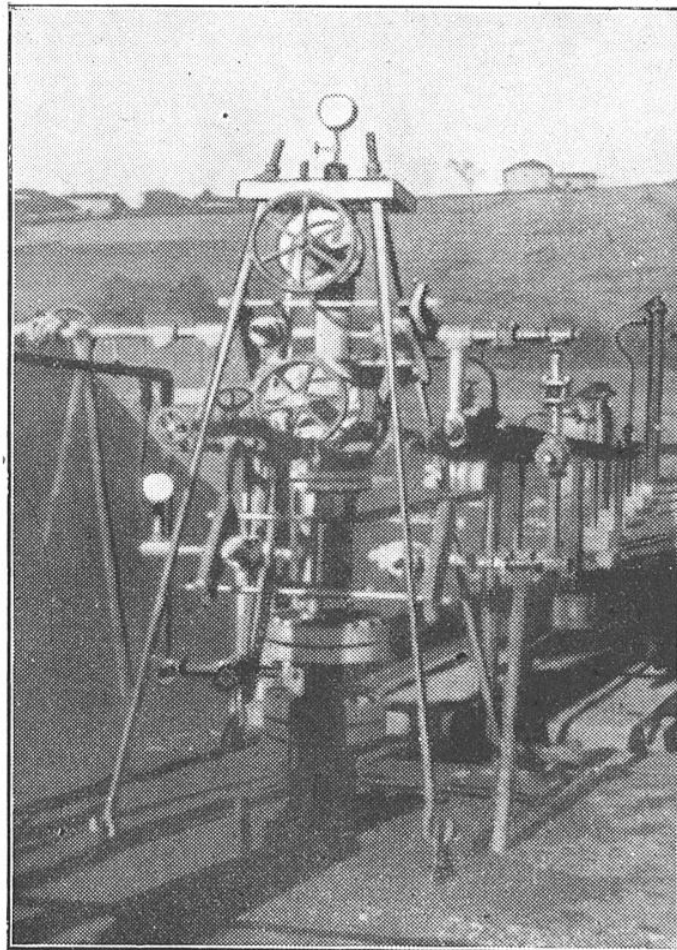


FIG. 15. — UNE « TÊTE D'ÉRUPTION »

Quand un puits est entré en exploitation, on démonte l'installation de forage et on le coiffe d'une tête d'éruption. Le débit du puits est contrôlé par le passage du gaz ou de l'huile par des orifices calibrés, par le jeu de vannes haute pression. Les manomètres indiquent une pression de 142 kg/cm<sup>2</sup> à la gueule du puits. Une conduite relie le puits au séparateur (à droite en arrière) puis au pipe-line amenant l'huile aux réservoirs de stockage ou le gaz à l'usine de dégazolinage de Peyrouzet. (Photo Coulaty.)

trouver d'autres gisements d'hydrocarbures dans cette nouvelle terre promise.

### Les réalisations de la campagne de prospection de l'Etat

C'est donc sur la foi de considérations géologiques, que le premier emplacement de forage profond a été fixé le 2 septembre 1938 sur l'anticlinal de Saint-Marcet, à 15 km au nord



de Saint-Gaudens. Ce sondage, commencé le 20 janvier 1939, a découvert coup sur coup une importante couche de gaz combustible dans la brèche cénomaniennne et deux niveaux pétroliers situés respectivement à 1830 et 1930 m de profondeur dans la dolomie jurassique fissurée et vacuolaire. Ces résultats ont justifié la création de la Régie Autonome des Pétroles.

Lors de l'essai effectué du 13 au 15 juillet 1939, on observait des débits de gaz de l'ordre de 180 000 m<sup>3</sup> par jour sous des pressions supérieures à 100 kg par centimètre carré. Ce gaz était « humide » car il se condensait dans les purges une essence légère de 0,710 de densité. Son pouvoir calorifique était de l'ordre de 11 000 calories. Plus tard l'essai de production, tenté sur la couche de pétrole reconnue au cours du forage entre 1830 m et 1860 m, a fait jaillir le 22 avril 1940 une huile brute de 0,86 de densité dont la composition était la suivante :

Essence : 22 % environ.

Lampant : 12 % environ.

Gas oil : 12 % environ.

Paraffine : 4 % environ.

Huiles de graissage : 50 %.

Malgré des conditions de production très difficiles, on a pu maintenir pendant quatre jours un rythme journalier de 20 à 25 000 litres. Un autre sondage situé à l'ouest du précédent a récemment retrouvé cette huile dans la même roche-magasin dolomitique. Nous nous trouvons donc en présence d'un gisement de gaz qui a été reconnu dans les roches-magasins situées au-dessus d'une cote de 1 400 m, au-dessous du niveau de la mer, et d'un gisement d'huile situé plus bas.

Le gisement de gaz a été établi par neuf sondages productifs sur les onze forages qui ont été exécutés jusqu'à présent sur la structure de Saint-Marcet. L'essai involontaire que représente le sondage n° 4, qui a pris feu et a brûlé pendant 44 jours une quantité de gaz qui peut être estimée à 600 000 m<sup>3</sup> par jour, donne la mesure de l'importance du gisement.

Il reste à savoir si la brèche cénomaniennne qui contient le gaz dans le faite de l'anticlinal renferme aussi du pétrole plus bas en abordant les flancs. Les productions de pétrole trouvées jusqu'à présent proviennent de couches inférieures à cette brèche. Cette dernière reposant sur des termes quelconques des formations géologiques antérieures, redressées et très disloquées, le problème de la recherche du pétrole dans ces terrains est donc une entreprise d'une extrême difficulté.

Mais n'oublions pas que l'actuel chantier de Saint-Marcet nous a jusqu'à présent fait connaître une bien petite partie de l'anticlinal de Saint-Marcet-Saint-Martory. Cette structure mesure 20 km de longueur et le périmètre de la Régie Autonome des Pétroles contient en outre quatre anticlinaux de dimensions semblables identifiés par les levés géologiques. Il faut ajouter aussi des anticlinaux que les études géophysiques nous permettent de situer dans le domaine des plateaux miocènes précédant les Petites Pyrénées. En dehors du périmètre de la Régie Autonome des Pétroles s'étale, entre la côte Atlantique et les plaines de l'Aude, le vaste territoire du bassin d'Aquitaine dont l'exploration est entreprise par la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine.

Malgré l'importance des moyens mis en œuvre il faudra attendre encore plusieurs années avant de pouvoir recueillir le fruit de cet important effort industriel.

La première étape dans les réalisations pratiques a compris la construction d'un pipe-line reliant le chantier de Saint-Marcet à Toulouse, d'une longueur de 90 km, mis en service le 11 novembre 1942. Il permet aujourd'hui de fournir à la grande cité industrielle du gaz, auquel le dégazolinage, pratiqué à l'usine de Peyrouzet, a enlevé préalablement les fractions d'hydrocarbures liquides. Ce gaz sec est destiné aux usages domestiques, à l'alimentation des chaudières de l'Office National Industriel de l'Azote et des Hauts-Fourneaux de la Chiers ainsi qu'à la marche des véhicules et automobiles équipés au gaz comprimé.

Il a fallu en outre créer en France un centre de construction de matériel de forage. La réparation et l'entretien des appareils de forage, constituant chacun de véritables usines, a posé aux techniciens français des problèmes ardu, résolu grâce à l'appui donné par l'arsenal de Tarbes.

Tels sont dans leurs grandes lignes les résultats de la campagne de recherche de pétrole entreprise par l'Etat dans le sud-ouest de la France. Des techniciens de valeur et des ouvriers dévoués se consacrent avec énergie à l'exploration de cette nouvelle richesse qui sort du sol de France. Devant cette première moisson encourageante, soyons convaincus que des découvertes plus fructueuses encore viendront récompenser leurs multiples efforts.

D. SCHNEEGANS.

La culture en Russie (spécialement en Ukraine) de nouvelles plantes à caoutchouc attire l'attention sur la possibilité d'une telle exploitation en France. C'est surtout une variété de pissenlit, le *Kok-Saghyz*, découvert en 1930 dans le Thian-Chan, sur la rive droite du Syr-Daria, qui a donné en Russie d'excellents résultats. Dès la première année de culture, on obtient 80 à 100 kg de caoutchouc par hectare, et le double si l'on attend l'été de la deuxième année de végétation. Le caoutchouc, qui constitue entre 6 et 24 % de la substance de la plante, se trouve surtout dans l'écorce des racines. On obtient jusqu'à 1 300 kg de racines à l'hectare, et on en extrait le caoutchouc par des procédés chimiques ou mécaniques. On cultive également en Russie le *guayule* (« *Partherium argentatum* ») originaire de l'Amérique subtropicale et exploité au Mexique de 1900 à 1920. Cette plante, qui a fait, il y a quelques années, l'objet d'essais de culture au Maroc, donne en Russie entre 72 et 112 kg de caoutchouc à l'hectare, et même davantage en sélectionnant les variétés.



# CONTRE LES ATTAQUES AÉRIENNES LA D.C.A. EST-ELLE EFFICACE ?

par René MAURER

*Le problème de la défense contre avions au moyen d'armes terrestres se pose de deux façons différentes suivant le mode d'attaque de l'appareil : bombardement en vol horizontal à haute ou moyenne altitude et attaque au sol en piqué, en semi-piqué ou en vol rasant. Les progrès de l'aviation ont été si rapides que la D.C.A. éloignée, dont le calibre et la vitesse initiale ont pourtant atteint les plus grandes valeurs acceptables, si elle rend dangereux le survol des régions protégées, n'a d'efficacité qu'employée en grande masse. La D.C.A. rapprochée, presque totalement impuissante dans le tir latéral, a des chances de succès très appréciables quand elle se trouve dans l'axe de l'avion. Elle défend donc efficacement une zone étroite autour de chaque arme. Malgré leur impuissance relative, les deux formes de la D.C.A. parviennent donc à interdire les deux modes d'attaques aériennes qui possèdent le rendement le plus élevé : bombardement en piqué et largage en vol horizontal à altitude faible ou moyenne, ce qui, joint à l'efficacité de leurs interventions contre les engins terrestres, justifie amplement les frais énormes qu'occasionne leur fabrication.*

**D**ANS les pertes que subissent les aviations des belligérants, on pourrait être surpris de voir combien est faible la proportion de celles qui sont dues à l'action de la D.C.A., malgré le nombre des canons mis en œuvre et le perfectionnement considérable apporté aux matériels, aux appareils et aux méthodes de tir.

Déjà, pendant la guerre mondiale, de 1914-1918, l'impuissance de la D.C.A. était l'objet des quolibets des autres armes et cela non sans raison sans doute, quand on se rappelle les décors de coton blanc qui étoilaient le ciel, fort loin en général du petit point noir qui formait le but.

Depuis lors, il est indéniable que les canons de D.C.A. se sont considérablement améliorés, particulièrement au point de vue de la puissance, du poids de l'obus et de la vitesse initiale (1) dont l'influence sur la réduction de la durée de trajet est capitale (2).

Parallèlement, les appareils de conduite de tir (3) qui permettent de diriger le projectile sur un point de l'espace avec le maximum de chances de rencontrer l'avion, se sont notablement perfectionnés.

Malgré tout, les avions abattus par projectiles issus de la terre restent peu nombreux par rapport au nombre de coups tirés.

La raison initiale de ce fait doit être recher-

chée dans le perfectionnement parallèle et plus rapide encore de l'avion lui-même. Dans la lutte engagée entre le canon et le but aérien, l'avantage reste pour le moment à ce dernier, et nombreuses sont les chances pour qu'il le conserve dans l'avenir, hors certains cas dont la définition ressortira de cet exposé. Il est d'ailleurs remarquable que certaines de ces occasions, dans lesquelles l'avion risque d'être vaincu, sont précisément celles où il a le plus de chances d'agir efficacement contre les objectifs terrestres ou maritimes (1). Dans une large mesure, ceci compense cela.

Vu de la terre, tout avion en action peut se présenter de trois manières différentes :

1° Il vole à peu près horizontalement, à une altitude déjà notable, soit qu'il fasse simplement route vers un but lointain, soit qu'il s'apprête à bombarder de haut ;

2° Il vole horizontalement au ras du sol, « en rase-motte », prêt à lancer de tout près bombes ou grenades, ou à ouvrir le feu de ses mitrailleuses ou canons ;

3° Il descend sous grand angle, en piqué ou semi-piqué, presque toujours pour attaquer à la bombe, qu'il lâchera à une altitude suffisante, comprise entre 500 et 1 000 mètres, pour pouvoir se redresser à temps par une ressource de rayon admissible.

Tout cela n'est pas nouveau ; ce qui l'est, c'est la vitesse avec laquelle l'avion se déplace au cours de ces évolutions. En 1918, la vitesse de 100 mètres à la seconde était une limite rarement atteinte, et les machines dépassaient peu 5 000 mètres d'altitude. En 1940, 150 mètres à la seconde était une vitesse tout à

(1) En 1914-1918, le poids du projectile de 75 mm était de 6,5 kg ; sa vitesse initiale de 550 m/s. En 1939, le poids du projectile de 90 mm était de 11 kg, sa vitesse initiale de 820 m/s ; le poids du projectile de 75 mm était de 6,5 kg et sa vitesse initiale de 850 m/s.

(2) Voir : « Quel rôle joue l'artillerie de D.C.A. dans la guerre aérienne » (*Science et Vie*, n° 286, juin 1941).

(3) Voir : « Le fire director, cerveau de la batterie contre avions » (*Science et Vie*, n° 233, nov. 1936).

(1) Cas de l'avion attaquant en piqué direct et à distance assez faible un objectif à proximité duquel se trouve une pièce de D.C.A.



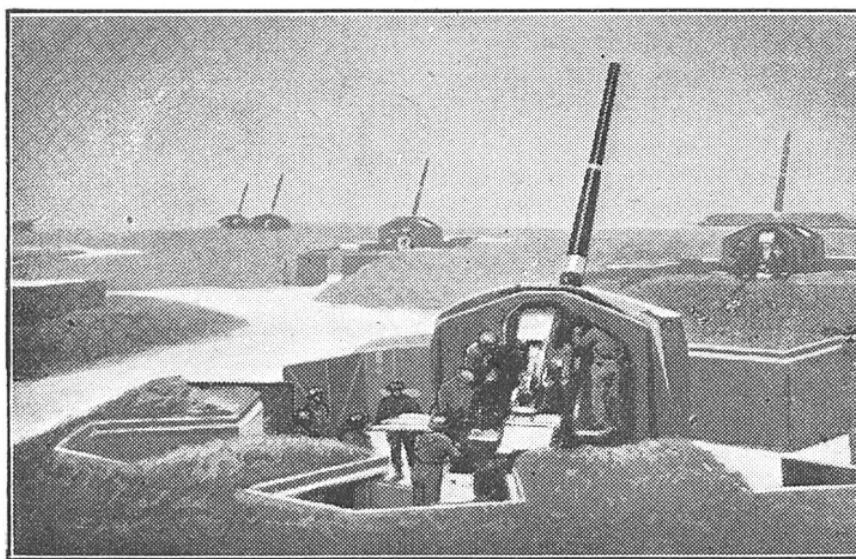


FIG. 1. — PIÈCES CONTRE AVIONS DE LA DÉFENSE ANTIAÉRIENNE DE LONDRES (94 mm)

fait normale et le plafond avait été repoussé aux environs de 10 000 mètres.

### Le problème de la D.C.A. éloignée : grandes altitudes, longues portées, tir fusant

Ces gains sont réellement désastreux pour la D.C.A. à longue portée. En effet, il est évident que le point « futur » (celui sur lequel est dirigé le tir) est éloigné du point « actuel » (position de l'avion au départ du coup) d'une distance mesurée par le produit de la vitesse de l'avion par le temps que met l'obus à parcourir sa trajectoire jusqu'au point désiré.

Les progrès réalisés par l'aviation, en vitesse et plafond accroissent sensiblement les deux termes de ce produit, qui atteint rapidement des valeurs impressionnantes. Avec une vitesse de 150 mètres par seconde et une durée de trajet de 10 secondes — ce qui est peu, — le point futur est déjà à un kilomètre et demi de l'avion visé. Comme il faut que l'écart entre l'éclatement et le but ne dépasse guère une vingtaine de mètres pour que le coup soit efficace, on voit tout de suite combien il est aisé, sur une anticipation de 1 500 m, de réaliser une erreur de 20 mètres.

Or, avec les avions actuels, en vol de bombardement en altitude, les durées de trajet supérieures à 20 secondes sont monnaie courante. Il y a donc là une difficulté de base que rien ne peut éliminer.

Est-il possible au moins de la réduire à

venients notables, dont le premier est l'usure extrêmement rapide des tubes.

Il reste donc à agir sur le calibre de l'arme. Dès à présent, celui de 75 mm est à peu près abandonné; les calibres courants sont voisins de 90 mm (90 mm français, 88 mm allemand, 94 mm anglais, 83,5 mm tchèque, etc...). La marine, qui n'a pas à faire face aux mêmes sujétions de mobilité et de poids que l'artillerie de terre, est déjà largement au-dessus, puisque le calibre de 152 mm est employé en D.C.A., notamment aux Etats-Unis.

Mais là encore, la course au calibre est limitée, car, à mesure qu'augmente le poids du projectile et de la cartouche, la cadence de tir se ralentit (2). Le nombre de coups que l'on

(1) L'affinement des formes et la répartition judicieuse des masses par rapport au centre de gravité ont fait l'objet d'études très poussées et telles que le principe actuel des projectiles d'artillerie continuera à être maintenu; les progrès dans ce domaine ne peuvent être que très réduits.

(2) Dans les cas où l'arme antiaérienne nécessite le réglage de la fusée au moment même du chargement, la cadence est inévitablement plus réduite que

| Durée de trajet<br>en secondes | Calibres |        |        |
|--------------------------------|----------|--------|--------|
|                                | 75 mm.   | 90 mm  | 155 mm |
| 10                             | 5 200    | 5 800  | 7 000  |
| 20                             | 8 100    | 9 100  | 11 500 |
| 30                             | 10 700   | 11 800 | 15 000 |
| 40                             | —        | 14 000 | 18 200 |

TABLEAU I. — RELÈVEMENT DE L'ALTITUDE ATTEINTE POUR UNE MÊME DURÉE DE TRAJET PAR UNE AUGMENTATION DU CALIBRE ET DE LA VITESSE INITIALE

On a indiqué les altitudes atteintes en fonction de diverses durées de trajet, dans un tir à 45° par les projectiles d'un matériel de 75 mm (vitesse initiale 800 m/s), de 90 mm (vitesse initiale 820 m/s) et de 155 mm (vitesse initiale 900 m/s).



peut tirer sur l'avion rapide s'en réduit d'autant, et avec lui les chances d'atteindre.

Néanmoins, une simple comparaison des durées de trajet met en lumière les gains réalisés en augmentant le calibre (tableau I).

### Les éléments de la recherche de la position future de l'avion

Bien entendu, l'hypothèse fondamentale du tir antiaérien est que, pendant le trajet de l'obus, l'avion volera en ligne droite, à vitesse constante et dans le prolongement exact de sa route passée. Si l'on admet cette hypothèse, la difficulté réside justement dans la détermination précise de cette direction et de cette vitesse. Cette précision est importante. En effet, avec une durée de trajet de 20 secondes, une erreur de 10 mètres sur la mesure de la vitesse se traduit par un écart de 200 mètres, rendant

lorsqu'elle lance des projectiles percutants. Même avec des dispositifs de chargement-mécaniques, il est difficile d'atteindre avec le 75 mm une cadence dépassant 30 à 35 coups/minute, alors que, pour le matériel de 105 mm de bord — avec tout le luxe de mécanismes que permet l'installation sur le pont d'un bâtiment — la cadence obtenue dépasse 25 coups/minute, ce qui le rapproche du 75 mm terrestre, bien que le poids de la munition soit à peu près doublé.

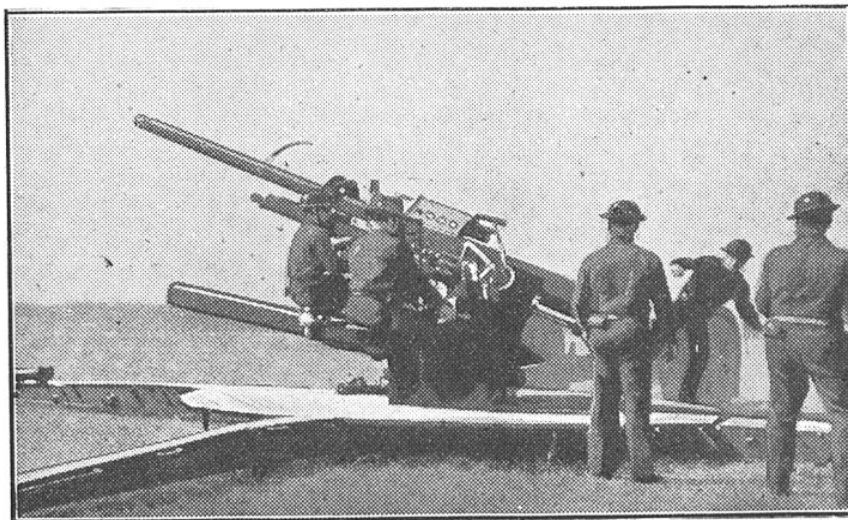


FIG. 2. — PIÈCE DE 90 MM AMÉRICAINE POUR LA D.C.A. LOINTAINE

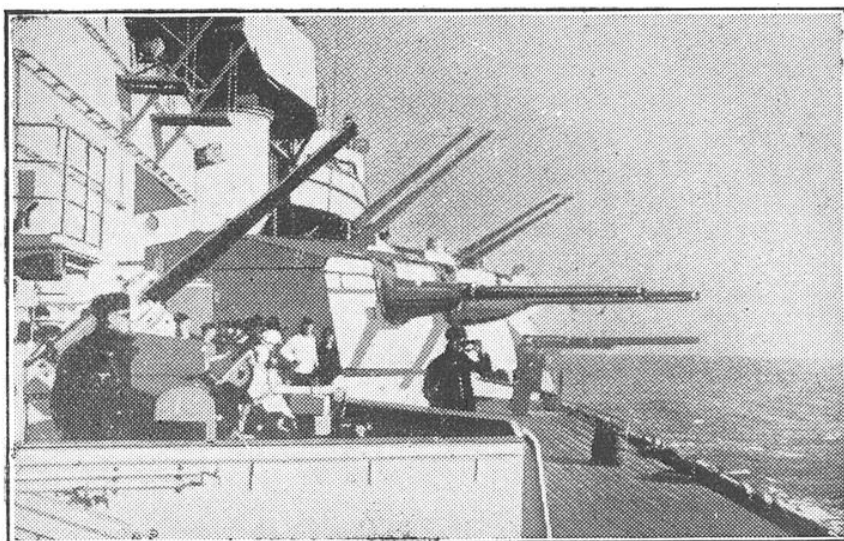


FIG. 3. — SUR LE PONT DU « SCHARNHORST », LORS DE L'INVASION DE LA NORVÈGE, DANS L'ATTENTE D'UNE ATTAQUE AÉRIENNE

*Le Scharnhorst et le Gneisenau sont armés tous deux, outre leur artillerie principale et secondaire consistant en 9 pièces de 280 mm et 12 pièces de 150 mm, d'une importante artillerie de défense antiaérienne : 14 pièces de 105 mm et 16 de 37 mm.*

le tir inefficace, quel que soit le nombre de coups tirés.

Une erreur de 5°, soit 85 millièmes, sur la direction écarte le coup latéralement — pour un avion volant à 150 m/s et une durée de trajet de 20 s — de 255 m. Pourtant, de telles erreurs sont bien faciles à commettre.

Un autre facteur qui contribue à réduire la justesse du tir est l'influence du vent, qui tend à écarter le projectile de la trajectoire qu'il suivrait en air immobile. Or, cette action du vent est mal connue et, de toutes façons, irrégulière. Les artilleurs essayent de tourner le problème en admettant l'existence d'une sorte

de vent moyen, régulier en vitesse et en direction, et strictement horizontal. Inutile de dire que cette supposition ne correspond à aucune réalité, et cela d'autant plus que les sondages par lesquels on détermine les caractéristiques du « vent balistique » ne sont ni suffisamment fréquents, ni suffisamment localisés autour de la pièce pour être valables au moment du tir.

On a établi, pour les corrections de vent, des formules plus ou moins compliquées, mais on peut admettre en gros que l'influence du vent déplace le point d'éclatement d'une





FIG. 4. — TÉLÉMÈTRE DE CAMPAGNE PERMETTANT DES ÉVALUATIONS RAPIDES DE LA DISTANCE DES AVIONS

distance proportionnelle à la vitesse du vent et à la durée de trajet, cela dans la direction vers laquelle il souffle.

Au reste, il ne faudrait pas croire qu'il soit si facile de fixer, à un moment donné, la position exacte d'un avion dans le ciel. Certes, avec une bonne lunette à réticule, un pointeur exercé n'a pas de difficulté à définir à quelques minutes d'angle près la direction dans laquelle il aperçoit l'avion. Il définit ainsi ce qu'on appelle la ligne de site de l'objectif, mais il reste à déterminer sa position sur cette droite indéfinie. Cette détermination est le résultat d'une mesure de distance, même si elle se traduit par une définition d'altitude. C'est l'effet d'une mesure *téléométrique* effectuée au moyen de télémètres monostatiques. Ces instruments extrêmement délicats donnent des mesures qui sont toujours plus ou moins sujettes à caution.

Les télémètres à coïncidence, que l'on manœuvre en amenant l'alignement ou la coïncidence de deux images du but, sont plus sûrs, mais aussi moins commodes sur but aérien. Les télémètres fondés sur la vision stéréoscopique (1) font appel à un *jugement* de l'opérateur et, comme tels, sont fonction de la valeur momentanée de celui-ci. Or, on a constaté qu'un léger changement dans la condition physique dudit opérateur — fût-ce simplement le fait qu'il vient de déjeuner — peut influencer notablement sur la mesure effectuée.

L'introduction des méthodes électromagnéti-

(1) Voir : « Les télémètres » (*Science et Vie*, n° 265, juillet 1939).

ques améliore sensiblement l'exactitude de la distance mesurée et surtout celle, très importante, de la vitesse de rapprochement; mais là encore la précision de la mesure laisse à désirer.

On doit donc admettre que la mesure de la distance — ou de l'altitude de l'avion — n'est jamais exacte. Cela est fort important, puisque l'erreur commise se retrouve intégralement sur l'écart de l'éclatement..., à moins que cette erreur n'ait été compensée par l'une des autres erreurs déjà énumérées.

Cette compensation n'est évidemment pas fréquente, mais on a pu soutenir le paradoxe que c'est grâce à elle que la D.C.A. atteint quelquefois son but.

Et pourtant, la D.C.A. — nous ne parlons ici que de celle qui opère en obus fusants et à distances notables — est suffisamment dangereuse pour que la zone où les erreurs (toutes fonctions de la durée de trajet) sont assez faibles, c'est-à-dire celle qui s'étend de 2 000 à 5 000 mètres d'altitude, soit dès à présent à peu près désertée par l'aviation, en face d'une artillerie assez nombreuse et active.

C'est déjà un résultat appréciable que de forcer l'aviation ennemie, dans ses vols de croisière ou de bombardement, à garder une altitude de vol supérieure à 5 000 mètres, ce qui ne va pas sans une fatigue supplémentaire du personnel et surtout sans une imprécision telle dans le lancement des bombes que ces attaques à grande altitude ne présentent plus qu'un très faible danger pour les objectifs assez réduits, comme le sont presque toujours ceux de valeur militaire réellement importante.

La dure expérience que la France a faite des bombardements sur zone illustre suffisamment cet état de choses.

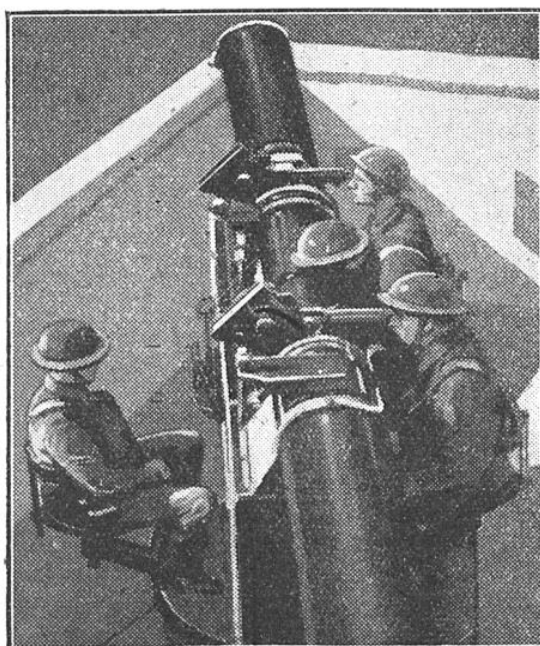


FIG. 5. — IMPORTANT TÉLÉMÈTRE FIXE PERMETTANT UNE MESURE CONTINUE DE LA DISTANCE, DE L'AZIMUT ET DE L'ANGLE DE SITE DU BUT



### La D.C.A. de nuit

La D.C.A. de nuit peut être efficace contre un avion isolé qui peut être facilement suivi au projecteur et au son, mais le devient peu contre une escadrille qui met en défaut les appareils de repérage au son (du fait que si deux appareils suivent deux avions différents, le recoupement ne se fait pas et la correction du tir devient impossible). Il convient de distinguer le cas de la D.C.A. tirant contre des avions se trouvant en cours de raid et qui, s'ils ne sont pas atteints, ne repasseront pas dans le champ du tir, de la D.C.A. protégeant un objectif militaire important (usine par exemple) et tirant contre les avions arrivés au but de leur mission et bombardant l'objectif. Dans ce dernier cas, la défense devient plus efficace du fait qu'un barrage plus serré et plus aisé peut être établi.

Les projecteurs sont souvent rendus inutilisables lorsque l'escadre attaquante éclaire l'objectif par ballonnets ou fusées parachutées. La lumière de ces petits engins est, en effet, d'une intensité telle que non seulement elle aveugle le personnel de la défense, mais constitue par contraste dans la partie du ciel située au-dessus de son origine une zone d'ombre où les avions se trouvent dans une relative sécurité.

Il est connu d'ailleurs que la D.C.A. des villes allemandes est assurée par un tel déploiement de canons et de projecteurs que c'est à travers de véritables nappes de lumière et d'éclatements que les avions alliés sont obligés d'attaquer. Malgré tout, leurs pertes sont supportables.

### Le problème de la D.C.A. rapprochée : faibles altitudes, faibles portées, tir percutant

Ce n'est pas sur les types de canons de calibre déjà élevé et tirant des obus munis de

fusées fusantes à temps que l'on compte pour réduire, sinon éliminer, la menace très réelle constituée par l'attaque aérienne à basse altitude.

L'arme à mettre en œuvre dans ce cas est essentiellement la mitrailleuse ou le canon de petit calibre à tir automatique très rapide. De très substantiels progrès ont été réalisés dans ce domaine, où l'on relève notamment l'emploi généralisé du 40 mm Bofors et du 37 mm allemand.

Dans ces attaques à très courte distance, qu'elles soient effectuées en vol horizontal au ras du sol ou en piqué, les pertes de l'aviation sont sensiblement plus élevées que celles qui sont subies dans les vols à grande altitude. Par contre, il faut reconnaître que les résultats obtenus au cours de ces attaques sont incomparablement plus importants.

Dans le cas envisagé, les distances de tir sont relativement très faibles : 2 000 mètres au maximum. Toutes les armes employées sont à grande vitesse initiale, au moins 800 mètres/seconde. Les durées de trajet sont donc assez courtes (bien que les petits projectiles lancés perdent rapidement leur vitesse) : on ne tire guère avec des durées de trajet supérieures à 8 secondes.

Au reste, les projectiles employés sont soit des balles pleines, soit des obus à fusée percutante. On peut donc considérer que le projectile est dangereux sur toute sa trajectoire, à condition qu'il rencontre le but.

A première vue, cette circonstance paraît avantageuse, en la comparant aux conditions du tir fusant, puisqu'il semble qu'il suffise ici de déterminer une ligne au lieu d'un point d'éclate-

ment. En réalité, il ne suffit pas que la trajectoire coupe la ligne de vol de l'avion, il faut en outre que l'obus qui parcourt ladite trajectoire rencontre la ligne de vol au moment où l'avion se trouve au point commun ; le problème reste donc en réalité identiquement le même.

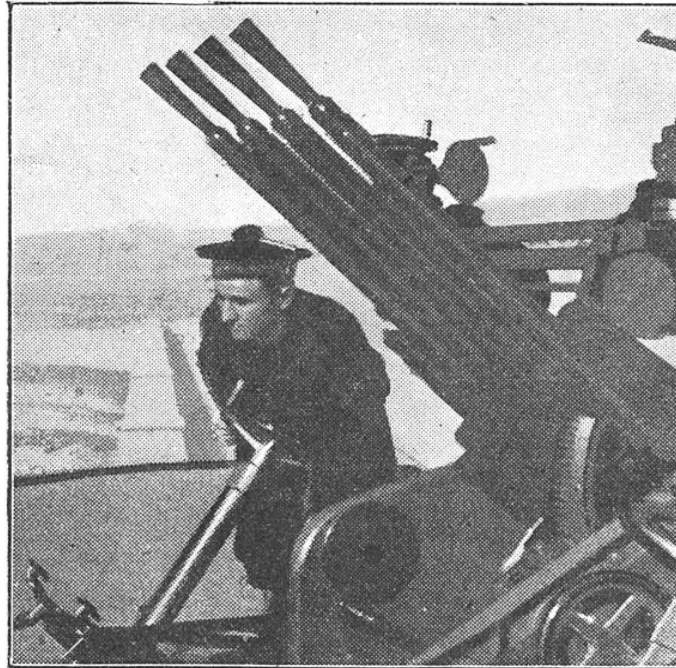


FIG. 6. — MITRAILLEUSE ANTIAÉRIENNE DE 13 MM DE LA MARINE FRANÇAISE, SUR AFFUT QUADRUPLE

| Distance | Vitesse angulaire |
|----------|-------------------|
| 50 m     | 71°               |
| 100 m    | 56°               |
| 200 m    | 37°               |
| 500 m    | 18°               |

TABEAU II. — COMMENT VARIE LA VITESSE ANGULAIRE AVEC LA DISTANCE (POUR UN AVION VOLANT A 150 M/S)



Les durées de trajet réduites diminuent évidemment la valeur absolue de toutes les erreurs que l'on peut commettre. En revanche, alors que l'éclatement d'un obus explosif de calibre moyen demeure dangereux même s'il ne se produit pas exactement sur le but, il est nécessaire, avec les petits calibres, qu'il y ait impact effectif et même, pour les balles pleines de mitrailleuse, il faut qu'elles rencontrent une partie vitale de l'avion. Cette nécessité, qui réclame une précision plus grande, compense en grande partie l'effet de la réduction de la durée de trajet.

Pratiquement, l'efficacité supérieure du tir percutant tient à la densité du feu réalisée par armes automatiques, le nombre de projectiles tirés améliorant évidemment les chances d'impact.

### Inefficacité du tir latéral

Mais il est un facteur qui ne contribue pas peu à l'imprécision de ce tir, c'est la grandeur que prend très vite la vitesse angulaire apparente du but, donc la vitesse angulaire avec laquelle la pièce devra se déplacer en hauteur ou en direction pour suivre le but. Plus la distance est faible, plus cette vitesse angulaire est élevée.

Pour un avion volant à 150 mètres/s, observé d'un point tel que la direction où on le voit est à peu près perpendiculaire à la ligne de vol, la vitesse angulaire apparente est donnée par le tableau II.

On conçoit aisément que la précision de pointage d'une pièce qui doit tourner d'une cinquantaine de degrés par seconde est au moins illusoire.

C'est pourquoi on doit admettre que le tir ne doit même pas être tenté quand la ligne de vol de l'avion s'écarte de plus de 45° environ de la direction de la visée. C'est dire que ces tirs automatiques n'ont quelque chance d'efficacité que si l'avion se dirige, sinon sur la pièce elle-même, du moins sur un point très voisin.

Cette constatation est extrêmement importante, puisqu'elle conduit en réalité à considérer qu'une pièce automatique ne protège qu'une très petite zone de terrain autour d'elle. De ce fait, la densité de matériel nécessaire est rarement atteinte. Elle ne l'est en fait que sur les navires et encore pour leur protection propre seule. Le fait est d'ailleurs démontré dans l'escorte des convois par le peu d'efficacité des navires, pourtant fortement armés en D.C.A.,

lorsqu'il s'agit de protéger les cargos constituant le convoi.

Sur terre, cette densité d'armement est bien rarement atteinte et l'impressionnant feu d'artifice des obus traceurs autour d'une localité — tel que le montrent maintes photographies nocturnes — est peut-être un beau spectacle, mais une bien faible protection effective.

Pourtant, le tir automatique jouit d'une propriété avantageuse. Les projectiles se succèdent à des intervalles de temps assez faibles pour que l'avion n'ait que peu de chances de passer entre deux trajectoires coupant bien exactement la ligne de vol, alors que le tir fusant, plus lent, lui en laisse toute facilité.

Encore faut-il que la densité de feu soit suffisante. Ainsi, pour un canon de 37 mm tirant 180 coups à la minute, soit 3 coups à la seconde, l'intervalle de temps séparant le passage de deux obus successifs est de 1/3 de seconde, pendant lequel un avion actuel parcourt 50 mètres. Il a donc largement le temps de passer au travers du tir, supposé effectué sur éléments fixes, puisque sa longueur dépasse rarement une vingtaine de mètres. Il faudrait accoupler trois pièces pour réduire à néant ces chances. On voit l'importance primordiale

de la cadence du tir qui, seule, peut pallier l'insuffisance constante du nombre de pièces défendant le même objectif.

Les cadences élevées sont obtenues en réduisant le calibre, c'est-à-dire en utilisant ce qu'on nomme une mitrailleuse, engin qui arrive aisément à tirer 600 coups à la minute. Et pourtant, la mitrailleuse est pratiquement condamnée en D.C.A., car la balle pleine qu'elle lance est trop peu efficace, à moins de toucher le pilote, une partie importante du moteur ou une articulation de gouvernes, tous objectifs vraiment réduits. Son efficacité est encore moindre depuis l'adaptation généralisée des blindages (1). De nombreux avions sont ren-

(1) Le blindage a davantage pour but de protéger l'équipage en cas de combat aérien contre les projectiles de D.C.A. En cas de combat, les projectiles vulnérants sont soit des balles de mitrailleuses, soit des obus de petit calibre, et une forte tôle suffit à assurer la protection. Dans le cas du tir de D.C.A., le calibre des projectiles nécessiterait des blindages d'épaisseur telle que leur emploi ne peut être envisagé à bord d'un avion étant donné leur poids par

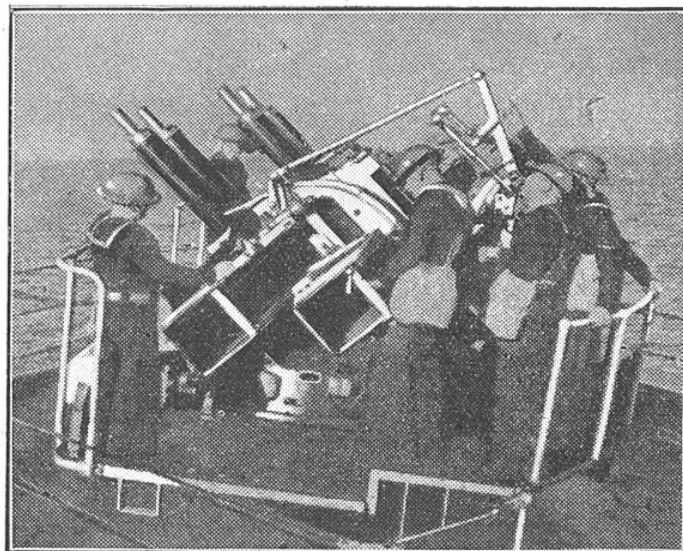


FIG. 7. — « POM-POM » QUADRUPLE SUR LE PONT D'UN CROISEUR BRITANNIQUE

Ces canons automatiques, d'un calibre de 40 mm, ont été groupés jusqu'à huit au total sur un même affût. La puissance de feu d'un tel ensemble est considérable, mais exige des aménagements spéciaux, étant donné son énorme consommation de munitions. Aussi les pom-pom octuples ne peuvent-ils guère être installés que sur les grosses unités.



trés à leur base, mission accomplie, avec des centaines de balles dans les ailes ou le fuselage, parfois même sans que le pilote s'en soit aperçu.

Il ne faut pas croire d'ailleurs que, du fait que le feu est automatique, même quand l'avion vient presque directement sur la pièce il suffise de le viser et de déclencher la « giclée ».

La trajectoire, si tendue soit-elle, n'est pas tout à fait une ligne droite. En outre, si faible que soit le déplacement angulaire apparent du but, il n'en nécessite pas moins une correction dont les bases d'établissement sont les mêmes que celles des corrections du tir fusant à grande distance.

Or, étant donné le court délai pendant lequel l'avion reste en prise au feu, les facilités que donne, dans le tir à grande distance, le temps dont on dispose pour exécuter mesures et calculs mécaniques disparaissent du coup. La plupart du temps, le feu doit être ouvert presque à l'instant où l'on voit l'avion, ou tout au moins son mode d'attaque. C'est pourquoi les appareils de visée et de correction des armes automatiques de D.C.A. sont rudimentaires en comparaison des postes de conduite de tir fusant. Ces appareils peuvent rester rudimentaires; plus compliqués, on n'aurait pas le temps de les utiliser.

Dans presque tous les canons automatiques en service, la vitesse propre du but est seulement estimée et non pas mesurée; la direction de vol est — assez vaguement — représentée par l'orientation à la main d'une flèche qu'un ser-

trop élevé. Il existe deux méthodes principales de blindage : le blindage de l'équipage et celui de l'équipage et des parties essentielles de l'avion. Le second est fort peu employé jusqu'à présent, par suite du poids considérable du métal nécessaire, poids qui, par la réduction importante des performances qu'il entraînerait, réduirait finalement davantage les possibilités militaires de l'avion que la protection ne les améliorerait.

L'expérience de la guerre actuelle montre la néces-

sité du blindage du pilote. Celui-ci est le plus souvent assuré par une plaque de tôle occupant toute la section du fuselage et située derrière le siège, la protection étant assurée à l'avant par le moteur lui-même. Cette protection est, à elle seule, extrêmement efficace en combat aérien (un de nos pilotes de chasse est, pendant la campagne 1940, rentré à sa base sans blessure, alors qu'un obus de 20 mm lui avait éclaté dans le dos).

Un blindage plus complet a été installé sur certains avions d'observation, tel que le Henschel Hs. 126, où l'équipage se trouve dans une sorte de baignoire métallique. Bien évidemment, une protection de ce genre, par suite de la faible épaisseur des tôles (inférieure au centimètre) et de la non-protection d'un grand nombre d'organes sensibles, est inefficace contre la D.C.A. Tout au plus est-elle susceptible de limiter l'effet des éclats.

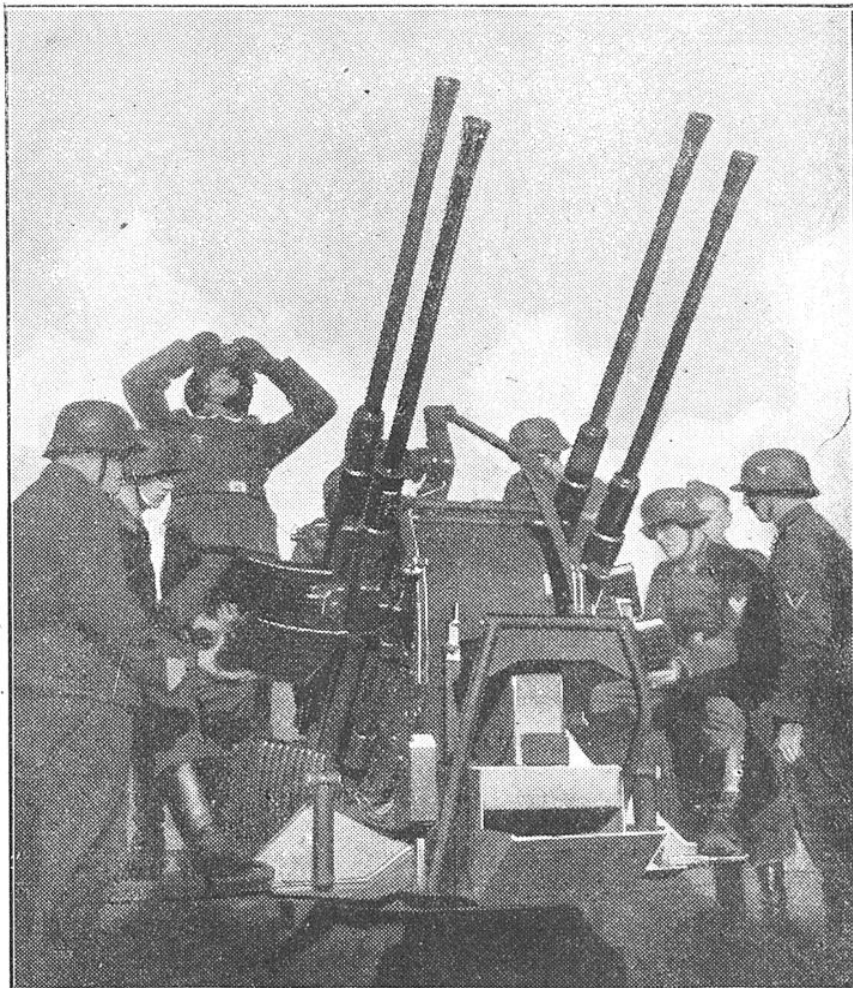


FIG. 8. — CANONS AUTOMATIQUES DE PETIT CALIBRE SUR UN AFFUT QUADRUPLE DE LA LUFTWAFFE



### Peut-on améliorer la D.C.A. ?

Il en sera tout autrement quand les appareils de pointage des canons automatiques seront autrement conditionnés. Il n'est pas impossible de réduire considérablement les erreurs d'estime de la vitesse et de la direction de vol de l'avion par emploi d'appareils automatiques précis, entrant en action sans même que les servants aient à s'en préoccuper. Des méthodes de tir mieux adaptées, dont quelques-unes se sont déjà fait jour, peuvent suppléer à la mesure exacte des distances. Enfin, une augmentation très substantielle de la cadence viendra multiplier les chances d'impact, malgré les erreurs résiduelles inévitables.

Alors qu'on ne voit vraiment pas comment pourrait s'améliorer notablement l'efficacité des tirs de D.C.A. aux altitudes et portées que permettent les performances des avions actuels, il est certain que, dans un avenir assez rapproché, les armes et les appareils de tir pour l'attaque des avions volant bas ou agissant en piqué seront en état de réaliser des tirs auxquels l'engin aérien aura beaucoup de peine à échapper. Il est vrai que sans doute à ce moment le blindage des avions leur conférera une protection supplémentaire. La lutte reste pour le moment ouverte sur ce terrain.

Il faut reconnaître d'ailleurs le déclin très net des attaques en piqué par Stukas ou succédant sur les bâtiments de guerre dont la défense rapprochée s'est accrue à un point tel que leur efficacité devient insuffisante eu égard aux pertes.

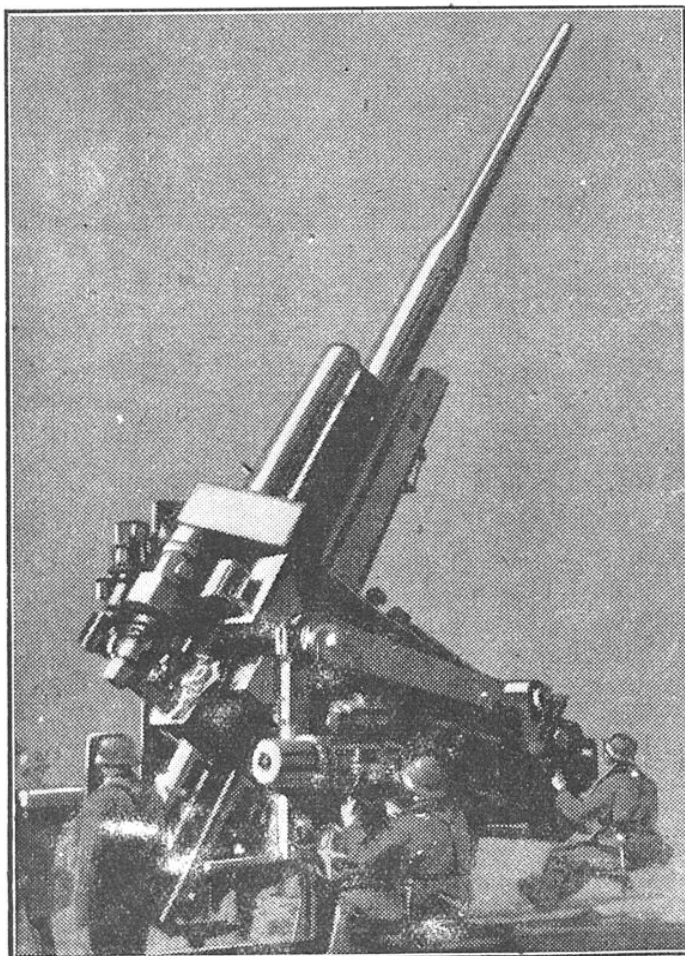


FIG. 9. — PIÈCE LOURDE ALLEMANDE POUR LA D.C.A. ÉLOIGNÉE, AVEC COMMANDE DE POINTAGE ÉLECTRIQUE

*Le chargement de cette pièce s'effectue mécaniquement. Des moteurs électriques assurent le pointage en hauteur et en direction, permettant ainsi des évolutions plus rapides et un pointage pratiquement continu en fonction des résultats du poste de direction de tir.*

puisse passer entre deux coups successifs. De plus, si les projectiles ne détruisent pas le char, du moins ont-ils des chances de l'immobiliser.

Des canons de petit calibre (25 mm et au-dessous), on ne peut attendre qu'un effet réduit sur les blindages. Néanmoins, en tablant sur la très grande cadence du tir, on peut espérer placer un projectile dans une des ouvertures.

Cet emploi des armes de la D.C.A. contre des objectifs terrestres permettra de développer une artillerie polyvalente, et qu'il sera par conséquent possible de fabriquer en grande quantité et d'utiliser en plus grande densité, ce qui en multipliera l'efficacité.

### Canons de D.C.A. contre chars d'assaut

Accoutumée au tir sur cible mouvante, la D.C.A. ne rencontre aucune difficulté dans le tir contre les chars d'assaut. Elle possède les avantages considérables de la grande cadence de son tir et de la grande vitesse de ses projectiles, mais elle est désavantagée par le faible pouvoir pénétrant de ces derniers (des obus spéciaux ont sans doute été établis pour le tir contre engins blindés) et par la relative lenteur de la mise en batterie.

Les canons de moyen calibre (75 et 105 mm) sont utilisables contre les chars demi-lourds et lourds. Mais il y a peu à espérer d'un seul coup au but; seule une succession de plusieurs coups peut amener le succès. Dans beaucoup de cas, on peut s'attendre à ce que le char ne

René MAURER.



## L'AVION-DRAGUEUR CONTRE LES MINES MAGNÉTIQUES

UNE arme nouvelle exerce toujours ses plus grands ravages lors de son apparition, alors que l'effet de surprise technique joue à plein et qu'aucune parade appropriée n'a pu encore être mise sur pied par l'adversaire réduit à des expédients. Par la suite, lorsque son rendement a baissé, ou même lorsqu'elle est abandonnée, elle oblige toujours par sa seule menace les combattants à s'encombrer de moyens de protection constamment prêts à intervenir, encore que pratiquement inactifs. Ainsi la guerre des gaz a engendré le masque, qui lui survit dans toutes les armées. Ainsi la mine magnétique pourrait disparaître que la sécurité des transports par mer exigerait toujours des ceintures démagnétisantes, les dragueurs amagnétiques et les avions dragueurs à qui elle a donné naissance.

La mine magnétique fut certainement une des armes les plus efficaces et les plus démoralisantes du début de la guerre. Mouillée de nuit et en grande quantité par les hydravions allemands (bimoteurs Heinkel 115 ou Blohm und Voss Ha 140) dans les eaux peu profondes de la mer du Nord ou de la Manche, elle infligea aux marines alliées des pertes cruelles. Sa méthode d'emploi présentait un caractère essentiellement offensif : alors que les champs de mines classiques sont posés par les belligérants dans les eaux qu'ils contrôlent pour en interdire l'accès à l'ennemi, les mines magnétiques visaient à fermer les estuaires et les ports anglais sans qu'il fût nécessaire pour cela de s'assurer la maîtrise des mers.

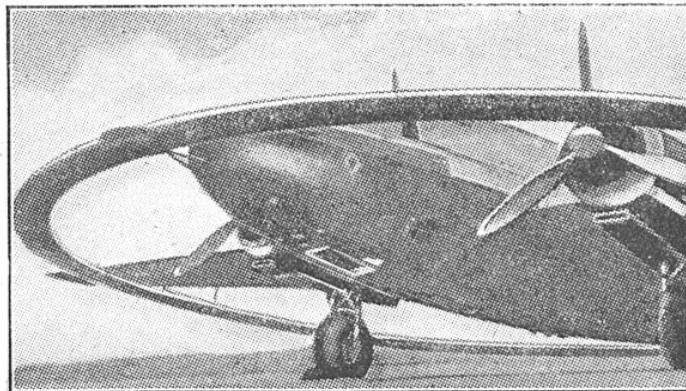
Le principe de leur fonctionnement, brièvement exposé, est le suivant : l'explosion est déclenchée par une aiguille aimantée fermant un circuit électrique au passage des masses métalliques, coque et machines, d'un navire. La parade consiste à supprimer cet effet, dans la mesure du possible, en installant sur les navires un solénoïde horizontal s'enroulant tout autour du pont et en y faisant passer un courant convenable pour neutraliser le champ propre du bateau. Le plus sûr demeure cependant de détruire les mines magnétiques avant qu'elles n'aient l'occasion de fonctionner, mission infiniment plus dangereuse que le dragage des mines sous-marines du type classique et pour laquelle des engins spéciaux sont indis-

pensables. Il en est utilisé de deux sortes : navires et avions.

Les premiers, construits en matériaux non magnétiques, pour éviter leur destruction immédiate à la première mine rencontrée, remorquent à une distance suffisante pour que leur coque résiste à l'explosion de la charge, un solénoïde créant un puissant champ vertical et actionnant ainsi les détonateurs des mines sur lesquelles il vient à passer.

Dès avant que ces navires spéciaux fussent équipés, ce qui demandait un temps appréciable, l'Amirauté britannique fit appel à des avions, des Vickers « Wellington ». Déclassé depuis par les quadrimoteurs anglais et américains, le « Wellington » était un des plus puissants et des plus rapides bombardiers anglais. Il fut équipé d'un solénoïde géant, logé dans un anneau métallique de 14,6 m de diamètre et de 0,6 m de large, fixé à l'avant, sous les ailes et sous l'arrière du fuselage de l'appareil. Le courant qu'on fait passer dans le solénoïde est fourni par un groupe électrogène

mû par un moteur d'automobile Ford V. 8. Le champ magnétique du solénoïde est capable d'actionner le détonateur des mines magnétiques, à condition que l'avion ne vole pas à plus de 18 m de la surface de l'eau. A cette hauteur, l'appareil ressent d'ailleurs très fortement les effets de l'explosion, mais aucun accident ne semble s'être produit pour-



LE VICKERS « WELLINGTON », ÉQUIPÉ EN DRAGUEURS DE MINES

tant. Il va sans dire que l'appareil alourdi et déformé par cette surcharge peu banale est peu maniable. Il ne lui faut pas moins de 1 800 m pour décoller.

Malgré ses inconvénients, le « Wellington » a été employé, en 1941 et en 1942, pour détruire les mines germano-italiennes dans le canal de Suez. Il présente en effet l'avantage de pouvoir intervenir très rapidement et de nettoyer de grandes distances dans le minimum de temps sans trop gêner la circulation sur cette voie d'eau étroite et encombrée.

Grâce à une surveillance continue des chenaux de navigation, à leur dragage minutieux tant par avion que par navire, aux ceintures démagnétisantes enfin, la mine magnétique a pris aujourd'hui rang parmi la longue liste des périls mortels qui guettent le marin sans l'empêcher de naviguer.



# LES AUTOROUTES D'EUROPE ET LEUR AVENIR

par Philippe REINE

Ingénieur civil de l'École nationale des Ponts et Chaussées

Docteur en droit

*Les transports ont une importance capitale dans l'organisation du monde moderne. Ils ont été un élément essentiel de la diffusion de la civilisation et jouent maintenant un rôle fondamental pour l'approvisionnement des industries en matières premières et pour la distribution des biens de consommation. Ils occupent une des premières places dans la production par les millions de travailleurs employés directement dans leurs services ou indirectement dans les industries annexes. Depuis l'apparition de l'automobile, la route a pris, pour les transports terrestres, une grande importance et dans plusieurs pays sont apparues des autoroutes spécialisées, d'un coût de construction fort onéreux, mais présentant d'indiscutables avantages des points de vue vitesse, économie de carburant et de pneumatiques et sécurité des usagers, pour ne rien dire des considérations d'ordre social (lutte contre le chômage) et militaire qui ont présidé chez certaines nations à des ouvertures de chantiers spectaculaires. A la fin du conflit, la France devra-t-elle poursuivre la réalisation des plans de construction d'un vaste réseau d'autoroutes à longue distance dressés par divers spécialistes? Il semble que nos ressources limitées imposeront plus impérieusement la remise en état et la modernisation de l'ensemble des grands itinéraires de notre réseau routier existant, les autoroutes devant, en première étape, se borner au dégagement des sorties des grandes villes et à leur contournement.*

**D**ANS les années qui ont précédé la guerre, le grand développement de la circulation automobile laissait apparaître, dans la plupart des pays, l'insuffisance des réseaux routiers.

La route, en effet, n'avait pas été construite pour recevoir ce nouveau trafic; le nombre, la vitesse, le poids des véhicules posèrent des problèmes nouveaux. L'intervention de l'Etat avait été nécessaire pour concilier, d'une part, la sécurité des transports et, d'autre part, la meilleure utilisation possible des véhicules ayant tendance à être de plus en plus rapides. La solution la plus logique apparut dans la construction de voies spécialement aménagées pour la réalisation des grandes vitesses : ce fut la naissance de l'autoroute (on dit aussi *autostrade*).

Qu'est-ce qu'une autoroute? Des définitions très complètes ont été données; nous adopterons la suivante : « L'autoroute est une voie de circulation construite suivant les procédés modernes de la technique routière, spécialement établie pour la circulation rapide et intense de certains véhicules, et imposant aux usagers et aux riverains des règles particulières. »

Cette définition met en évidence deux éléments caractéristiques de ces voies : l'une relative aux usagers, l'autre aux riverains. Tous les véhicules, en effet, ne sont pas de droit admis sur l'autoroute qui, avant tout, doit permettre la réalisation des grandes vitesses. Par ailleurs, les droits communément reconnus aux riverains des voies publiques ne sont pas applicables aux riverains de l'autoroute, laquelle jouit d'un régime juridique spécial la rapprochant

d'ailleurs plus de la voie ferrée que de la route ordinaire.

La réalisation d'une autoroute peut paraître désirable dans les trois cas suivants :

- pour les liaisons à grande distance,
- pour le dégagement des agglomérations importantes,
- pour la constitution des rocades autour des grandes villes.

Les autoroutes se composent d'alignements droits reliés par des courbes à grand rayon; elles évitent les agglomérations, les croisements sont supprimés et les accès ne se font qu'à certains endroits déterminés.

Les avantages des autoroutes sont nombreux. Ce sont d'abord des avantages d'ordre social : leur construction peut permettre l'embauchage d'un grand nombre de travailleurs et contribuer ainsi à la lutte contre le chômage. Elles augmentent aussi la sécurité de la circulation; si l'on examine, en effet, les statistiques routières, on constate que la moitié des accidents ont lieu aux croisements, dans les courbes et dans les bifurcations (64 000 victimes en 1938 sur les routes françaises, plus de 4 000 tués). Les nouveaux tracés évitent les croisements, organisent les bifurcations, comportent le maximum d'alignements droits et peuvent ainsi réduire le nombre des accidents de 50 à 75 %.

Au point de vue militaire, les autoroutes peuvent permettre une plus grande mobilité des engins mécaniques des armées nouvelles.

Enfin et surtout, les autoroutes réalisent une diminution du prix de revient des transports, du fait des économies de carburant et de pneu-



matiques qui en résultent; l'économie totale obtenue serait de l'ordre de 20 à 30 %.

Les premières autoroutes virent le jour en Italie. L'Allemagne est dotée d'un réseau d'autostrades assez dense et offre un exemple de réalisation d'un programme complet. Par contre, les constructions françaises sont beaucoup plus modestes. Peu de choses ont été faites dans les autres pays d'Europe.

### Les autoroutes en Italie

En 1922, une Société anonyme fut créée en Italie sous la direction de l'ingénieur Piero Puricelli, en vue de la construction d'autostrades.

Il est curieux de constater que, dans ce domaine, l'Italie ait devancé les autres pays européens. En effet, dans le classement des divers pays pour le nombre de voitures en circulation, l'Italie occupe un rang médiocre. Au 1<sup>er</sup> janvier 1926, il n'y avait que 185 000 voitures en circulation (contre 590 000 en Allemagne et 836 000 en France); la densité automobile n'était alors que de 1 voiture pour 250 habitants, alors qu'elle était de 1 voiture pour 100 habitants en Allemagne et de 1 pour 38 en France. En 1938, la circulation automobile, bien qu'en progression marquée, ne comptait que 399 000 voitures, soit 1 voiture pour 93 habitants; l'Italie n'occupait plus alors que la huitième place dans le classement mondial.

La première autoroute construite reliait Milan à la région des Lacs; elle avait une longueur de 85 km. Le premier tronçon Milan-Varèse fut ouvert à la circulation en septembre 1924 et le dernier, de Gallarate à Sesto-Calende, en septembre 1925.

La construction et l'exploitation des autostrades étaient confiées à une entreprise : « La Société Autostrades. » L'Etat apportait à la Compagnie son appui financier sous forme de garantie d'intérêt et d'amortissement du capital-obligations correspondant au tiers de la dépense totale nécessaire à la construction de l'autoroute.

Les dépenses totales de construction s'élevèrent pour cette première réalisation à 80 millions de lires, soit 1 million de lires par kilomètre. Les frais de premier établissement furent couverts par l'émission d'actions et d'obligations; les administrations locales contribuèrent pour une faible part aux dépenses engagées. Quant aux dépenses d'exploitation, elles étaient théoriquement équilibrées par la perception de péages, établis suivant un barème bien étudié. Puis, dans les années qui suivirent, d'autres autoroutes furent ouvertes à la circulation; à la veille de la guerre, l'Italie en comptait au total 575 km (fig. 1).

Les sociétés concessionnaires, chargées de l'exécution des travaux et pour lesquelles l'Etat avait signé des conventions particulières, n'ont

pu tenir leurs engagements, sauf toutefois pour la société gestionnaire de l'autoroute Milan-les Lacs. Finalement, l'Etat dut se substituer à toutes ces entreprises privées; il finança entièrement la construction de l'autostrade Gênes-Serravalle et racheta l'autoroute Milan-les Lacs conformément aux clauses de la convention initiale.

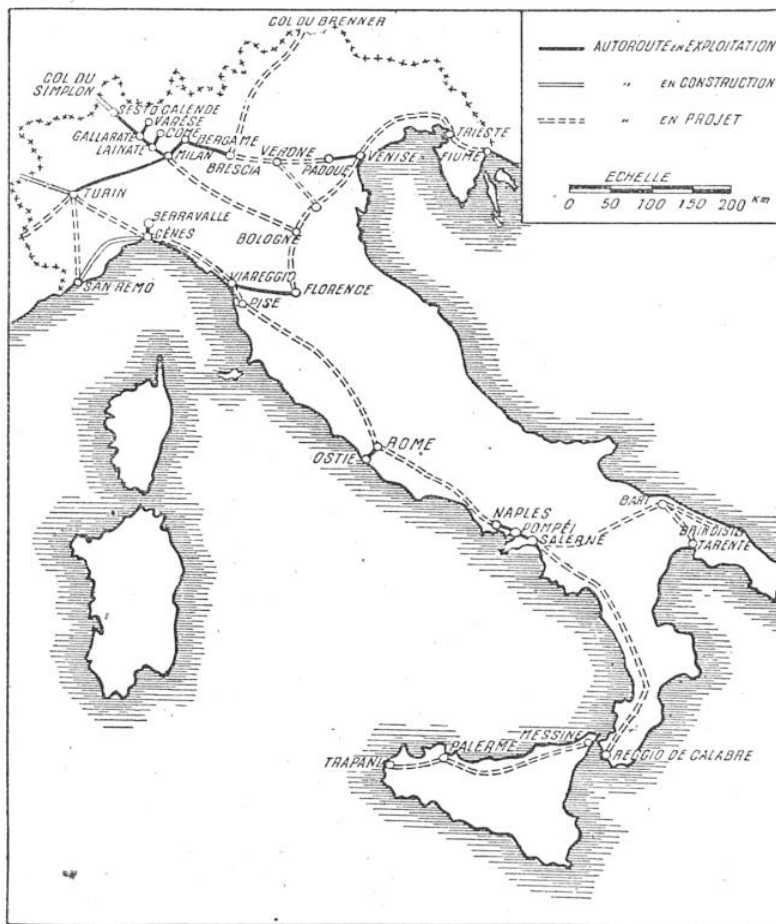


FIG. 1. — LES AUTOROUTES EN ITALIE

Le réseau actuel des autostrades italiennes comporte les tronçons : Turin-Milan (126 km), Milan-Côme (43 km), Milan-les Lacs (58 km), Milan-Bergame (52 km), Bergame-Brescia (52 km), Padoue-Venise (33 km), Florence-Viareggio (87 km), Rome-Ostie (28 km), Naples-Pompéi (25 km), Pompéi-Salerno (21 km), Gênes-Serravalle (50 km), soit au total 575 km.

Pour l'avenir, de vastes projets étaient envisagés :

- une voie Nord-Sud de Turin à Reggio de Calabre par Gênes, Pise, Rome et Naples;
- une autostrade sicilienne de Messine à Trapani;
- une dérivation Salerne-Brindisi et Tarente par Bari;
- une prolongation de l'autostrade Milan-les Lacs vers le nord jusqu'au Simplon et vers le sud jusqu'à Bologne;
- un certain nombre de transversales : Venise-Florence, Vérone-Padoue, Brescia-Col du Brenner, Gênes-San Remo, Turin-San Remo.



Ainsi équipée, l'Italie disposerait d'un réseau comparable par bien des points au réseau allemand. Les difficultés opposées par le relief sont néanmoins plus grandes en Italie qu'en Allemagne et la réalisation de tous ces projets demandera, si elle est poursuivie, de nombreuses années.

Des études très détaillées faites en 1932 par le Dr Speck avaient montré qu'il n'existait pas alors en Allemagne de trafic automobile à grande distance. À cette époque, les véhicules automobiles n'assuraient pour les marchandises qu'un trafic égal à 1/18<sup>e</sup> du trafic ferroviaire, et pour les voyageurs qu'un trafic égal au tiers

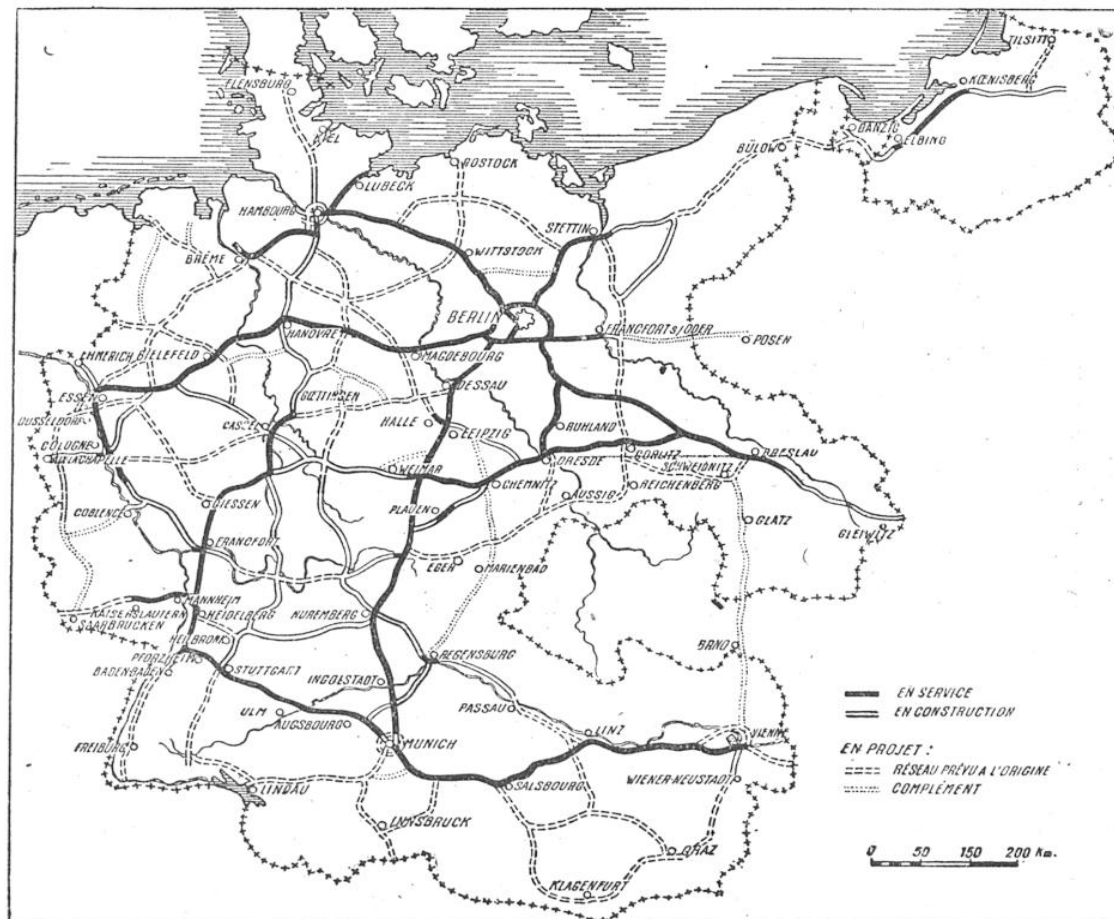


FIG. 2. — LES AUTOSTRADES EN ALLEMAGNE

La longueur totale du réseau est de 13 000 km. Au 1<sup>er</sup> juillet 1939, 3 077 km étaient en service et 2 095 km en construction.

### Les autostrades en Allemagne

La construction d'un réseau complet fut une des tâches fondamentales que s'était assigné le gouvernement national-socialiste à son arrivée au pouvoir en 1933. Dès son entrée en fonctions, le Dr Todt, inspecteur général des routes, établit un projet de 6 000 à 7 000 km, qui devait être réalisé en six ans, et qui le fut en partie.

En 1933, le nombre total des voitures en circulation atteignait 788 000 véhicules (à la même époque il était en France de 1 855 000) et en 1938 il était de 1 945 000 (2 269 000 en France). On constate donc un accroissement beaucoup plus grand en Allemagne que dans notre pays, accroissement d'ailleurs plus particulièrement marqué si l'on envisage le nombre de véhicules commerciaux.

de celui des chemins de fer. Il est curieux de constater que cet effort dans la construction de voies nouvelles a amené un développement corrélatif des transports routiers; on a pu vérifier en effet que l'autostrade avait favorisé la création d'un trafic nouveau, puisqu'en 1937, les proportions précédentes passaient de 1/18 à 1/13 et de 1/3 à 2/3.

En 1932, donc avant la mise en chantier du programme de construction, les transports routiers étaient dans l'ensemble beaucoup moins importants que les transports par chemins de fer. Malgré cette situation de fait, l'Allemagne n'a pas hésité à mettre en œuvre un vaste réseau d'autostrades.

L'argument invoqué était avant tout d'ordre social. En 1933, l'économie allemande subissait une crise grave; le nombre des chômeurs dépassait



sait 5 millions; il fallait donc trouver un remède rapide et énergique : un programme de construction de routes s'échelonnant sur plusieurs années devait donner du travail à un grand nombre d'usines et réintégrer des centaines de milliers de travailleurs dans le circuit de la production.

Il y avait aussi des arguments d'ordre économique : l'Allemagne espérait un grand développement du trafic intérieur et une répartition plus équitable des marchés.

Enfin, d'autres arguments d'ordre extra-économique entraient certainement en jeu.

Tout fut mis en œuvre pour mener rapidement l'exécution des travaux; les techniques les plus modernes furent utilisées et les résultats obtenus furent dans l'ensemble satisfaisants.

Dès septembre 1933, le premier coup de pioche était donné au premier tronçon allant de Francfort à Darmstadt. En septembre 1936, le millième kilomètre d'autostrades était achevé.

Le 1<sup>er</sup> juillet 1937, 1 380 km étaient construits. En décembre 1938, 3 000 km d'autostrades étaient ouvertes à la circulation, et au 1<sup>er</sup> juillet 1939, 3 100 km étaient en service et 2 100 km en construction.

Le réseau s'était étendu, avant la guerre, à Autriche et à la partie nord de la Tchécoslovaquie. Le tracé général des autostrades peut être ramené aux grands itinéraires suivants :

*Trois transversales Ouest-Est :*

- Aix-Cologne-Berlin-Francfort-sur-Oder vers la Pologne;
- Sarrebruck - Mannheim - Francfort - Weimar - Dresde, Breslau, vers la Pologne et la Tchécoslovaquie;
- Sarrebruck - Stuttgart - Ulm - Munich-Salzburg et Vienne.

*Une diagonale passant par Hambourg-Berlin et Breslau.*

*Deux transversales :*

- Hambourg-Francfort-Bâle vers Milan;
- Tilsitt - Königsberg - Danzig - Stettin-Berlin-Leipzig-Nuremberg-Munich.

*En projet, nous trouverons encore :*

- Trois autres transversales Ouest-Est :*
- Cologne-Cassel-Dessau;
- Coblenz-Francfort-Eger-Reichenberg;
- Heidelberg-Nuremberg.

*Deux autres diagonales :*

- Brême-Leipzig-Dresde;
- Frontière hollandaise-Bielefeld-Nuremberg-Graz.

*Enfin quatre voies complémentaires Nord-Sud :*

- Cassel-Stuttgart;
- Hambourg-Nuremberg;
- Leipzig-Regensburg;
- Stettin-Reichenberg.

A cette liste, il convient d'ajouter les projets prévus par l'Autriche et la Tchécoslovaquie. Pour l'Autriche, trois autostrades étaient prévues, d'une longueur totale de 1 000 km :

- Salzbourg-Linz-Vienne, permettant la communication entre Londres et Istanbul;
- Wien-Neustadt-Salzburg, avec bifurcation sur Graz;

— Vallée de l'Inn-Kufstein-Innsbruck, se soudant à l'autostrade Munich-Salzburg.

Le financement des autostrades était le même que celui des grands travaux; il fut rendu possible par la création d'un certain nombre d'organismes qui, apparus sous le gouvernement von Papen, devaient prendre une ampleur extraordinaire sous le régime national-socialiste.

La Société allemande pour les Travaux publics fut la Deutsche Gesellschaft für öffentliche Arbeiten (O.F.F.A.) qui avait été fondée en 1930.

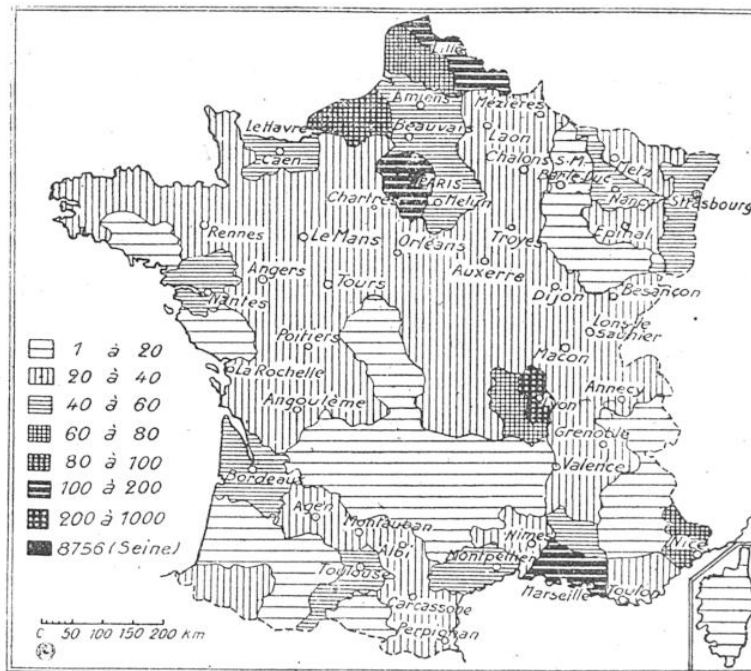


FIG. 3. — LA DENSITÉ AUTOMOBILE EN FRANCE EN 1938 (LES CHIFFRES INDIQUENT LE NOMBRE D'AUTOMOBILES EN CIRCULATION PAR 10 KM<sup>2</sup>)

D'autres organismes spécialisés, à caractère public ou semi-public, furent également créés.

En 1932, un Commissariat du Reich aux Travaux publics fut institué et confié au Dr Gereke. Le financement des travaux reposait essentiellement sur la création des *traites du travail*; le principe était le suivant : une des sociétés ouvrait au Reich un certain crédit; les fournisseurs de l'Etat tiraient des traites sur cette société qui les acceptait et les faisait endosser par la collectivité intéressée. Puis, par différents procédés, dans le détail desquels nous ne pouvons entrer, ce crédit à court terme était transformé en crédit à moyen terme.

Approximativement, chaque kilomètre d'autostrade construit revenait en moyenne à cinq cent mille marks; aucun péage n'était perçu.

En 1940, dès l'achèvement de la conquête de la Pologne, les Allemands commencèrent les travaux pour prolonger l'autostrade de Berlin-Breslau jusqu'à Cracovie. A travers le corridor polonais, la voie Berlin-Königsberg fut commencée dès le début de 1940 et l'autostrade Berlin-Francfort-sur-Oder devait être prolongée vers Posen et Lodz. Un plan même avait été



préparé pour une autostrade reliant Berlin et Moscou!

Signalons enfin, parmi les projets créés depuis la guerre, celui de la construction d'une autostrade à travers le protectorat de Bohême-Moravie entre Prague et la frontière slovaque.

### Les autoroutes en France

Si l'on compare, pour les différents pays, la longueur de leur réseau routier avec leur super-

ficie, on constate que la France vient en tête du classement avec 115 km pour 100 km<sup>2</sup>; ce chiffre est double de celui que l'on obtient pour l'Italie et triple de celui correspondant à l'Allemagne.

En France, il circulait, en 1936, 2 269 000 véhicules; la longueur du réseau routier était environ de 631 000 km; il existait donc dans notre pays 3,5 voitures par kilomètre de route; le chiffre est de 9 pour l'Allemagne et pour l'Angleterre, et de 2,2 pour l'Italie.

Il est intéressant de préciser quel était la répartition des voitures automobiles sur notre territoire. La carte de la figure 3 montre qu'à la veille de la guerre, le plus grand nombre de véhicules se trouvait dans la région parisienne, dans le Nord, dans la région lyonnaise, dans la région marseillaise.

Si l'on considère maintenant le classement des départements d'après l'importance du tonnage quotidien par kilomètre, on obtient la carte de la figure 4. Ce tonnage est particulièrement important dans les régions précédentes. Ces résultats sont intéressants; ils mon-

trèrent qu'il existait un trafic à courte distance prépondérant dans le nord, autour de Paris, et dans les régions de Lyon et de Marseille.

Il ne semblerait donc pas, *a priori*, que la construction d'autoroutes à grande distance fût, dans notre pays, d'un intérêt immédiat; il est possible toutefois que la construction de telles voies soit susceptible de créer un trafic nouveau, comme le phénomène a été observé en Allemagne.

Jusqu'ici, les réalisations françaises sont insignifiantes; une cinquantaine de kilomètres sont actuellement achevés; les autoroutes doivent permettre le dégagement de Paris, de Marseille et de Lyon.

#### Région parisienne :

L'autoroute Ouest de Paris a une longueur de 31 km; elle part de la Porte de Saint-Cloud pour se diviser à Rocquencourt en deux tronçons, l'un se raccordant à la route de Normandie n° 190, l'autre rejoignant la route nationale n° 10.

Les travaux ont été pratiquement terminés en 1942.

#### Région marseillaise :

L'autoroute Nord a une longueur totale de 25 km; le tronc commun se divise à Notre-Dame Limite, se raccordant aux routes nationales n° 8 et 538. L'autoroute Est a 18 km environ. Les travaux de l'autoroute Nord ont été commencés en 1941.

#### Région lyonnaise :

L'autoroute Nord, à sens unique (il existe deux autoroutes à sens unique ayant une longueur totale de 14 km), est terminée; les travaux de l'autoroute à double sens (d'une longueur de 4 km environ) ne sont pas commencés.

Faudra-t-il, après la guerre, construire dans notre pays un réseau d'autoroutes comparable au réseau allemand? Il est certain qu'il faudra tenir compte de nos possibilités financières, et tout porte à croire que les crédits dont nous disposerons seront limités.

Devra-t-on les utiliser pour remettre en état les routes existantes ou devra-t-on entreprendre la construction de voies nouvelles?

Ces questions ont été maintes fois débattues et ont fait l'objet de nombreuses polémiques.

Il semble que la politique à adopter, tout au moins dans les années qui suivront la guerre, soit, en premier lieu, la création des autoroutes pour le dégagement de la circulation aux abords des grandes villes.

Le prix de revient du kilomètre d'autoroute est de l'ordre de 15 à 20 millions; les dépenses à investir pour doter la France d'un vaste réseau paraissent être trop élevées pour que l'on puisse envisager sa création immédiatement après la signature de la paix.

Dans certains cas néanmoins, là où par suite d'événements de guerre le réseau existant aura été trop détérioré, la construction de ces voies nouvelles pourra être envisagée même sur une assez longue distance.

Comment s'effectuera le financement des travaux? L'expérience italienne montre qu'il ne

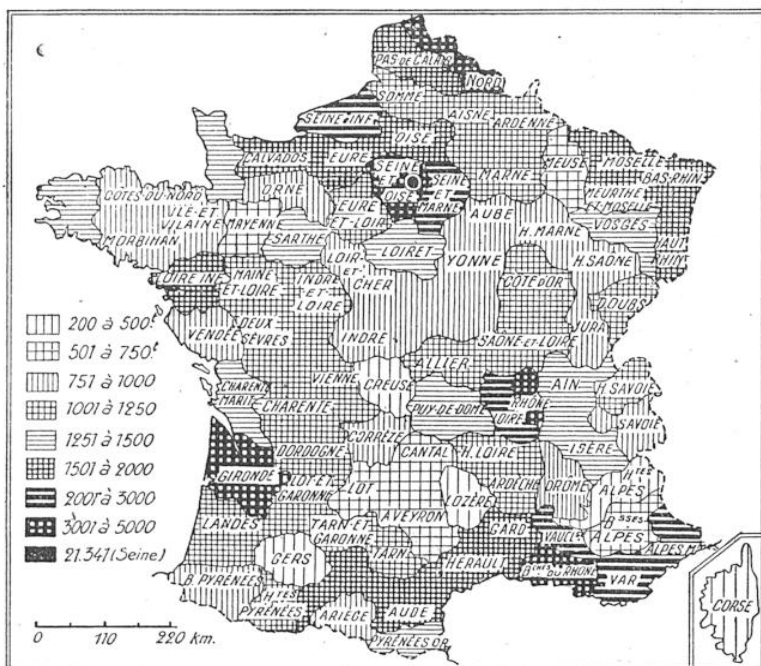


FIG. 4. — CLASSEMENT DES DÉPARTEMENTS FRANÇAIS D'APRÈS L'IMPORTANCE DU TONNAGE QUOTIDIEN PAR KILOMÈTRE DE ROUTE (EN 1938)

ficie, on constate que la France vient en tête du classement avec 115 km pour 100 km<sup>2</sup>; ce chiffre est double de celui que l'on obtient pour l'Italie et triple de celui correspondant à l'Allemagne.

En France, il circulait, en 1936, 2 269 000 véhicules; la longueur du réseau routier était environ de 631 000 km; il existait donc dans notre pays 3,5 voitures par kilomètre de route; le chiffre est de 9 pour l'Allemagne et pour l'Angleterre, et de 2,2 pour l'Italie.

Il est intéressant de préciser quel était la répartition des voitures automobiles sur notre territoire.

La carte de la figure 3 montre qu'à la veille de la guerre, le plus grand nombre de véhicules se trouvait dans la région parisienne, dans le Nord, dans la région lyonnaise, dans la région marseillaise.

Si l'on considère maintenant le classement des départements d'après l'importance du tonnage moyen quotidien par kilomètre, on obtient la carte de la figure 4. Ce tonnage est particulièrement important dans les régions précédentes. Ces résultats sont intéressants; ils mon-



peut être question de faire appel aux capitaux privés, mais que le financement doit être assuré uniquement par l'Etat. L'entretien peut, dans une certaine mesure, être couvert par la perception de péages.

Pour un avenir plus lointain, on peut imaginer pour la France un réseau complet d'autoroutes. Le projet Pigelet-Lainé est bien connu. La carte de la figure 5 montre qu'elle serait l'envergure des travaux à exécuter; la longueur totale des voies dépasse en effet 9 000 km. Il existe d'ailleurs différents autres projets: celui de la Délégation de l'Équipement national est le plus modeste; les autoroutes envisagées, d'une longueur totale de 5 000 km, relient Lille, Strasbourg, Paris, Lyon, Toulouse et les raccordent à nos grands ports et aux réalisations allemandes et italiennes.

Néanmoins, il ne faut pas perdre de vue que la construction de ces autoroutes ne se justifiera que si le bilan de chacune d'elles laisse un certain actif. Il faut évidemment que le total des avantages et des économies qu'elles permettront de réaliser, compte tenu des bénéfices indirects, dépasse le total des dépenses de construction et d'entretien qu'elles impliqueront. Les autoroutes ne doivent pas être une fin en soi; il serait insensé de construire de telles voies uniquement pour avoir un beau réseau d'autoroutes. Ce serait un luxe non seulement coûteux, mais dangereux pour l'économie du pays.

Les transports, en effet, doivent être au service de l'économie; ils doivent s'adapter à ses besoins, c'est là le premier problème. Le second problème est celui de la répartition du trafic entre les moyens de transports; la coordination des transports ne doit pas être une technique conservatrice, cristallisant les transports à un stade déterminé et empêchant tout nouveau progrès. Il convient avant tout de réaliser un équilibre entre transports routiers et transports ferroviaires d'une part, et transports sur autostrades et transports sur routes d'autre part; la construction d'un réseau d'autoroutes ne signifie d'ailleurs nullement qu'on abandonne le réseau des routes ordinaires, les unes devant être considérées comme les affluents et les débouchés des autres.

## Les autres pays d'Europe

### Belgique.

En 1938, il circulait 227 000 voitures sur les routes de Belgique; la longueur du réseau routier était d'environ 30 000 km. Les routes étaient, d'une façon générale, en très bon état, mais il n'existait pas à proprement parler d'autoroutes.

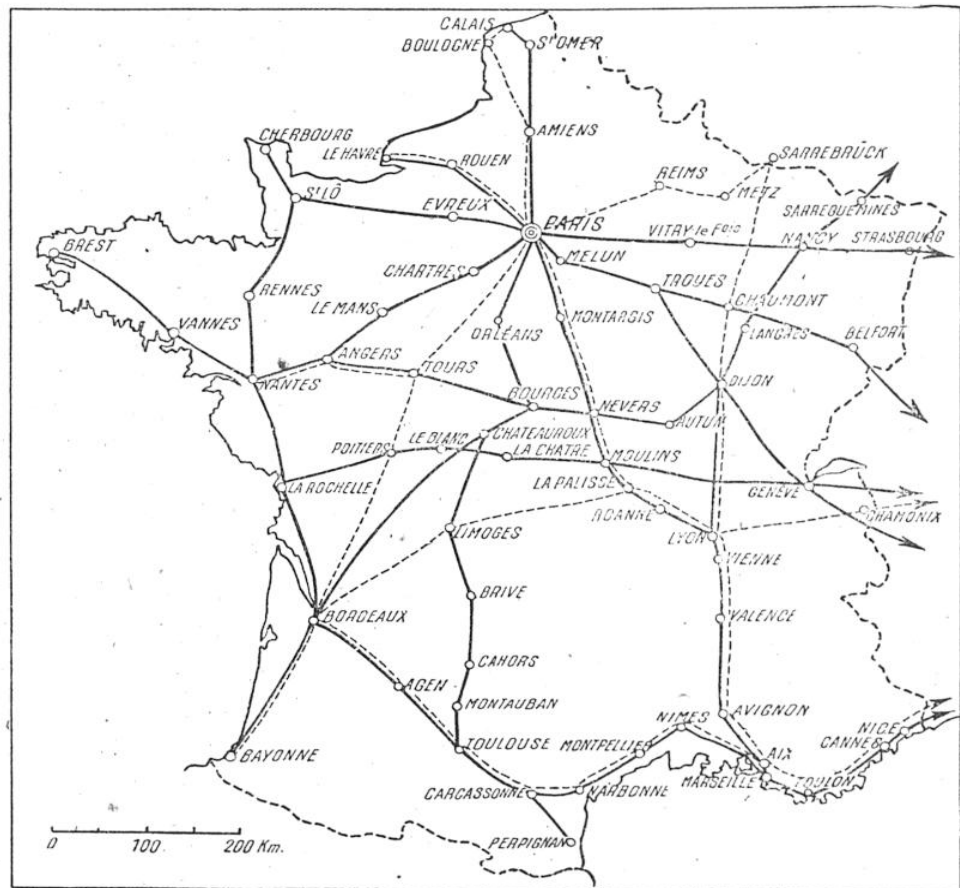


FIG. 5. — LES PROJETS D'AVENIR D'AUTOROUTES POUR LA FRANCE

Le tracé en trait plein indique l'allure générale des autoroutes du projet Pigelet-Lainé; la longueur totale de ce réseau dépasse 9 000 km. Le tracé en pointillé schématise les autoroutes du plan établi par la Délégation à l'Équipement national; la longueur du réseau est de 5 000 km environ.

En 1941, il avait été question de relier Ostende et Bruxelles par une autoroute; les travaux devaient commencer immédiatement par le tronçon Ostende-Gand.

### Hollande.

La longueur du réseau routier était, en 1938, de 26 000 km et le nombre de voitures en circulation était pour cette même année de 154 000 véhicules.

L'autoroute Amsterdam-La Haye (une cinquantaine de kilomètres) comprend, de Amsterdam à Leyde, une chaussée à quatre pistes et deux pistes de Leyde à La Haye (15 km).

L'autoroute de La Haye à Rotterdam (25 km) présente des profils en travers différents tantôt



à quatre pistes, et tantôt à deux pistes de Leyde à La Haye.

La ville de La Haye a été contournée, mais il a été nécessaire de passer par Rotterdam pour assurer le transit avec Anvers et Bruxelles; cependant, grâce à la création d'un tunnel sous la Meuse, la ville n'est pas trop encombrée par ce trafic de transit.

D'autres projets doivent être réalisés après la guerre :

- Rotterdam-Gouda-Utrecht;
- Rotterdam-Dordrecht-Breda;
- Amsterdam-Utrecht-Breda.

De plus, la première de ces autoroutes doit être prolongée jusqu'à Arnhem de façon à pouvoir se raccorder avec l'autostrade allemande Cologne-Emmerich.

En mars 1941, la radio allemande annonçait la construction de cette autoroute qui doit relier

l'on peut espérer de leur construction, tant dans le domaine social que dans le domaine purement économique. Ces projets d'autoroutes jouissent d'une certaine faveur dans le pays et tout laisse supposer que ces voies nouvelles auront un grand essor dans un avenir prochain.

Sir William Rootes affirme qu'aucun progrès ne peut être réalisé sans la création d'un système de routes à haut rendement. M. Noel Baker, secrétaire parlementaire des Transports de Guerre, estime que l'économie de temps réalisée par la mise en service de ces voies sera de l'ordre de 25 millions de livres par an.

Actuellement, en Angleterre, plus de 1 400 autorités diverses s'occupent de questions routières; la mise en exécution de ce programme aurait donc, entre autres, l'avantage d'une unification certaine.

Rien néanmoins ne semble avoir été fixé en

|                  | LONGUEUR<br>du réseau routier<br>(en km) | SUPERFICIE<br>du pays<br>(en km <sup>2</sup> ) | NOMBRE<br>de voitures<br>en circulation<br>en 1938 | NOMBRE<br>de kilomètres<br>de routes<br>par 100 km <sup>2</sup> | NOMBRE<br>de voitures<br>par km<br>de routes |
|------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Etats-Unis.....  | 4 878 000                                | 9 383 000                                      | 29 212 000                                         | 52                                                              | 6,4                                          |
| Grande-Bretagne. | 284 500                                  | 314 000                                        | 2 542 000                                          | 90                                                              | 9                                            |
| Allemagne.....   | 214 000                                  | 536 000                                        | 1 707 000                                          | 39                                                              | 9                                            |
| France.....      | 631 000                                  | 551 000                                        | 2 269 000                                          | 115                                                             | 3,5                                          |
| Italie.....      | 180 000                                  | 312 000                                        | 395 000                                            | 57                                                              | 2,2                                          |
| Belgique.....    | 30 000                                   | 30 500                                         | 227 000                                            | 98                                                              | 7,5                                          |
| Suisse.....      | 14 000                                   | 41 300                                         | 95 000                                             | 34                                                              | 6,3                                          |
| Hollande.....    | 26 000                                   | 34 200                                         | 154 000                                            | 73                                                              | 6                                            |

TABLEAU 1. — SUPERFICIE DES PAYS ET NOMBRE DE VOITURES EN CIRCULATION COMPARÉS A LA LONGUEUR DU RÉSEAU ROUTIER

Si nous comparons dans les différents pays la longueur du réseau routier avec la superficie, on constate que la France est dotée d'un réseau routier assez dense puisqu'elle arrive en tête du classement. Au point de vue du nombre de voitures en circulation, la France, en 1938, occupait la troisième place dans le monde; l'importance de son réseau routier explique pourquoi le nombre de voitures par kilomètre de routes est relativement peu élevé : il est 2,5 fois moins important qu'en Grande-Bretagne et qu'en Amérique.

La Haye à la frontière allemande. Les travaux ne purent, par suite des événements, être poursuivis.

#### Angleterre.

L'Angleterre possède un réseau routier de 284 000 km environ. Les routes sont en excellent état; depuis une quarantaine d'années, leur accroissement a été très peu important; ce réseau routier apparaissait, ces dernières années, très insuffisant pour assurer l'écoulement du trafic qui était supérieur à celui existant en France (2 542 000 véhicules).

Déjà en 1900, le Premier Lord de l'Echiquier, Lord Balfour, avait eu l'idée (bien qu'à cette époque la circulation des véhicules fût négligeable) d'un réseau exclusivement réservé aux automobiles.

Dans ce domaine pourtant, rien n'a été fait jusqu'ici. De nombreux projets sont actuellement à l'étude : le projet de « *Institution of Municipal and County Engineers* » prévoit la construction de 1 000 milles de voies nouvelles; celui de « *Institution of Highways Engineers* » la construction de 3 000 milles d'autoroutes; le projet retenu doit être mis à exécution dès la fin des hostilités.

En décembre 1943, la *British Road Federation* a inauguré à Londres une exposition sur les autoroutes tendant à montrer les avantages que

ce qui concerne le financement des travaux qui, selon certains, doivent s'échelonner sur une trentaine d'années si on envisage d'exécuter un programme complet correspondant aux besoins du trafic de l'après-guerre.

Dans les autres pays, rien n'a été fait jusqu'ici. La Suisse, pays montagneux, se prête peu à la construction d'autoroutes dont l'une des caractéristiques essentielles est d'avoir une faible pente et des alignements droits au maximum.

On possède peu de renseignements sur la Russie; il est probable que le réseau routier de ce pays n'est pas aussi mauvais qu'on a bien voulu le dire; tout le monde connaît actuellement l'autostrade allant de Minsk à Smolensk par Orcha, qui a eu plusieurs fois les honneurs du communiqué.

#### Les autoroutes internationales

Certains projets envisagent de relier par autoroute l'Europe à l'Asie et à l'Afrique.

Le plus vaste projet, un peu fantaisiste d'ailleurs, prévoit six lignes internationales; il pourrait être réalisé avant la fin du siècle et « ressusciterait les voies historiques des invasions et pistes millénaires frayées par les caravanes du sel, du thé et de la soie ».

La première de ces lignes doit être la Trans-



européenne, allant de Brest pour finir à Vladivostock, en passant par Paris, Bruxelles, Berlin, Varsovie et Moscou;

La deuxième doit être la circumméditerranéenne : Marseille, l'Espagne, le Maroc, l'Algérie, l'Egypte, la Syrie, l'Asie Mineure, les Balkans, l'Italie du Nord;

La troisième, l'Eurasiatique, partirait de Glasgow et arriverait aux Indes en passant par des tunnels sous la Manche, sous le Mont-Blanc et sous le Bosphore; elle laisserait, à gauche, l'autoroute vers Pékin et Shanghai et suivrait la route de la soie pour rejoindre Saïgon par les Indes.

Trois autres autoroutes joignant l'Europe et l'Afrique et nommées les Eurafraïnes étaient projetées : l'une partant de l'Angleterre, passant par Paris et Irun et arrivant en Afrique par le tunnel de Gibraltar; elle devait doubler le Transsaharien à partir de Fez jusqu'au Cap; l'autre, débutant au Cap Nord, empruntant un ferry-boat à Malmö (Suède), avec une branche allant en Italie jusqu'à Brindisi et en Egypte, l'autre passant par le Bosphore et la Syrie et allant rejoindre la précédente au Caire, avant de gagner le Cap par la vallée du Nil.

On a vu mieux encore et la presse nous propo-

sait il y a peu de temps le même « plan mondial » avec des routes allant de Londres et Paris à Saïgon, Vladivostock, Shanghai et le Cap de Bonne-Espérance, ces routes devant être transformées en voies gigantesques sur lesquelles circuleraient des trains-camions de 500 tonnes!

La route sera-t-elle vraiment le canal de la circulation essentielle après la guerre?

Une réponse catégorique est bien difficile.

Des esprits critiques pourraient cependant objecter que l'autoroute n'est pas un stage obligatoire dans le développement de la circulation des différents pays; l'avion remplacera peut-être bientôt l'automobile et alors l'autoroute ne pouvant rendre les mêmes services que les chemins de fer, se trouvera sans utilité économique essentielle. L'avion, très rapidement, pourra peut-être rendre les mêmes services que l'automobile en ce qui concerne le volume et le poids des marchandises, ainsi que le nombre de voyageurs; de plus, il a cet avantage de n'être pas canalisé dans son parcours, et il ne nécessitera pas des frais aussi considérables d'établissement et d'entretien pour les aérodrômes que l'automobile pour ses autoroutes.

Philippe REINE.

## LES A COTÉ DE LA SCIENCE

### INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

#### La courge, plante oléagineuse

L'INTERRUPTION des relations commerciales entre l'Europe et le reste du monde a mis à l'ordre du jour la recherche de plantes oléagineuses à haut rendement pouvant être cultivées à grande échelle sous nos climats. Parmi celles proposées, l'une des plus intéressantes semble être la « courge ». Cette plante, qui était entourée jusqu'ici d'un mépris injustifié, donne en effet des graines presque aussi riches en matières grasses que l'amande ou la noisette (tableau 1). Les graines de courge sont d'ailleurs couramment consommées, grillées, dans de nombreuses régions. Comme plante oléagineuse, la courge donne un rendement qui n'est dépassé que par celui du colza d'hiver (tableau II). De plus, et à la différence de toutes les autres plantes oléagineuses, la courge lais-

se un sous-produit de très grande valeur, constitué par la pulpe — qui était jusqu'ici considérée comme le produit principal. La pulpe de cour-

ge (tableau III). Elle peut même être utilisée en confiserie, confiserie, etc...

L'extraction de l'huile de graines de courge est déjà

|                          | Graines<br>de courge | Amandes | Noisettes |
|--------------------------|----------------------|---------|-----------|
| Matières grasses.....    | 47,5                 | 53      | 66,5      |
| Protéines.....           | 20                   | 21,5    | 15,5      |
| Extractif non azoté..... | 13                   | 13      | 4         |
| Eau.....                 | 7                    | 6,5     | 4         |
| Matières minérales.....  | 8,5                  | 3,5     | 6,5       |
| Fibre.....               | 4                    | 3,5     | 3,5       |

TABEAU 1. — COMPOSITION CENTÉSIMALE COMPARÉE DE GRAINES DE COURGE, D'AMANDES ET DE NOISETTES

se, très riche en hydrates de carbone et en protéines (1), fournit en effet un fourrage de composition équivalente à celle de la betterave fourragère, tout en présentant sur celle-ci l'avantage d'une production à l'hectare bien plus considé-

(1) Voir : « Les protéines, éléments de base de la matière vivante et la chimie de la vie » (*Science et Vie*, n° 312, août 1943 page 77).

largement pratiquée en Europe orientale, spécialement dans les pays balkaniques et en Ukraine. On sèche d'abord les graines au four de boulangerie, puis on les écosse dans des machines spéciales et on les réduit en une pâte dont l'huile s'extraît par pression à chaud. La couleur de l'huile brute est vert-brun par transparence, rouge par réflexion. Elle devient jaune clair après



|                    | Production<br>de graines<br>(Qx par ha) | Pourcentage<br>d'huile | Production<br>d'huile<br>(Qx par ha) |
|--------------------|-----------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Colza d'hiver..... | 19,8                                    | 37,4                   | 7,4                                  |
| Courge .....       | 14,4                                    | 47 »                   | 6,8                                  |
| Tournesol .....    | 20 »                                    | 32 »                   | 6,4                                  |
| Colza d'été .....  | 14,2                                    | 43,2                   | 6,1                                  |
| Pavot.....         | 13,2                                    | 39,8                   | 5,2                                  |
| Lin .....          | 12,5                                    | 34,8                   | 4,3                                  |
| Soga.....          | 16,4                                    | 18 »                   | 2,5                                  |
| Carthame .....     | 15 »                                    | 22 »                   | 3,3                                  |

TABLEAU II. — RENDEMENTS COMPARÉS, EN GRAINES ET EN HUILE, DE DIVERSES PLANTES OLÉAGINEUSES

raffinage. Les constantes physiques et chimiques de cette huile sont sensiblement les mêmes que celles de l'huile d'olive, exception faite pour l'indice d'iode (1). Le tourteau résiduel trouve

mettent d'utiliser les terres haussées libres par les cultures de printemps et d'été.

Des essais de culture extensive de la courge ont été menés avec succès à Milan par le professeur Parisi, ce

|                         | Pulpe<br>de courge | Betterave<br>fourragère |
|-------------------------|--------------------|-------------------------|
| Eau.....                | 91,3               | 89 »                    |
| Matières grasses.....   | 0,6                | 0,2                     |
| Protéines.....          | 1,1                | 1,2                     |
| Sucres.....             | 3,3                | 4 »                     |
| Fibres.....             | 1,5                | 0,9                     |
| Matières minérales..... | 2,2                | 4,7                     |

TABLEAU III. — COMPOSITION CENTÉSIMALE COMPARÉE DE LA PULPE DE COURGE ET DE BETTERAVE FOURRAGÈRE

un très large emploi en pâtisserie en remplacement de la pâte d'amandes.

De nombreuses variétés de courge sont susceptibles d'être cultivées en Europe. Elles donnent des rendements en graines variant entre 0,6 et 3,4 % du poids des fruits, en moyenne 1,6 %. La culture de la courge est extrêmement simple : on enfonce quelques graines dans des trous remplis de terreau et que l'on couvre de terre fine. La courge peut être associée avec le maïs ou d'autres céréales; elle protège alors le sol d'une évaporation trop rapide après la moisson. Enfin, les variétés précoces de la courge per-

(1) Les huiles renferment dans leur formule un certain nombre de liaisons non saturées sur lesquelles l'oxygène de l'air vient se fixer, modifiant leur viscosité. On peut doser les liaisons non saturées en leur faisant fixer de l'iode. La quantité d'iode fixée par un poids donné (100 g) de l'huile est l'indice d'iode, qui est évidemment nul pour les corps gras saturés.

qui donne tout lieu de penser qu'il pourrait en être de même en France.

### Nouvelles applications du tantale

CERTAINS éléments chimiques auxquels on ne connaissait jusqu'ici que peu d'applications pratiques ont acquis récemment une très grande importance. Tel est, on l'a vu, le cas de l'indium (1). C'est également celui du « tantale », métal qui doit son nom mythologique à la remarquable propriété de son oxyde, dont il est extrêmement difficile d'obtenir les sels, même dans les conditions qui semblent devoir être les plus favorables.

Le tantale est un métal très dur, mais tenace et ductile. De couleur grise et

(1) Voir : « L'Indium » (*Science et Vie*, n° 32, juillet 1944, p. 44).

d'un vif éclat, il est très dense (densité = 17) et a un point de fusion très élevé (2 800° C). Jusqu'aux environs de cette température, il conserve une résistance extraordinaire aux réactifs chimiques, même aux alcalis caustiques et à l'eau régale (1). A l'état compact, le métal ne fait que bleuir à l'air, si on le chauffe modérément (à des températures plus élevées, il s'oxyde profondément). A l'état pulvérulent, par contre, le tantale brûle avec une flamme très vive: porté au rouge, il décompose l'eau. Il possède enfin une grande affinité pour la plupart des métalloïdes.

Le tantale est surtout utilisé à cause de ses propriétés mécaniques spéciales et de sa grande résistance aux agents chimiques. Il remplace le platine dans les instruments de chirurgie et de chirurgie dentaire (pointes de pincettes, canules, aiguilles, etc.), et l'iridium pour les plumes de stylo. Sa résistance à la corrosion le fait employer dans la fabrication des filières pour l'industrie de la rayonne. On l'utilise aussi dans la fabrication des tubes à rayons X (le tungstène l'a supplanté pour les lampes à incandescence). Enfin, les industries d'armement américaines se servent de tantale pour des usages dont le secret, jalousement gardé, nous reste inconnu. Mais, à voir l'empressement avec lequel les Etats-Unis cherchent à s'assurer le contrôle de tous les minerais de tantale, on peut se faire une idée de l'importance que ce métal a acquise.

Dans le but de satisfaire aux besoins sans cesse croissants de l'Amérique, le gouvernement du Congo belge a pris des mesures pour favoriser l'exploitation du minéral. Une organisation spéciale a été fondée, qui soutient toutes les entreprises et supporte leurs pertes éventuelles. L'Afrique est ainsi en voie de rattrapage à l'Australie la première place pour la production mondiale du tantale.

V. RUBOR.

(1) Mélange d'acide azotique et d'acide chlorhydrique qui a la propriété d'attaquer l'or et le platine.



# NUMÉROS DISPONIBLES

NOUS POUVONS FOURNIR A NOS LECTEURS  
LES NUMÉROS SUIVANTS :

42, 43, 44, 45, 72, 73, 74, 77, 80, 81, 82, 83, 84, 86,  
87, 88, 89, 90, 94, 97, 99, 102, 103, 108, 109, 111, 112, 113,  
116, 117, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 131, 133, 149, 151, 152, 153,  
154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 164, 165, 166, 169, 170, 174, 176,  
178, 193, 196, 197, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 209,  
210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 225,  
227, 231, 234, 237, 238, 239, 244, 262, 263, 264, 265, 268, 270, 271,  
272, 273, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 283, 284, 285, 286, 289,  
290, 291, 303, 306, 307, 308, 309, 310, 320, 321, 322, 323, 324, 325,  
326

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

- **10 francs** par exemplaire commandé pour les numéros ordinaires;
- **20 francs** pour les numéros spéciaux : **280, 284.**

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

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

|                                        | <i>France</i>     | <i>Étranger</i>   |
|----------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Envois simplement affranchis . . . . . | <b>110 francs</b> | <b>200 francs</b> |
| Envois recommandés . . . . .           | <b>140 francs</b> | <b>250 francs</b> |



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

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

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



# SCIENCE ET VIE

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



PROVISOIREMENT : 3, Rue d'Alsace-Lorraine, TOULOUSE

IMPR. REGIONALE 59, RUE BAYARD, TOULOUSE 4-CO 31 2658