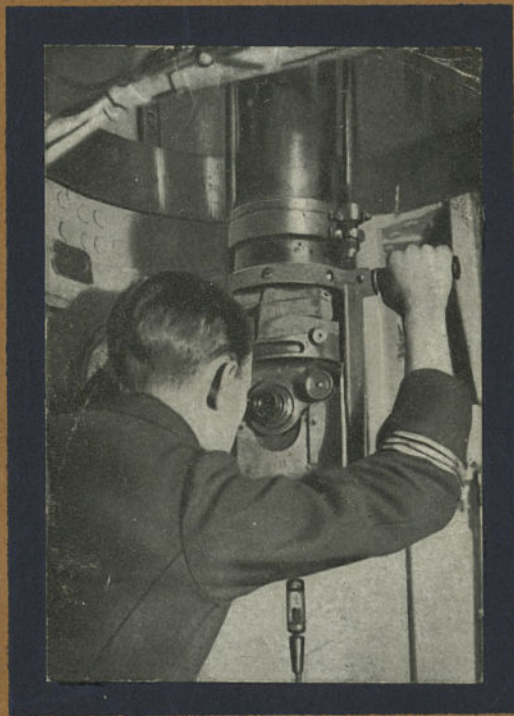


A
BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

G. CLERC-RAMPAL

LES
SOUS-MARINS



1919
LIBRAIRIE HACHETTE

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

~~1998~~ 12/17⁶⁰⁰/23



N-16
R-2

LES
SOUS-MARINS

BMC 46

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

de M. A. BERGET

Professeur à l'Institut Océanographique,

Les Volumes parus sont marqués d'un astérisque.

LA TÉLÉGRAPHIE

SANS FIL*

par M. A. Berget.

LES SOUS-MARINS*

par M. Clerc-Rampal.

LE FOND DE LA MER*

par M. Joubin.

LES INSECTES*

par M. Cautier.

LE CINÉMA*

par M. Ernest Coustet

LE CIEL*

par M. Fouché.

LES CHEMINS DE FER*

par M. Millaud.

LES NAVIRES*

par Clerc-Rampal.

VOLCANS ET
TREMBLEMENTS
DE TERRE

par M. Lemoine.

LES MERVEILLES
DU CORPS HUMAIN

par M. le Docteur Vaucaire.

LES MERVEILLES
DE LA CHIMIE

par M. Matignon.

LES MERVEILLES
DE L'ATMOSPHÈRE

par M. Klein.

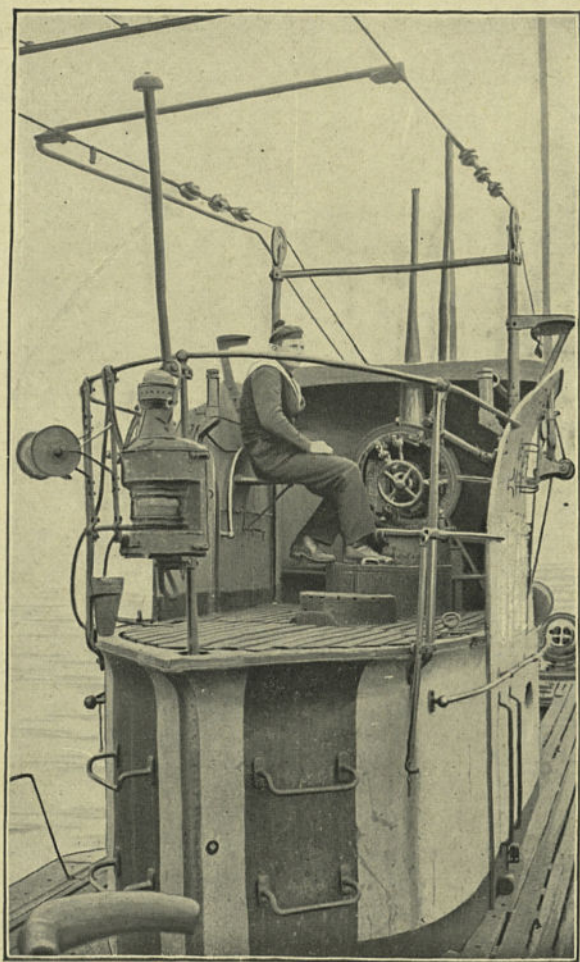
LES AVIONS

par M. J.-A. Lefranc.

LES MOTEURS

par M. H. Petit.

CHAQUE VOLUME ILLUSTRÉ DE 100 GRAVURES ENVIRON



LE SOUS-MARIN EN SURFACE
Poste de navigation à air libre.

N° Bib 3883201-164850

• BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES •

LES SOUS-MARINS

PAR G. CLERC-RAMPAL
Enseigne de Vaisseau de réserve

•
AVEC 88 GRAVURES
•



ONZIÈME MILLE

• LIBRAIRIE HACHETTE •

*Tous droits de traduction, de reproduction
et d'adaptation réservés pour tous pays.*
= Copyright by Librairie Hachette 1919. =

LES
SOUS-MARINS

AVANT-PROPOS

LE XX^e siècle est, incontestablement, le siècle de la Science.

Les récentes découvertes, mises en application au cours des dernières années, ont modifié profondément les conditions mêmes de notre existence. En les utilisant de la façon la plus large, la formidable guerre qui a mis aux prises toutes les nations de l'Europe en a suscité encore le développement au delà de toute prévision.

Aujourd'hui, chacun suit avec un intérêt passionné cet élan merveilleux d'un progrès qui semble ne connaître aucune impossibilité, qui paraît n'être arrêté par aucun obstacle, qui résout, comme en se jouant, les questions les plus difficiles à mesure qu'elles sont posées par les besoins, sans cesse croissants, de la civilisation ou de l'art militaire.

Ce goût pour les réalisations scientifiques est une des grandes caractéristiques des générations actuelles.

AVANT-PROPOS

Mais, en présence des prodiges réalisés par la télégraphie sans fil, par les moteurs nouveaux, par la construction navale, par l'artillerie, par l'aviation, par l'électricité, par la chirurgie; en face des conquêtes troublantes de l'astronomie et de la physique, tout le monde se pose les deux angoissantes questions : « Pourquoi? Comment? » Voir, admirer, c'est bien; mais « comprendre » est pour chacun, à l'heure présente, un besoin impérieux, une nécessité logique et inévitable.

C'est pour répondre à ces questions que la « Bibliothèque des Merveilles » a entrepris la publication de ses volumes illustrés. Elle mettra en lumière, et pour la première fois à la portée de tous, les grandes découvertes de la Science, les grands progrès de l'industrie moderne.

La « Bibliothèque des Merveilles » expose les côtés les plus prodigieux, les plus pittoresques des admirables trouvailles du génie humain, en des récits passionnants qui formeront, dans leur ensemble, un véritable Roman de la Science.



CHAPITRE PREMIER

LES PREMIERS SOUS-MARINS

Historique. || La première attaque sous-marine. || Le premier sous-marin de la flotte française. || Le premier sous-marin allemand. || Le premier sous-marin russe. || Le premier sous-marin français du commandant Bourgeois. || Les sous-marins américains David. || Le premier torpillage par sous-marin. || Le premier sous-marin électrique de Drzewiecki. || Le sous-marin à vapeur Nordenfeldt. || Les sous-marins de Campbell et Waddington. || Le premier sous-marin espagnol de Peral. || Le Goubet. || Le Gymnote, premier sous-marin à plongée correcte. || Le concours français de 1896. || Invention du submersible, le Narval de Laubeuf. || Submersibles et sous-marins. || Sous-marins français modernes. || Le sous-marin d'escadre. || Le sous-marin de l'avenir. || Sous-marins étrangers. || Les sous-marins des États-Unis. || Les sous-marins anglais. || Les sous-marins italiens. || Les sous-marins allemands.

HISTORIQUE. ∅ ∅ Les premiers essais de navigation sous-marine sont fort anciens, et l'on en retrouve la trace jusque chez les Grecs. A vrai dire, il ne s'agissait pas alors de « navigation » réelle, mais plutôt de simples tentatives de plongées exécutées à faibles profondeurs au moyen d'appareils ne se déplaçant pas, ou très peu, dans le sens horizontal. Même réduit à ces proportions modestes, le problème sous-marin nécessite encore des moyens d'action, et surtout d'exécution, que l'industrie des Anciens ne pouvait fournir.

C'est au XVII^e siècle qu'il faut arriver pour rencontrer des expériences plus sérieuses, mais sur lesquelles nous manquons malheureusement de détails précis. On dit qu'en 1624 le Hollandais Cornélius Van Drebbel fit descendre la Tamise au roi Jacques II sur un sous-marin de son invention; mais cet exploit reste fort douteux.

LES SOUS-MARINS

Plus tard vinrent les projets, non réalisés pour la plupart, des Père Mersenne (1644), de San (1653), Borelli (1679), Ciminius (1685), Doligny (1688), Symons (1729) et Dionis (1772). L'un de ces inventeurs, l'Anglais Day, passa à la pratique en 1774, mais pour rester au fond de la mer, à Plymouth, inaugurant ainsi la longue liste des victimes de la navigation sous-marine.

La guerre de l'Indépendan

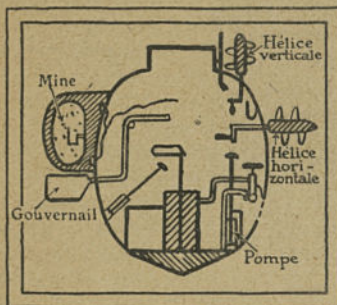


Fig. 1. — La Tortue de Bushnell, 1776.

américaine, à la fin du XVIII^e siècle, vit enfin éclore un type d'appareil submersible assez satisfaisant pour avoir pu effectuer la première attaque connue contre un bâtiment de surface. Il s'agit de la fameuse *Tortue* de Bushnell, qui, par cette création remarquable pour l'époque, a bien mérité le titre de « Père du Sous-Marin » sous lequel il est désigné aux États-Unis.

La *Tortue* avait la forme d'un œuf, avec un diamètre moyen d'environ 2 m. 50. Elle était construite en cuivre et lestée d'une masse de plomb à la partie inférieure. Un homme seul pouvait y prendre place, en pénétrant par le panneau situé au-dessus, qui reposait sur une couronne cylindrique percée de hublots à son pourtour. Une fois à l'intérieur, cet homme refermait l'ouverture d'accès et s'asseyait sur une sorte de siège à pivot placé au centre. Il avait alors à sa portée les appareils suivants, dans lesquels nous retrouvons, en somme, les principaux organes des sous-marins actuels : 1^o une caisse à eau, ou « water-ballast », placée sous ses pieds, avec un tuyau de remplissage venant de la mer ; 2^o deux pompes d'épuisement permettant de vider le water-ballast ; 3^o un manomètre à mercure, communiquant avec la mer et indiquant la pression extérieure et, par suite, la

LES PREMIERS SOUS-MARINS

profondeur atteinte ; 4° une hélice verticale destinée à régler la plongée ; 5° une hélice horizontale propulsive ; 6° un gouvernail de direction. Tous ces instruments étaient mus à bras par l' « équipage ».

L'armement consistait en une mine de 70 kilos de poudre, contenue dans un caisson placé au-dessus du gouvernail. Arrivé sous la carène de l'ennemi, la *Tortue* y fixait cette mine au moyen d'une vis manœuvrée de l'intérieur. L'opération terminée, le sous-marin libérait le caisson qui, plus léger que l'eau, allait se coller aux flancs du bâtiment attaqué. Un mouvement d'horlogerie faisait éclater ensuite l'engin destructeur au bout de quarante à cinquante minutes, laissant ainsi à la *Tortue* la faculté de s'éloigner.

On voit quelle était la manœuvre du bateau de Bushnell. Une fois à l'intérieur, le pilote ouvrait la vanne du water-ballast et y introduisait une quantité d'eau suffisante pour amener la plongée. L'hélice verticale servait à parfaire le réglage de la profondeur, selon les indications du manomètre. La propulsion s'obtenait au moyen de l'hélice horizontale manœuvrée à la main ou avec des pédales, et la direction, donnée par une boussole, se réglait avec le gouvernail, dont la barre venait passer sous le bras de l'opérateur. On ne peut s'empêcher de songer, à propos de celui-ci, au fameux « homme-orchestre » bien connu. C'était même là le plus grave défaut de la *Tortue* qui nécessitait un personnel remarquablement doué et fort difficile à dresser.

LA PREMIÈRE ATTAQUE SOUS-MARINE. ◊ ◊

Laissons à présent Bushnell nous raconter l'attaque tentée au mois d'août 1776 contre la frégate anglaise *Eagle*.

« Après plusieurs tentatives faites pour trouver un opérateur à mon gré, j'en ai rencontré un qui paraissait plus habile que les autres (le sergent Eyra Lie), et l'ai envoyé à New-York, vers un vaisseau de 50 canons qui stationnait près de Governor-Island. Il alla au-dessous du vaisseau et essaya de fixer la vis à bois dans la carène, mais il rencontra une barre de fer passant près du gond du gouvernail. S'il

LES SOUS-MARINS

avait changé de place de quelques pouces seulement, je suis sûr qu'il aurait trouvé du bois pour y fixer sa vis; mais, comme il ne savait pas bien manœuvrer son bateau, en essayant de changer de position il s'éloigna du vaisseau. Après l'avoir cherché inutilement pendant quelque temps, il remonta à la surface de l'eau, mais, le jour paraissant, il n'osa pas renouveler l'essai. A son retour à New-York, il passa près de Governor-Island, et pensant que de l'île l'ennemi l'avait découvert, il abandonna la caisse qui le retardait, car il y avait de la houle. Après une heure, la charge fit explosion avec un grand bruit. »

Deux autres essais eurent lieu dans la Hudson-River, mais également sans résultat ; la force du courant emporta la *Tortue* et son faible propulseur, tandis qu'elle descendait sous l'eau pour chercher la carène de l'ennemi. Le projet fut ensuite abandonné.

Malgré son insuccès, la tentative était encourageante, et cependant Bushnell renonça à poursuivre ses études sous-marines. Il fit de la médecine et acquit une fortune considérable dans l'exercice de cet art.

Quelques inventeurs suivirent l'exemple de Bushnell, mais sans passer à l'exécution de leurs projets. Tels furent, en 1780 Beaugenet et Valmer, puis en 1796 Castera. C'est un autre Américain, le célèbre Fulton, qui devait produire le second sous-marin, le *Nautilus*, présenté par lui en 1796 au gouvernement français.

Tout d'abord le Directoire repoussa les propositions de cet homme de génie, sur l'avis défavorable du ministre de la Marine Pléville-Lepelletier. Mais, l'amiral Bruix ayant pris la direction du département en 1798, Fulton revint à la charge. Une commission d'examen, composée de marins et d'ingénieurs, conclut nettement en faveur du projet, comme le témoignent les passages suivants que nous détachons de son rapport :

« L'arme imaginée par le citoyen Fulton est un moyen de destruction terrible, parce qu'elle agit dans le silence et d'une manière presque inévitable.... Cette arme est sans

LES PREMIERS SOUS-MARINS

doute imparfaite. C'est la première conception d'un homme de génie ; il serait bien imprudent de le hasarder au sortir de son atelier à traverser les mers pour attaquer les vaisseaux anglais dans leurs rades. Il faut que l'inventeur, qui se charge de la manœuvre lui-même, s'exerce avec son équipage, qu'il acquière de la confiance par l'expérience, qu'il perfectionne ses moyens de direction, qu'il fasse des essais.... Ce ne peut être l'affaire d'un jour.... La Commission invite donc le ministre de la Marine à donner au citoyen Fulton l'autorisation et les moyens nécessaires pour exécuter la machine dont il a produit le modèle.... »

Et cette commission, composée, comme on le voit, d'hommes à vues larges et de bon sens, insistait à la fois sur la nécessité d'expériences réitérées et sur le silence nécessaire. Elle préconisait le rejet apparent du projet, et son exécution dans « un mystère impénétrable ».

Si l'on eût écouté ces sages avis, Fulton aurait donné alors à la France une arme redoutable et la longue lutte contre l'Angleterre aurait pu prendre une autre face. Malheureusement, le Directoire persista dans son refus et Fulton, découragé, passa en Hollande, d'où il ne revint que deux ans après, Bonaparte étant alors Premier Consul.

Celui-ci nomma une seconde commission composée de Laplace, Monge et Volney, qui donnèrent encore un avis favorable au *Nautilus*. Cette fois, l'on passa à l'exécution. Fulton reçut la subvention nécessaire à la mise en chantier de son sous-marin, qui fut construit à Paris, dans les ateliers des frères Perrier.

LE PREMIER SOUS-MARIN DE LA FLOTTE FRANÇAISE. ∅ ∅ Ce bâtiment avait une forme allongée, avec un renflement à sa partie antérieure, donnant une silhouette d'ensemble assez rapprochée de celle offerte par certains poissons. La longueur atteignait 6 m. 50 pour un diamètre de 2 mètres.

La plongée s'effectuait, comme dans le bateau de Bushnell, en remplissant des water-ballasts situés dans les fonds. Mais

LES SOUS-MARINS

L'hélice verticale était ici remplacée par deux gouvernails latéraux horizontaux placés à l'arrière, comme sur nos sous-marins modernes.

Il y avait deux appareils de propulsion : en surface, le *Nautilus* déployait une voile grée sur un mât à rabattement; en plongée, l'on utilisait une hélice à deux ailes, actionnée par une roue à bras. La vitesse pouvait être de 3 à 4 nœuds en surface et de 1 à 2 nœuds au plus en plongée¹.

L'armement était constitué par une mine détachable analogue à celle de Bushnell.

L'équipage comprenait trois hommes, et le *Nautilus* possédait un réservoir d'air comprimé à 15 kilogrammes permettant d'assurer le renouvellement de l'air à l'intérieur du bâtiment pendant plusieurs heures.

Après quelques expériences préliminaires, le sous-marin de Fulton descendit la Seine jusqu'au Havre, où eurent lieu les premiers essais à

la mer. Ils furent satisfaisants. Le *Nautilus* séjourna jusqu'à cinq heures sous l'eau, à une profondeur de 7 mètres, avec tout son équipage à bord. Un trajet de 450 mètres fut effectué en plongée, avec retour au point de départ, dans un laps de sept minutes, soit à environ 2 milles à l'heure. Enfin, au mois d'août 1801, un vieux brick fut mouillé en rade, et le *Nautilus* parvint à le faire sauter après avoir exécuté un parcours sous l'eau et réussi à fixer convenablement la mine. Cette expérience constitue

1. La vitesse d'un navire est comptée en *nœuds*, correspondant à autant de *milles marins* de 1852 mètres franchis en une heure. Quatre nœuds font donc une vitesse de 7 kil. 408 mètres à l'heure.

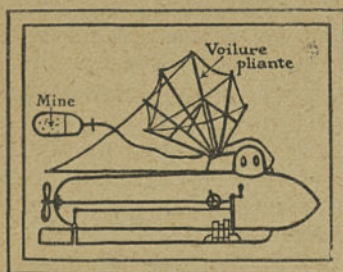


Fig. 2. — Le *Nautilus* de Fulton, 1800.

LES PREMIERS SOUS-MARINS

le premier exemple connu d'une destruction de bâtiment par engin sous-marin.

A la suite de ces expériences remarquables, le bateau de Fulton partit pour Cherbourg. La traversée était trop longue pour le *Nautilus* et le moindre mauvais temps risquait de lui être funeste. C'est ce qui arriva d'ailleurs. Le *Nautilus*, chassé par le vent, fit côte non loin d'Isigny et fut totalement perdu.

Fulton revint alors à Paris et présenta un nouveau projet. Les essais lui avaient révélé les imperfections de son premier sous-marin, et le deuxième était nettement supérieur. L'appui de Monge et de Laplace firent attribuer à l'inventeur américain les subsides nécessaires à la construction d'un autre *Nautilus*, mais la Marine eut la fâcheuse idée de faire exécuter le bateau à Brest, alors bloqué par la flotte anglaise. Dans ces parages difficiles, où règnent des courants violents qui rendent aujourd'hui encore la navigation délicate pour nos sous-marins actuels, l'échec était inévitable. Fulton ne put attaquer la flotte anglaise qui se tenait très au large, et après plusieurs essais infructueux, écœuré par les mauvais procédés de l'amiral Decrès, il quitta la France pour se rendre en Angleterre. Il est fort regrettable que cet homme de génie n'ait pas trouvé chez nous un appui plus efficace.

En Angleterre, le sous-marin de Fulton ne rencontra pas davantage la faveur de l'Amirauté, mais celle-ci avait une excellente raison à donner. Les Anglais, maîtres de la mer avec leurs vaisseaux, n'avaient aucun intérêt à encourager des expériences qui tendaient précisément à leur ravir le sceptre de Neptune. Aussi, s'empresèrent-ils de déclarer inexécutable le projet de Fulton, tout en remettant à l'inventeur une somme de 375 000 francs. Cette subvention ne peut s'expliquer que par une clause interdisant au génial Américain de poursuivre désormais ses travaux. En fait, Fulton cessa, à partir de ce moment, de s'occuper de navigation sous-marine.

Après lui, nous retombons dans la série des projets non exécutés: Hodgman, les frères Coessin, de Montgery, le docteur Payerne, Villeroi. Puis viennent les tentatives suivies

LES SOUS-MARINS

d'accidents : le docteur Petit reste au fond en 1834, l'Espagnol Cervo en 1835, et l'Américain Phillips en 1851. Cette même époque devait cependant voir un notable progrès avec le sous-marin du Bavarois Bauer, construit à Kiel en 1850.

LE PREMIER SOUS-MARIN ALLEMAND. Le *Brandtaucher* (Plongeur incendiaire) de Bauer, officier d'artillerie, déplaçait environ 40 tonnes, avec une longueur de 8 mètres sur 2 m. 40 de large ; il était en tôle et présentait la forme d'un bateau ordinaire complètement ponté. La propulsion était obtenue au moyen d'une hélice mue à bras. La plongée s'obtenait en immergeant d'abord le bateau jusqu'à fleur d'eau par le remplissage des water-ballasts. Une fois rendu à ce point, l'on donnait au bâtiment une inclinaison vers l'avant par le déplacement ; dans le sens de la longueur, d'un gros poids mobile. En mettant alors l'hélice en marche, la vitesse faisait plonger le sous-marin. Nous étudierons plus loin en détail les procédés d'immersion, mais nous pouvons dire qu'avec Bushnell, Fulton et Bauer nous connaissons déjà les trois seules méthodes qui furent jamais employées : l'hélice verticale, le gouvernail horizontal et le poids mobile.

L'entrée du *Plongeur incendiaire* était fermée par un

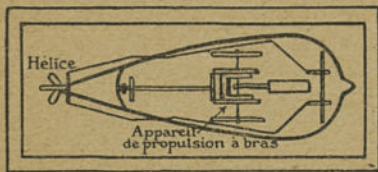


Fig. 3. — *Plongeur incendiaire de Bauer, 1850.*

panneau latéral comportant deux manches en cuir où un opérateur pouvait passer les bras afin de fixer contre la carène ennemie une mine analogue à celle de Bushnell.

Le bâtiment de Bauer manquait de solidité. Le 1^{er} février 1851, dans un essai en rade de Kiel, une voie d'eau se déclara à l'avant. Les pompes d'épuisement, n'ayant pas la puissance voulue, ne purent rejeter le supplément de poids ainsi introduit à

LES PREMIERS SOUS-MARINS

bord et le sous-marin coula par 18 mètres de fond. Il se passa alors entre Bauer et ses deux hommes d'équipage une scène angoissante. L'inventeur voulut faire rentrer un supplément d'eau dans le bâtiment afin d'y comprimer l'air et d'obtenir l'équilibre entre la pression intérieure et la pression extérieure. Cette proposition effraya les matelots, qui se refusèrent à la manœuvre. Bauer employa tour à tour la menace et la persuasion, essayant de démontrer à ses compagnons la raison scientifique de sa proposition. Voit-on tout le tragique de ce débat, poursuivi dans une situation critique, alors que chaque minute était précieuse ? Par surcroît, les sauveteurs, accourus à la surface, essayaient de crocher le sous-marin englouti avec leurs grappins qui choquaient sinistrement le long des flancs et risquaient à tout moment de briser les hublots de verre!... Enfin, Bauer réussit à convaincre son auditoire : l'eau, rentrant en masse, produisit une compression qui permit d'ouvrir les panneaux et chassa au dehors les trois hommes. Tous furent sauvés.

Cette expérience ralentit le zèle des marins allemands et Bauer dut s'expatrier. Il alla d'abord en Autriche, puis en Angleterre où on l'éconduisit tout d'abord, mais en retenant ses plans. Deux constructeurs anglais, Palmerston et Scott-Russell, après le départ de Bauer, voulurent construire un bateau sur les mêmes données, mais les plagiaires furent durement punis, car ils succombèrent dans leur première sortie, avec cinq hommes d'équipage.

LE PREMIER SOUS-MARIN RUSSE. *■ ■* Les États-Unis ayant refusé d'accueillir l'inventeur bavarois, celui-ci se rendit en Russie au moment de la guerre de Crimée. Le gouvernement russe accepta ses propositions et un sous-marin fut mis en chantier dans les ateliers Leuchternberg. Le nouveau bâtiment submersible de Bauer avait 15 m. 80 de longueur, 3 m. 80 de largeur et 3 m. 30 de hauteur. La coque en fer, de 15 millimètres d'épaisseur, était cette fois calculée pour résister à une pression correspondant à 50 mètres d'immersion. Les ballasts étaient constitués par trois caissons

LES SOUS-MARINS

cylindriques séparés, d'une contenance totale de 22 500 litres; un troisième caisson de 1300 litres servait au réglage final de la profondeur. Pour la plongée, Bauer avait combiné le système du poids mobile avec celui des gouvernails horizontaux. Enfin, pour la première fois, l'on voit apparaître les *poids de sécurité*, constitués par 45 tonnes de lest, détachables de l'intérieur, et qui permettaient, en cas de danger, de délester suffisamment le sous-marin pour assurer son retour à la surface.

L'armement était toujours une mine, de 500 kilogrammes, qu'il fallait fixer aux flancs du bâtiment à détruire. Comme on le voit, on ne prévoyait que l'attaque des navires au mouillage. A l'avant du sous-marin existait un *sas* permettant à un plongeur de sortir pendant l'immersion, ou à l'équipage de se sauver dans le cas d'un accident semblable à celui de Kiel.

Bauer nomma son deuxième submersible le *Diable marin*. Il y avait un équipage de 14 hommes, et, chose remarquable, ce bâtiment exécuta 134 plongées sans accident au cours de ses essais. Ce fut la première série continue d'expériences que l'on peut citer dans la navigation sous-marine.

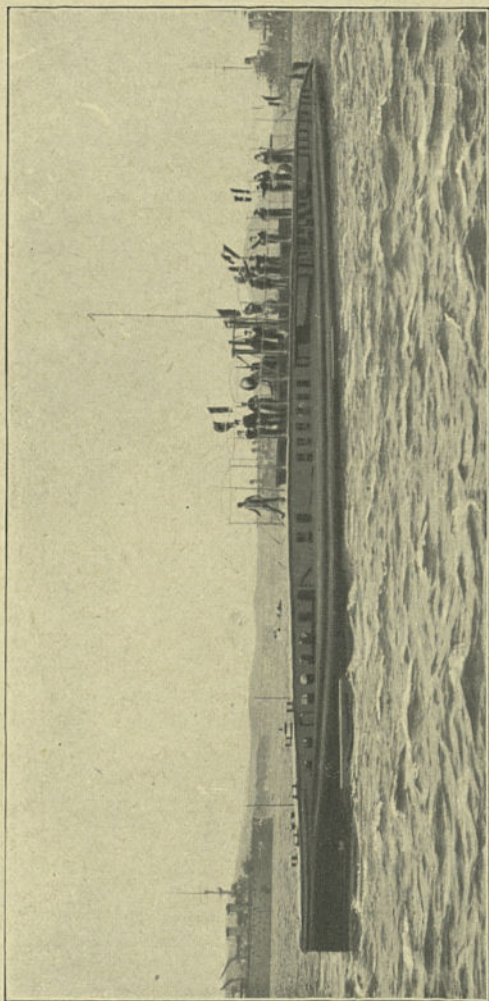
Naturellement, le succès d'un étranger avait soulevé dans la marine russe des jalousies féroces. On demanda à Bauer des résultats de plus en plus difficiles, avec le ferme espoir de le voir enfin échouer. C'est ainsi qu'on lui imposa un jour de passer sous un bâtiment à l'ancre. Bauer accepta, mais il eut le tort grave de ne pas s'assurer au préalable des conditions de l'entreprise. Or, soit par hasard, soit par un odieux calcul, il ne restait entre la quille du navire et le fond qu'une distance de 2 mètres alors que le *Diable marin* présentait plus de 3 mètres de hauteur ! Aussi Bauer s'enfonça dans le sable tandis que l'hélice s'embarrassait dans les algues. Grâce à son poids de sécurité, le sous-marin put ramener l'avant en émergence, et les hommes d'équipage, sortant par le « sas », s'échappèrent.

Ce fut la fin des essais de Bauer en Russie. Il revint en 1858 en Allemagne et essaya vainement de réunir les



LE JOESSEL

Type de sous-marin français du modèle le plus récent.



LE SOUS-MARIN *Le Verrier*
Vue prise aussitôt après son lancement à Toulon.

(Photo Marius Bar.)

LES PREMIERS SOUS-MARINS

fonds nécessaires à la construction d'un nouveau submersible. Il mourut, pauvre et ignoré, en 1875.

Nous retrouvons maintenant toute une série de projets non exécutés, ceux de Deschamps, Conseil, Masson, Van Elven, Beduin, Rion, puis un, dû à Monturiol, dont les expériences préliminaires n'eurent aucun succès.

LE PREMIER SOUS-MARIN FRANÇAIS DU COMMANDANT BOURGOIS. ∅ ∅ C'est en 1860 que la marine française rentra en lice avec le sous-marin du capitaine de vaisseau Bourgois et de l'ingénieur du génie maritime Ch. Brun. Ce bâtiment, nommé *le Plongeur*, fut lancé à Rochefort en avril 1863. C'était un submersible dont les dimensions dépassaient de beaucoup celles des modèles antérieurs que nous avons cités. Il était même trop grand, et ce fut la raison principale de son échec. Le *Plongeur* avait en effet 42 m. 50 de long, 6 mètres de largeur, 3 mètres de hauteur de coque, 4 m. 30 en y comprenant le kiosque de commandement. Le déplacement atteignait 420 tonnes en surface¹.

La principale innovation du *Plongeur* était la substitution d'une force mécanique à l'énergie humaine employée seule jusqu'alors pour la propulsion. Il y avait en effet un moteur à air comprimé qui permettait d'atteindre 5 nœuds en surface et 4 nœuds en plongée. Le réservoir d'air était de 150 mètres cubes sous une pression de 12 atmosphères. Après avoir travaillé dans les cylindres, l'air se dégageait à l'intérieur du bâtiment ; une soupape permettait l'évacuation au dehors lorsque la pression intérieure devenait trop forte.

La coque était divisée en compartiments étanches par cinq cloisons transversales et deux longitudinales. Les ballasts pouvaient recevoir les 33 tonnes d'eau nécessaires à la plongée. Il y avait 212 tonnes de lest, dont 34, formant poids de sécurité, pouvaient être rapidement abandonnées s'il était nécessaire d'assurer l'émersion immédiate. L'équi-

1. Il existe un fort beau modèle du *Plongeur* au musée de marine du Louvre. Ce modèle, sectionné longitudinalement, permet de voir tout l'intérieur du sous-marin.

LES SOUS-MARINS

page de 12 hommes disposait en outre d'un moyen de sauvetage efficace, dont la présence aurait été fort utile dans les types postérieurs. C'était un canot étanche, fixé sur le pont dans un alvéole, et où les hommes pouvaient pénétrer de l'intérieur du bâtiment. En cas de danger, l'équipage entraînait dans le canot, refermait l'ouverture et libérait l'embarca-

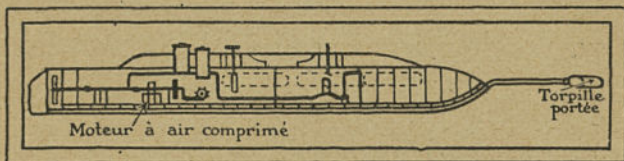


Fig. 4. — *Plongeur de Bourgois et Brun, 1860.*

tion qui remontait rapidement à la surface. Il n'y avait plus alors qu'à ouvrir les panneaux supérieurs pour disposer d'une embarcation analogue à celles des navires ordinaires. Par ce moyen, les hommes étaient assurés de pouvoir quitter le sous-marin à n'importe quelle profondeur, et il est regrettable qu'un semblable dispositif n'ait pas été placé, au début tout au moins, sur nos sous-marins.

Le *Plongeur* avait un armement plus sérieux et plus pratique que les sous-marins antérieurs. Au lieu d'une mine à placer contre la carène des bâtiments, c'était une torpille fixée à l'extrémité d'une hampe de 10 mètres de longueur et devant exploser au choc. On pouvait dès lors concevoir des attaques plus faciles, même contre des navires en marche.

La plongée du submersible de Bourgois et Brun s'obtenait en remplissant les ballasts, puis en agissant avec une hélice verticale et deux gouvernails horizontaux. On voit qu'ici les deux méthodes se trouvaient employées concurremment. Il y en avait également une troisième : de chaque côté du kiosque étaient disposés deux cylindres à l'intérieur desquels se mouvaient des pistons commandés à volonté par l'équipage. En poussant ou retirant ces pistons on faisait varier le volume de la coque et l'on accroissait ou diminuait la

LES PREMIERS SOUS-MARINS

valeur de la poussée de l'eau. Rappelons à ce sujet un principe de physique élémentaire.

On sait que, suivant la loi découverte par Archimède, tout corps plongé dans un fluide — ici l'eau de mer — reçoit de bas en haut une poussée égale *au poids du volume de fluide déplacé par le corps*. Donc, si l'on accroît le volume du sous-marin, il recevra une poussée plus considérable et tendra à remonter, tandis qu'une diminution de volume se traduira par une plongée, le poids du bâtiment restant le même dans les deux cas. C'est d'ailleurs la manœuvre du poisson qui gonfle sa vessie natatoire pour émerger et la vide quand il veut gagner le fond.

En dépit des multiples moyens d'action dont le *Plongeur* était muni, son immersion s'obtenait difficilement, après de longues opérations. Le remplissage des ballasts demandait un temps considérable, ainsi que leur vidange malgré les chasses d'air employées à cet effet par prélèvement sur le réservoir destiné au moteur. Une fois en plongée, le bâtiment manquait absolument de stabilité de route ; tantôt il venait en surface, tantôt il allait jusqu'à toucher le fond. On ne put jamais lui faire suivre une trajectoire rectiligne à une profondeur donnée. Cet insuccès tenait aux trop grandes dimensions adoptées par les constructeurs. Un navire est d'autant plus difficile à manœuvrer que son déplacement est plus considérable, et les sous-marins n'échappent pas, à ce point de vue, à la loi commune. Entre la puissance de la machine, la surface des gouvernails, la dimension de l'hélice verticale, et les résistances de carène du *Plongeur*, il y avait trop de disproportion pour obtenir un résultat satisfaisant. Les conclusions de la commission d'expérience furent que ce bâtiment ne pouvait que se déplacer en demi-plongée, le kiosque à fleur d'eau, ou bien utiliser des fonds propices « pour y glisser en rebondissant ».

Quoi qu'il en soit, le sous-marin de Bourgois et Brun est un bâtiment qui fait époque dans l'histoire de la navigation sous-marine. Il présente en effet des innovations remarquables : emploi d'un moteur en plongée, chasses d'air dans

LES SOUS-MARINS

les water-ballasts, canot de sauvetage, torpille portée. Avec un déplacement plus faible, le *Plongeur* aurait été un instrument de combat utilisable, et peut-être le problème de la stabilité de route en plongée recevait-il dès cette époque une solution satisfaisante.

La guerre de Sécession américaine (1862-1864), si intéressante à étudier au point de vue du matériel naval, apporta une contribution importante à la navigation sous-marine. C'est en effet au cours de ces hostilités que, pour la première fois, un bâtiment de surface fut torpillé et coulé dans une action de guerre par un appareil submersible.

LES SOUS-MARINS AMÉRICAINS « DAVID ».

Les Confédérés, ou « Sudistes », dont la flotte de haut bord se trouvait la plus faible, essayèrent de racheter cette infériorité par l'emploi de sous-marins. Ces bâtiments, qui ont reçu le nom collectif de *David*, appartenaient à un certain nombre de types que l'on peut classer dans les deux catégories suivantes :

1^o Bâtiments de 15 à 20 mètres de longueur sur 2 m. 50 à

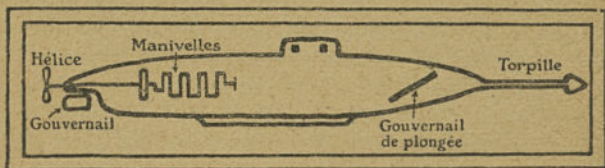


Fig. 5. — *Sous-marins américains David, 1863.*

3 mètres de largeur, en fer, portant une torpille au bout d'une hampe de 8 à 9 mètres de longueur. La propulsion était obtenue par une machine à vapeur et la navigation avait lieu à fleur d'eau. Avant d'attaquer, les ballasts étaient remplis et le *David* n'offrait plus en émergence qu'une faible superstructure de 2 mètres à 3 mètres de longueur. La cheminée se rentrait également à la façon d'une lunette. En somme, ce premier modèle était un « torpilleur à surimmersion » et non un véritable sous-marin.

LES PREMIERS SOUS-MARINS

2° Bâtiments submersibles destinés à de courtes plongées, gouvernails de profondeur placés à l'avant, ce qui constitue une innovation, hélice mue à bras par huit hommes agissant sur des manivelles. Torpille portée au bout d'une hampe.

Tous ces navires ont très mal navigué. Les uns chavirèrent, d'autres restèrent au fond. Un *David* noya successivement trois équipages sans arrêter pour cela le flot des volontaires. Aussi les Sudistes purent employer toute une escadrille sous-marine à la défense de Charleston et gêner ainsi considérablement le blocus établi par les bâtiments fédéraux, ou « Nordistes ».

Quelques attaques sont à citer, notamment celle du 5 octobre 1863, où un *David* du premier modèle parvint, à la faveur de la nuit, à torpiller un navire cuirassé. Malheureusement pour les assaillants, l'explosion se fit dans de mauvaises conditions : le cuirassé n'eut que des avaries peu graves et c'est le torpilleur qui coula, entraînant presque tout son équipage.

LE PREMIER TORPILLAGE PAR SOUS-MARIN.

▯ ▯ D'autres opérations eurent des résultats variables, mais il faut arriver au 17 février 1864 pour voir enfin un torpillage réussi. Le *David* qui se plaça ainsi au premier rang des sous-marins ayant triomphé d'un bâtiment de surface avait été construit à Charleston sur les plans de Hunley, Mac-Clintock et Watson. Il avait 12 m. 50 de longueur, 1 m. 52 de largeur, 1 m. 83 de hauteur et appartenait au deuxième type. Il commença, lui aussi, par amener la mort de son équipage, puis le lieutenant Dickson parvint à manœuvrer suffisamment le sous-marin pour risquer l'attaque de la corvette fédérale *Housatonic*. Laissons maintenant la parole au rapport d'un officier de ce dernier bâtiment :

« Le 17 février, vers 8 h. 45 m. du soir, l'officier de quart, M. I.-K. Crosby, aperçut à environ 100 mètres de l'avant quelque chose qui se mouvait dans l'eau. On aurait dit une planche glissant à la surface et se dirigeant vers le navire.

LES SOUS-MARINS

En deux minutes cet objet venait presque au contact du bâtiment. Pendant ce temps on fila la chaîne, on fit machine en arrière et on appela tous les hommes aux postes de combat. Aussitôt le torpilleur frappa le navire sur le côté tribord, à hauteur du grand mât, par le travers de la soute aux poudres. Il fut impossible de lui envoyer un coup de canon. L'explosion eut lieu une minute après et le bâtiment coula par l'arrière en s'inclinant sur bâbord. La plus grande partie de l'équipage se sauva dans la mâture et fut recueillie par les canots du *Canandaigua*. Le capitaine Pickering a été grièvement blessé par l'explosion, il lui est impossible de rédiger lui-même le rapport sur la perte de son bâtiment.

« F.-G. HIGGINSON, lieutenant. »

Malheureusement le vaillant équipage du *David* s'était enseveli dans son triomphe. Des plongeurs qui visitèrent la coque du *Housatonic* trouvèrent le sous-marin couché au fond, l'avant tout entier engagé dans la brèche qu'il avait faite aux flancs de sa victime.

Après la guerre de Sécession, il y eut une activité nouvelle parmi les inventeurs de sous-marins. Les essais se succédèrent à des intervalles assez rapprochés : en 1865, nous pouvons noter ceux de Villeroi, de Wood et Lay; en 1866, Merriam et Røeber; mais ces tentatives n'aboutirent point. Il est à remarquer qu'alors les promoteurs de la navigation sous-marine paraissent trop souvent s'être ignorés les uns les autres. Chacun reprenait le problème pour son compte sans mettre à profit les expériences antérieures. Aussi le progrès ne pouvait s'accomplir et les résultats tournaient dans le même cercle. Trop souvent, les essais se faisaient douloureusement remarquer par le nombre de leurs victimes, telle par exemple la *Baleine intelligente* de Halstead qui causa la mort de trente-neuf personnes au cours de ses sorties. L'on se décida enfin à remiser définitivement le dangereux cétacé.

LES PREMIERS SOUS-MARINS

LE PREMIER SOUS-MARIN ÉLECTRIQUE DE DRZEWIECKI. C'est en 1877 qu'apparaît le premier sous-marin mû par l'électricité. Il était dû à l'ingénieur russe Drzewiecki, qui peut être considéré comme l'un des promoteurs du sous-marin moderne. Son appareil d'essai n'avait que 4 m. 25 de longueur sur un diamètre de 1 m. 50. Il présentait la forme d'un fuseau surmonté d'un kiosque où se tenait le pilote, constituant à lui seul tout le per-

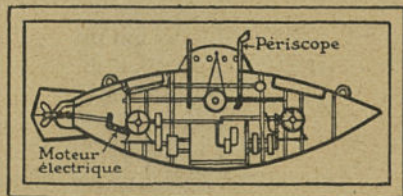


Fig. 6. — Bateau de Drzewiecki, 1884.

sonnel du bâtiment. On ne peut rien noter de nouveau dans ce type préliminaire, sur lequel nous retrouvons des caractéristiques bien connues : hélice actionnée par des pédales, plongée par remplissage du ballast et diminution de volume au moyen d'un piston mobile, torpille à fixer contre la coque de l'adversaire en passant les bras dans des manches en caoutchouc fixées sur les côtés du kiosque. Mais les expériences de ce petit bâtiment ayant intéressé le gouvernement russe, Drzewiecki fut mis à même de poursuivre ses études.

C'est alors qu'il produisit son second type, ayant 6 mètres de longueur et 2 m. 50 dans son plus grand diamètre, avec une forme d'ellipsoïde très allongé. Tout d'abord il avait été prévu un équipage de quatre hommes devant faire mouvoir l'hélice propulsive avec les pieds. Mais bientôt ce moyen rudimentaire fut remplacé par des accumulateurs et un moteur électrique.

La plongée était produite par les water-ballasts et un poids mobile amenant l'inclinaison de l'avant. L'armement consistait en deux mines de 50 kilogrammes de dynamite placées à la partie supérieure du sous-marin. Celui-ci se mettait au-dessus du bâtiment attaqué, et laissait remonter ses mines qui venaient se coller le long de la carène, en

LES SOUS-MARINS

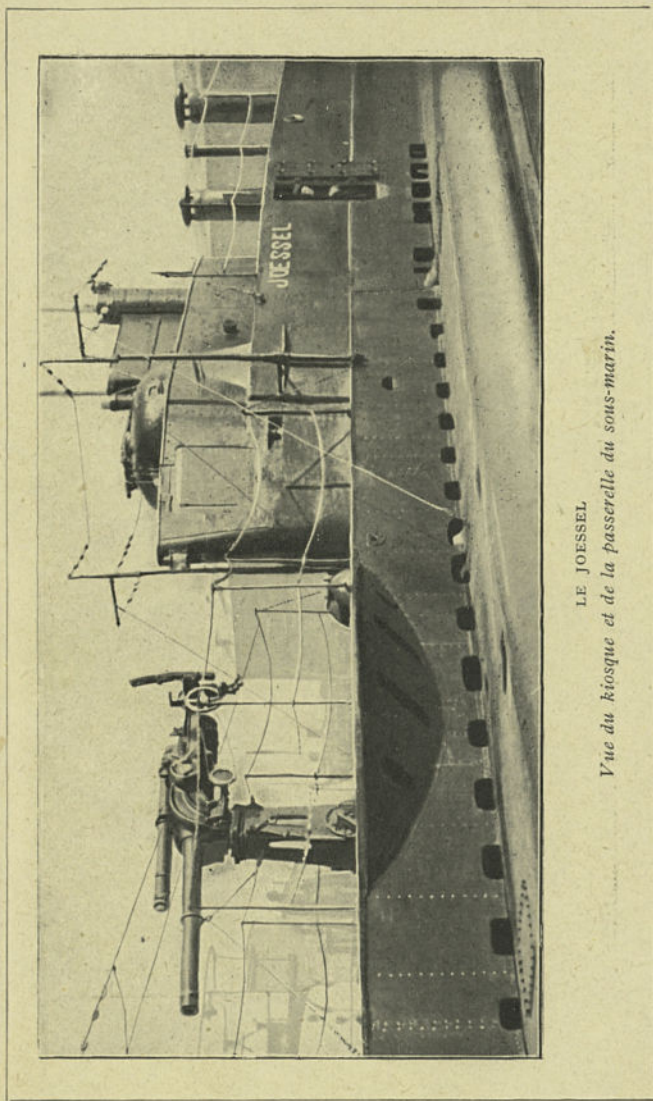
déroulant des conducteurs électriques permettant la mise à feu à distance. C'était, modernisé seulement, l'antique procédé de Bushnell. Mais ce qui faisait la supériorité du sous-marin de Drzewiecki, c'était, outre son moteur électrique, le tube optique à prismes réfléchissants qui permettaient de se diriger en plongée. Nous trouvons ainsi appliqué le premier principe du « périscope ».

Le deuxième sous-marin de l'ingénieur russe, tout comme le premier, n'était encore qu'un modèle d'étude, et il est curieux de voir le gouvernement russe en commander cinquante-deux à l'inventeur. Au lieu de poursuivre les expériences d'une façon rationnelle, on tuait ainsi dans l'œuf les espérances qu'on aurait pu concevoir. Les sous-marins de Drzewiecki n'étaient pas susceptibles d'une utilisation militaire quelconque, et on les abandonna en 1886. L'erreur ainsi commise s'est souvent produite : à vouloir obtenir immédiatement un instrument de guerre, on a négligé de parcourir les phases successives indispensables. Ce n'est pas en brûlant les étapes qu'on pouvait songer à résoudre un problème comme celui de la navigation sous-marine.

LE SOUS-MARIN A VAPEUR NORDENFELDT. ¶ ¶

A peu près à la même époque, l'ingénieur suédois Nordenfeldt établit le premier submersible à moteur thermique employé durant la plongée. Son bateau, mis en chantier à Stockholm en 1884, présentait les caractéristiques suivantes : longueur 20 mètres, largeur 3 m. 60, hauteur 3 m. 25, déplacement en plongée 60 tonnes, contenance des ballasts 4 tonnes. La forme était celle d'un cigare, suivant les idées universellement admises à cette époque. Une machine à vapeur de 100 chevaux actionnait l'hélice et faisait obtenir une vitesse de 9 nœuds en surface.

La plongée s'exécutait par remplissage du ballast et action subséquente de deux hélices verticales, mues par la machine et placées une à chaque extrémité du bâtiment. En route sous l'eau, l'immersion convenable était maintenue par des gouvernails horizontaux.



LE JOESSEL
Vue du kiosque et de la passerelle du sous-marin.



LES OREILLES DU SOUS-MARIN
Opérateur de T. S. F. à son poste de réception.

LES PREMIERS SOUS-MARINS

Jusqu'ici nous ne voyons rien de bien nouveau dans ce type, mais voici les réelles innovations dues à Nordenfeldt. D'abord l'emploi de la machine à vapeur en plongée. Au moment de s'immerger, l'on cessait d'employer directement la chaudière utilisée en surface et l'on fournissait à la machine la vapeur accumulée dans deux réservoirs de 8 tonnes sous la pression de 10 kilogrammes. L'on pouvait ainsi marcher environ quatre heures à la vitesse de quatre nœuds.

Ensuite, l'inventeur suédois, abandonnant les mines détachables de ses devanciers, mettait à profit l'invention récente des torpilles automobiles Whitehead. Un de ces engins, placé à l'avant dans un tube, permettait d'envisager des procédés d'attaque moins primitifs que ceux offerts jusqu'alors aux sous-marins.

Les essais du bateau de Nordenfeldt furent laborieux. Les plongées étaient très pénibles à cause de la température développée par la machine à vapeur. En outre, au bout de peu de temps, la consommation d'eau changeait l'assiette du sous-marin; le liquide restant se déplaçait dans les réservoirs et produisait une série d'oscillations contre lesquelles on devait constamment lutter au moyen des gouvernails horizontaux.

La Turquie commanda cependant deux sous-marins à Nordenfeldt en 1887.

Ils avaient 33 mètres de long pour un déplacement de 160 tonnes et donnaient 11 nœuds en surface avec une machine de 250 chevaux. Mais les difficultés de plongée restaient les mêmes que sur le type précédent.

A ce moment, Nordenfeldt vendit ses brevets à la compagnie anglaise Vickers, qui construisit pour le gouverne-

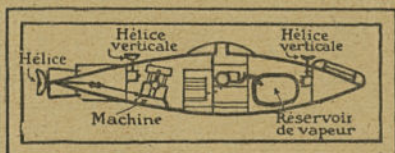


Fig. 7. — Bateau de Nordenfeldt, 1884.

LES SOUS-MARINS

ment russe un sous-marin de 37 m. 50 de long, atteignant 230 tonneaux en plongée. L'erreur du *Plongeur* de Bourgois recommençait, et nous la verrons encore rééditée plusieurs fois. Aussi le nouveau bâtiment ne répondit pas plus que ses prédécesseurs aux conditions indispensables d'une plongée correcte. Ce qui est à remarquer, c'est que l'on tenta pour la première fois d'abandonner la forme classique du fuseau pour adopter un profil terminé par deux extrémités verticales aplaties. La stabilité de route en immersion n'en fut pas améliorée, mais le bateau se comporta en revanche très bien dans la navigation de surface. Avec ses torpilles automobiles, le Nordenfeldt aurait pu constituer un engin de guerre appréciable, et la stabilité sous l'eau n'était pas un problème insoluble. Malheureusement, la Russie, après acceptation du modèle proposé, demanda que la livraison fût effectuée à Cronstadt, et le bâtiment s'échoua durant le trajet. Renfloué, il se trouva hors d'usage et l'on ne poussa pas l'affaire plus avant.

Avant de passer aux études sous-marines françaises, notons encore trois expériences intéressantes faites à l'étranger.

LES SOUS-MARINS DE CAMPBELL ET DE WADINGTON. *♦ ♦* La première est celle de Campbell et Ash qui construisirent en 1885 un submersible de 60 tonnes où l'immersion se réglait par une variation du volume. De chaque côté de la coque étaient fixés quatre pistons coulissant dans autant de cylindres. Par un jeu d'engrenages on pouvait, de l'intérieur, pousser au dehors tous ces organes, augmentant ainsi le volume de la coque, ou les rentrer au contraire à l'intérieur. D'après ce que nous avons dit plus haut, la manœuvre de plongée s'exécutait en remplissant les ballasts, tous les pistons étant à l'extérieur ; le bateau s'enfonçait d'une certaine quantité et l'on réglait l'immersion en rentrant alors les pistons de la quantité convenable. L'inconvénient du procédé résidait dans la difficulté de manœuvre des pistons ; on ne parvenait pas à

LES PREMIERS SOUS-MARINS

les faire agir assez rapidement, et leur action ne se produisait jamais à temps. Le sous-marin poursuivait donc une route oscillante, comme nombre de ses devanciers.

La deuxième production à signaler est celle du sous-marin embarquable de Waddington, en 1886. Ce bâtiment, destiné à être transporté et mis à l'eau près du lieu de son utilisation, était naturellement de dimensions modestes. Il ne mesurait en effet que 11 m. 30 de longueur. La plongée s'effectuait avec ballasts et deux hélices verticales aux extrémités, et se réglait ensuite par gouvernail horizontal. Des accumulateurs et un moteur électrique développant environ 10 chevaux assuraient la propulsion. Comme armement, il y avait encore une mine détachable fixée près du kiosque, mais aussi deux torpilles automobiles latérales que l'on pouvait mettre en mouvement de l'intérieur. Le fonctionnement du sous-marin Waddington ne fut pas suffisamment régulier pour conduire à son adoption. De plus, son poids était encore trop élevé et la manœuvre de l'embarquement restait difficile. L'Angleterre, qui ne se lançait qu'à regret dans la navigation sous-marine, ne continua pas les expériences.

LE PREMIER SOUS-MARIN ESPAGNOL DE PÉRAL.

Enfin l'Espagne eut à son tour un submersible avec le bateau du lieutenant de vaisseau Péral. Ce dernier avait conçu un type de submersible de 22 mètres de long, déplaçant 87 tonnes en immersion. Il présentait les caractéristiques courantes de son époque : propulsion par deux moteurs électriques de 30 chevaux, avec accumulateurs, plongée par water-ballasts et hélices verticales, armement d'un tube lance-torpilles. Comme ses contemporains également, il tenait mal sa route en immersion. Néanmoins le sous-marin de Péral était loin d'être sans valeur, et les essais méritaient d'être poursuivis. Mais les Espagnols, après avoir montré un enthousiasme exagéré, tombèrent dans l'excès contraire et ne voulurent plus entendre parler de navigation sous-marine. Ils restèrent en effet, depuis cette époque, tout à fait en dehors du mouvement.

LES SOUS-MARINS

LE *Goubet*. ■ ■ Revenons maintenant en France. La reprise des études sous-marines date de l'apparition du *Goubet*. On sait tout le bruit fait autour de cet inventeur et les polémiques auxquelles donna naissance son projet. Les uns le désignèrent comme un homme de génie, les autres ne virent en lui qu'un modeste artisan, manquant des connaissances techniques suffisantes pour aborder le problème. Ce qui est certain, c'est que Goubet avait travaillé au premier bateau de Drzewiecki et qu'il avait eu en mains ses plans. Il ne faut donc pas s'étonner de voir son sous-marin reproduire un certain nombre de dispositions déjà employées par l'ingénieur russe. Il reste néanmoins à l'actif de Goubet sa ténacité dans les expériences multiples auxquelles il se livra et un certain nombre de détails ingénieux.

Quoi qu'il en soit, le *Goubet* primitif — car il y eut deux modèles — était très petit, son déplacement ne dépassant pas deux tonnes en plongée. Il avait une longueur de 5 mètres sur 1 m. 80 de diamètre, et ne comportait qu'un équipage de deux hommes, assis au centre, dos à dos. La coque était en bronze, coulée d'une seule pièce.

La plongée se réglait par une introduction d'eau dans un réservoir central. Puis, on envoyait au moyen d'une pompe cette eau dans les ballasts placés aux extrémités, amenant ainsi l'inclinaison voulue par un jeu analogue à celui du poids mobile que nous avons cité sur d'autres submersibles. La pompe était automatique et devait elle-même répartir le lest liquide d'une façon convenable selon les mouvements d'un pendule.

La propulsion était donnée par un moteur électrique recevant l'énergie de piles. L'hélice, montée sur un joint, pouvait prendre diverses inclinaisons par rapport à l'axe longitudinal et faisait ainsi également l'office de gouvernail de direction.

Pour l'armement, Goubet était revenu au système de la mine, qu'on abandonnait une fois au-dessous du bâtiment à torpiller et qui allait se coller à ses flancs. L'explosion se produisait ensuite par fil conducteur, à distance.

LES PREMIERS SOUS-MARINS

Nous en savons assez maintenant pour prévoir ce que donnèrent les premières expériences de ce sous-marin. Le réglage en immersion par transport d'une masse liquide ne pouvait pas assurer un parcours rectiligne. Tantôt la pointe avant du sous-marin était trop basse, tantôt trop haute, et on n'arrivait pas à l'horizontalité désirée. En outre, la direction elle-même se trouvait défectueuse : le propulseur-gouvernail ne permettait pas de

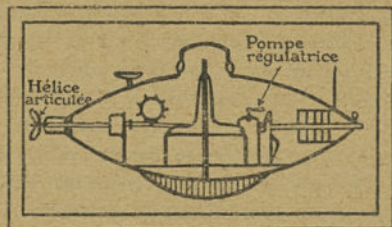


Fig. 8. — *Bateau de Goubet, 1888.*

suivre une route droite, à cause de son action trop énergique. Dès que l'hélice était orientée à droite ou à gauche, elle produisait un tel effet de giration que le sous-marin risquait de faire un « tête-à-queue » complet.

Après les essais faits en 1890 à Cherbourg, le ministre de la Marine engagea Goubet à modifier ses plans en agrandissant son bateau.

Le deuxième *Goubet* avait 8 mètres de long, mais il était conçu sur les mêmes données que son devancier. Le réglage de l'immersion reposait encore sur la répartition de l'eau entre les différents réservoirs. Seul, l'armement avait été modifié : deux torpilles automobiles Whitehead garnissaient les flancs du bateau.

On n'obtint pas, avec ce nouveau modèle, de meilleurs résultats. Les lancements de torpille se faisaient mal, et l'utilisation militaire du bâtiment ne semblait pas possible. La Marine n'accepta pas le sous-marin qui finit par être vendu, longtemps après, à un particulier, comme objet de curiosité. A cette époque d'ailleurs, un nouveau modèle d'essai donnait des espérances qui furent bientôt réalisées. Il s'agit du *Gymnote*, construit sur les plans de Gustave Zédé, ingénieur du génie maritime, et suivant les idées de

LES SOUS-MARINS

Dupuy-de-Lôme, le créateur de la flotte cuirassée moderne.

LE *GYMNOTE*, PREMIER SOUS-MARIN A PLONGÉE CORRECTE. ¶ ¶ Le *Gymnote* déplaçait 30 tonneaux, avec 20 mètres de longueur sur 1 m. 83 de diamètre ; ce n'était pas encore un sous-marin utilisable à la guerre, mais un simple engin d'expérience. Il commença ses essais en 1889 et l'on put bientôt affirmer que cette fois le problème de la stabilité en plongée se trouvait résolu. Rendu à la profondeur convenable par le remplissage des ballasts, le *Gymnote*, sous l'action de trois paires de gouvernails horizontaux, maintenait parfaitement sa route à la vitesse de 4 nœuds que lut imprimait son moteur électrique de 100 chevaux. On était donc parvenu à obtenir le résultat cherché si longtemps, et c'est à la Marine française que ce grand honneur se trouvait échoir. Les études sous-marines en reçurent chez nous une impulsion nouvelle et l'on mit en chantier en 1893, sur les plans de Romazzotti, ingénieur du génie maritime, un nouveau bâtiment qu'on appela *Gustave-Zédé*¹.

Encore une fois, on alla trop vite. Le *Zédé* déplaçait 250 tonneaux, et avait 48 m. 50 de longueur. Les moyens d'action du *Gymnote* étaient insuffisants sur une coque dix fois plus grande, et l'on recommença la série des essais médiocres. Il y fallut plusieurs années, mais on parvint à vaincre les difficultés, et c'est le *Gustave-Zédé* qui le premier opéra un lancement de torpille correct en plongée, atteignant avec un engin d'exercice le cuirassé *Magenta* en marche à 10 nœuds. Cette fois, on possédait un instrument de guerre, et le sous-marin entra définitivement dans le matériel naval.

LE CONCOURS FRANÇAIS DE 1896. ¶ ¶ Ce succès décida le ministre de la Marine à mettre, en 1896, un projet

1. L'auteur des plans du *Gymnote*, dont le nom reste attaché au succès de ce bâtiment, mourut malheureusement peu de temps après, dans une explosion de laboratoire.

LES PREMIERS SOUS-MARINS

de sous-marins au concours sur les bases suivantes : vitesse en surface 12 nœuds, en plongée 8 nœuds ; distance franchissable en surface 100 milles, en plongée 10 milles ; armement : deux torpilles parées pour le lancement ; tonnage maximum 200 tonnes.

Trois projets furent retenus, ceux de Romazzotti, Maugas et Laubeuf, ingénieurs de la marine. Des récompenses étaient décernées à Drzewiecki pour un appareil lance-torpille qui fut mis en service, et à Forest, le créateur du moteur à explosion, pour un plan de moteur à pétrole destiné à la navigation.

Ce concours a fait époque dans l'histoire des sous-marins, car c'est là que naquit la distinction entre le *sous-marin* proprement dit et le *submersible*, distinction abolie aujourd'hui par le triomphe indiscuté de ce dernier. En effet, tandis que Romazzotti et Maugas donnaient les plans de bâtiments à accumulateurs électriques semblables au *Gustave-Zédé*, Laubeuf présentait son projet sous le titre de « torpilleur submersible », et ici quelques considérations générales s'imposent.

Jusqu'à présent nous avons vu les inventeurs se préoccuper uniquement de la navigation *en plongée*, et cela d'ailleurs à juste titre, puisqu'elle constitue l'essentiel du problème sous-marin. Mais, une fois cette solution trouvée, la question se présenta sous une nouvelle face : le sous-marin ne plonge qu'exceptionnellement, pour remplir sa mission, et c'est en surface qu'il doit naviguer le plus souvent, sous peine de ne posséder qu'un rayon d'action utile des plus limités. Or, tous les modèles présentés jusqu'alors avaient des qualités nautiques excessivement médiocres en surface. Émergeant à peine, couverts par les vagues au moindre clapotis, les premiers sous-marins ne pouvaient affronter le large, et les traversées qu'ils étaient susceptibles d'exécuter le long des côtes en faisaient des instruments purement défensifs. Le grand mérite de Laubeuf, ce qui classe cet ingénieur à un rang exceptionnel dans l'histoire de la navigation sous-marine, c'est d'avoir com-

LES SOUS-MARINS

pris qu'on devait renverser les données du problème. Au lieu de créer un bateau sous-marin et de le rendre ensuite plus ou moins propre à la navigation de surface, il fallait prendre un bâtiment ordinaire — en l'espèce un torpilleur — et lui donner les moyens de plonger.

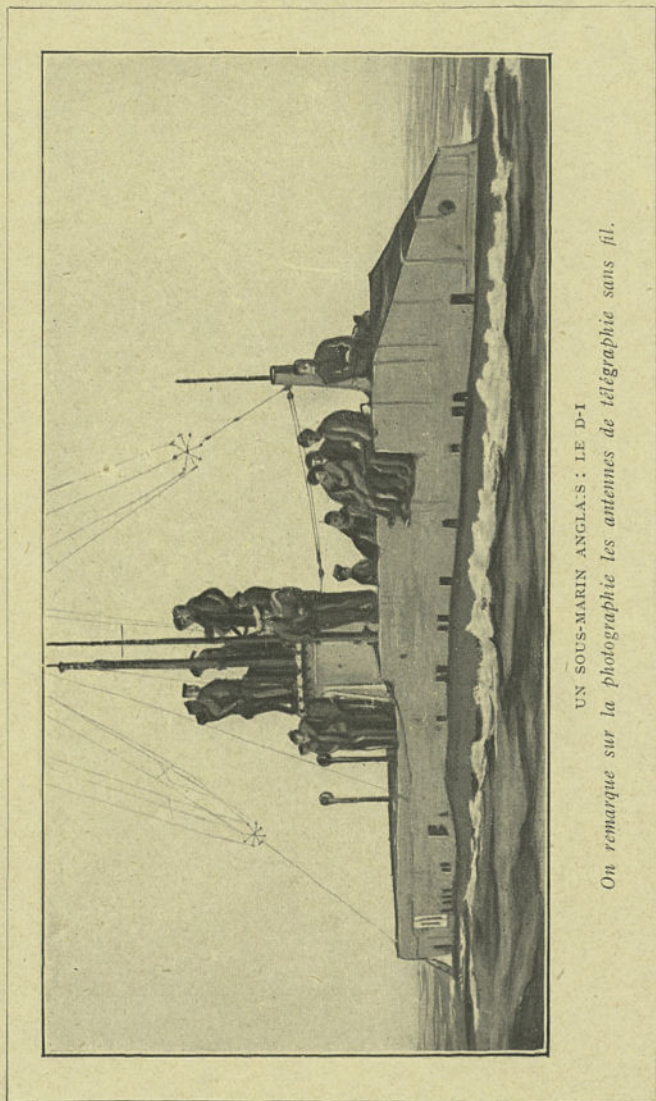
INVENTION DU « SUBMERSIBLE » LE *NARVAL*, DE LAUBEUF. ▯ ▯ Son *Narval*, aujourd'hui devenu historique, s'écartait donc radicalement des données admises. Il possédait une double coque, celle intérieure ayant la forme classique en cigare et renfermant tous les organes du submersible, l'autre, extérieure, présentant le tracé d'un torpilleur de surface. Entre ces deux coques se trouvaient les water-ballasts. La longueur totale du *Narval* était de 34 mètres, la largeur de 3 m. 75. Le déplacement atteignait 202 tonnes en plongée, et en surface 117 tonnes seulement. C'était là que résidait la différence capitale avec les types antérieurs. Les 85 tonnes d'écart entre les deux déplacements représentaient effectivement 42 p. 100 du déplacement total; autrement dit, le *Narval* possédait une *flottabilité* de 42 p. 100. Le *Gustave-Zédé*, avec ses 274 tonnes de déplacement en plongée, réduits à 266 en surface, en avait une de 2,9 p. 100 seulement. Il en résultait que la production de Laubeuf naviguait comme un torpilleur en surface, offrait à son équipage l'habitabilité des bâtiments courants de même taille, et se montrait par là susceptible d'effectuer toutes les traversées qu'on pouvait demander à un navire similaire.

Outre cet avantage essentiel, le *Narval* était le premier sous-marin *autonome*. Expliquons ce terme. Les types dérivés du *Gustave-Zédé* possédaient tous des accumulateurs et des moteurs électriques. Par suite, leur rayon d'action était limité à la capacité des accumulateurs, qu'il fallait recharger après chaque sortie, et ces bâtiments se trouvaient liés à leur base. Ils étaient donc purement *défensifs*, et n'auraient pu, par exemple, traverser la Manche pour aller attaquer les vaisseaux anglais sur la rade de Plymouth.



EN SURFACE

Le mât de T. S. F. et son dispositif de rabattement en plongée.



UN SOUS-MARIN ANGLAIS : LE D-I
On remarque sur la photographie les antennes de télégraphie sans fil.

LES PREMIERS SOUS-MARINS

Le *Narval* possédait des moyens d'action plus complets. Il avait une machine à vapeur, avec chaudière chauffée au pétrole, pour la marche en surface, et un moteur électrique avec accumulateurs servant à la plongée. Par la réunion de ces deux modes de propulsion, le submersible Laubeuf était indépendant, car il pouvait lui-même recharger ses accumulateurs sans faire appel à l'arsenal. Son rayon d'action était donc étendu à la contenance de ses soutes à combustible, dont le ravitaillement pouvait en outre s'effectuer facilement en dehors des ports de guerre.

Le succès du *Narval* fut très grand. Il plongeait parfaitement, en dépit de ses formes de torpilleurs, ce qui renversait les idées admises jusqu'alors. En surface, il se comportait comme tout autre bâtiment de même grandeur.

Le seul inconvénient présenté tout d'abord fut la durée considérable nécessitée par les opérations de plongée. Le *Narval* avait besoin de vingt-cinq minutes pour passer de la surface à la position d'immersion. Au point de vue militaire, c'était presque un vice rédhibitoire; un pareil bateau aurait été une proie trop facile pour les torpilleurs ennemis. Mais le problème de la plongée rapide n'était pas de ceux qui peuvent opposer un obstacle définitif à une idée juste. On parvint à réduire le temps mort à dix minutes, puis, sur les types suivants, à cinq minutes seulement.

« SUBMERSIBLES » ET « SOUS-MARINS »

L'apparition du *Narval* produisit une sorte de révolution dans la construction des sous-marins. En France, on eut pendant quelques années deux types, le *submersible* et le *sous-marin* proprement dit. Ces derniers comprirent les bâtiments suivants :

1^o *Morse* (Romazzotti, concours de 1896) : 36 mètres de long, 2 m. 75 de large; déplacement, 136 tonneaux (surface), 143 tonneaux (plongée), flottabilité 5 p. 100; accumulateurs et moteur électrique.

2^o *Farfadet* (Maugas, concours de 1896) : 41 m. 35 de long, 2 m. 90 de large, déplacement 184/200 tonneaux,

LES SOUS-MARINS

flottabilité 7 p. 100, accumulateurs et moteur électrique.

3° Deux unités type *Français*, dérivé du *Morse*, et trois unités type *Farfadet*.

Tous ces bâtiments, lancés de 1897 à 1899, sont purement électriques et procèdent du *Gustave-Zédé*. Mais à partir de 1900, les sous-marins subissent l'influence du submersible en ce qui concerne l'appareil moteur ; ils reçoivent tous des moteurs à vapeur ou à pétrole pour la marche en surface, conservant leurs accumulateurs pour la plongée. Ils deviennent ainsi également *autonomes*. Nous avons alors :

1° Vingt sous-marins type *Naiade* (année 1901) : 23 m. 50 de long, 2 m. 26 de large, déplacement 66/69 tonnes, flottabilité 4,5 p. 100, moteur à benzol et accumulateurs.

2° Trois sous-marins d'étude, *X*, *Y*, *Z* (1901-1902) (le *X* de Romazzotti est le premier à posséder deux hélices) : longueurs 37 à 43 mètres, largeur 3 mètres, déplacements 163 à 213 (surface), 176 à 221 (plongée), flottabilité de 4 à 7 p. 100, moteurs au pétrole ou au benzol, et accumulateurs. Le *Y*, dû à Bertin, n'a pas réussi à terminer ses essais et a été démolé en 1908.

3° Six types *Emeraude*, plans Maugas (1903) : 44 m. 65 de long, 3 m. 90 de large, déplacement 392/426 tonneaux, flottabilité 8 p. 100, moteur à pétrole et accumulateurs.

À partir du type *Emeraude*, on ne fit plus de « sous-marins » en série ; le dernier du genre a été le *Mariotte*, dû aux plans de Radiguer, ingénieur du génie maritime, et qui resta en chantier jusqu'en 1911. Le retard fut produit par la mise au point des deux moteurs Diesel de 720 chevaux dont le fonctionnement donna d'abord lieu à de nombreux mécomptes. Le *Mariotte* a 64 mètres de long et 4 m. 30 de largeur ; il présente une forme originale par suite de la superstructure placée à l'avant. Son déplacement en plongée est de 628 tonneaux et en surface de 530 tonneaux, donnant une flottabilité de 15,5 p. 100. On voit que la proportion s'est élevée, et que l'on s'acheminait vers une fusion des types sous-marin et submersible aujourd'hui accomplie. La vitesse du *Mariotte* était de 15 nœuds en surface avec ses moteurs

LES PREMIERS SOUS-MARINS

Diesel et de 10 nœuds en plongée avec les accumulateurs.

Revenons aux « submersibles ». Le *Narval* a donné lieu, à l'étranger, à toute une série d'imitations, plus ou moins réussies. Pour ne citer que les principales, le sous-marin américain *Protector*, de Lake, le *U-1* allemand et le *Glauco* italien sont des succédanés indéniables du bateau de Laubeuf.

En France, le développement naturel du submersible donna lieu aux productions suivantes :

1° Quatre *Sirène* (1900) : longueur 33 mètres, largeur 3 m. 90, déplacement 157 tonneaux en surface, 213 tonneaux en plongée, flottabilité 26,2 p. 100, moteur à vapeur et accumulateurs.

2° Deux *Aigrette* (1902) : longueur 35 m. 85, largeur 4 m. 05, déplacement 177 tonneaux en surface, 252 tonneaux en plongée, flottabilité 29 p. 100, moteurs à pétrole et accumulateurs.

3° Deux *Circé* (1904) : longueur 47 m. 10, largeur 4 m. 90, déplacement 350 tonneaux en surface, 490 tonneaux en plongée, flottabilité 28,5 p. 100, moteurs à pétrole et accumulateurs.

4° Dix-huit *Pluviose* (1905) : longueur 54 mètres, largeur 5 mètres, déplacements 400 tonneaux en surface, 550 tonneaux en plongée, flottabilité 27,2 p. 100, moteurs à vapeur et accumulateurs.

5° Seize *Brumaire* (1906), ayant les mêmes caractéristiques que les précédents, mais des moteurs de surface à pétrole.

Avec ces bâtiments, tous construits sur les plans de Laubeuf, nous avons dépassé notre exposé historique, car ils constituent encore à l'heure actuelle un élément important de nos flottilles. Nous allons les retrouver dans les « sous-marins » modernes, ce terme général englobant à présent tous les bâtiments susceptibles de plonger, dont les dispositions principales sont désormais fixées en ce qui concerne les parties essentielles.

LES SOUS-MARINS

LES SOUS-MARINS FRANÇAIS MODERNES. ◊ ◊

La période moderne du matériel sous-marin en France commence à l'instant où le « submersible » à grande flottabilité a définitivement prévalu, c'est-à-dire vers 1910. Laubeuf avait alors produit son dernier modèle, les *Pluviose*, mis en chantier en 1905, suivis bientôt des *Brumaire*, qui peuvent être considérés comme les types les plus réussis du célèbre ingénieur.

Le *Pluviose* avait une machine à vapeur employée en surface qui lui faisait atteindre 12 nœuds ; en plongée, avec les accumulateurs, on arrivait à 8 nœuds. L'armement comportait sept tubes ou appareils lance-torpilles, dont un dans l'axe et les autres extérieurs latéraux.

Le *Brumaire* présentait les mêmes caractéristiques, mais un peu plus de vitesse ; son moteur à pétrole lourd Diesel lui permettait d'arriver à 13 nœuds en surface.

Les qualités nautiques de ces bâtiments étaient bonnes, et plusieurs firent des traversées remarquées à l'époque. Le *Papin* se rendit de Cherbourg à Bizerte, effectuant sans escale le trajet Rochefort-Oran en six jours à la vitesse moyenne de 9 nœuds. C'était en octobre 1912, et il régnait un mauvais temps dans le golfe de Gascogne. Le *Brumaire* alla en 72 heures de Dunkerque à Bordeaux, ce qui représente une moyenne de 11 nœuds, et enfin le *Faraday* détint un moment le record de la distance sans escale pour sous-marin avec le voyage Rochefort-Toulon, accompli du 28 septembre au 5 octobre 1912.

On se trouvait bien dès lors en présence de bâtiments offensifs, aptes à des opérations étendues. Toutes ces traversées avaient, bien entendu, été faites en surface.

Le type *Pluviose-Brumaire* constitue le sous-marin garde-côte, à rayon d'action suffisamment étendu, facile à manœuvrer, tournant dans un cercle assez restreint, avec un tirant d'eau peu élevé lui permettant de fréquenter les différents points du littoral. Son coût est relativement modéré, et l'on peut en avoir, par suite, un nombre important sans dépense excessive.

LES PREMIERS SOUS-MARINS

Comme tous les autres genres de bâtiments, le sous-marin devait connaître l'augmentation de tonnage, et la série des *Clorinde* inaugura le mouvement, avec une certaine timidité cependant, puisque le déplacement n'atteignait que 410 tonnes en surface et 560 en plongée. Les moteurs Diesel portaient la vitesse à 15 nœuds, et des accumulateurs de plus grande capacité permettaient d'atteindre 9 nœuds et demi sous l'eau. Il y avait toujours sept torpilles disposées pour le lancement, comme sur le *Pluviose*.

Avec le type *Gustave-Zédé*, en achèvement lors de la déclaration de guerre en 1914, on franchit brusquement une nouvelle étape. Ce sous-marin, de 74 mètres de longueur, déplace en effet 800 tonnes en surface et 1160 en plongée avec, par suite, une flottabilité de 31 p. 100. Il porte deux tubes lance-torpilles intérieurs dans l'axe, et six appareils de lancement latéraux, à raison de trois pour chaque bord.

Les machines étaient plus puissantes et la vitesse accrue ainsi que le rayon d'action. En surface, le *Gustave-Zédé* — deuxième du nom, qu'il ne faut pas confondre avec son homonyme de 1893 — peut donner 19 nœuds, et en plongée il arrive à 12 nœuds. C'était là surtout la raison d'être de l'accroissement du tonnage, car, au demeurant, les grandes dimensions présentent des inconvénients sérieux pour les sous-marins. Tout d'abord, avec 74 mètres de longueur, le *Gustave-Zédé* ne peut pas plonger facilement par de petits fonds. Il ne faut pas oublier, en effet, que l'immersion s'opère souvent avec une certaine inclinaison ; or, à 5 degrés de pente, la pointe avant d'un pareil bâtiment descend à 10 ou 12 mètres de profondeur, l'arrière étant encore à fleur d'eau. Ensuite, tout bâtiment possède un cercle de giration en rapport avec sa longueur, et la faculté de tourner rapidement, dans un rayon suffisamment court, est capitale pour un navire devant employer la torpille. Ce qui portait néanmoins, avant 1914, à l'accroissement de tonnage des sous-marins, c'était la recherche du « sous-marin d'escadre » apte à naviguer en haute mer de conserve avec les bâtiments de ligne, à les accompagner par tous temps, et à prendre

LES SOUS-MARINS

part ainsi aux batailles navales. La création d'un pareil sous-marin devait amener naturellement la disparition du grand torpilleur d'escadre, conséquence souhaitable, puisqu'elle réduirait le nombre des différents types de notre flotte.

C'est donc à cette phase que l'on se trouvait au moment des hostilités, devant le grand conflit qui allait ensanglanter l'Europe durant quatre ans et demi. Il y avait alors en construction deux séries de sous-marins de 800/1100 tonnes, différenciés par leurs moteurs de surface, les uns ayant des machines à vapeur, les autres des Diesel à pétrole lourd.

Première série (à vapeur) : *Gustave-Zédé, Dupuy-de-Lôme, Sané, Jøessel, Fulton, Laplace, Lagrange, Regnault.*

Deuxième série (à pétrole) : *Amphitrite, Diane, Astrée, Bellone, Daphné, Aréthuse, Atalante, Hermione, Amaranthe, Ariane, Gorgone, Andromaque.*

La guerre a ralenti les entrées en service de beaucoup de ces unités; le *Fulton*, par exemple, n'a été lancé qu'en avril 1919, d'autres sont encore sur cales, à des degrés d'achèvement plus ou moins avancés. Certains ont pu prendre part aux hostilités, tels le *Dupuy-de-Lôme*, le *Sané*, l'*Atalante*, etc., armés en 1916 et 1917.

Ce type est donc, à l'heure actuelle, le plus récent de la marine française. Comme rayon d'action, il peut franchir sans ravitaillement 2 500 milles marins environ, et il possède les qualités nautiques suffisantes pour tenir la haute mer. Peut-on dès maintenant le considérer comme *sous-marin d'escadre*? Non, et la question reste entière. Voici ce que disait à ce sujet Laubeuf, dans une communication à la Ligue navale anglaise, en 1914 :

LE SOUS-MARIN D'ESCADRE. ¶ ¶ « Pour que les sous-marins puissent accompagner les escadres en toutes circonstances de mer et prendre une part efficace au combat naval en haute mer, il faut qu'ils aient une vitesse maximum à la surface *au moins égale* à celle des cuirassés modernes, soit 22 à 23 nœuds; je dis *au moins* parce que, comme on le sait, les petits navires perdent beaucoup plus

LES PREMIERS SOUS-MARINS

de vitesse que les grands par mer agitée, et un sous-marin, eût-il même 1 000 à 1 200 tonnes de déplacement à la surface, n'est encore qu'un petit navire sur l'Océan. Il faut aussi que le sous-marin d'escadre ait une vitesse en immersion de combat au moins égale à la vitesse courante de manœuvre des cuirassés de ligne. Et ici 15 nœuds me paraissent un minimum absolu.

« Je dis donc que, tant que les bâtiments sous-marins ne pourront pas donner des vitesses de 23 nœuds à la surface et 15 nœuds en immersion, ils seront insuffisants pour remplir le rôle de sous-marin d'escadre, et ils ne feront que gêner les cuirassés. »

Pour obtenir de pareilles vitesses, il faut résoudre le problème du *moteur unique*, assurant la propulsion à la fois en surface et en plongée. Jusqu'à présent, le moteur électrique avec accumulateurs reste le seul possible en immersion, mais il représente un poids et un encombrement qui rendent impraticables les grandes puissances nécessaires. En surface, le moteur à pétrole, genre Diesel, a encore de notables perfectionnements à recevoir avant d'arriver à fournir les allures de 23 nœuds reconnues comme indispensables, d'autant que cette vitesse, indiquée par Laubeuf en 1914, devient à présent insuffisante avec les progrès des cuirassés.

Enfin, la réunion obligée de ces genres de propulsion oblige le sous-marin à réserver à son appareil moteur une trop grande proportion de son déplacement total.

Il se trouve donc, à ce point de vue, dans la situation où étaient les bâtiments de surface il y a quarante ans, lorsque les machines à vapeur pesaient 160 kilogrammes par cheval.

Le problème du moteur unique a été bien souvent abordé; nous y reviendrons au chapitre de la propulsion, mais nous pouvons dès à présent indiquer une difficulté qui surgira lorsque l'art mécanique aura produit un appareil satisfaisant: c'est celle de la stabilité de route en immersion. Le moteur électrique avec accumulateurs possède un avantage précieux: c'est de ne pas changer de poids en développant sa puissance. Par suite, l'assiette du sous-marin ne se

LES SOUS-MARINS

modifie pas de ce chef, et c'est ce qui a permis de trouver la solution du trajet rectiligne à une profondeur donnée. Mais lorsqu'on emploiera soit une machine à vapeur, soit, plus vraisemblablement, un moteur à combustion interne au pétrole, les quantités de combustible consommées feront à chaque instant varier le poids du sous-marin et l'on verra les plongées oscillantes. Certes, il ne faut pas s'exagérer l'inconvénient: on y parera sans aucun doute par des dispositifs automatiques de remplissage des ballasts. On arrivera aussi à éviter les dégagements de chaleur excessifs des moteurs thermiques et à leur fournir l'air ou l'oxygène dont ils ont besoin. Mais il n'empêche que ce sont là des à-côtés à ne pas négliger.

LES SOUS-MARINS DEL'AVENIR. *o o* Commenous le verrons plus loin, la guerre de 1914-1918 n'a pas apporté de changements profonds dans le sous-marin. Ce que les Allemands ont obtenu, la marine française aurait pu le réaliser tout aussi aisément. Le matériel de nos ennemis, connu dans tous ses détails puisque nous en possédons les différents types, ne nous a rien révélé d'essentiel. Mais ce qui ouvre un horizon nouveau, c'est l'emploi du sous-marin lui-même dans les guerres futures.

En 1914 les idées courantes dans tous les pays étaient portées vers deux types de sous-marins répondant à deux utilisations différentes : 1^o la guerre défensive le long des côtes ; 2^o la guerre au large en liaison avec les escadres.

Les *Pluviose* et *Brumaire* de 400/550 tonneaux fournissaient une solution très bonne du premier type, et le second était à l'étude. Verrons-nous à présent se présenter un troisième desideratum : le *croiseur submersible*, à très grand rayon d'action, portant une artillerie puissante en dehors de ses torpilles ? On ne le sait pas encore.

Des indiscretions nous ont appris récemment la création en Angleterre d'une série de *monitors sous-marins*, armés d'un canon de 12 pouces (305 mm.), dont le premier exemplaire, le *M-1*, a pu être photographié, mais sur lequel on ne

LES PREMIERS SOUS-MARINS

possède pas encore de détails. Est-ce le début d'une nouvelle orientation de la navigation sous-marine, et allons-nous voir apparaître des bâtiments submersibles de plus en plus grands, allant jusqu'à la fusion complète avec le cuirassé d'escadre ? Il est impossible de le dire aujourd'hui, mais si cette éventualité se réalise, elle apportera un cruel démenti à ceux qui estimaient que le succès du sous-marin ferait disparaître les grands bâtiments de guerre.

Ce qu'il faut retenir de tout ce qui précède, c'est la part considérable que la France peut revendiquer dans l'histoire de la navigation sous-marine. C'est à nos ingénieurs et à nos marins qu'est due la réalisation de ce rêve poursuivi depuis des siècles. Le sous-marin est né chez nous, et lorsqu'en 1902 nous possédions le *Gymnote* et le *Gustave-Zédé*, créés par Zédé, le *Morse*, le *Français* et l'*Algérien*, de Romazzotti, les quatre *Farfadet* de Maugas et les cinq submersibles *Narval*, *Strène*, *Triton*, *Espadon*, *Silure* de Laubeuf, aucune autre marine ne pouvait présenter une pareille flottille.

LES SOUS-MARINS ÉTRANGERS. — SOUS-MARINS DES ÉTATS-UNIS. ¶ ¶ Après nous, ce furent les États-Unis qui possédèrent les premiers sous-marins utilisables à la guerre, grâce aux travaux de l'ingénieur américain Holland, dont le nom figure avec honneur parmi les promoteurs de ce genre de bâtiments. Dès 1875, cet inventeur avait produit des types d'étude, de très petite taille, montés par un homme seul, où il avait poursuivi les recherches dans un sens analogue à celui indiqué par notre historique. Son premier bâtiment sérieux fut le *Plongeur*, lancé en 1897 à Baltimore pour le compte de la Marine des États-Unis. Il avait 25 m. 50 de longueur, 3 m. 50 de diamètre maximum, avec une forme de cigare, et déplaçait 140 tonnes en surface et 165 tonnes en plongée. L'appareil moteur consistait en deux machines à vapeur de 750 chevaux chacune actionnant deux hélices, et des accumulateurs fournissant une puissance de 200 chevaux

LES SOUS-MARINS

en plongée. Le bâtiment ne réalisa pas tout d'abord le programme imposé et ne fit partie de la flotte qu'après une refonte complète, opérée longtemps après.

C'est le *Holland n° 8* qui, en 1899, réussit enfin ses essais, put plonger avec rectitude et lancer convenablement ses torpilles. Ce bâtiment avait un déplacement de 64 tonnes en surface et 75 tonnes immergé, soit une flottabilité de 13,5 p. 100, relativement grande pour un « sous-marin » pur. Il atteignait 6 nœuds en surface et 5 en plongée et possédait un moteur Otto à gazoline de 4 cylindres donnant 50 chevaux. Son armement était curieux : outre un tube lance-torpille, il y avait deux sortes de canons pneumatiques envoyant des projectiles chargés de 50 kilogrammes de dynamite. A l'air libre, la portée de ces pièces était de 1200 mètres et sous l'eau de 100 mètres environ. Cette arme, créée par Holland, fut abandonnée rapidement devant les progrès de la torpille automobile.

A la suite du succès remporté par le *Holland n° 8* on lança aux États-Unis sept bâtiments analogues, mais plus grands, qui prirent le numéro 9. Ceux-ci avaient 105/125 tonnes, 16 p. 100 de flottabilité, et donnaient 8 nœuds et demi en surface, 7 en plongée. Ils constituèrent la première flottille sous-marine américaine.

Les *Holland* plongent avec des gouvernails horizontaux après remplissage des ballasts. Le moteur de surface, à gazoline, actionne un compresseur qui remplit les réservoirs d'air comprimé servant à chasser l'eau des ballasts, à lancer les torpilles et aussi à renouveler l'atmosphère viciée à l'intérieur du bâtiment. La puissance électrique en plongée est donnée par une batterie d'accumulateurs de 1800 ampères-heure et un moteur de 70 chevaux.

Après ces premiers types, classés sous la dénomination A, les États-Unis eurent treize séries de sous-marins divers, portant les lettres B à O et présentant des caractéristiques variables. Nous pouvons nous rendre compte du chemin parcouru en détachant quelques types remarquables dans cette longue liste.

LES PREMIERS SOUS-MARINS

Type F (année 1911) : longueur 43 m. 30, largeur 4 m. 50, déplacements 350/440 tonnes, flottabilité 20,5 p. 100; vitesse : 14 nœuds (surface), 11 nœuds (plongée); rayon d'action : 2 500 milles (surface), 100 milles (plongée); armement : 4 tubes lance-torpille.

Ce type se rapproche de nos *Pluviose* de 1906, mais avec des qualités nautiques très inférieures en surface, à cause de la moindre flottabilité.

Type K (année 1913) : longueur 45 mètres, largeur 4 m. 70, déplacements 390/530 tonnes, flottabilité 26,4 p. 100; vitesse : 14,5 nœuds (surface), 10,5 nœuds (plongée); rayon d'action : 4 500 milles (surface), 120 milles (plongée), quatre tubes lance-torpilles.

Type M (année 1914) : longueur 54 m. 40, largeur 7 mètres, déplacements 740/1000 tonnes, flottabilité 26 p. 100; vitesse : 18 nœuds (surface), 12 nœuds (plongée); rayon d'action : 7 000 milles en surface; armement 1 pièce de 76 millimètres et 4 tubes lance-torpilles.

Ce type correspond à nos 800/1100 tonnes issus du *Gustave-Zédé* de 1914.

Enfin, le problème du sous-marin d'escadre s'étant posé aux États-Unis comme ailleurs, on met au point le *Schley*, bâtiment de 1100/1500 tonnes (26,6 p. 100 de flottabilité), ayant 81 mètres de longueur sur 7 mètres de largeur, devant donner 21 nœuds en surface et 12 en plongée, et possédant quatre pièces de 102 millimètres et dix tubes lance-torpilles. C'est le dernier modèle adopté par l'Amérique, mais, pour les raisons que nous avons données plus haut, il ne paraît pas fournir encore la solution du sous-marin de haute mer susceptible d'accompagner les cuirassés.

Une constatation est à faire dans ces types successifs adoptés au delà de l'Atlantique, c'est l'accroissement de la flottabilité. Partis de 16 p. 100 en 1901, les Américains en sont à 20 p. 100 à l'heure actuelle, et il faut voir là une influence des idées françaises, bien que leurs sous-marins ne présentent pas les formes de surface préconisées par

LES SOUS-MARINS

Laubeuf et s'en tiennent toujours à un profil plus ou moins dérivé du cigare.

LES SOUS-MARINS ANGLAIS. ¶ ¶ L'Angleterre a commencé tard à construire des sous-marins, pour les mêmes raisons que celles opposées autrefois à Fulton. Cette grande puissance navale avait en effet tout à perdre dans l'amélioration d'un type de bâtiment destiné à combattre les navires de surface. Cependant, en 1900, il lui fallut bien suivre le mouvement et constituer une flottille submersible. L'Amirauté s'adressa tout simplement alors à la maison Vickers, concessionnaire des brevets Holland, qui avait déjà construit en 1887 les sous-marins Nordenfeldt. Il n'y a donc rien de particulier à signaler dans le matériel submersible anglais, en ce qui concerne les premiers types.

Quelques exemples choisis à différentes époques vont nous permettre d'apprécier la marche suivie.

Type A (année 1904) : déplacements 180 tonnes (surface), 207 tonnes (plongée), flottabilité 13 p. 100, puissance des machines 550 chevaux (surface), 150 chevaux (plongée), vitesses 11,5 nœuds (surface) et 7 nœuds (plongée), deux tubes lance-torpilles.

Type C (année 1908) : déplacements 280/313 tonnes, flottabilité 10 p. 100, puissance des machines 600/200 chevaux, vitesses 13 et 8 nœuds, deux tubes lance-torpilles.

Type E (année 1912) : déplacements 730/815 tonnes, flottabilité 9,5 p. 100, puissance des machines 1600/800 chevaux, vitesses 16 et 9 nœuds, deux canons de 76 millimètres, quatre tubes lance-torpilles.

Jusqu'alors, l'Angleterre n'a construit que des sous-marins purs, à faible flottabilité, n'ayant guère au-dessus de l'eau, en surface, qu'un kiosque de 2 mètres de hauteur abritant une petite passerelle démontable. Avec le type suivant, nous allons voir une orientation différente.

Type F (plans Fiat, année 1913) : déplacements 950-1200 tonnes, flottabilité 20 p. 100, puissance des machines

LES PREMIERS SOUS-MARINS

5 000/2 000 chevaux, vitesses 20 et 12 nœuds, quatre pièces de 76 millimètres et six tubes lance-torpilles.

Type *Nautilus* (année 1914) : déplacements 1500-2 000 tonnes, flottabilité 25 p. 100, puissances des machines 6 500/2 400 chevaux, vitesses 22 et 12 nœuds, quatre pièces de 101 millimètres et sept tubes lance-torpilles.

Ici, on a résolument abordé le problème du « sous-marin d'escadre », sans cependant aboutir encore à la solution complète. Il n'y a eu d'ailleurs que deux unités de cette série construites, le *Nautilus* et le *Swordfish*, à titre d'expérience. Ensuite l'on revint au sous-marin garde-côte, avec le Type *W* de 460/520 tonnes, 11,5 p. 100 de flottabilité, donnant 17 et 10 nœuds et ayant six tubes lance-torpilles sans artillerie.

L'Angleterre possédait, au début de la guerre de 1914-18, environ 86 sous-marins, auxquels vinrent s'ajouter une trentaine d'autres pendant les hostilités. Aujourd'hui elle a sorti les fameux *M* dont nous avons déjà parlé, armés d'un canon court de 305 millimètres. Cette pièce ne peut tirer que dans l'axe, avec peu de déplacements latéraux, et se trouve disposée en vue du pointage sous de grands angles. Ces *M*, dont deux exemplaires seulement existent pour l'instant, sont évidemment des bateaux d'expérience, mais on ne peut dire encore quel est le résultat cherché. S'agit-il d'entamer la lutte d'artillerie avec les cuirassés en émergeant brusquement aux distances supérieures à la portée utile des torpilles ? Est-ce au contraire un monitor submersible, destiné à bombarder à l'improviste des fortifications terrestres ? On ne sait, les renseignements faisant totalement défaut à ce sujet.

LES SOUS-MARINS ITALIENS. *□ □* La marine italienne a débuté dans la navigation sous-marine par le *Pullino*, bateau d'étude, mis en chantier en 1892, suivi en 1896 par le *Delfino*, à peu près semblable à notre *Gymnote*. Pourtant les Italiens ne peuvent pas être considérés comme de simples imitateurs, car ils possédèrent, dès 1905,

LES SOUS-MARINS

des types absolument personnels, tout en ayant subi au point de vue des formes l'influence de notre *Narval*.

Le *Glauco*, de l'ingénieur Laurenti, avait 36 mètres de long et des déplacements de 175/200 tonnes, présentant une flottabilité de 12,5 p. 100. La vitesse était de 12 nœuds en surface et 7 nœuds en plongée. Trois unités de ce type furent construites par la « Société Fiat San Giorgio », deux autres dans les arsenaux du gouvernement. Les formes extérieures de ces bâtiments étaient absolument semblables à celles d'un torpilleur ; la plongée s'obtenait au moyen des ballasts et de gouvernails horizontaux. Les moteurs de surface des bateaux sortant des chantiers Fiat étaient à explosion, semblables aux moteurs d'automobiles, et consommaient du benzol. Il y avait trois hélices et deux moteurs en tandem sur chaque ligne d'arbres, ce qui donnait au total 36 cylindres pour l'ensemble des appareils moteurs. C'était beaucoup d'encombrement pour une puissance globale de 750 chevaux. Aussi, alors que la vitesse en surface était relativement élevée pour un bâtiment de cette taille, celle obtenue en plongée restait inférieure aux chiffres donnés à l'étranger par des unités similaires, à cause de la réduction qu'il avait fallu faire subir au moteur électrique et à ses accumulateurs.

L'Italie renonça au moteur à explosion après un accident terrible qui coûta la vie à onze hommes à bord du *Foca* en 1909. Les sous-marins de notre voisine sont aujourd'hui munis de moteurs employant le pétrole lourd.

Voici les types successifs que nous pouvons citer dans la flotte italienne :

Type *Foca* (année 1908) : longueur 42 mètres, déplacements 185/235 tonnes, flottabilité 22 p. 100, vitesses 14 et 7 nœuds, deux tubes lance-torpilles.

Type *Giacinto-Pullino* (année 1913, plans de Cavallini) : longueur 41 mètres, déplacements 345/400 tonnes, flottabilité 14 p. 100, vitesses 15 et 9 nœuds, quatre tubes lance-torpilles.

Type *Galvani* (année 1915) : longueur 60 mètres, déplace-

LES PREMIERS SOUS-MARINS

ments 700/1070 tonnes, flottabilité 34 p. 100, vitesses 18 et 12 nœuds, cinq tubes lance-torpilles.

Ce dernier type, tiré à huit exemplaires, représente le « sous-marin de haute mer » d'après les annuaires italiens. C'est le grand submersible que l'on rencontre dans toutes les marines, avec des caractéristiques assez semblables. Mais l'Italie ne semble pas avoir destiné ces bâtiments à accompagner les escadres. On sait d'ailleurs que celles-ci ne sont guère conçues qu'en vue du combat dans l'Adriatique ou les parages peu éloignés de la métropole, et par suite l'appui des flottilles de sous-marins garde-côtes lui est assuré.

La science indiscutable de ses ingénieurs navals et l'excellence de sa construction ont valu à l'Italie de fournir des sous-marins à plusieurs nations étrangères, notamment à l'Angleterre et aux puissances scandinaves.

LES SOUS-MARINS ALLEMANDS. *o o* Nous allons terminer cette revue des sous-marins par la flotte allemande. L'Allemagne a été la dernière grande puissance navale qui se constitua une flottille sous-marine. L'amiral Tirpitz, le grand maître de l'Amirauté, ne croyait pas à l'efficacité de ce genre de bâtiments, et nous devons nous en féliciter, car si nos ennemis avaient possédé en 1914 un nombre suffisant de submersibles, la victoire leur était acquise un ou deux ans plus tard.

C'est un ingénieur français, d'Equivilly, qui donna en 1903 aux chantiers Germania Krupp à Kiel, les plans du premier sous-marin allemand ayant fourni de bons résultats. Ce bâtiment, dénommé *U-1*, présentait les caractéristiques suivantes : longueur 39 mètres, largeur 3 mètres, tirant d'eau en surface 2 m. 50, déplacements 190/240 tonnes, flottabilité 20,4 p. 100. Les formes étaient celles d'un torpilleur, et l'imitation du *Narval* de Laubeuf est ici flagrante.

Comme moteurs de surface, on employait des Koerting à deux temps, six cylindres, de 200 chevaux, actionnant chacun une hélice et donnant une vitesse de 12 nœuds. En

LES SOUS-MARINS

plongée, les accumulateurs et les moteurs électriques faisaient atteindre 9 nœuds.

L'immersion était produite par les moyens classiques du remplissage des ballasts joint à l'action de gouvernails horizontaux.

L'armement consistait en un tube lance-torpille à l'avant, approvisionné de trois torpilles, dont deux en réserve.

A ce premier *U-1* succédèrent un certain nombre d'autres reproduisant plus ou moins heureusement les caractéristiques adoptées par les nations voisines. On peut s'en rendre compte en rapprochant les exemples suivants de ceux donnés plus haut :

Type U-7 à U-12 (année 1910) : longueur 58 m. 60, déplacements 400-500 tonnes, flottabilité 20 p. 100, vitesses 14 nœuds et 10 nœuds, un canon de 47 millimètres, trois tubes lance-torpilles.

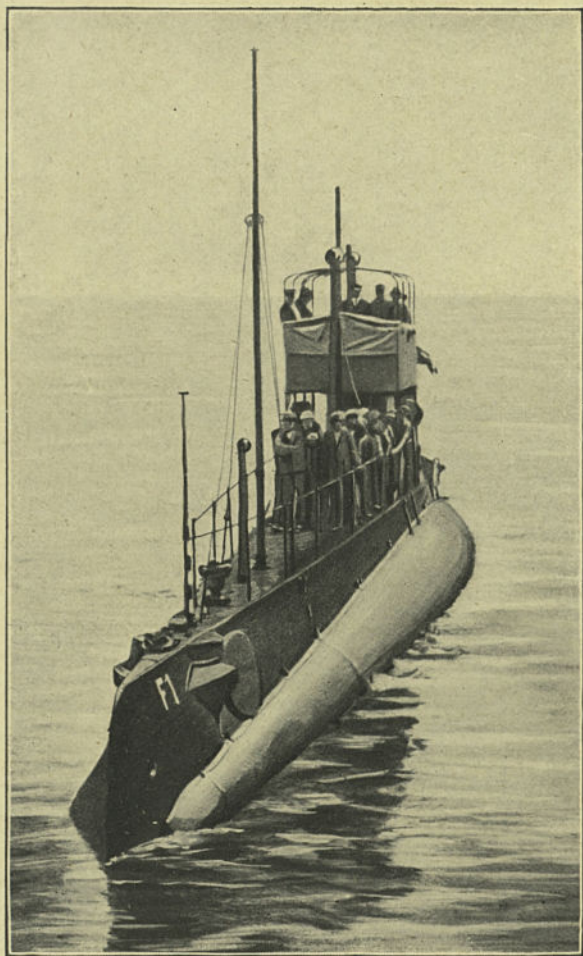
Type U-19 à U-24 (année 1912) : longueur 62 m. 60, déplacements 600-800 tonnes, flottabilité 25 p. 100, vitesses 16 nœuds et 10 nœuds, un canon de 47 millimètres, quatre tubes lance-torpilles.

Type U-25 à U-30 (année 1914) : longueur, 64 m. 60, déplacements 800/1000 tonnes, flottabilité 20 p. 100, vitesses 17 nœuds et 10 nœuds, un canon de 74 millimètres, quatre tubes lance-torpilles.

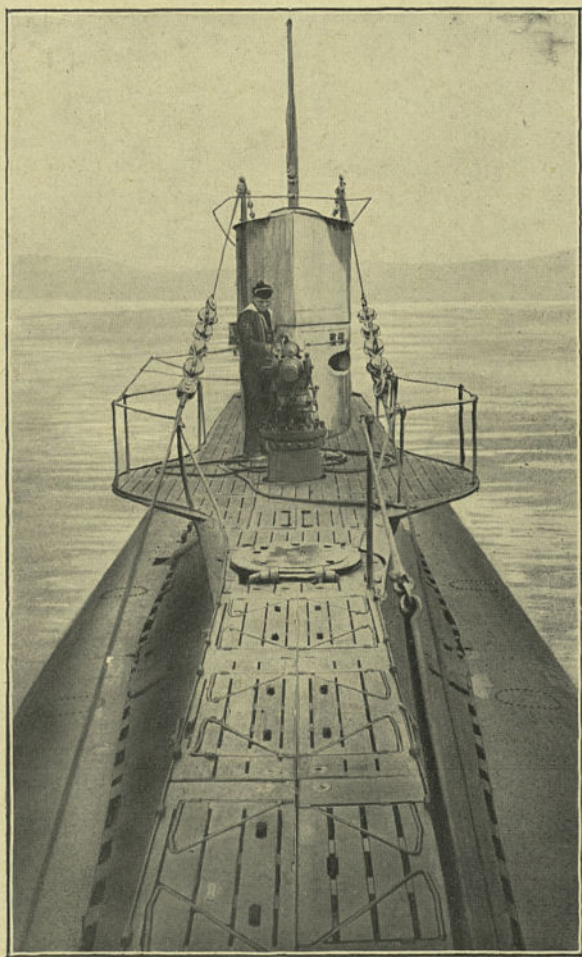
Ce dernier type est celui que nous retrouvons dans toutes les flottes comme grand sous-marin tendant à résoudre le problème du sous-marin d'escadre. Comparés à nos *Gustave-Zédé* donnant 19 et 12 nœuds et possédant 31 p. 100 de flottabilité, ils sont nettement inférieurs.

C'est avec ces trente sous-marins environ, sur lesquels huit trop anciens sont à retrancher, que l'Allemagne a commencé la guerre en 1914. Pendant les hostilités nos ennemis ont produit un très gros effort, dont les détails nous sont restés inconnus à ce moment, mais que nous pouvons maintenant apprécier à sa juste valeur.

Considérons d'abord les types nouveaux qu'ils ont construits au seul point de vue des caractéristiques générales.



LE SOUS-MARIN AMÉRICAIN F-1
Bâtiment du type Holland.



LE SOUS-MARIN ALLEMAND UB-124

*Une vue du pont prise de l'avant avec le canon de chasse et un panneau
rond de descente.*

LES PREMIERS SOUS-MARINS

Nous pouvons les diviser en deux séries : *sous-marins côtiers défensifs* et *sous-marins offensifs de haute mer*.

Les premiers comprennent la classe des *U-B*, ayant les spécifications suivantes : longueur 36 mètres, largeur 4 m. 25, déplacement 250-290 tonnes, flottabilité 14 p. 100, puissance des machines 280 chevaux en surface et 200 en plongée, vitesses de 10 et 6 nœuds, armement composé d'un canon de 47 millimètres et de deux tubes lance-torpilles. Avec les séries précédentes jusqu'aux *U-25* exclusivement, ces sous-marins, mis en service vers 1916, constituèrent les flottilles opérant dans la mer du Nord ¹.

Les sous-marins offensifs de haute mer ont été créés à la suite de la résolution prise par le gouvernement allemand d'interdire tout le trafic maritime de l'Entente dans certaines zones, dénommées « zones bloquées ». Comme premiers éléments d'action, l'Allemagne employa ses *U-25* de 800 tonnes, puis elle étudia quel type elle pouvait réaliser pour atteindre le but qu'elle se proposait.

La chasse au commerce allié exigeait des bâtiments à grand rayon d'action, pouvant tenir la haute mer plusieurs semaines et emporter un approvisionnement de combustible et de vivres suffisant pour n'avoir pas à se ravitailler en cours de route. A première vue c'était, en somme, la solution du sous-marin d'escadre à trouver, mais les circonstances ne permettaient pas aux Allemands de se livrer aux recherches nécessaires. Il leur aurait fallu résoudre la question du moteur unique, celle de la stabilité de route en plongée avec variation perpétuelle de poids, bref trouver d'un seul coup ce que les ingénieurs navals de tous pays étudient en vain depuis plusieurs années. Malgré leur puissance de travail, nos adversaires n'étaient pas à la hauteur d'un semblable programme. Ils préférèrent s'en tenir aux sentiers déjà battus, sans aléas, permettant de marcher à

1. Les dénominations *UB* pour les sous-marins côtiers, *U* pour ceux de haute mer et *UC* pour les mouilleurs de mines n'ont pas été rigoureusement observées. Parmi les unités livrées à la France, il y a eu des *UB* de 500/600 tonnes.

LES SOUS-MARINS

coup sûr dans les limites fixées par l'expérience acquise.

Le compromis était tout indiqué : en faisant un sacrifice sur la vitesse — qu'il n'était pas indispensable de maintenir aussi élevée pour attaquer des navires marchands — on pouvait augmenter le rayon d'action des sous-marins et leur permettre de longues croisières. L'Allemagne mit donc en chantier un type simple, on peut même dire rudimentaire, ne donnant pas plus de 15 nœuds en surface et 8 à 9 en plongée. En logeant ces caractéristiques dans une coque d'un millier de tonnes, on avait de l'aisance partout et le problème était tout résolu.

C'est ainsi que se présentèrent les *U-50*, de 70 mètres de long sur 6 m. 50 de large, avec 900/1200 tonnes de déplacement, 25 p. 100 de flottabilité et un armement en canons poussé jusqu'au calibre 105 millimètres. Les tubes lance-torpilles étaient fixes, placés quatre à l'avant et deux à l'arrière dans l'axe. L'approvisionnement en torpilles s'élevait à dix ou douze.

Ces bâtiments avaient des moteurs Diesel à combustion interne, à pétrole lourd, et des moteurs électriques avec accumulateurs pour la plongée. Les moteurs ne donnaient jamais toute leur puissance en croisière, afin de les ménager, et c'est ordinairement à 6 nœuds en moyenne que les sous-marins allemands sillonnaient les mers à la recherche de nos cargos.

La seule caractéristique intéressante était la plongée rapide. Afin d'échapper aux nombreux patrouilleurs alliés, ces sous-marins avaient des dispositifs permettant de remplir très vite les ballasts et de clore toutes les ouvertures dans un laps aussi court que possible. Rien de nouveau d'ailleurs dans ces installations qui reproduisaient, en les développant, des détails bien connus.

En 1916, l'Allemagne essaya le *sous-marin commercial* avec son type *Deutschland*, qui fit la traversée aller et retour de Kiel aux États-Unis. C'était un bâtiment de 1700/2100 tonnes, donnant 11 nœuds en surface et 8 en plongée. On sait que la tentative dut être abandonnée à la suite de la

LES PREMIERS SOUS-MARINS

capture du *Bremen* — autre bâtiment submersible commercial — et que l'affaire se termina par un insuccès complet après avoir éveillé en Allemagne des espérances considérables. Les *Deutschland* furent alors transformés en vue d'une utilisation militaire ; ils reçurent un armement composé de deux canons de 150 millimètres et de six tubes lance-torpilles.

Quand les États-Unis se rangèrent à nos côtés, l'Allemagne produisit un type de *croiseur submersible* qui représente le maximum de dimension réalisé dans ses chantiers. Ces bâtiments avaient 85 mètres de long, des déplacements de 2 850 tonnes (surface) et 3 500 tonnes (plongée) avec une flottabilité de 18,5 p. 100. La vitesse restait fixée à 15 nœuds, descendant à 8 nœuds en immersion. L'armement comportait deux canons de 150 millimètres, deux de 88 millimètres et six tubes lance-torpilles approvisionnés à dix-huit torpilles de 500 millimètres de diamètre. Les ballasts étaient en partie employés à contenir du pétrole, et le rayon d'action se trouvait suffisant pour faire la traversée de l'Atlantique. Le *U-151*, par exemple, appareilla de Kiel vers le 10 avril 1918, alla croiser sur les côtes d'Amérique et revint en Allemagne environ le 18 juillet, ayant tenu la mer une centaine de jours.

La vitesse restreinte des sous-marins allemands ne présentait pas grand inconvénient quand ils voulaient attaquer les bâtiments de commerce ordinaires. Ceux-ci donnent en moyenne 8 à 10 nœuds et l'assaillant avait encore une marge suffisante pour gagner son poste de lancement. Mais lorsqu'il s'agissait de paquebots rapides, il n'en était plus ainsi, et c'est ce qui explique en partie l'insuccès des tentatives faites par les Allemands contre les transports américains. Lorsque les États-Unis voulurent envoyer leurs troupes en Europe, ils employèrent les anciens transatlantiques allemands internés jusque-là dans leurs ports, superbes bateaux donnant tous plus de 20 nœuds, et qui marchèrent à grande allure vers nos côtes. Devant ces convois rapides, escortés de croiseurs et de contre-torpilleurs, les sous-marins que nous

LES SOUS-MARINS

venons de décrire n'étaient pas de taille. Il leur aurait fallu un coup de chance amenant le but à bonne portée pour qu'ils pussent exécuter un lancement de torpille efficace. L'occasion ne se présenta pas, et la ruée américaine passa en trombe à la barbe des assaillants déconfits.

Comme on le voit, la légende de progrès extraordinaires faits par l'Allemagne en matière de sous-marin, légende née de leurs faciles exploits du début contre des cargos désarmés, est entièrement controuvée. Les ingénieurs qui ont visité dans tous leurs détails les sous-marins ennemis livrés en exécution des clauses de l'armistice sont à ce point de vue unanimes: « Coques formées d'une partie centrale cylindrique avec deux extrémités en pointe rapportées, pas de liaisons étudiées, pas de lignes d'eau suivies; appareillage électrique simple, même primitif; habitabilité insuffisante, équipage mal logé; bateaux faits à la hâte, en série, de vitesse volontairement réduite pour éviter les expériences et obtenir sûrement un résultat accepté d'avance comme médiocre », telles sont les opinions recueillies auprès de nos autorités les plus qualifiées.

S'il n'y a par suite nullement lieu d'admirer la production des ingénieurs navals allemands, il faut reconnaître que l'effort de leurs chantiers fut énorme.

Nous leur avons pris ou coulé environ 190 unités; ils en ont rendu aux alliés un nombre sensiblement égal, et nos commissions en ont encore trouvé 150 sur cale dans les ports qu'elles ont visités. Cela fait, en quatre ans de guerre, près de 500 sous-marins construits, soit *deux et demi par semaine*! Il faut s'incliner devant une pareille réalisation, alors même qu'il s'agit de bâtiments inférieurs à nos productions nationales, et c'est en résumé la seule chose digne de remarque dans la flotte sous-marine créée par l'Allemagne au cours de la guerre.



CHAPITRE II

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

Étude des formes de carène. || Stabilité des corps flottants. || Stabilité des corps immergés. || Stabilité longitudinale. || Vitesse à la surface et en plongée. || Tenue à la mer. || Moteurs de plongée et moteurs de surface. || Accumulateurs et moteurs électriques. || L'autonomie du sous-marin. || La machine à vapeur. || Les moteurs à explosion. || Les moteurs à combustion interne. || Recherche du moteur unique, la vapeur. || Le moteur à pétrole essayé comme moteur unique. || Procédés de plongée, augmentation du poids. || Les hélices verticales. || Le poids mobile. || Le gouvernail horizontal. || Recherches sur les gouvernails horizontaux. || Le dispositif de plongée du Narval. || Le dernier dispositif de plongée de Laubeuf. || Appareils de direction, les manomètres. || Le compas (boussole) sur les sous-marins. || Vision et audition sous-marines. || Le principe du périscope. || Périscope Mangin, Darriens, Romazzotti. || Les cloches sous-marines. || Le tube C. || L'écouteur Walser. || L'appareil Ries. || La vie à bord des sous-marins. || L'habitabilité. || L'air respirable à bord des sous-marins.

STABILITÉ DES CORPS FLOTTANTS. ÉTUDE DES FORMES DE CARÈNE. ¶ ¶ Les formes des bâtiments sont étudiées en vue de satisfaire à différentes conditions de *stabilité*, de *vitesse* et de *tenue à la mer*. Avant d'exposer comment ces problèmes de construction navale se présentent sur le sous-marin, nous allons rappeler les lois élémentaires qui régissent les corps flottants.

Le principe d'Archimède, que nous avons cité plus haut, nous a enseigné, il y a plus de deux mille ans, comment les corps immergés étaient soumis à deux forces agissant en sens contraire. L'une, la *pesanteur*, s'applique au *centre de gravité* du corps, et tend à le diriger de haut en bas; l'autre, la *poussée de l'eau*, s'applique en un point variable suivant

LES SOUS-MARINS

la forme du corps, le *centre de poussée*, et produit au contraire son effort de bas en haut. Suivant que le poids ou la poussée ont la prépondérance, l'on voit le corps s'enfoncer ou tendre à émerger.

Prenons le dernier cas, le seul à considérer en navigation. Un corps flottant quelconque aura donc une partie hors de l'eau et une autre partie immergée déplaçant un volume d'eau dont le poids sera rigoureusement égal au poids total du corps. Quant aux positions respectives des centres de gravité et de poussée, on voit tout de suite qu'ils seront sur la

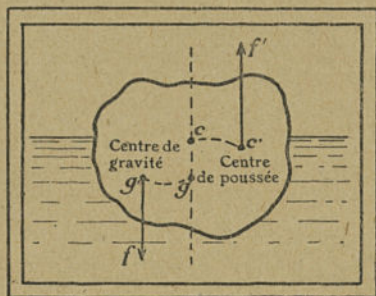


Fig. 9. — Conditions d'équilibre d'un corps flottant.

même verticale. En effet, le schéma ci-joint nous montre que, s'il en était autrement, le corps soumis aux deux forces f et f' tournerait sur lui-même jusqu'à ce que les points g' et c' soient revenus en g et c . Ceci exposé, soit un navire de surface, c son centre de poussée et g son centre de gravité. Le navire au repos a ces deux points sur la même verticale et sa stabilité est assurée. Le centre de poussée sera ordinairement au-dessous du centre de gravité, sans aucun inconvénient si les formes de la carène sont bien étudiées. En effet, faisons s'incliner ce bâtiment, le centre de gravité reste invariable en g , puisque sa position dépend uniquement de la répartition des poids à bord. Mais le centre de poussée va se déplacer en c' car il résulte des contours du volume immergé, lesquels ont changé de forme par suite de l'inclinaison. La force de poussée de l'eau, appliquée en c' , s'exercera toujours dans le sens de la verticale et ira rencontrer l'axe du navire en m , point *métacentrique*. Or, pour que le bâtiment se redresse, il suffit

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

que le point m soit plus haut que le centre de gravité g , comme on peut le constater sur la figure. Si au contraire le point m tombe au-dessous de g , le bâtiment chavire. On voit donc que la stabilité des bâtiments de surface dépend de la position des poids, qui ne doivent pas être placés dans les hauts pour ne pas relever g , et des formes tracées en vue

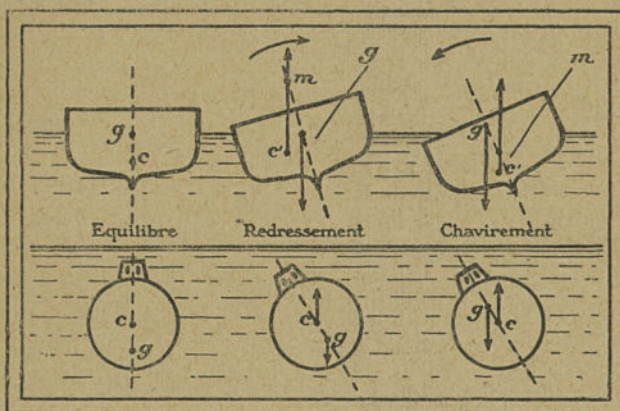


Fig. 10. — Conditions d'équilibre du navire de surface et du sous-marin (m , métacentre; c , centre de poussée; g , centre de gravité).

d'assurer une bonne position du centre de poussée aux diverses inclinaisons. C'est ce qu'on traduit dans le langage courant en disant que les navires ont une *stabilité de formés* et une *stabilité de poids*.

STABILITÉ DES CORPS IMMERGÉS. ¶ ¶ Le sous-marin en plongée est dans des conditions un peu différentes. Les centres de poussée et de gravité sont bien sur la même verticale dans la position d'équilibre, mais pour que cet équilibre soit stable il faut que g , centre de gravité, se trouve au-dessous de c , centre de poussée. En effet, inclinons le sous-marin et voyons ce qui va se passer. Le centre de

LES SOUS-MARINS

gravité, toujours déterminé par le poids total du bateau, reste invariable; mais, contrairement à ce que nous avons vu pour le bateau de surface, le centre de poussée ne change pas non plus, puisque le volume immergé n'a pas subi de modification du fait de l'inclinaison. On voit donc que la condition d'équilibre du sous-marin en plongée est d'avoir toujours son centre de gravité suffisamment bas pour ne pas redouter de le voir passer au-dessus du centre de poussée, même dans le cas où l'on délesterait le bateau brusquement, par exemple en libérant les poids de sécurité.

Les raisonnements précédents s'appliquent à deux cas extrêmes : le navire de surface et le sous-marin pur étudié uniquement en vue de la plongée. Or nous savons que, sous peine de demeurer un engin défensif à rayon d'action très limité, le sous-marin doit pouvoir pratiquer la navigation de surface dans une proportion considérable. La fusion des deux types est donc obligatoire.

Une première solution se présente, et ce fut celle adoptée tout d'abord : donner au sous-marin les qualités requises par la navigation ordinaire en émergence. La plus importante est la *flottabilité*, c'est-à-dire la faculté représentée par le maintien hors de l'eau d'une notable partie de la coque, mettant ainsi l'équipage à l'abri des vagues et donnant des mouvements plus doux dans la mer agitée par suite de la facilité du bâtiment « à s'élever à la lame ».

Cette qualité est malheureusement impossible à réaliser complètement sur le sous-marin à forme de cigare. Pour faire suffisamment émerger un semblable bâtiment, on devrait élever le centre de gravité au-dessus du centre de poussée, ce qui existe couramment dans les navires ordinaires, mais présenterait ici un danger immédiat à cause de l'absence de *stabilité de formes*. Lorsqu'un bâtiment à section circulaire s'incline, le centre de poussée n'a aucune raison de se déplacer comme il le fait sur les carènes habituelles et le « couple de redressement » n'existe pas de ce chef ; la stabilité doit donc être uniquement assurée par une judicieuse répartition des poids.

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

Comme nous l'avons vu plus haut, la deuxième solution a été indiquée par Laubeuf. Elle consiste à partir au contraire du navire de surface pour obtenir le sous-marin. Cette solution, aujourd'hui adoptée en France, n'est pas aussi simple qu'elle le paraît au premier abord. Elle pose en premier lieu une interrogation redoutable : Comment fera-t-on plonger une coque de navire ordinaire et comment se comportera-t-elle en immersion ? Une fois sous l'eau, elle va se trouver soumise à la loi commune en ce qui concerne la stabilité. Son centre de poussée n'aura pas — ou très peu — de déplacement du fait de l'inclinaison et il faudra que le centre de gravité soit au-dessous du centre de poussée.

Or, c'est l'inverse qui existe dans cette coque lorsqu'elle est en surface. Nous devons donc, pour la faire plonger sans danger, amener durant son enfoncement dans l'eau le centre de gravité à passer de dessus en dessous du centre de poussée, sans que la stabilité du bâtiment soit compromise. On y est parvenu en assurant au bateau, pendant le remplissage des ballasts, une bonne stabilité de formes lui permettant de résister aux « couples de chavirement » qui viendraient à se produire.

STABILITÉ LONGITUDINALE. ¶ ¶ A côté de la stabilité *transversale* que nous venons de voir, il existe la stabilité *longitudinale*, c'est-à-dire celle qui envisage les inclinaisons du bâtiment dans le sens de sa longueur. Cette stabilité, régie par les mêmes lois que la précédente, est assurée facilement sur les navires de surface tant qu'une voie d'eau considérable ne vient pas amener l'immersion d'une extrémité de la coque. En effet, les déplacements du centre de poussée sur l'axe longitudinal sont alors de nature à produire un couple de redressement puissant et la stabilité de formes est considérable.

Immergé, le bâtiment est placé, au point de vue de la stabilité longitudinale, dans un cas identique à celui que nous avons indiqué pour la stabilité transversale : il n'y a plus de stabilité de formes, et tout dépend de la position du

LES SOUS-MARINS

centre de gravité. On pourrait donc l'assurer par une répartition suffisante des poids dans les *fonds*, s'il n'y avait pas une limite, celle imposée par la manœuvre. Comme le sous-marin doit se déplacer dans le sens de la hauteur au moyen de ses gouvernails horizontaux, il ne faut pas que ces organes de direction aient une trop grande résistance à vaincre. Un sous-marin doué d'une stabilité longitudinale considérable plongerait difficilement et ne maintiendrait pas sa route aisément en immersion ; il serait « trop dur » à la barre. On voit donc qu'une fois de plus l'ingénieur naval se trouve en présence d'un compromis ; il lui faut créer un bâtiment suffisamment sensible aux gouvernails, mais qui ne prenne pas des inclinaisons dangereuses aux moindres déplacements de poids, tels qu'un lancement de torpille. Dans les premiers types, on était obligé de réglementer jusqu'à la place de chaque homme, l'équipage ne pouvait faire aucun mouvement à l'intérieur pendant la plongée. Il n'en est plus de même, bien entendu, sur les sous-marins modernes.

En résumé, on voit que cette question de la stabilité est très importante à bord des sous-marins, et notablement plus délicate à traiter que sur les bâtiments de surface. C'est la seule indication à retenir des explications très sommaires qui précèdent.

VITESSE A LA SURFACE ET EN PLONGÉE. ¶ ¶ Au point de vue de la vitesse, nous trouvons également une opposition entre les formes convenables en surface et celles adoptées tout d'abord sur les premiers types dans les sous-marins. Le cigare immergé à fleur d'eau est, en effet, d'un très mauvais rendement ; sa pointe « laboure » la surface, produisant une vague qui couvre une partie du bateau et oppose à la marche une résistance très grande. Ensuite le dégagement des molécules liquides se fait mal vers l'arrière, et le sous-marin entraîne avec lui une quantité d'eau nuisible. C'est comme un poids qu'on mettrait à la remorque. On ne doit donc pas s'étonner de voir dans ces types en fuseau la même vitesse être réalisée en immersion avec

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

une puissance inférieure à celle nécessaire en surface.

Pour la marche en immersion, l'idée première qui a dirigé un certain nombre de constructeurs a été l'imitation plus ou moins exacte des poissons. Aujourd'hui l'on peut se demander si cette inspiration se trouvait justifiée. On a bien remarqué la vitesse considérable atteinte par certaines espèces animales : le saumon remonte des torrents, le marsouin joue sur l'avant de torpilleurs lancés à 18 nœuds ¹, mais est-ce à l'excellence de leurs formes que ces poissons doivent leurs performances ? Il ne faut pas oublier en premier lieu qu'ils possèdent dans leur queue un propulseur de premier ordre et que leurs muscles très développés constituent une puissance motrice formidable, comparée à leur déplacement. Il se pourrait donc que, dans le rendement total obtenu par ces animaux, le coefficient « coque » ne soit pas très élevé. La question des meilleures formes pour la vitesse sous l'eau est loin d'être élucidée. En tout cas, lorsqu'on se mit à faire plonger des bâtiments à coques de torpilleur, l'utilisation de ces profils ne s'est pas révélée, en immersion, inférieure à celle des sous-marins purs, offrant un contour régulier. Il n'y a donc pas lieu de faire des sacrifices spéciaux pour obtenir une meilleure vitesse sous l'eau, ou du moins les formes de sous-marins peuvent s'adapter aux nécessités de la plongée sans offrir obligatoirement l'aspect d'un solide de révolution à section circulaire.

TENUE A LA MER. *□ □* Voyons à présent les formes au point de vue de la tenue à la mer en surface. Remarquons tout d'abord que cette question ne se pose pas pour la plongée ; chacun sait en effet qu'à une assez faible profondeur les plus terribles tempêtes n'ont pas d'influence. Il s'agit donc seulement ici de voir quelles qualités, communes avec les navires ordinaires, devra présenter le sous-marin, et jusqu'à quel point il pourra les posséder sans nuire à son utilisation spéciale.

1. Au-dessus de ce chiffre, les observations montrent que les marsouins abandonnent généralement la poursuite.

LES SOUS-MARINS

Ce qui est tout d'abord le plus nécessaire, c'est une bonne hauteur de *franc-bord*, c'est-à-dire une distance suffisante entre le pont et la surface de l'eau. Le franc-bord est naturellement fonction directe de la flottabilité.

Nous avons vu qu'on mesure cet élément en évaluant le pourcentage de coque non immergée dans la navigation en surface. Sur les sous-marins purs, le chiffre ne dépasse pas 12 à 15 p. 100 ; sur les submersibles Laubeuf, il varie de 30 à 45 p. 100. On voit immédiatement combien les seconds se montreront supérieurs aux premiers dès que la mer sera un tant soit peu agitée. Cela sera d'autant plus vrai que les sous-marins à section circulaire ne possèdent en surface qu'une assez faible stabilité longitudinale, à cause de leurs extrémités noyées. Ils ne pourront donc s'élever avec la mer et passeront dans les lames. Leur équipage souffrira beaucoup de ce fait, en dépit des kiosques ou passerelles volantes que l'on s'efforcera d'adjoindre à la coque.

En résumé, nous pouvons conclure qu'avec les formes dérivées du cigare l'on est obligé de faire par trop de sacrifices aux qualités indispensables de tenue à la mer pour obtenir une bonne navigation en surface. C'est pourquoi la solution Laubeuf du torpilleur rendu submersible est infiniment supérieure et qu'elle a fini par prévaloir.

MOTEURS DE PLONGÉE ET MOTEURS DE SURFACE.

▯ ▯ Les premiers inventeurs de sous-marins ne possédaient aucun moteur mécanique et ils durent employer la force humaine pour la propulsion de leurs bateaux. Il ne faut pas autrement le regretter, car ainsi ils furent obligés de porter leurs études uniquement sur les questions de plongée, d'équilibre, etc., ce qui leur permit d'obtenir certains résultats auxquels ils ne seraient sans doute jamais arrivés s'il leur avait fallu parallèlement résoudre le problème des moteurs. La complexité de ce problème est d'ailleurs très grande, et l'on s'en rendra compte en énumérant les conditions requises d'un bon moteur de sous-marin.

Il doit : 1° ne pas changer de poids en développant sa

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

puissance ; 2° n'exiger aucune quantité d'air pour son fonctionnement ; 3° ne pas comporter d'échappement extérieur ; 4° n'émettre aucun gaz nuisible à l'équipage ; 5° être toujours prêt pour la plongée.

A voir ce programme, la réponse s'impose : le seul moteur possible est le moteur électrique. Et, en fait, les premiers sous-marins ayant donné de bons résultats n'apparurent qu'avec les premiers moteurs électriques puissants. Sur le *Gymnote*, des piles spéciales Renard produisaient l'énergie nécessaire, mais cette source d'électricité fut bientôt abandonnée pour les accumulateurs. Ce n'est pas que ceux-ci soient encore aujourd'hui des instruments bien perfectionnés. Leur rendement, en dépit des progrès obtenus, est encore très voisin de celui obtenu par l'appareil primitif de l'ingénieur français Planté, datant de 1860.

ACCUMULATEURS ET MOTEURS ÉLECTRIQUES.

∅ ∅ L'on en connaît le principe. Deux plaques de plomb sont baignées par un liquide excitateur, acide sulfurique dilué d'eau par exemple. Si on relie l'une de ces plaques au pôle positif, l'autre au pôle négatif d'une dynamo, le courant électrique va oxyder la plaque positive et laisser intacte la plaque négative. A un certain moment, l'absorption cesse, et l'accumulateur est chargé. Réunissons à présent les deux plaques par un conducteur, un courant en sens inverse s'établira, la plaque positive va se réduire et la plaque négative s'oxyder. La décharge s'opère, restituant le courant emmagasiné.

L'avantage des accumulateurs sur les piles était surtout dû à la facilité de leur emploi et au remplacement aisé des plaques de plomb après usure. Mais, en revanche, le poids de ces appareils est considérable, puisque l'on doit compter 50 kilogrammes environ par cheval développé et par heure. Encore, à certaines allures, faut-il élever ce chiffre. Néanmoins, ne soyons pas trop ingrats envers les accumulateurs. Sans eux, nous ne posséderions sans doute pas de sous-marins, puisque à l'heure actuelle, c'est encore

LES SOUS-MARINS

à ce procédé qu'on s'adresse pour la propulsion en plongée.

Les sous-marins modernes possèdent des batteries d'accumulateurs susceptibles de fournir des intensités de 4 000 ampères, qui actionnent des moteurs électriques de 1500 à 2 000 chevaux. On peut se rendre compte de la difficulté que présente, avec de semblables courants, l'établissement des appareils de distribution. Le problème des variations de vitesse a également nécessité des recherches nombreuses avant de recevoir une solution satisfaisante. On le résout ordinairement en employant plusieurs moteurs sur le même arbre d'hélice et en groupant les batteries d'accumulateurs de façon à pouvoir fournir des voltages différents. On peut ainsi produire toute une gamme de puissances répondant aux besoins de la manœuvre.

Le démarrage des moteurs a nécessité aussi des appareils délicats, afin d'éviter les dégagements de chaleur et les productions d'étincelles dangereuses. Enfin le passage de la marche avant à la marche arrière est produit, après stoppage du moteur, par une inversion dans les connexions au moyen d'un jeu d'interrupteurs et de commutateurs.

Les appareils principaux sont donc au nombre de trois : *démarrateur*, servant à la mise en marche, *inverseur* pour le renversement du sens de rotation des arbres porte-hélice, et *coupleur* permettant les variations de puissance.

Toute cette installation électrique est excessivement difficile à entretenir. On sait quel antagonisme permanent existe entre l'eau et l'électricité : il n'y a pas dans la nature deux forces plus foncièrement ennemies, et malheureusement la seconde n'est jamais la plus forte. Qu'une humidité malencontreuse atteigne les accumulateurs, et voilà leur capacité entamée ; si une fuite d'eau gagne les fils conducteurs, gare les courts-circuits ! On peut donc dire sans crainte que le sous-marin était bien le dernier endroit où l'on devait songer à installer un dispositif électrique, mais le progrès moderne a des lois supérieures auxquelles il faut obéir. En fait, avec des précautions spéciales, des isolements

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

exceptionnels dont les électriciens terrestres n'ont aucune idée, on parvient à s'en tirer.

Avant de quitter l'intérieur de nos submersibles, disons qu'aujourd'hui on y trouve, en dehors des appareils de propulsion, une trentaine de petits moteurs électriques. Tels sont ceux qui commandent les organes de plongée ou gouvernails horizontaux, d'une puissance de 18 chevaux environ, les pompes de remplissage et vidange des ballasts — 30 à 50 chevaux — et les moteurs de 4 chevaux au moyen desquels on manœuvre le périscope. Cet appareil de vision, dont nous parlerons plus loin, est monté en effet sur un tube mobile d'une longueur et d'un poids tels qu'on ne pourrait le faire rapidement mouvoir à bras. Enfin n'oublions pas la cuisine ! Nos équipages de sous-marins sont, à ce point de vue, traités comme des milliardaires, car ils emploient à la cuisson de leurs repas une énergie électrique considérable, vingt chevaux environ. Voilà un fourneau qui n'est pas à la portée de toutes les bourses !

La fée Électricité ne se borne pas, sur nos sous-marins, à l'emploi de mécanicienne et de ménagère; elle assure naturellement l'éclairage, la transmission des ordres à l'intérieur du bâtiment et les communications par télégraphie sans fil. Est-elle sans reproches dans ces multiples fonctions ? Non pas, certainement.

Tout d'abord on peut blâmer son poids et son encombrement excessif. Aux 50 kilos environ des accumulateurs, il faut ajouter 25 à 30 kilos pour le moteur, et le poids du cheval électrique monte ainsi à 80 kilogrammes au moins. C'est considérable si l'on se rappelle que les machines à vapeur de torpilleurs ne pèsent que 20 à 22 kilos par cheval. Mais un autre inconvénient, que nous avons déjà signalé, est encore plus grave. Le sous-marin électrique est rivé à son port d'attache, dont il ne peut s'éloigner au delà de la limite tracée par la capacité de ses accumulateurs. Il n'est pas autonome et ne peut constituer qu'un engin défensif à faible rayon d'action.

Donc, au passif de l'électricité nous relevons une vitesse

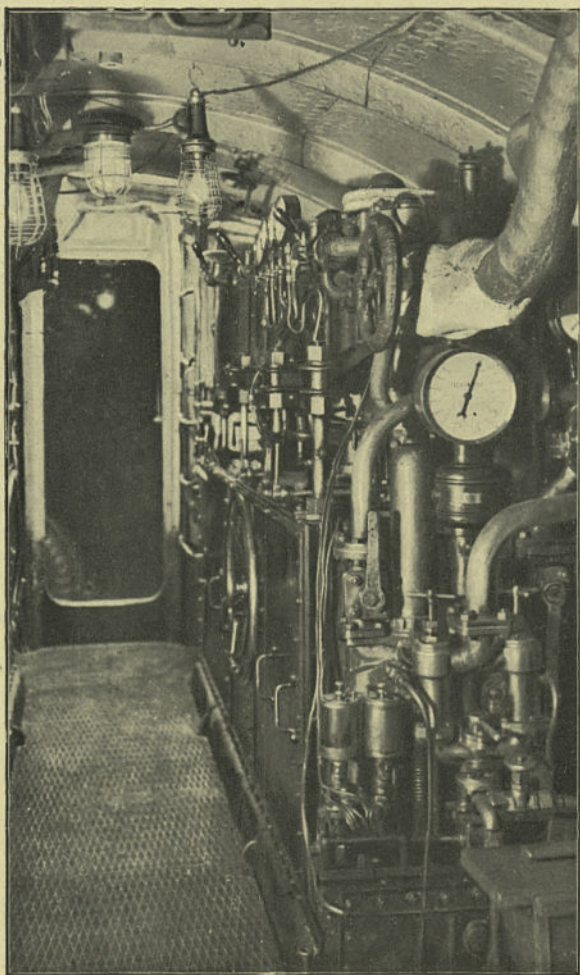
LES SOUS-MARINS

médiocre, à cause du poids considérable de l'appareil moteur, et une utilisation restreinte par l'obligation de s'approvisionner à une source placée à terre.

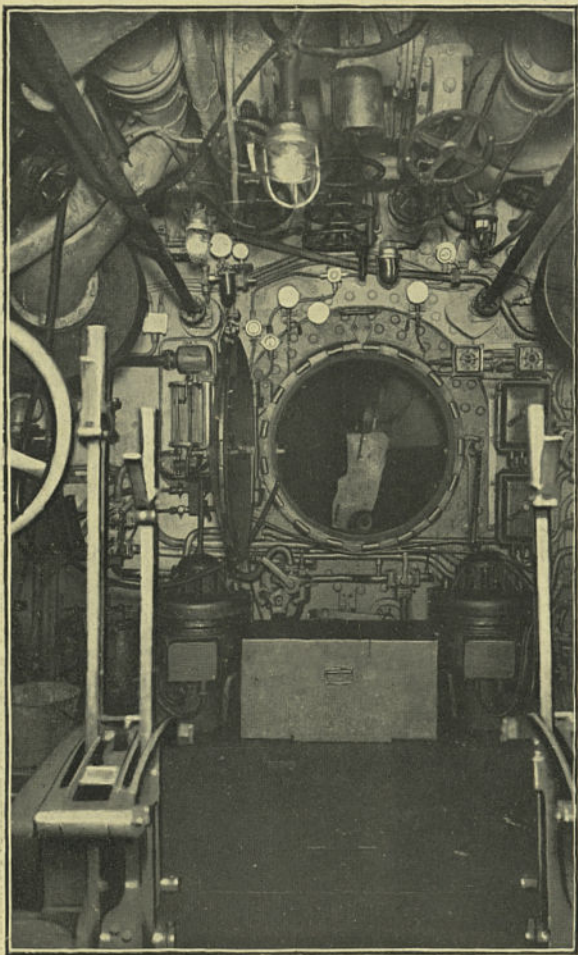
L'AUTONOMIE DU SOUS-MARIN. ∞ ∞ La solution du problème de l'autonomie est encore due à Laupeuf, et fut, comme il a été dit plus haut, réalisée pour la première fois sur le submersible *Narval*. Elle consistait à doter le sous-marin d'un moteur de surface capable de renouveler l'énergie du moteur électrique de plongée, reconnu indispensable. Aujourd'hui encore c'est la disposition employée sur tous les sous-marins et dans tous les pays. Elle nous conduit à étudier maintenant les qualités nécessaires à un moteur de surface. Moins sévères que celles exigées du moteur de plongée, on peut les résumer ainsi : 1^o permettre le passage rapide de la surface à l'immersion ; 2^o une fois stoppé, ne pas incommoder l'équipage durant la plongée ; 3^o employer un combustible sans danger, facile à loger et à manipuler. A ces conditions on peut ajouter un désir : voir le moteur de surface racheter par sa légèreté et son moindre encombrement le poids et le volume du moteur électrique de plongée.

Quelles sont les machines pouvant convenir ? Il en est deux : la *machine à vapeur* et le *moteur à pétrole*, ce dernier se divisant en *moteurs à explosion* et *moteurs à combustion interne*. Ces divers appareils sont des moteurs *thermiques*, c'est-à-dire transformant la chaleur en travail, ce qui est un inconvénient au point de vue de la température intérieure du bâtiment. Examinons-les successivement.

LA MACHINE A VAPEUR. ∞ ∞ La machine à vapeur a pour elle son fonctionnement sûr, sa souplesse, sa perfection acquise par une longue expérience, ne laissant place à aucun aléa. Mais elle est par contre très volumineuse et nécessite, avec le charbon, un combustible lourd, encombrant, difficile à manier. On commença par supprimer ce dernier défaut en employant des chaudières chauffant au pétrole. Ces chaudières sont constituées par un faisceau de



A BORD D'UN SOUS-MARIN
Type de machine à va peur utilisée en surface, avec chaudière au mazout.



A BORD D'UN SOUS MARIN
*Moteur à pétrole Diesel remplaçant sur les derniers sous-marins la
machine à vapeur de surface.*

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

petits tubes, baigné dans les gaz produits par la combustion du *mazout* ou pétrole lourd pulvérisé par des becs. Telle fut la première chaudière du *Narval* ; elle produisait une vaporisation rapide et présentait le minimum d'encombrement.

La machine elle-même n'avait pas à être modifiée pour entrer dans le sous-marin. Les types de machines alternatives, à graissage forcé, employés sur les torpilleurs, convenaient parfaitement. Jusqu'à présent on n'a pas songé aux turbines, sans doute à cause de leur consommation de vapeur aux petites vitesses.

Malgré ses qualités, la machine à vapeur n'est pas un bon moteur de surface pour le sous-marin. Elle dégage trop de chaleur et ralentit forcément les opérations de plongée par ses nombreuses ouvertures d'évacuation qu'il faut clore au dernier moment. Son poids et son encombrement, pour les puissances exigées maintenant sur les unités de 1000 tonnes, accroissent regrettablement le taux déjà élevé des moteurs électriques. Aussi, bien qu'une notable partie de nos sous-marins en soit dotée, on ne peut considérer la machine à vapeur que comme un pis-aller, en attendant le progrès des moteurs à pétrole.

LES MOTEURS A EXPLOSION. ¶ ¶ Voyons à présent ces derniers, en commençant par les *moteurs à explosion*. Tout le monde, par ces temps d'automobilisme, connaît ce genre de machine : un *carburateur* mélange l'air à une proportion convenable d'essence de pétrole (densité 600) et envoie dans le cylindre une quantité de gaz que le piston comprime à 5 kilos environ. A ce moment intervient une étincelle électrique, et le mélange explose en chassant le piston, ce qui constitue le « temps moteur » du cycle. Sur les voitures, ce genre d'appareils fonctionne à la satisfaction générale — je parle des automobilistes — mais dans les sous-marins, il y a des réserves à faire. Tout d'abord, le combustible employé est dangereux, qu'il s'agisse de la *gazoline*, de densité 680 à 700, inflammable à 5 ou 6 degrés, ou de l'*essence*, provenant du raffinage des pétroles,

LES SOUS-MARINS

densité 600 à 620, ou du benzol, extrait du goudron, densité 860 à 880. Ces produits sont très volatils, s'enflamment facilement et donnent lieu en outre à des émanations nocives.

Ce vice rédhibitoire n'est pas le seul. Les moteurs à explosion nécessitent un allumage électrique, et l'on sait tous les mécomptes auxquels peut donner lieu ce mode d'inflammation dans un milieu saturé d'humidité saline.

Enfin, de par leur constitution, ces moteurs sont limités à des puissances moyennes, on peut même dire faibles quand il s'agit de navigation. Il est difficile de dépasser en effet 60 chevaux par cylindre, sous peine d'avoir une carburation médiocre et un fonctionnement capricieux. Il faut donc accroître par trop le nombre des cylindres dès que l'on veut atteindre une puissance raisonnable. Les moteurs Fiat des premiers sous-marins italiens avaient *douze cylindres* pour 250 chevaux, et la multiplicité des organes était la source d'incidents fréquents.

Si nous complétons ce tableau en rappelant que les moteurs à explosion nécessitent un régime de rotation rapide peu favorable à la bonne utilisation des hélices, nous aurons expliqué pourquoi ce type de machines a dû être abandonné après avoir été quelque temps employé sur certains sous-marins étrangers.

LES MOTEURS A COMBUSTION INTERNE. ∅ ∅ La meilleure solution des moteurs de surface, en l'état actuel de la science mécanique, est celle fournie par les *moteurs à combustion interne*. Voici quel est leur principe. On comprime l'air dans le cylindre sous une pression élevée, 35 kilogrammes environ, ce qui développe dans cette masse gazeuse une température voisine de 900 degrés. En injectant alors du pétrole lourd dans le cylindre, on obtient la combustion sans autre procédé d'allumage et le piston subit une poussée, non plus brusque comme dans le moteur à explosion, mais continue pendant toute la durée de l'injection.

Les avantages d'un pareil moteur dans la navigation sont évidents : vitesse de rotation modérée, simplicité des organes,

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

allumage assuré sans électricité. On peut ajouter: puissance plus grande par cylindre, car on est parvenu à obtenir couramment 250 chevaux dans chacun d'eux, et les projets en essai permettent d'envisager la réalisation du cylindre de 1000 chevaux.

En revanche, le poids et le volume total de ces appareils ne sont pas inférieurs à ceux des machines à vapeur. Les moteurs de nos derniers sous-marins pèsent en effet encore 40 kilogrammes par cheval, tous les organes compris.

Par suite, le sous-marin moderne se trouve obligé de réserver 120 kilogrammes par cheval à sa propulsion, dont 80 pour le moteur de plongée et 40 pour celui de surface. C'est un obstacle considérable à l'accroissement de sa vitesse, et l'on comprend maintenant l'intérêt soulevé par le problème du *moteur unique*.

La question est ancienne, mais au début elle ne se présentait pas sous la même forme. Les inventeurs des premiers sous-marins mécaniques ne songèrent pas au double moteur, et c'est seulement le moteur de plongée qu'ils cherchèrent à obtenir. Nous avons vu ainsi, en 1860, le *Plongeur* de Bourgois posséder un moteur à air comprimé. Cette solution est intéressante à rappeler, parce que le type de machine employé alors sert toujours à présent dans les torpilles automobiles. L'on peut se demander pourquoi les grandes torpilles que sont les sous-marins ne possèdent pas le même appareil de propulsion que leurs semblables en réduction. Le moteur à air comprimé ne change pas de poids — ou très peu — pendant son fonctionnement ; loin de dégager une chaleur gênante, il amène un abaissement de température pendant son travail ; les gaz expulsés ne sont pas nocifs, mais au contraire revivifiants pour l'atmosphère intérieure. A première vue, c'est la solution rêvée du problème.

Un détail gêne tout cet ensemble. Si la machine elle-même n'est pas plus lourde qu'un moteur à explosion, les réservoirs et les compresseurs d'air constituent un poids considérable, surtout avec les dimensions nécessaires pour une marche prolongée. Non seulement le *cheval* pèse trop, mais le *cheval*

LES SOUS-MARINS

heure dépasse les limites permises. On arrive facilement à 150 ou 160 kilogrammes par cheval-heure dans ce type de machine, soit environ deux fois le poids des moteurs électriques avec leurs accumulateurs. Il faut donc y renoncer en dépit des avantages signalés ; nos mécaniciens de sous-marins ne viendront pas se rafraîchir près de leurs machines en respirant l'air pur à l'orée des soupapes d'échappement....

RECHERCHE DU MOTEUR UNIQUE, LA VAPEUR.

□ □ La vapeur a été essayée en plongée sur le bateau de Nordenfeldt, comme nous le savons. Mais les inconvénients étaient multiples : outre la chaleur développée, le poids de l'appareil moteur se trouvait accru par celui des réservoirs destinés à emmagasiner la vapeur surpressée pour l'alimentation de la machine pendant l'immersion. Le dernier type Nordenfeldt, pour une puissance de 1 200 chevaux, exigeait deux énormes chaudières d'une contenance totale de 50 tonnes environ. En fait d'encombrement, il était difficile d'accepter un pareil chiffre. Au point de vue du poids, le système Nordenfeldt conduisait à 90 ou 100 kilogrammes par cheval, ce qui amène à conclure que la méthode d'accumulation de force par le moyen de la vapeur est inférieure à celle des accumulateurs électriques. Cependant, en 1906, on vit réapparaître le procédé avec la *chaudière accumulatrice* de l'ingénieur du génie maritime Maurice, essayée sans succès sur le sous-marin *Charles-Brun*. L'inventeur avait cette fois employé une matière, l'acétate de soude, pouvant emmagasiner la chaleur du foyer et la restituer à l'eau, une fois les feux éteints. D'autres systèmes basés sur un dégagement de température produit par la soude caustique mouillée furent mis en expérience, mais tous succombèrent devant l'épreuve d'une navigation prolongée.

Abandonnant l'idée de l'accumulation, certains tentèrent simplement de faire fonctionner la machine à vapeur sous l'eau avec emploi d'un combustible comme à l'air libre.

La grande difficulté à résoudre était l'évacuation des gaz de la combustion. Non seulement il fallait vaincre la pression

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

de l'eau à l'ouverture, mais encore on ne pouvait laisser se former à la surface des bulles qui auraient décelé la présence du bâtiment. En outre, il y avait lieu de prévoir une consommation d'air pour entretenir le feu. Des solutions fort ingénieuses ont été présentées à ces divers points de vue, introduction d'un produit oxygéné dans le foyer, emploi d'un gaz combustible, donnant comme résidu de l'eau, mais aucune n'a pu s'imposer. La machine à vapeur se refuse décidément à plonger — comme aussi à voler — et son poids l'attache à la surface de notre globe.

Le moteur à pétrole est donc le seul espoir qui nous reste de voir un jour les sous-marins débarrassés de leurs accumulateurs électriques. Jusqu'à présent, malheureusement, cet espoir est déçu, mais il ne faut pas douter de l'avenir.

LE MOTEUR A PÉTROLE ESSAYÉ COMME MOTEUR UNIQUE. Les moteurs à explosion ont donné une solution partielle en fonctionnant à de faibles profondeurs. L'échappement possède en effet une force suffisante pour vaincre la contre-pression de l'eau à deux ou trois mètres d'immersion. Mais il faut aussi alimenter d'air le carburateur, et la méthode consistant à puiser dans l'atmosphère au moyen de manches venant déboucher à la surface n'est qu'un expédient impraticable à la guerre.

On a songé alors à récupérer les gaz déjà brûlés en leur fournissant de l'oxygène pour les renvoyer au moteur qui posséderait ainsi un cycle fermé analogue à celui des machines à vapeur. Tel fut le système essayé sur le sous-marin français *Guépe* et sur le sous-marin russe *Pochtovy* construit en 1906 sur les plans de Drzewiecki. Ce dernier bateau aurait, paraît-il, donné des résultats satisfaisants, bien que l'Amirauté russe n'ait pas poursuivi les expériences. Tous ces systèmes ne remédient pas d'ailleurs aux défauts des moteurs à explosion, que nous avons signalés comme dangereux et mal appropriés à la navigation sous-marine.

Le moteur à combustion interne pourra-t-il enfin réaliser

LES SOUS-MARINS

la solution tant attendue ? C'est douteux, car ce genre d'appareils est un grand buveur d'air. Sur le sous-marin Y, de l'ingénieur Bertin, l'on avait essayé d'adapter aux moteurs Diesel un réservoir d'air comprimé pour les faire fonctionner en plongée. Ce fut un insuccès complet, et à notre connaissance ce bâtiment n'a jamais pu naviguer en immersion avec ce dispositif.

En résumé, cette question est actuellement la seule à résoudre dans la navigation sous-marine, mais lorsqu'on y sera parvenu, des horizons nouveaux s'ouvriront pour l'emploi des submersibles. Écoutons ce que dit à ce sujet Laubeuf : « Le champ reste ouvert aux chercheurs et aux inventeurs. Lorsqu'ils nous auront donné le moteur unique, puissant et sûr, tant désiré par les constructeurs de sous-marins, le programme du sous-marin d'escadre pourra être réalisé intégralement et le torpilleur disparaîtra des flottes modernes. »

PROCÉDÉS DE PLONGÉE ; AUGMENTATION DU POIDS. ∅ ∅ L'étude des procédés de plongée, que nous allons faire aussi succincte que possible, va nous permettre à présent de nous rendre compte dans ses grandes lignes de la façon dont un sous-marin prend l'immersion et de la méthode employée pour lui assurer une bonne stabilité de route.

Tout d'abord, revenons au principe d'Archimède. Pour faire plonger un corps, il suffit que son poids soit supérieur au poids du volume d'eau déplacé par ce corps, d'où deux solutions possibles : augmenter le poids du corps ou diminuer son volume. Nous avons vu la seconde employée dans certains sous-marins du début, notamment sur le *Plongeur* de Bourgois. Mais les conditions de réalisation étaient si difficiles, qu'on abandonna bientôt ce procédé pour s'en tenir à l'accroissement de poids. Il n'y avait en effet pour cela qu'à disposer des réservoirs ou « water-ballasts » en communication avec l'extérieur et à les remplir au moment voulu. La simplicité du système était flagrante, et, Archi-

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

mède se trouvant satisfait, il n'y avait pas lieu de chercher plus loin.

Donc, remplissons nos ballasts. Le sous-marin s'alourdit, et lorsqu'il pèse plus lourd que le volume d'eau déplacé par sa carène, sa flottabilité est devenue *négative*, il s'enfonce. Jusqu'où va-t-il aller ainsi ? La question vient un peu tard, mais la réponse est bien simple : la descente n'a d'autre limite que le fond de la mer. On a songé parfois qu'aux grandes profondeurs la densité de l'eau était supérieure à celle de la surface et qu'ainsi, à volume égal, la poussée s'accroîtrait jusqu'à produire l'équilibre. Malheureusement le sous-marin est compressible, et dans une mesure supérieure à la légère différence de densité des eaux. Il compensera donc cette dernière par une réduction de volume suffisante pour annuler cette très faible poussée supplémentaire.

Donc, nous continuons à nous immerger, mais le remède est à notre portée : vidons nos ballasts. Pour cela, une force mécanique nous est nécessaire afin de vaincre la pression de l'eau, et il ne faut pas trop attendre, car cette pression augmente d'un kilogramme par centimètre carré à chaque dizaine de mètres.

Mettant en route nos pompes électriques, ou mieux encore chassant l'eau des ballasts avec une détente d'air comprimé, nous voici délestés d'un poids suffisant pour rendre notre flottabilité *positive*. Le sous-marin remonte, et si on le laisse faire, il ira jusqu'à la surface de façon à émerger d'un volume suffisant pour équilibrer le poids de l'eau expulsée.

Mais la navigation sous-marine ne consiste pas dans une simple promenade aller et retour à une profondeur quelconque. Il faut pouvoir stationner à l'immersion voulue, et nous voici contraints à présent de réintroduire de l'eau dans nos ballasts pour arrêter le mouvement de montée. On reviendra donc à une flottabilité négative, puis à encore une flottabilité positive, et par tâtonnements successifs on obtiendra enfin l'arrêt entre deux eaux.

LES SOUS-MARINS

Cet équilibre est tout à fait instable et rien n'est plus difficile que de se tenir en flottabilité *nulle*. Que la moindre cause extérieure intervienne et nous voici obligés de recommencer le jeu alternatif de remplissage et de vidange des réservoirs. Il faut donc trouver un autre procédé, d'autant plus qu'il ne s'agit pas seulement de réaliser une plongée sur place, comme celle que nous venons d'exécuter, mais une plongée en marche, où d'autres forces interviendront.

On doit par suite choisir entre la flottabilité positive et la flottabilité négative, puisque nous avons vu que la flottabilité

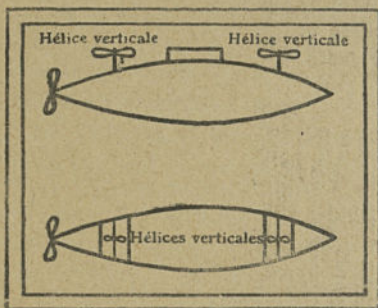


Fig. 11. — Hélices verticales dans des Puits (sous-marins Nordenfeldt).

nulle est quasi impossible à conserver.

La positive a naturellement toutes nos sympathies : entre un sous-marin qui tend de lui-même à remonter en surface et un autre qui ne demande qu'à plonger indéfiniment l'hésitation n'est pas permise. Donc, introduisons dans nos

ballasts une quantité d'eau légèrement trop faible.

Mais alors, notre sous-marin ne plongera pas, car nous savons que, si petite que soit la flottabilité positive, elle va le ramener en surface. Il nous est donc nécessaire d'adjoindre à nos moyens d'action celui qui nous permettra de vaincre cette force ascensionnelle.

LES HÉLICES VERTICALES. ¶ ¶ Un premier procédé s'offre à nous : les *hélices verticales*. En plaçant de pareils propulseurs à bord de notre sous-marin, nous aurons la faculté de le déplacer vers le haut ou vers le bas suivant le sens de rotation imprimé à ceux-ci. Nous avons vu Bushnell, Bourgois, Nordenfeldt s'adresser, à des époques

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

différentes, à un système semblable. Mais à l'usage, les inconvénients ont apparus. Les hélices verticales sont d'une action brutale et cependant trop lente, les premiers tours ne produisant pas encore une poussée suffisante à cause de l'inertie de la masse considérable représentée par le sous-marin. Il nous faudrait des hélices au moins égales en diamètre à celles employées à la propulsion, et l'on ne peut y songer.

« Voyons si la solution ne pourrait pas nous être fournie en considérant le sous-marin en marche. Soit (fig. 12, I)

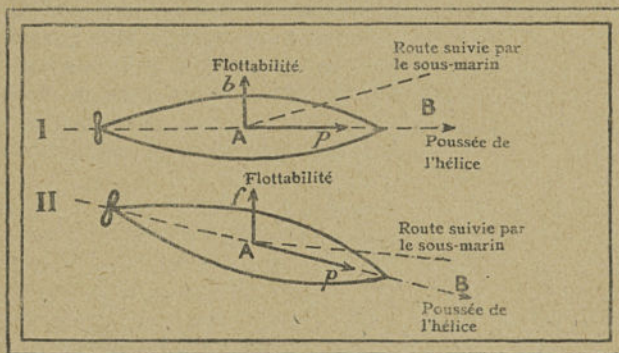


Fig. 12. — I. Le sous-marin horizontal émerge; II. Le sous-marin incliné plonge.

un sous-marin immergé avec une très faible flottabilité positive ; mettons l'hélice propulsive en route. Notre bâtiment va être soumis à deux forces, que nous supposerons appliquées en un point central A, voisin du centre de poussée. La première de ces forces sera représentée par Ab , c'est la flottabilité positive qui tend à ramener le sous-marin en surface ; la seconde Ap n'est autre que l'impulsion de l'hélice, poussant le bâtiment en avant. La résultante de ces deux forces combinées sera donc une ligne AB et le sous-marin, se déplaçant dans cette direction, ira émerger à une certaine distance de son point de départ.

LES SOUS-MARINS

Supposons maintenant que nous ayons pu faire prendre à notre bateau une inclinaison la pointe en avant (II). Il sera toujours soumis aux deux mêmes forces, mais comme nous avons une flottabilité positive très faible, la force f est bien inférieure à la force propulsive p et la ligne AB va s'incliner au-dessous de l'horizontale. On peut donc annuler la flottabilité positive par changement d'assiette, pointe en bas.

LE POIDS MOBILE. ¶ ¶ Reste à produire ce changement d'assiette. On songera tout d'abord à déplacer les poids, à charger l'avant du sous-marin par exemple. Mais comme il ne s'agit pas d'une position invariable, et qu'il faut nous réserver la faculté de modifier à tout instant notre situation, on établira un *poids mobile* pouvant circuler de l'avant à l'arrière en donnant au sous-marin toutes les inclinaisons convenables.

Ce fut le deuxième procédé employé, après l'échec des hélices verticales. Mais des inconvénients se révélèrent aussi : la manœuvre d'une masse suffisante exige des dispositifs encombrants et compliqués ; il faut de plus obtenir un changement dans l'assiette relativement important pour que la trajectoire AB du sous-marin se modifie suffisamment vers le bas ou vers le haut ; la route ne se maintient que par des oscillations perpétuelles et un déplacement incessant du poids. Bref, ce n'est pas encore la solution rêvée.

C'est vers 1886 qu'on s'avisa du *gouvernail horizontal*, au moyen duquel la stabilité en plongée fut enfin obtenue sur le *Gymnote*. L'action de ces organes de direction peut s'expliquer sommairement de la façon suivante.

LE GOUVERNAIL HORIZONTAL. ¶ ¶ Supposons un gouvernail horizontal placé à l'arrière d'un sous-marin en plongée, avec flottabilité positive et machine propulsive en marche.

Si nous inclinons le gouvernail dans le sens représenté en (I), ce gouvernail va recevoir une poussée de l'eau dans

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

le sens AB. Cette force peut se décomposer en deux autres : l'une, p , qui agit parallèlement à l'axe du sous-marin et en sens contraire de sa route, l'autre, f , qui pousse l'arrière vers le haut. La première force ne sera que retardatrice, comme sur les bâtiments de surface où tout mouvement du gouvernail diminue la vitesse ; mais la seconde force f , soulevant l'arrière, fera incliner l'avant et produira le changement d'assiette voulu pour amener la plongée.

Plaçons au contraire maintenant le gouvernail comme il est figuré en (II). La force AB se décompose encore en une

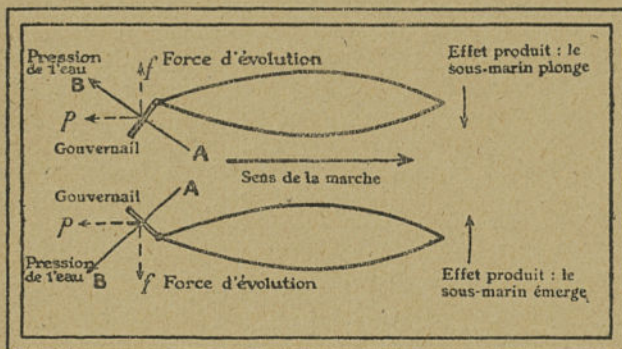


Fig. 13. — Action du gouvernail horizontal : I. Le sous-marin plonge ; II. Le sous-marin émerge.

force p , réduisant l'allure, et une force f , celle-ci dirigée à présent vers le bas, entraînant l'arrière et soulevant l'avant. Le sous-marin va remonter. On voit ici combien ce procédé du gouvernail horizontal est préférable aux précédents par sa manœuvre rapide, son effet sûr et son action graduée à volonté par le plus ou moins d'inclinaison donnée à la barre de commande. Aussi tous les autres systèmes ont-ils disparu et la plongée ne s'exécute plus, depuis déjà vingt ans, qu'au moyen de gouvernails horizontaux. Mais nous avons à citer encore toute une série d'essais avant d'arriver à la solution moderne. Les gouvernails horizontaux peuvent en

LES SOUS-MARINS

effet être fixés à l'arrière, à l'avant, au milieu, ou encore simultanément à ces différentes places. Nous allons voir les aspects successifs présentés par cette importante question.

RECHERCHES SUR LES GOUVERNAILS HORIZONTAUX. *Revenons à la période du « sous-marin » pur, à faible flottabilité, antérieur à la création du « submersible » de Laubeuf. A ce moment les coques avaient des formes régulières ; c'étaient des fuseaux pointus aux extrémités, avec la plus grande section exactement au milieu de*

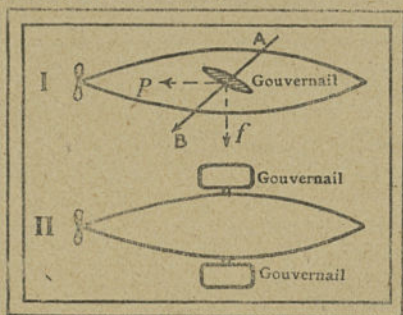


Fig. 14. — I. Pression de l'eau sur le gouvernail et sa décomposition en deux forces ; II. Gouvernails horizontaux au milieu (élévation et plan).

la longueur, ou très voisine de cette position. Tel était par exemple le *Gymnote*. La plongée avait été obtenue sur ces bateaux au moyen d'une seule paire de gouvernails horizontaux placée à l'arrière, qui amenait l'immersion comme nous venons de l'expliquer avec une inclinaison

longitudinale, la pointe en bas, de 5 à 6 degrés.

La stabilité de route sous l'eau, considérée comme acquise, était imparfaite, si nous la comparons aux résultats actuels. Pour la première fois un sous-marin se tenait en immersion, sans venir intempestivement à la surface ni plonger exagérément, mais bien des progrès restaient encore à accomplir. En premier lieu, l'inclinaison nécessaire pour s'immerger était un grave défaut. Il fallait pour cela détruire l'équilibre longitudinal, et, en matière de stabilité, ce n'est jamais un but souhaitable que la diminution d'un couple de redressement. On peut être gagné et ne plus

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

pouvoir rétablir la position horizontale, ce qui conduirait fatalement à la catastrophe. En outre, nous avons vu que cette méthode fait relever l'arrière ; en cas de mauvais temps, l'hélice sortira de l'eau, la propulsion en avant s'arrêtera et le sous-marin ne pourra plus plonger.

Il fallait donc obtenir la *plongée horizontale*, et l'on s'attacha à résoudre ce problème indispensable sur le *Gymnote* lui-même. Les deux gouvernails arrière ne pouvaient donner la solution ; on les mit à l'avant sans meilleur résultat, puis au milieu (fig. 14).

A première vue, cette position centrale devait convenir. Si nous considérons en effet la décomposition de la force AB , le gouvernail étant incliné comme dans la figure, nous retrouvons les forces p (retardatrice) et f (plongée). Cette dernière, ne s'appliquant plus ni à l'avant ni à l'arrière, devrait faire enfoncer le sous-marin horizontalement, et l'on pensa ainsi tout d'abord.

Mais la question est beaucoup plus complexe. L'évolution du sous-marin repose sur la position des centres de résistance de carène relativement aux centres de poussée et aux points d'application des efforts produits par les gouvernails. Il y a là toute une série de problèmes mécaniques dont l'expérience devait en grande partie fournir la solution, car la théorie faisait défaut sur plusieurs points.

Nous pouvons en avoir une idée d'après un cas simple, celui de l'évolution d'un bâtiment de surface. Supposons un navire faisant route directe, le gouvernail dans l'axe (I).

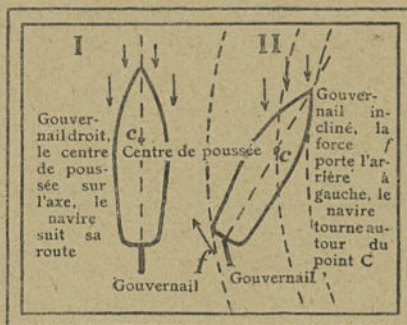


Fig. 15. — Évolution d'un bâtiment de surface.

LES SOUS-MARINS

Les filets d'eau rencontrés — représentés par des flèches — vont offrir une résistance, une poussée retardatrice, dont le point d'application sera quelque part en c sur l'axe longitudinal. Si nous mettons le gouvernail à droite (II), nous créons une force f qui entraîne l'arrière vers la gauche, et les filets liquides ne se présentent plus normalement à l'avant. Le point c va devenir un *centre de dérive horizontale* autour duquel va se faire l'évolution. Le bâtiment, se plaçant obliquement, opérera sa giration comme il est représenté dans la figure, l'arrière ne passant pas dans les mêmes eaux que l'avant.

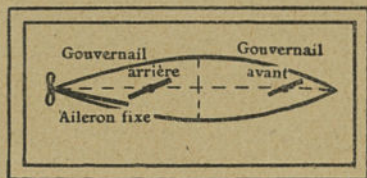


Fig. 16. — Appareils de plongée du Morse.

On peut concevoir maintenant tous les changements créés dans un sous-marin par la manœuvre du gouvernail, et quels couples variés l'on produit. Une seule paire de gouvernails,

quel que soit son emplacement, ne pouvait évidemment obvier à tous les déplacements des centres de résistance.

Les essais faits sur le *Gymnote* comportèrent alors des combinaisons successives : paires de gouvernails avant et arrière, puis avant et milieu, milieu et arrière, et enfin trois paires à la fois, avant, milieu et arrière.

C'est à cette combinaison que l'on s'arrêta tout d'abord ; le *Gustave-Zédé* la possédait quand il réussit à prendre et à maintenir la plongée. Mais on rechercha immédiatement à simplifier l'installation, un peu trop compliquée avec ces organes multiples. Le système définitivement adopté sur le *Morse* de l'ingénieur Romazzotti, et sur presque tous les autres « sous-marins » ultérieurs, était le suivant : 1^o une paire de gouvernails à l'avant, une seconde à l'arrière, toutes deux de même surface, à une distance des extrémités égale à 7 ou 8 p. 100 de la longueur du bâtiment ; 2^o deux ailerons fixes latéraux, placés derrière les gouvernails arrière, et

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

inclinés de 3 degrés au-dessous de l'axe longitudinal horizontal. Ces ailerons devaient servir en quelque sorte « d'empennage » pour assurer la stabilité de route en plongée.

LES DISPOSITIFS DE PLONGÉE DU *NARVAL*. ■ ■
Voici où l'on en était arrivé, lorsque Laubeuf étudia son *Narval*. Jusqu'alors on n'avait fait plonger que des coques à profil absolument régulier, il s'agissait maintenant de réaliser une conception toute nouvelle. Beaucoup de personnalités du monde maritime estimaient voué à l'échec le plus complet le projet hardi de l'éminent ingénieur. On n'admettait pas alors, dans certains milieux, que le sous-marin puisse s'écarter des formes symétriques par rapport aux axes longitudinaux. L'exemple des poissons, qui présentent dans leurs espèces variées des formes si différentes entre elles — dont aucune ne reproduit le « solide de révolution » — prouvait cependant l'inanité de ces théories exclusives.

L'inventeur du « submersible » devait en apporter la démonstration palpable. Son *Narval* ne présentait aucune symétrie entre l'avant et l'arrière, et, après observations faites précisément sur le règne animal, il avait placé la maîtresse section¹ nettement sur l'avant du milieu. Pour la plongée — qui devait se faire horizontalement — les modifications suivantes furent apportées au système du *Morse*.

En premier lieu, Laubeuf supprima l'aileron fixe, qui diminuait l'efficacité du gouvernail arrière et ne paraissait pas indispensable à la stabilité de route. Puis, à la suite de différentes remarques sur les poissons, et aussi sur la giration des bâtiments de surface, il en arriva à conclure que le centre de dérive dans le mouvement vertical — ou, si l'on préfère, la charnière autour de laquelle s'effectue la rota-

1. Les sections obtenues en coupant fictivement un navire ont des surfaces plus ou moins grandes suivant que la section a été faite à différents points de la longueur. On appelle *maîtresse section* celle de plus grande surface, qui correspond au « fort » du bâtiment.

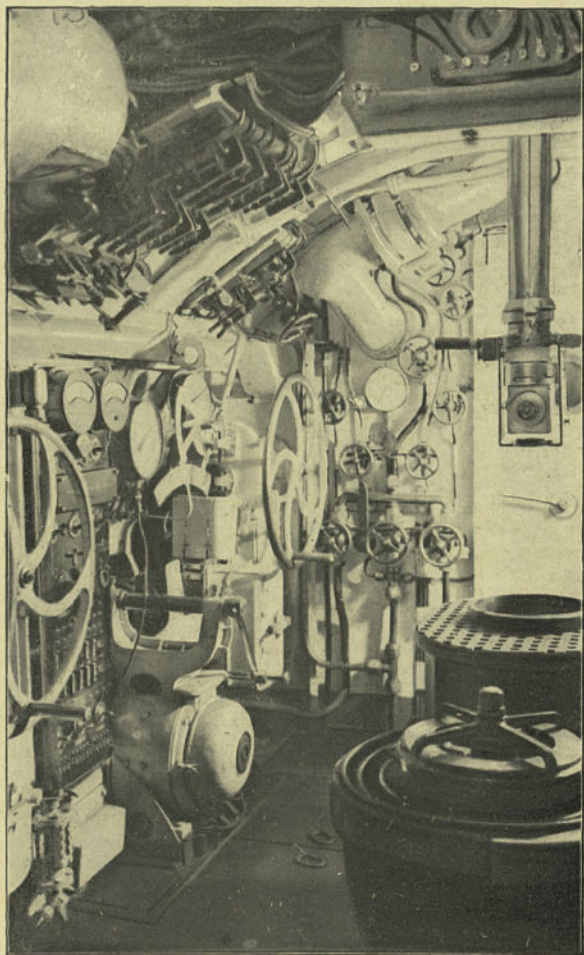
LES SOUS-MARINS

tion — est situé entre le milieu et l'avant du bâtiment. Il est donc nécessaire que les gouvernails avant, plus près de ce centre de résistance et ayant par suite moins d'action, aient une surface supérieure à celle des gouvernails arrière qui opèrent dans de meilleures conditions et sont frappés par des filets d'eau glissant le long de la coque. Sur le *Narval*, la surface des gouvernails avant était égale à celle des gouvernails arrière multipliée par 1,425. Ces dispositifs ont donné le résultat désiré.: immersion parfaitement stable et plongée obtenue avec une assiette sensiblement horizontale.

Le succès du submersible a marqué, comme nous l'avons déjà signalé, une étape importante dans la navigation sous-marine. Nous la devons à l'ingénieur Laubeuf, qui peut être considéré comme le créateur du sous-marin moderne, non seulement en France où toute notre flottille est composée de ses types ou de leurs dérivés, mais encore à l'étranger. C'est grâce à lui que le « sous-marin » pur, à faible flottabilité et à profil régulier, qui ne pouvait donner qu'un engin défensif, a disparu. A partir du *Narval*, la véritable route, que l'on n'a plus abandonnée depuis, était définitivement tracée.

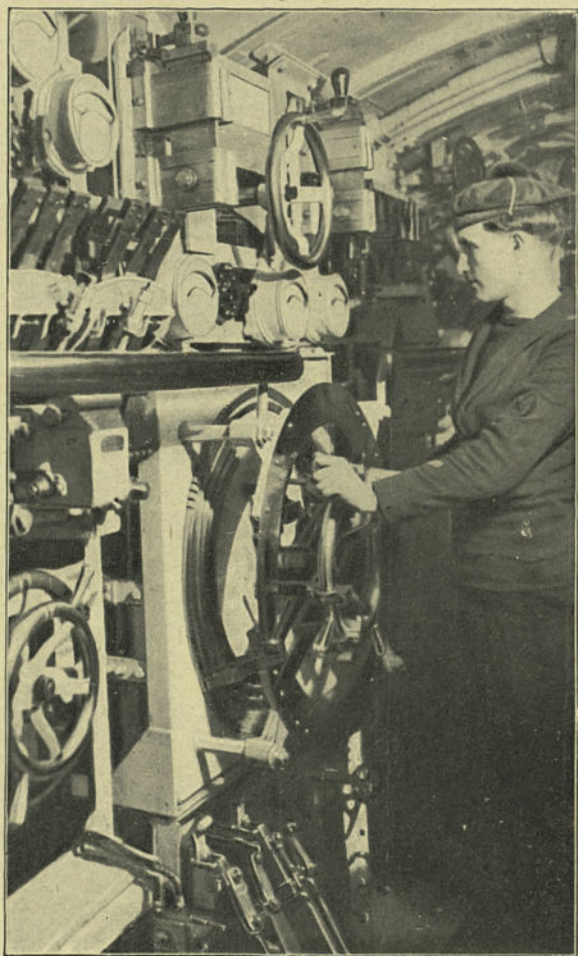
Les quatre premiers submersibles de 1900, type *Sirène*, reproduisaient les dispositifs de plongée du *Narval*. Mais avec l'allongement des suivants, les *Aigrette* (1902), *Circé* (1904), *Pluvieuse* (1905) et *Brumaire* (1906), l'unique paire de gouvernails avant, pour être suffisante, aurait dû avoir des dimensions considérables, d'où des difficultés de manœuvre et des chances d'avaries par les coups de mer. Avec la houle, il se produisait en outre une sorte d'aspiration vers la surface qui demandait à être énergiquement combattue. Aussi Laubeuf fut-il conduit à adopter un second dispositif : une paire de gouvernails avant, une paire arrière et une troisième paire un peu sur l'avant du milieu, à peu près par le travers du centre de carène.

LE DERNIER DISPOSITIF DE PLONGÉE DE LAUBEUF. // Ce système ne satisfaisait pas cependant



LE POSTE CENTRAL D'UN SOUS-MARIN

Vue du périscope au centre et des organes de commande du bateau.



EN PLONGÉE
Commandes des moteurs électriques de propulsion.

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

son auteur, qui lui reconnaissait plusieurs inconvénients : 1^o les trois paires de gouvernails nuisaient à la vitesse en plongée à cause de leur grande surface totale et des frottements qui en résultaient dans l'écoulement des filets liquides ; 2^o le fonctionnement indépendant de ces gouvernails rendait leur manœuvre difficile et pouvait amener à les faire travailler en sens différent les uns des autres, ce qui aurait opposé un obstacle à la marche ; enfin 3^o la paire de gouvernails avant, trop près de l'étrave, se trouvait exposée aux coups de mer dans la navigation de surface et risquait ainsi de se fausser.

En travaillant la question de variation du centre de dérive vertical aux différentes vitesses, Laubeuf arriva aux conclusions suivantes :

1^o Une variation d'assiette légère, de 5 à 6 degrés, peut rendre des services, soit pour une plongée rapide, avec assiette *négative*,

la pointe en bas, soit pour revenir promptement en surface, avec assiette *positive*, l'avant en haut. Ces mouvements peuvent s'obtenir avec les gouvernails arrière, comme nous l'avons vu, et ceux-ci doivent donc être conservés en les plaçant le plus près possible de l'arrière.

2^o Une seule paire de gouvernails avant, judicieusement placée par rapport au centre de dérive, suffit pour changer l'immersion en conservant l'assiette horizontale, et par suite permet de régler la profondeur.

La troisième disposition adoptée par le célèbre ingénieur, et qui a été appliquée depuis 1910 à un grand nombre de

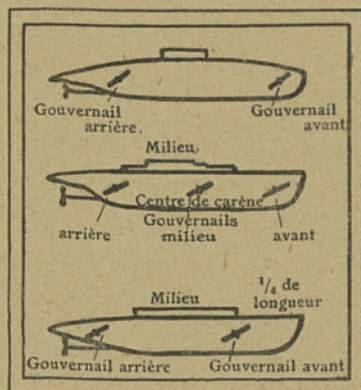


Fig. 17. — Gouvernails horizontaux (dispositif de Laubeuf).

LES SOUS-MARINS

sous-marins français ou étrangers, ne comporte donc plus que deux paires de gouvernails, une à l'arrière, l'autre en un point situé sur l'avant du milieu.

APPAREILS DE DIRECTION. LES MANOMÈTRES.

Le sous-marin en plongée a besoin de suivre sa route dans le sens horizontal et dans le sens vertical ; il lui faut donc deux séries d'appareils, la première commune avec les bâtiments de surface, la seconde qu'il est seul à posséder. Voyons d'abord celle-ci.

La profondeur atteinte en plongée est indiquée par le *manomètre*. Cet instrument, destiné à mesurer les pressions, est bien connu ; on le voit figurer sur toutes les chaudières à vapeur. Les manomètres employés sur les sous-marins ont d'abord consisté en un simple tube recevant à un bout la pression extérieure et contenant une colonne de mercure qui comprime l'air situé dans l'extrémité fermée du tube. Une graduation donne la mesure demandée. C'est le manomètre à mercure dont était déjà munie la *Tortue* de Bushnell.

Avec les fortes pressions atteintes dans les plongées actuelles, on a dû s'adresser à des manomètres métalliques, genre Bourdon. Il y a ordinairement plusieurs de ces appareils sur un sous-marin ; les uns, gradués de 0 m. 25 en 0 m. 25 jusqu'à une profondeur de 30 mètres, servant aux plongées ordinaires ; les autres, allant de 0 m. 50 en 0 m. 50 jusqu'à 60 mètres, sont utilisés dans les profondeurs exceptionnelles. On peut lire sur les cadrans de ces instruments la pression et la profondeur correspondante ¹.

Les hommes chargés de manœuvrer les barres des gouvernails de plongée ont les manomètres sous les yeux et ils agissent de façon à tenir l'aiguille de l'appareil en face de la profondeur indiquée par le commandant. C'est exactement ce qui se passe sur les navires de surface pour le timonier et

1. La première croit de 1 kg. 033 par centimètre carré lorsque le sous-marin s'immerge de 10 mètres. A 60 mètres de profondeur, la coque supporte donc 6 kg. 998 par centimètre carré. La pression de 1 kg. 033 est celle correspondant à 1 atmosphère.

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

la boussole. Mais ici l'appareil est double, car le manomètre est accompagné d'un *indicateur d'inclinaison*, pendule ou niveau d'eau. En effet, les timoniers du sous-marin ne doivent pas attendre que le bâtiment ait modifié sa profondeur de plongée pour intervenir. Dès que l'inclinaison se produit, il faut y remédier, car, en dehors des manœuvres rapides d'immersion ou de retour à la surface, le sous-marin doit naviguer droit. La route d'un sous-marin en plongée demande donc la régulation de l'*assiette* (gouvernails arrière) et la régulation de la *profondeur* (gouvernails avant).

Lorsque le bateau est bien au point, qu'il possède juste assez de flottabilité positive, on doit le gouverner facilement et même pouvoir abandonner les barres sans qu'il se produise trop d'oscillations. A cause de sa flottabilité positive, le sous-marin a tendance à remonter et il faut moins d'inclinaison du gouvernail pour émerger que pour s'enfoncer. Cette qualité est précieuse en cas d'avarie de l'appareil moteur car, sans aucune manœuvre, l'hélice arrêtée, le sous-marin viendra en surface.

LE COMPAS (BOUSSOLE) SUR LES SOUS-MARINS.

▯ ▯ La direction dans le sens latéral est obtenue par un gouvernail vertical placé à l'arrière et analogue à celui des bâtiments de surface ordinaires. C'est également à l'aide d'une boussole — appelée dans la marine « compas » — que l'on oriente la route dans le sens voulu.

Mais le pauvre compas est bien mal logé au milieu de tous ces appareils et dans cette coque en fer ! Moteurs électriques, dynamos, accumulateurs, l'entourent de toute part. Les courants se croisent, vont, viennent, à sa portée, et l'aiguille aimantée, à peu près tranquille à bord des bâtiments de surface, se conduit sur les sous-marins comme une petite folle. Elle voit le Nord partout et vous l'indique sans vergogne dans plusieurs directions divergentes à quelques secondes d'intervalle. C'est qu'elle se trouve, surtout en plongée, séparée quelque peu de son guide naturel,

LES SOUS-MARINS

le fluide magnétique terrestre. Et comment se reconnaître au milieu de tous ces courants semblables ?

On a bien essayé d'adjoindre à la pauvrete les organes de compensation dont on l'a dotée déjà sur les navires en fer. Ce sont des aimants et des masses métalliques judicieusement placés pour annuler les effets magnétiques du bâtiment, éteindre ces voix étrangères et permettre à la boussole d'entendre l'appel du pôle. Et parfois le résultat vient récompenser les efforts ; on voit des compas de sous-marins, bien sages, donner d'utiles et exacts renseignements. Mais il faut toujours compter sur le coup de panique, sur le départ brusque de l'aiguille en cabrioles giratoires, qui laissent le timonier béant, « ayant perdu le Nord », situation peu enviable par 15 ou 20 mètres de profondeur.

Pour ces cas graves, on s'adresse à la toupie, ou, pour employer le terme technique, au *gyroscope*. Tout le monde connaît, pour les avoir vus entre les mains des enfants, ces instruments composés d'une couronne métallique assez lourde, traversée d'un axe vertical, et pouvant prendre une rotation rapide par le brusque déroulement d'une ficelle. Une fois lancé, l'appareil se tient debout, sur une table, le long d'un fil, perché au coin de sa boîte de carton, sans jamais s'écarter de sa position en dépit des mouvements de son support. C'est une propriété de ces gyroscopes — car ces jouets ne sont pas autre chose — de conserver invariables dans l'espace leur axe de rotation.

L'instrument employé sur les sous-marins consiste en un lourd anneau mobile autour d'une tige montée sur pointes très fines. Les supports sont soutenus à la Cardan¹ et le tout peut s'orienter à volonté. Un petit moteur électrique, ayant sa bobine d'induction enroulée sur le noyau de l'an-

1. La suspension à la Cardan, ainsi appelée du nom de son inventeur (physicien italien du XVI^e siècle), est constituée par deux cercles concentriques ayant leurs points de suspension sur des diamètres se coupant à angle droit. Ainsi supporté, le cercle intérieur reste horizontal, quels que soient les mouvements des points de suspension.

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

neau, peut entraîner celui-ci à une vitesse de 2 500 tours environ à la minute. A cette allure, l'axe va indiquer une direction fixe que l'on pourra utiliser de la façon suivante.

Dès que l'on entre en immersion, le gyroscope est mis en mouvement et sert de contrôle à la boussole. L'axe de l'anneau est en face d'un cercle gradué qui permet de repérer à tout instant la direction du sous-marin par rapport à cet axe qu'on sait invariable. Dans ces conditions, si l'aiguille aimantée du compas s'affole, tout espoir ne sera pas perdu et l'on saura néanmoins retrouver sa route.

En surface, les sous-marins naviguent comme les autres bâtiments, en « faisant le point » au moyen d'observations astronomiques et en se dirigeant à la boussole, dont on peut alors vérifier à tout instant les écarts.

VISION ET AUDITION SOUS-MARINE. La difficulté éprouvée par le sous-marin à reconnaître sa route en plongée est d'autant plus regrettable que la vue est dans ce cas limitée d'une façon excessive. Le sous-marin y voit très peu ; sa myopie côtoie même la cécité, car il lui faut avoir le nez sur les obstacles pour les reconnaître. Du kiosque, à travers les hublots, le commandant distingue à peine l'avant de son bâtiment. L'eau absorbe en effet la lumière dans des proportions considérables. A 15 mètres de profondeur, on reconnaît déjà fort mal les objets placés à faible distance et, s'il faut aller jusqu'à 400 mètres pour trouver l'obscurité absolue, on est privé de la clarté nécessaire bien avant ce degré d'immersion.

Le problème de la direction sous l'eau a pu cependant être résolu par le sous-marin au moyen des instruments dont nous avons parlé et des cartes marines *bathymétriques* indiquant la profondeur des mers. En évitant les petits fonds et en suivant des routes soigneusement repérées, la navigation en plongée est possible.

Mais il ne s'agit pas seulement de naviguer ; le sous-marin est un engin de guerre. Il doit donc pouvoir reconnaître l'ennemi, le suivre, et l'attaquer. Or, cet ennemi est

LES SOUS-MARINS

flottant, c'est le bâtiment de surface; le sous-marin n'a donc pas à scruter le fond des océans, mais bien à examiner l'horizon tout en restant dissimulé.

LE PRINCIPE DU PÉRISCOPE. La solution a été fournie par les appareils optiques à réflexion, compris sous la dénomination générale de *périscopes*, dont nous allons passer en revue les principaux modèles.

Voyons d'abord le principe. Soient deux prismes abc , $a'b'c'$, à réflexion totale, c'est-à-dire ayant une section

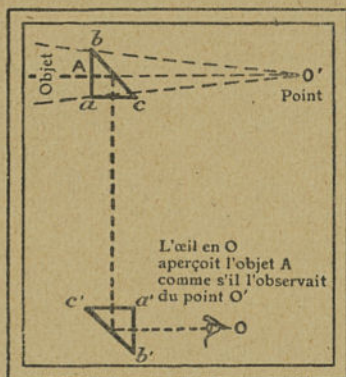


Fig. 18. — Jeu de deux prismes à réflexion totale.

en triangle rectangle isocèle (angle en a droit, côtés ab et ac égaux entre eux). Si on les dispose comme dans la figure, tout objet A viendra se réfléchir sur l'hypoténuse bc du premier prisme, sera renvoyé à 90° sur la face $b'c'$ du deuxième prisme qui rétablira la direction horizontale de l'image.

Il suffira de placer l'œil en o , devant le côté $a'b'$ pour apercevoir l'objet A . En reliant les deux prismes par un tube traversant la coque du sous-marin, il suffira que le prisme supérieur émerge pour que l'observateur placé à bord puisse examiner l'horizon à travers le deuxième prisme. Telle fut l'installation réalisée par Drzewiecki sur son premier bateau.

L'inconvénient majeur de ce dispositif, c'est le peu de champ et la faible luminosité de l'instrument. En ce qui concerne le champ, on démontre en optique qu'il est égal à celui qu'aurait l'œil o s'il était transporté en o' à une distance de la face ab du prisme supérieur sensiblement égale

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

à la longueur du tube reliant les deux prismes. On conçoit que l'angle visuel est dans ces conditions réduit à quelques degrés seulement. Pour la clarté des images, elle se trouve réduite fortement par la pénétration des deux prismes.

PÉRISCOPE MANGIN, DARRIEUS, ROMAZZOTTI.

Le colonel Mangin, déjà connu par ses travaux sur la télégraphie optique, s'attacha à résoudre la question par son périscope *panoramique à miroir parabolique*. Cet appareil est constitué par un miroir circulaire à face réfléchissante parabolique situé à l'extérieur du tube et qui réfléchit les images en les faisant converger vers le foyer de la parabole. L'image ainsi obtenue étant réduite, on la regarde sur un miroir plan au moyen d'une sorte de lunette. Ainsi le champ est agrandi dans le sens horizontal,

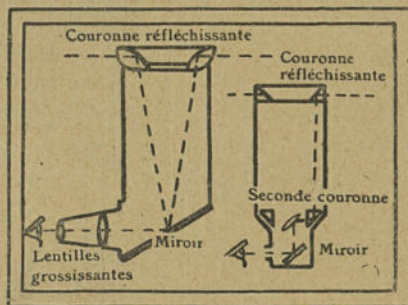


Fig. 19.

*Périscope
du colonel
Mangin.*

*Périscope
du commandant
Darrieus.*

mais il demeure très limité en hauteur. De plus, il fallait en quelque sorte examiner point par point le panorama ainsi obtenu.

Le commandant Darrieus avait imaginé un périscope à peu près semblable, mais dont le miroir supérieur était un prisme triangulaire formant anneau à l'extrémité du tube. L'autre extrémité, à l'intérieur du sous-marin, possédait un second anneau semblable qui recevait les images. Celles-ci étaient observées à l'aide d'un jeu de miroirs mobiles, que l'on faisait tourner autour de l'axe du tube pour inspecter l'horizon. La multiplicité des réflexions diminuait par trop la clarté.

LES SOUS-MARINS

L'ingénieur Romazzotti perfectionna le périscope par l'adjonction de trois lentilles, une devant chaque prisme et la troisième dans le corps du tube. On obtenait ainsi une *lunette périscopique* d'un champ et d'une luminosité plus grands que dans les appareils antérieurs. Les instruments actuels sont conçus sur ce principe.

Dans tous ces modèles il faut faire tourner le périscope entier sur 360° pour voir dans toutes les directions, et l'opérateur est obligé de suivre le mouvement à l'intérieur du sous-

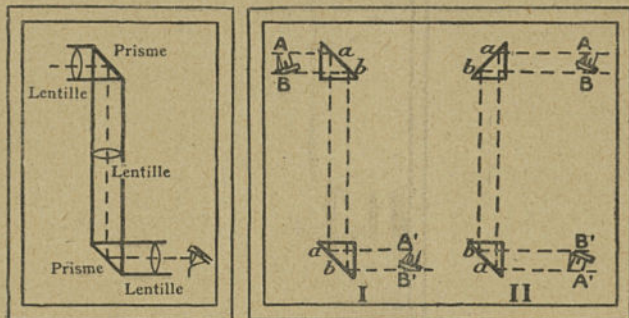


Fig. 20.

Périscope à trois lentilles de l'ingénieur Romazzotti.

L'image vue à gauche se renverse si l'on retourne le prisme supérieur à droite.

marin, ce qui est pour lui une gêne doublée d'une perte de temps. La solution qui consiste à rendre mobile le prisme supérieur offre un grave défaut, comme on peut s'en rendre compte facilement.

Si nous regardons en effet un bâtiment, avec la position normale des prismes (I), les différentes parties de la mâture A et de la coque B nous seront renvoyées en A' et B' dans leur situation réelle. Mais s'il s'agit de voir un autre navire dans une direction opposée et que nous dirigeons sur lui le prisme supérieur, sans déranger le second prisme, comme dans la position II, on voit que le nouvel objectif nous apparaîtra la tête en bas.

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

On peut remédier à cet inconvénient en intercalant entre les deux prismes un troisième prisme redressant l'image pour certaines rotations du prisme supérieur, mais la clarté s'en ressent et l'on complique encore un instrument qui est loin d'être simple. Cependant la rapidité de vision circulaire a de tels avantages que les périscopes des types actuels, systèmes Gœrz, Lake, Laurenti, etc., n'ont que la partie supérieure mobile. Ils arrivent à posséder un champ de 45° environ dans le sens horizontal, ce qui est à peu près l'angle visuel de l'œil, et un champ vertical suffisant pour une bonne observation en dépit des balancements du sous-marin. Le grossissement de la lunette varie de 1,2 à 1,8 et le mouvement de rotation du tube permet, l'observateur ne bougeant pas, de faire un tour d'horizon en dix secondes.

Le tube a une longueur d'environ 6 mètres quand il est déployé télescopiquement dans toute sa longueur, et 2 m. 50 lorsqu'on le rentre. Développé jusqu'au bout, les vibrations du tube provoquées par la marche communiquent aux images un tremblement qui rappelle fâcheusement le cinématographe. Tous les mouvements d'allongement, de raccourcissement ou de rotation du tube sont commandés par un moteur électrique.

Lorsqu'on réfléchit que les commandants de nos sous-marins doivent, avec ce moyen de vision, apprécier en quelques secondes la distance, la route et la vitesse du but, on ne peut qu'admirer l'habileté avec laquelle ils parviennent à lancer efficacement leurs torpilles.

L'ingénieur Laubeuf, le premier, avait placé sur son *Narval* deux périscopes, ce qui limitait la surveillance de chaque observateur à 180°. Cette excellente mesure a été développée et maintenant tous nos sous-marins ont au moins ce nombre d'appareils. Les Allemands, sur leurs types de croiseurs submersibles, en avaient mis jusqu'à quatre.

LES CLOCHES SOUS-MARINES. ¶ ¶ Si le sous-marin est aveugle, il n'est pas sourd, car l'eau est au contraire un milieu excellent pour la propagation des sons. Cette

LES SOUS-MARINS

propriété a été utilisée d'abord par des *cloches* sous-marines, placées à l'extérieur du bâtiment, et dont le battant était commandé électriquement de l'intérieur. Des microphones reliés au kiosque permettaient de recevoir les signaux émis, et deux sous-marins immergés se trouvaient ainsi en communication. Au moyen de coups de cloche rythmés reproduisant les points et traits de l'alphabet Morse, des télégrammes ont pu être échangés sous l'eau à 3 ou 4 milles marins de distance (5 500 à 7 400 mètres). Depuis peu, la télégraphie sans fil ouvre à ce sujet des horizons nouveaux, encore voilés de mystère, mais qui permettent d'entrevoir l'instant où les sous-marins recevront, au sein des eaux, les communiqués de la dernière heure.

L'audition sous-marine s'est développée considérablement pendant la guerre de 1914-1918, mais ce fut surtout dans le but de lutter contre l'ennemi en plongée, de déceler sa présence et de repérer sa route. Nous passons donc, avec ces appareils, « de l'autre côté de la barricade ».

Dans la première période des hostilités, jusqu'en 1916 inclus, les sous-marins allemands trouvaient dans l'immersion un procédé de sécurité presque absolu. Une fois cachés ainsi, ils défiaient la poursuite des bâtiments de surface. On rechercha les appareils susceptibles de vaincre cette protection, de forcer cet abri toujours assuré, et l'on mit à profit certains principes d'acoustique, en créant les *écouteurs*. Nous verrons plus loin l'emploi de ces engins dans la chasse aux sous-marins, mais nous allons d'abord les décrire en indiquant leur principe.

Une source sonore donne lieu, soit dans l'eau, soit dans l'air, à des ondes concentriques qui s'étendent au loin comme la houle soulevée par la chute d'une pierre dans un lac tranquille. Le problème de l'écouteur sous-marin est de recueillir ces ondes et d'indiquer aussi exactement que possible l'orientation du point où elles ont pris naissance.

Un grand nombre d'inventeurs ont travaillé la question dans les nations alliées contre les Empires centraux. Les essais ont été multiples, et les succès rares, surtout au début

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

Pourtant quelques appareils ont fini par être mis en service et ont subi avec un bon résultat la dure épreuve de la guerre. Tels sont pour la marine française le *tube C* et l'*écouteur Walser*. Nous allons voir en quoi consistent ces instruments.

LE TUBE C. Le tube C, d'invention américaine, est formé d'un bloc de caoutchouc massif entouré d'une gaine métallique qui en comprime la partie centrale en laissant saillir les extrémités. A l'intérieur de ce bloc est un appareil renforçateur destiné à amplifier les vibrations reçues par le caoutchouc et à les rendre perceptibles à l'oreille. Un tube de 6 mètres de long permet d'immerger le bloc et sa gaine, et donne passage aux conducteurs qui relient l'appareil renforçateur aux deux écouteurs tenus par l'homme de veille.

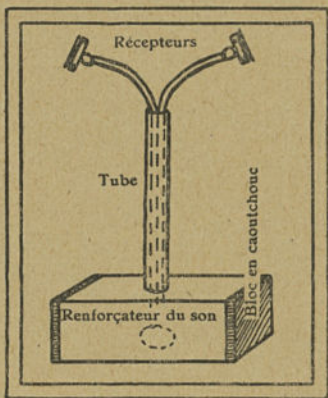


Fig. 21. — Tube C.

Les ondes sonores viennent frapper le bloc de caoutchouc qui vibre avec son maximum d'intensité lorsqu'il se trouve *normal* à la direction d'émission. On a donc ainsi la révélation du bruit et son orientation, ce qui était la solution cherchée. Le tube C est très sensible et a permis de recevoir des sons à 6 000 ou 8 000 mètres de distance.

Mais il présente un gros inconvénient : il faut faire le silence absolu autour de cette oreille délicate, sans quoi elle n'entend qu'un brouhaha confus. Donc, pas de machine en mouvement, pas d'hélice vibrante à proximité : le navire muni de tubes C ne peut les utiliser que stoppé. On avouera que la condition est gênante pour celui dont le rôle est de

LES SOUS-MARINS

courir sus à l'ennemi. Au reste, tous les appareils similaires avaient le même défaut, et c'est l'écouteur Walser qui permit enfin de pratiquer « l'écoute en marche ».

L'ÉCOUTEUR WALSER. Le lieutenant de vaisseau G. Walser, de la marine française, utilisa dans son appareil le principe de la *réfraction des sons*. On sait ce qui se passe à ce sujet pour les rayons lumineux, lesquels subissent une déviation au passage de milieux d'une pénétration différente. Par exemple, en traversant une lentille convexe,

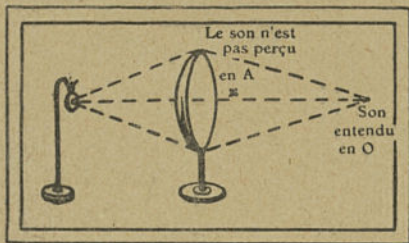


Fig. 22. — Détermination du foyer sonore.

les rayons lumineux, parallèles d'abord, vont ensuite converger au même point appelé *foyer* de la lentille, et dont la position dépend de la courbure de celle-ci. C'est ce phénomène de la *réfraction de la lumière* qui a donné naissance à maint instrument d'optique.

Les sons obéissent à la même loi, comme on peut le démontrer avec l'expérience suivante. Formons une lentille résonnante avec deux segments sphériques accolés, d'une substance sensible aux vibrations. Plaçons à présent une montre d'un côté de la lentille et écoutons de l'autre côté. On constatera que, près de la lentille, en A, l'oreille ne perçoit aucun bruit, tandis qu'en O, à une distance convenable, il existe un point de résonance maxima, un *foyer* sonore. Ce foyer se trouve placé sur l'axe de la lentille.

L'appareil Walser est disposé de la manière suivante. La carène du bâtiment CC est découpée pour permettre d'y encastrier une coquille à profil convexe, destinée à remplir le rôle de lentille. Cette coquille, en métal assez résistant, est parsemée de trous recouverts chacun d'une petite plaque

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

vibrante mince pour accroître la résonance. Les ondes sonores, qui se répandent en ondulations circulaires autour de leur point d'émission, comme il a été dit plus haut, viennent frapper la coquille sous divers angles suivant qu'elles proviennent des directions A ou B par exemple. A chaque direction, les ondes sonores sont réfractées et convergent en des foyers distincts *a* et *b*. La réunion de ces foyers, ou mieux leur *lien géométrique*, est un cercle situé à l'intérieur de la coquille et par suite du bâtiment.

Si l'on fait promener un cornet acoustique D sur ce cercle

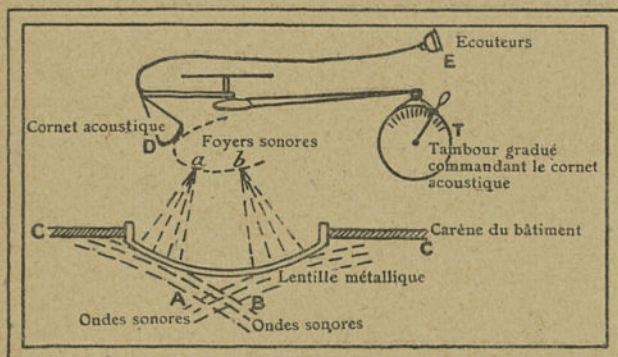


Fig. 23. — *Appareil Walser.*

des foyers l'on pourra vérifier que l'on passe sur l'un de ceux-ci au moment où le bruit atteint son maximum d'intensité. Celle-ci sera d'ailleurs amplifiée car les lentilles renforcent en les concentrant les impressions qu'elles reçoivent, témoin l'expérience bien connue de l'amadou allumé au moyen des rayons solaires.

Un son émis sera donc immédiatement décelé par l'appareil Walser, qui nous indiquera en outre l'orientation du point d'où le bruit est parti. Le cornet acoustique est, à cet effet, mû par un tambour T portant des graduations qui indiquent l'angle du cornet avec la direction du navire.

LES SOUS-MARINS

L'observateur, qui écoute par le récepteur E tout en manœuvrant le tambour avec un levier, pourra signaler téléphoniquement au commandant le « gisement » ou « relèvement » du son entendu.

L'écouteur Walser possède en outre une propriété précieuse, celle de pouvoir *isoler* les bruits, c'est-à-dire les distinguer. Dans le cas de la figure, par exemple, les foyers *a* et *b* pourront être reconnus séparément, et l'on va voir le parti intéressant qu'on tire de cette constatation.

Supposons que le bruit *a* soit celui de l'hélice du navire portant l'appareil: ce bruit va être constant, régulier, et ne changera pas d'orientation, puisque sa source conserve la même position par rapport à la coquille. L'observateur pourra donc repérer immédiatement ce bruit, dès qu'il prendra son poste, et il notera la graduation du tambour correspondante. Ceci fait, il ne sera pas empêché de distinguer un autre son dont l'intensité sera différente ainsi que le gisement, et on voit comment l'appareil Walser a obtenu le résultat important de pouvoir *écouter en marche*. Comme il faut cependant que le bruit de l'hélice du navire écouteur ne couvre pas tous les autres, on est contraint de réduire à 5 ou 6 nœuds la vitesse de route, mais nous verrons que ce chiffre est suffisant pour la chasse aux sous-marins.

L'écouteur Walser fait le plus grand honneur à son inventeur, qui n'a cessé du reste de le perfectionner pendant les hostilités. Les premiers essais eurent lieu le 31 mars 1917 sur le yacht réquisitionné *Henriette II*, mais c'est l'année suivante seulement qu'on put en doter nos patrouilleurs.

La portée est demeurée un peu faible: le Walser ne permet guère de capter les sons au delà de 2 500 mètres, et sous ce rapport il est inférieur au tube C. La précision avec laquelle on obtient le gisement du bruit recueilli est d'environ 5°, ce qui représente une incertitude d'à peu près un dixième de la distance. Donc, à 2 000 mètres, la position du sous-marin entendu sera déterminée à 200 mètres près. Le tube C est d'ailleurs, à ce point de vue, moins exact et ne donne qu'une approximation de 8 à 10 degrés. On combinait du reste les

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

deux appareils dans les *groupes d'écoute* dont nous parlerons plus loin.

L'APPAREIL RIES. ¶ ¶ Un autre dispositif curieux d'écouteur est celui de l'ingénieur Elias Ries, appelé « détecteur de sous-marin ». Il est basé sur le phénomène de l'écho. Un projecteur de son envoie des ondes sous l'eau, en avant du navire. Ces ondes se répandent librement tant qu'elles ne rencontrent pas d'obstacle, mais si une masse quelconque, rocher, glace flottante, sous-marin immergé, se présente, l'écho se produit et le bruit revient vers son point d'émission. Il n'y a plus qu'à le recueillir pour avoir l'indication cherchée.

L'appareil Ries est en conséquence formé d'un projecteur de son A et de deux récepteurs ou mégaphones M,

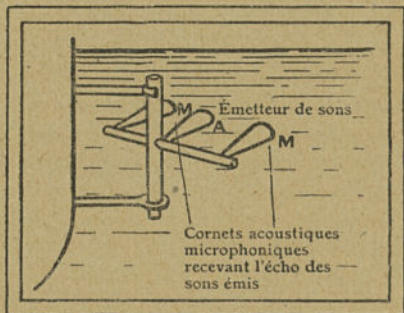


Fig. 24. — *Détecteur Ries.*

placés devant l'étrave du bâtiment. Le tout peut prendre une orientation variable, et les cornets des mégaphones sont à ce point de vue indépendants l'un de l'autre. Le projecteur émet ses sons à intervalles réguliers, et l'observateur écoute aux mégaphones pendant les moments de silence. Si l'écho est entendu, les mégaphones sont orientés jusqu'à ce que le bruit soit maximum. A ce moment le gisement de l'obstacle est donné par la direction dans laquelle se trouve braqué l'appareil. On peut même avoir sa distance en mesurant le temps écoulé entre la projection du son et la perception de l'écho.

Le détecteur Ries, conçu dès le temps de paix pour éviter les abordages, s'est montré susceptible de rendre des ser-

LES SOUS-MARINS

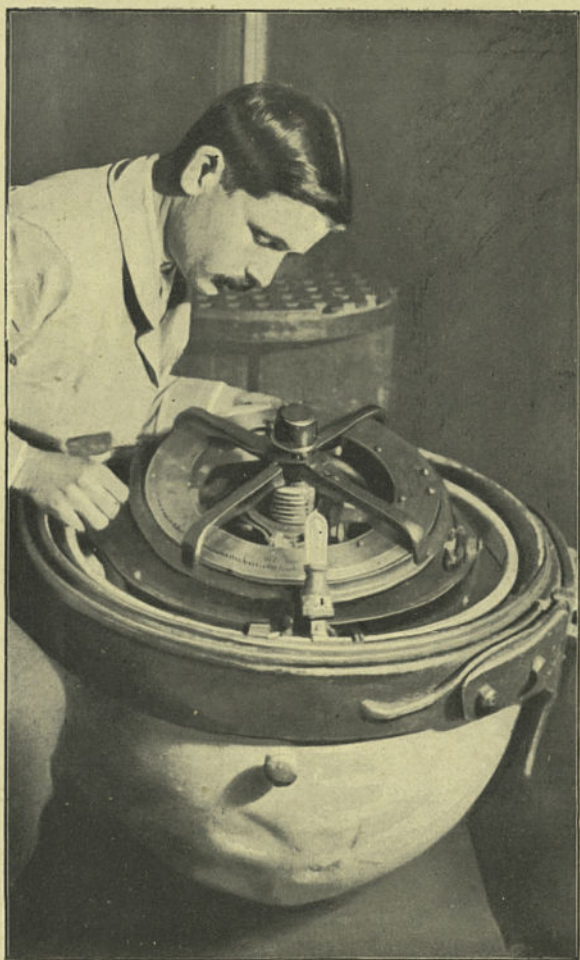
vices pour la chasse aux sous-marins. Il possède cependant le défaut de révéler de loin à ces derniers la présence des chasseurs. Lorsque les ondes émises viennent frapper leurs coques, elles atteignent naturellement les microphones dont elles sont munies, et la surprise est, dans ces conditions, impossible.

Comme on le voit, la guerre sous-marine met en jeu toutes les ressources de la science. En surface, on se guette au moyen de lunettes perfectionnées, à travers prismes et lentilles ; sous l'eau, c'est l'oreille tendue, appliquée aux récepteurs sensibles des microphones, que les adversaires se poursuivent pour leur lutte implacable.

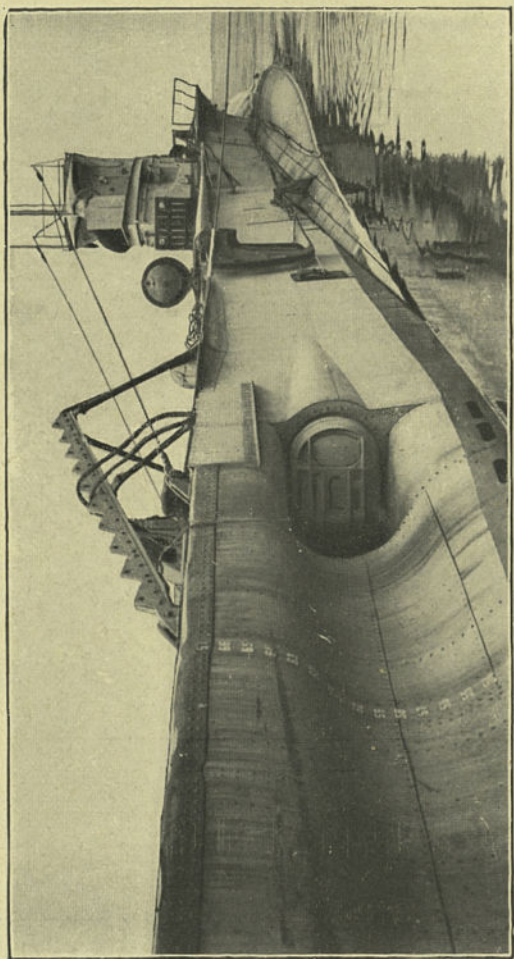
LA VIE A BORD DES SOUS-MARINS, L'HABITABILITÉ. // // Les sous-marins naviguent en surface plus qu'en plongée, et leur habitabilité doit être prévue pour ces deux utilisations. C'est une ressemblance qu'ils possèdent — à côté de bien d'autres — avec les grands cétacés mammifères, obligés de remonter à l'air libre pour respirer, et qui ne hantent les profondeurs que pour chercher leur nourriture ou fuir un ennemi.

Cependant la nécessité de s'immerger impose aux sous-marins certaines dispositions qui en feront toujours, quoi qu'il arrive, des bâtiments différents des navires ordinaires. C'est ainsi que leurs panneaux de descente sont petits, juste suffisants pour le passage d'un homme, et aussi peu nombreux que possible. Ces ouvertures devant être obturées rapidement, et d'une façon rigoureusement étanche, ont des sortes de couvercles, à bords rabattus, dont la manœuvre est étudiée en vue d'une fermeture prompte, malgré le poids de ces pièces.

Sur le pont, on évitera les aspérités, les caissons, tout ce qui pourrait offrir une résistance en plongée et diminuer la vitesse. Seul, un kiosque renfermant les principaux organes de commandement s'érige au centre. Il est ordinairement surmonté d'une passerelle où se tient une partie de l'équipage dans la navigation de surface. Le reste du pont est



LA DIRECTION DU SOUS-MARIN EN PLONGÉE
*Le compas gyroscopique remplace la boussole ordinaire
dont l'aiguille aimantée s'affolerait.*



LE SOUS-MARIN ALLEMAND U-79
Un tube lance-torpille avant et le dispositif en dent de scie pour couper les filets.

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

libre, nu, et n'offre aucun abri. Par suite, l'habitabilité dans ce cas sera bien inférieure à celle d'un bâtiment ordinaire, quelles que puissent être les qualités nautiques du sous-marin, en le supposant même à grande flottabilité. L'officier de quart, quelques hommes peuvent se tenir sur la passerelle ; s'il fait très beau temps, d'autres viendront sur le pont respirer l'air du large, mais le reste devra séjourner en bas, comme en plongée. Dès que la mer se creuse, le pont est balayé par les embruns, la passerelle ne tarde pas à le devenir également et il faut rentrer à l'intérieur.

C'est d'ailleurs ce qui se produit sur un torpilleur ou sur tout autre bâtiment de surface de faible tonnage, et cela n'infirmes en rien les éloges que nous avons décernés plus haut aux sous-marins dérivés du modèle présenté par Laubeuf. « Petit navire, grande misère », dit le proverbe maritime, qui sera éternellement vrai.

Du fait des ouvertures rares et de faibles dimensions, l'air se renouvelle mal à bord d'un sous-marin, même lorsque tous les capots sont rabattus. Et cependant il y a une nécessité absolue à ventiler fortement les fonds, à cause des dégagements gazeux multiples qui s'y produisent. Les déchets de la combustion, dans les moteurs à pétrole, contiennent de l'acide carbonique et surtout le redoutable oxyde de carbone, inodore, difficile à déceler, mortel à des doses infimes. Les accumulateurs peuvent également fournir des gaz toxiques lorsqu'il y pénètre un peu d'eau de mer, et d'autre part les simples émanations de l'acide excitateur sont fort désagréables.

Beaucoup de ces produits gazeux sont inflammables ou explosibles, et les étincelles ne sont pas rares à bord d'un sous-marin, avec tout l'appareillage électrique des moteurs, dynamos, lampes, etc. Donc on ne saurait trop prendre de précautions à ce sujet, et la ventilation est particulièrement étudiée sur ces bâtiments. Les ventilateurs électriques sont répandus dans divers endroits, les uns aspirant dans les fonds, les autres refoulant l'air frais pris au dehors par des manches spéciales. Même lorsque l'état de la mer oblige à

LES SOUS-MARINS

fermer les panneaux, l'aspiration continue par le kiosque. Seule la plongée interrompt la manœuvre des ventilateurs.

A l'intérieur, la disposition des logements, fort sommaires sur les premiers sous-marins, a été très améliorée sur les derniers types. Un *Dupuy-de-Lôme* de 800 tonnes, par exemple, offre des aménagements assez semblables à ceux d'un contre-torpilleur. Les officiers y ont des chambres et un « carré » — ou salon commun — et l'équipage dispose d'un poste très suffisant.

L'éclairage est, bien entendu, électrique, et conçu avec un grand luxe de précautions. Il ne faut pas, en effet, compter sur la lumière du jour en cas de court-circuit ou de fusion d'un « plomb ». Pas davantage il ne convient de faire appel à des bougies, ou à des lampes à flamme nue. Aussi il y a trois ou quatre installations différentes de secours, prenant sur des batteries d'accumulateurs séparées, et de nombreuses lampes portatives à la disposition d'un chacun.

Nous avons vu que la cuisine était aussi faite électriquement. L'installation est de ce côté très complète, car l'alimentation chaude constitue une nécessité pour l'équipage, et on doit la prévoir abondante.

L'AIR RESPIRABLE A BORD D'UN SOUS-MARIN.

Reste une question importante, celle de la respiration des hommes pendant la plongée, alors que le sous-marin n'a plus aucune communication avec l'air extérieur. A première vue, le problème paraît difficile à résoudre — et il préoccupa du reste beaucoup les premiers inventeurs de sous-marins — mais aujourd'hui nous allons voir que la solution est assez simple.

D'après les hygiénistes, un homme expulse, par heure, 20 litres d'acide carbonique de ses poumons, et si l'on en croit ces mêmes autorités, il suffit de 1 p. 100 d'acide carbonique pour rendre l'air malsain. Or, sur un sous-marin de grandeur moyenne, un *Pluviôse* de 500 tonnes par exemple, on peut évaluer à 250 mètres cubes la capacité d'air dont

LA NAVIGATION SOUS-MARINE

disposent les vingt-trois hommes composant l'équipage. Ces vingt-trois vigoureuses poitrines vont fournir 460 litres d'acide carbonique par heure, et il faudra déjà cinq heures pour saturer à 1 p. 100 les 250 000 litres d'air pur emmagasinés au moment de la plongée. Mais les hygiénistes sont gens délicats, partisans de la « cure d'air », qui envoient leurs consultants dans les hautes stations alpestres. Nos matelots, plus endurants, supportent sans danger 5 p. 100 d'acide carbonique dans leur atmosphère. Les vingt-trois braves du *Pluviôse* ont donc environ *vingt-six heures* de plongée devant eux avant d'éprouver le besoin de changer de milieu.

Il n'y a donc pas à craindre un manque d'air respirable dans la majorité des cas, c'est-à-dire avec des immersions normales. Même en temps de guerre, il est excessivement rare qu'un sous-marin demeure plus de douze à quinze heures sous l'eau.

Pendant le blocus de l'Adriatique, de 1914 à 1918, nos grands submersibles, qui firent un service très dur, allaient se poster dans le canal d'Otrante, ou devant Cattaro, et restaient à l'affût des sous-marins ennemis pendant toute la journée. C'était une plongée de dix-huit heures au plus dans la saison d'été, et elle pouvait donc s'effectuer avec le cube d'air intérieur, sans autre dispositif.

Mais si le séjour dans ces conditions est *possible*, il s'en faut de beaucoup qu'il soit *agréable*. La fatigue produite par l'existence dans une atmosphère viciée est à éviter, et l'on a étudié plusieurs procédés de régénération ou de renouvellement de l'air.

La *régénération* consiste à absorber l'acide carbonique par un moyen chimique approprié, solution alcaline ou autre, et à restituer l'oxygène consommé par la respiration. Plusieurs produits ont été employés dans ce but, tels le bioxyde de sodium sur lequel il suffit de projeter de l'eau pour obtenir un dégagement d'oxygène, ou l'oxylithe Jaubert, doué des mêmes propriétés. Il est également possible d'avoir l'oxygène comprimé dans des récipients spéciaux que l'on peut ouvrir suivant les besoins.

LES SOUS-MARINS

Le *renouvellement* de l'air n'est réellement pratiqué qu'en surface, lorsqu'on peut ouvrir en grand les panneaux et actionner les ventilateurs. En plongée, la seule manière de renouveler l'air serait d'utiliser les chasses d'air comprimé que l'on possède pour le lancement des torpilles et la vidange des ballasts. Mais on aurait de ce chef une consommation d'air comprimé considérable et l'on évite d'employer une méthode aussi coûteuse.

En résumé, l'on s'en tient surtout à la régénération de l'air, mais l'intervention n'est nécessaire qu'au bout de cinq à six heures de plongée. Jusque-là, le cube d'air intérieur suffit à tous les besoins. En dépit de ces constatations rassurantes, la vie à bord d'un sous-marin est pénible, surtout dans les types côtiers, de 300 à 400 tonnes. Avec les grands croiseurs submersibles dont toutes les flottes seront dotées d'ici peu, l'habitabilité ira s'améliorant. Et si un jour nous possédons le cuirassé sous-marin de 10 000 tonnes, l'existence sur un pareil bâtiment ressemblera beaucoup à celle des navires de guerre ordinaires, où bon nombre d'hommes vivent et travaillent dans les fonds, loin de la lumière des cieux.

Sur un sous-marin, il n'y a guère de simples « matelots sans spécialité ». Tous sont des gradés, seconds-mâtres (sergents), quartiers-mâtres (caporaux) ou brevetés (matelots de 1^{re} classe). L'équipage est constitué de mécaniciens, d'électriciens, de torpilleurs et de canonnières, ayant reçu une instruction spéciale. Les officiers, sélectionnés eux aussi, possèdent souvent le diplôme d'une école supérieure d'électricité, et ils n'arrivent au commandement d'une unité qu'après un stage sérieux et des études particulières.

Les sous-marins nécessitent des hommes d'élite, dont l'entraînement méthodique demande forcément une certaine durée. C'est pour cette raison que les Empires centraux eurent des difficultés à fournir des équipages exercés à leurs nombreux submersibles, surtout à la fin de la guerre.



CHAPITRE III

LA GUERRE SOUS-MARINE

L'armement des sous-marins : le canon ; la torpille. || La torpille automobile. || Lancement de torpille par tube sous-marin. || Appareil de lancement Drzewiecki. || La torpille en marche. || Les torpilles modernes. || Procédés d'attaque des sous-marins. || Influence des erreurs d'appréciation sur la route et la vitesse du but. || Procédés de défense contre les sous-marins. || Escortes et convois. || Routes en lacets. || Le camouflage. || Les mines sous-marines. || Mines sous-marines allemandes. || Mouillage des mines. || Sous-marins allemands et français mouilleurs de mines.

L'ARMEMENT DES SOUS-MARINS : LE CANON, LA TORPILLE. ¶ ¶ Nous connaissons à présent les conditions de navigabilité du sous-marin, ses procédés de marche en surface et en plongée; il nous reste à le voir dans son œuvre de guerre, d'après les indications toutes récentes que nous possédons.

Jusqu'aux événements de 1914-1918, la seule arme du sous-marin était la torpille. Quelques-uns de ces bâtiments avaient bien reçu en 1913, dans certaines marines étrangères, deux petites pièces de canon, mais des compétences aussi averties que l'ingénieur Laubeuf se demandaient à ce moment « à quoi cette artillerie pouvait bien servir ». La réponse a été fournie par l'Allemagne lorsque, en 1915, elle annonça que ses submersibles feraient dorénavant la chasse aux bâtiments de commerce dans des zones délimitées autour des côtes anglaises et françaises. Le canon se trouvait dès lors justifié à bord des sous-marins allemands pour « arraisonner » et arrêter les navires marchands, comme les règles internationales le prescrivent. Mais ce que les accords antérieurs signés à La Haye n'avaient point prévu, c'était

LES SOUS-MARINS

l'attaque des cargos non armés, sans aucun avertissement, telle que la pratiquèrent nos ennemis déloyaux. Quoi qu'il en soit, le sous-marin posséda dorénavant deux moyens d'action offensifs que nous allons étudier successivement.

Voyons d'abord le canon. Les premiers sous-marins allemands portaient des pièces de 47 millimètres, bientôt remplacées par des 88 millimètres. Cette artillerie était installée parfois dans des puits, d'où elle pouvait surgir au moment de faire feu. En plongée, tout rentrait à l'intérieur, pour être abrité ainsi de la mer et n'offrir aucun relief nuisible à la marche. C'était le dispositif à *éclipse*.

Lorsque les bâtiments de commerce alliés se munirent à leur tour d'artillerie, le sous-marin se vit contraint d'augmenter le calibre de ses pièces. Du 88 millimètres, il passa au 105 millimètres, puis au 120 millimètres, et enfin, sur certains grands croiseurs submersibles, au 150 millimètres.

La rapidité du tir varie de 8 coups par minute pour le 150 millimètres, à 12 coups avec le 88 millimètres; les portées utiles sont de 10 000 mètres à 6 000 mètres pour ces mêmes calibres.

Avec l'accroissement de dimension des pièces, on abandonna l'installation à *éclipse*. Les canons plongeaient sans autre protection qu'un couvre-bouche étanche destiné à prévenir l'introduction d'eau dans l'âme.

Une première question se pose ici. Comment a-t-on résolu le problème des poids supplémentaires ainsi introduits dans les sous-marins? Les pièces et surtout leur approvisionnement en projectiles représentent en effet un nombre respectable de kilogrammes. Pour le 105 millimètres par exemple, qui fut le plus largement employé sur les sous-marins allemands, les soutes garnies à 300 coups font déjà près de 5 tonnes.

Les Allemands trouvèrent la solution dans l'imperfection même de leurs sous-marins, dont la vitesse réduite laissait une marge suffisante dans le devis des poids. Ils purent donc placer leur artillerie sans trop de difficultés, ayant de larges disponibilités au crédit de leur déplacement total. Avec un

LA GUERRE SOUS-MARINE

type plus étudié, plus moderne, comme nos 800 tonnes, il leur aurait été impossible d'envisager sans modifications profondes l'installation d'un canon de 150 ou même de 120. Quant aux répartitions de poids en ce qui regarde la stabilité et la plongée, le problème était relativement simple sur des bâtiments atteignant 2 000 tonnes.

On peut maintenant se demander si le sous-marin est bien adapté à l'emploi de l'artillerie. Pour l'exécution du tir, rien ne s'oppose *a priori* à ce que l'on obtienne des résultats satisfaisants. Le sous-marin possède une assez bonne stabilité, il ne roule pas exagérément en surface, et les questions accessoires de circulation des munitions et d'usage des télé-mètres ou autres appareils de direction n'offrent pas de difficultés insurmontables.

Mais d'autres éléments entrent en jeu, qui mettent le sous-marin en infériorité comme bateau porteur de canon. En premier lieu intervient son peu de « commandement », c'est-à-dire sa faible hauteur de plate-forme qui rend délicate l'observation des points d'arrivée. Aussi, durant la dernière guerre on a remarqué que les sous-marins ouvraient rarement le feu à des distances supérieures à 6 000 ou 7 000 mètres, qui constituaient pour eux l'horizon visible.

A cette première cause d'infériorité, nous pouvons ajouter celle qui résulte de leur tonnage. Comme nous l'avons vu, « un bâtiment de 1 000 à 1 200 tonnes en surface n'est qu'un petit navire sur l'Océan » et par suite, dès que la mer se creuse, les lames couvrent vite son pont. Dans ce cas, adieu la canonnade !

Enfin, ce qui est plus grave encore, c'est que le sous-marin n'est pas fait pour soutenir la lutte d'artillerie. Qui dit « lutte » dit en effet « coups reçus de part et d'autre » et le sous-marin n'est pas ce qu'on appelle en langage sportif un « encaisseur ». Alors qu'un navire de surface, fût-ce même un simple cargo, peut être touché dans maints endroits sans être frappé à mort, toute atteinte à un sous-marin est fort grave car, si la perte totale ne s'ensuit pas, elle rend sa plongée impossible.

LES SOUS-MARINS

Voici, en effet, ce que nous apprend à ce sujet l'ingénieur Radiguer : « Aux profondeurs auxquelles navigue le sous-marin, l'eau pénètre par la moindre brèche avec des vitesses considérables : 14 mètres par seconde à 10 mètres de profondeur ; 22 mètres par seconde à 25 mètres de profondeur. Un trou de rivet ayant une section de 3 centimètres carrés laisserait, par suite, pénétrer à l'intérieur du bâtiment une quantité d'eau de l'ordre de 15 à 20 tonnes à l'heure. Une brèche de 1 décimètre carré de section permettrait d'embarquer plus de 500 tonnes à l'heure¹. »

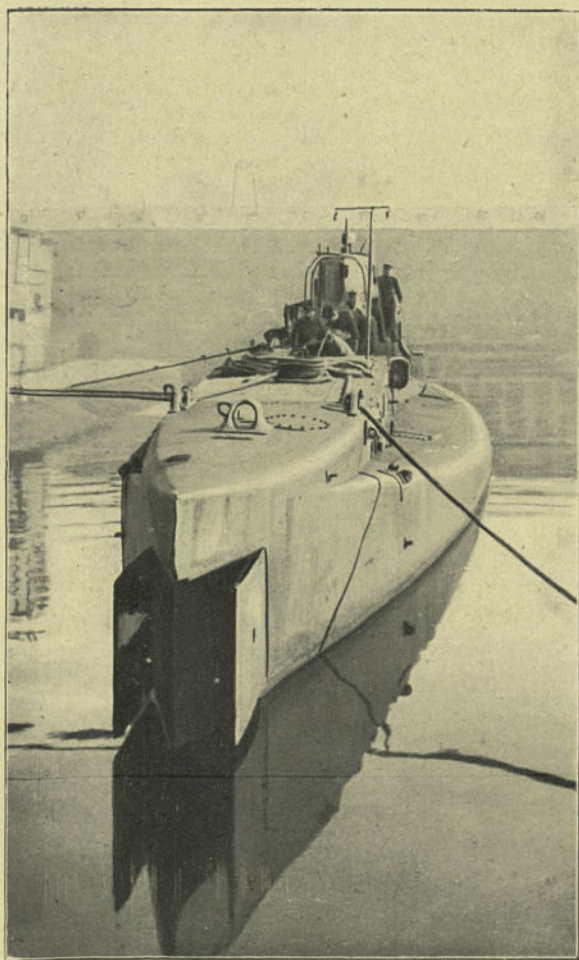
Dans ces conditions, on comprend que les sous-marins tiennent à leur épiderme et qu'ils aient abandonné le « tir aux cargos » quand ceux-ci purent les payer de semblable monnaie.

Contre des bâtiments de combat, à l'artillerie puissante et bien servie, l'infériorité du sous-marin est encore plus flagrante. Aussi nous ne croyons pas que dans l'avenir — à moins d'une transformation radicale dans le matériel naval — l'emploi du canon se développe à bord du sous-marin.

Par contre, la torpille tendra de plus en plus à devenir son apanage exclusif, car nul n'est mieux à même d'utiliser cette arme sournoise.

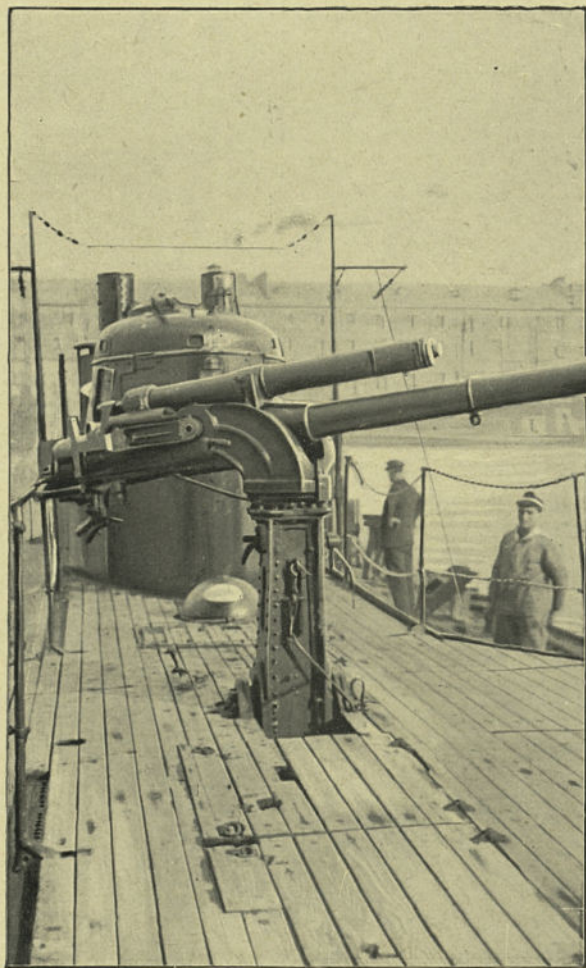
LA TORPILLE AUTOMOBILE. La torpille automobile est un véritable sous-marin en miniature, avec moteur et régulateur d'immersion, qui transporte l'explosif jusqu'à la carène ennemie contre laquelle la déflagration se produit au moyen d'un détonateur. Elle fut créée par l'ingénieur anglais Whitehead, avec la collaboration du major autrichien Luppis. Les premiers essais eurent lieu à Fiume en 1864 ; ils conduisirent à la réalisation d'un engin qui parcourait 650 mètres à la vitesse de 7 nœuds, sous l'impulsion d'un moteur à air comprimé de 25 kilogrammes de pression. De cette torpille primitive sont sortis tous les types

1. Ch. Radiguer, *La navigation sous-marine*.



UN DISPOSITIF DE LANCEMENT DE TORPILLE

Le sous-marin étant en plongée, l'étrave s'ouvre pour le passage de la torpille.



POUR L'ATTAQUE EN SURFACE
*L'artillerie à tir rapide permet d'atteindre l'objectif à une distance
plus grande que la torpille.*

LA GUERRE SOUS-MARINE

successifs, dont nous n'étudierons que les plus récents.

La forme extérieure, adoptée pour les torpilles modèle 1910 « R » de la marine française, est celle d'un cigare dont le bout renflé contient la charge et se termine à la partie antérieure par le détonateur. Après ce cône de charge, on trouve le compartiment central où est placé le réservoir d'air comprimé fournissant l'énergie nécessaire à la propulsion. Ce compartiment assure également la flottabilité légèrement positive de l'ensemble. Ensuite viennent les régulateurs et réchauffeurs d'air, puis le compartiment de la machine, et

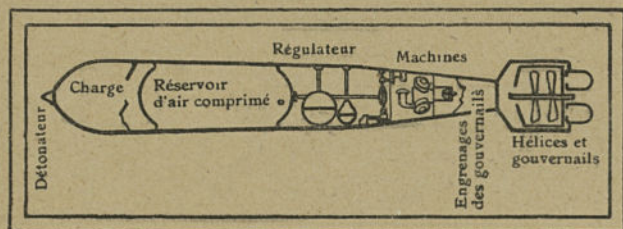


Fig. 25. — Torpille modèle 1910.

enfin un dernier organe, les engrenages qui commandent hélices et gouvernails.

Le diamètre ou calibre de la torpille française est de 450 millimètres, sa longueur atteint 5 m. 25 et son poids 650 kilogrammes environ. On voit que ce n'est pas précisément un engin portatif et que sa manipulation exige des appareils bien installés.

Le lancement s'opère par le moyen d'un tube, soit aérien, soit sous-marin, qui agit à la manière d'un canon. Les tubes aériens ont même cette ressemblance avec une pièce d'artillerie, qu'ils emploient une charge de poudre pour projeter la torpille au dehors. On ne trouve plus guère de tubes aériens que sur les torpilleurs ; les grands bâtiments qui en avaient été munis les ont abandonnés il y a quelques années à cause du danger présenté par une torpille chargée dans les parties non protégées du navire. Qu'un projectile

LES SOUS-MARINS

ennemi vienne à frapper cet endroit, et l'explosion de l'engin destiné à l'adversaire se produira à bord de l'envoyeur. Au reste, notre étude se limitant au sous-marin, nous ne citons les tubes aériens que pour mémoire.

LANCEMENT DE TORPILLE PAR TUBE SOUS-MARIN. ¶ ¶ Les tubes employés sur les sous-marins sont disposés de la manière suivante. Le corps du tube comprend deux fermetures : la *vanne* située à la partie extérieure, qui assure l'étanchéité du côté de la mer, et la *culasse*

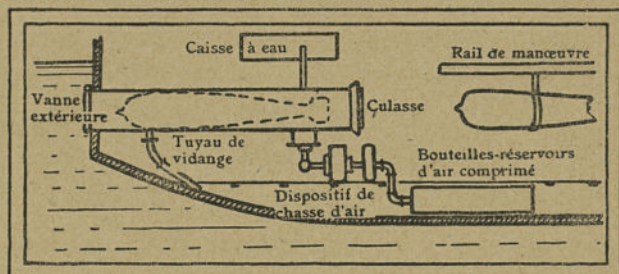


Fig. 26. — Schéma d'un tube lance-torpille sous-marin.

par où l'on introduit la torpille. Une caisse à eau, et des bouteilles contenant de l'air comprimé complètent l'installation.

Supposons le tube fermé à la sortie et vide d'eau. On ouvre alors la culasse et on amène la torpille au moyen du *rail de manœuvre* qui la tient suspendue. Elle est placée dans le tube à la façon d'un obus dans une pièce de canon, et la culasse est refermée. Notons en passant que, pour rendre tout accident impossible, des dispositifs ne permettent pas d'ouvrir à la fois la vanne extérieure et la culasse.

Une fois cette dernière refermée soigneusement, on remplit le tube d'eau au moyen de la caisse placée au-dessus. Cette manœuvre a pour but d'équilibrer les poids et d'empêcher tout changement d'assiette du sous-marin pendant le lancement.

LA GUERRE SOUS-MARINE

Les accumulateurs d'air comprimé étant, bien entendu, chargés au préalable, on manœuvre le *verrou de mise à feu* et simultanément trois actions se produisent : le moteur de la torpille est lancé, la vanne extérieure du tube s'ouvre et une chasse d'air puissante envoie la torpille au dehors. Celle-ci part donc dans la direction où le tube est pointé et fait route sous l'impulsion de ses hélices.

Après la chasse d'air, le tube est rempli par l'eau qui s'y précipite. On ferme alors la vanne et on vide le tube dans un ballast *ad hoc* au moyen de l'air comprimé. On peut ensuite mettre une autre torpille et procéder à un nouveau lancement.

Pendant cette opération les poids n'ont pas changé, chose importante, comme nous le savons. En effet, au départ le tube contient la torpille plus une certaine quantité d'eau remplissant les interstices, et immédiatement après le lancement le tube est entièrement envahi par l'eau. Or, la torpille pèse exactement — ou presque — le même poids que le volume d'eau qu'elle déplace. Nous avons donc l'égalité de poids avant et après l'opération. Ensuite, lorsqu'on vide le tube pour le recharger, l'eau envoyée dans les ballasts remplace à bord la torpille tirée.

Les sous-marins opérant leurs lancements en plongée peuvent employer aussi d'autres procédés moins compliqués pour déclencher leurs torpilles. Celles-ci, en effet, se trouvent tout immergées, et l'on peut imaginer un dispositif les orientant dans la direction voulue et les libérant ensuite en mettant leur moteur en marche. C'est ce qu'a réalisé l'ingénieur Drzewiecki avec l'appareil présenté par lui et primé au concours de la Marine française en 1896.

APPAREIL DE LANCEMENT DRZEWIECKI. ◊ ◊

Cet appareil, situé en dehors et sur les flancs du sous-marin, a reçu plusieurs modifications. Nous ne décrirons (fig. 27) que le dernier type, en usage actuellement. La torpille est fixée par un bras mobile autour d'un axe vertical et qui se termine par une griffe tenant la queue de la torpille. Celle-ci est d'abord accolée contre les flancs du sous-marin

LES SOUS-MARINS

et retenue par des colliers pouvant s'ouvrir de l'intérieur.

Un levier de déclenchement mobile règle l'ouverture de la griffe.

Lorsqu'on veut procéder au lancement, on place le levier de déclenchement en face de la graduation correspondant à l'angle sous lequel on veut envoyer la torpille. Puis on ouvre les colliers de retenue et on pousse la torpille au large avec les leviers de chasse.

Dès qu'elle s'est écartée du bord, la torpille pivote vers

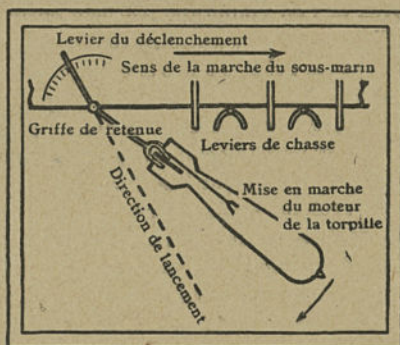


Fig. 27. — Appareil lance-torpille Drzewiecki.

l'arrière sous la résistance de l'eau due à la marche du sous-marin; quand elle arrive dans la direction du levier de déclenchement, la griffe s'ouvre et actionne en même temps l'ergot de mise en marche du moteur. Sous la poussée de ses hélices la torpille

s'élançait, sous l'angle de pointage déterminé.

Par ce moyen, un sous-marin peut donc tirer une torpille par le travers, ce qui est un avantage précieux dans certains cas. En revanche, les appareils latéraux extérieurs ont un grave inconvénient, celui d'exposer la torpille aux chocs prématurés et de rendre impossible leur visite à la mer. Les sous-marins allemands, qui envisageaient le combat au canon et redoutaient en outre le jet des bombes d'hydravions, n'osèrent, à juste titre, s'entourer d'un chapelet de torpilles chargées. Ils ne possédaient aucun dispositif extérieur de lancement, mais avaient six tubes intérieurs, quatre à l'avant en chasse placés sur deux rangs, et deux en retraite, tous dirigés suivant l'axe du bâtiment. Il leur fallait donc faire

LA GUERRE SOUS-MARINE

le pointage avec le sous-marin lui-même, et cela constituait naturellement une difficulté de plus pour l'attaque.

LA TORPILLE EN MARCHÉ. // // Voici notre torpille partie, voyons comment elle va se comporter. D'abord, pour la propulsion, elle dispose d'un moteur à air comprimé¹, de 80 à 100 chevaux de puissance, qui reçoit l'énergie d'un réservoir où la pression s'élève à 180 kilogrammes par centimètre carré. A la sortie du réservoir, l'air passe, avant d'aller au moteur, sur un *réchauffeur* à pétrole. Il reçoit de ce fait, par suite de la dilatation, un surcroît de pression qui augmente la puissance développée par l'appareil de propulsion.

Les vitesses ainsi obtenues sont de 42 nœuds² sur les premiers 2 000 mètres du parcours, avec une trajectoire totale de 6 000 mètres dont les derniers éléments sont franchis à 30 nœuds environ.

On peut d'ailleurs concevoir deux utilisations possibles de la torpille et faire jouer la vitesse en conséquence. Ou bien on envisagera le tir à grande distance, entre deux escadres de cuirassés, ou au contraire l'attaque à bout portant, telle que la pratiquent les sous-marins. Dans le premier cas, il faut une torpille ayant une bonne vitesse moyenne sur un long parcours — soit par exemple 35 nœuds pendant 8 000 mètres — tandis que pour le second emploi on aura besoin de la vitesse maxima pendant les premiers 1500 mètres.

Les deux genres de torpilles existent dans toutes les marines. Il n'y a, du reste, qu'un dispositif très simple à adopter pour obtenir une réduction de vitesse qui se traduit aussitôt par un épuisement moins rapide du réservoir d'air

1. On a aussi essayé des moteurs à explosion rotatifs très légers, fonctionnant à essence, et auxquels l'air nécessaire était fourni également par un réservoir à compression.

2. Quarante-deux nœuds, ou 42 milles à l'heure, font une vitesse de 77 km. 780 à l'heure. Trente nœuds correspondent à 55 km. 500.

LES SOUS-MARINS

comprimé, c'est-à-dire par un accroissement de la distance franchissable.

Voilà pour la propulsion et les éléments principaux. Examinons un côté très important, celui de la régularité de la trajectoire. Aussitôt lancée, la torpille est partie dans la direction du tube ; il lui faut à la fois conserver cette direction et se tenir à la profondeur voulue.

La direction est assurée au moyen de l'appareil Obry, basé sur la propriété du gyroscope dont nous avons déjà parlé. Au départ, le gyroscope est lancé à 3 600 tours environ par minute ; son axe et celui de la torpille sont parallèles. Si cette dernière dévie à droite ou à gauche de sa route, le gyroscope reste fidèle à la direction primitive et il vient buter sur une sorte de fourche qui met en mouvement, par l'intermédiaire d'un piston à air comprimé, le gouvernail vertical. La torpille est alors ramenée dans le droit chemin.

L'appareil Obry, dont nous n'indiquons que le principe essentiel, a reçu de nombreux perfectionnements.

Autrefois — il y a quelque quinze ans — les trajectoires obtenues étaient assez capricieuses. On a connu des torpilles folles tournant en rond, et d'autres méconnaissant leur devoir au point de revenir sur leur propre bâtiment. De plus, la régulation n'était assurée que pendant un temps fort court, dans les premiers 100 mètres du parcours, ce qui limitait l'emploi de la torpille. A présent, l'on peut envisager sans crainte les tirs à plusieurs kilomètres, tout au moins en ce qui regarde la rectitude du chemin suivi.

Reste la profondeur de plongée, qui doit être non seulement constante, mais réglable à volonté. Elle repose sur la manœuvre des gouvernails horizontaux, commandés par deux appareils distincts : un *piston hydrostatique* et un *pendule*. Le piston est mobile ; il reçoit sur une de ses faces la pression de l'eau, tandis que l'autre face subit la poussée d'un ressort antagoniste dont l'effort est réglé pour une profondeur donnée. A 3 mètres d'immersion, par exemple, le ressort devra fournir 309 grammes par centimètre

LA GUERRE SOUS-MARINE

carré¹ de la surface du piston pour immobiliser celui-ci

Si la torpille reste à la profondeur de réglage, le piston demeure à sa place, mais si l'engin plonge ou émerge, l'équilibre est détruit. Il y a déplacement du piston vers l'intérieur ou vers l'extérieur. Ces mouvements du piston commandent, au moyen de mécanismes mus par l'air comprimé, le gouvernail de profondeur qui ramène la torpille dans le plan d'immersion choisi.

Employé seul, ce régulateur ne serait pas assez sensible, car il faut, pour le faire agir, que la pression de l'eau sur le piston ait suffisamment varié, ce qui ne se produit que pour des différences de niveau relativement assez grandes. C'est pourquoi on lui a adjoint le pendule.

Celui-ci est constitué par un poids de plomb dont le point de suspension est placé à la partie supérieure du compartiment des régulateurs.

Tant que la torpille demeure horizontale, le pendule n'agit pas, mais dès que celle-ci met sa pointe vers le haut ou vers le bas, le pendule — qui reste vertical — vient toucher sur l'avant ou sur l'arrière les organes de commande du gouvernail de profondeur. Le pendule agit donc comme *régulateur d'assiette*, et nous savons toute l'importance d'une bonne horizontalité pour la tenue de l'immersion.

Sous l'influence de ces régulateurs, la torpille parcourt sa route à la profondeur choisie, que l'on détermine au moyen du piston mobile, ou plus exactement de son ressort. Les profondeurs sont fixées par l'objectif à atteindre : pour un cuirassé ou un bâtiment de surface, elle est ordinairement de 3 à 4 mètres. Quand il s'agit d'un lancement contre un sous-marin dont on aperçoit le périscope, on règle à 7 ou 9 mètres ; c'était le cas de nos torpilleurs et de nos sous-marins en 1914-1918. On peut aussi régler « en surface », c'est-à-dire à 1 mètre de profondeur, pour toucher les bâtiments à faible tirant d'eau, mais la torpille suit, dans ce

1. A 10 mètres d'immersion nous avons, par centimètre carré, 1 kg. 033, donc 0 kg. 103 par mètre et $3 \times 0,103$ ou 0 kg. 309 pour 3 mètres.

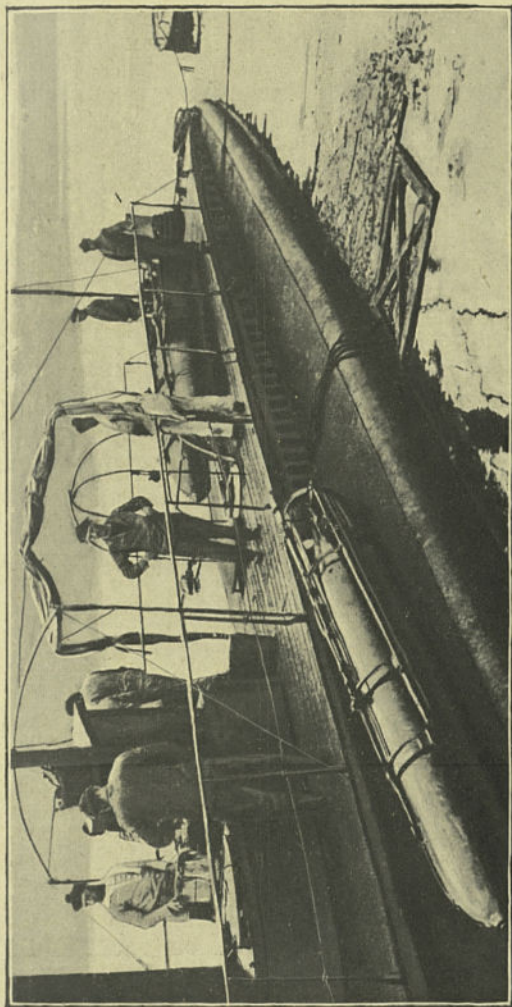
LES SOUS-MARINS

cas, plus difficilement sa route. Pour peu qu'il y ait un léger clapotis, elle est « happée » littéralement à la surface et on lui voit faire parfois de véritables bonds hors de l'eau. La justesse du tir s'en ressent naturellement. Aussi un bâtiment ayant moins de 2 m. 50 de tirant d'eau craint-il peu de chose de la torpille automobile. Le sillage produit par ces redoutables engins est très visible. Il provient non seulement du rapide passage à travers l'eau, mais aussi des bulles d'air nombreuses que dégage le moteur. C'est là un gros inconvénient, car le bâtiment visé se trouve à même, dans certains cas, de manœuvrer à temps pour éviter ce projectile dont il peut suivre la route tracée à la surface. Le sous-marin doit donc exécuter ses lancements d'aussi près que possible, 400 à 500 mètres au plus, de façon à rendre impossible l'esquive de l'adversaire.

A cette distance, en effet, avec les vitesses que nous avons citées, la torpille arrive au but en trente secondes environ, et ce laps de temps est trop faible pour qu'un grand bâtiment puisse modifier sa direction.

Le mécanisme de l'explosion est simple ; le détonateur à fulminate de mercure est actionné par le choc violent contre la carène ennemie de ce mobile pesant une demi-tonne, lancé à 20 mètres à la seconde. Les 100 kilogrammes de fulmicoton, plaqués contre les bordages, font mine, et le « bourrage » est constitué par l'eau. Excellent bourrage d'ailleurs, car on sait que l'eau est, en somme, incompressible. Le point de moindre résistance sera donc la coque du navire, et les gaz de la déflagration s'y ouvriront une large brèche. Tout bâtiment touché par une torpille est donc gravement avarié, et le moins qui puisse arriver c'est un ensemble de réparations longues et coûteuses nécessitant, bien entendu, la mise en cale sèche.

LES TORPILLES MODERNES. Les torpilles en usage dans les marines des grandes puissances navales n'offrent que des différences peu sensibles, portant surtout dans le calibre employé.



L'APPAREIL DE LANCEMENT DZREWIECKI
Cet appareil employé en plongée permet de lancer la torpille latéralement sous un angle voulu.
(Photo Meyer.)



LE SOUS-MARIN FRANÇAIS *Atalante*
Placement d'une mine dans un puits de lancement.

LA GUERRE SOUS-MARINE

De 450 millimètres de diamètre, on est allé jusqu'à 500 millimètres et 533 millimètres. Voici les caractéristiques principales de ces types.

En France, nous avons la *R* modèle 1909-1910 de 450 millimètres, longueur 5 m. 25, poids 650 kilogrammes, charge 100 kilogrammes de coton-poudre à 20 p. 100 d'humidité, réservoir chargé sous 180 kilogrammes de pression, vitesse initiale 42 nœuds. Un modèle de torpille de 530 millimètres pour grands bâtiments était à l'étude en 1914.

La question du calibre est d'ailleurs très controversée. Certains officiers estiment que 100 kilogrammes de fulmicoton sont une charge suffisante et qu'il n'y a pas lieu de délaisser notre excellente torpille de 450 millimètres, plus maniable avec ses 5 mètres de longueur et ses 650 kilos. Sur les sous-marins en particulier, la manœuvre d'engins atteignant une tonne n'est pas toujours facile. En outre, la modification de calibre entraîne le changement des tubes, des compresseurs d'air, de tous les appareils accessoires.

Les partisans du plus gros calibre s'appuient sur les exemples des marines étrangères et sur l'accroissement de protection des grands cuirassés modernes. Un coup de torpille heureux est en somme assez rare, et il est regrettable de voir un succès de tir compromis par le manque de puissance du projectile.

Tels sont les arguments en présence ; ils ont une indéniable valeur, mais le calibre de nos futures torpilles sera déterminé surtout par les dimensions des cuirassés et les progrès de leur système de cloisonnement intérieur. Il y a lieu de croire que cela conduira à l'augmentation des calibres, au 530 sûrement, et peut-être même au 600 millimètres.

A présent que nous connaissons les armes du sous-marin, voyons comment il attaque.

PROCÉDÉS D'ATTAQUE DES SOUS-MARINS. ▯ ▯

Nous n'avons rien à dire de particulier sur l'attaque par le canon. Dans le début, quand les navires marchands n'étaient ni armés, ni escortés, le sous-marin émergeait tranquille-

LES SOUS-MARINS

ment à quelques centaines de mètres et signalait d'avoir à stopper. Il faisait évacuer l'équipage dans les embarcations et tirait ensuite quelques coups de canon à la flottaison du cargo. Parfois ses hommes montaient à bord, se ravitaillaient à leur convenance et s'en allaient ensuite, laissant derrière eux des bombes à retardement dont l'explosion faisait bientôt sombrer le bâtiment.

Plus tard, quand nos navires de commerce reçurent des pièces de petit calibre, on vit quelques combats, mais à distance assez grande. Connaissant la puissance des canons qu'ils avaient en face d'eux, les sous-marins se tenaient à la limite des portées utiles. Si malgré cela le tir du cargo se précisait, si les obus commençaient à encadrer le but, le sous-marin n'attendait pas que la « fourchette¹ » se resserrât et plongeait sans plus insister.

L'ensemble des mesures défensives que nous verrons plus loin, amena d'ailleurs bientôt les sous-marins à se limiter à la torpille, et nous devons maintenant examiner comment s'exécute l'attaque avec cette arme.

D'après ce que nous savons de la torpille, on voit que tout se ramène au problème suivant : étant donné un navire faisant une route quelconque à une vitesse quelconque, estimer cette route et cette vitesse et manœuvrer de façon à venir se poster le plus près possible du but.

Il faut en effet, comme nous l'avons vu, que le lancement s'opère à 500 ou 600 mètres au plus pour réunir le maximum de chances. La torpille est un instrument délicat qui ne donnait guère, dans les exercices du temps de paix, que 25 p. 100 de touches au but.

On peut concevoir une solution géométrique du problème. Soit B le bâtiment visé, BR sa route et V' sa vitesse ; et soit

1. Les artilleurs appellent *fourchette* la distance qui sépare un coup *long* (au delà du but) d'un coup *court* (en deçà du but). Pour le réglage, on commence par chercher la fourchette large, puis on resserre le tir, et quand la fourchette est suffisamment réduite, on passe au tir d'efficacité avec une hausse égale à la demi-somme des deux hausses de la fourchette.

LA GUERRE SOUS-MARINE

le sous-marin S pouvant donner en plongée une vitesse V. Dès que le sous-marin aperçoit le bâtiment, il relève avec la boussole la direction SB, et ce qu'il lui faut déterminer immédiatement, c'est l'angle que doit faire, avec cette direction SB, la direction SR à suivre pour aller rencontrer en R le navire à torpiller.

Considérons le triangle SBR. Pour que la rencontre ait lieu, il faut que le sous-marin parcoure le côté SR dans le même temps que le bâtiment franchira le côté BR, c'est-à-dire, puisque les temps sont proportionnels aux vitesses, que l'on doit avoir :

$$\frac{SR}{V} = \frac{BR}{V'}$$

Supposons $V' = 10$ nœuds, $V = 6$ nœuds, et représentons les vitesses

par deux droites à l'échelle de ces chiffres. La solution géométrique est élémentaire. Du point S on trace $SO = V'$ parallèle à BR. Puis, du point O comme centre avec V comme rayon, on décrit un cercle jusqu'à sa rencontre en n avec la droite BS. Du point n on trace une droite nm parallèle à BR et de longueur égale à V'. Il ne reste plus qu'à joindre le point S au point m pour avoir la direction cherchée. Le sous-marin fera donc avec le relèvement primitif du bâtiment un angle mSn pour obtenir la rencontre en R. En effet, dans les deux triangles semblables BSR et nSm nous avons l'égalité :

$$\frac{SR}{Sm} = \frac{BR}{nm}$$

Comme par construction $Sm = V$ et $nm = V'$ le problème est résolu.

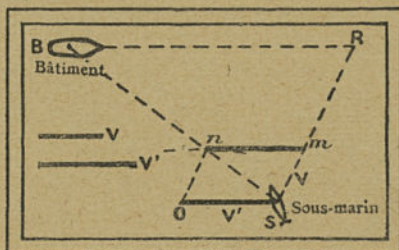


Fig. 28. — *Problème de l'attaque. Le sous-marin S doit faire la route Sm pour rencontrer en R le bâtiment B.*

LES SOUS-MARINS

Avec du papier quadrillé et un rapporteur, on peut faire le graphique en moins d'une minute sur un coin de table. Sur ce graphique on mesurera l'angle de route à faire et la distance SR à parcourir, après quoi il n'y aura plus qu'à marcher dans la direction voulue et à donner un coup de périscope un peu avant d'arriver au point R pour vérifier sa position et se mettre en mesure de lancer la torpille.

INFLUENCE DES ERREURS D'APPRECIATION SUR LA ROUTE ET LA VITESSE DU BUT.

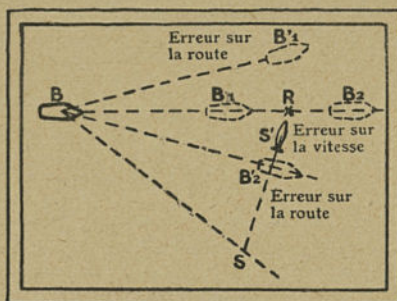


Fig. 29. — Effets des erreurs d'appréciation sur la route et la vitesse du but.

Voilà ce que nous donne la géométrie; mais, dans la réalité, il s'en faut que les choses soient aussi simples. Nous avons précisément supposé connus les éléments sur lesquels nous ne posséderons jamais que des indications approximatives : la route suivie par le bâtiment-but et sa vitesse. Voyons l'influence que peuvent avoir sur le résultat final les erreurs d'appréciation commises sur chacun de ces éléments.

Une erreur sur la vitesse se traduira sur la distance BR où elle sera portée en vraie grandeur. Si, au lieu des dix nœuds estimés dans notre exemple, le bâtiment B n'en file que neuf, que se passera-t-il ? Lorsque le sous-marin aura effectué son parcours, il se trouvera en S', très près de R, tandis que le navire visé sera seulement en B₁, à une distance de R égale au dixième de la longueur BR. Si cette distance B₁R n'est pas trop grande, le sous-marin se trouvera encore en bonne position, il n'aura qu'à attendre le passage du but.

LA GUERRE SOUS-MARINE

La vitesse du bâtiment B est-elle au contraire de onze nœuds, l'attaque est manquée, car lorsque le sous-marin arrivera en S' le navire aura gagné la position B₂, il sera passé.

D'après cela, nous remarquons qu'il vaudra mieux, pour le sous-marin, attribuer au but dans ses calculs une vitesse *trop grande*, que d'estimer une vitesse *trop faible* le conduisant à se présenter en retard au point de rencontre.

En ce qui concerne la route suivie, si la direction réelle s'éloigne davantage du sous-marin que celui-ci ne le pense, le bâtiment sera en B'₁ quand le sous-marin se trouvera en S'. L'attaque est bien compromise, sinon tout à fait manquée, pour peu que l'erreur d'appréciation soit suffisante.

Dans le cas d'une route plus rapprochée du bâtiment B, celui-ci arriverait en B'₂ au moment où le sous-marin serait en S'. L'attaque a cette fois franchement échoué, car le sous-marin est passé devant le but. Cependant, comme l'assaillant n'aura pas fait route sans donner quelques coups de périscope, l'erreur sera plus facilement réparable dans cette seconde hypothèse que dans la première, car il pourra s'en apercevoir à temps.

L'appréciation de la route suivie est d'une grande importance, car une faible différence angulaire suffit à donner un écart notable. Avec quelques degrés seulement, on arrive à dévier d'un ou de deux dixièmes de la distance parcourue¹, et cette constatation prend toute sa valeur si nous réfléchissons qu'un bon lancement de torpille doit s'effectuer à moins de 500 mètres du but.

Les erreurs de route se combinant avec les erreurs de

1. Pour des angles assez petits, nous pouvons prendre comme mesure la longueur de leur *tangente*. Or, les tables trigonométriques des *lignes naturelles*, c'est-à-dire exprimées en fraction du rayon, nous donnent : tangente 5° 43' = 0,1 et tangente 11° 19' = 0,2. Il suffit donc d'une erreur de la valeur de ces angles pour que le bâtiment visé soit à un ou deux dixièmes de la distance qu'il a parcourue en deçà ou au delà de sa position estimée.

LES SOUS-MARINS

vitesse, on voit combien notre solution géométrique est précaire. En fait, nous l'avons indiquée seulement pour avoir un moyen facile d'exposer la question.

Il y a d'ailleurs un autre procédé plus « marin » pour résoudre le problème de l'attaque. Reprenons notre triangle SBR. Pour que la rencontre ait lieu en R il faut et il suffit que l'angle sous lequel le sous-marin relève le bâtiment

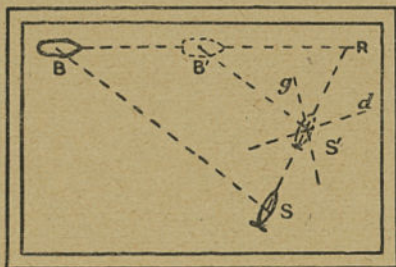


Fig. 30. — Méthode de relèvement constant : le sous-marin doit voir toujours le bâtiment B sous le même angle pour que la rencontre ait lieu en R.

reste constant. En effet, nous avons vu que la condition s'énonçait au départ en

$$\frac{SR}{V} = \frac{BR}{V'}$$

Cette condition doit subsister pendant tout le parcours, et lorsque le bâtiment et le sous-

marin seront en B' et S' nous devons encore avoir

$$\frac{S'R}{V} = \frac{B'R}{V'}$$

Par suite

$$\frac{S'R}{SR} = \frac{B'R}{BR}$$

Les deux triangles S'RB' et SRB sont par suite semblables et l'angle en S est égal à l'angle en S'. Le relèvement est donc constant.

Passons à la pratique, et laissons maintenant de côté le tableau noir. Après avoir reconnu le bâtiment B, le sous-marin fait une route SR qu'à vue de nez il estime devoir le conduire à la bonne position de lancement. Il a noté l'angle

LA GUERRE SOUS-MARINE

de cette route avec la direction SB du but, ce qui se fait d'un coup d'œil sur la boussole. Au bout d'un certain temps, inspection au périscope. Si l'angle route-but a diminué, c'est que le sous-marin rentre en dedans du triangle, qu'il fait une route S'g. Au contraire, si l'angle augmente, c'est qu'il s'écarte au dehors en S'd. Dans les deux cas on rectifiera la direction.

D'autres méthodes encore sont employées, et chaque commandant de sous-marin a la sienne. Même si nous en connaissions quelques-unes, on pense que nous ne les décrierions pas ici. Ce que nous avons exposé suffit pour indiquer les difficultés d'une attaque à la torpille et pour faire comprendre les mesures défensives que nous allons maintenant exposer. Quittant le sous-marin, nous verrons à présent la guerre du pont d'un cargo.

PROCÉDÉS DE DÉFENSE CONTRE LES SOUS-MARINS.

▯ ▯ Le sous-marin possédant les deux armes que nous avons indiquées, les bâtiments de surface durent envisager deux genres de protection : 1^o contre les attaques au canon ; 2^o contre les torpilles.

Notons tout d'abord que les navires de guerre n'eurent jamais à redouter les premières, tandis qu'ils furent en butte aux secondes. C'est pourquoi nous n'envisagerons ici que les cargos, dont les sous-marins allemands firent, au cours des hostilités récentes, leurs proies toutes désignées.

Le premier but que les marines alliées cherchèrent à obtenir fut en premier lieu la suppression des attaques au canon. Celles-ci étaient en effet très meurtrières, car les sous-marins se trouvaient en mesure de détruire ainsi beaucoup plus de navires qu'avec la torpille. Leurs soutes à munitions contiennent un nombre de projectiles suffisamment élevé pour que l'on ait vu, à certains moments, des sous-marins couler par ce moyen *trente* ou même *quarante* cargos dans une croisière de quinze jours¹. S'il leur avait

1. Notamment en Méditerranée, dans le deuxième semestre de 1916.

LES SOUS-MARINS

fallu obtenir ce résultat avec la torpille, ce n'est pas les huit ou dix engins de cette espèce placés à bord qui le leur auraient permis.

Le premier procédé auquel on songea fut de surveiller aussi étroitement que possible les routes commerciales avec des bâtiments patrouilleurs, contre-torpilleurs, chalutiers, yachts ou autres, armés de canons et montés par des équipages de l'État. Le nombre de ces surveillants était malheureusement trop restreint à cette époque et le résultat ne répondit pas aux espoirs formés. Lorsque la ronde des patrouilleurs passait, les sous-marins plongeaient et restaient cois. Puis, une fois la police éloignée, les malfaiteurs recommençaient à assassiner sur les grandes routes.

On dut munir les bateaux de commerce d'une artillerie, malgré les difficultés d'une semblable mesure. Les premières pièces furent empruntées aux navires de guerre désarmés, on vida le fond des arsenaux, on supprima des batteries de côtes, bref on s'ingénia de toutes manières à se procurer les quelques 1200 canons nécessaires.

ESCORTE ET CONVOIS. // // En plus de l'armement de nos bâtiments de commerce, on perfectionna le système de surveillance en adoptant le principe de l'*escorte*. Les navires, soit isolément, soit plus ordinairement réunis en convois, furent accompagnés par des patrouilleurs jouant autour d'eux le rôle de chiens de berger, prêts à les défendre contre toute attaque.

Devant ce déploiement de forces, en présence de toutes ces pièces braquées sur le point de faire feu, les sous-marins, pour les raisons que nous avons énoncées, se montrèrent de moins en moins décidés à entamer la conversation. Le monologue leur avait plu d'abord, mais visiblement ils répugnaient au dialogue. Et dès lors, la parole passa uniquement à la torpille.

Supposons-nous à présent sur un bâtiment. Des sous-marins ont été signalés, rôdant çà et là sur notre route. Comment allons-nous faire pour gêner leur attaque ?

LA GUERRE SOUS-MARINE

Nous avons deux éléments à notre disposition : la vitesse et le chemin à suivre, ceux-là mêmes que le sous-marin fait entrer dans ses calculs.

D'après ce que nous savons de ses méthodes, nous pouvons déterminer les ressources à tirer de notre vitesse. En premier lieu, une grande rapidité de marche serait pour nous un avantage précieux, comme le démontre notre figure géométrique de tout à l'heure. Si nous la considérons de nouveau, nous voyons en effet que lorsque le bâtiment B possède une vitesse V' trop grande par rapport à la vitesse V du sous-marin, le cercle décrit du point O comme centre avec V comme rayon ne rencontre plus la droite SB. La construction du triangle nSm n'est plus possible et aucun

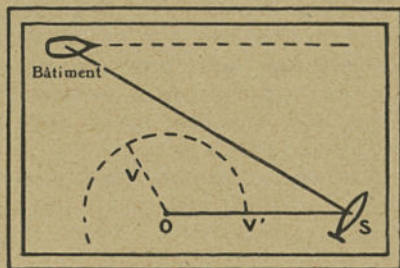


Fig. 31. — Cas où l'attaque est impossible : le bâtiment B a trop de vitesse.

angle de route ne permettra au sous-marin de rattraper le bâtiment B. Un navire à grande vitesse n'aura donc à craindre que le malencontreux hasard qui l'amènerait à passer sous le nez d'un sous-marin embusqué. C'est en grande partie pour cette raison, comme nous l'avons vu, que les transports de troupes américaines, exécutés sur des paquebots rapides, purent traverser l'Atlantique sans encombre. La vitesse d'un sous-marin en immersion n'étant que de 10 nœuds environ, on voit qu'à 18 ou 20 nœuds un bâtiment de surface ne risque pas grand'chose en route libre, surtout s'il évite autant que possible les caps, détroits, et autres parages de même nature.

En Méditerranée, durant toute la guerre de 1914-1918, les paquebots d'Algérie firent leurs trajets sans jamais avoir été torpillés, à l'exception d'un seul, la *Medjerda*, coulé près du cap Creuz avant d'entrer à Port-Vendres. Ces bâti-

LES SOUS-MARINS

ments ne donnaient cependant, avec la fatigue des machines, que 13 à 14 nœuds, mais c'était déjà beaucoup pour les sous-marins allemands qui, moins rapides que les nôtres, dépassaient rarement 8 nœuds en plongée.

Donc, nous marcherons le plus vite possible. Mais notre maximum peut être insuffisant, car les cargos ont des vitesses commerciales de 8 à 10 nœuds au plus. Il faut donc s'adresser au second élément, la route suivie.

ROUTES EN LACETS. ¶ ¶ Pour celui-là, toute latitude nous est laissée de le faire varier. Au lieu de poursuivre tranquillement notre petit bonhomme de chemin, comme un honnête promeneur sans inquiétude, nous allons zig-zaguer, aller d'un côté, revenir de l'autre, bref, employer le système des *routes en lacets*.

Par exemple, on marchera cinq minutes 30 degrés plus à droite que l'axe du chemin à faire ; puis on reviendra pendant cinq minutes plus à gauche de la même quantité, et ainsi de suite. C'est le *lacet régulier*. Ou bien on mettra la barre du gouvernail toute d'un côté jusqu'à faire venir le bâtiment de 45° à droite de l'axe, après quoi, sans s'arrêter, on renversera le mouvement pour venir de 45° à gauche, et l'on continuera ainsi à tracer le *lacet en spirale*.

Ces diverses figures de route ont été variées à l'infini, chaque commandant en donnait une, et vers la fin de la guerre on était arrivé à en posséder d'extrêmement ingénieuses, auxquelles avaient collaboré, en connaissance de cause, les officiers de nos sous-marins.

Par le moyen des routes en lacets, nous avons brouillé les cartes de l'adversaire, mis à chaque instant en présence de données *variables* pour la résolution de ses problèmes d'attaque. Il était encore un autre procédé, dont on s'avisa vers 1917 : le *camouflage*.

LE CAMOUFLAGE. ¶ ¶ On sait l'emploi étendu qui en a été fait dans l'armée de terre, où tout était camouflé, à commencer par les hommes couverts des pieds à la tête

LA GUERRE SOUS-MARINE

d'habits bleu-horizon. Sur mer, on essaya d'abord un système basé sur le même principe : celui de *l'invisibilité* par emploi de teintes voisines des teintes naturelles. Et l'on peignit les bateaux de couleurs variées, un peu selon le goût de chacun... et les disponibilités du stock de peinture.

Il faut avouer que le résultat ne fut pas brillant. Les bâtiments bariolés vert clair sur rose pâle ou pointillés ton sur ton en bleu dégradé du foncé à l'azur, se montrèrent aussi visibles — parfois plus — que le modeste cargo badi-geonné grossièrement au rabais de la manière courante.

C'est qu'en mer, il n'y a pas de couleurs naturelles. Tout y est perpétuellement changeant, suivant les lieux, les heures du jour et les différentes saisons. Allez donc essayer de vous confondre parmi ces chatoiements, désespoir des peintres ! Grise dans le Nord, sous le ciel chargé de nuages, la mer est verte sur les côtes de Portugal, bleue en Méditerranée. Qu'un brouillard s'élève, la voilà laiteuse. S'il fait calme, c'est un miroir absorbant tout reflet ; avec le vent, les vagues se forment, crêtées de blanc, et la lumière s'accroche à chaque aspérité, dessinant des ombres nettes, dures, à fond violet.

Pots et pinceaux s'avouèrent bientôt vaincus. Mais, tout en étudiant le problème, on s'avisa qu'il y avait mieux à faire que de rechercher l'invisibilité. Le graphique de l'attaque, avec son élément primordial la *route suivie* par le but, revint sur le tapis. Et d'aucuns préconisèrent une méthode de camouflage toute nouvelle, celle des *fausses perspectives*.

Il ne s'agissait plus de se cacher, mais de dissimuler son chemin, d'induire les spectateurs en erreur sur la direction de l'axe longitudinal des bâtiments en vue. Lorsqu'on examine un navire faisant route, on distingue naturellement son avant et son arrière et l'on se rend compte approximativement du « cap » ou degré de l'horizon vers lequel il se dirige par les formes plus ou moins fuyantes de sa coque. Vu perpendiculairement à notre regard, « en plein travers », le bâtiment nous offrira une silhouette nette à profil

LES SOUS-MARINS

régulier. Mais dès qu'il fait un certain angle, les contours arrondis nous apparaissent, avec leur jeu d'ombres. Ce sont ces différents aspects qu'il s'agit de modifier. On peindra, par exemple, la coque de raies foncées, se détachant sur un fond clair et obliquant fortement de la flottaison avant jusqu'au milieu ; l'arrière sera coupé brusquement par un demi-cercle noir accolé de blanc ; d'autres lignes inclinées s'étendront partout, sans discontinuité, sabrant les superstructures, les rouffes, les cheminées.

Quand un pareil bateau passera devant nous, son avant semblera fuir en s'abaissant sur l'horizon tandis que son arrière, attirant l'œil, prendra une importance trompeuse. Par suite, il nous apparaîtra comme tournant brusquement à gauche ou à droite. On fera facilement, comme mainte expérience l'a démontré, une erreur de 30 à 60 degrés sur la route d'un navire ainsi déguisé. Et nous savons la conséquence qui en résultera.

Après les bariolages et les ressources de la perspective, on utilisa la mâture, les cheminées, et les rangées d'embarcations. Tout fut mis à l'envers ; les mâts, désaxés, quittèrent le milieu pour aller se planter en abord. Vu exactement par l'avant ou l'arrière, le navire n'avait pas sa mâture en ligne droite. Les cheminées, inclinées ordinairement sur l'arrière, penchèrent vers l'avant. Les canots, élégamment rangés sur une ligne bien horizontale, connurent, eux aussi, la position oblique. A une certaine distance, on ne savait plus si le navire allait à droite ou à gauche, s'il venait sur vous ou s'éloignait. Les officiers de quart connurent alors de cruelles incertitudes en ce qui regardait la manœuvre à faire pour éviter les abordages.

On pense quelles indications pouvaient fournir la vision rapide dans le champ d'un périscope d'un pareil carnaval maritime. Combien de sous-marins manquèrent leurs attaques, et se virent, à leur grande confusion, plus éloignés du but après leur course qu'avant le départ ? On ne le saura jamais, mais nos statistiques de pertes constamment décroissantes nous renseignent en bloc à ce sujet.

LA GUERRE SOUS-MARINE

Avec l'escorte, les routes en lacets et le camouflage, nous connaissons l'essentiel des mesures défensives prises contre les sous-marins. Mais le canon et la torpille n'étaient pas les seuls ennemis du bâtiment de surface, il nous faut à présent parler d'un engin insidieux autant que redoutable : les mines.

LES MINES SOUS-MARINES. ☞ ☞ Les mines, ou *torpilles de blocus*, sont des récipients flottant entre deux eaux, garnis d'explosif, et qui éclatent au choc quand un bâtiment vient les heurter. Elles sont maintenues à leur emplacement par une sorte d'ancre, et les belligérants les mouillent aux endroits dont ils veulent interdire l'accès à l'ennemi. Leur emploi est fort ancien, on retrouve des « machines infernales » dès le XV^e siècle et, plus près de nous, les guerres turco-russe de 1877, russo-japonaise de 1904 virent les mines sous-marines jouer un rôle important. Mais il était réservé aux hostilités de 1914-1918 de dépasser sur ce point comme sur beaucoup d'autres tous les exemples antérieurs.

Tandis, en effet, que les sous-marins allemands venaient placer ces engins devant nos ports, les bâtiments alliés barraient par le même moyen les chemins conduisant aux bases ennemies. Il y eut dans la mer du Nord des « champs de mines » d'une superficie considérable, s'étendant des côtes anglaises à celles de Norvège !

Les différents modèles de mines employées par les puissances rivales ou alliées se ressemblent dans leurs principes essentiels. Nous allons décrire les mines allemandes, d'après les nombreux exemplaires relevés intacts sur nos côtes.

MINES SOUS-MARINES ALLEMANDES. ☞ ☞ Le flotteur contenant la charge est un cylindre en tôle de 3 millimètres à 5 millimètres d'épaisseur, terminé par deux hémisphères de 0 m. 85 de diamètre. La partie cylindrique est de hauteur variable suivant la quantité d'explosif (140 à 200 kilogrammes de *tolite*). La mine repose sur quatre

LES SOUS-MARINS

supports fixés à un lourd plateau de fonte ou crapaud servant d'ancre. Quatre montants à rabattement sur charnières, les *bras-guides*, assurent la direction dans l'opération de mouillage.

La mine est reliée au crapaud par l'entremise d'une griffe à croc commandée au moyen d'un piston retardateur à glycérine. Ce piston a pour but de maintenir la mine au fond,

sur le crapaud, pendant un laps de temps suffisant pour permettre au bâtiment mouilleur de s'éloigner, soit une heure environ.

Un câble ou *orin* en fil d'acier de 9 à 15 millimètres de diamètre, enroulé sur un tambour du crapaud, passe dans deux poulies faisant corps avec la mine, et redescend se frapper sur le crapaud après avoir traversé le régulateur d'immersion.

Le système d'inflammation de la charge est formé des organes suivants : 1^o Quatre antennes débordantes, ou tubes de plomb garni intérieurement de caoutchouc, qui renferment chacune une fiole de

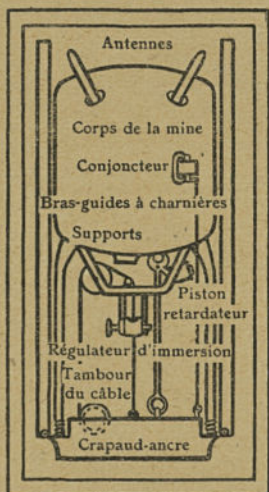


Fig. 32. — Mine sous-marine allemande.

verre pleine de bichromate de potasse. Ces fioles sont maintenues en place par deux ressorts à boudin, et les tubes en plomb sont soudés à une armature de bronze se vissant sur le corps de la mine.

2^o Quatre piles, constituées par deux électrodes, zinc et charbon, maintenues par une armature de bronze dans l'intérieur, du flotteur, immédiatement au-dessous des antennes. Deux fils conducteurs isolés partent de chaque pile et vont se fixer aux bornes du conjoncteur.

LA GUERRE SOUS-MARINE

3° Un conjoncteur, sorte de boîte en bronze enfoncée par l'extérieur du flotteur dans un encastrement spécial. A l'intérieur cette boîte renferme un cylindre en bronze portant quatre bornes avec lamelles de contact. Les fils conducteurs des piles se fixent à deux de ces bornes, les deux autres recevant les fils allant au détonateur. Un piston en ébonite garni de deux plaques de contact en laiton peut s'enfoncer dans le cylindre sous l'effort d'un ressort à boudin. Quand le piston est au fond, les plaques de contact viennent porter sur les lamelles du cylindre et le circuit est constitué entre les piles et le détonateur. La mine est alors armée. Le piston possède une tige extérieure qui permet de le retirer en arrière ; les plaques de laiton ne portent plus alors sur les lamelles du cylindre, le circuit piles-détonateur est interrompu, la mine est désarmée. Une clavette permet de retenir à l'extérieur le piston dans cette position de sécurité.

4° Un détonateur, placé à la partie inférieure de la mine, qui contient le cylindre d'amorce au fulminate de mercure et le déflagrateur traversé par deux fils électriques fixés à deux lamelles s'appuyant aux bornes où s'enroulent les deux conducteurs venant du conjoncteur.

Le mécanisme opère comme suit. La mine étant armée — piston du conjoncteur enfoncé à bloc — si une des antennes est brisée par un choc, le bichromate de potasse qu'elle contient se répand dans la pile placée au-dessous. Le courant électrique se forme, parcourt le circuit des fils conducteurs et va produire une étincelle suffisante pour enflammer le cylindre d'amorce du détonateur, qui amène l'explosion de la charge.

MOUILLAGE DES MINES. ∅ ∅ L'opération de la mise en place, ou « mouillage » de la mine, s'exécute comme nous allons le voir. On jette la mine fixée à son crapaud à la mer. Le tout descend au fond, le crapaud le premier comme étant plus lourd, et l'engin entier reste d'abord bien sage-ment dans cette position.

Au bout d'une heure environ, le piston à glycérine s'est

LES SOUS-MARINS

vidé, il laisse s'ouvrir alors le croc de retenue de la griffe et celle-ci, se desserrant, libère la mine.

La flottabilité de cette dernière étant considérable, elle s'élève vers la surface et, dans ce mouvement, abandonne la clavette retenant au dehors le piston du conjointeur. Sous la pression de son ressort à boudin, ce piston s'enfonce dans son cylindre, établissant le circuit électrique qui arme la mine.

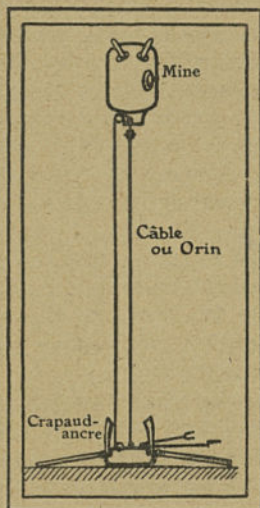
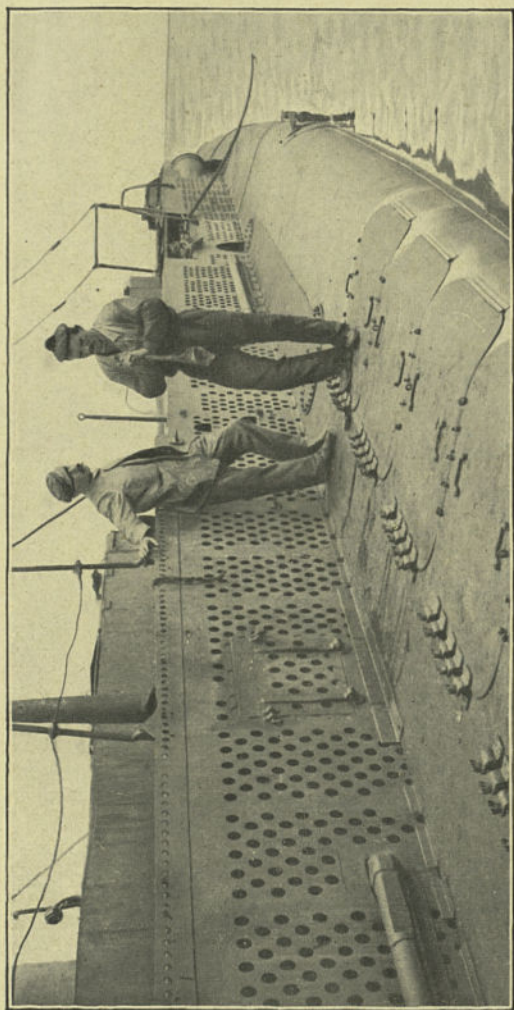


Fig. 33. — Mine mouillée et armée.

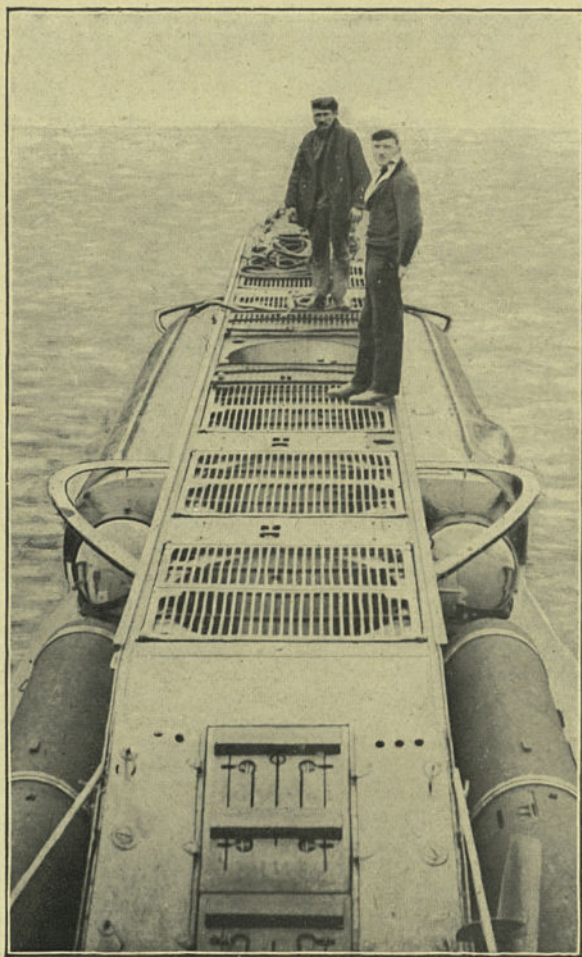
L'orin se déroule pendant que la mine remonte jusqu'au moment où le régulateur d'immersion à piston hydrostatique subit la pression correspondant à la profondeur choisie. A ce moment le régulateur étrangle l'orin et le mouvement ascensionnel s'arrête. La mine est en place, armée, prête à faire son office.

La profondeur à laquelle on fixe les mines dépend de plusieurs conditions. Il faut évidemment que cette profondeur soit inférieure au tirant d'eau des bâtiments, sans quoi ceux-ci passeraient librement au-dessus sans rien choquer. Mais, d'autre part, il ne convient pas de mouiller les mines

trop près de la surface, sous peine de les voir repérées facilement par les vedettes de surveillance, les avions et autres organes de protection. En général, on les place à 3 mètres environ, chiffre moyen qui concilie à peu près les conditions ci-dessus énoncées. Nous en concluons qu'un bâtiment de 2 mètres à 2 m. 50 de tirant d'eau n'a pas à redouter les mines, et comme nous avons vu déjà qu'il se trouvait à l'abri des torpilles automobiles, on ne pourra que



LE SOUS-MARIN MOUILLEUR DE MINES *Amarante*
Les puits à mines terminés pour la plongée.



LE MOUILLEUR DE MINES ALLEMAND VC-58
*Les puits à mines sont placés au centre. On aperçoit sur la
photographie leurs ouvertures grillagées.*

LA GUERRE SOUS-MARINE

féliciter son équipage. Pour une fois, le bonheur va à ceux ne marchant pas sur un grand pied, et c'est bien leur tour. Cependant, il faut toujours compter avec les fantaisies des appareils automatiques : un piston régulateur peut ne pas bien fonctionner. D'autre part, l'homme qui l'a réglé est susceptible de commettre une erreur. Bref, la route à travers les champs de mines n'est pas une promenade de tout repos.

Les mines mouillées par nous, étant destinées aux sous-marins allemands, se trouvaient à des profondeurs plus considérables, 9 à 10 mètres. Nos bâtiments pouvaient ainsi circuler sans danger — sauf les très grosses unités — et le barrage était efficace contre un submersible en plongée.

Le mouillage des mines s'effectue au moyen de bâtiments spéciaux, dont nous allons voir à présent les principaux types.

LES MOUILLEURS DE MINES. ¶ ¶ La marine française avait à l'origine deux mouilleurs de mines construits en 1911 en vue de cette utilisation. Ce sont les *Cerbère* et *Pluton* sortis des chantiers A. Normand du Havre, sur les plans de l'ingénieur Ferrand. Ces bateaux ont extérieurement l'aspect de grands chalutiers ; ils ont 59 mètres de long, 8 m. 08 de large, et déplacent 566 tonnes au tirant d'eau de 3 m. 25. Ce dernier chiffre est un peu fort pour un navire devant aller sur des champs de mines, qui ne seront pas toujours mouillées par lui. Les machines, de 6 000 chevaux, actionnent deux hélices et font obtenir une vitesse de 20 nœuds. Il est en effet nécessaire que les mouilleurs de mines puissent remplir rapidement leur mission et qu'ils ne soient pas susceptibles d'être forcés à la course par le premier patrouilleur venu. L'état-major comprend 3 officiers et l'équipage 70 hommes.

L'armement est simplement constitué par un canon de 75 millimètres : on n'envisage pas le combat pour ces unités. Au reste, elles sont le plus ordinairement escortées par des contre-torpilleurs ou opèrent sous la protection des batteries de côtes.

Les mines, au nombre de 120, sont rangées sur des rails situés dans l'entrepont. C'est toute une organisation qui

LES SOUS-MARINS

rappelle les voies de wagonnets dans les exploitations souterraines. Ces engins, du poids de 500 kilogrammes environ, sont ainsi conduits vers l'arrière, où une large porte à doubles vantaux permet de les envoyer facilement à la mer. Le mouillage s'opère habituellement à 10 nœuds, avec jets de mines toutes les dix secondes, ce qui les espace de 50 mètres. En suivant des routes bien déterminées, on peut faire plusieurs rangées en quinconce et obtenir un champ infranchissable.

Les opérations de ces mouilleurs de mines ne peuvent

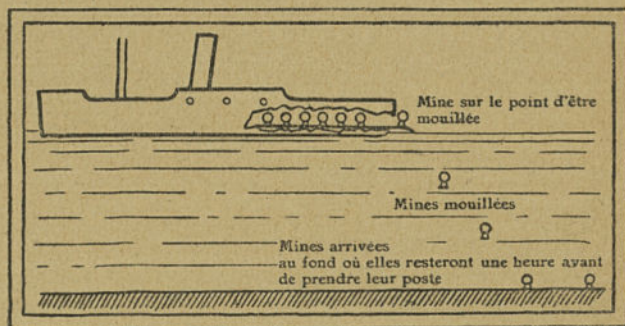


Fig. 34. — *Mouilleur de mines "Pluton"*.

évidemment se faire qu'à l'abri de l'ennemi. Un bâtiment portant 120 mines chargées de 150 à 200 kilogrammes d'explosif chacune ne peut pas s'exposer à voir un obus éclater au milieu de cette poudrière. Le métier est déjà bien assez scabreux par lui-même, sans chercher d'autres complications. Pendant la guerre russo-japonaise, le mouilleur de mines russe *Yenisseï* sauta sur ses propres engins dans la baie de Dalny. Comme, dans la catastrophe, les officiers avaient péri et que le plan des mines déjà mouillées avait disparu, la baie de Dalny devint dangereuse pour tout le monde, et les Russes durent s'abstenir de la fréquenter jusqu'à nouvelle reconnaissance complète.

Si l'emploi de mouilleurs de mines genre *Pluton* est

LA GUERRE SOUS-MARINE

possible dans certains cas, il ne pouvait s'agir d'aller ainsi opérer à la barbe de l'ennemi. Les Allemands, les premiers, s'en trouvaient fort empêchés. Aussi, dès le début de la guerre, vers 1915, mirent-ils en chantier des *sous-marins mouilleurs de mines*, formant la série des *UC*.

SOUS-MARINS ALLEMANDS ET FRANÇAIS MOUILLEURS DE MINES. Il y eut deux modèles de *UC*, très voisins et ne différant que par des détails d'installations. Le premier modèle (*UC-1* à *UC-15*) avait 33 mètres de long, 3 m. 50 de large, 3 m. 50 de hauteur. Il déplaçait 182 tonnes en surface et 205 tonnes en plongée, ce qui représente 11,2 p. 100 de flotabilité.

La puissance des machines était de 120 chevaux en surface, donnant 6 nœuds, et 90 chevaux en plongée pour une vitesse de 4 nœuds. Les mines, au nombre de 12, se trouvaient disposées deux à deux dans six puits placés à l'avant. Introduites à la partie supérieure, elles s'échappaient lorsqu'on démasquait l'ouverture inférieure du puits. Le rayon d'action de ces bateaux atteignait 1800 milles marins¹ en surface, mais 45 seulement en plongée.

Comme on le voit, ces bâtiments n'étaient pas utilisables en dehors de leurs missions spéciales. Aussi le second modèle de *UC*, muni de moteurs plus puissants, atteignit 660/810 tonnes, 70 mètres de longueur, posséda une vitesse plus grande et fut doté d'un canon de 88 millimètres qui lui permit de rendre des services, une fois ses mines placées.

1. Soit 3 333 kilomètres.

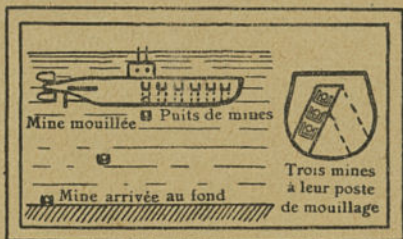


Fig. 35. — *Sous-marin allemand mouillant ses mines.*

LES SOUS-MARINS

Celles-ci, au nombre de 18, étaient rangées dans six puits à l'avant, soit trois par trois.

Dans la plupart des cas, les *UC* faisaient leurs opérations de nuit, en surface ou en demi-plongée. Ils pouvaient ainsi se diriger à la vue simple, à travers les hublots du kiosque, et mieux déterminer leur route. Le faible relief qu'ils présentaient ainsi leur permettait d'échapper assez facilement aux patrouilleurs dans l'obscurité. Surpris, ils étaient à même de plonger instantanément. Il leur arrivait cependant d'opérer de jour en plongée, mais à titre exceptionnel, à cause des difficultés plus grandes.

Les sous-marins allemands mouillaient très rarement leurs mines au même endroit. Ils les répartissaient d'habitude en deux ou trois groupes, mais en vidant toujours complètement un certain nombre de leurs puits. Par conséquent, un groupe de mines était toujours composé d'un nombre d'engins multiple de 2 ou de 3, suivant le type de *UC* qui avait procédé au mouillage.

Les points visés plus spécialement étaient l'entrée des ports, là où nos dragueurs traçaient ce qu'on nommait les « chenaux de sécurité ». Ces chenaux représentaient le chemin entretenu constamment libre par nos équipes de dragage, qui les parcouraient plusieurs fois par jour. Tout bâtiment entrant ou sortant du port devait obligatoirement suivre cette route, jalonnée par des signaux placés à terre et constituant un « alignement ». Les chenaux de sécurité étaient forcément connus de tout navigateur, allié ou neutre, et l'on pense que les sous-marins ne les ignoraient pas. Ils venaient donc essayer, entre deux dragages, de semer leurs embûches dans cette voie fréquentée.

Ordinairement ils traçaient alors une sorte de barrage transversal, les mines placées à 100 mètres environ les unes des autres, ou moins encore. D'autres fois, leurs engins figuraient un V coupant deux fois le chenal. Enfin on trouvait aussi des mines semées dans le sens de la route, à 800 ou 900 mètres d'intervalle dans ce cas. Il y avait aussi le mouillage irrégulier, le plus dangereux de tous, où les

LA GUERRE SOUS-MARINE

engins étaient dispersés sans former de lignes continues.

L'audace de ces sous-marins fut quelquefois très grande. Il y eut des mines mouillées entre les jetées de certains ports de la Manche, d'autres en plein chenal de sécurité dans le milieu d'une rade de la Méditerranée, à l'endroit même où circulait constamment le patrouilleur de service.

Leurs renseignements étaient exacts, et ils possédaient certainement des espions habiles un peu partout. En 1916, dans un port de la côte d'Algérie, une avarie légère immobilisa pendant vingt-quatre heures l'unique dragueur dont on disposait alors. Il n'y eut donc pas de dragage ce jour-là. Le lendemain, quand le service reprit, on releva cinq mines, à toucher le phare. Jamais auparavant on n'en avait vu à cet endroit, et comme le dragage devint régulier, onques n'en revit-on depuis. Il y a sans doute là mieux qu'une coïncidence.

La marine française eut aussi ses sous-marins mouilleurs de mines, telle l'*Atalante* de 800 tonnes, transformée pendant les hostilités. Nous étions, en effet, placés dans les mêmes conditions que les Allemands vis-à-vis de nous lorsqu'il s'agissait d'aller barrer la porte de Pola ou les bouches de Cattaro. On ne pouvait songer à y envoyer le *Pluton* ou le *Cerbère*. Même dans le cas où ils eussent réussi, l'opération n'aurait servi à rien, les Autrichiens pouvant, de la côte repérer l'endroit miné et l'éviter. Les puits de l'*Atalante* étaient disposés en deux rangées latérales, s'ouvrant par des soupapes commandées de l'intérieur.

A cause de leur grande quantité d'explosif, les mines sont excessivement dangereuses, et la guerre de mines est un chapitre particulièrement poignant de la grande lutte de 1914-1918.



CHAPITRE IV

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

L'organisation offensive. || Principes de la lutte contre les sous-marins. || Patrouilles de surface et patrouilles aériennes. || Télégraphie sans fil. || Patrouilleurs, chasseurs et vedettes. || Chalutiers et yachts. || Chasseurs de sous-marins. || Les vedettes. || Les armes de la chasse sous-marine: le canon. || Les grenades. || Les filets. || Attaque d'un sous-marin en plongée. || Méthodes du rectangle et du zig-zag. || Méthode de la spirale et méthode « T ». || Emploi des écouteurs. || Le dragage des mines. || La drague Ronarc'h. || La destruction des mines. || L'appareil Otter.

L'ORGANISATION OFFENSIVE. ¶ ¶ La lutte contre les sous-marins allemands de 1914 à 1918 a été très dure ; elle a absorbé à peu près tout l'effort de notre marine, et son poids a été considérable dans l'issue des événements. La victoire de l'Entente est due en grande partie à la maîtrise de la mer, âprement disputée à l'ennemi et conquise après des périodes critiques angoissantes. Il n'entre pas dans le cadre de cet ouvrage de relater les phases du combat entre le navire de surface et son adversaire sous-marin ; nous n'exposerons des principes directeurs suivis chez nous et nos alliés que les parties nécessaires à l'explication du matériel spécial créé pour cette guerre nouvelle.

Avant 1914, la défense contre les sous-marins n'avait été étudiée que superficiellement. On estimait ces derniers très redoutables dans les opérations côtières, on entrevoyait même le blocus étroit d'un port par de grands bâtiments comme impossible, mais la « doctrine » n'existait pas. Dans les exercices, en temps de paix, on faisait attaquer les cuirassés par des sous-marins, mais avec certaines précautions, afin d'éviter autant que possible les accidents. Des secteurs étaient fixés, la route de l'escadre-but connue à peu près

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

exactement, et malgré cela la manœuvre d'aller émerger à portée de lancement présentait pour les sous-marins des risques indéniables. C'est ainsi que le 8 juin 1912, au large de Cherbourg, le sous-marin *Vendémiaire* alla sortir sous l'étrave du *Saint-Louis* qui le coupa en deux, amenant la mort de tout son équipage.

Dans ces conditions — imposées, il faut le reconnaître, par la difficulté de s'approcher davantage de la réalité, — il était bien difficile de dégager une tactique sous-marine, et c'est pourquoi les hostilités de 1914 nous trouvèrent dépourvus, en cela comme en bien d'autres choses du reste.

L'élément introduit par les Empires centraux en poursuivant les navires de commerce n'était pas pour simplifier la question. La marine dut commencer par protéger les bâtiments marchands avant de songer à chasser les sous-marins. Ce ne fut qu'après avoir mis au point les mesures défensives, organisé les patrouilles et les convois, qu'on put sérieusement entreprendre l'offensive.

PRINCIPES DE LA LUTTE CONTRE LES SOUS-MARINS. Elle fut, dans ses grandes lignes, dirigée d'après les principes suivants : 1^o blocus des bases navales ennemies afin d'arrêter au passage les sous-marins partant en croisière ; 2^o protection des côtes et des routes maritimes, avec établissement d'un réseau complet de surveillance ; 3^o attaque des sous-marins signalés ou rencontrés.

Le blocus des bases navales d'où sortaient les sous-marins, Zeebrugge, Ostende et Cuxhaven dans le Nord, Pola et surtout Cattaro dans la Méditerranée, fut tenu par des bâtiments légers et complété par des champs de mines et des filets. Le long de la côte flamande, l'Amirauté anglaise parvint à établir un barrage constitué par un filet métallique à larges mailles semé de mines. L'efficacité de ce moyen dura jusqu'au moment où, une brèche ayant été pratiquée, les sous-marins purent franchir l'obstacle. Deux autres barrages analogues avaient été établis en Manche, l'un dans le Pas de Calais, l'autre à la hauteur de Cher-

LES SOUS-MARINS

bourg. Les transports circulaient en dedans de cette protection entre l'Angleterre et la France, ordinairement de nuit et tous feux éteints.

Dans l'Adriatique, on essaya également de placer une barrière au canal d'Otrante, entre le littoral italien et Vallona, mais les conditions n'étaient pas aussi favorables que dans la Manche. La profondeur de cette mer, les coups de vent violents qui y règnent en toute saison, ne se prêtaient pas à l'établissement de points fixes. On dut y renoncer et se borner à des filets remorqués entre deux tronçons de barrages situés près des côtes.

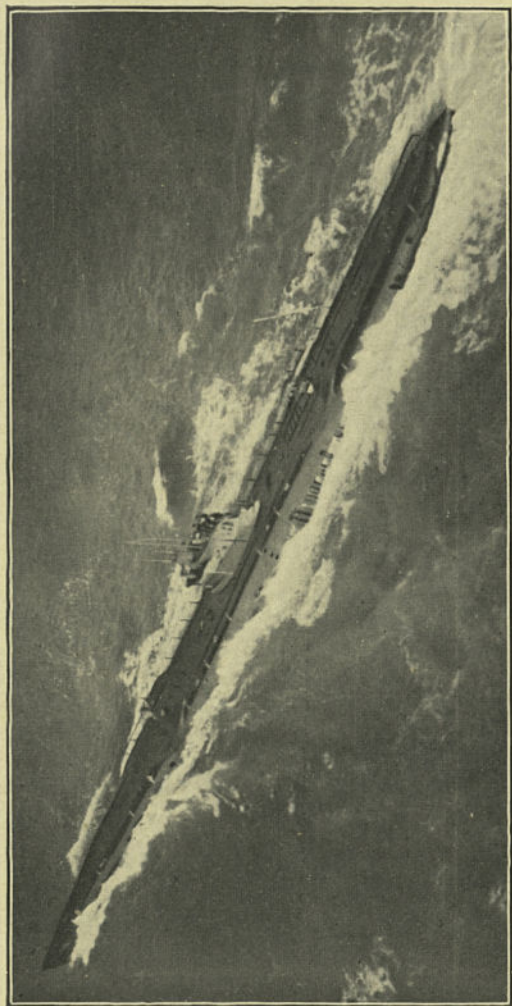
La marine française employa avec un certain succès ses sous-marins au blocus de Cattaro. Tout le jour, ces unités se portaient, en plongée, non loin de la sortie des bouches et guettaient au passage les sous-marins ennemis dont plusieurs furent ainsi torpillés.

Malgré ces mesures, on ne put arriver à empêcher les ennemis de sortir de leurs ports et d'effectuer leurs croisières. On compléta donc le système par la protection de nos côtes et la surveillance des routes maritimes.

PATROUILLES DE SURFACE ET PATROUILLES AÉRIENNES. Pour cela, on employa les patrouilleurs des différents types que nous verrons plus loin, les vedettes, les yachts armés, les chasseurs. Réunis en escadrilles et groupés sous le commandement de capitaines de vaisseau¹, chefs de division, ils furent chargés de garder des secteurs déterminés. Pour donner une idée de l'importance de ce service, voici l'effectif auquel on arriva en octobre 1918:

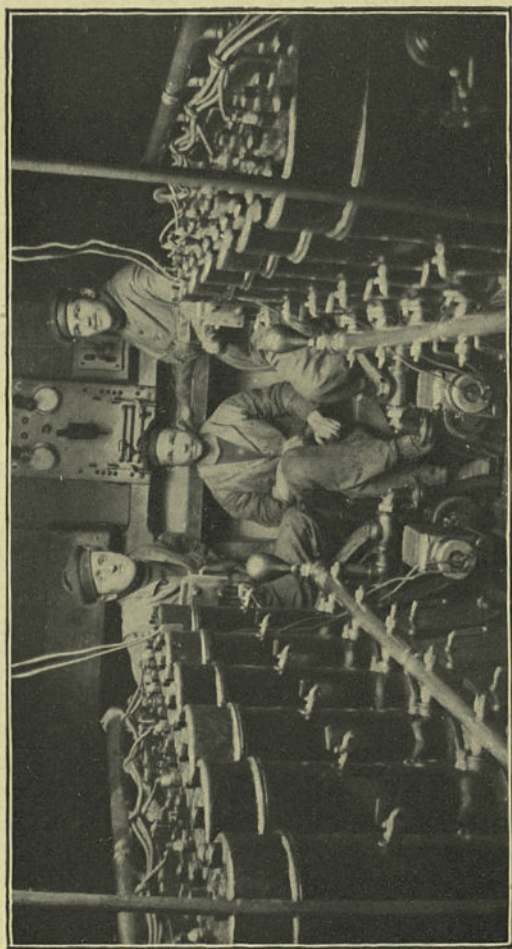
<i>Manche</i>	167	patrouilleurs.	46	chasseurs.
<i>Bretagne</i>	59	—	31	—
<i>Golfe de Gascogne</i>	102	—	14	—
<i>Provence et Corse</i>	62	—	13	—

1. Les capitaines de vaisseau sont des officiers supérieurs dont le grade correspond à celui de colonel dans l'armée de terre. Ils portent comme ces derniers cinq galons d'or sur les manches et à la casquette.



SOUS-MARIN NAVIGUANT EN SURFACE
Vue prise d'un ballon dirigeable.

(Photo Meyer.)



A. BORD DE LA VELETTE N-65
La chambre des machines avec les deux moteurs Wolpertine de 180 chevaux.

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

<i>Algérie-Tunisie</i>	117	patrouilleurs,	23	chasseurs.
<i>Corfou-Adriatique</i>	39	—	12	—
<i>Mer Egée et Syrie</i>	66	—		
<i>Maroc et Sénégal</i>	34	—		

Tous ces bâtiments, malgré leur nombre, ne pouvaient exercer une surveillance suffisante pour établir un réseau impénétrable. On fit donc appel aux *patrouilles aériennes*, effectuées par des ballons dirigeables et des hydravions, dont la vitesse permettait d'obtenir une protection beaucoup plus étendue. Les dirigeables, du modèle souple de 3 000 à 6 000 mètres cubes, avec leurs 80 kilomètres à l'heure, les hydravions donnant 60 nœuds ou 111 kilomètres, parcouraient les secteurs dans tous les sens, prêts à lancer leurs grenades sur tout ennemi aperçu, et susceptibles en outre d'appeler sur les lieux les escadrilles de patrouilleurs. Les services rendus par l'aéronautique maritime amena à étendre les effectifs aux chiffres suivants :

<i>De Dunkerque à Cherbourg</i>	21	dirigeables.	168	hydravions.
<i>Bretagne</i>	11	—	104	—
<i>Golfe de Gascogne</i>	7	—	74	—
<i>Provence et Corse</i>	6	—	148	—
<i>Algérie-Tunisie</i>	11	—	176	—
<i>Corfou-Adriatique</i>	3	—	54	—
<i>Mer Egée</i>			86	—
<i>Maroc et Sénégal</i>			44	—

Tous ces éléments gênèrent considérablement les sous-marins, en les obligeant à naviguer de plus en plus en plongée. En effet, avec les vues étendues qu'ils possédaient, les appareils volants découvraient les sous-marins bien souvent avant d'être eux-mêmes aperçus par l'ennemi. Celui-ci était donc forcé de se tenir toujours sur ses gardes et de s'immerger à la moindre alerte. Or, nous savons que la plongée est une ressource de la dernière heure pour le sous-marin, employée au moment de l'attaque ou pour se dérober à la poursuite. Des immersions trop fréquentes fatiguent son équipage et, chose encore plus grave peut-être, épuisent ses accumulateurs. Comme il ne peut recharger ceux-ci qu'en

LES SOUS-MARINS

surface, l'on voit la situation dans laquelle peut se trouver un sous-marin à court d'électricité pour en avoir trop épensé. En dehors des dangers que faisaient courir à nos-dennemis les patrouilleurs aériens ou de surface, la multiplicité de ces surveillants les empêchaient souvent de remplir leurs missions. Quand un sous-marin avait à éviter des dirigeables, des hydravions et des groupes de chasseurs, il lui était bien impossible de songer en même temps à couler des cargos. C'est pourquoi l'efficacité de nos moyens offensifs s'est beaucoup mieux affirmée par la sécurité croissante du commerce que par le nombre de sous-marins coulés. En novembre 1918, le total de ceux-ci atteignait, suivant les chiffres officiels, 189, dont 6 austro-hongrois. Pour le profane, et à première vue, le résultat peut sembler médiocre, mais le rendement des sous-marins ayant échappé a subi par ailleurs une diminution qui constitue un succès aussi appréciable.

Tout l'ensemble de moyens que nous venons de voir était réuni sous une direction unique, laquelle possédait, pour les mettre en œuvre, un important service de renseignements.

La base de ce service consistait en une organisation de contre-espionnage, d'indications recueillies chez l'ennemi, avec une liaison établie sur le territoire national par télégraphie sans fil, communément appelée T. S. F.

Du contre-espionnage et des indicateurs, nous n'avons rien à dire. On a toujours estimé les Allemands très experts dans cette partie, et l'on a sans doute eu raison, mais nous pouvons affirmer que nous ne leur étions pas sur ce point aussi inférieurs qu'on le pense communément. Nous avons toujours eu, en somme, des renseignements reconnus plus tard exacts sur tous les points qui nous intéressaient particulièrement.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. La T. S. F. jouait dans la protection des côtes et des navires un rôle considérable. Un véritable journal quotidien était tenu à jour, où

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

L'on pouvait lire les sous-marins reconnus, avec leur emplacement, heures et circonstances de la rencontre, les mines relevées, les bâtiments attaqués ou coulés, bref tous les renseignements utiles. Les bâtiments en cours de navigation recevaient par le même moyen les indications pouvant les intéresser. Dès qu'un sous-marin était vu, un radiogramme portant la date, l'heure, le lieu par latitude et longitude, était envoyé. On appelait ces dépêches des « allo » parce qu'elles étaient libellées sous la forme suivante : Exemple : « Allo 25/1/18 13 43 N 6.18 E » ce qui signifiait : « sous-marin aperçu le 25 janvier 1918 à 13 heures par 43° latitude nord, 6°18' est ».

Tous les bâtiments munis de T. S. F. — et on avait mis des appareils sur les cargos et même les voiliers — étaient ainsi prévenus. Ils pointaient alors sur leur carte la position du sous-marin et traçaient de ce point comme centre un cercle de rayon suffisant dans lequel l'ennemi pouvait se trouver. Il n'y avait plus qu'à contourner largement ce cercle pour éviter la rencontre.

A l'inverse des navires marchands, les patrouilleurs, après avoir décrit la même circonférence, se précipitaient à l'intérieur. Tout sous-marin aperçu attirait donc sur lui les chasseurs et détournait le gibier. Double résultat fâcheux qu'il ne pouvait éviter qu'en se montrant le moins possible, c'est-à-dire en plongeant.

Nous allons voir à présent quelques types de ces patrouilleurs, qui ont constitué une véritable flotte si l'on s'en rapporte aux chiffres donnés plus haut.

PATROUILLEURS, CHASSEURS ET VEDETTES. ◊ ◊

Les premiers bâtiments construits en vue de la guerre sous-marine ont été les « sloops », commandés en Angleterre. Neuf unités de ce type furent livrées à la marine française et reçurent les noms des principales étoiles (*Aldébaran*, *Algol*, *Cassiopee*, etc.). C'étaient des bâtiments ayant l'aspect d'un petit croiseur, avec 1 250 tonnes de déplacement. Leurs caractéristiques étaient les suivantes : lon-

LES SOUS-MARINS

gueur 77 m. 80, largeur 10 m. 21, creux ou profondeur 5 m. 48, tirant d'eau 3 m. 53¹. Les machines avaient une puissance de 2 800 chevaux, fournissant une vitesse de 17 nœuds. L'armement consistait en deux canons de 14 centimètres, deux pièces de 47 millimètres disposées pour le tir contre avions. L'équipage comprenait 80 hommes.

Ces sloops étaient aptes à la navigation en haute mer, soit pour l'escorte des convois, soit pour la patrouille. On les employa beaucoup à diverses missions de ce genre, plutôt qu'à la chasse proprement dite. Un d'entre eux, le *Rigel*, fut coulé sur la côte d'Algérie, mais après avoir reçu deux torpilles.

Nos arsenaux mettaient à la même époque en chantier des canonnières, plus petites, ne déplaçant que 350 tonnes. Ce fut la série des *Bouffonne*, *Friponne*, *Espiègle*, *Dédaigneuse*, etc., au nombre de vingt-deux, qui firent revivre sur la liste de la flotte les dénominations gracieuses de nos anciennes corvettes. Malheureusement elles n'en avaient ni l'élégance ni surtout les qualités nautiques. Avec leur longueur de 60 mètres, leur largeur de 7 mètres, leur tirant d'eau de 2 m. 40, elles tenaient médiocrement la mer et roulaient beaucoup. Leurs machines rassemblaient tous les types connus, depuis l'appareil moteur retiré de torpilleurs condamnés, jusqu'au Diesel de 400 chevaux dernier cri. La vitesse aux essais variait autour de 15 nœuds, ce qui était bien juste suffisant. L'armement de deux canons de 100 millimètres modèle 81 modifié était, par contre, à la hauteur des événements à prévoir.

On avait évidemment utilisé au plus vite les ressources existantes pour ces bâtiments, et les études ont été quelque peu hâtives. Ils avaient l'inconvénient de posséder une silhouette nettement reconnaissable de loin, et qui pouvait en outre prêter à confusion. Vus à une certaine distance, leur

1. La différence entre le *creux* et le *trant d'eau* consiste en ce que la première dimension s'applique à la distance séparant le pont supérieur de la quille, tandis que la seconde indique la profondeur atteinte par celle-ci au-dessous de la surface de l'eau.

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

avant à bec en forme de brise-lame, leur roufle central, pouvaient les faire prendre pour des sous-marins. C'est ce qui arriva du reste en 1916 à Alger, où les premières canonniers qui se présentèrent devant le port mirent en émoi tout le front de mer.

Beaucoup de patrouilleurs de différent tonnage furent mis en chantier durant les hostilités. Ils étaient destinés à l'escorte des convois, aux reconnaissances et à la navigation côtière. Pour les missions de protection au large, le déplacement variait de 400 à 600 tonnes ; pour les services du littoral, on se contentait de 80 à 120 tonneaux. Voici quelques types de ces diverses séries, qui ont compris bien des bâtiments différents.

En premier lieu, les patrouilleurs « insubmersibles » *Autruche*, *Caribou*, *Onagre*, de 470 tonnes. Dimensions principales : 43 m. 50 hors tout, largeur 7 m. 30, tirant d'eau arrière 3 m. 75, hauteur de franc-bord à l'avant 4 m. 90. L'*Autruche* avait deux moteurs Fiat de 325 chevaux, à pétrole lourd, et les autres deux moteurs à combustion interne Sulzer de 300 chevaux. La vitesse était d'environ 12 nœuds. Comme armement, ces navires reçurent d'abord un canon de 90 millimètres à l'avant et une pièce de 47 millimètres à l'arrière, mais dans la suite on les dota d'une pièce de 100 millimètres.

Trois autres bâtiments analogues, les *Libellule*, ayant le même déplacement, reçurent des machines à vapeur avec chaudière Belleville.

La caractéristique la plus curieuse de ces patrouilleurs était le dispositif au moyen duquel on avait cherché à les rendre insubmersibles. La coque, à double épaisseur, contenait un bourrage formé de caisses vides cylindriques en tôle, calées avec des briques en liège aggloméré. Une voie d'eau, telle que la pouvait produire l'explosion d'une torpille, n'aurait pas suffi à faire sombrer un pareil bâtiment. C'est du moins ce qui appert des calculs de flottabilité, car, à vrai dire, l'expérience n'a pas eu lieu. Les *Autruche* n'ont pris leur essor qu'en 1918, à une époque où les sous-marins

LES SOUS-MARINS

commençaient à n'avoir plus la tâche aussi facile, et la vérification de ces calculs n'a, heureusement doit-on dire, pas eu lieu.

Les *avisos* de 650 tonnes, type *Somme*, *Yser*, *Oise*, etc., étaient meilleurs, avec leur allure de cargo et leur armement de deux pièces de 100 millimètres dissimulées derrière des bastingages rabattables. Même observation pour les patrouilleurs de 500 tonnes *Meg*, parfaits bateaux de mer, qui ont rendu de très grands services. Leur armement déguisé et leur silhouette générale de bâtiments de commerce en avaient fait ce qu'on nomma comme en Angleterre des *Q-boats* ou « bateaux-pièges », dont l'existence, ignorée pendant la guerre, sera des plus curieuses à conter lorsqu'on en possédera les détails.

Naviguant comme d'honnêtes navires marchands, montés par un équipage militaire ne portant pas l'uniforme, ces faux cargos simulaient des opérations de commerce, allaient d'un port à l'autre avec des cargaisons fictives, et tâchaient de se placer sur la route des sous-marins. Ceux-ci, trompés par l'apparence, tentaient l'attaque au canon en se basant sur l'unique pièce de 47 millimètres ostensiblement placée à l'arrière. On les laissait s'approcher à 3 000 ou 4 000 mètres, en tirant maladroitement avec cette faible artillerie, puis on démasquait brusquement les canons de 100 millimètres et la véritable danse commençait.

Comme petits patrouilleurs côtiers on employa les *Ajone* de 112 tonnes, ayant une longueur de 27 m. 50, une largeur de 5 m. 50 et un tirant d'eau de 2 m. 55. Ces bâtiments étaient en bois, avaient l'aspect d'un petit chalutier et possédaient comme armement une pièce de 75 millimètres à l'avant. Le moteur à pétrole lourd *Wolverine* de 220 chevaux leur faisait atteindre 9 nœuds. Ces moteurs à explosion de construction américaine sont à quatre temps, à six cylindres, avec allumage par magnéto à haute tension. Ils consomment du pétrole lourd de densité 800, après mise en marche à l'essence. Beaucoup de ces unités en furent munies et nous les retrouverons sur certaines vedettes.

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

Les *Ajonc* avaient des qualités nautiques médiocres ; ils roulaient beaucoup. Leur construction se ressentait des circonstances et n'était pas irréprochable.

Les arsenaux de la marine établirent, à peu près dans les mêmes dimensions, des patrouilleurs côtiers en acier de 35 mètres de long, 4 m. 70 de large, 1 m. 55 de tirant d'eau, déplaçant 80 tonneaux. Ils avaient un moteur Fiat de 325 chevaux, à pétrole lourd, avec mise en marche à l'air comprimé. Leur vitesse aux essais atteignit 14 nœuds. L'armement consistait en un canon de 75 millimètres et une mitrailleuse. Ces unités, construites pour le littoral, firent cependant quelques traversées assez longues. Certaines allèrent croiser dans des parages peu cléments, tels que la côte du Maroc.

CHALUTIERS ET YACHTS. ◊ ◊ En dehors de ces patrouilleurs, grands et petits, construits pendant la guerre, nous possédions d'autres bâtiments appropriés qui ont rendu les plus grands services. Nous voulons parler des chalutiers de pêche à vapeur et des yachts de plaisance.

Les premiers, excellents bateaux de mer, susceptibles de croiser à peu près par tous les temps, se sont montrés à la hauteur de toutes les missions qu'on a voulu leur confier. Ils ont constitué le fond même de nos flottilles par leur endurance extraordinaire. Le seul défaut qu'on puisse leur reprocher, c'est leur manque de vitesse : les plus rapides seuls atteignaient 10 nœuds, les autres restaient en dessous de ce chiffre. Il serait à désirer que dans l'avenir l'État accordât une prime à tout chalutier donnant 12 nœuds au moins, ce qui permettrait de compter, en cas de guerre, sur une flottille de patrouilleurs excellents.

Quant aux yachts de plaisance, ils ont été au-dessus de tous les éloges, et ce fut même pour la marine une révélation. L'excellente tenue à la mer de ces bâtiments, regardés jusqu'alors comme des joujoux, leurs aménagements confortables et pratiques, le bon état d'entretien dans lequel les trouva la réquisition en firent des navires excessivement

LES SOUS-MARINS

précieux. Les plus grands reçurent à leur bord des officiers généraux ou des chefs de division ; ceux de moyenne taille servirent de patrouilleurs, de dragueurs de mines, d'escorteurs, d'arraisonneurs¹. Les simples vedettes automobiles elles-mêmes furent réquisitionnées pour la surveillance côtière, la police des rades, et autres missions secondaires, mais importantes. L'armement de ces yachts consista en canons de 75 millimètres, placés à l'avant et à l'arrière. Quelques-uns reçurent jusqu'à quatre pièces de ce calibre, d'autres purent installer un 100 millimètres.

Les services rendus à notre pays par le yachting national ne doivent pas tomber dans l'oubli.

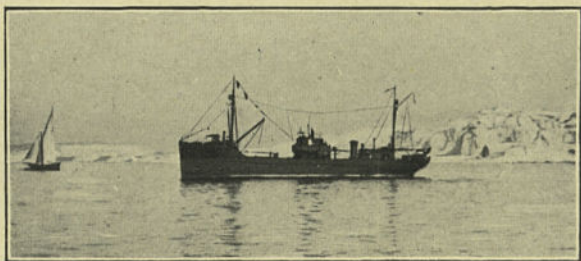
Deux conclusions sont à en tirer. La première, c'est que la navigation de plaisance représente mieux qu'un sport : elle constitue en temps de paix une source de profits, d'enseignements pratiques, de ressources pour l'industrie maritime et les marins, et à ce titre mérite d'être soutenue par les pouvoirs publics. En temps de guerre, elle devient un élément de puissance d'autant plus intéressant qu'il n'a rien coûté à l'État. Donc, développons le yachting par tous les moyens, faisons construire des yachts, encourageons les régates et les manifestations nautiques. Les Anglais disent proverbialement : « Tout homme sachant tenir un aviron est une force pour l'Angleterre ». Nous pouvons affirmer de notre côté : « Tout Français possesseur d'un bateau de plaisance, quel que soit son tonnage, rend service à sa patrie ».

CHASSEURS DE SOUS-MARINS. Les chasseurs ont été créés et construits aux États-Unis, sous la dénomination de *sub-marine chasers*. C'étaient de très jolis petits bâtiments de 60 tonnes, en bois, d'une construction élégante et solide. Ils avaient 33 mètres de long, 4 m. 60 de large et 2 mètres de tirant d'eau maximum.

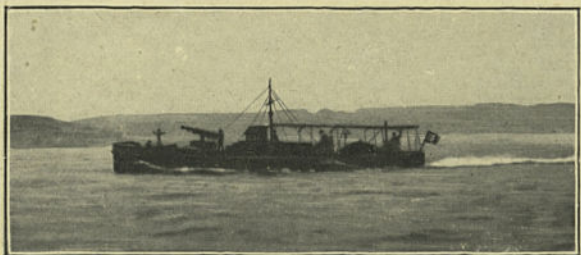
1. L'*arraisonneur* est un navire placé en grand'garde à l'extrémité des chenaux de sécurité pour reconnaître l'identité des navires entrant dans le port et leur communiquer les ordres et consignes.



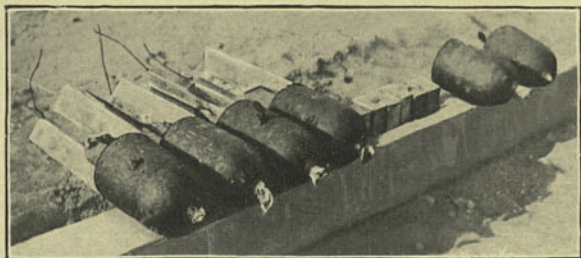
POUR FRANCHIR LES FILETS
*Appareil fixé à l'avant des sous-marins allemands pour couper
les mailles des filets de barrage.*



PATROUILLEUR TYPE *Atruche*



VEDEITE DE GUERRE



BOMBES D'AVIONS

(Photo Meyer.)

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

Leurs excellentes qualités nautiques leur ont permis de longues traversées. Ils ont même exécuté le trajet d'Amérique en Europe par leurs propres moyens. Sans aller jusqu'à leur demander de pareils exploits, on pouvait les utiliser sur nos côtes en toute sécurité. Leur armement comprenait à l'origine deux canons de 5, millimètres américains et deux mitrailleuses. On leur supprima dans la suite la pièce arrière et l'on remplaça celle de l'avant par un de nos excellents 75 millimètres.

La propulsion était assurée par trois moteurs « Standard » actionnant chacun une hélice. Ces moteurs, employés également sur plusieurs types de vedettes, ont les caractéristiques générales suivantes. Ils sont à explosion à essence, à quatre temps, six cylindres de 254 millimètres d'alésage sur 279 millimètres de course, et développant 220 chevaux à 480 tours par minute. L'allumage est à basse tension avec double dispositif par accumulateurs et magnéto.

Les chasseurs de ce type furent réunis par groupes de quatre unités sous les ordres d'un enseigne de vaisseau de 1^{re} ou 2^e classe ¹, et par escadrilles de huit commandées par des lieutenants de vaisseau ². Ils étaient répartis dans différents secteurs le long de nos côtes et se portaient aux endroits où l'on signalait un sous-marin. La marine française a compté jusqu'à 150 de ces petits bâtiments, dont 139 furent affectés comme nous l'avons dit plus haut. D'autres encore étaient commandés en Amérique, et seraient venus augmenter cet effectif lorsque l'armistice du 11 novembre 1918 arrêta les opérations.

LES VEDETTES. ♦ ♦ L'Angleterre avait créé un type de chasseur plus petit, les « moteurs launches » ou *ML*, dont plusieurs exemplaires nous furent cédés. On les appelait dans notre flotte « vedettes canadiennes ». Elles avaient

1. Enseigne de vaisseau de 1^{re} classe, officier du grade de lieutenant. Enseigne de vaisseau de 2^e classe, sous-lieutenant.
2. Lieutenant de vaisseau, officier du grade de capitaine.

LES SOUS-MARINS

23 mètres de longueur, déplaçaient environ 30 tonneaux, et possédaient deux moteurs « Standard » analogues à ceux décrits ci-dessus. Leur armement comportait un canon de 65 millimètres ou de 75 millimètres et deux mitrailleuses. Ces vedettes étaient employées le long des côtes, aux abords immédiats des ports, pour la surveillance des barrages et autres missions analogues.

En France, on construisit aussi des vedettes, mais un peu plus grandes, telles que celles de 40 tonnes mises en chantier en Méditerranée. Ces unités avaient 26 m. 50 de long, 4 mètres de large et 1 m. 29 de tirant d'eau. Les machines consistaient en deux moteurs Wolverine à pétrole lourd de 180 chevaux, du type analogue à celui des patrouilleurs *Ajonc*, mais un peu moins puissants. Ces moteurs faisaient obtenir 13 nœuds et demi à 400 tours et 12 nœuds en service courant à 360 ou 380 tours. Le rayon d'action était considérable, car les réservoirs avaient une capacité totale de 9 000 litres. A raison de 120 litres à l'heure, consommation des deux moteurs, ces vedettes pouvaient donc marcher 75 heures et couvrir environ 950 milles marins. C'était excessif pour des bateaux aussi petits, ayant de très médiocres qualités nautiques. L'équipage comprenait huit hommes et un second maître, ce qui excluait d'ailleurs toute navigation prolongée par l'impossibilité de former des « quarts » pour la relève des hommes de service.

Il y eut en tout huit vedettes de ce type qui reçurent les affectations suivantes : deux furent envoyées dans les centres d'aviation de Saint-Raphaël et de Port-Vendres, deux mises à la disposition du front de mer de Marseille, et les quatre autres constituèrent, sous les ordres d'un enseigne de vaisseau, un groupe de patrouille, le long des côtes de Provence et de Corse.

En dehors de ces vedettes de 40 tonnes, on en construisit plusieurs de modèles variés, avec des moteurs de tous genres, mais d'un déplacement encore inférieur. Ces très petites unités rendirent quelques services dans certains cas particuliers, mais on était allé trop loin dans la réduction des

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

dimensions. La mer, comme bien des puissances en ce bas monde, est « dure aux petits, clément aux grands », et il ne sied pas de l'aborder avec des moyens insuffisants.

Le grand avantage de ces chasseurs et vedettes résidait dans l'impossibilité où les sous-marins se trouvaient de les attaquer. Au canon, il n'y fallait guère songer, la cible était trop restreinte pour compter sur un résultat ; d'autre part, la lutte d'artillerie ne pouvait conduire à rien de bon avec ces minuscules adversaires marchant en nombre et pourvus de de 75 millimètres. Quant à la torpille, c'eût été folie de l'employer contre un but de 30 mètres de long, mobile et très manœuvrant, pour lequel il fallait en outre régler en surface à cause de son peu de tirant d'eau.

Donc, lorsque les escadrilles de chasse rencontraient un sous-marin, ce dernier s'empressait de plonger et cherchait à fuir. La présence de nos petits bâtiments de flottille avait donc ce premier résultat de gêner l'ennemi dans la mesure importante que nous connaissons.

Il y avait mieux encore, car nous allons voir à présent les armes dont disposaient patrouilleurs, chasseurs et vedettes pour l'attaque.

LES ARMES DE LA CHASSE SOUS-MARINE : LE CANON. ∩ ∩ L'eau présente une résistance telle à la pénétration des projectiles qu'un boulet de canon ricoche à la surface sans dépasser une profondeur de quelques décimètres. Cela provient de la densité du milieu, incompressible comme on le sait, et de l'angle aigu sous lequel arrive l'obus. Les pièces de marine tirent en effet avec de grandes vitesses initiales et de faibles angles de pointage — 18 à 20 degrés au plus — pour avoir des « forces vives » considérables en vue de percer les blindages. Attaquant par suite l'eau très obliquement, le projectile s'y enfonce d'abord en soulevant une gerbe d'écume, mais il se renverse sur sa trajectoire par suite des positions respectives de son centre de gravité et du centre de poussée.

En effet, à cause de sa forme ogivale, l'obus possède son

LES SOUS-MARINS

centre de gravité plus près du culot que de la pointe tandis que le centre de poussée est à peu près au milieu de l'axe longitudinal. C'est d'ailleurs pour cette raison que l'on ne peut tirer ces projectiles dans un canon à âme lisse sans qu'ils exécutent une série ininterrompue de culbutes pendant tout leur parcours. Grâce aux rayures des pièces actuelles qui leur communiquent un rapide mouvement de rotation sur eux-mêmes, ils parviennent à se visser dans l'air en conservant la pointe en avant. On peut dire que, dans ce cas, le mouvement rotatif annule le couple de chavirement longitudinal.

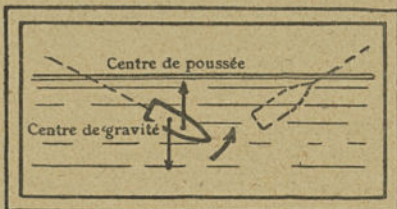


Fig. 36. — *Renversement du projectile dans l'eau.*

Mais une fois dans l'eau, les vitesses de translation et de rotation se ralentissent et nous pouvons considérer l'obus comme soumis aux deux forces de sens contraire, pesanteur et poussée, appliquées aux points *g* et *c* que nous connaissons bien. Le résultat, c'est que le projectile basculera la pointe en l'air et qu'il s'empressera de quitter un milieu si peu fait pour lui. La pesanteur l'y ramènera inéluctablement un peu plus loin, cette fois pour toujours, car il n'aura plus assez de force pour ressortir de l'eau.

Dans ces conditions, on conçoit que l'attaque des sous-marins au canon ne donne des résultats que lorsque ceux-ci sont en surface. Ils se trouvent alors dans la situation de tout autre navire, avec une vulnérabilité encore plus grande pour les raisons données au chapitre précédent. Mais en plongée, ils se rient de l'artillerie, une profondeur de trois à quatre mètres les met absolument à l'abri. En tirant sur un périscope, il ne faut donc pas s'illusionner. On risque de détériorer un instrument d'optique coûtant fort cher, d'ennuyer par suite le sous-marin avec cette dégradation

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

causée à son matériel, mais on n'a aucune chance de lui faire cette belle avarie majeure rendant sa flottabilité à jamais négative.

Les artilleurs se sont mis du reste à creuser la question, et l'on nous fait entrevoir dans l'avenir un *projectile à trajectoire sous-marine*. Des expériences avaient déjà eu lieu avant 1914, mais l'approvisionnement des navires ne comporte pas encore ce perfectionnement.

Par contre, on a mis au point, durant les hostilités, des *mortiers lance-bombes*. Ces pièces, à tir courbe, envoient leur projectile à une grande hauteur, d'où il retombe presque verticalement sur le but. Il n'y a donc pas de ricochet, l'angle d'arrivée étant trop grand, et le sous-marin commence à ne plus être aussi en sécurité. Malheureusement le tir du mortier sur mer est bien difficile, on le règle malaisément, et l'instabilité de plate-forme rend l'exécution du feu très aléatoire. Néanmoins, on avait mis de ces mortiers à bord de certains navires, surtout des cargos de grand tonnage qui les utilisaient dès qu'un périscope se montrait à portée.

Les patrouilleurs, chasseurs ou vedettes, n'avaient que les canons ordinaires que nous avons cités, et ils en usaient seulement pour obliger le sous-marin à plonger.

Nous avons vu qu'en immersion, la vitesse de celui-ci est restreinte à 8 ou 10 nœuds. Par suite, les chasseurs — sinon les chalutiers — avaient une supériorité de vitesse de 4 à 8 nœuds qui leur permettait de rejoindre le fuyard et de le dominer. C'est alors qu'entraient en jeu les *grenades*.

LES GRENADES. Les différents types de ces engins se ramènent tous au principe suivant : une enveloppe contenant l'explosif, munie d'un mode d'inflammation agissant à une profondeur donnée. Nous aurons un excellent exemple avec la grenade Guiraud.

Celle-ci se présente sous la forme d'un parallépipède en fer recouvert d'un couvercle débordant vissé par des boulons sur le corps de la grenade. A l'intérieur se trouve la

LES SOUS-MARINS

charge composée de gâteaux de fulmicoton humide, formant un total de 40 kilogrammes d'explosif environ. Un alvéole cubique ménagé à la partie supérieure de la charge permet d'y introduire une amorce de 250 grammes de coton-poudre sec, traversée d'une étoupille au fulminate de mercure.

Le couvercle porte l'appareil de mise à feu constitué par un percuteur actionné au moyen d'un piston hydrostatique. Un bouton fileté de réglage détermine la profondeur à laquelle la pression de l'eau agira sur le piston. Une clavette

permet d'armer ou de désarmer facilement la mine. Les profondeurs de réglage sont de 7, 15 ou 30 mètres.

Jetée à l'eau, la grenade coule rapidement, et lorsqu'elle arrive à la profondeur voulue, le piston hydrostatique déclenche le percuteur qui vient frapper l'étoupille.

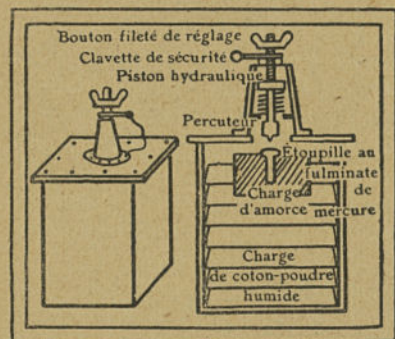


Fig. 37. — Grenade Guiraud.

Les grenades Guiraud se lançaient à la main, en les faisant glisser sur une planchette. Elles étaient par suite très pratiques, n'exigeaient pas d'installations compliquées, et convenaient parfaitement aux plus petits patrouilleurs. En revanche, leur poids d'explosif était un peu faible pour avoir un rayon d'action suffisamment étendu. On créa donc d'autres modèles plus puissants, contenant une charge de 100, 150 ou même 200 kilogrammes.

Les procédés d'inflammation variaient suivant les modèles. Certains étaient basés sur la dissolution rapide de substances chimiques par l'eau de mer, méthode qui avait l'inconvénient de rendre dangereux le séjour des grenades sur les ponts des

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

bâtiments, où les embruns pouvaient les atteindre. D'autres se recommandaient au contraire par une efficacité jointe à une parfaite sécurité. Telles étaient les mines à flotteur.

La mine, de forme cylindrique terminée par deux calottes sphériques, portait un axe rigide sur lequel s'emmanchait à frottement très doux un flotteur ayant l'aspect d'une roue à gorge. Un fil métallique y était enroulé, fixé d'une part au flotteur, de l'autre au cordon tire-feu d'une étoupille à friction.

Lorsqu'on envoyait la mine à la mer, elle coulait en laissant

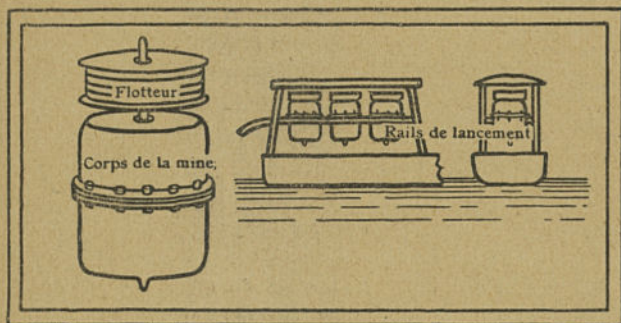


Fig. 33.

*Mine
sous-marine
à flotteur.*

*profil
Dispositif de lancement à l'arrière
d'un chasseur.*

son flotteur à la surface, mais en entraînant le fil métallique qui se déroulait sur la gorge. Arrivé à bout de course, le fil donnait une secousse qui enflammait l'étoupille.

Ce procédé avait l'avantage de régler avec une justesse parfaite la profondeur d'éclatement, rigoureusement égale à la longueur du fil. Plusieurs œilletons étaient à cet effet répartis sur le fil, aux différentes distances, et on ne les reliait au cordon de l'étoupille qu'au moment de jeter la mine, ce qui constituait un moyen pratique d'armer l'engin.

A cause de leur poids, ces mines exigeaient un dispositif

LES SOUS-MARINS

de lancement constitué par un bâti métallique, avec rails sur lesquels on les faisait glisser à la mer.

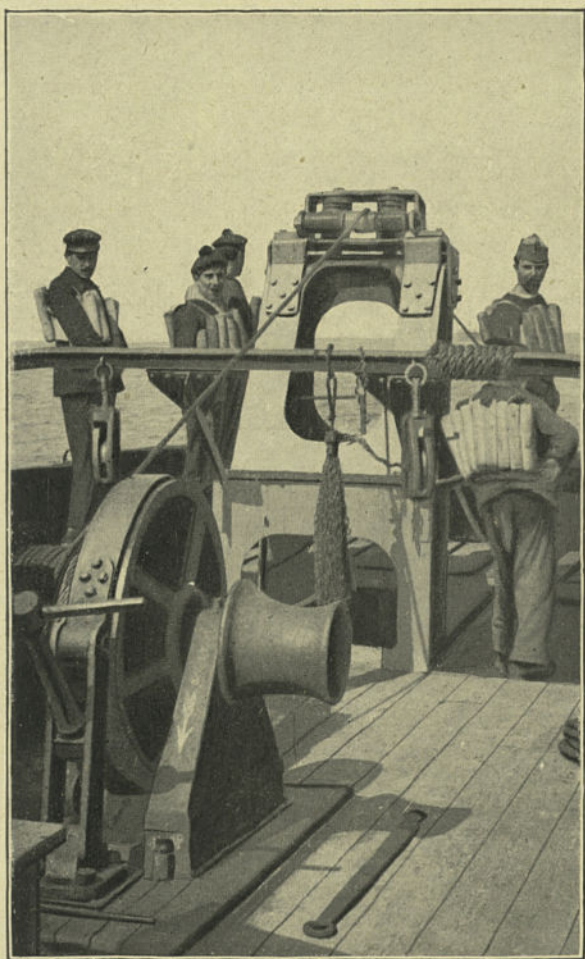
LES FILETS. Les sous-marins rentrant, par leurs mœurs et coutumes, dans la famille des poissons, il n'est pas étonnant qu'on ait songé à les prendre au moyen de filets. Comme dans la pêche ordinaire, ces engins se divisèrent en deux catégories : *filets fixes* et *filets traînants* ou *dérivants*. Les premiers étaient surtout défensifs et employés à assurer la protection des rades et ports.

L'organisation complète comprenait : 1° un filet d'arrêt, à larges mailles très solides, constituant une barrière infranchissable au sous-marin en plongée ; 2° un filet indicateur, plus fin, souple, ayant pour but de révéler aux vedettes de garde la présence d'un sous-marin par le déplacement brusque des bouées de soutien ; 3° un filet à mines, garni de grenades que le choc du sous-marin faisait exploser.

A l'abri de cette barrière, dans laquelle étaient réservées des portes mobiles, les bâtiments de guerre ou de commerce jouissaient d'une parfaite sécurité.

Les filets traînants consistaient en des sortes de chaluts que des remorqueurs faisaient circuler entre deux eaux dans les parages suspects. Lorsqu'un sous-marin se trouvait pris dans ces rets, il n'avait d'autre ressource que de se rendre sans condition en venant en surface, sous peine d'être détruit facilement à la grenade. Les opérations de ce genre eurent lieu dans la mer du Nord, sur le littoral anglais, dans la région des Dardanelles et au canal d'Otrante. De puissants chalutiers et des remorqueurs de 680 tonnes (type *Pluvier*) et 860 tonnes remplissaient ces missions exigeant des appareils spéciaux et une grande puissance mécanique, car l'on s'imagine que le chalut était à la taille du poisson. Néanmoins, il ne pouvait être question d'amener celui-ci à bord comme une simple merluche, et l'on se contentait de paralyser ses mouvements.

Les filets dérivants, ou *filets indicateurs*, ressemblaient identiquement aux filets employés pour la sardine.



A BORD DU DRAGUEUR *Crabe*
Le câble de la drague, son treuil et son dispositif de remorque.



LA VEDETTE DE GUERRE V-57



LE CHALUTIER *Ailly*
qui a coulé un sous-marin près de Messines.

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

C'étaient des pièces de 250 à 300 mètres de longueur, très fines, supportées entre deux eaux à une profondeur convenable par des morceaux de liège et auxquelles se trouvaient fixées à chaque extrémité, par un orin de 50 mètres, deux bouées. Leur but n'était pas d'arrêter le sous-marin, mais de déceler sa présence. En effet, lorsque celui-ci tombait dans le filet, il l'entraînait, sans même s'en apercevoir le plus souvent, mais en remorquant à la surface les deux bouées. Les patrouilleurs ou vedettes pouvaient alors jeter leurs grenades dans d'excellentes conditions en suivant le sillage de ces flotteurs.

Enfin, pour qu'aucun engin de pêche ne soit oublié, on utilisa également la *madrague*. On connaît ce dispositif, employé beaucoup autrefois en Méditerranée, et dont quelques exemplaires subsistent encore. Ce sont des labyrinthes de fort filet, solidement ancrés au fond, et qui présentent une large entrée par où le poisson s'introduisant est conduit, de couloirs en couloirs, à la « chambre » où il demeure prisonnier. C'est le principe de la *nasse*.

On construisit sur ce modèle des « pièges à sous-marins » présentant, bien entendu, sur la madrague commune des perfectionnements en rapport avec l'intelligence des animaux à capturer. Des portes mobiles, de fausses entrées, des appeaux de toutes sortes, engageaient le sous-marin à se diriger vers un point où il se prenait dans un réseau de câbles d'acier. Malgré sa taille, sa puissance, et sa force ascensionnelle, un sous-marin est assez facile en somme à maîtriser, car il possède de nombreux organes délicats qu'un simple fil métallique suffit à paralyser. Tels sont les gouvernails et les hélices, surtout ces dernières, comme tous les marins le savent par expérience.

A présent que nous connaissons les armes dont disposaient nos chasseurs, voyons comment se pratiquait l'attaque d'un sous-marin en plongée.

ATTAQUE D'UN SOUS-MARIN EN PLONGÉE. ❧ ❧

Les grenades sont des engins très efficaces, mais lorsque nos

LES SOUS-MARINS

patrouilleurs et chasseurs en furent munis, ils se trouvèrent en somme en présence du problème bien connu qui consiste à « s'emparer d'un oiseau en lui mettant un grain de sel sur la queue ». Le grain de sel existait, mais la solution restait à trouver. En effet, rien ne révèle à l'œil un sous-marin en immersion à une certaine profondeur et marchant à vitesse réduite, comme ne manquaient pas de le faire en pareil cas les ennemis que nous poursuivions.

On s'ingénia alors à trouver des méthodes rationnelles de lancement permettant d'envoyer les grenades avec

quelques chances de succès. Nous allons en citer des exemples, à titre d'indication, et pour montrer les difficultés en face desquelles se trouvèrent nos chasseurs dans la première phase des hostilités.

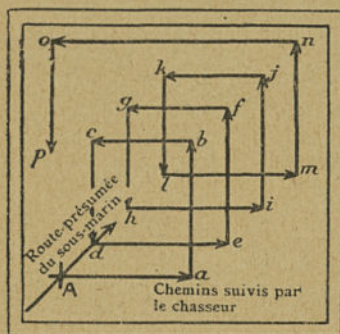


Fig. 39. — *Attaque d'un sous-marin en plongée.*
Méthode du rectangle.

MÉTHODE DU RECTANGLE ET DU ZIG-ZAG. Voici par exemple la méthode « du rectangle ». Un sous-marin vient de disparaître au point A, et le sens de sa route nous paraît dirigé comme l'indique la flèche. Le chasseur passera par le même point A et fera un premier parcours Aa ; venant alors de 90 degrés sur la gauche, il marchera suivant ab, puis décrira une deuxième « abattée » et couvrira bc, ensuite cd, de, ef, fg, et ainsi de suite, formant ainsi une série de rectangles se recouvrant en progressant dans le secteur probable de marche du sous-marin. Les jets de grenades auront lieu, chemin faisant, sur divers points de la route. On obtient ainsi un « arrosage »

de la zone suspectée. On obtient ainsi un « arrosage »

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

méthodique des parages où l'on peut raisonnablement penser que l'objectif se trouve.

Si la direction du sous-marin paraît plus nettement déterminée, on ne cherchera pas à battre une zone aussi étendue, ce qui demande un nombre de grenades trop considérable. On se contentera alors du zigzag tracé de façon à barrer la route du but en avançant le long de celle-ci à la vitesse supposée du sous-marin. Cette dernière peut, dans la majorité des cas, être estimée à cinq nœuds. Le chasseur marchant 12 à 14 nœuds se tiendra donc en bonne situation en faisant des trajets différant entre eux de 60 degrés environ, comme sur la figure.

Ces deux méthodes — et toutes celles analogues que l'on peut imaginer — ont pris comme base la connaissance plus ou moins approximative d'une direction rectiligne suivie par l'ennemi. Mais il arrive

très fréquemment que le sous-marin plonge sans laisser aucun indice sur le point de l'horizon vers lequel il tente de s'échapper. Dans ce cas, on est conduit à adopter la méthode « de la spirale ».

MÉTHODE DE LA SPIRALE ET MÉTHODE T. *o o*

En partant du point A de disparition de l'ennemi, on mettra le gouvernail très légèrement à droite, par exemple, de façon à s'éloigner de ce point d'une manière constante par une route en spirale. Le jet des projectiles se fera à intervalles réguliers pendant le parcours.

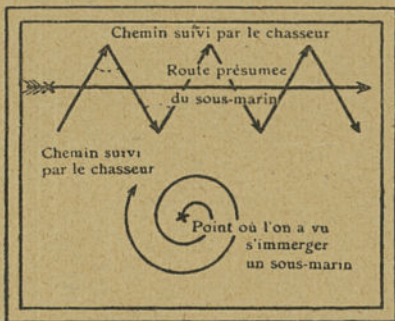


Fig. 40. — *Attaque d'un sous-marin en plongée.*
Méthodes du zigzag et de la spirale.

LES SOUS-MARINS

On a cherché à rendre plus exacte cette méthode en calculant les points probables de passage du sous-marin, quelle que soit la direction prise par lui à partir de sa plongée. Cette méthode, dénommée « T », peut se schématiser de la manière suivante.

Du point de disparition A, le sous-marin a pu prendre des directions variées, parmi lesquelles nous en choisissons huit, que pour la simplification du raisonnement nous appellerons comme les huit points cardinaux principaux : Nord, Nord-Est, Est, etc.... C'est sur ces directions que nous allons

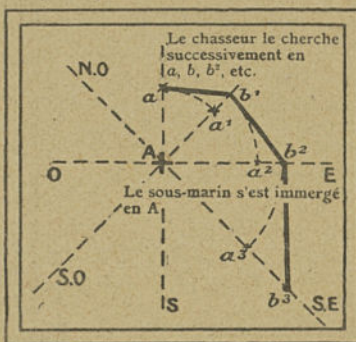


Fig. 41. — *Attaque d'un sous-marin en plongée. Méthode " T ".*

rechercher successivement le sous-marin.

Pour commencer, posons la vitesse de l'ennemi égale à 5 nœuds, comme l'expérience nous l'a démontré fréquemment, et choisissons pour nous-même une vitesse ayant avec celle-ci un rapport simple, 15 nœuds par exemple.

Notons soigneusement l'heure à laquelle nous avons vu le sous-

marin plonger en A, dirigeons-nous à 15 nœuds sur cet endroit — reconnaissable au remous resté à la surface — et faisons une première route au nord, en marquant l'heure de notre propre passage. Si le sous-marin a pris cette direction, nous nous trouvons en présence du problème bien connu de deux mobiles suivant la même route à des vitesses de 5 et 15 nœuds, dont il s'agit de déterminer le point de rencontre. Pour éviter les calculs, nous nous servirons des tables de vitesse nous donnant les chemins parcourus pour différents laps de temps et nous y verrons, avec les chiffres précédents, que, par exemple, si nous avons passé en A deux minutes

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

après le sous-marin, nous le rejoindrons en a trois minutes neuf secondes plus tard.

Nous irons donc pendant ce temps dans la direction du nord, et à ce moment nous jetterons une grenade. Si le sous-marin a bien pris cette direction, notre tir ne sera pas mauvais, mais, comme nous ne le saurons sans doute pas, faisons comme si l'ennemi se trouvait ailleurs, et passons à la direction Nord-Est.

Si le sous-marin a marché dans ce sens, il se trouve en a_1 , à une distance Aa_1 , égale à Aa , et il faut que nous allions le rejoindre sur la ligne Nord-Est. C'est le problème que nous avons déjà étudié pour l'attaque d'un bâtiment à la torpille, mais cette fois la situation est heureusement retournée. Nous ferons donc une route ab , telle qu'elle soit dans le rapport des deux vitesses, c'est-à-dire, avec nos chiffres de 5 et 15 nœuds, trois fois plus grande que la distance a_1b_1 . Ce tracé s'exécute par à peu près, bien entendu, sur papier quadrillé.

En b_1 nous jetons une nouvelle grenade. Et, continuant le même raisonnement, nous supposons le sous-marin sur la route de l'Est, en a_2 , ce qui nous amène nous-même à faire la route b_1b_2 .

On poursuivra ainsi, passant sur les directions Sud-Est, Sud-Ouest, etc., à des distances de plus en plus grandes du point A, et en jetant nos grenades aux environs des endroits probables où le sous-marin peut se trouver.

Les calculs n'étant pas à recommander au moment de l'action, non plus que les constructions géométriques, l'on prépare en général d'avance les différentes routes à faire pour les vitesses respectives du chasseur et du chassé.

L'inconvénient de cette méthode est d'être un peu trop savante, et de donner une apparence de solution scientifique à un problème contenant beaucoup trop d'inconnues. Dans la pratique, l'on s'efforçait de se rapprocher de l'un des tracés indiqués plus haut, la spirale surtout, et de semer les grenades dans un rayon donné autour du point de plongée.

Les meilleures conditions étaient encore lorsqu'on se

LES SOUS-MARINS

trouvait suffisamment rapproché du sous-marin pour être certain qu'il ne pouvait s'être beaucoup éloigné. Deux chasseurs apercevant, par exemple, un sous-marin plongeant en A, faisaient route à grande vitesse sur le remous et lançaient leurs grenades en *b*, *c*, *d* et *f*. Cela représentait une méthode simple, qui en valait bien d'autres.

Lorsque malheureusement l'ennemi disparaissait à une trop grande distance, les systèmes basés sur des constructions géométriques faisaient faillite, car il n'y a qu'à reprendre

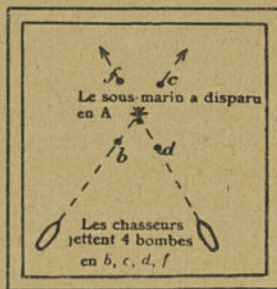


Fig. 42. — Attaque d'un sous-marin en plongée par deux chasseurs.

celles indiquées plus haut pour voir qu'elles se trouvent mises en défaut par un simple crochet exécuté par le sous-marin.

Si par exemple, dans la méthode « T », le sous-marin, arrivé en a_1 quand nous le croyons en a , fait à ce moment route vers l'Ouest au lieu de continuer au Nord-Est, il sort de notre ingénieuse combinaison et nous laisse jeter nos grenades en pure perte. Le plus mortifiant en pareil cas, c'est

que son équipage, entendant le bruit des explosions s'éloigner, se rit, par surcroît, des efforts du chasseur.

Telle fut cependant la situation pendant la première phase des hostilités, jusqu'au moment où les *écouteurs* apportèrent enfin la solution du problème et nous permirent de déposer nos grains de sel plus judicieusement.

EMPLOI DES ÉCOUTEURS. Si l'on se reporte à ce que nous avons dit plus haut de ces appareils, l'on verra aussitôt le parti que l'on en pouvait tirer pour l'attaque d'un sous-marin en plongée. Les instruments à grande portée, tels que le tube C, permettaient de repérer l'ennemi à une certaine distance en indiquant le secteur où il se trouvait.

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

Les appareils Walser, dont on pouvait faire usage en marchant à vitesse réduite, étaient utilisés par des patrouilleurs qui fouillaient la zone suspecte.

Un *groupe d'écoute* comprenait, par suite, des bâtiments munis de tube C et d'autres unités ayant des Walser. En alternant les périodes d'arrêt pour l'emploi des tubes C avec des parcours exécutés au Walser, on arrivait à surveiller efficacement un secteur assez étendu.

L'écouteur Walser avait cette précieuse propriété d'indiquer le moment où l'on passait juste au-dessus du sous-marin. En effet, rappelons-nous son fonctionnement : un cornet acoustique est promené sur le cercle lieu géométrique des foyers sonores constitués par la réfraction des sons à travers la lentille résonnante. Tant que le sous-marin est franchement sur l'avant du chasseur, l'observateur placé au Walser détermine nettement le point d'audition maximum et la direction d'où vient le bruit. Mais, à mesure que l'on s'approche, cette indication se fait moins nette, et lorsqu'on passe au-dessus de l'hélice produisant les vibrations, on ne peut plus repérer aucune orientation. Le cornet acoustique manœuvré dans tous les sens fait entendre la même intensité, car il n'y a, dans ce cas, qu'une distance de 30 à 40 mètres au plus entre la coque du chasseur et le sous-marin. Les ondes sonores noient complètement la lentille, qui vibre également sur chaque point de sa surface.

L'on voit en conséquence comment s'opérait l'attaque. Le groupe d'écoute se dirigeait à la première indication du côté du sous-marin ainsi révélé, en prenant une formation large, les unités à quelques centaines de mètres les unes des autres. Chemin faisant, on écoutait, et l'on finissait, en se communiquant les résultats par signaux, à obtenir une très bonne position approchée de l'ennemi. Plusieurs points semblables donnaient sa route et sa vitesse; après quoi, au moyen de procédés dans le détail desquels il est inutile d'entrer, on s'arrangeait pour passer au-dessus de lui. A l'instant propice, indiqué par les écouteurs, avait lieu le jet des grenades, puis l'écoute recommençait. Parfois on n'entendait plus

LES SOUS-MARINS

rien ; l'on continuait alors la surveillance sur les lieux et leurs abords immédiats. Lorsque le silence persistait, il y avait de fortes probabilités en faveur de la réussite. Si le bruit des hélices se faisait toujours entendre, le coup était à recommencer et l'on se mettait en mesure d'attaquer à nouveau. On avait quelquefois alors la satisfaction de remarquer une modification du bruit, un ralentissement par exemple, qui donnait l'impression d'une bête traquée, mortellement atteinte. Dans ce cas, après un redoublement de projectiles, il était rare qu'on n'obtint pas le terrible silence, révélateur des sombres drames de la guerre sous-marine.

Cette méthode de l'écoute démontra sa supériorité dès les premiers essais. Avec elle, le sous-marin n'avait plus de refuge. Aperçu en surface, chassé, traqué, la plongée le faisait tomber dans un autre danger. Sa vitesse de 6 à 7 nœuds au plus — car davantage l'eût exposé à produire des remous visibles — ne pouvait le sauver de ces chasseurs donnant 15 à 19 nœuds, ni même des chalutiers qui, pour l'occasion, trouvaient moyen d'en atteindre parfois 10. Il avait donc bientôt toute la meute au-dessus de lui, et grenades de pleuvoir. Ses crochets, ses fausses directions ne mettaient que pour un temps les chasseurs en défaut. Ceux-ci, l'oreille aux aguets, avaient vite retrouvé ses brisées. Alors même que, par une chance inespérée, le sous-marin parvenait à fuir, son équipage gardait un fâcheux souvenir de l'algarade, et son moral s'en ressentait.

Nous devons une grande reconnaissance à tous ceux qui, par leurs travaux, leur application, leur science, ont mis au point ces précieux appareils d'écoute.

LE DRAGAGE DES MINES¹. A côté de la chasse au sous-marin se poursuivait quotidiennement un travail pénible : le dragage des mines. Pour débarrasser nos côtes

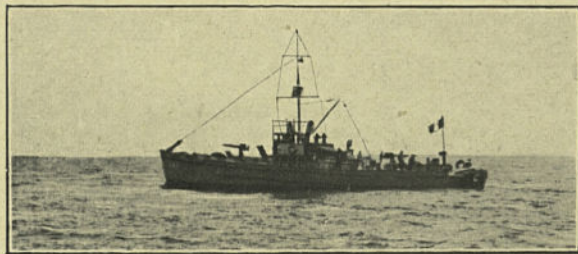
1. A cause du grand nombre de mines mouillées, le dragage s'est poursuivi jusqu'à la fin de 1919, prolongeant ainsi d'un an le service de guerre des dragueurs.



LA VELETTE V-56 APPAREILLANT
avec son canot relevé au poste de mer.



LE CROISEUR AUXILIAIRE *Golo II*



CHASSEUR DE SOUS-MARINS



UN PATROUILLEUR CÔTIER

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

et les alentours des ports de ces engins dangereux, toute une flottille remplissait cette tâche obscure, dont il faut signaler l'importance, disons même la grandeur en songeant aux dangers perpétuels courus par les équipages. Nous avons vu comment les mines étaient mouillées et quel était le dispositif qui les maintenait en place ; voici à présent les mesures prises pour les relever.

Les premières dragues consistaient en un câble immergé à profondeur convenable, remorqué par deux bâtiments attelés à chaque extrémité. Ce système avait l'inconvénient

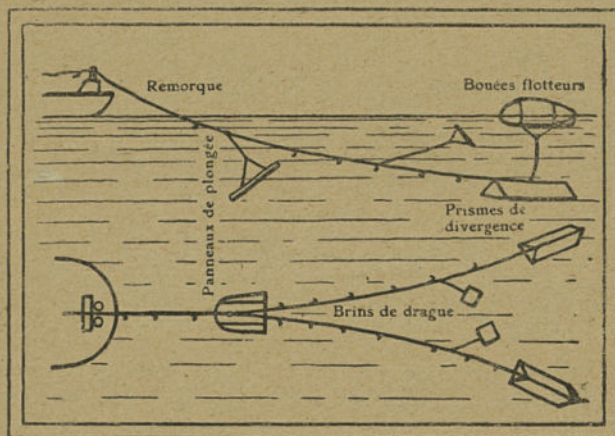


Fig. 43. — *Drague D. O. Élévation et plan.*

de nécessiter un grand nombre de dragueurs et d'être délicat à mettre en pratique, les deux remorqueurs devant maintenir une route exacte en demeurant à égale distance pendant tout le parcours.

C'est à l'amiral français Ronarc'h que l'on doit le matériel définitivement employé, dont voici la description.

LA DRAGUE RONARC'H. ♦ ♦ Le dragueur — ordinairement un chalutier ou un remorqueur, quelquefois un

LES SOUS-MARINS

yacht — est muni d'un treuil à vapeur et d'un « chaumard » constitué par deux « bittes » verticales et un rouleau horizontal. La remorque, en fil d'acier de 70 millimètres, d'une longueur de 160 mètres, est enroulée sur le treuil à vapeur. Elle passe ensuite sur le rouleau et entre les bittes du chaumard et se termine par une « patte d'oie » où viennent s'attacher les deux *brins de drague*. Ceux-ci, en fil d'acier de 52 millimètres, ont chacun 200 mètres de long. Un *plateau de plongée* en tôle, pesant 125 kilogrammes, est fixé à la patte d'oie, et par sa résistance et son obliquité,

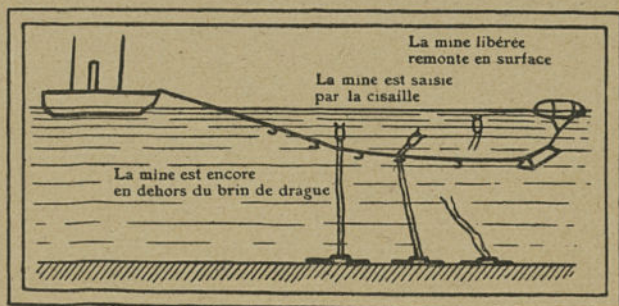


Fig. 44. — *Dragage des mines sous-marines.*

fait s'immerger à la profondeur voulue toute la drague. Les deux brins de drague s'écartent l'un de l'autre sous la pression de deux *prismes de divergence* en bois, pesant 180 kilogrammes, et qui sont remorqués à l'extrémité de chaque brin. Deux *flotteurs* en tôle, pesant 250 kilogrammes, supportent les prismes et marchent en surface, délimitant ainsi le chenal libre pratiqué par le dragueur.

Par l'obliquité des prismes on règle l'écartement des brins, qui atteint ordinairement 200 mètres aux extrémités. C'est donc sur cette largeur que s'effectue le dragage.

Sur chaque brin sont échelonnées huit cisailles dont nous verrons l'utilité. Une seule cisaille est placée sur la remorque avant la patte d'oie.

Le dragueur ainsi équipé parcourt la zone à nettoyer en

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

suivant des routes bien repérées qui constituent les *chenaux de sécurité* dont nous avons parlé plus haut. Lorsqu'il rencontre une mine, l'orin de celle-ci est d'abord écarté par le brin de drague et court le long de ce brin jusqu'au moment où il s'engage dans les mâchoires de la prochaine cisaille. L'effort est suffisant pour couper l'orin et la mine, libérée, remonte à la surface en faisant un léger bond hors de l'eau.

Les cisailles sont de deux sortes. Dans la cisaille à *lames*, l'orin de la mine vient s'engager dans le bec de l'appareil, puis entre les deux mâchoires à lames ouvertes à ce moment. La remorque continuant, la cisaille tire en avant l'orin de la mine, et la résistance opposée par celui-ci fait déclencher les lames coupantes.

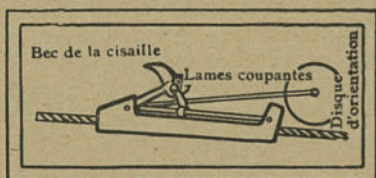


Fig. 45. — Cisaille à lames pour dragues D. O.

Dans ce mouvement, la branche mobile a coulissé en arrière sur son bras-guide ; un ressort la ramène en avant dès que l'orin est sectionné, ouvrant ainsi la mâchoire pour un nouvel usage.

Un disque plein, à l'arrière de la cisaille, sert à maintenir celle-ci dans une orientation convenable pour recueillir les orins glissant le long des brins de drague.

La mine possède, comme nous l'avons vu, deux orins : celui qui sort du tambour du crapaud et va passer sur les poulies de la mine, et le second — suite du précédent — qui revient au crapaud après avoir traversé le régulateur d'immersion. Le premier est dit « orin mou », le deuxième « orin raide ». La même cisaille peut les sectionner successivement, mais dans la plupart des cas l'un des orins seul s'engage entre les mâchoires d'une cisaille, laissant à la suivante le rôle de couper le second.

Les mines ayant été dotées d'orins très résistants, les

LES SOUS-MARINS

cisailles à lames devinrent insuffisantes. L'on adopta les *cisailles à explosif* dites *T* et *TL*, dues à l'ingénieur français du génie maritime Tossizza. Dans cette cisaille, c'est l'explosion d'une cartouche qui coupe l'orin.

La drague que nous venons de décrire succinctement est dite *D. O.* ou « drague ordinaire ». Un autre modèle plus petit, la *D. L.*, ou « drague légère », était réservée aux moindres bâtiments. Elle présentait les mêmes dispositions, mais avec des filins d'acier plus minces, de 42 millimètres seulement, et de longueur inférieure. Les brins de drague *D. L.* n'avaient que 125 mètres et la drague 50 mètres avec trois tronçons supplémentaires de 50 mètres, 20 mètres et 10 mètres. Les seules cisailles utilisées étaient des *T. L.*, à raison de cinq sur chaque brin. L'écartement de ceux-ci se réglait environ à 100 mètres.

DESTRUCTION DES MINES. // // Nous avons vu la mine remonter en bondissant à la surface lorsque son orin venait d'être coupé. A cause de sa grande flottabilité, le dangereux engin émergeait d'une quantité suffisante pour que l'on en voie distinctement toute la calotte, avec les quatre antennes pointées à 45 degrés, avertissant de n'y pas toucher sous peine d'explosion.

Il restait à détruire ce redoutable flotteur, et c'était l'affaire de petits bâtiments, vedettes en général, qui suivaient les dragueurs à distance. On pouvait procéder de plusieurs manières : 1° aller avec un canot entourer la mine d'un filet dont les brins étaient ensuite ramenés à bord de la vedette. Ceci fait, il ne restait plus qu'à remorquer doucement la mine jusqu'à un endroit écarté, une plage par exemple, où des spécialistes venaient la désarmer ou la détruire ; 2° la couler à coups de fusil en se mettant à 150 mètres au moins. Encore cette distance était-elle un minimum extrême, car si l'on touchait avec une balle trop bien dirigée l'une des antennes, l'on assistait à un beau feu d'artifice qui envoyait parfois les spectateurs sur le dos par le violent déplacement d'air. Lorsque les coups de fusil perçaient

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

seulement l'enveloppe, elle se remplissait et la mine coulait à fond sans aucune manifestation intempestive.

On ne pouvait employer le second procédé que dans les endroits assez profonds pour que le séjour de mines encore amorcées n'ait aucun inconvénient. Il était préférable de les remorquer à terre ou d'aller les faire sauter au large lorsque l'on pouvait redouter un danger ultérieur en les coulant sur place.

Le dragage avait lieu de jour, et quelquefois aussi la nuit, mais alors on n'employait pas les cisailles. Une mine libérée dans l'obscurité aurait, en effet, présenté un danger aussi grand que si elle était demeurée mouillée.

On employait dans ce cas des dragues ne coupant pas les orins et permettant de remorquer les mines à terre.

Les dragueurs étaient formés en section de cinq unités, commandées par un officier. Ces sections opéraient en groupes, les bateaux marchant suivant une formation telle que chaque sillon de dragage vint se juxtaposer à celui du dragueur voisin. On obtenait ainsi une largeur totale de 800 à 1 000 mètres, suivant le nombre des unités.

Les formations les plus ordinairement employées étaient l'*angle de chasse* en forme de V, et la *ligne de relèvement*. Aucun dragueur ne marchait ainsi dans les traces du précédent, ce qui aurait été dangereux à cause des mines libérées. Les vedettes ou petits chalutiers affectés à la des-

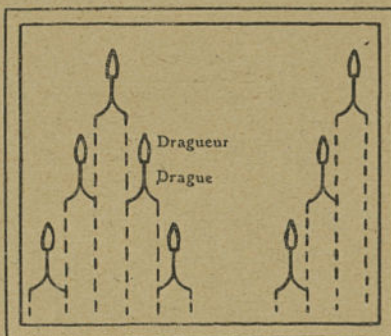


Fig. 46. — Formations de dragage .
I. A gauche, angle de chasse; II. A droite, ligne de relèvement.

LES SOUS-MARINS

truction des mines naviguaient sur les flancs du dispositif, prêts à accourir au signal des dragueurs.

On voit à quel labeur ont été astreintes, quatre années durant, nos équipes de dragage. C'est grâce à leur dévouement inlassable et à leur assiduité, que l'on doit de n'avoir pas perdu un plus grand nombre de bâtiments sur les mines.

L'APPAREIL OTTER. ¶ ¶ Vers la fin des hostilités, l'on avait réussi à créer un appareil de protection individuel permettant à tout bâtiment d'être

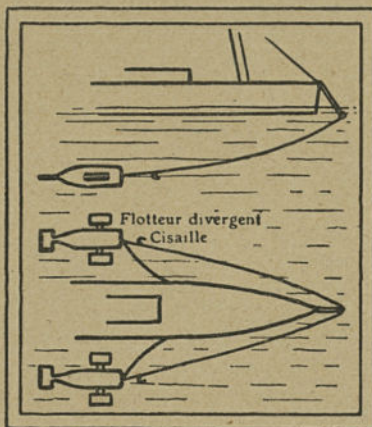


Fig. 47. — Appareil Otter.
Élévation et plan.

à lui-même son propre dragueur, c'est l'appareil Otter, dû à un officier de la marine anglaise. Il consiste en une sorte d'entonnoir à corps cylindrique creux, muni à la partie postérieure de deux gouvernails, l'un horizontal, l'autre vertical, et traversé par un plan que terminent deux flotteurs en fuseau. L'ensemble possède une très légère flottabilité, et les gouvernails sont orientés de façon à faire s'immerger l'appareil quand on le remorque à une vitesse de 8 nœuds au moins.

Il y a un appareil semblable de chaque bord, remorqué au moyen de filins fixés à l'avant du bâtiment, soit sur l'étrave elle-même, soit sur un bras mobile s'abaissant jusqu'à la flottaison.

La vitesse du bâtiment fait s'immerger ces instruments de quatre mètres environ, tout en les écartant à une dizaine de mètres du bord.

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS

Il y a donc ainsi en avant et sur les flancs du bâtiment une zone de sécurité tracée par les appareils et leurs remorques. Si une mine se présente, ce dispositif l'écarte et amène son orin devant les cisailles placées aux extrémités. La mine est alors libérée et remonte en surface comme dans le dragage ordinaire. Le cas d'une rencontre juste en face de l'étrave n'est guère à redouter, car le bâtiment refoule en avant de lui un rouleau liquide qui écarte automatiquement les objets flottants. Mais il est cependant préférable de fixer l'appareil Otter à un bras débordant, ce qui présente alors toute sécurité.

Ce système, après des expériences concluantes dans des champs de mines d'exercice non chargées, a été adopté par plusieurs marines et employé avec succès pendant les derniers mois de la guerre, en 1918.



CHAPITRE V

LES TRAVAUX SOUS-MARINS

Le scaphandre. || Scaphandre réglementaire de la marine française. || La plongée du scaphandrier. || Plongées en eau profonde. || Le scaphandre métallique. || Les travaux du scaphandrier. || Les sous-marins pacifiques. || Les « Argonautes » de l'ingénieur Lake. || La sortie des scaphandriers. || Le sous-marin Pino. || Sous-marin pêcheur d'éponges français. || Sous-marins commerciaux et scientifiques.

LE SCAPHANDRE. ¶ ¶ La mer ne doit pas être considérée seulement comme le champ de bataille de l'humanité. Elle est au contraire un lien naturel entre les habitants de notre planète et le domaine commun de toute l'activité des hommes. Lorsque son exploitation, aujourd'hui à peine entrevue, aura pris son développement logique, la mer sera pour tous une source inépuisable de richesse. Non seulement elle possède une faune incomparable, par la diversité de ses espèces comme par leurs facultés de reproduction, mais aussi une flore variée dont il n'a jusqu'à présent été tiré qu'un bien maigre parti. En dehors de ces ressources naturelles, les océans contiennent tous les trésors engloutis depuis des siècles, capital immense qui ne cesse de s'accroître à chaque naufrage, et que les événements de 1914-1918 ont porté d'un seul coup à un chiffre formidable.

L'homme est donc en présence d'une immense propriété, couvrant les deux tiers du globe, dont il lui faudrait d'abord faire la reconnaissance et l'inventaire.

Malheureusement, l'accès lui en est interdit sans appareils spéciaux, car il n'y peut vivre dans les conditions habituelles nécessaires à son existence. Deux obstacles se dressent à cet égard devant lui : le manque d'air et la pression croissante

LES TRAVAUX SOUS-MARINS

de ces couches liquides dont il ne peut supporter le poids au delà d'une très faible profondeur.

Les premiers explorateurs sous-marins ont été de simples plongeurs, utilisant leur force musculaire pour s'enfoncer, et la faculté plus ou moins grande de tout individu de retenir sa respiration pendant un certain temps. Les profondeurs ainsi atteintes étaient de quelques mètres seulement, et cinq ou six minutes représentent la durée maxima obtenue par de rares sujets exceptionnellement doués.

Pour aller plus loin, il fallait recourir à des moyens scientifiques, et l'on y arriva à une époque relativement récente. Les essais plus anciens ne méritent pas d'être retenus, et nous ne citerons que celui de l'abbé de la Chappelle, en 1769, parce qu'il donna à son appareil le nom de *scaphandre*, adopté universellement depuis pour tous les dispositifs similaires.

Le système actuellement en usage est celui dû à Rouquayrol et Denayrouse vers 1860. Il a reçu de nombreuses modifications de détail, qui n'en ont pas changé le principe. Celui-ci est toujours l'emploi d'un vêtement souple avec casque rigide étanches, dans lequel on envoie au moyen d'une pompe l'air nécessaire au plongeur qui en est revêtu.

Voici la description succincte du dernier modèle adopté par la marine française, suivant les indications du *Manuel réglementaire du scaphandrier*, édition de 1914.

SCAPHANDRE RÉGLEMENTAIRE DE LA MARINE FRANÇAISE. ■ ■ L'équipement du scaphandrier comprend d'abord des sous-vêtements de laine indispensables pour absorber la transpiration et combattre le froid de l'eau. L'*habit* est d'une seule pièce, comportant les jambes, le corps et les manches ; il est fait d'une feuille de caoutchouc pur interposée entre deux étoffes de coton très fortes, doublées aux genoux et aux coudes. Les manches sont terminées par des poignets en caoutchouc extensible, au-dessus desquels on ajoute encore des bracelets de même matière afin d'assurer la fermeture hermétique de l'articulation.

LES SOUS-MARINS

Le haut de l'habit est terminé par une collerette de caoutchouc extensible qui vient se raccorder au casque. Ainsi les mains et la tête du scaphandrier sont seules hors du vêtement.

Un coussin rembourré se place sur les épaules du plongeur, en dessous de l'habit, pour supporter, sans gêner l'homme, le casque et les plombs placés sur la poitrine et le dos.

Le casque est en cuivre rouge, étamé à l'intérieur. Il est muni de quatre glaces circulaires : une sur le dessus, protégée par un croisillon en cuivre pour éviter le bris de la

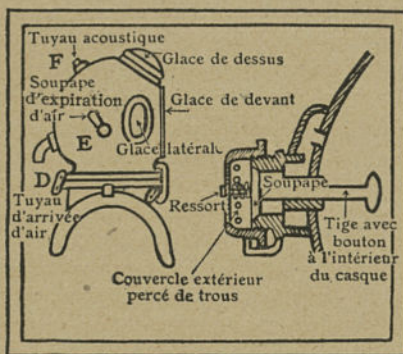


Fig. 48. — Casque de scaphandrier.

vitre en cas de choc contre les objets immergés, une de chaque côté, et une sur le devant, cette dernière seule pouvant se dévisser.

Sur l'arrière du casque est la tubulure où vient se visser le tuyau d'arrivée d'air. Cette tubulure renferme une soupape qui se fermerait automatiquement sous la pression de l'eau si le tuyau à air venait à se rompre. L'air se déverse à l'intérieur du casque par trois orifices plats situés près des glaces, afin d'entraîner constamment la buée de condensation qui pourrait les ternir.

Sur le côté droit du casque est la soupape d'expiration d'air, s'ouvrant de dedans en dehors. Cette soupape est manœuvrée par le plongeur qui règle ainsi le débit d'air suivant la consommation. Il a deux modes d'action sur cette soupape : en appuyant avec la tête sur le bouton intérieur il laisse suivant ses besoins échapper l'air, et en vissant plus

LES TRAVAUX SOUS-MARINS

ou moins avec la main le couvercle extérieur percé de trous, il règle l'échappement de l'air pour chaque pression exercée sur la soupape.

Sur le dessus du casque est une tubulure sur laquelle se visse un tuyau acoustique permettant de converser avec les hommes de l'équipe restés dans le bateau porte-pompe.

La partie inférieure du casque porte une bride dans laquelle vient se pincer circulairement la collerette de l'habit, formant ainsi joint étanche entre ces deux parties du vêtement.

L'équipement du scaphandrier se complète par des souliers en cuir souple, protégés au bout d'une garniture en laiton, et dont la semelle porte une plaque de plomb de 8 kilogrammes destinée à maintenir le plongeur debout au fond de la mer. D'autres plombs fixés sur sa poitrine et son dos achèvent de lui donner le lest nécessaire pour s'enfoncer.

Accessoirement, le scaphandrier emporte à sa ceinture un couteau et les outils pouvant lui être nécessaires dans son travail. Une corde de sûreté le relie à ses aides demeurés près de la pompe à air. Elle est fixée solidement à sa ceinture et permet au besoin de le ramener à la surface en cas d'accident. Dans le courant ordinaire du travail, le scaphandrier l'emploie à faire des signaux suivant certaines conventions ¹.

La pompe à air est à trois corps ou cylindres, avec pistons mus par un volant. L'air est envoyé dans un réservoir afin de régulariser le débit, et un manomètre indique la pression obtenue. De là partent les tuyaux de conduite d'air, formés de plusieurs toiles caoutchoutées, à l'intérieur desquelles une hélice en fil de fer garantit contre les déformations. Ces tuyaux, d'une fabrication très soignée, sont essayés à une

1. Les signaux réglementaires sont les suivants : *Un coup* sur la corde (ou traction brusque) signifie : *Tout va bien*, ou *Etes-vous bien ?* si c'est le personnel de surface qui signale. *Deux coups* : *Donnez-moi plus d'air* ; *trois coups* : *Donnez-moi moins d'air* ; *quatre coups* : *Remontez-moi*.

LES SOUS-MARINS

pression de 15 kilogrammes par centimètre carré, soit 15 atmosphères, ce qui correspond à une profondeur double des plus grandes plongées prévues.

LA PLONGÉE DU SCAPHANDRIER. *o o* Voyons à présent les conditions à réaliser pour une bonne immersion du scaphandrier. A l'air libre, un homme supporte une pression égale à une atmosphère, soit 1 kg. 033 par centimètre carré de la surface de son corps. Cette énorme pression, qui forme un total de plusieurs milliers de kilogrammes, nous réduirait tous à l'état fâcheux de simple galette, si nous n'avions pas la chance d'inspirer dans nos poumons un air à la même pression qui vient rétablir l'équilibre.

Cet équilibre nous est donc indispensable, et il faudra soigneusement le conserver au plongeur dans son scaphandre. Son appareil comporte, comme nous l'avons vu, deux parties distinctes : un habit compressible, et un casque incompressible. C'est dans l'habit qu'il va donc falloir entretenir une pression égale à la pression de l'eau, sous peine de voir le corps du plongeur poussé dans le casque avec une force qui pourrait devenir écrasante.

Évaluons cette pression. Elle est, avons-nous dit, de une atmosphère ou 1 kg. 033 pour 10 mètres d'eau, soit 103 grammes par mètre d'immersion. Mais il faut aussi ajouter la pression atmosphérique elle-même qui s'exerce à la surface et vient augmenter la pression de l'eau, soit encore une atmosphère. Donc, pour un enfoncement de 20 mètres par exemple, le scaphandrier supportera une pression de 1 kg. 033, due à l'air, plus 2 kg. 066 pour la hauteur d'eau, soit au total 3 kg. 099. On devra donc manœuvrer la pompe de façon à amener l'air dans l'habit du scaphandrier à cette pression de 3 kg. 099 par centimètre carré. En suivant soigneusement les indications du manomètre fixé sur le réservoir d'air, l'on pourra maintenir la pression constante pour la profondeur où le plongeur exécute son travail.

Dans une manœuvre bien réglée, l'air doit gonfler l'habit

LES TRAVAUX SOUS-MARINS

sur la poitrine et le dos du scaphandrier, de façon qu'il ne sente pas le poids des plombs et puisse respirer librement. On envoie ordinairement une pression légèrement plus forte, et le plongeur règle sa pression dans l'habit au moyen de la soupape fixée à son casque.

Ce réglage est très délicat et constitue l'art spécial du scaphandrier, qui doit toujours conserver un matelas d'air sur la poitrine. Une différence de niveau peu sensible donne lieu cependant à un accroissement de pression notable, d'où la difficulté. On peut s'en rendre compte en réfléchissant que pour un homme ayant une taille de 1 m. 80, la différence de pression entre sa tête et ses pieds est de 180 grammes par centimètre carré. Les mouvements dans l'eau pendant le travail doivent tenir compte de cette constatation. Il en résulte également que l'air ne pouvant être envoyé par la pompe au delà d'une certaine vitesse, si le plongeur descend trop vite, la pression de l'eau s'accroît plus rapidement que la pression à l'intérieur de l'habit, et le scaphandrier pourra être dangereusement comprimé. Par suite, une chute est toujours très grave, et lorsque des scaphandriers travaillent sur un échafaudage, entre deux eaux, ils doivent être maintenus par leur corde de sûreté.

La descente s'exécute de la façon suivante. Le plongeur ayant revêtu son habit, équipé son casque, on visse la glace de l'avant de celui-ci et l'on met la pompe en route. Puis, au signal du chef d'équipe, le scaphandrier entre dans l'eau par l'échelle de descente. Il s'enfonce jusqu'à ce que le casque soit recouvert et s'arrête alors pour vérifier si l'habit ne présente pas de fuite et si la pompe fonctionne de manière satisfaisante. C'est là qu'il doit procéder au réglage de la soupape d'évacuation. Il prend alors la corde de descente et plonge doucement en se réglant sur le débit de la pompe, de façon à conserver ses poids soulevés sur la poitrine.

Arrivé au fond, le plongeur indique le fait par un coup simple sur la corde, auquel l'aide préposé aux signaux répond de la même façon. Le scaphandrier se rend alors à son travail.

LES SOUS-MARINS

PLONGÉES EN EAU PROFONDE. ☐ ☐ L'expérience a démontré que l'on ne peut descendre, sans risquer des accidents graves, au delà de 60 mètres, limite qui présente déjà un certain danger et ne peut être atteinte que par des hommes choisis, très expérimentés. Dans la pratique courante, on ne dépasse pas 45 mètres. Jusqu'à 20 mètres, il n'y a pas de précautions spéciales à prendre.

La remontée est le point délicat de la manœuvre aux profondeurs plus grandes. Entre 20 et 30 mètres, le plongeur ne doit pas revenir à la surface en franchissant plus d'un mètre à la minute. Une plongée de 28 mètres demande donc vingt-huit minutes pour remonter.

Au delà de 30 mètres, la durée du séjour au fond intervient. Si l'on est resté peu de temps, cinq minutes par exemple, l'on mettra, comme dans le cas précédent, une minute par mètre d'ascension verticale, mais une plongée d'un quart d'heure à 40 mètres exigera le double, soit quatre-vingts minutes ou une heure vingt minutes pour la remontée. Pendant ce temps, le plongeur doit faire mouvoir ses membres, se pencher en avant et en arrière, faire en un mot travailler ses muscles pour accélérer la circulation du sang.

Le métier de scaphandrier est, comme l'on peut s'en rendre compte, assez pénible. Il demande des hommes jeunes, robustes et exempts de toute affection du cœur et des poumons, si légère qu'elle soit. La durée du travail, même avec ces éléments de choix, est toujours restreinte ; elle varie de huit heures par jour au maximum, pour les plongées effectuées à la pression de 2 kilogrammes, à quatre heures seulement lorsque celle-ci est comprise entre 3 kg. 500 et 4 kilogrammes.

Malgré ces précautions, les accidents sont encore assez fréquents ; ils se produisent souvent quatre ou cinq minutes après la sortie de l'eau. Le plongeur devient livide, perd connaissance, et les battements de son cœur se ralentissent jusqu'à l'arrêt. Dans ce cas, il n'y a pas une minute à perdre, et le traitement peut paraître bizarre au premier abord. Il consiste en effet à remettre le casque, actionner la pompe,

LES TRAVAUX SOUS-MARINS

et renvoyer l'homme à 20 ou 25 mètres de profondeur pour amener la recompression. Il est ensuite remonté très doucement, avec de grandes précautions.

Ces inconvénients ont conduit à rechercher des appareils différents de ceux employés par Rouquayrol-Denayrouse. C'est ainsi qu'en 1910 on a créé le *scaphandre métallique* permettant à l'homme de travailler aux différentes profondeurs sous la pression atmosphérique.

LE SCAPHANDRE MÉTALLIQUE. ¶ ¶ Dans ce système, on remplace l'habit compressible du scaphandre ordinaire par une carapace métallique composée de six pièces : deux jambes, deux bras, un buste et un capuchon-casque. Ces diverses parties sont réunies par des joints étanches avec rondelles caoutchoutées.

En 1914, l'ingénieur américain Macdufee perfectionna le système. Il employa un alliage d'aluminium et put ramener le poids à 220 kilogrammes, ce qui est encore coquet pour un vêtement, même sous-marin. Néanmoins, à cause du volume considérable, avec un plongeur de 70 kilogrammes, il fallait encore ajouter du lest pour descendre.

Les six pièces du précédent appareil avaient été remplacées par cinquante-six parties articulées ingénieusement, avec joints à rotules, glissières, et autres dispositifs permettant un grand nombre de mouvements. Mais, défaut inhérent au principe même, les bras étaient complètement clos et se terminaient par des pinces.

Malgré l'ajustement précis de toutes ces pièces, il avait fallu prévoir les fuites d'eau possibles, sur l'importance desquelles nous sommes fixés. Nous savons combien une ouverture minime peut laisser entrer d'eau sous la pression des profondeurs les plus ordinaires. Pour éviter l'envahissement, une petite pompe actionnée à l'air comprimé assèche les « fonds » du scaphandre Macdufee.

L'air était cette fois amené de l'extérieur au moyen d'un tuyau métallique, sans pompe bien entendu, puisqu'il n'y avait pas de contre-pression à vaincre. Un fil téléphonique

LES SOUS-MARINS

circulait dans ce même tube, ainsi que le conducteur électrique de la lampe mise à la disposition du plongeur.

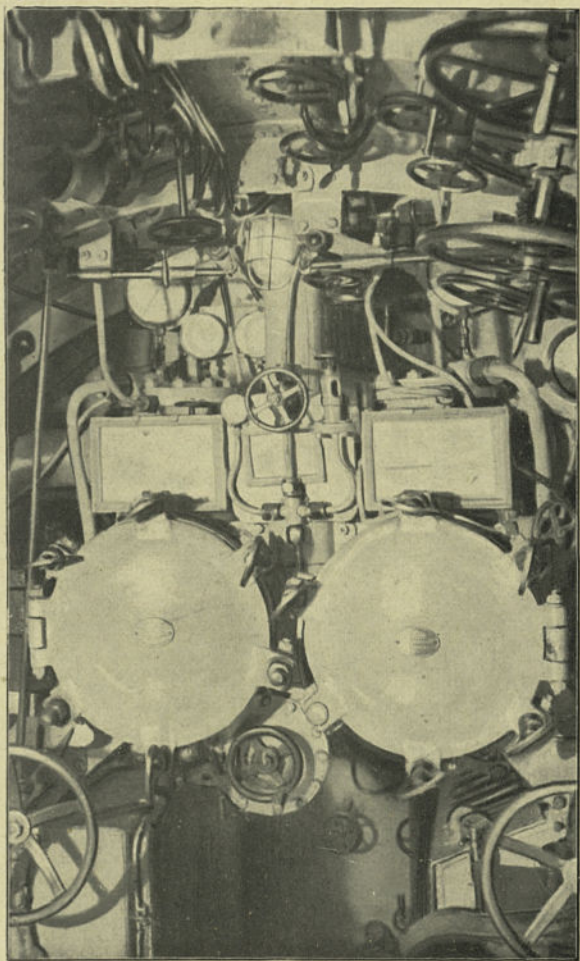
On a pu, avec cet appareil, travailler sans fatigue à 65 mètres de profondeur. Le résultat obtenu est évidemment encourageant, mais il y a encore bien des améliorations à apporter à ce système, qui paraît réservé aux travaux spéciaux par grande profondeur, entre 60 et 100 mètres, dans une région inaccessible au scaphandre ordinaire. Pour les plongées courantes, le système Rouquayrol-Denayrouse, plus souple, plus maniable, répond actuellement à tous les besoins.

LES TRAVAUX DU SCAPHANDRIER. ¶ ¶ Les travaux auxquels on emploie le scaphandre sont : le nettoyage des carènes, la visite des hélices et des prises d'eau, le dégagement des chaînes ou amarres enroulées autour des propulseurs, la réparation de certaines avaries, la recherche des objets tombés à la mer, la mise en place des câbles et chaînes destinés au renflouage des bâtiments coulés, la destruction des épaves, les constructions sous-marines, etc. On peut ajouter à cette liste déjà longue, bien que succincte, les pêches du corail, des éponges, des perles.

L'usage du scaphandre est devenu courant et journalier dans les travaux maritimes. Chaque navire de l'Etat possède les appareils nécessaires et des hommes pourvus du brevet de scaphandrier. Ces derniers sont choisis parmi les mécaniciens, chauffeurs, charpentiers, torpilleurs, âgés de moins de trente-trois ans et présentant les qualités physiques requises. Ils doivent d'ailleurs être examinés et auscultés très sérieusement au moins une fois par trimestre, par le médecin-major du bâtiment ou service auquel ils sont affectés.

L'instruction particulière leur est donnée à l'Ecole des mécaniciens, chauffeurs et scaphandriers de Toulon.

LES SOUS-MARINS PACIFIQUES. ¶ ¶ Il est temps de revenir maintenant à l'objet principal de cet ouvrage,



A L'INTÉRIEUR DU SOUS-MARIN
Les culasses des tubes lance-torpilles avec les organes de lancement.



LA CUISINE DU SOUS-MARIN
En plongée, la cuisine est faite au moyen d'appareils électriques.

LES TRAVAUX SOUS-MARINS

au sous-marin. Les travaux exécutés au fond de la mer ne pourraient-ils trouver un instrument précieux dans ces bâtiments dont nous avons vu l'ingénieuse complexité ?

Évidemment oui, mais nous devons constater, tout en le déplorant, que la navigation sous-marine, et sa proche parente la navigation aérienne, ont eu pour principal mobile la guerre. A peine les hommes avaient-ils réalisé leurs deux rêves éternels, à peine possédaient-ils avions et sous-marins, qu'ils employèrent les uns à faire choir des airs les explosifs les plus variés et les autres à créer des volcans sur la route des navires. Il ne faut cependant pas désespérer pour cela de l'humanité ; beaucoup d'inventions, à présent utilisées en pleine paix pour le bien de tous, sont nées de la fureur guerrière. En particulier, presque tous les progrès de la métallurgie ont cette même source, dont ils rachètent l'impure origine par leurs applications pacifiques journalières. Il en sera de même sans doute du sous-marin, comme peuvent nous le faire espérer certaines tentatives déjà anciennes.

LES « ARGONAUTES » DE L'INGÉNIEUR LAKE

Les plus intéressantes sont celles de l'ingénieur américain Lake, le rival de Holland, avec les trois *Argonautes* successifs qu'il construisit vers 1899. Le premier *Argonaute* déplaçait 50 tonnes, avait 11 mètres de longueur et des formes régulières offrant un diamètre de 2 m. 75. Ce bâtiment, exclusivement destiné à des travaux sous-marins, était installé pour conduire à pied d'œuvre des scaphandriers. Les profondeurs ordinaires qu'il devait atteindre ne dépassaient pas 15 mètres. La plongée avait lieu sur place, en remplissant les water-ballasts, et la flottabilité ainsi rendue négative, *Argonaute* allait jusqu'au fond. Rendu à cet endroit, il reposait sur le sol au moyen de deux roues qui constituaient un organe très ingénieux.

Elles étaient disposées sur un cylindre hydraulique dont le piston se trouvait relié à un deuxième cylindre à air comprimé placé à l'intérieur du bâtiment. En agissant sur ce

LES SOUS-MARINS

dernier organe, on pouvait faire sortir les roues au dehors du logement où elles se trouvaient encastrées dans la navigation en surface. Ce cylindre pneumatique servait encore d'amortisseur lorsque les roues reposaient sur le fond. Tout cet ensemble, qui rappelle beaucoup le « train d'atterrissage » des aéroplanes, était très solidement établi. La roue elle-même avait un diamètre de 0 m. 60 et une largeur de 0 m. 25 pour ne pas s'enfoncer dans les sols mous. Du reste, cette robustesse n'était qu'une précaution de plus, car, dans le courant de la navigation, les roues n'avaient à

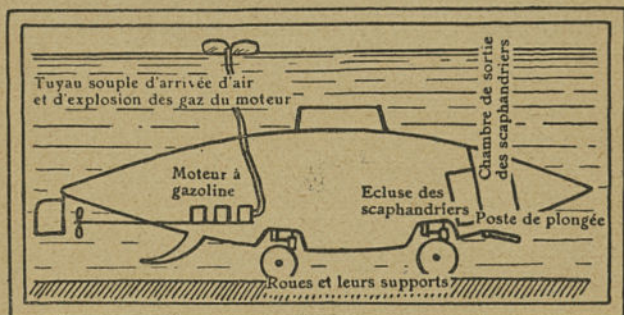


Fig. 49. — *Argonaute de Lake.*

supporter que la flottabilité négative. Or celle-ci se trouvait réduite à 10 ou 15 kilogrammes au plus.

La propulsion de l'*Argonaute n° 1* avait lieu au moyen d'un moteur à gazoline de 35 chevaux qui actionnait, soit l'hélice quand on naviguait en surface, soit l'axe des roues lorsque le sous-marin était rendu au fond de l'eau.

Les deuxième et troisième types de Lake furent un peu plus grands, la longueur ayant été accrue de 8 m. 50, soit 19 m. 50 au total. Le moteur n'agissait plus sur les roues, ce qui s'était révélé à l'expérience une complication inutile, car la poussée de l'hélice se trouvait suffisante pour faire progresser le bâtiment aussi bien quand il reposait au fond que lorsqu'il naviguait en surface. Un double tuyau souple, relié à une

LES TRAVAUX SOUS-MARINS

bouée, permettait d'aspirer l'air frais nécessaire au moteur, et servait aussi à exploser les gaz de la combustion. La vitesse en surface était de 5 nœuds, et en plongée elle descendait à un ou deux nœuds au plus, le sous-marin n'ayant alors à parcourir que peu de distance pour conduire les scaphandriers à leur travail.

LA SORTIE DES SCAPHANDRIERS. ▯ ▯ Ceux-ci sortaient tout équipés au moyen d'une chambre A précédée d'une écluse B. La manœuvre se faisait comme nous allons le voir, avec cette particularité curieuse que le scaphandrier était accompagné jusqu'à sa sortie par un assistant qui ne revêtait pas lui-même l'habit de plongeur.

La chambre de sortie étant close, ainsi que la porte de plongée, l'on fermait de même la communication entre cette chambre et celle de l'écluse. Puis le scaphandrier et son aide entraient dans l'écluse par l'ouverture d'accès placée à l'intérieur du bâtiment, et refermaient derrière eux cette ouverture. Ceci fait, ils ouvraient les robinets d'arrivée de l'air comprimé, tant pour le compartiment où ils se trouvaient que pour la chambre de sortie. Lorsque le manomètre leur indiquait une pression égale entre les deux compartiments, ils ouvraient la porte qui les reliait et passaient dans la chambre de sortie. Ce passage s'effectuait ordinairement à une pression moitié moindre que la pression finale de sortie, afin de permettre l'accoutumance de l'aide non habillé. Une fois dans la chambre de sortie, les deux hommes admettaient progressivement l'air comprimé jusqu'au moment où le manomètre indiquait un chiffre égal à celui de l'eau extérieure. Ils vérifiaient alors l'exactitude de cette indication en ouvrant un robinet placé près de la porte de plongée. L'eau ne devait pas jaillir, ce qui aurait démontré une pression insuffisante dans la chambre, ni l'air s'échapper à l'extérieur. L'équilibre constaté, l'on pouvait ouvrir la porte de plongée P et la laisser tomber au dehors. Le scaphandrier descendait alors et entrait dans l'eau comme il l'aurait fait s'il eût été en surface. L'assistant restait dans la chambre,

LES SOUS-MARINS

en communication d'une part avec l'intérieur au moyen du téléphone, et d'autre part avec le scaphandrier qui pouvait rentrer dans la chambre et en sortir à volonté. La manœuvre du sous-marin était ainsi dirigée en connaissance de cause. Le retour des deux hommes à l'intérieur du sous-marin se faisait par une série d'opérations inverses de celles que nous venons de voir.

Les *Argonautes* de Lake ont exécuté quelques travaux, mais ils ne résolvaient pas une question nouvelle, car les scaphandriers se fussent aussi bien rendus sur les lieux de leur besogne par les moyens ordinaires.

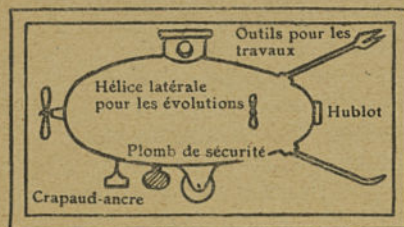


Fig. 50. — *Sous-marin Pino.*

LE SOUS-MARIN PINO. *o o*
Le sous-marin de l'Italien Pino, construit en 1903, était destiné à rechercher et sau-

ver des épaves par des fonds pouvant atteindre 150 mètres. Par là, il constituait une tentative intéressante. Ce bâtiment avait la forme d'un œuf allongé, de 5 mètres de long sur 3 mètres de diamètre. Il devait, comme les productions de Lake, rouler sur le fond au moyen d'une roue. La plongée s'obtenait sur place par le remplissage des ballasts. Un crapaud de fonte, dont le câble s'enroulait sur un treuil manœuvré de l'intérieur, servait d'ancre. Une hélice propulsive et deux hélices latérales, destinées aux évolutions, étaient mues électriquement par des moteurs recevant l'énergie d'accumulateurs.

Un hublot encadré de lampes à projecteurs permettait d'utiliser des outils maniables de l'intérieur.

SOUS-MARIN PÊCHEUR D'ÉPONGES FRANÇAIS.

o o En France, nous ne pouvons guère citer comme

LES TRAVAUX SOUS-MARINS

sous-marin commercial que celui construit en 1908 par les Forges et Chantiers de la Méditerranée pour la pêche des éponges en Tunisie. D'une forme cylindrique terminée par deux extrémités ogivales, long de 5 mètres et haut de 1 m. 60, ce bâtiment déplace 8 700 kilogrammes et peut recevoir deux hommes. Il n'y a pas d'autre moyen de propulsion qu'une paire d'avirons, dont la pelle articulée s'ouvre et se ferme suivant les mouvements et permet des déplacements sur le fond, de peu d'amplitude. La flottabilité, qui atteint 650 kilogrammes en surface, peut être annulée par le remplissage

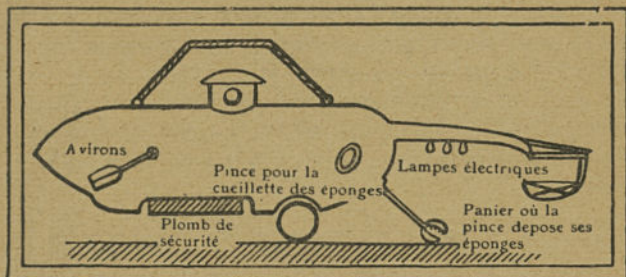


Fig. 51. — Sous-marin pour la pêche des éponges.

de trois réservoirs, deux de 250 litres et un de 100 litres, servant à parfaire l'opération. Pour la plongée, on remplit les deux premiers réservoirs en surface, puis l'on referme le capot et l'on introduit dans le troisième réservoir la quantité d'eau suffisante pour rendre la flottabilité légèrement négative.

Pour l'émersion, on chasse, avec l'air comprimé, l'eau du troisième réservoir, la flottabilité redevient positive, et l'on vide ensuite, une fois en surface, les deux autres réservoirs avec une pompe à main. Un poids de sécurité de 700 kilogrammes permet d'obtenir une montée rapide en cas de nécessité. Un plomb de sonde de 25 kilogrammes, manœuvrable de l'intérieur, sert à produire de faibles déplacements en hauteur, soit en le faisant reposer sur le sol, ce qui délest d'autant le sous-marin, soit en l'embarquant.

LES SOUS-MARINS

Les éponges sont recueillies au moyen d'une pince articulée à bords coupants qui les dépose, en attendant le retour en surface, dans un panier fixé au bout d'une sorte de bras. Des lampes électriques placées au-dessus de la pince éclairent l'opération. L'équipage reste en relation par le téléphone avec le bateau servant de convoyeur et de remorqueur au sous-marin.

Tel est l'unique exemple de sous-marin commercial français que nous pouvons citer. Conçu en vue d'une utilisation spéciale, il présente les inconvénients d'ordre général que nous avons pu relever sur les modèles antérieurs. Il n'est pas *autonome*, ce qui constitue une complication par le besoin d'un bateau convoyeur le conduisant sur les lieux de pêche, et le travail de la pince est moins sûr, plus lent aussi, que celui d'un scaphandrier. En revanche, on peut descendre jusqu'à 100 mètres, profondeur interdite à ce dernier.

SOUS-MARINS COMMERCIAUX ET SCIENTIFIQUES.

En résumé, le sous-marin commercial doit pouvoir résoudre les problèmes suivants: 1° ne pas nécessiter un équipage trop spécialisé, dont les émoluments risqueraient d'atteindre ceux très élevés des scaphandriers; 2° permettre la descente et le travail facile à des profondeurs supérieures à 60 mètres, limite des plongeurs individuels; 3° être constitué d'organes simples, facilement réparables, d'un entretien peu coûteux.

Un problème sera également à résoudre: celui de la *vision sous-marine*. Le périscope des sous-marins militaires est, en effet, un appareil de vision au-dessus de la surface, qui ne répond nullement aux besoins de la recherche dans les profondeurs. Ce qu'il faut au sous-marin de pêche, c'est un système d'éclairage qui remédie à l'obscurité des grands fonds et permette de voir les objets immergés. Des projecteurs électriques puissants fourniraient une source de lumière utilisable, mais les dispositions pratiques sont à trouver. Si l'observateur est, en effet, placé trop près

LES TRAVAUX SOUS-MARINS

de la source lumineuse, il est ébloui par les molécules liquides réfléchissant la clarté, et voit mal. Toute une étude est à faire sur ce point, mais elle n'est pas au-dessus des ressources dont la science actuelle peut disposer.

Quant au sous-marin scientifique, de recherche pure, il n'existe pas encore. On peut le concevoir comme un bâtiment d'assez grande dimension, susceptible de plonger à des profondeurs de 500 mètres et plus, ce qui est parfaitement réalisable. Sa vitesse n'a pas besoin d'être élevée: une moyenne de 8 à 10 nœuds en surface et de 4 à 5 nœuds en immersion serait très suffisante. Mais il faudrait que ce sous-marin présentât des conditions d'habitabilité et de confort parfaites, de manière à permettre aux savants — qui ne sont pas en général des hommes jeunes — d'y vivre et d'y étudier comme dans leur laboratoire. Les plongées devraient pouvoir être longues sans inconvénient, afin de rendre possibles certaines observations.

Verrons-nous un jour cette unité scientifique s'ajouter à la liste glorieuse de nos flottilles? Espérons-le. Seul le gouvernement ou un riche Mécène subventionnant nos sociétés savantes peut en entreprendre la construction. Notre pays doit à son passé, à ses ingénieurs, à ses spécialistes éminents, de fournir cette digne conclusion aux travaux de la France en navigation sous-marine.





TABLE DES GRAVURES

	Pages.
<i>PLANCHE I.</i>	
Le sous-marin en surface.	FRONTISPICE.
<i>PLANCHE II.</i>	
Le <i>Jæssel</i> : type de sous-marin français du modèle le plus récent.....	10
<i>PLANCHE III.</i>	
Le sous-marin <i>Le Verrier</i>	11
<i>PLANCHE IV.</i>	
Le <i>Jæssel</i> : une vue du kiosque et de la passerelle du sous-marin.....	18
<i>PLANCHE V.</i>	
Les oreilles du sous-marin.....	19
<i>PLANCHE VI.</i>	
En surface : le mât de T. S. F. et son dispositif de rabattement en plongée.....	26
<i>PLANCHE VII.</i>	
Un sous-marin anglais : le <i>D-1</i>	27
<i>PLANCHE VIII.</i>	
Le sous-marin américain <i>F-1</i>	42
<i>PLANCHE IX.</i>	
Le sous-marin allemand <i>U.B-124</i>	43
<i>PLANCHE X.</i>	
A bord d'un sous-marin : type de machine à vapeur utilisée en surface, avec chaudière au mazout.....	58

LES SOUS-MARINS

	Pages.
<i>PLANCHE XI.</i>	
A bord d'un sous-marin : moteurs à pétrole Diesel....	59
<i>PLANCHE XII.</i>	
Le poste central d'un sous-marin.....	74
<i>PLANCHE XIII.</i>	
En plongée : commandes des moteurs électriques de propulsion.....	75
<i>PLANCHE XIV.</i>	
La direction du sous-marin en plongée.....	90
<i>PLANCHE XV.</i>	
Le sous-marin allemand <i>U-79</i>	91
<i>PLANCHE XVI.</i>	
Un dispositif de lancement de torpille.....	98
<i>PLANCHE XVII.</i>	
Pour l'attaque en surface : l'artillerie à tir rapide permet d'atteindre l'objectif à une distance plus grande que la torpille.....	99
<i>PLANCHE XVIII.</i>	
L'appareil de lancement Drzewiecki.....	106
<i>PLANCHE XIX.</i>	
Le sous-marin français <i>Atalante</i> : placement d'une mine dans un puits de lancement	107
<i>PLANCHE XX.</i>	
Le sous-marin mouilleur de mines <i>Amarante</i>	122
<i>PLANCHE XXI.</i>	
Le mouilleur de mines allemand <i>U.C-58</i>	123
<i>PLANCHE XXII.</i>	
Sous-marin naviguant en surface : vue prise d'un ballon dirigeable.....	130
<i>PLANCHE XXIII.</i>	
A bord de la vedette <i>V-56</i> : la chambre des machines avec les deux moteurs <i>Wolverine</i> de 180 chevaux.....	131

TABLE DES GRAVURES

Pages.

PLANCHE XXIV.

Pour franchir les filets : appareil fixé à l'avant des sous-marins allemands pour couper les mailles des filets de barrage 138

PLANCHE XXV.

Patrouilleur type *Autruche*. — Vedette de guerre. — Bombes d'avions 139

PLANCHE XXVI.

A bord du dragueur *Crabe* : le câble de la drague, son treuil et son dispositif de remorque 146

PLANCHE XXVII.

La vedette de guerre *V-57*. — Le chalutier *Ailly* qui a coulé un sous-marin près de Messines..... 147

PLANCHE XXVIII.

La vedette *V-56* appareillant..... 154

PLANCHE XXIX.

Le croiseur auxiliaire *Golo II*. — Chasseur de sous-marins. — Un patrouilleur côtier 155

PLANCHE XXX.

A l'intérieur du sous-marin : les culasses des tubes lance-torpilles avec les organes de lancement 170

PLANCHE XXXI.

La cuisine du sous-marin, 171





TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
AVANT-PROPOS.....	v
<i>CHAPITRE PREMIER.</i>	
LES PREMIERS SOUS-MARINS.	
Historique. — La première attaque sous-marine. — Le premier sous-marin de la flotte française. — Le premier sous-marin allemand. — Le premier sous-marin russe. — Le premier sous-marin français du commandant Bourgois. — Les sous-marins américains David. — Le premier torpillage par sous-marin. — Le premier sous-marin électrique de Drzewiecki. — Le sous-marin à vapeur Nordenfeldt. — Les sous-marins de Campbell et Wadington. — Le premier sous-marin espagnol de Peral. — Le <i>Goubet</i> . — Le <i>Gymnote</i> , premier sous-marin à plongée correcte. — Le concours français de 1896. — Invention du submersible le <i>Narval</i> de Laubeuf. — Submersibles et sous-marins. — Sous-marins français modernes. — Le sous-marin d'escadre. — Le sous-marin de l'avenir. — Sous-marins étrangers. — Les sous-marins des Etats-Unis. — Les sous-marins anglais. — Les sous-marins italiens. — Les sous-marins allemands.....	

CHAPITRE II.

LA NAVIGATION SOUS-MARINE.

Étude des formes de carène. — Stabilité des corps flottants. — Stabilité des corps immergés. — Stabilité longitudinale. — Vitesse à la surface et en plongée. — Tenue à la mer. — Moteurs de plongée et moteurs de surface, accumulateurs et moteurs électriques. — L'au-

LES SOUS-MARINS

Pages

tonomie du sous-marin. — La machine à vapeur. — Les moteurs à explosion. — Les moteurs à combustion interne. — Recherche du moteur unique, la vapeur. — Le moteur à pétrole essayé comme moteur unique. — Procédés de plongée, augmentation du poids. — Les hélices verticales. — Le poids mobile. — Le gouvernail horizontal. — Recherches sur les gouvernails horizontaux. — Le dispositif de plongée du *Narval*. — Le dernier dispositif de plongée de Laubeuf. — Appareils de direction, les manomètres. — Le compas (boussole) sur les sous-marins. — Vision et audition sous-marines. — Le principe du périscope. — Périscope Mangin, Darriens, Remazzotti. — Les cloches sous-marines. — Le tube C. — L'écouteur Walsler. — L'appareil Ries. — La vie à bord des sous-marins, l'habitabilité. — L'air respirable à bord des sous-marins.....

47

CHAPITRE III.

LA GUERRE SOUS-MARINE.

L'armement des sous-marins : le canon, la torpille. — La torpille automobile. — Lancement de torpille par tube sous-marin. — Appareil de lancement Drzewiecki. — La torpille en marche. — Les torpilles modernes. — Procédés d'attaque des sous-marins. — Influence des erreurs d'appréciation sur la route et la vitesse du but. — Procédés de défense contre les sous-marins. — Escortes et convois. — Routes en lacets. — Le camouflage. — Les mines sous-marines. — Mines sous-marines allemandes. — Mouillage des mines. — Les mouilleurs de mines. — Sous-marins allemands et français mouilleurs de mines.....

95

CHAPITRE IV.

LA CHASSE AUX SOUS-MARINS.

L'organisation offensive. — Principes de la lutte contre les sous-marins. — Patrouilles de surface et patrouilles aériennes. — Télégraphie sans fil. — Patrouilleurs, chasseurs et vedettes. — Chalutiers et yachts. — Chasseurs de sous-marins. — Les vedettes.

(184)

TABLE DES MATIERES

Pages.

— Les armes de la chasse sous-marine : le canon. — Les grenades. — Les filets. — Attaque d'un sous- marin en plongée. — Méthode du rectangle et du zig- zag. — Méthode de la spirale et méthode T. — Emploi des écouteurs. — Le dragage des mines. — La drague Ronarc'h. — Destruction des mines. — L'appareil Otter.....	128
---	-----

CHAPITRE V.

LES TRAVAUX SOUS-MARINS.

Le scaphandre. — Scaphandre réglementaire de la marine française. — La plongée du scaphandrier. — Le scaphandre métallique. — Les travaux du scaphan- drier. — Les sous-marins pacifiques. — Les « argo- nautes » de l'ingénieur Lake. — La sortie des scaphan- driers. — Sous-marin pêcheur d'éponges français. — Sous-marins commerciaux et scientifiques.....	162
--	-----



IMPRIMERIE CRÉTÉ
CORBEIL (S.-ET-O.)



