



Sous-marins et bathyscaphes

VINGT MILLE LIEUES SOUS LES MERS

Le célèbre roman de Jules Verne illustre bien la double vocation des sous-marins. Si le Nautilus, fabuleux vaisseau commandé par le capitaine Nemo, ne fait pas partie des nombreuses inventions



anticipées par l'écrivain puisque la conception du sous-marin est largement antérieure, **Vingt mille lieues sous les mers** est

bien l'aventure à la fois d'un savant et d'un guerrier. Dès les premières expérimentations, le sous-marin devait être un engin à la fois militaire et civil destiné au combat naval et à la recherche. Ainsi, les premières expérimentations dans le domaine tactique datent de la fin du XVIII^e siècle. Depuis, les progrès de la science aidant, les inventions se sont multipliées et les techniques ont été grandement améliorées, les océans ont été le théâtre des premières grandes batailles sous-marines pendant les deux guerres mondiales et l'énergie nucléaire a révolutionné la conception et les missions des « vaisseaux noirs ».

DESCRIPTIF ET FONCTIONNEMENT

Stricto sensu, le sous-marin est un navire, généralement militaire, pouvant se déplacer en plongée. Le submersible définit un type de sous-marin, aux fonctions civiles principalement, conçu pour mieux naviguer en surface.

Quant au « **bathyscaphe** » (du grec



bathus, « profond » et *skaphe*, « barque »), il englobe la famille d'engins sous-marins destinés à explorer les grands fonds océaniques. La profondeur atteinte par de tels appareils est variable.

Les sous-marins nucléaires actuels plongent jusqu'à 300 mètres en moyenne (limite autorisée en temps de paix) mais le sous-marin habité, le Nautilus, de l'IFREMER (Institut Français de Recherche et d'Exploitation de la Mer), successeur du « Bathyscaphe », peut mener des explorations jusqu'à des fonds de 6 000 mètres.

DIFFÉRENTS TYPES D'ENGIN

Le sous-marin a la forme d'un cigare, en raison des propriétés hydrodynamiques de ce type de fuselage, et sa coque est extrêmement résistante, afin de supporter la pression exercée par l'eau lors de l'immersion. Sa vitesse se situe (pour les sous-marins militaires) entre 25 et 35 nœuds (entre 45 et 65 Km/h), mais peut atteindre 45 nœuds (environ 80 Km/h) dans le cas du *Seawolf* américain et son « déplacement en immersion » (c'est-à-dire la masse totale d'eau que son volume déplace) va de 2 700 t pour les sous-marins d'attaque français de type Rubis à plus de 26 000 t dans le cas



des sous-marins russes de type **Typhoon** [14 335 t dans le cas du SNLE français, (Sous-marin Nucléaire Lanceur d'Engin), Le Triomphant]. Enfin, on distingue les sous-marins classiques, à moteur Diesel, et les sous-marins à propulsion nucléaire, d'attaque (SNA) et les SNLE à armement stratégique nucléaire.

L'IMMERSION

Les deux contraintes principales dont les inventeurs et les concepteurs de sous-marins ont dû tenir compte sont le poids de l'appareil et la solidité de sa coque. En effet, lorsqu'un sous-marin s'immerge, il subit la pression de l'eau. Celle-ci s'exerce sur les parois et augmente au fur et à mesure que le bâtiment s'enfonce. Le navire subit également la poussée, exercée de bas en haut, égale au poids du volume de liquide déplacé. Il s'agit donc de mettre au point une coque suffisamment solide pour résister à la pression tandis que le poids et le centre de gravité du sous-marin doivent être précisément calculés pour « contrecarrer » la poussée verticale et parvenir ainsi à l'équilibre nécessaire à sa navigabilité. Les ballasts, réservoirs que l'on remplit d'eau pour l'immersion et que l'on vide pour l'émergence – disposés autour du sous-marin entre la coque extérieure, assez mince et profilée pour un déplacement rapide, et la coque intérieure, très résistante – servent à équilibrer poussée (« déplacement en immersion ») et poids.

Enfin, pour qu'il puisse naviguer, le sous-marin doit être parfaitement étudié pour son inclinaison sur le côté (le gîte), longitudinale (l'assiette) et sa stabilité générale. Le sous-marin est équipé d'appareils spécifiques, appelée caisses à eau, pour gérer les différentes phases de son évolution : immersion, navigation, émergence.

LES TYPES DE PROPULSION

Avant l'invention des moteurs électrique et à combustion, le mode de propulsion des premiers appareils submersibles était mécanique. C'est à partir de la fin du XIX^e siècle que sont réunis tous les éléments essentiels au fonctionnement des sous-marins modernes : un moteur à combustion assurant la propulsion en surface couplé à un moteur électrique, alimenté par des batteries d'accumulateurs pour le déplacement en plongée. Après son invention en 1897, le moteur Diesel équipa progressivement les sous-marins. Le premier à en être pourvu fut le sous-marin français l'Aigrette en 1904. Ce dernier servit de modèle pour les premiers « U-Boote » allemands. L'invention du schnorchel par les Allemands, au milieu de la Seconde Guerre mondiale, puis la mise au point de la propulsion nucléaire, transformèrent les submersibles en véritables navires sous-marins évoluant sous l'eau de façon quasi permanente. En fournissant de l'air au moteur et en évacuant les gaz d'échappement, le schnorchel (qui émerge du kiosque au côté du **périscop**) permet aux



sous-marins à propulsion Diesel d'évoluer en plongée en augmentant considérablement leur autonomie. Il fut par la suite doté d'une courte antenne radio réceptrice, puis, quelquefois, d'une antenne émettrice. Depuis le milieu des années 1950, les bâtiments les plus perfectionnés sont dotés de moteurs à propulsion nucléaire qui leur permettent de rester en immersion totale pendant deux ou trois mois. Leur mouvement est alors assuré grâce à un réacteur nucléaire à uranium enrichi qui dégage l'énergie nécessaire à la vaporisation de grandes quantités d'eau tandis que la vapeur actionne des turbines. Celles-ci entraînent l'hélice propulsive et des alternateurs qui produisent l'électricité. Les sous-marins à propulsion nucléaire bénéficient ainsi d'une très grande autonomie, due à leur faible consommation de matière nucléaire, et sont très silencieux, même si les bâtiments les plus performants ne sont jamais indétectables.

LA NAVIGATION

Le périscop est inventé au tout début du XX^e siècle, par Simon Lake (et Howard Grubb pour son perfectionnement et sa généralisation

dans la marine). Naviguer à près de 300 mètres de profondeur pendant une période relativement longue nécessite des moyens d'orientation adéquats. Comme les ondes hertziennes ne se propagent pas dans l'eau (à l'exception de celles de très basse fréquence) le sous-marin doit soit remonter régulièrement à la surface afin de réceptionner et enregistrer les données qui lui sont fournies par un système GPS, soit s'orienter avant tout grâce au gyrocompas (de guros, « cercle », apparu en 1911). L'effet gyroscopique permet de maintenir l'orientation initiale de l'axe quelles que soient les évolutions de l'engin porteur. Le sous-marin dispose également d'une antenne filaire, tirée par un câble flottant qui remonte à la surface et capte les messages. Depuis les années 1960, les sous-marins sont équipés d'appareils de navigation inertielle et sont donc guidés grâce à un système gyroscopique autonome. La détection en immersion durable dépend avant tout de l'émission et de la réception des ultrasons : c'est le rôle du sonar et de l'hydrophone. Grâce au sonar, il est possible de mesurer le temps mis par une impulsion ultrasonore pour faire l'aller-retour entre l'émetteur et la cible, d'où l'on déduit la distance de cette cible. Situé à la proue d'un sous-marin, le système sonar est normalement utilisé de façon « passive », en le limitant à la réception des signaux pour éviter toute détection.

Par ailleurs, pour contrecarrer sa vulnérabilité à l'arrière, le sous-marin dispose d'un ensemble d'hydrophones passifs remorqués sur un câble dont la longueur peut atteindre plusieurs kilomètres.

LES PREMIERS SUBMERSIBLES

Les premiers essais de submersibles ont eu lieu à la fin du XVIII^e siècle.



La « **fortue** » américaine de David Bushnell avait fait une certaine impression car bien que la charge n'eût pas pu être fixée sur sa cible (le navire anglais *Eagle*), elle finit par exploser dans le port de New York.

LE GYMNOTE

C'est à partir du milieu du XIX^e siècle que de nouvelles recherches se développèrent et qu'eurent lieu les premiers essais conduits. Le *Gymnote*, lancé en 1838, conçu par les ingénieurs français Henri Dupuy de Lôme et Gustave Zédé, est souvent présenté comme le premier sous-marin moderne. Il en possédait

en effet tous les éléments constitutifs essentiels : moteur, accumulateurs, appareils de direction, de vision et pouvait naviguer sous l'eau à immersion constante. Par la suite, il fut perfectionné et armé de deux torpilles. Son système de propulsion était entièrement électrique. C'est en France et aux États-Unis que furent accomplies les avancées les plus prometteuses.

LE NARVAL

En France, le *Narval*, un torpilleur submersible, fut créé par Maxime Laubeuf en 1896. Son originalité tenait à sa double coque, formée d'une partie légère lui permettant de tenir en surface et d'une coque plus résistante, l'espace intermédiaire abritant les ballasts. À la fois bateau de surface et sous-marin, le *Narval* avait un double système de propulsion, vapeur pour la surface et électrique en plongée.

LE USS HOLLAND



Le *Holland VI* ou **USS Holland** mis au point par l'ingénieur irlandais John Philip Holland, finalement acheté par l'armée américaine en 1900, a représenté une autre percée dans l'histoire des sous-marins car y étaient réunis un système de propulsion double (moteur à essence associé à un moteur électrique), un centre de gravité fixe, deux systèmes de ballast, une coque à la forme hydrodynamique et un système d'armes moderne. Par la suite, le gouvernement américain fit construire une série de sous-marins de type *Holland* améliorés et baptisés « **A Boats** ».

L'EXPÉRIENCE DES DEUX GUERRES MONDIALES

L'arme sous-marine fut utilisée pour la première fois au cours de la Première Guerre mondiale. C'est à partir de 1915 qu'encerclée par un blocus naval, l'Allemagne, très dépendante de ses importations, répliqua progressivement par une guerre sous-marine intensive. En février 1915, les mers autour des îles britanniques furent déclarées zone de guerre et le torpillage du paquebot *Lusitania* au large de la côte sud de l'Irlande, le 7 mai 1915, causant la mort de près de 1 200 personnes parmi lesquelles 124 Américains, suscita un très grand émoi dans le monde et aux États-Unis particulièrement, pays alors encore neutre. Tout au long de l'année, le nombre

L'émergence d'engins puissants

Nucléaire

Les SSBN américains de la classe *Ohio* portent 50 % des têtes nucléaires stratégiques dont disposent les États-Unis.

Le Ouessant

Le dernier sous-marin à propulsion classique, le *Ouessant* (type *Agosta*) a été retiré du service au sein des forces sous-marines françaises en juillet 2001. Mais la France continue à en fabriquer pour d'autres pays tels que le Pakistan.

245

Le nombre de réacteurs nucléaires qui « naviguent » sur les océans de la planète, soit plus de la moitié du nombre de réacteurs nucléaires civils.

142

Le nombre de sous-marins nucléaires russes qui ont été démantelés au cours des dernières décennies mais 52 contiennent toujours du combustible dans leurs réacteurs.

Rapide et autonome

Un sous-marin nucléaire d'attaque, au départ des côtes françaises, peut gagner en 25 jours le nord de l'Océan Indien par le sud de l'Afrique et peut y opérer pendant plusieurs semaines.

Le Seawolf



45

nœuds

de torpillages par les sous-marins allemands s'accrût. La guerre sous-marine à outrance fut décidée en février 1917 par la « Reichsmarine », provoquant l'entrée en guerre des États-Unis en avril 1917. Finalement, l'Allemagne, qui disposait au début de la guerre de 28 sous-marins, avait une flotte de près de 400 sous-marins en 1918. Elle réussit à couler environ 5 000 navires et perdit 178 « U-Boote ». Cet effort de guerre sans précédent contrasta avec le relatif échec de l'Allemagne sur les mers au cours des deux conflits.

LA DÉFENSE ANTI-SOUS-MARINE

Malgré ses premiers succès – et l'entrée en lice de sous-marins d'un type nouveau, équipés en plus de torpilles, d'une artillerie lourde et capable de traverser l'Atlantique en restant en mer plusieurs mois – la marine allemande ne résista pas au blocus imposé par les Britanniques et aux moyens de défense déployés par les Alliés.

Au début des attaques allemandes, les moyens de détection (hydrophone) et de lutte anti-sous-marins (grenades anti-sous-marines) étaient encore à l'état plus ou moins expérimental et les principales armes restaient les mines et les « bateaux-leurres » (Q Ships). Ce piège consistait à attaquer un sous-marin ennemi en émergence à partir d'un bâtiment puissamment armé maquillé en navire marchand inoffensif et neutre. Il fonctionna pour la première fois en juillet 1915 lorsque le Q Ship « Prince Charles » coula le sous-marin l'U-Boot SM U 36. La barrière de mines déployée par les Britanniques dans la Manche infligea également de lourdes pertes à la flotte allemande des Flandres. Mais la guerre sous-marine avait montré ses potentialités militaires à grande échelle et les recherches se poursuivaient, de nouveaux moyens défensifs et offensifs furent mis à la disposition des armées pendant la Seconde Guerre mondiale. Le schnorchel, introduit en 1943, dota ainsi les sous-marins allemands d'une plus grande autonomie tandis que furent mis au point des torpilles acoustiques, des grenades sous-marines plus puissantes et un nouvel obusier, baptisé « hérisson » (*hedgehog*) fonctionnant de pair avec le sonar et lançant des projectiles plus



précis. Les armes les plus prometteuses, bien que présentant certains défauts, furent surtout le sonar ou son ancêtre l'ASDIC (*Allied Submarine Detection Investigation Committee*, appareil de détection par ultrasons dont les débuts remontent à la fin de la Première Guerre mondiale), les radars, en particulier britanniques de type ASV (*Airborne Surface Vessel*) équipant l'aviation, les appareils directionnels de détection magnétique – plus performants que les hydrophones – et de radiogoniométrie à haute fréquence HF/DF (*High Frequency/Direction Finder*). Il faut ajouter aussi le décryptage des communications radio entre les sous-marins allemands et leur quartier

général (encodées au moyen du système Enigma) qui permit de prévoir les mouvements des bâtiments. C'est notamment grâce à l'amélioration de ces différentes techniques offensives et défensives que les armées alliées parviendront à s'imposer à partir de 1943 dans la bataille de l'Atlantique.

L'ÈRE DES SOUS-MARINS NUCLÉAIRES

Si les sous-marins classiques à propulsion diesel continuent d'équiper de nombreuses marines du monde, les bâtiments les plus perfectionnés et les flottes américaine, russe, française et britannique sont avant tout constituées de sous-marins nucléaires. La Seconde Guerre mondiale fut également une étape cruciale pour la création des grandes flottes modernes. Conscients de l'avance technique des Allemands vers la fin du conflit (avec la construction des U-Boote de type 21, premier sous-marin de combat à être spécialement conçu pour rester le plus longtemps possible en immersion) et de l'intérêt que cela pouvait représenter pour les Soviétiques, les Américains développèrent très tôt leur programme de construction de sous-marins à propulsion nucléaire, dont le premier exemplaire fut le *Nautilus* (SSN 571),



lancé le 21 janvier 1954. De son côté, l'URSS mit en chantier le sien avec le *Leninsky Komsomol* le 9 août 1957. Dès lors, c'est dans le contexte de la Guerre froide et donc de la course aux armements, que les deux pays se doteront des plus puissantes flottes de sous-marins de l'histoire. Quant à la France, elle initia son programme dans le cadre de sa stratégie de dissuasion nucléaire au début des années 1960 et le Redoutable, premier sous-marin nucléaire lanceur d'engin français fut lancé le 29 mars 1967.

LES SNLE, SSBN ET SSGN

En France, les sous-marins nucléaires lanceurs d'engins sont une des pièces maîtresses de la force de dissuasion nucléaire. Ils doivent être disponibles pour exécuter une frappe en second. Ils sont actuellement au nombre de quatre, l'Indomptable, l'*Inflexible*,



Le Triomphant et Le Téméraire et sont armés de missiles tactiques M4 ou M45 d'une portée intermédiaire de 4 500 à 6 000 km. Le Vigilant, bien plus silencieux que ses prédécesseurs, doit entrer en service courant 2004 et le Terrible nouvelle génération est prévu pour 2010. La marine américaine dispose de 18 SNLE (SSBN), sous-marins américains à missile



ballistique (nucléaire) de type *Ohio*, équipés de 24 missiles stratégiques Trident d'une portée de 7 360 km. Quatre d'entre eux doivent être convertis en SSGN, sous-marins d'attaque lance-missiles, équipés de missiles de croisière Tomahawk pour un théâtre de guerre conventionnelle. La situation de la flotte russe est particulière depuis l'écroulement de l'URSS. Une partie a été démantelée ou est inactive. Actuellement, la flotte russe de SNLE (porteurs de missiles de type SS 18, 20 et 23) en service comprend 20 SSBN et 10 SSGN.

LES SMA OU SSN

Destinés à l'action, à la dissuasion et à l'appui des SNLE, les sous-marins d'attaque (SMA et SSN) constituent l'essentiel des flottes sous-marines. La France possède six sous-marins d'attaque (le Rubis étant le premier exemplaire de la série qui comprend en outre le Saphir, le Casablanca, l'Émeraude, l'Améthyste et le Perle), les États-Unis 54 (dont 51 de type *Los Angeles* et 2 de type *Seawolf*)



et la Russie 26 (SSN). Ces bâtiments portent des torpilles de lutte anti-navires et anti-sous-marines et des missiles à changement de milieu : SM 39 dans le cas des SMA français, Tomahawk pour les SSN américains.

LES SOUS-MARINS À USAGE CIVIL

Les sous-marins ont eu avant tout une vocation militaire mais l'attrait exercé par les fonds sous-marins et les progrès de la recherche géologique aiguisèrent l'intérêt pour des appareils capables de sonder les océans. Grâce au sonar, on obtint tout d'abord une image assez réaliste du relief des fonds océaniques. C'est ainsi par exemple que Harry Hess, professeur de géologie et commandant d'un vaisseau durant la Seconde Guerre mondiale, releva, parallèlement à ses missions militaires, la carte bathymétrique des zones atlantiques qu'il traversa. Ses observations amenèrent à se questionner sur la signification des reliefs telles les dorsales, les fosses et les pics sous-marins, contribuant ainsi aux recherches géologiques sur la tectonique des plaques initiées dans les années 1950. Après la guerre, de nouveaux instruments spécifiques d'exploration furent mis au point.

LES BATHYSCAPHES

L'ancêtre du bathyscaphe est le bathysphère conçu par deux Américains, William Beebe et Otis

Barton, qui parviendront, à bord de leur sphère d'acier suspendue à un câble, à descendre jusqu'à 910 mètres de profondeur dans les eaux des Bermudes en 1934.

L'amplitude de la plongée était bien sûr réduite par la longueur du câble et l'évolution de l'appareil limitée par la position de la barge à laquelle le câble était attaché. C'est le Suisse Auguste Piccard qui parviendra, en 1937, à libérer l'appareil de ces contraintes en appliquant à l'exploration sous-marine les principes testés avec succès dans les airs avec son ballon. Dépourvu de câble et relié à l'extérieur par un fil téléphonique, puis par un système de communication à ultrasons, le bathyscaphe était une sorte de bathysphère fixée au dessous d'un flotteur rempli d'essence et lesté par de la grenaille de fer ; les sas remplis d'eau permettaient la descente, pendant laquelle l'eau remontait dans les réservoirs pour équilibrer la pression en entrant en contact avec l'essence. Le bathyscaphe ralentissait et remontait à la surface en jetant du lest. En janvier 1960, le *bathyscaphe Trieste*, dans



le cadre du projet Nekton de la marine américaine, atteignit la profondeur de 10 800 m dans l'abîme Challenger de la fosse des Mariannes. Le dernier bathyscaphe construit fut l'Archimède qui s'est posé en 1962 à 9 525 m de profondeur dans la fosse des Kouriles au Japon. Ce type d'engins a été utilisé dans plusieurs missions océanographiques jusque dans les années 1980 tandis que d'autres appareils (telles les soucoupes plongeoires) ont été mis au point.

LES DERNIERS ENGIN D'EXPLORATION

Les missions de ces engins sont diverses : reconnaissance de zones, bathymétrie, prélèvement d'échantillons dans les fonds océaniques, assistance à la réalisation de plateformes offshore, études de tracés sous-marins et contrôle des câbles et pipelines, assistance aux submersibles en difficulté, recherche scientifique (dans la plupart des domaines de l'océanographie) localisation d'objets ou de bateaux engloutis, intervention sur des épaves polluantes, ou plus récemment, récupération de « boîtes noires » d'avions qui se sont abîmés en mer et qui gisent par plusieurs centaines de mètres de profondeur. Parmi les successeurs des bathyscaphe, on peut citer pour la France, le *Nautille*, joyau de l'IFREMER, pour la Russie, *Mir I* et *Mir II*, pour les États-Unis, l'*Alvin* (de la marine américaine et de l'Institut d'océanographie WHOI) qui a succédé au *Trieste* au milieu des années 1960. Avec le *Cyana* et l'*Archimède*, ce sous-marin américain participa notamment en 1974 à l'étude de la ride médio-atlantique et à la seconde expédition sur l'épave du *Titanic* en 1986. Le *Nautille* est doté de deux systèmes de propulsion, de deux bras télé-manipulés, de deux sondeurs, d'un sonar panoramique, de plusieurs

projecteurs, d'une centrale d'acquisition des données et de navigation (logiciel *Adèle*), il peut intervenir à 6 000 mètres de profondeur pendant cinq heures. Depuis sa mise en service en 1984, le *Nautille* a effectué plus de 1 500 plongées parmi lesquelles une série d'expéditions sur le *Titanic* dans les années 1990 et, en mai-juin 2003, il a été utilisé dans le cadre de la mission de contrôle de l'épave du *Prestige*. Outre ces sous-marins de grands fonds, des robots télé opérés appelés ROV (*Remotely Operated Vehicle*) tels le *Victor* de l'Ifremer, ou le *Jason* du WHOI complètent cette panoplie. Si les flottes sous-marines sont actuellement toujours modernisées et redéployées (sous-marins français Nouvelle génération de type *Le Triomphant*, plus furtifs et mieux armés, SSGN américains), dans le cadre de l'après Guerre froide, les conséquences d'une telle accumulation de matière radioactive sur nos mers inquiètent de nombreux observateurs. C'est notamment l'état de la flotte russe du nord, la plus grande des flottes de ce pays qui est difficilement mais attentivement surveillée depuis que l'on connaît l'état de certains de ses bâtiments. Mais même en Russie, alors que la priorité devrait être le démantèlement d'une partie des sous-marins, de nouveaux SNLE sont en chantier.

À LA RECHERCHE DU TITANIC

Plus de 70 ans séparent le naufrage du *Titanic*, le 14 avril 1912 au large de



Terre-Neuve, et la première localisation précise de l'épave. Avec les nouveaux engins d'exploration sous marine, mis au point à partir des années 1960, la première expédition peut être lancée en 1985. Elle est franco-américaine et réunit notamment Robert D. Ballard et de l'Institut océanographique WHOI et des chercheurs de l'IFREMER. L'année suivante, le bathyscaphe *Alvin* et le robot *Jason Junior* sont utilisés pour explorer l'épave plus en détail. Suivront sept expéditions dont cinq avec la participation de l'IFREMER et de son *Nautille*. Des milliers d'objets seront récupérés pour être exposés. En 1998, un morceau de la coque peut être remonté. Au cours de cette expédition, les techniciens de l'IFREMER utilisent le robot télécommandé *Robin* pour pénétrer dans l'épave. En 2000, une équipe russo-américaine met à contribution les sous-marins *Mir* et le ROV *Magellan*. Relié au navire de surface par l'intermédiaire d'un câble à fibre optique, ce robot dispose de caméras pour effectuer les repérages à l'extérieur et à l'intérieur de l'épave et de deux bras manipulateurs pour récupérer les objets. Les bathyscaphe habités ont pour fonction de guider le robot et de remonter les objets ; ils peuvent plonger à 6 000 m de profondeur et sont équipés de projecteurs et de bras hydrauliques.