Comment marche un sous-marin nucléaire ?

Temps de lecture : 11 min



Les sous-marins nucléaires comme le Sous-marin Nucléaire Lanceur d'Engins (SNLE) *Le Redoutable* relève de nombreux défis technologiques leur permettant :

- de plonger et de remonter à la surface,
- d'assurer leur propulsion,
- d'assurer la vie d'une centaine de sous-mariniers pendant plusieurs semaines.

Comment plonge et remonte un sous-marin nucléaire ?

Lorsqu'il est en plongée, le sous-marin nucléaire doit en permanence rester en équilibre.

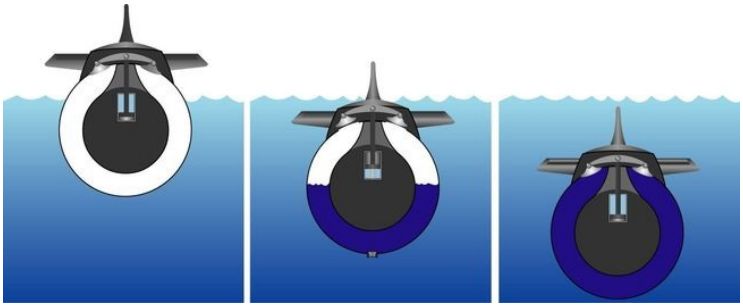
Cela signifie que son poids doit correspondre à la **poussée d'Archimède**, soit au poids du volume d'eau de mer qu'il déplace.
Le sous-marin nucléaire dispose donc de **réservoirs** qui peuvent être remplis d'eau ou d'air, de manière à régler le **poids du sous-marin.**

On distingue trois types de réservoirs :

- **Les ballasts**

Ce sont **2 réservoirs annulaires** disposés dans la **double coque**. L'un est situé à l'avant et l'autre à l'arrière du sous-marin.

Lorsque le sous-marin est en plongée, les deux ballasts sont remplis d'eau de mer. Pour la remontée en surface, la vidange des ballasts est réalisée en envoyant de l'air comprimé à **250 bar** pour chasser d'eau.



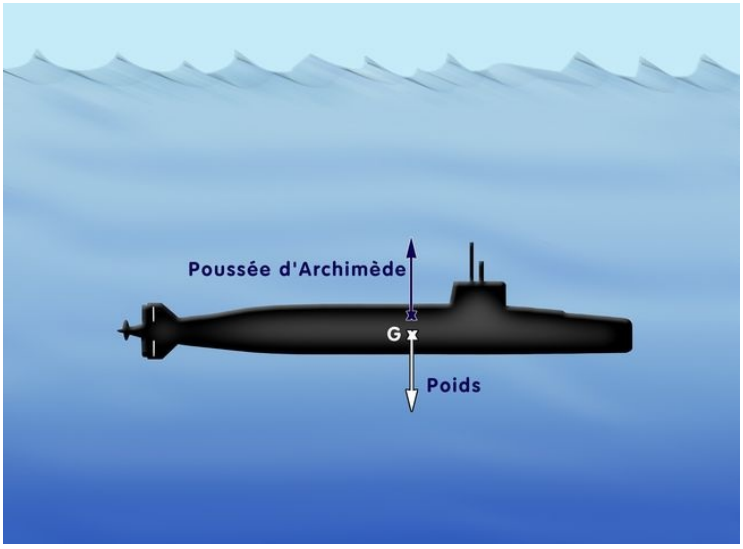
Les ballasts d'un sous-marin en surface puis en plongée © DCNS

- **Les régleurs**

Ils permettent **d'affiner l'équilibre** entre le poids du sous-marin et la poussée d'Archimède.

Ce réglage est nécessaire car **la densité de l'eau de mer n'est pas constante**. Elle dépend entre autres de la salinité et de la température.

Et puis, au cours d'une mission qui peut durer jusqu'à 70 jours, le poids du sous-marin militaire est amené à varier en raison notamment de l'élimination de déchets.

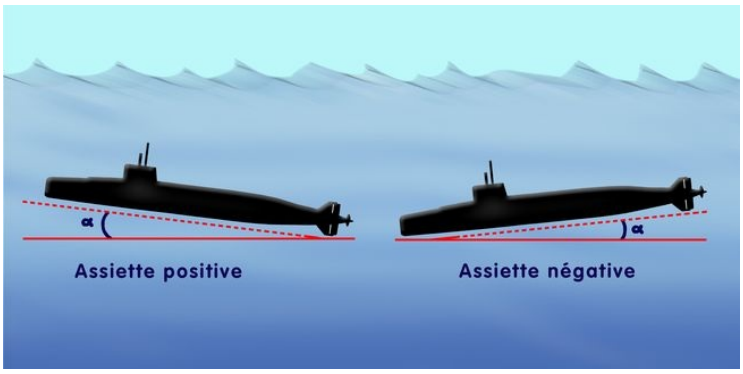


Le poids du sous-marin doit correspondre à la poussée d'Archimède, soit au poids du volume d'eau de mer qu'il déplace © DCNS

- **Les caisses d'assiette**

Ce sont **2 réservoirs d'eau douce**, l'un situé à l'avant et l'autre à l'arrière, **communicant entre eux.**

Le transfert d'eau d'une caisse d'assiette à l'autre permet de compenser **la répartition des charges à l'intérieur du sous-marin nucléaire** (déplacement de l'équipage…) et ainsi d'assurer une assiette nulle, c'est à dire l'horizontalité du bâtiment.



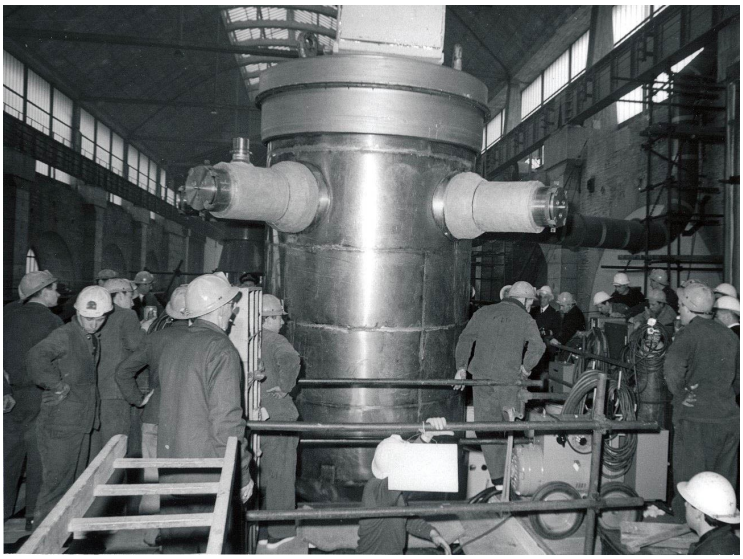
Le transfert d'eau d'une caisse d'assiette à l'autre permet de compenser la répartition des charges à l'intérieur du sous-marin et d'assurer son horizontalité © DCNS

Comment produit-on de l'énergie à bord d'un sous-marin nucléaire ?

Les sous-marins nucléaires comme le Sous-marin Nucléaire Lanceur d'Engins (SNLE) *Le Redoutable* a besoin d'une **grande quantité d'énergie** pour :

- assurer sa **propulsion**,
- **produire de l'électricité, de l'eau potable et de l'oxygène** nécessaires à la vie de l'équipage.

Pour produire cette énergie, le sous-marin nucléaire est équipé d'une **centrale nucléaire embarquée**, fonctionnant selon les mêmes principes qu'une centrale nucléaire « classique ».



Cuve du réacteur nucléaire du Sous-marin Nucléaire Lanceur d'Engins (SNLE) Le Redoutable © Naval Group

Quel sont les intérêts essentiels du combustible nucléaire ?

- Il ne nécessite **pas d'apport d'oxygène** pour produire de l'énergie. Le sous-marin nucléaire n'a donc pas besoin de remonter régulièrement à la surface, au contact de l'air atmosphérique. Cela augmente donc la **discrétion** du sous-marin nucléaire.
- Il représente un **très faible encombrement** par rapport à son équivalent énergétique en pétrole : **1 g d'Uranium 235 produit autant d'énergie que 1,850 tonne de pétrole !**

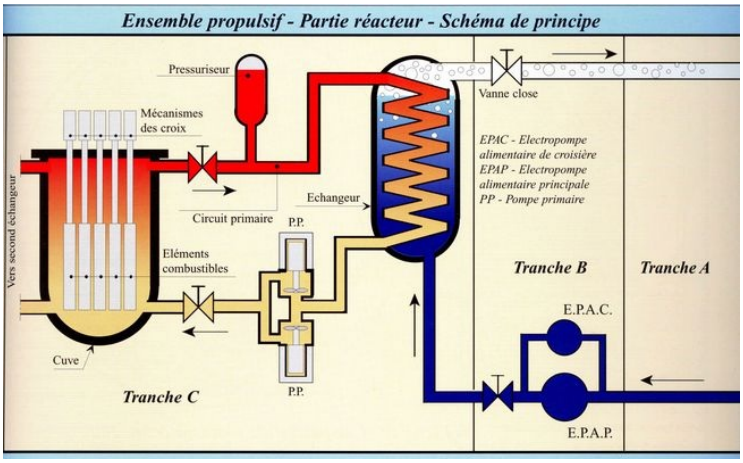
Le sous-marin nucléaire dispose d'une **autonomie quasi illimitée.**

La centrale nucléaire du SNLE *Le Redoutable* est basée sur la **fission d'atomes d'uranium 235.**

Cette **réaction de fission** consiste à casser des noyaux d'uranium 235 sous l'impact de neutrons, ce qui libère une très grande **quantité d'énergie.**

La réaction de fission donne naissance à de **nouveaux composés** (produits de fission), mais également à de **nouveaux neutrons** (en moyenne, la fission d'un atome donne naissance à 2,5 neutrons).

Si elle n'est pas maîtrisée, la **réaction nucléaire s'emballe** car un neutron produit à son tour 2,5 neutrons, qui produisent eux-mêmes 2,5 x 2,5 = 6,25 neutrons, etc.



La réaction nucléaire se produit dans le réacteur (cuve) contenant de l'eau sous pression (circuit primaire) © André LAISNEY

Le **contrôle de la réaction** est effectué au moyen de **« croix ou barres de contrôle »** contenant un **produit neutrophage** qui absorbe les neutrons produits en excès par la réaction.

La réaction nucléaire se produit dans la **cuve** contenant de l'eau sous pression (**circuit primaire**).

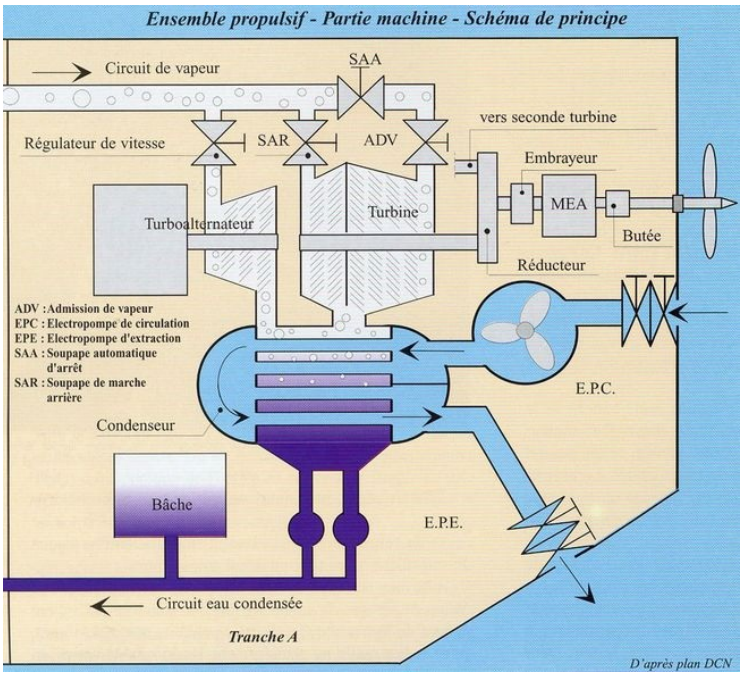
D'où le nom de **Réacteur à Eau Pressurisée** : REP en français (ou PWR-Pressure Water Reactor en anglais).

Le dégagement de chaleur produit par la réaction échauffe l'eau du circuit primaire, qui, circulant à l'aide de **Pompes Primaires** (P.P.) vaporise l'eau du **circuit secondaire** dans l'échangeur.

C'est la **vapeur d'eau du circuit secondaire** qui permet d'assurer :

- la propulsion du sous-marin : l'entraînement de l'hélice via la turbine ;
- la production d'électricité : l'entraînement du turboalternateur.

L'ensemble fonctionne en **circuit fermé**, c'est-à-dire qu'après être passée dans le turboalternateur ou dans la turbine, la vapeur du circuit secondaire est condensée et retourne à l'échangeur.



L'ensemble fonctionne en circuit fermé © André LAISNEY

Comment le sous-marin nucléaire connaît-il sa position ?

Lorsqu'il est en plongée, le sous-marin a besoin de connaître sa position. Il dispose pour cela de plusieurs moyens, souvent complémentaires.

- **Le périscope** est le moyen classique de positionnement des sous-marins.

Il a l'avantage de permettre de se situer par rapport à des **points fixes** : côtes, étoiles la nuit. Seul inconvénient : cela implique que le sous-marin soit **proche de la surface, donc facilement repérable.**

- **Le sonar actif** permet au sous-marin de se repérer par rapport au fond de l'océan.

Il consiste à **émettre des ondes sonores qui sont réfléchies par le fond.**

La mesure du temps nécessaire à ces ondes pour revenir au sous-marin et la connaissance de la célérité du son dans l'eau de mer permet de calculer la distance du sous-marin par rapport au fond.

Cette technique présente l'inconvénient, pour un sous-marin militaire, d'émettre des ondes sonores et donc de **nuire à sa discrétion.**

- **Les centrales inertielles** (ou centrales à inertie) sont des appareils basés sur l'utilisation de gyroscopes, de capteurs d'accélération et de vitesse angulaire.

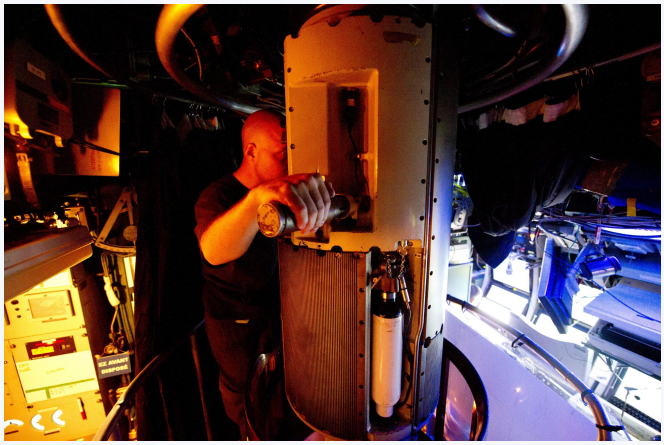
Elles permettent de calculer **en temps réel** à partir de ces mesures, **l'évolution du vecteur vitesse et de la position du sous-marin**, ainsi que de son attitude : roulis, tangage, cap.

- **Le GPS** est utilisé par le sous-marin lorsqu'il est proche de la surface (immersion périscopique).

Le système GPS fonctionne grâce à une constellation de 24 satellites tournant à plus de 19000 km au-dessus de la Terre.

Ils transmettent en continu leur position dans l'espace ainsi que l'heure précise. Ils révolutionnent autour de la Terre en 12 heures.

En se positionnant par rapport à 3 satellites, le sous-marin peut connaître de façon très précise sa longitude et sa latitude.



Sous-marinier au périscope à bord du SNA Saphir © Marine Nationale, V. MAUPILE

Comment sont produits l'eau et l'oxygène à bord d'un sous-marin nucléaire ?

En mission, une centaine de sous-mariniers vivent à bord d'un sous-marin nucléaire en autonomie totale et pendant plusieurs semaines. Ils ont besoin d'oxygène et d'eau douce qui seront produits à bord.

La production d'eau douce est assurée par distillation d'eau de mer.

Le principe consiste à faire bouillir de l'eau de mer. Seule l'eau se vaporise. La vapeur est ensuite condensée par refroidissement et donne de l'eau douce. La « saumure » (partie non vaporisée fortement concentrée en sel) est rejetée à la mer.
Cette eau sert à la vie quotidienne des sous-mariniers : boisson, douche, lavabo... Elle est également indispensable au fonctionnement du sous-marin :

- chaufferie,
- propulsion,
- circuits de refroidissement,...

Les **eaux usées** ne sont pas recyclées. Elles sont recueillies dans des caisses qui, une fois pleines, sont évacuées vers l'extérieur par pompage ou par chasse selon le type de sous-marin.

La production d'oxygène est réalisée par électrolyse d'eau douce.

L'oxygène est produit par électrolyse de l'eau et diffusé dans la ventilation du bord.

Le principe consiste à appliquer une différence de potentiel entre deux électrodes plongeant dans de l'eau rendue conductrice par l'adjonction d'hydroxyde de potassium.

La réaction produit du dihydrogène et du **dioxygène.**

Le dioxygène est diffusé dans le **circuit de ventilation du sous-marin.**

L'dihydrogène est évacué en continu à l'extérieur, il se dissout dans l'eau de mer.

Pour éliminer le **dioxyde de carbone** rejeté naturellement par les membres d'équipage, l'air du sous-marin passe en permanence dans une installation qui récupère le dioxyde de carbone ainsi que d'autres polluants comme le monoxyde de carbone, les fréons...

L'efficacité de cette installation permet de maintenir la composition de l'atmosphère de bord identique à celle que l'on respire dans des lieux non pollués sur terre.

L'air du bord est pur et contrôlé en continu. Il est également interdit de fumer sur les sous-marins français.



L'air du bord est pur et contrôlé en continu (Sous-marin Nucléaire d'Attaque Saphir) © Marine Nationale, V. MAUPILE

Comment le sous-marin nucléaire communique-t-il ?

En règle générale, **le Sous-marin Nucléaire Lanceur d'Engins (SNLE)**, sauf extrême urgence ou catastrophe, doit rester totalement **silencieux** sur le plan des liaisons radio. **Les ordres de patrouille sont donnés au Commandant avant le départ.**

Cependant, la réception de messages intervient dans deux situations précises :

- **recevoir les ordres** et plus généralement **communiquer avec l'état-major**, puisqu'il s'agit d'un bâtiment militaire ;
- **recevoir des nouvelles hebdomadaires des familles.**

Le SNLE dispose pour cela du PC radio.

Le PC Radio est armé en permanence par un homme de quart : le transmetteur, surnommé le **« Trans ».**

Il faut en effet être aux écoutes **24/24h** car des ordres surnommés **« TRAM »** peuvent être envoyés, à tout moment, par l'état-major.

Le PC Radio est toujours fermé pour protéger le matériel des perturbations **électromagnétiques du bord.**

C'est un local **« classifié »**, donc secret, dans lequel seules quelques personnes habilitées peuvent pénétrer.

Comme de nombreux espaces à bord du *Redoutable*, le **local radio est petit** et rempli de nombreux équipements.

Les informations transmises par l'état-major au PC Radio concerne :

- **la situation internationale**, surtout si celle-ci peut déboucher sur l'emploi de la **force de dissuasion** ;
- l'évolution de **la situation tactique** ;
- **la présence de navires ennemis ou alliés** dans la zone de patrouille.



Les transmetteurs au PC radio dans le sous-marin nucléaire lanceur d'engins Le Redoutable © Naval Group

La réception au PC Radio, une fois par semaine, de nouvelles des proches : les « familigrammes ».

> *« Le famili entretient la bonne humeur. On imagine même pas recevoir les mauvaises nouvelles » – Officier à bord d'un SNLE Type Le Redoutable*

Le familigramme est un **court message de 20 mots transmis par un proche** (40 mots à partir de 2002).

Le sous-marinier ne peut en recevoir **qu'un seul par semaine.**

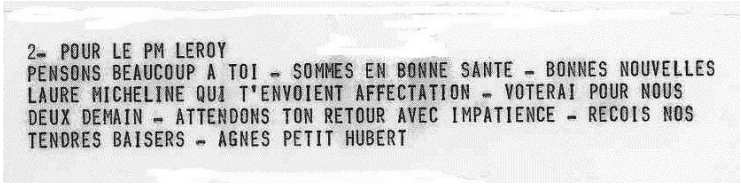
> *« Ces vingt mots sont primordiaux. Ils occupent une place prépondérante pendant la patrouille. Quand je les lis, je sais que ma femme a fait des brouillons pendant des heures. » – Officier-marinier à bord d'un SNLE Type Le Redoutable.*

Le familigramme est **contrôlé par le Commandant en second** avant d'être distribué afin de ne pas perturber le travail du sous-marinier.

De leur côté, **les sous-mariniers ne peuvent pas donner de nouvelles à leurs proches** car le sous-marin pourrait être repéré.

Exemple de « familligramme » reçu par un sous-marinier :

> *NOUS SOMMES EN BONNE SANTÉ – HUBERT TRAVAILLE BIEN ET PARLE BEAUCOUP DE TOI – PARTONS DEMAIN UNE SEMAINE EN NORMANDIE – BONNES NOUVELLES LAURE MÉMERE NICOLE MICHELINE – RECOIS TENDRES PENSÉES – BAISERS – AGNES-*
> *« Le famili, c'est le contact ! On essaie de ne pas trop l'attendre. On sait qu'il est filtré, qu'il n'y aura pas grand-chose dedans mais on l'attend. » – Officier-marinier à bord d'un SNLE Type Le Redoutable.*



Familigramme © Collection LEROY



Familigramme © Collection LE GALL

Découvrez le dossier sur le premier Sous-marin nucléaire lanceur d'engin (SNLE) *Le Redoutable*.

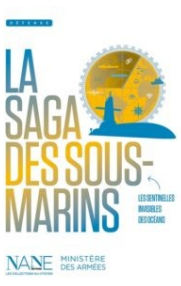


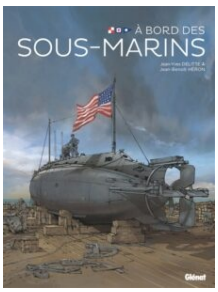
Suggestions de lectures de nos documentalistes



Pour approfondir votre curiosité sur les sous-marins militaires, les documentalistes de la Médiathèque de La Cité de la Mer vous invitent à venir consulter sur place ou emprunter les ouvrages suivants :

- *La saga des sous-marins* de Stéphane DUGAST
- *À bord des sous-marins* de Jean-Yves DELITTE et Jean-Benoît HERON
- *L'encyclopédie des sous-marins français : l'apogée des classiques* de Thierry D'ARBONNEAU







Voir les horaires d'ouverture de la Médiathèque