



## Fonctionnement d'un sous-marin

La navigation sous-marine a tenté les hommes depuis des siècles. Les progrès de la technique l'ont rendu possible.

Elle obéit à deux grands principes, les principes de Pascal et d'Archimède, qui s'appliquent à tous les corps immergés.

### Le principe de Pascal



Plus on descend, plus la pression augmente.

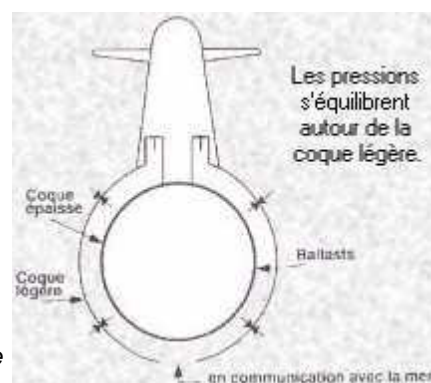
Sur la surface d'un corps immergé, s'exerce une pression, en bars, perpendiculaire à cette surface, dirigée vers l'intérieur et égale au nombre de dizaines de mètres d'immersion.

Ainsi, à l'immersion de 100 mètres s'exerce une pression de 10 bars (appliquée sur 1cm<sup>2</sup>). Toute augmentation de 10 mètres de profondeur

s'accompagne d'une augmentation de pression de 1 bar. Appliqué au sous-marin, ce principe permet de comprendre que les forces croissantes qui s'exercent sur la coque, tendent à l'écraser. La "**coque épaisse**" abrite le personnel et le matériel. Elle est construite en acier très résistant. Son épaisseur est calculée en fonction de l'immersion maximum prévue par le programme militaire du bâtiment.



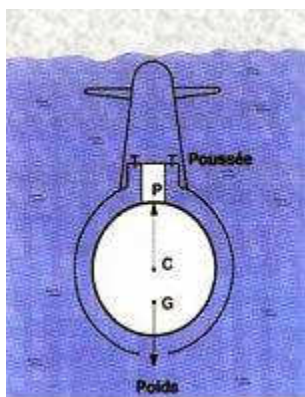
Approximativement, pour une augmentation de 100 mètres de la profondeur d'immersion maximale, il faudrait augmenter l'épaisseur de la "coque épaisse" de 10 millimètres afin de compenser les efforts dus à l'accroissement de la pression. Par contre, certains éléments extérieurs du sous-marin, tels les ballasts ou les soutes, sont maintenus pleins de liquide, en communication avec la mer, lorsque le sous-marin est en plongée. Les pressions des deux côtés des parois s'équilibrent. Il n'est pas nécessaire dans ce cas de les construire en tôles épaisses, donc lourdes. Leur épaisseur varie de 5 à 10 millimètres.



### Le principe d'Archimède

Tout corps plongé dans un liquide reçoit de la part de ce liquide une poussée verticale dirigée de bas en haut, égale au poids du volume de liquide déplacé.

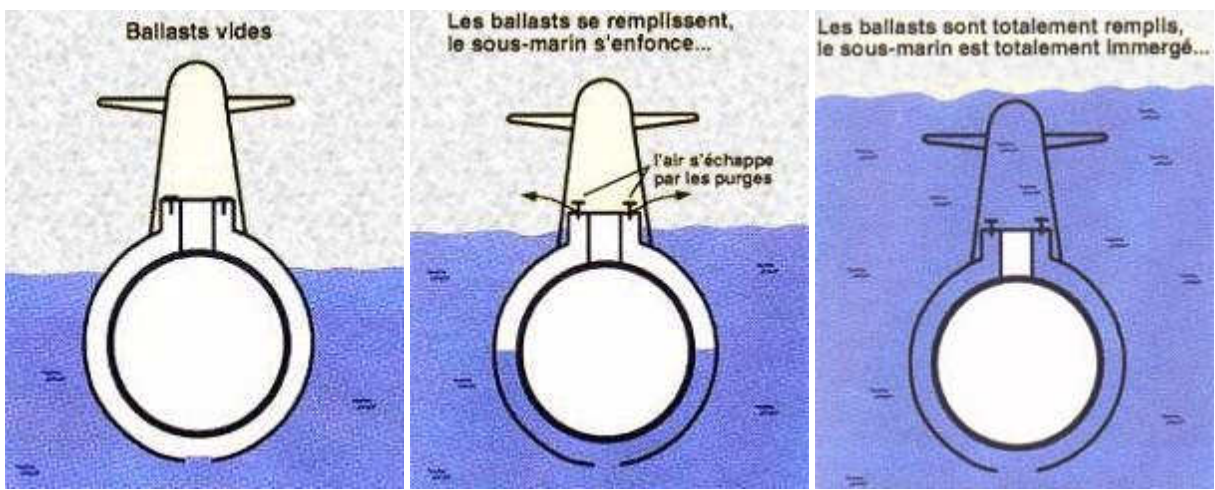
Le sous-marin dans l'eau de mer est **soumis à deux forces** :



- **son poids**, appliqué au centre de gravité (G), force verticale dirigée de haut en bas. Elle tend à faire descendre le sous-marin.

- **la poussée d'Archimède**, appliquée au centre du volume immergé (C), force verticale dirigée vers le haut. Elle tend à faire remonter le sous-marin. L'équilibre est obtenu quand le poids de l'eau déplacée, c'est à dire la poussée, correspond au poids du sous-marin. Considérons le sous-marin en surface. Les ballasts sont totalement vides d'eau de mer. La partie supérieure émerge. Le sous-marin flotte, il est donc en équilibre. Le poids du volume d'eau déplacé est bien égal au poids du sous-marin. Si l'on ouvre la purge des ballasts, ils se remplissent d'eau. Le sous-marin s'alourdit et s'enfonce. Le poids du volume d'eau supplémentaire déplacé, qui correspond à une augmentation de même valeur que la poussée, est égal au poids de l'eau contenue dans les ballasts. Un nouvel équilibre statique est donc obtenu. A chaque volume d'eau ajoutée, le sous-marin s'enfonce un peu plus et trouve un nouvel équilibre.

En immersion maximale les ballasts sont totalement pleins d'eau de mer. Si l'on vide les ballasts en remplaçant l'eau de mer par de l'air contenu dans des bouteilles d'air situées à l'intérieur du sous-marin. Le poids du sous-marin diminue du poids du volume d'eau évacué des ballasts : la poussée, que l'on appelle aussi déplacement en plongée, est supérieure au poids du bâtiment. Le sous-marin est "léger", il remonte jusqu'à ce que la valeur de la poussée diminuant avec la hauteur de l'immersion, on obtient un nouvel équilibre poids/poussée.



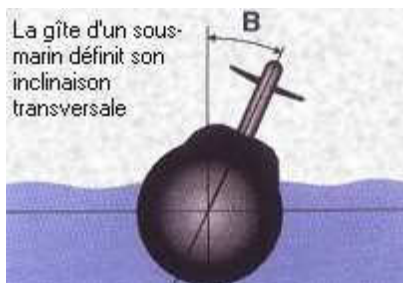
### On dit que le sous-marin flotte toujours entre deux eaux

Si le poids du sous-marin devenait plus élevé que la poussée qu'il reçoit, il coulerait au fond de la mer et ne pourrait plus remonter (c'est pourquoi, dès la conception du sous-marin, il faut étudier avec précision son poids pour définir le volume des ballasts et éviter ainsi que le sous-marin ne sombre). Or, le volume des ballasts, arrêté à la construction, est constant. Il faut donc régler le poids du sous-marin lui-même en fonction des ballasts pour que l'on puisse toujours obtenir l'égalité Poids = Poussée. Cette opération appelée "la pesée", est réalisée lors des premiers essais à la mer. Mais il ne suffit pas que le sous-marin soit en équilibre statique. Il faut aussi qu'il puisse naviguer droit et qu'il puisse rester dans cette position.

Trois données entrent alors en jeu :



**L'assiette** d'un sous-marin définit son inclinaison longitudinale. C'est l'angle alpha que fait le fond du sous-marin avec l'horizontale. Elle dépend de la position du centre de gravité, c'est-à-dire de la répartition des poids dans la coque, par rapport au centre de poussée. Si le sous-marin est trop chargé à l'arrière, il s'incline, l'angle alpha est positif l'assiette est positive. Inversement s'il est trop chargé à l'avant, l'assiette est négative. Si alpha est nul, le bâtiment est horizontal. Il est en assiette zéro.



**La gîte** d'un sous-marin définit son inclinaison transversale. C'est l'angle B que fait l'axe longitudinal du plan transversal avec la verticale. Si le sous-marin est trop chargé à bâbord, il s'incline vers la gauche on dit qu'il y a de la gîte sur bâbord. De même s'il est trop chargé à tribord, il y a de la gîte sur tribord.

**La stabilité** d'un sous-marin correspond à la qualité qu'il possède de revenir en assiette zéro (position l'horizontale) et sans gîte, lorsqu'il est écarté de cette position pour une raison quelconque: houle, mouvement de poids à l'intérieur du sous-marin, etc... Pour une meilleure stabilité, il faut abaisser au maximum le centre de gravité et pour cela, il importe de placer les installations les plus lourdes dans les fonds du sous-marin. Ainsi, lorsqu'il navigue, le sous-marin subit constamment des variations de poids, dues notamment à la consommations de vivres de carburants (variations en -), ou à des entrées accidentelles d'eau de mer (variations en +). Il subit aussi des variations de centre de gravité, par exemple si tout l'équipage se déplace en même temps vers l'avant du bateau pour une séance de cinéma. On doit donc en permanence effectuer la "pesée du sous-marin", c'est-à-dire l'ensemble des opérations qui concourent à rétablir l'égalité Poids = Poussée, pour faire naviguer le bâtiment en plongée en assiette zéro et sans gîte. Pour cela, il dispose de caisses à eau spécifiques (régleurs, compensateur, caisses d'assiette).

(Source : Plaquette d'information DCN Cherbourg)