

NOTION PHYSICO-  
CHIMIQUE

ARCHIMEDE

BOYLE-MARIOTTE

HENRY

DALTON

# ARCHIMEDE

Ce cours a pour objectif la compréhension des phénomènes physiques que nous subissons en plongée et ainsi appliquer ces notions pour notre confort, notre sécurité. Par exemple utilisation de la stab., poumon ballast, lestage, prévention des barotraumatismes, calcul d'autonomie...

## Nous pouvons constater

- qu'une bouteille de plongée est plus facile à manipuler dans l'eau que sur le pont d'un bateau
- que nous flottons dans l'eau et ainsi qu'il est possible d'y nager...mais nous ne nageons pas dans l'air !!!
- l'acier est très lourd, cependant les paquebots flottent

## Ceci nous amène à énoncer la loi :

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

Dans l'eau pure, la poussée verticale est de 1KgF par litre d'eau déplacée.

## Mise en évidence :

Si on pose sur l'eau une boîte vide, très légère d'un volume de 1 litre, elle va flotter car son poids réel est inférieur à la poussée de 1KgF : **on parle de flottabilité positive.**

Si on la remplit de 1 litre d'eau (soit 1 Kg), elle va rester entre 2 eaux car son poids réel est égal à la poussée : **on parle de flottabilité neutre.**

Si on la remplit de sable, son poids réel est supérieur à 1 Kg, elle coule : **on parle de flottabilité négative.**

Des constatations qui précèdent, nous en déduisons que sur terre un corps a un certain poids, alors que dans l'eau, il n'a plus qu'un **Poids Apparent**

D'où la formule :

$$\text{Poids Apparent} = \text{Poids Réel} - \text{Poussée d'Archimède}$$

Le **Poids Réel** est le poids du corps sur terre qui tend à faire couler le corps

La **Poussée d'Archimède** est le poids du volume d'eau déplacé qui tend à faire remonter le corps

Le **Poids Apparent** est le poids du corps dans l'eau

Donc le corps flotte ou remonte

si le Poids Apparent est  $< 0$  = flottabilité positive

Donc le corps est entre 2 eaux

si le Poids Apparent est  $0$  = flottabilité neutre

Donc le corps coule ou s'enfonce

si le Poids Apparent est  $> 0$  = flottabilité négative

## APPLICATION A LA PLONGEE

En plongée, le volume occupé par la **combinaison** augmente le volume d'eau déplacé (donc la Poussée d'Archimède) tout en augmentant peu le Poids Réel ; on aura donc besoin d'augmenter le **lestage** pour retrouver un Poids Apparent nul.

Le **gonflage / dégonflage de la stab** induit une variation de volume modifiant la Poussée d'Archimède

Une faible variation de volume est suffisante pour faire varier cette Poussée : c'est le cas du **poumon ballast**

**Le canard** : en sortant les jambes de l'eau, on  $<$  le volume immergé, donc la Poussée d'Archimède sur les jambes, donc Poids Apparent  $>$  donc on coule

**Le phoque** : en expirant et en sortant les bras de l'eau même effet

## EXERCICES

1. On veut remonter à la surface un objet plein de  $1,5\text{m}^3$  de volume dont le poids réel est 6 tonnes. Quel doit-être le volume minimum des parachutes nécessaires à son relevage ? (on suppose que la densité de l'air est 1 ainsi que celle des parachutes)

La poussée d'Archimède est fonction de la densité du liquide dans lequel le corps est immergé.

Le poids d'un litre d'eau douce est 1.000 Kg

Le poids d'un litre d'eau de mer, en méditerranée, est 1.026 Kg

Donc un plongeur d'un volume de 75 litres pesant 76 Kg va couler dans l'eau douce (Poids Réel 76Kg - 75 Kg de Poussée = 1Kg de Poids Apparent) et va flotter dans l'eau de mer (Poids Réel 76 Kg - (75 x 1.026 = 77Kg de Poussée) = - 1 Kg, si il veut descendre, il faudra rajouter > ou = 1 Kg de lest

2. Un plongeur occupe un volume de 100 litres et pèse 97 Kg. Quel devra être son lestage : en lac ?, en mer méditerranée ?, en mer rouge (densité 1.050) ?
3. Un objet a un volume de  $5\text{ dm}^3$  et un Poids Réel de 6 Kg. Son Poids Apparent est nul. Quelle est la densité du liquide dans lequel il est immergé ?

# LA PRESSION

La pression est une force exercée sur une surface.

Plus la force augmente plus la pression augmente, mais plus la surface est grande et plus la pression est faible

$$\text{PRESSION} = \text{FORCE} / \text{SURFACE}$$

Notion de **Pression atmosphérique**( $P_{\text{atm}}$ ) : l'atmosphère qui nous entoure n'est pas immatérielle. Elle est faite d'air, matière pesante (1.3 g / litre au niveau de la mer) exerçant une pression sur le sol : c'est la pression atmosphérique.

La pression atmosphérique est exprimée sous différentes formes

- En millibar:  $P_{\text{atm}}=1013$  mb arrondi à 1 bar
- En mm de mercure(Hg) ;  $P_{\text{atm}} = 760$  mm
- En HectoPascal :  $P_{\text{atm}} = 1000$  HP

Pour nous, plongeurs nous retiendrons que  **$P_{\text{atm}} = 1$  bar** au niveau de la mer

Cette mesure de la pression atmosphérique est mesurée à l'aide d'un baromètre.

Notion de **Pression relative** ( $P_{\text{rel}}$ ) ou **Pression hydrostatique** ( $P_{\text{hyd}}$ ) exprimée en bar, c'est la pression qu'exerce le poids de l'eau sur notre corps; dans une colonne de 1 cm<sup>2</sup> de section et 10 m de haut, la pression est de 1 bar. La pression hydrostatique augmente donc de 1 bar tous les 10 m de profondeur.

Notion de **Pression absolue** ( $P_{\text{abs}}$ ) : c'est la somme de la Pression Atmosphérique et de la pression hydrostatique ; c'est celle que nous subissons réellement sous l'eau

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{rel}}$$

En surface la  $P_{\text{abs}}$  est de 1 bar de  $P_{\text{atm}}$  + 0 bar de  $P_{\text{rel}} = 1$  bar  
à - 10 m la  $P_{\text{abs}}$  est de 1 bar de  $P_{\text{atm}}$  + 1 bar de  $P_{\text{rel}} = 2$  bars  
à - 20 m la  $P_{\text{abs}}$  est de 1 bar de  $P_{\text{atm}}$  + 2 bars de  $P_{\text{rel}} = 3$  bars  
à - 30 m la  $P_{\text{abs}}$  est de 1 bar de  $P_{\text{atm}}$  + 3 bars de  $P_{\text{rel}} = 4$  bars  
à - 40 m la  $P_{\text{abs}}$  est de 1 bar de  $P_{\text{atm}}$  + 4 bars de  $P_{\text{rel}} = 5$  bars

On remarque que la variation de pression est la plus importante entre la surface et - 10 m (100%) puis 50% de -10 à - 20m, puis 25%de -20 à -30

# LOIS DE BOYLE ET MARIOTTE

Les liquides et les solides ne sont pas compressibles, par contre les gaz le sont.

Expérience :

- En immergeant un verre vide gradué d'1 litre de volume, perpendiculairement à la surface de l'eau, on voit que l'eau pénètre dans le verre et que le volume d'air diminue,
- Lorsqu'on remonte le verre, l'eau redescend et l'air reprend son volume d'origine
- Imaginons cette expérience en immergeant ce verre à 10 m de profondeur (soit à 2 bars de Pabs), on constaterait que l'air n'occupe plus que la moitié du verre, et si l'on descendait à - 20 m (soit 3 bars de Pabs), il n'occuperait plus que le 1/3 de son volume.

On en déduit que le produit de la Pabs par le volume d'air restant est une constante.

A température constante, le volume d'une masse gazeuse est inversement proportionnel à la pression absolue qu'il subit.

**Pression x Volume = constante**

Ceci peut aussi se traduire par  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = \dots$  Cste ou  $P_1/P_2 = V_1/V_2..$

## APPLICATION A LA PLONGEE DES NOTIONS DE PRESSIONS ET DE BOYLE-MARIOTTE

- Equilibrage des oreilles
- Gonflage des blocs par le compresseur
- Purge de la stab à la remontée pour garder une vitesse constante
- Parachute de levage
- Consommation d'air en fonction de la profondeur

- Barotraumatismes dus aux variations de volume de l'air contenu dans les cavités naturelles du plongeur (sinus, oreilles, dents, masque, poumons, estomac, intestins)
- Le vêtement de néoprène avec ses alvéoles constituant des bulles d'air qui se compriment sous la pression de l'eau lors de la descente. L'épaisseur du vêtement diminue à mesure que l'on descend, ayant pour conséquences
  - 1) une diminution de la protection contre le froid
  - 2) une diminution du volume global du plongeur donc de la Poussée d'Archimède, donc de la flottabilité et donc du lestage.
- A.D.D. que l'on verra ultérieurement.

## EXERCICES

1. Quelle est la Pression absolue (Pabs) à 10m, 22 m, 37 m, 6 m, 29 m, 180 m, 7000 m
2. A quelle profondeur subit-on une Pabs de 5 bars, 1.2 bars, 3.4 bars 2.8 bars
3. A -30 m on gonfle sa stab avec 2 litres d'air à pression ambiante. Quel sera son volume en surface ?
4. A 20 m de profondeur, votre mano indique que votre bloc de 12 litres est à 200. Quelle sera la durée possible de votre plongée si vous devez remonter à la réserve, sachant que l'on consomme 20 litres / minutes en surface.