

La plongée et les lois de la physique.

1) La Pression.....	2
2) Le Principe de Pascal	3
3) Principe d'Archimède.....	3
4) Loi de Boyle et Mariotte	3
5) Loi de Charles	4
6) Loi de Gay-Lussac	4
7) Dalton.....	4
8) Loi de Henry.....	5
9) Loi exponentielle et période de demi-vie.....	5
10) Loi d'optique.....	6
11) Absorption de la lumière.	7



La plongée est assujettie à un certain nombre de contraintes de différentes formes ayant pour origine unique la pression .

1) La Pression.

Cette grandeur physique exprime une force par unité de surface. La surface est celle de notre corps. La force provient d'un corps dont la masse est soumise à une accélération. Dans notre cas l'accélération est celle de la terre. La masse qui est soumise à la gravité terrestre est celle de l'air et de l'eau. Cette distinction de matière nous servira à définir deux types de pression.

Application: nous pouvons retenir qu'en plongée nous subiront l'effet de deux pressions:

- 1 - celle de l'atmosphère: pression atmosphérique
- 2 - celle due à l'eau: pression hydrostatique

La somme de ces deux pression équivaut à la pression absolue. C'est elle que nous subissons en plongée. C'est donc elle dont il faudra tenir compte lors d'exercices de calcul de consommation ou autre exercices de prévision de plongée.

Unités: Pa Pascal

Correspondances:

1 Pascal = 1N/m^2

1 N = 1Kg.m/s^2 c'est à dire la force nécessaire pour communiquer une accélération de 1m/s^2 à un corps de 1kg

Une accélération de 1m/s^2 permet à un corps d'accroître sa vitesse de 1m/s (3,6 km/h) à chaque seconde.

Il faut savoir qu'en plongée, le système d'unités internationale est rarement utilisé. Comme les fonctionnaires, les plongeurs ont une certaine inertie au changement. Il y a donc certaines unités également employées.

Le BAR:

1 BAR correspond à 100000 Pa et donc 1mBAR est équivalent à 100 Pa.

L'Atmosphère: atm ou ATA ??

Une pression de une atmosphère est la pression qu'exerce l'atmosphère. C'est à dire la pression qu'exerce une colonne d'air de surface de 1 m^2 et de hauteur égale à celle de la couche atmosphérique (environ 100 km) à la surface de la mer dans des conditions normale.

Une atmosphère représente 760 mm de Hg. Cela correspond à 1 013 hPa soit une pression exercée par une colonne d'air pesant $10\,330\text{ kg}^*\text{g}$ sur une surface de 1m^2 . Nous portons donc environ 10T d'air sur les épaules. (1 l d'air à 1 atmosphère possède une masse de 1,293g à 0°C).

Dans un souci de simplification nous retiendrons pour la plongée que:

1 Atmosphère = P(10 m d'eau) = 10^5 Pa = $1\text{kg}'/\text{cm}^2$ = P(760 mm Hg)



2) Le Principe de Pascal

Ce principe est à la base des lois hydrostatiques qui vont suivre.

Tout corps plongé dans un liquide subit les variations de pression en tout point. Ceci provient de l'incompressibilité du fluide.

Applications:

démonstration du principe d'Archimède.

3) Principe d'Archimède.

Tout corps plongé dans un liquide subit une poussée verticale de bas en haut égale au poids du volume de liquide déplacé. Cela peut se démontrer à l'aide du principe de Pascal.

Applications:

le poids apparent de tout corps plongé dans l'eau (et donc la notion de flottabilité).

poids apparent = poids hors de l'eau - poussée d'archimède.

Pds App > 0 -> Flottabilité < 0 (plongeur coule)

Pds App = 0 -> Flottabilité nulle (cas idéal pour le plongeur)

Pds App < 0 -> Flottabilité > 0 (plongeur remonte)

4) Loi de Boyle et Mariotte

A température constante, le volume d'une masse donnée de gaz est inversement proportionnel à sa pression.

A T=Cte $P \cdot V = Cte$

Applications:

Gonflage des bouteilles

Gonflage du gilet

Ecrasement de la combinaison en profondeur

Surpression Pulmonaire

Aggravation de l'ADD

Barotraumatismes

Profondimètres

Profondeur	Volume	Pression absolue
0m	Air	1 bar
10m	$\frac{1}{2}$	2 bar
20m	$\frac{1}{3}$	3 bar
30m	$\frac{1}{4}$	4 bar
40m	$\frac{1}{5}$	5 bar
50m	$\frac{1}{6}$	6 bar



5) Loi de Charles

A volume constant, la pression d'une masse donnée de gaz est proportionnelle à sa température.

$$\text{A } V=\text{Cte} \quad P/T=\text{Cte}$$

Applications:

Les bouteilles exposées au soleil ont leur pression qui augmente. Plongée dans l'eau froide après avoir été gonflée à chaud, leur température diminue.

6) Loi de Gay-Lussac

A pression constante, le volume d'une masse donnée de gaz est proportionnelle à sa température.

$$\text{A } P=\text{Cte} \quad V/T=\text{Cte}$$

Applications:

Peu d'influence pour la plongée si ce n'est quelques effets secondaires aggravant dans certains cas.

7) Dalton

Cette loi régit le comportement individuel des gaz lorsqu'ils se trouvent en mélange.

Dans un mélange, la pression exercée par chaque gaz individuellement est celle qu'il aurait s'il occupait seul le volume entier. En d'autres termes, la pression totale d'un gaz est égale à la somme des pressions partielles de chaque gaz.

Applications:

La toxicité des gaz en fonction des profondeurs (CO, CO₂, O₂, N₂)
La saturation et désaturation des tissus.



8) Loi de Henry

Cette loi permet d'estimer la dissolution des gaz dans un liquide lorsque ce gaz est en contact avec le liquide. Lorsque la phase gazeuse et la phase condensée sont de nature différente, il peut y avoir absorption en surface, éventuellement suivie d'une dissolution en volume dont la cinétique est contrôlée par la vitesse de diffusion. À l'équilibre, la concentration du gaz en solution dans un liquide est, aux faibles teneurs, proportionnelle à la pression.

Applications:

Saturation et désaturation de l'azote dans nos tissus au cours de la plongée.

9) Loi exponentielle et période de demi-vie.

La loi de Henry nous montre que les gaz en contacts avec des liquides vont se diluer dans les liquides ou dans les solides. Pour l'oxygène cela ne pose pas de problème car il est transformé par la combustion de nos cellules en CO₂. Les différences de concentration et de pression partielle sont telles que l'élimination se fait rapidement.

Pour l'azote il en va autrement. En effet, ce gaz est neutre. Il est le diluant des gaz nécessaires à notre vie et va s'insinuer dans nos différents organes composés de tissus.

Tous nos tissus ont une limite maximale de saturation (quantité maximale qui peut se trouver dans les tissus) fonction de la profondeur à laquelle nous nous trouvons.

La vitesse à laquelle les tissus se saturent, et donc le temps mis pour atteindre cet état de saturation, est fonction du tissu.

Cependant, nous postulons que chaque tissu se comporte de la même façon et caractérisé par un paramètre spécifiant sa catégorie. Nous symbolisons les tissus par des compartiments.

Ceux-ci sont caractérisés par une période exprimée en minutes. Un compartiment mettra ce temps pour diminuer de moitié l'écart entre son état de saturation actuel et la saturation maximale.

Pour un compartiment de 5 minute, cela veut dire que toutes les 5 minutes l'état de saturation augmente de manière à réduire de moitié l'écart par rapport à la saturation maximale.

Ex:

Nous constatons que le graphique est celui d'une courbe logarithmique. En plongée, on considère que l'état de saturation maximal d'un tissu à une profondeur donnée est atteint au bout d'un temps équivalent à 6 fois sa période.



Vocabulaire:

Lorsque nous sommes:

en dessous du seuil maximum: nous sommes sous-saturé. -> nous pouvons encore emmagasiner de l'azote

au seuil maximum: nous sommes saturés. -> nous sommes à l'équilibre

au dessus du seuil: nous sommes sur-saturés. -> nous désaturons.

La désaturation suit la même loi. Le tissu se décharge de l'azote à raison de la moitié de l'écart par rapport à la saturation maximale.

Ex:

Applications:

Le calcul des tables est basé sur ce type de comportement. On modélise le corps humain par des compartiments. Le plus long, pour les plongées <57m est de 120 min, ce qui explique pourquoi on considère que l'on est désaturé après 12 heures.

N.B. Aujourd'hui nous savons que ces modèles ne sont que grossièrement approximatifs. Cependant ils ont permis la plongée sportive et sont continuellement affinés par l'apport de nouvelles connaissances.

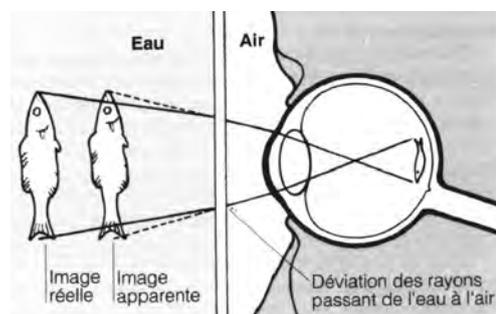
10) Loi d'optique.

Les rayons lumineux sont réfractés lorsqu'ils passent d'un milieu à un autre dont l'indice de réfraction change.

Applications:

Dans le cas de la plongée, deux cas peuvent se produire. Soit de l'air dans l'eau soit de l'eau dans l'air.

Le second étant le plus fréquent. Il s'agit du cas des images qui proviennent du fond et qui passent par la couche d'air contenue dans notre masque. L'indice de réfringence de l'air étant plus faible que celui de l'eau, les rayons lumineux s'écartent de la normale. Il en résulte une diminution de la distance apparente et une augmentation de la taille apparente des objets observés dans l'eau. Ce changement est: $\frac{3}{4}$ de la distance et $\frac{4}{3}$ de la taille.

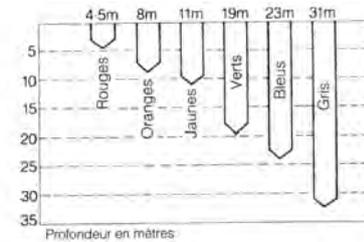


Une autre application est l'utilisation du masque. Sans lui, notre oeil habitué à faire la mise au point pour des rayons lumineux passant de l'air à notre oeil, ne sait pas s'accommoder pour des rayons lumineux provenant de l'eau. L'image formée est alors floue car elle ne se forme plus sur la rétine.



11) Absorption de la lumière.

L'eau absorbe les différents rayonnements électromagnétiques c'est à dire les différentes couleurs. Cette absorption est fonction de l'épaisseur de la couche d'eau et du type d'eau. Les couleurs disparaîtrons en fonction de la profondeur. Le premier rayonnement à être absorbé est le rouge et le dernier est le bleu.



Applications:

Pour voir les différentes couleurs lorsque nous plongeons, nous devons emporter une lampe afin de redonner les couleurs grâce à une source de lumière plus proche. C'est valable bien évidemment pour les photos, la vidéo et l'observation. La nécessité d'une lampe se fera plus ou moins sentir selon la clarté de l'eau et sera de toutes façons nécessaire pour la restitution des couleurs dès 5m.

Les thermoclines présentes dans les lieux où il n'y a pas de courant proviennent du fait que la chaleur est transportée par les rayons infra-rouges. Ceux-ci sont absorbés encore plus rapidement que le rouge. La chaleur reste donc en surface. Les eaux plus profondes ne peuvent se réchauffer que par conduction (contact). Les différences de densités de l'eau liées aux différences de température conduisent à maintenir ce nivellement des températures.

