



Sommaire

Physique Appliquée à la Plongée

⇒ Les plongeurs sous pression

La pression, une notion omniprésente en plongée

Une question de bar

Pression atmosphérique, relative et absolue

⇒ Boyle-Mariotte: la compression des gaz

Histoire d'air

Messieurs, LA LOI !

Variations de volume et de pression. C'est gonflé ?

⇒ Flottabilité: un problème pour Archimède

Principe de la relativité du poids dans l'eau

Ça flotte ou ça coule?



Les plongeurs sous pression

Définition

La pression, du déjà vu ...

- Pression atmosphérique
- Pression de l'eau
- Pression de la bouteille



Définition

Une force agissant sur une surface engendre un phénomène de pression.

P: pression [Pa] F: force [N] S: surface [m²]

$$F = P/S$$

Unité usuelle: 1 Bar \cong 1KgF/cm² (1.02 exactement)

Conversions: 1 Bar = 10⁵ Pa

1 hPa = 1 mb

En plongée, on exprime toutes les pressions en Bar.



Les Plongeurs Sous Pression

Les Pressions

① La pression atmosphérique (P_{atm})

Elle est due au Poids de la masse d'air entourant la terre, créant une force qui s'applique sur toute la surface de la terre.

Cette pression étant dépendante de la masse d'air considérée, elle dépend donc nécessairement de l'altitude à laquelle celle-ci s'exerce.

- Au niveau de la mer (cf. Torricelli) $P_{atm} \cong 760 \text{ mm hg}$
- Variation due à l'Altitude $0,1 \text{ bar tous les } 1000 \text{ m.}$

D'autre part, les phénomènes météorologiques influent sur la masse d'air et donc sur la pression atmosphérique..

- Définition de la pression « Standard » QNH = 1013 mb

Dans le cadre de la Plongée sous-marine, on admettra:

$$P_{atm} = 1 \text{ Bar} \quad (\text{au niveau de la mer})$$



Les Plongeurs Sous Pression

Les Pressions

② La pression relative (P_r)



Appelée aussi pression hydrostatique, elle est due au poids de la masse d'eau au dessus d'un corps immergé, créant une force qui s'applique sur toute la surface de celui-ci.

Cette pression étant dépendante de la masse d'eau considérée, elle dépend donc nécessairement de la profondeur à laquelle celle-ci s'exerce.

$$P_r \text{ [bar]} = \text{profondeur [m]} / 10$$

Exemples

Pr à 10 m?

Pr à 30m?

Pr à 65m?

Pr à 5m?

Inversement,

Quelle est la profondeur si $P_r = 4 \text{ b}$

, si $P_r = 0.6 \text{ b}$

Les Plongeurs Sous Pression

Les Pressions

③ La pression absolue (P_{abs})

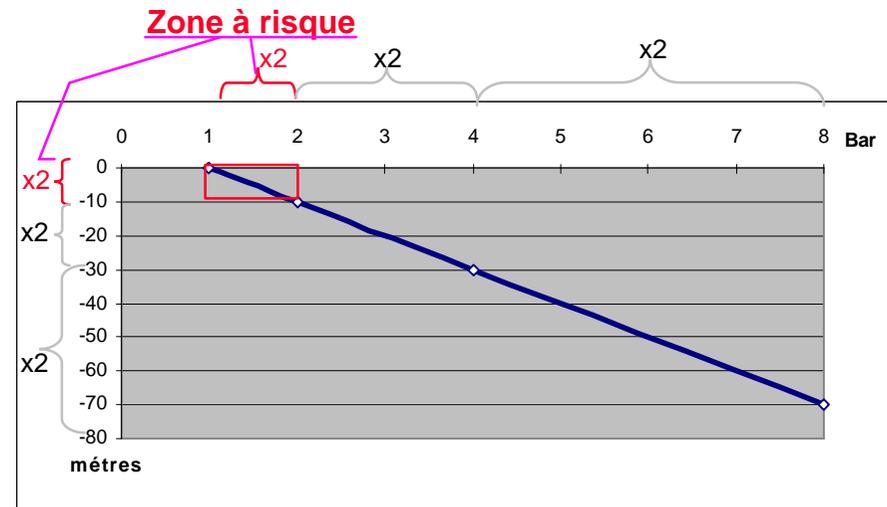
La pression absolue correspond à la pression réelle exercée sur un plongeur en immersion, lequel est soumis à la fois à la pression relative (du fait de son immersion) et à la pression atmosphérique (qui s'applique sur la surface de l'océan).

$$P_{abs} = P_{atm} + P_r$$

Variation de P_{abs} en fonction de la profondeur:

On constate que chaque doublement de la pression se produit pour des écarts de profondeur de plus en plus importants.

C'est dans la **zone des 10 mètres à risque** que la variation de pression absolue est la plus forte, définissant une zone à risque.



Boyle-Mariotte

La compression des gaz

Histoire de volume d'air

Tous les plongeurs ont déjà constaté que les bulles d'air expirées en profondeur changent de volume en regagnant la surface.

Ce phénomène est dû au fait que les gaz sont compressibles, ce qui revient à dire que le volume qu'ils occupent peut varier en fonction de la pression à laquelle ils sont soumis.

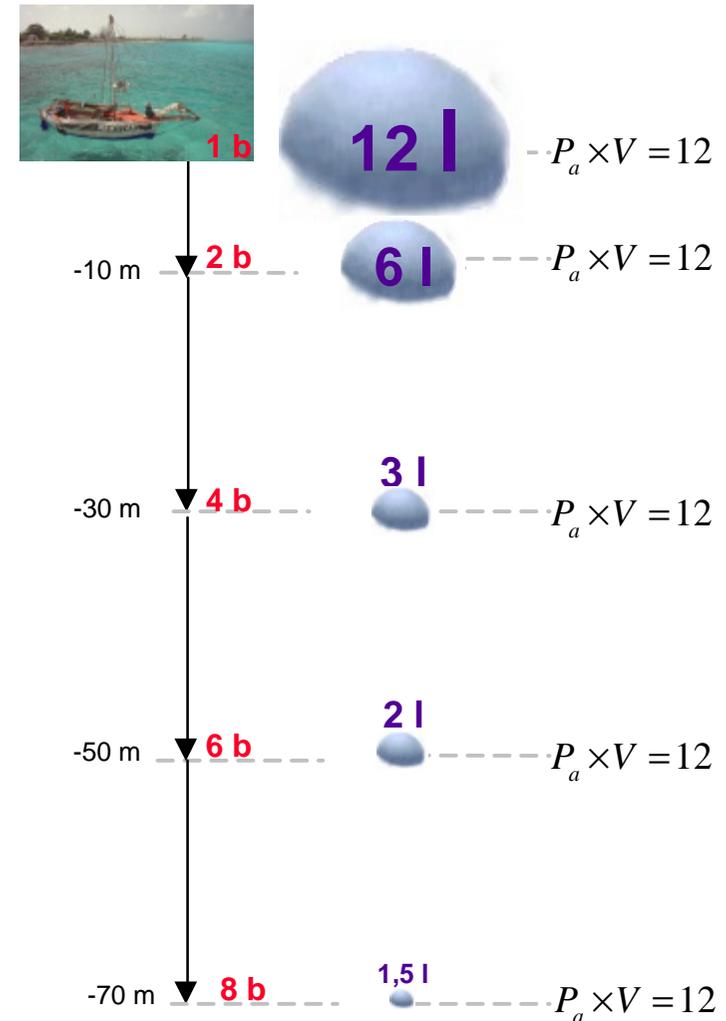
La loi de Boyle Mariotte régit les variations de volume des gaz en fonction de l'action d'une pression.

Une constatation qui s'impose

Si on étudie les variations de volume d'une bulle d'air de 2 l prise à 40m de profondeur, on se rend compte qu'elle va se dilater en remontant pour finir par atteindre 10 l en surface.

De plus, si on considère la pression absolue à laquelle est soumise la bulle, on remarque qu'on peut vérifier à tout instant que:

$$P_{\text{abs}} * V_{\text{volume}} = \text{Constante}$$





Boyle-Mariotte

La compression des gaz

La loi physique $P_{abs} \times V = C^{ste}$

A température constante, le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression qu'il subit.

- Quand la pression augmente le volume occupé par le gaz diminue.
- Quand la pression diminue, le volume occupé par le gaz augmente.

On peut donc en déduire que si l'on part d'un état d'équilibre ou $P_1 \cdot V_1 = C^{ste}$, et que l'on modifie cet état (en faisant varier la pression ou le volume), on atteindra un nouvel état d'équilibre ou $P_2 \cdot V_2 = C^{ste}$. On en déduit:

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2 = C^{ste}$$

Applications à la plongée

- | | |
|-------------------------|---|
| 💣 C'est gonflé? | ⇒ Capacité des bouteilles de plongée. |
| 💣 Il est resté combien? | ⇒ Autonomie en plongée. |
| 💣 Equilibre en plongée | ⇒ Utilisation de la « stab » Cf. Flottabilité |
| 💣 Expire ! | ⇒ Les barotraumatismes. Cf. Accidents |

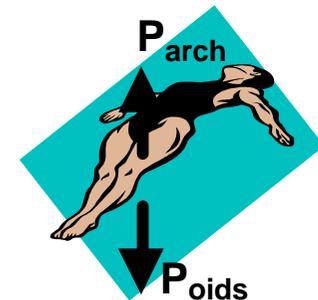
Flottabilité

Un problème pour Archimède

Tout ce qui ne coule pas flotte !

Chacun sait qu'un bloc pèse lourd lorsque l'on est à terre, mais beaucoup moins qu'il est immergé. C'est grâce à la poussée d'Archimède qui modifie le poids apparent du bloc.

- ⇒ Nécessité de se lester
- ⇒ La stabilisation en plongée (poumon ballast)
- ⇒ La remontée assistée (stabilizing jacket)



principe d'Archimède

Tout corps plongé dans un fluide reçoit de la part de ce fluide une poussée verticale dirigée de bas en haut, proportionnelle au poids du volume du fluide déplacé et qui s'applique au centre de gravité du corps.

La force résultante de cette poussée est appelée poussée d'Archimède: P_{arch}
Le poids perçu dans l'eau est appelée poids apparent: P_{app}

$$P_{app} = P_{réel} - P_{arch} \quad \text{Le poids apparent définit la flottabilité.}$$

Flottabilité

Un problème pour Archimède

Flottabilité des corps

$$\begin{aligned} P_{app} < 0 &\Rightarrow P_{réel} < P_{arch} : \\ P_{app} > 0 &\Rightarrow P_{réel} > P_{arch} : \\ P_{app} = 0 &\Rightarrow P_{réel} = P_{arch} : \end{aligned}$$

Le corps flotte

Le corps coule

Le corps est stable

Exercices



- ☞ Un plongeur possède un phare de volume 3 dcm³ et de poids 2 Kg. Que se passe-t-il si il le perd à 30 mètres? Que serait-il judicieux d'envisager ?
- ☞ La capacité normale des poumons d'un plongeur équilibré à 30m est d'environ 3.5l. si il expire fortement, il peut amener celle-ci à 2l. De même, il peut inspirer fortement jusqu'à 5l d'air. Quels en sont les conséquences ?
- ☞ Un plongeur de 70 Kg est équilibré à 3m. Arrivé à 40 m, il rajoute 4l d'air dans sa stab (d'une capacité de 12 l avec purge automatique) pour se stabiliser. Pourquoi? Il remonte sans autres précautions. Quelle est sa flottabilité à 30m, 10m, 3m ?



Les plongeurs sous pression

Problèmes

Problème

Une bouteille de 12 litres, est gonflée à 200 bars. Quel volume d'air à la pression atmosphérique contient-elle?

Problème

Un plongeur consomme 20 litres d'air à la minute en surface. Il dispose d'un mono 10 litres gonflé à 200 bars. Combien de temps peut il rester à 30 m ? à 40 m ?

Problème

Une ancre pèse 40 kg et a un volume de 10 dm³. Elle se trouve à une profondeur de 30 mètres. Un plongeur tente de la remonter à l'aide d'un ballon gonflé avec 27 litres d'air. Que se passe-t-il?

Problème

Si le même plongeur palme vers la surface avec son ancre et son parachute, à partir de quelle profondeur le parachute remontera-t-il l'ancre sans l'aide du plongeur ?