

Plan du cours.

1. Les termes savants utilisés !
 - 1.1 La Force.
 - 1.2 La Température.
 - 1.3 La Pression.
 - 1.4 Le Volume.
2. Variations de volumes et de pression.
 - 2.1 Loi de Mariotte « classique ».
 - 2.2 Je vous ai menti !
3. Maîtrise de la flottabilité.
 - 3.1 Densité et masse volumique.
 - 3.2 Principe d'Archimède et poids apparent.
 - 3.3 Flottabilité.
 - 3.4 Le lestage.
4. Le relevage.
5. Au revoir.

1. Les termes savants utilisés en plongée.

1.1 La Force.

Une force représente **l'action** d'un objet sur un autre, exemple : l'action de la terre sur le plongeur.

Une force est représentée par une flèche indiquant :

- Une **direction** : **verticale** pour la force de la terre sur le plongeur
- Un **sens** : vers le bas pour la force de la terre sur le plongeur
- Une **longueur** : la valeur de la force.



La force de la terre sur le plongeur s'appelle le **Poids** !

Unité savante (scientifique) : Newton (N).

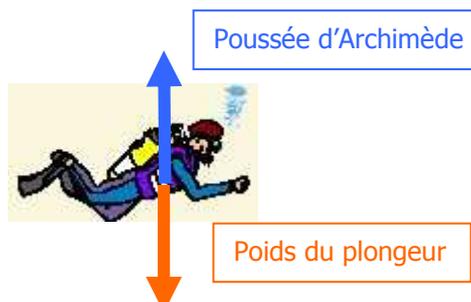
Poids	=	masse	x	10
N		kg		

Unité utilisée en plongée : Kilogramme (kg).

Bilan des forces qui agissent sur le plongeur :

- Le **Poids** du plongeur,
- Force de l'eau sur le plongeur (la **poussée d'Archimède**)

Pour être équilibré, il faut que les forces qui agissent sur le plongeur s'annulent !



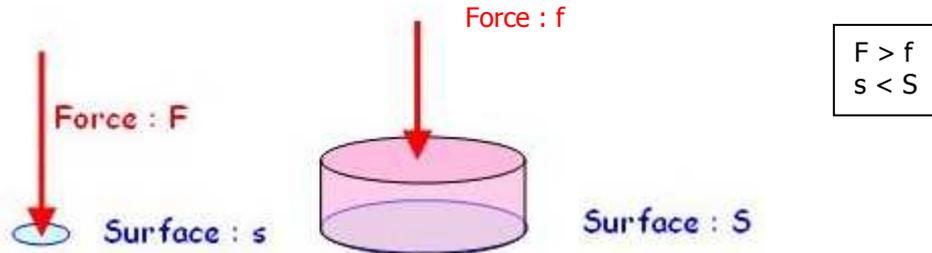
1.2 La Température.

Unité savante (scientifique) = Unité utilisée en plongée : °Kelvin.

T°Kelvin = T°Celsius + 273

1.3 La Pression.

C'est le rapport entre la force et la surface sur laquelle elle agit.



pression = Force / Surface

Unité savante (scientifique) : Newton/mm² (N) ou Pascal (Pa) ou millimètre de mercure (mmHg).

0,1 N/mm² = 100 000 Pa = 760 mmHg = 1 bar

Unité utilisée en plongée : bar (bar).

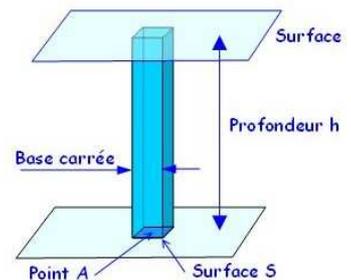
Le plongeur est soumis à 2 pressions :

- La pression atmosphérique : exercée par l'air atmosphérique, 1bar au niveau de la mer.
- La pression hydrostatique : exercée par la colonne d'eau au-dessus du plongeur.

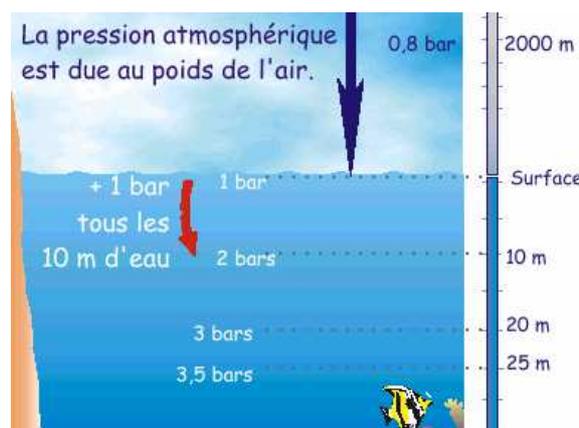
10m d'eau exercent une pression de 1bar.

Remarque : **pression hydrostatique = profondeur / 10**

- La pression ambiante (absolue) :



pression ambiante = pression hydrostatique + pression atmosphérique



Le corps du plongeur accepte volontiers de subir une pression ambiante différente qu'en surface. Mais, subir une variation brusque lui est néfaste.

Rôle du guide de palanquée : Etre particulièrement attentif aux variations de pression que subissent « ses » plongeurs.

1.4 Le Volume.

Unité savante (scientifique) : décimètrecube (dm³)

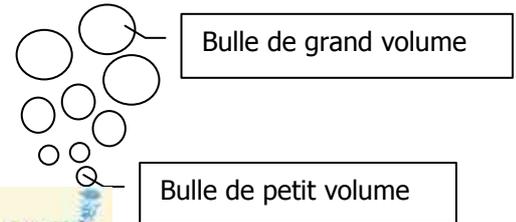
Unité utilisée en plongée : litre (l) ou le 0,75litre parfois... va savoir pourquoi !

1 dm³ = 1 litre

2. Les variations de volume et de pression.

2.1 Loi de Mariotte « classique ».

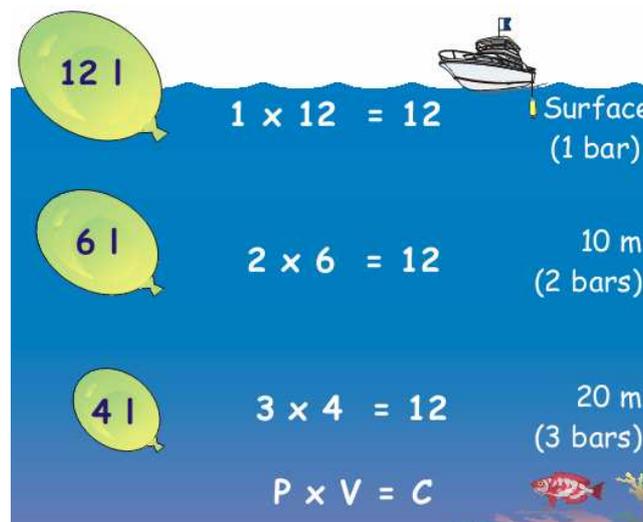
Montrer à un plongeur débutant, la colonne de bulles d'un autre plongeur, permet assez facilement d'illustrer ce phénomène.



Au XVIIème siècle, l'Abbé français Edme Mariotte (1620 – 1684) et le physicien irlandais Robert Boyle (1627 – 1691), découvrent sensiblement la même loi au même moment.

A température constante, le produit du volume occupé par un gaz par la pression de ce gaz est constant.

OU P à la profondeur 1 $\times V$ à la profondeur 1 = P à la profondeur 2 $\times V$ à la profondeur 2

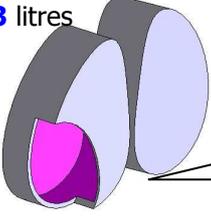
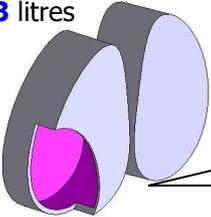
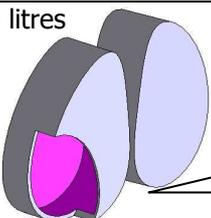
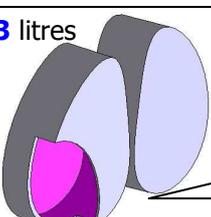


Applications :

- Utilisation du gilet stabilisateur,
- Gonflage des bouteilles,
- Mise en place du parachute de palier (savety sausage),
- Levage du mouillage, ...

Conséquences :

- Prévention des accidents barotraumatiques et de décompression,
- Consommation d'air,
- Lestage, ...

	Il faut remplir les poumons avec 3 litres d'air	Pression ambiante	Volume d'air à prendre dans le stock
en surface	3 litres 	$p = 1 \text{ bar}$	$1 \times 3 = 3 \text{ litres}$ 3 litres 
à - 10 m	3 litres 	$p = 2 \text{ bar}$	$2 \times 3 = 6 \text{ litres}$ 6 litres 
à - 20 m	3 litres 	$p = 3 \text{ bar}$	$3 \times 3 = 9 \text{ litres}$ 9 litres 
à - 40 m	3 litres 	$p = 5 \text{ bar}$	$5 \times 3 = 15 \text{ litres}$ 15 litres 

Rôle du guide de palanquée :

- Rester près des plongeurs niveau 1 particulièrement à la remontée, pour pouvoir les stopper à tout moment.
- Rappeler au briefing des plongeurs niveau 2 que la variation de pression est plus importante entre 0 et 10m (la pression double) qu'entre 10 et 20m (la pression est multipliée par 1,5).

2.2 Je vous ai menti !

La vraie loi de Mariotte est :

$$\frac{P \text{ à la profondeur 1} \times V \text{ à la profondeur 1}}{T^{\circ} \text{ à la profondeur 1}} = \frac{P \text{ à la profondeur 2} \times V \text{ à la profondeur 2}}{T^{\circ} \text{ à la profondeur 2}}$$

Un bloc de 15l sort du gonflage à 230bar à 50°C.
 Quelle sera sa pression une fois refroidit à 17°C ?

Rôle du guide de palanquée : Se méfier d'un **bloc chaud**, juste gonflé, même si le manomètre indique 200bars. Il contient en fait, moins d'air qu'un bloc froid à 200bars.

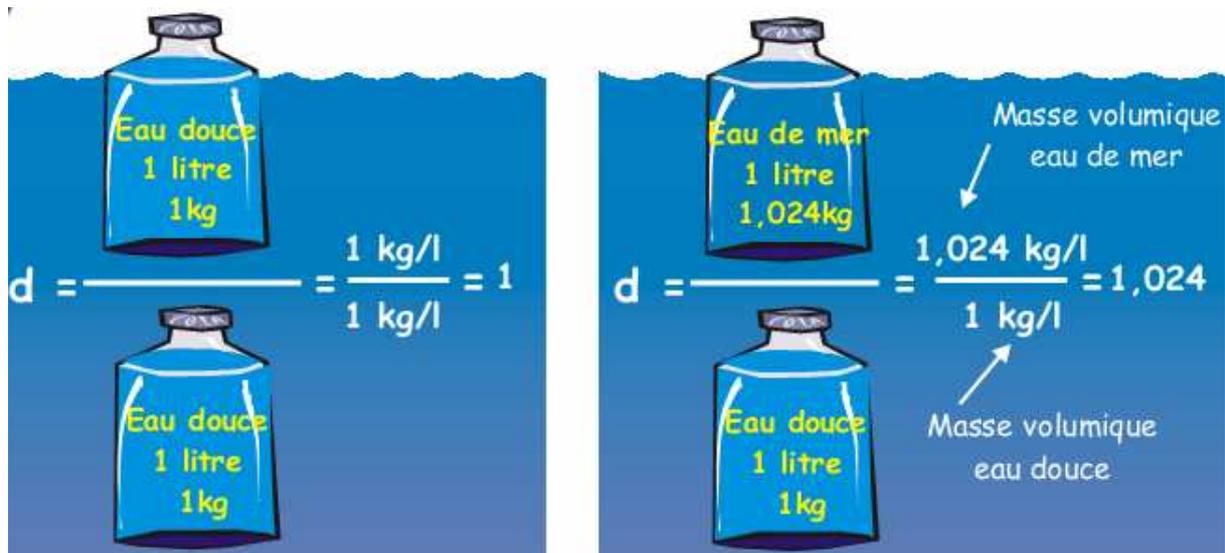
3. Maîtrise de la flottabilité.

3.1 Masse volumique et densité.

La **masse volumique** d'une matière est la masse par unité de volume en kg/dm³ ou kg/l.

- Masse volumique eau de mer = 1,024 kg/l
- Masse volumique eau douce (lac) = 1 kg/l
- Masse volumique air = 1,29 g/l

La **densité** d'une matière est, le rapport de sa masse volumique par celle de l'eau.



Exemples de densités : plomb = 11,35 ; acier = 7,85.

3.2 Principe d'Archimède et poids apparent.

Principe d'Archimède (Grec -287 -212) :

Tout plongeur reçoit de la part de l'eau, une poussée (force) verticale, dirigée vers le haut, égale au poids du volume d'eau déplacé.

La valeur de la poussée (la force), se calcule :

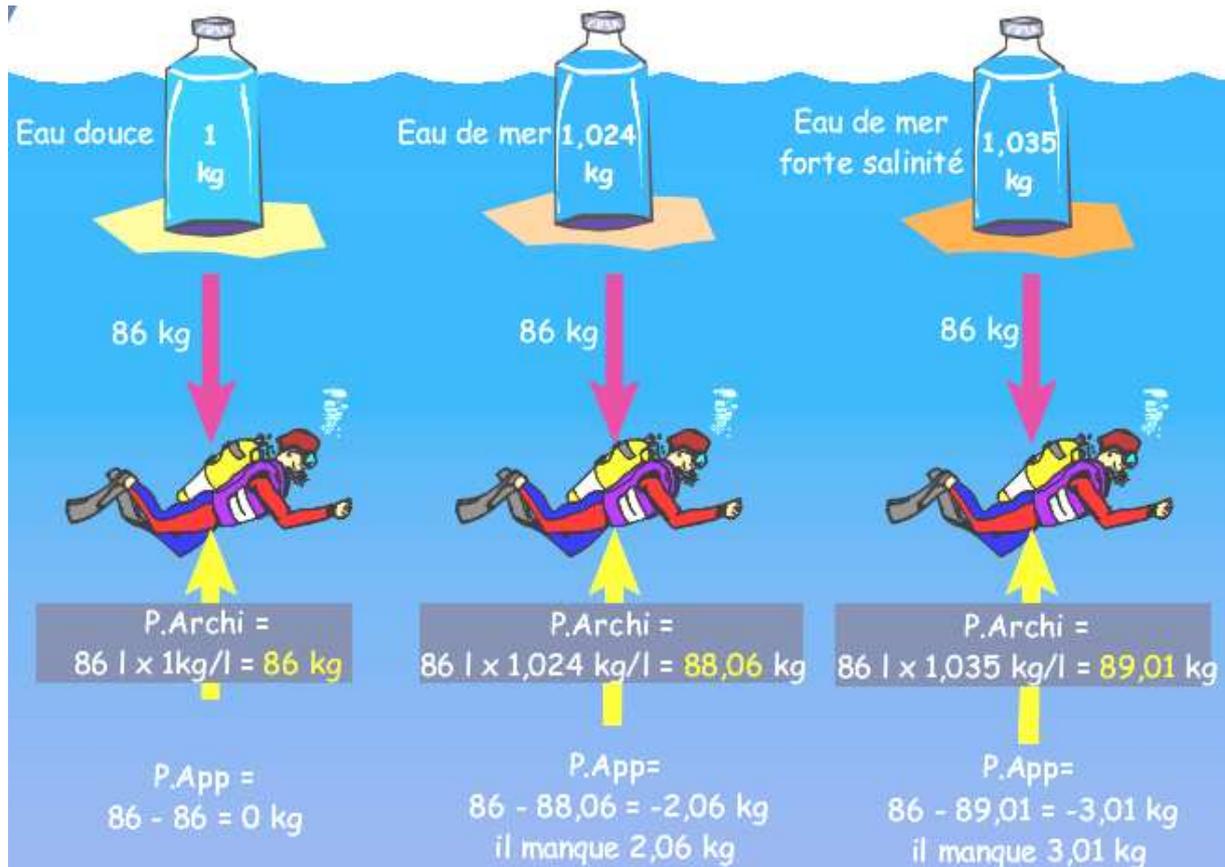
Poussée d'Archimède = volume du plongeur+équipement x densité de l'eau

Poids réel d'un objet : poids de l'objet dans l'air.

Poids apparent d'un objet : poids de l'objet dans l'eau.

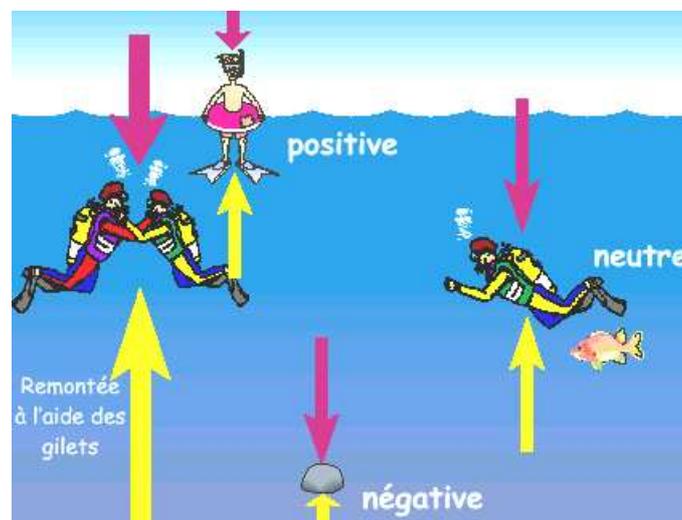
Poids apparent = Poids réel – Poussée d'Archimède.

Cas d'un plongeur de poids 86kg et de volume 86litre :



Rôle du guide de palanquée : Le lestage en eau salée = lestage eau douce + 2kg.
 Savoir calculer le poids apparent d'un objet afin d'adapter le lestage.

3.3 Flottabilité.



Le plongeur recherche l'équilibre dans l'eau (flottabilité neutre), or :

- son poids réel varie (la bouteille se vide),
- son volume de départ varie (la combinaison et le gilet s'écrasent),

Donc, le plongeur règle son volume de façon à obtenir une flottabilité neutre avec :

- la technique du poumon ballast,
- le gilet stabilisateur.

3.4 Le lestage.

Rôle du guide de palanquée : Veiller à son lestage ainsi qu'à celui de ses plongeurs, car :

Risques de sur lestage :

- **Risque** de couler directement lors de la mise à l'eau.
Prévention : Vérifier que les plongeurs ont gonflé le gilet avant la mise à l'eau, Se mettre à l'eau en 1^{er}, masque et détendeur en place.
- **Risque** en cas d'assistance, si le gilet est déjà « beaucoup » gonflé.
Prévention : Regarder si le gilet est beaucoup gonflé, s'il y a une utilisation excessive des purges (poumon ballast insuffisant), si problème à garder la profondeur fixée...
- **Risque** d'augmenter la fatigue, d'avoir mal au dos, de hausser la consommation, de détruire les fonds.
Prévention : Vérifier que les plongeurs n'ont pas de difficulté pour rester horizontaux.
- **Risque** en cas de capelé, un gilet trop gonflé oppose une forte résistance dans l'eau et demande plus d'effort.
Prévention : Retour au mouillage.

Risques du sous lestage :

- **Risque** d'essoufflement lors de l'immersion.
- **Risque** de ne pas réaliser les paliers.
Prévention : plonger dans la courbe de sécurité.

Attention de ne pas confondre problème de lestage et mauvaise technique d'immersion ou, de ventilation ou, de ventilation momentanée du au stress.

Rôle du guide de palanquée :

- Vérifier le lestage avant de partir
- Avoir 1 ou 2 plombs pédagogiques (plomb d'1 kg muni d'un mousqueton).
- Surveiller le comportement des plongeurs tout au long de la plongée
- Modifier le lestage si changement de tout élément modifiant la flottabilité : combinaison, milieu (lac, mer), bloc....

Rappel des 2 méthodes pour vérifier le lestage :

Le lestage (ceinture de plomb), est déterminé de façon à permettre un palier de sécurité à -3m, en fin de plongée, avec une bouteille et un gilet vides.

- Bloc plein + stab vide + position debout + respiration normale = le niveau de l'eau doit être au niveau des yeux. (une expiration associée à un phoque permettent alors de s'immerger). Et, en fin de plongée, bouteille à 50bars, gilet vide, maintien du palier à environ -3m.
- Autre façon : Pour 1 plongeur débutant, ceinture de lest, environ le 1/10 du poids du plongeur diminué de 1kg (ex : plongeur de 80Kg, ceinture 8-1=7Kg)

6. Le relevage.

En tant que Plongeur Niveau 4, vous pouvez être amené à utiliser un parachute de relevage pour remonter le mouillage (ancre).

Rôle du guide de palanquée :

- Ne pas descendre seul,
- Ne pas se placer dans la trajectoire du parachute ou du mouillage,
- Utiliser son détendeur de secours pour le gonflage : progressif pour le décollage,
- Ne pas rester en dessous pendant la remontée en cas de chute,
- Calculer et vérifier avant de partir l'air nécessaire au gonflage ainsi qu'à la remontée.

7. Au revoir.

Vous voici équipé pour quantifier, calculer, évaluer :

- la ceinture de plomb de « vos » plongeurs,
- l'évolution du stock d'air à leur disposition.

Vous voici équipé pour décrire les phénomènes qui interviennent sur l'équilibre du plongeur.

Ceci dans le but de guider vos plongeurs en toute **sécurité.**