

# THEORIE PLONGEUR NIVEAU 2

## Pression et flottabilité (cours n°2)



Septembre 2016



## Programme de la formation

Réglementation et cadre de la plongée	9 septembre 2016
<b>Pression et flottabilité</b>	<b>30 septembre 2016</b>
Accidents de décompression (ADD) et narcose	14 octobre 2016
Barotraumatismes, essoufflement et froid	18 novembre 2016
Tables et procédures particulières de décompression	2 décembre 2016
Ordinateurs	6 janvier 2017
Autonomie, orientation et matériel	20 janvier 2017
Biologie sous-marine et environnement	3 février 2017
Synthèse sécurité du plongeur / révisions	3 mars 2017
Evaluation théorique	17 mars 2017

## Pression et profondeur

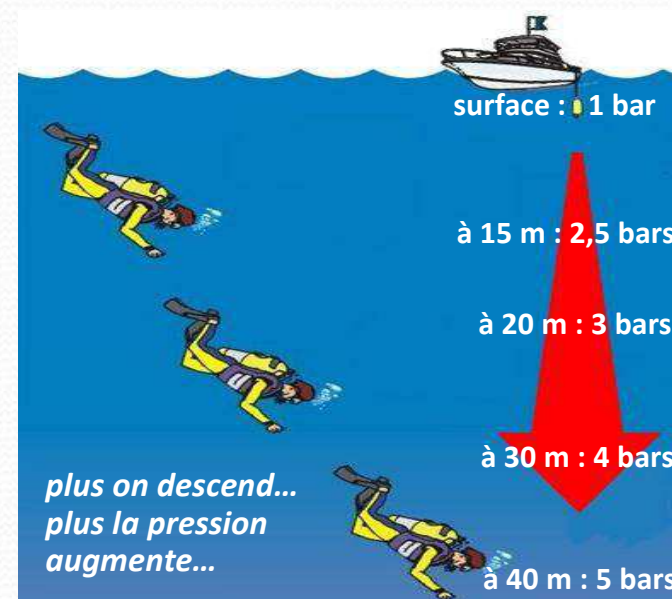
La pression est due au poids de l'air et de l'eau se trouvant au dessus du plongeur :

- Pression atmosphérique :**  $P_{ATMO} = 1 \text{ bar}$  à la surface de la mer  
 (due à l'air) *diminue avec l'altitude* ⚠ plongée en lac en montagne
- Pression hydrostatique :**  $P_{HYDRO} = + 1 \text{ bar}$  tous les 10m d'eau  
 (due à l'eau) *augmente avec la profondeur*
- Pression absolue :**

$$P_{ABSOLUE} = P_{ATMO} + P_{HYDRO}$$

$$= 1 + ( \text{profondeur} \div 10 )$$


Profondeur	$P_{ATMO}$	$P_{HYDRO}$	$P_{ABSOLUE}$
0 m	1 bar	0 bar	1 bar
10 m	1 bar	1 bar	2 bars
20 m	1 bar	2 bars	3 bars
25 m	1 bar	2,5 bars	3,5 bars
40 m	1 bar	4 bars	5 bars



## Pression et volumes compressibles

La pression comprime les gaz et fait diminuer leur volume :

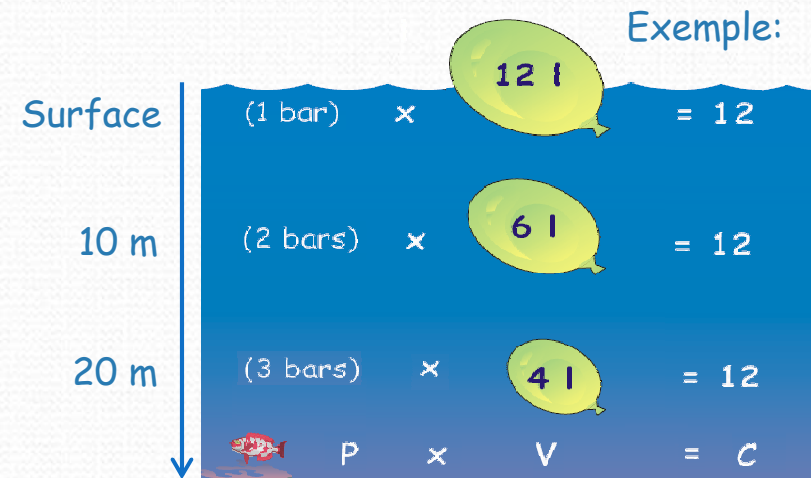
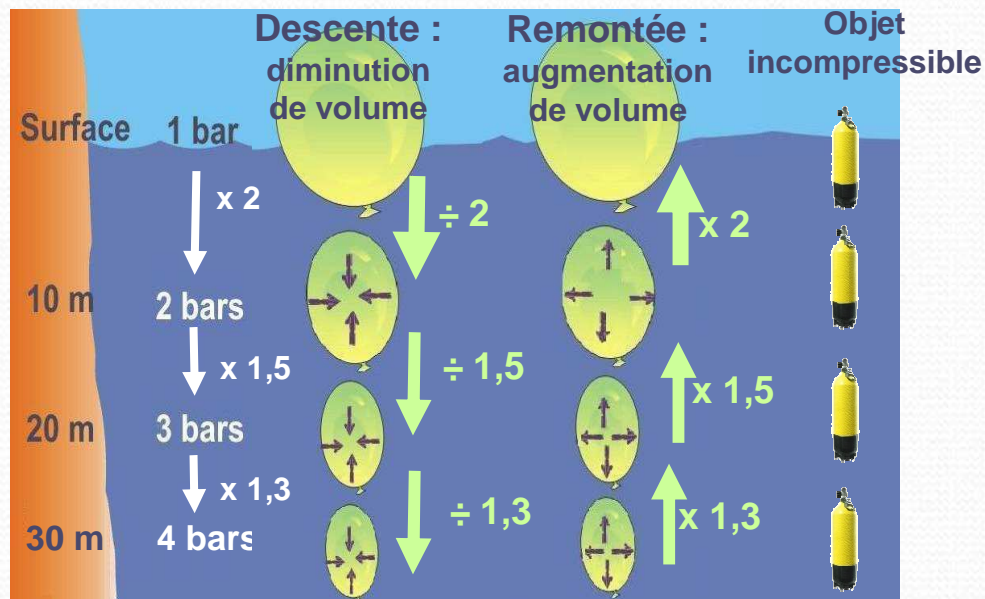
- à la descente : pression ( $\uparrow$ ) et volume ( $\downarrow$ )
- à la remontée : pression ( $\downarrow$ ) et volume ( $\uparrow$ )

 *Le volume d'un objet incompressible ne varie pas quelle que soit la profondeur*

Les variations de volumes et pressions sont inversement proportionnelles :

**PRESSION x VOLUME = CONSTANTE**

*(Loi de Boyle-Mariotte)*



*Les variations de volumes sont plus importantes à proximité de la surface*

## Principe d'Archimède et flottabilité

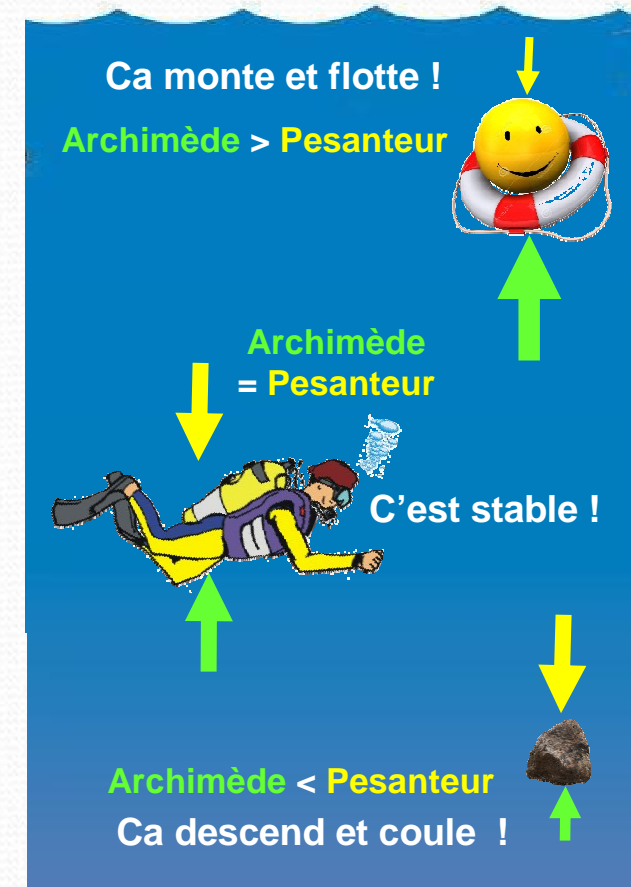
### Poussée d'Archimède :

- Tout corps plongé dans un liquide subit une **poussée verticale de bas en haut**, égale au **poinds du volume déplacé**
- La poussée d'Archimède s'oppose à la pesanteur

	Effet	Archimède / Pesanteur	Densité
Flottabilité POSITIVE	Ca monte et flotte	Archimède > Pesanteur	Inférieure à celle de l'eau
Flottabilité NEUTRE	C'est en équilibre	Archimède = Pesanteur	Egale à celle de l'eau (1 kg par litre)
Flottabilité NEGATIVE	Ca descend et coule	Archimède < Pesanteur	Supérieure à celle de l'eau



*On flotte davantage en eau de mer qu'en eau douce  
(densité eau de mer et poussée d'Archimède supérieures)*



# Equilibre du plongeur



Pour être équilibré et **maintenir sa profondeur** sans effort, le plongeur recherche une **flottabilité neutre** (comme en maillot de bain)

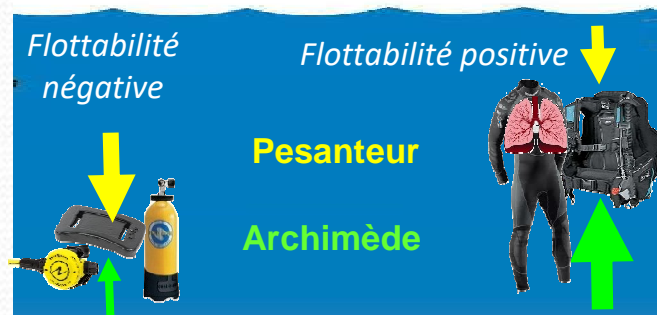
Un équilibre est à trouver entre ses constituants :

**Très denses**  
(*flottabilité négative*):

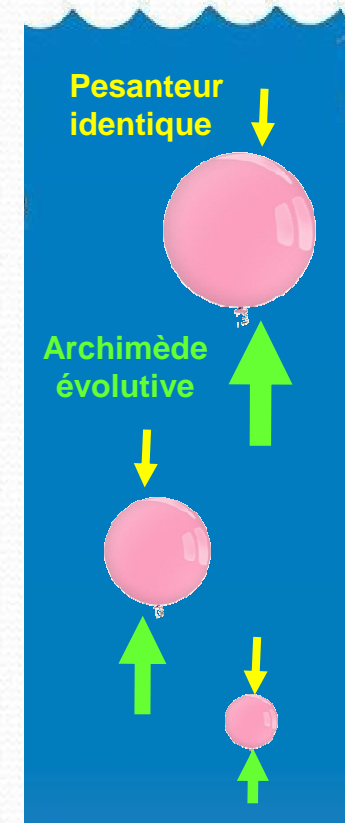
- bouteille acier
- détendeur
- manomètre
- lestage
- ....

**Peu denses** (*flottabilité positive*) :

- combinaison
- air (gilet, poumons)
- air comprimé (dans le bloc)



**Variations** des volumes d'air (gilet, poumon, combi...) et de la poussée d'Archimède selon la profondeur



**Variation pendant la plongée, le plongeur doit s'adapter**

## Poumon ballast

### A l'inspiration:

- le volume des poumons augmente (plus d'air)
- la poussée d'Archimède augmente (mais la pesanteur reste identique)
- la flottabilité augmente et devient positive
- le **plongeur monte**

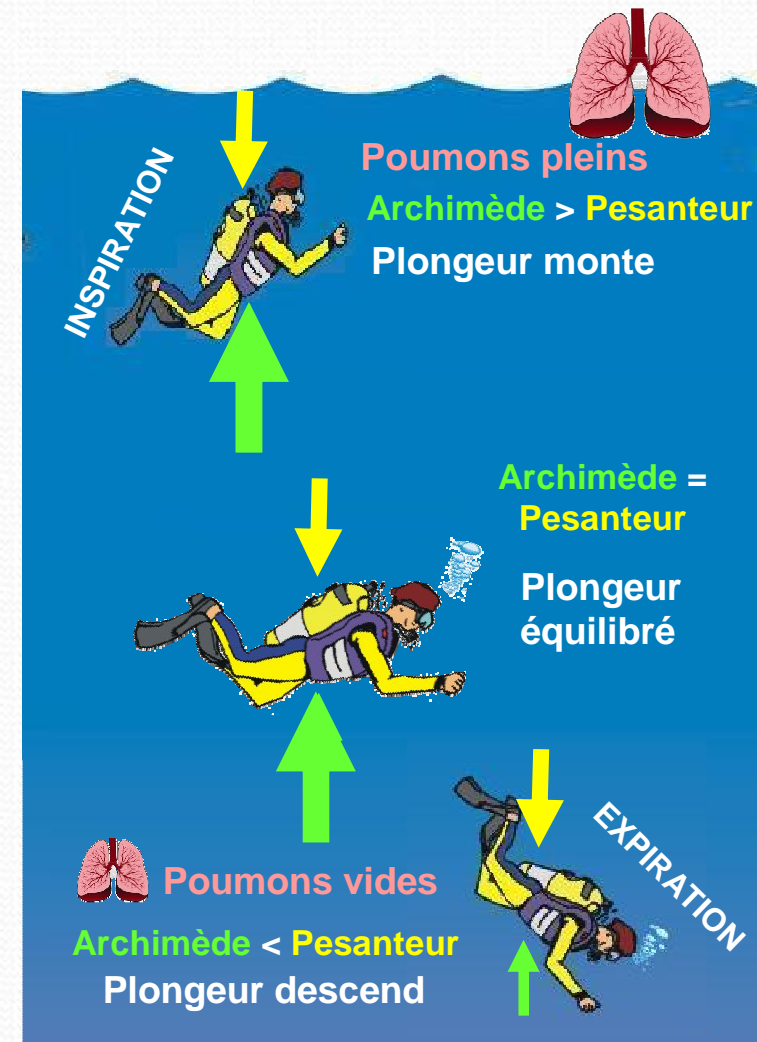


*Ne pas boquer la respiration, surtout à proximité de la surface, pour éviter une surpression pulmonaire*

### A l'expiration, c'est l'inverse :

- le volume des poumons diminue (moins d'air)
- la poussée d'Archimède diminue (mais pesanteur identique)
- la flottabilité diminue et devient négative
- le **plongeur descend**

En vidant ou remplissant ses poumons, le plongeur peut choisir de descendre ou monter et peut ajuster sa flottabilité. C'est le **poumon ballast**



## Combinaison

**La combinaison en néoprène agit comme une bouée :**

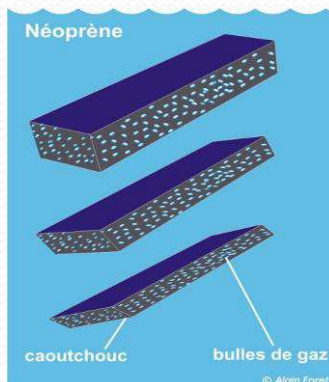
- très peu dense (car elle contient des **bulles d'air**)
- augmente fortement la **flottabilité** du plongeur

**Sa flottabilité est compensée par :**

- **Le bloc** : très dense, diminue la flottabilité
- **Le lest** : l'ajout de lestage très dense (plomb) permet de **compenser** la flottabilité du néoprène pour retrouver une **flottabilité neutre** si le bloc ne suffit pas



*Le poids du bloc diminue du fait de l'air consommé donc la flottabilité s'accroît en fin de plongée.*



**Sa flottabilité diminue avec la profondeur :**

- En profondeur, la pression augmente et la **combinaison s'écrase** (compression des bulles d'air du néoprène) donc la **flottabilité baisse**.
- Ajouter de l'air dans le **gilet stabilisateur** permet de compenser cette perte de volume et de flottabilité liée à la profondeur.



## Lestage

**Le lestage sert à retrouver une flottabilité neutre :**

- Le lestage permet de **compenser** la flottabilité de la combinaison si le matériel dense (bloc...) ne suffit pas.
- Il ne doit pas faire couler.

**Un lestage inadapté est inconfortable et va à l'encontre de la sécurité:**

- **Mauvaise position** du plongeur dans l'eau et mauvais hydrodynamisme (mal de dos, fatigue, consommation d'air accrue, essoufflement...)
- Difficultés pour la remontée.

**Le réglage du lestage est essentiel :**

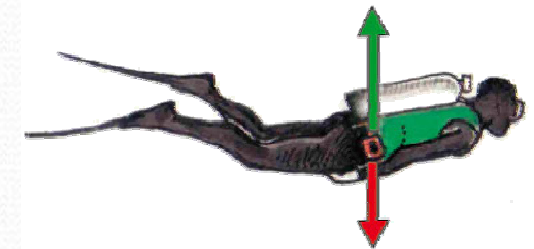
- Différents types de lests : ceinture ou dans le gilet, pavés de plomb ou granules ensachés, lests de 500g ou 1kg ou 2kg
- **Vérifier** son lestage à chaque modification (matériel, salinité...)

*Plusieurs méthodes pour vérifier l'adéquation du lestage :*

- en début de plongée : descente jusqu'au masque avec gilet vide
- en fin de plongée : stabilisation à 3m avec gilet vide et 50 bars

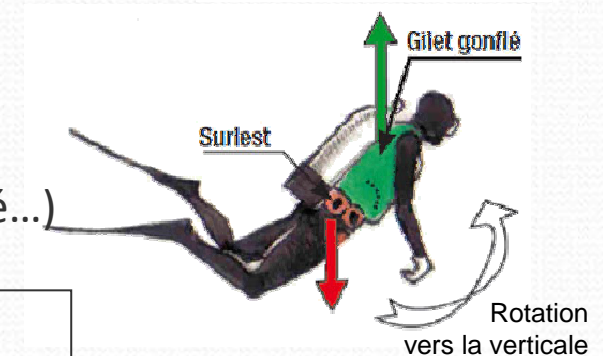
Poussée d'Archimède

= **Pesanteur**



Plongeur équilibré,  
bonne position

Plongeur trop lesté,  
mauvaise position



## Gilet stabilisateur

Le gilet stabilisateur est une **bouée** dans laquelle le plongeur peut ajouter de l'air pour augmenter sa flottabilité.



### En surface :

- Gonfler le gilet pour avoir une flottabilité positive et se **maintenir en surface sans palmer**.

### En descente en profondeur :

- Avec la profondeur la flottabilité baisse, il faut mettre de l'air dans le gilet pour **ne pas descendre trop vite**.

### Sous l'eau, en plongée :

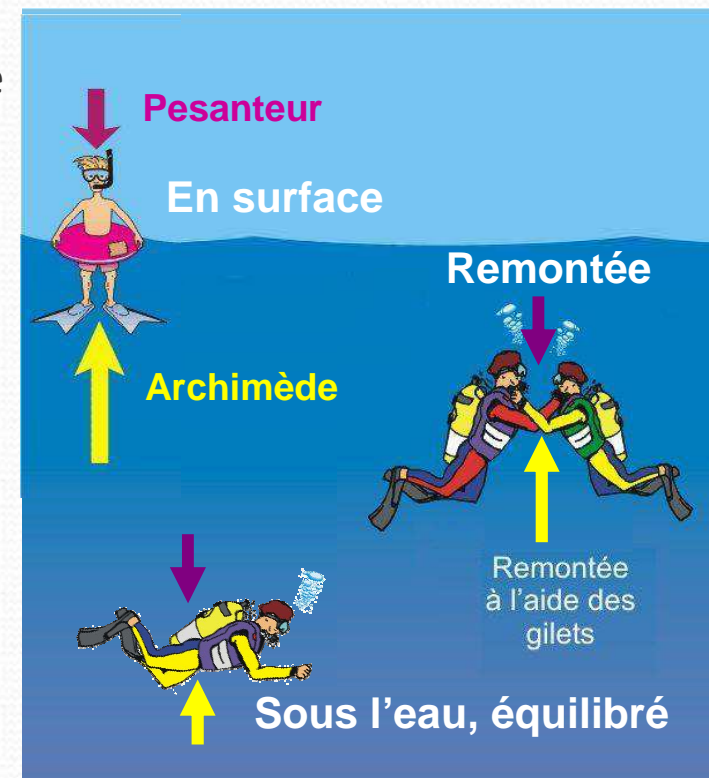
- Ajuster la quantité d'air dans le gilet pour avoir une flottabilité neutre et **s'équilibrer pour maintenir sa profondeur** sans effort.

### A la remontée, pour assister un plongeur :

- Ajouter de l'air dans le gilet permet d'augmenter la flottabilité pour **remonter en limitant le palmage**.



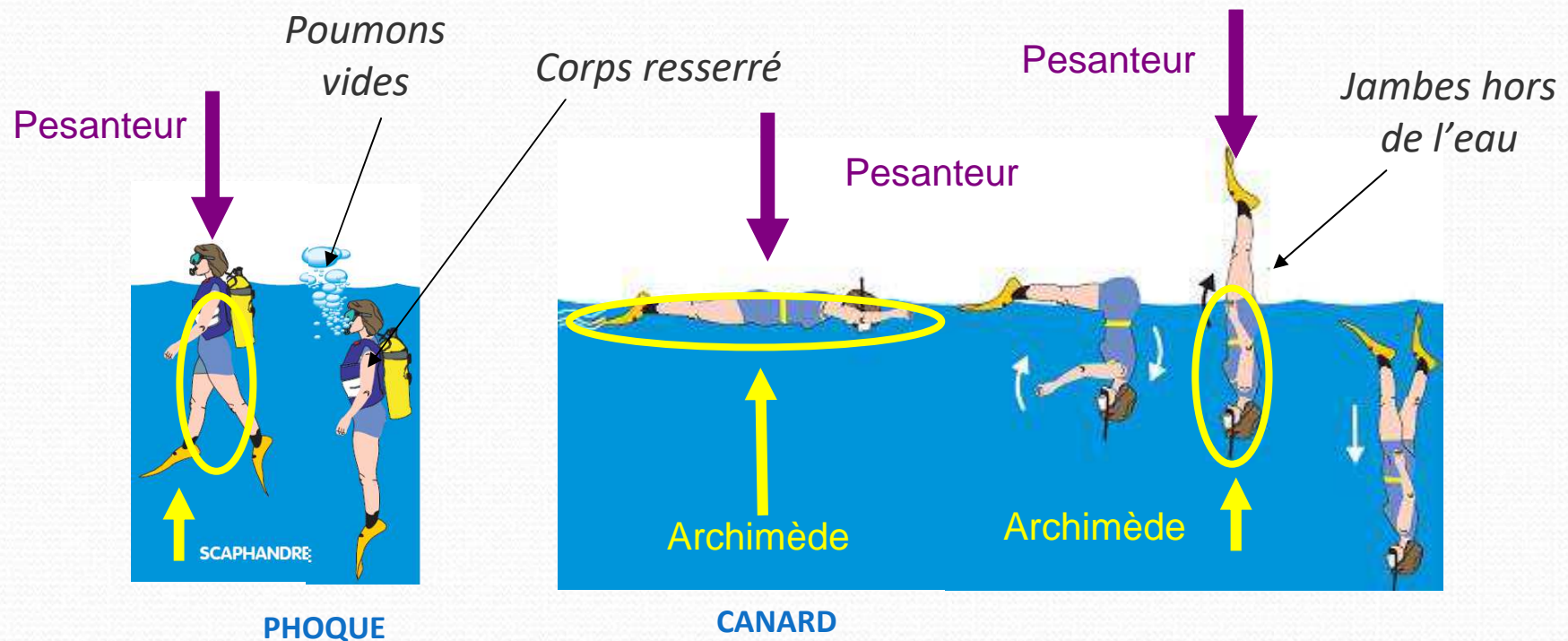
*Il faut purger l'air du gilet pendant la remontée pour réguler sa vitesse et ne pas monter trop vite.*



## Techniques d'immersion

A l'immersion, le plongeur cherche à avoir une **flottabilité négative** pour descendre :

- Il faut éviter d'augmenter son poids en utilisant trop de lestage.
- Mais on peut **réduire la poussée d'Archimède** en diminuant le volume du corps sous l'eau (poumons vides, corps resserré, jambes ou buste hors de l'eau...).



## En résumé

### Pression et profondeur :

- pression de **1 bar à la surface** de la mer
- augmente de **+ 1 bar tous les 10 m** de profondeur

$$P_{\text{ABSOLUE}} = P_{\text{ATMO}} + P_{\text{HYDRO}}$$

$$= 1 + (\text{profondeur} \div 10)$$

### Volume et pression :

- si pression (↑) alors volume (↓) *fortes variations*
- si pression (↓) alors volume (↑) *à faible profondeur*

$$\text{Pression} \times \text{Volume} = \text{Constante}$$

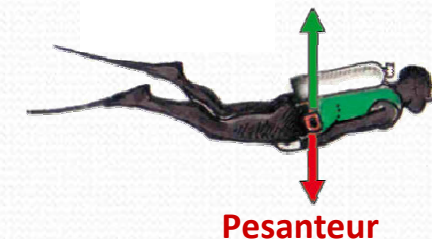
(Loi de Boyle-Mariotte)

### Poussée d'Archimède et flottabilité :

- pousse vers la surface / égale au poids du volume de l'eau déplacé

poussée Archimède	>	pesanteur	...	ça monte / flotte
poussée Archimède	<	pesanteur	...	ça descend / coule
poussée Archimède	=	pesanteur	...	c'est en équilibre

Poussée d'Archimède



### Equilibre du plongeur :

- lestage à vérifier et adapter (matériel, salinité...) / **PAS de sur-lestage !**
- utiliser le **gilet** et le **poumon ballast** pour maîtriser sa flottabilité et sa profondeur, anticiper et s'adapter à ses variations (compression de l'air en profondeur...)

## Prochaine séance « théorie »

Réglementation et cadre de la plongée	9 septembre 2016
Pression et flottabilité	30 septembre 2016
<b>Accidents de décompression (ADD) et narcose</b>	<b>14 octobre 2016</b>
Barotraumatismes, essoufflement et froid	18 novembre 2016
Tables et procédures particulières de décompression	2 décembre 2016
Ordinateurs	6 janvier 2017
Autonomie, orientation et matériel	20 janvier 2017
Biologie sous-marine et environnement	3 février 2017
Synthèse sécurité du plongeur / révisions	3 mars 2017
Evaluation théorique	17 mars 2017