A large school of fish swimming in clear blue water under a bright sun. The fish are small and dark, moving in a coordinated pattern. The sun is in the upper left, creating a bright glow and lens flare effect. The water is a deep, clear blue.

# PA40

---

Flottabilité &  
Equilibre

# Quizz séance précédente : réglementation

- Quel est le référentiel des brevets et qualifications de la FFESSM ?

Le MFT (Manuel de Formation Technique)

- Quelle assurance est incluse avec la licence à la FFESSM et que couvre-t-elle ?

La Responsabilité Civile. Elle couvre les dommages involontaires causés à autrui.

- Combien de temps ma licence à la FFESSM est-elle valide ?

15,5 mois : du 15 septembre N au 31 décembre N+1.

- Combien de temps le CACI est-il valable ?

1 an de date à date.



# Quizz séance précédente : réglementation

- Quelles sont les prérogatives du PA40 ?

Un plongeur ayant obtenu la qualification PA40 peut :

- plonger dans l'espace d'évolution 0-40m
- en autonomie relative
- avec un ou deux équipiers majeurs ayant au minimum les mêmes compétences selon l'espace d'évolution
- selon l'aptitude donnée par le DP
- pour une plongée d'exploration uniquement



- Quel est le matériel obligatoire d'un PA40 ?

- Gilet stabilisateur
- Manomètre
- Détendeur de secours (octopus)
- 1 moyen de calculer sa décompression / désaturation
- 1 parachute par palanquée

# Flottabilité & Equilibre - sommaire

## Quizz Niveau 2

### Définitions et mécanismes

- Poussée d'Archimède
- Poids apparent
- Compressibilité des gaz

### Flottabilité et équilibre dans la pratique

- Le plongeur et son matériel
- Le plongeur et son corps
- Le plongeur et son environnement

## Synthèse



# Quizz niveau 2

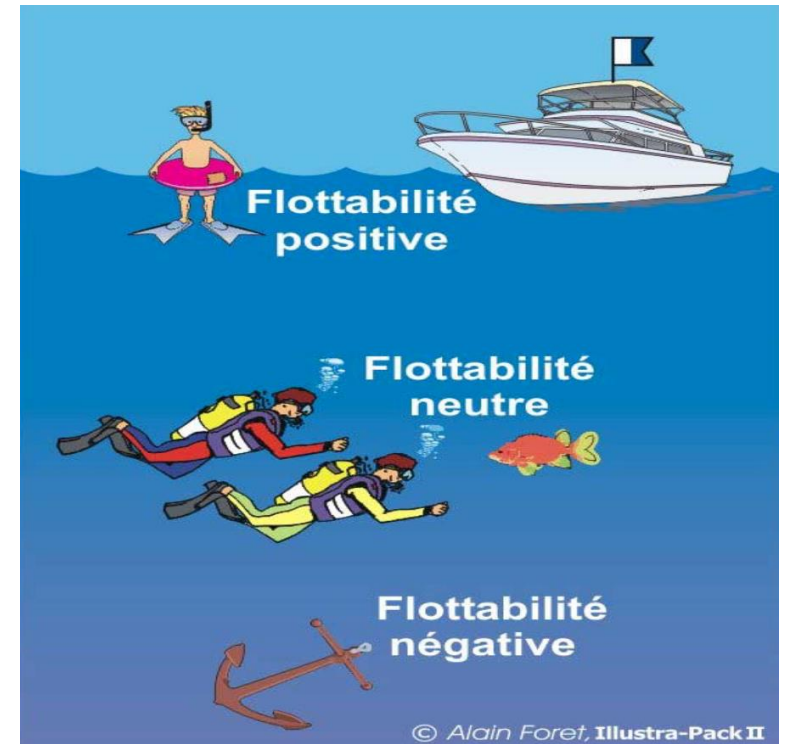
- Qu'est-ce que la flottabilité neutre ?

C'est la stabilité en plongée = maintien du niveau d'immersion.

- Quels sont les autres types de flottabilité ?

Flottabilité positive = je flotte.

Flottabilité négative = je coule.



- Le flottabilité neutre est-elle suffisante en plongée ?

Non, le plongeur doit être équilibré dans l'espace de façon générale.

⇒ il doit maîtriser sa stabilité verticale (variations de profondeur) mais aussi horizontale (sa position dans l'eau).



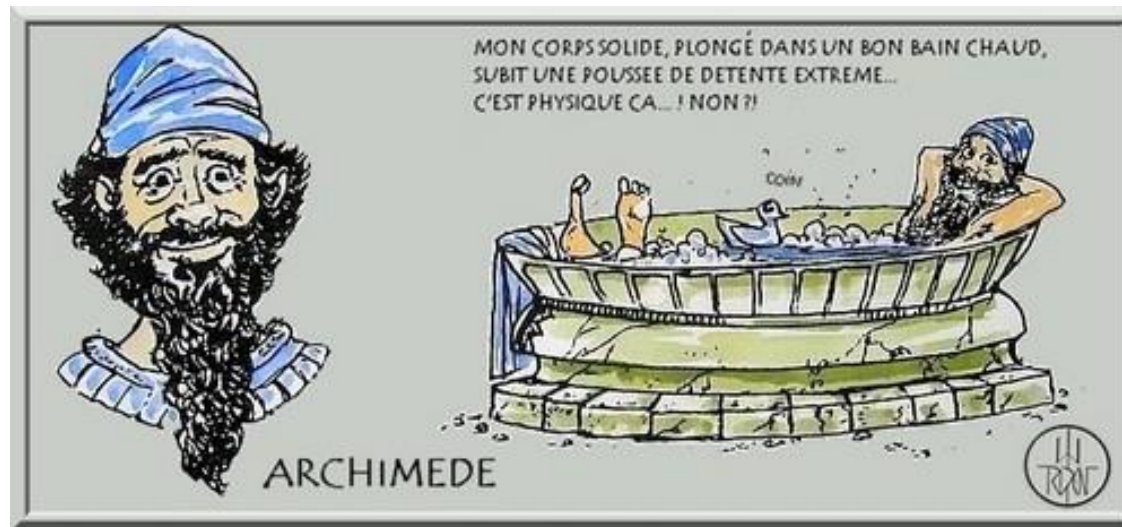
# Quizz niveau 2

- Quelles lois physiques nous permettent de mieux comprendre la flottabilité ?

Poussée d'Archimède = sens inverse du poids.

Boyle-Mariotte = compressibilité des gaz

$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow$  le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression donc à la profondeur.



# Définitions et mécanismes - La Poussée d'Archimède

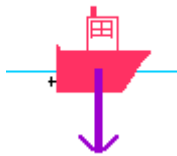
Le **Poids** est la force qui attire un corps vers le bas.

*Il est différent de la masse qui n'est pas une force et qui s'exprime en g, cependant par des jeux de calculs et d'unité, on les considérera identiques.*

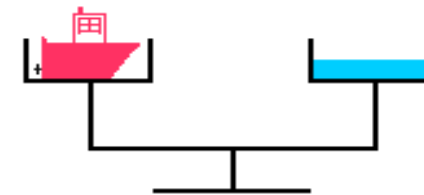
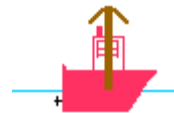
La **Poussée d'Archimède** dit que tout corps plongé dans un liquide reçoit de celui-ci une poussée verticale de bas en haut, égale au poids du volume de liquide déplacé.

Prenons l'exemple du bateau :

Le Poids  
est la force qui le fait  
couler.



La Poussée d'Archimède  
est la force qui le fait  
flotter.



**En Pratique**

- Si le **poids du bateau** est **supérieur** à la **poussée du volume** d'eau qu'il déplace, il coule.
- Si le **poids du bateau** est **inférieur ou égal** à la **poussée du volume** d'eau qu'il déplace, alors il flotte.



# Définitions et mécanismes – Le Poids apparent

La résultante du Poids et de la Poussée d'Archimède est le Poids apparent.

**Poids apparent = Poids réel – Poussée d'Archimède.**

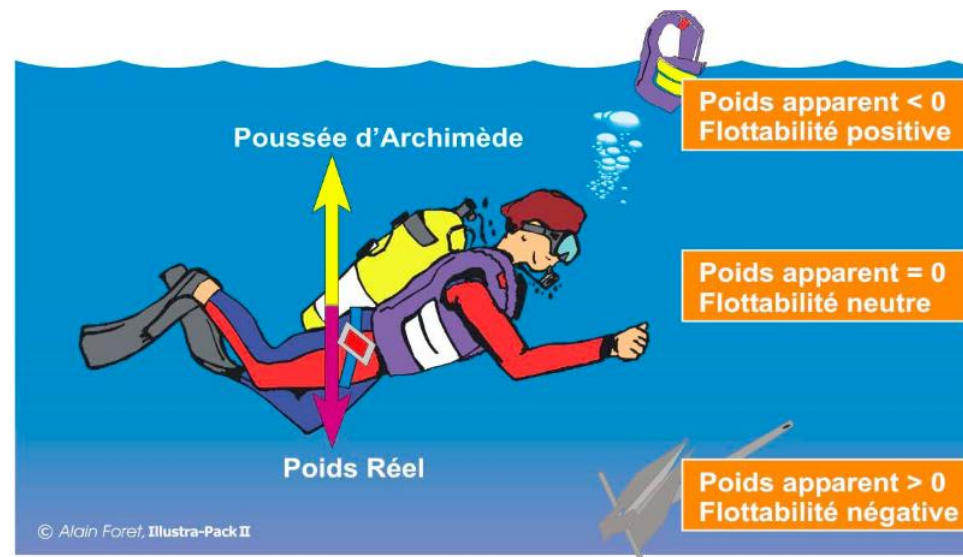
Le plongeur cherche à ce que son poids apparent soit égal à 0 pour se maintenir sans effort à la profondeur souhaitée.

Il ajuste son poids apparent lors des variations de profondeur pour rester équilibré/stabilisé sans effort.

**Si Poids apparent  $> 0$   $\Rightarrow$  flottabilité négative  $\Rightarrow$  il coule.**

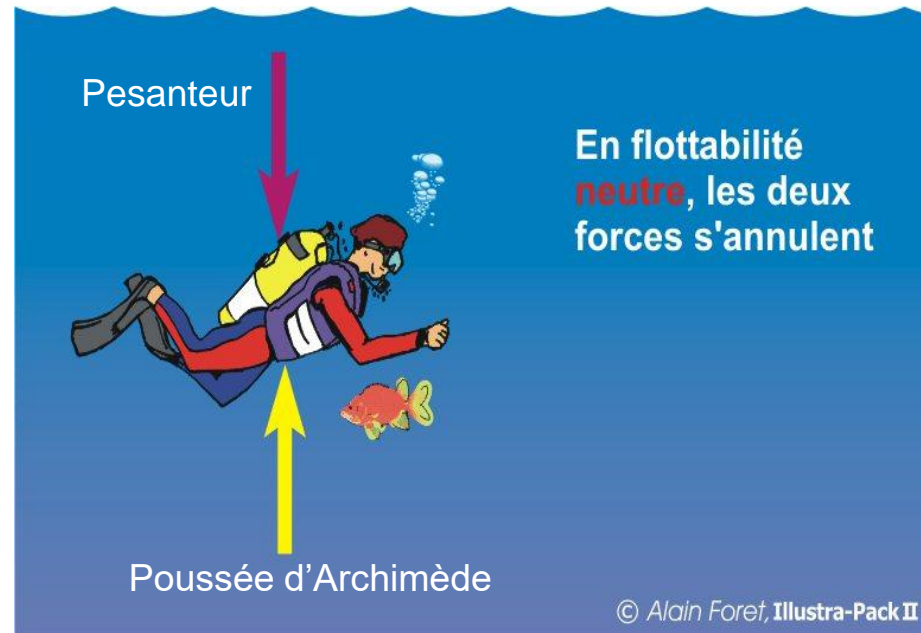
**Si Poids apparent = 0  $\Rightarrow$  flottabilité neutre  $\Rightarrow$  il est stabilisé**

**Si poids apparent  $< 0$ , flottabilité positive  $\Rightarrow$  il flotte.**





Le plongeur doit donc être capable en permanence de régler sa flottabilité afin de neutraliser les effets du Poids et de la Poussée d'Archimède.



Pour y parvenir, il va utiliser la compressibilité des gaz afin d'agir sur son volume.

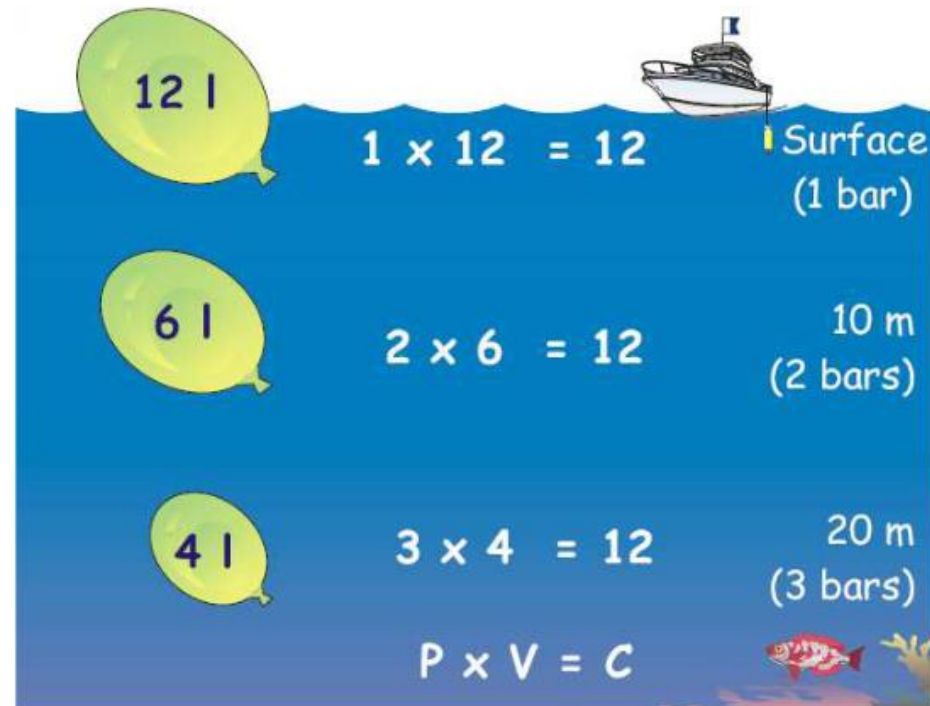
# Définitions et mécanismes - La compressibilité des gaz

$P_1 V_1 = P_2 V_2$  ou  $P \times V = \text{constante}$

⇒ le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression donc à la profondeur.

⇒ Plus on descend, plus la pression augmente, plus le gaz se comprime.

⇒ Plus on monte, plus la pression diminue, plus le gaz se dilate.



# Flottabilité et équilibre dans la pratique – Le plongeur et son matériel

Quels éléments du matériel agissent sur l'équilibre ?

## - La combinaison

Matière néoprène = caoutchouc emprisonnant des bulles de gaz.

Avec l'augmentation de la pression, les bulles se compriment :

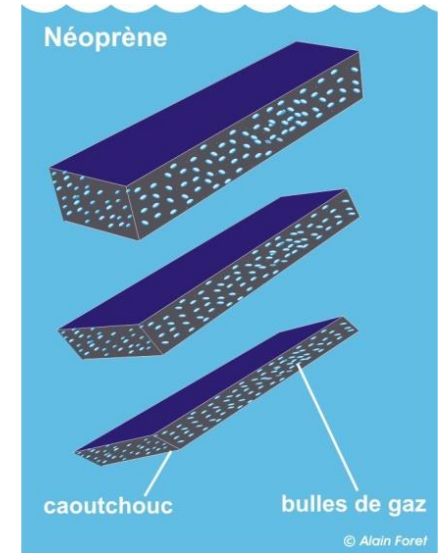
- ⇒ la flottabilité diminue
- ⇒ le plongeur coulera plus, d'autant plus vrai au-delà de 20m.

## - Le gilet stabilisateur

Vessie/enveloppe remplie d'air.

Pour s'équilibrer, le plongeur emplit le gilet d'air lors de la descente et au fond et purge son gilet à la remontée.

- ⇒ Il **maîtrise sa stabilité** (pas d'efforts, respect de l'environnement)
- ⇒ Il **maîtrise sa vitesse de descente** (barotraumatismes, narcose, essoufflement)
- ⇒ Il **maîtrise sa vitesse de remontée** (barotraumatismes, décompression, désaturation, arrêt dans la zone de paliers, tirage du parachute)



# Flottabilité et équilibre dans la pratique – Le matériel

## - Le bloc

Son volume est incompressible.

En revanche, plus le plongeur consomme l'air qu'il contient durant la plongée et plus son poids diminue. La flottabilité du plongeur varie donc en fonction du temps et de la profondeur d'immersion.

## - Le lestage

À déterminer en fonction de l'équipement (épaisseur combinaison, bloc choisi, ...).

En tant que PA40, il est à vérifier avant chaque immersion pour l'ensemble de la palanquée.

Il doit être adapté impérativement :

- un sous-lestage peut entraîner un essoufflement, une surconsommation et une rupture de palier.
- un sur-lestage peut entraîner un essoufflement, une surconsommation, de l'inconfort.




# Flottabilité et équilibre dans la pratique – Le plongeur et son corps

## Quels éléments physiques du plongeur agissent sur la flottabilité ?

### - Les poumons via la ventilation

Une ventilation normale permet de se stabiliser aisément sans « jouer » en permanence avec son gilet.

 La ventilation doit être continue !

 En cas d'essoufflement, l'inspiration est excessive et l'expiration insuffisante.  
Le plongeur aura tendance à remonter sans le vouloir.  
Il faudra lui indiquer de souffler et de forcer sur l'expiration.

### - Les poumons via le poumon ballast

Il permet de gérer sa stabilité de façon fine sans avoir recours au gilet :

- pour passer au-dessus d'un rocher par exemple
- pour des variations de profondeur de quelques cm
- durant une technique :

⇒ on souffle lorsqu'on sort le parachute pour rester stabilisé

⇒ on inspire lorsque son binôme souffle lors d'une remontée assistée

### - La densité et l'âge





# Flottabilité et équilibre dans la pratique – Le matériel et le corps

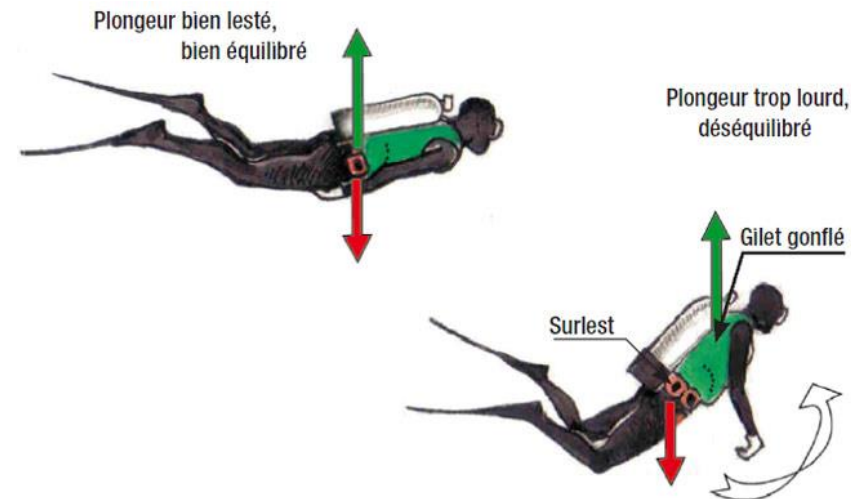
Pour être **correctement équilibré**, le plongeur doit avoir :

- un **matériel adapté**

- ⇒ palmes adaptées à la morphologie (souplesse/rigidité, longueur, largeur, chaussantes/réglables)
- ⇒ un bloc adapté à sa morphologie pour avoir une bonne assiette (volume, longueur)
- ⇒ des plombs (poches à plombs, ceinture, baudrier, plombs de chevilles)

- un **matériel correctement configuré**

- ⇒ sanglage ok (bloc attaché au gilet + gilet sanglé sur le plongeur)
- ⇒ plombs correctement répartis
- ⇒ lestage adéquat



# Flottabilité et équilibre dans la pratique – L'environnement du plongeur

Quels éléments environnementaux agissent sur l'équilibre ?

## - La densité de l'eau

Eau douce : peu ou pas de plombs, voire utilisation de flotteurs

Eau salée : utilisation de plombs

Eau très salée : nécessité d'ajouter du plomb (Lagune de Thau)



## - Le poids de l'eau (la colonne d'eau qui « appuie » sur le plongeur augmente avec la profondeur)

La flottabilité est de plus en plus négative avec la pression et la profondeur (+ combinaison qui s'écrase)

⇒ ne pas plonger sur-lesté

⇒ utiliser un gilet avec un volume suffisant (pour soi et pour sa palanquée)

## - La houle (variation de profondeur et donc de pression proche de la surface)

Privilégier un palier à 6m en cas de houle pour maintenir sa stabilité sans effort.

Tirer le parachute à une profondeur proche des 6m.



# Flottabilité et équilibre dans la pratique – Synthèse

Quels éléments du matériel agissent sur la flottabilité ?

- La combinaison
- Le gilet stabilisateur
- Le bloc et l'air contenu dans le bloc
- Le lestage
- L'ensemble du matériel



Quels éléments physiques du plongeur agissent sur la flottabilité ?

- Les poumons = la ventilation (toujours ventiler, attention à l'essoufflement)
- Les poumons = le poumon ballast
- La densité corporelle
- L'âge

Quels éléments environnementaux agissent sur la flottabilité ?

- La densité de l'eau (douce, peu salée, très salée)
- Le poids de l'eau (la colonne d'eau qui « appuie » sur le plongeur augmente avec la profondeur)
- La houle (variation de profondeur et donc de pression proche de la surface)

# Equilibre en plongée



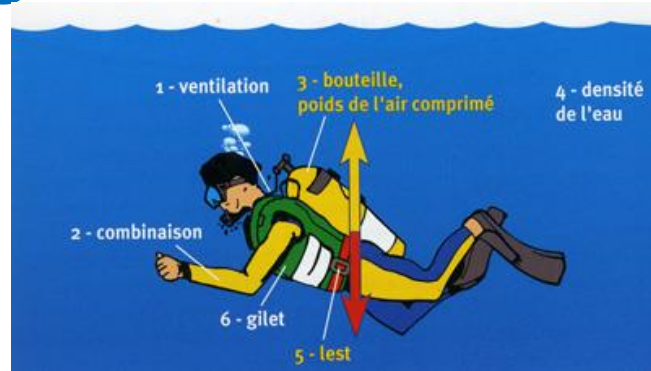
## AVANT

### Vérification du matériel palanquée :

- Type de matériel (bloc, combinaison, palmes)
- Gréage (hauteur bouteille pour une assiette correcte)
- Sanglage (brief : check à 3m)
- Vérification fonctionnement

### Planification :

Profondeur = conso = variation du poids de l'air à prendre en compte



## PENDANT

### Maîtrise vitesse de descente:

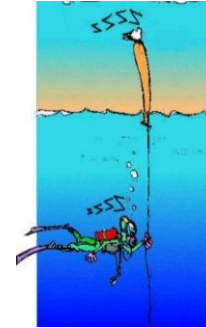
À partir de 20m environ, gonfler régulièrement son gilet.

### Maîtrise du niveau d'immersion

Gilet / Poumon Ballast  
Surveillance palanquée

### Maîtrise vitesse de remontée :

Purge gilet / REC  
Expiration lors du tirage de parachute



## APRÈS

### Surveillance

S'assurer que la palanquée va bien

### Ajuster

Ajuster si besoin le matériel (lestage, réglage gilet, combinaison)





Des questions ?

