

# COURS OW- PA 20

Open Water ISO 24801-2 / CMAS\* Plongeur Autonome 20m

## Session N°2

Sujet – Lors de la 1ère plongée, l'équilibrage n'était pas bon : comment s'équilibrer ?

Le 14 janvier 2025

Présentation par

Louis JOAQUIM





# PLAN DE LA SEANCE

INTRO Avant d'aller plus loin..... Notions  
Vues la dernière fois

UN PEU DE PHYSIQUE

Notions de pressions

Notions de volumes (Boyle Mariotte)  $PxV=C$

Le Théorème d'Archimède applications à la  
plongée

Enoncé du principe Archimède et loi de  
Mariotte et conséquence sur équilibrage

Autres effets de l'eau : Optique, Son, lumière  
et Température

Prévention de l'environnement

CONCLUSION

# Introduction – avant d’aller plus loin...

Qu’avez-vous retenu du 1<sup>er</sup> cours ?

- Présentation de PSI de la FSGT et des Organisations de certification
- Présentation du Coursus OW-PA et du livret de certification (caractéristiques ?)
  - Prérogatives et spécificités du niveau OW-PA20 (documents de référence ?)
  - les documents à fournir pour plonger dans un centre ou un club.
  - Le Matériel utilisé par le plongeur Obligatoire / Facultatif (cas particuliers ?)
  - Le déroulement de la plongée > Buddy Check exemple BALLO

Pour conclure sur le déroulement de la plongée nous verrons le briefing & l’entretien du matériel.

Les notions de physique appliquées à la plongée, et la charte du plongeur éco seront abordées lors de cette 2<sup>nd</sup> session.

# Notions de Physique : Les Pressions

# Notions de pression

La pression est une force appliquée à une surface

P la pression ( en pascal )

F la force ( en newton )

S la surface( en m<sup>2</sup>)

$$P (\text{ bar } ) = F (\text{ kg } ) / S (\text{ cm}^2)$$

En plongée nous nous servons des pressions suivantes :

-La **pression atmosphérique**  $P_{\text{atm}}$  c'est la pression exercée par l'air au niveau de la mer la  $P_{\text{atm}}$  est d'environ 1 bar

-La **pression relative**  $P_{\text{rel}}$  c'est la pression exercée par l'eau = Hydrostatique soit

La colonne d'eau a un poids qui va exercer une pression sur tout corps immergé.

Plus la profondeur augmente, plus le poids de l'eau est important.

Le poids de l'eau augmente de façon régulière, **1 bar tous les 10 mètres**

$$P_{\text{rel}} = P_{\text{relative}} = ( \text{Profondeur} * \text{densité} ) / 10$$

**Attention : Le poids volumique de l'eau dépend de sa salinité.**

$$\text{Eau } P_{\text{rel}} = \text{Prof} / 10$$

**Le lestage doit être adapté**

-La pression absolue :

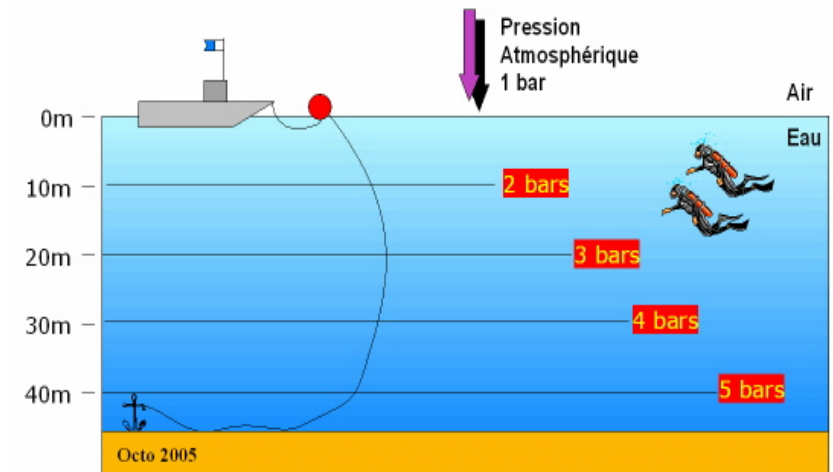
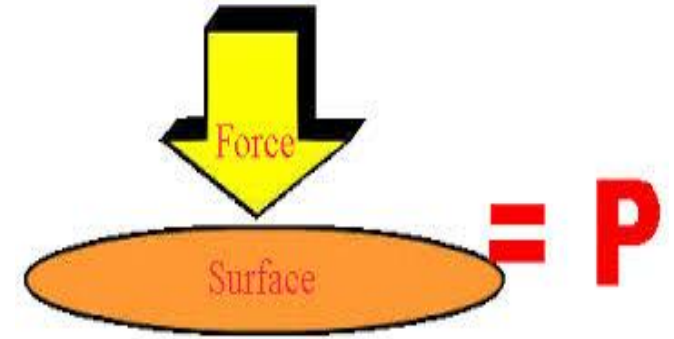
C'est la pression exercée sur le corps lorsque l'on est en plongée

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{rel}} = 1 + \text{Prof} / 10$$

Exemple : à 35 m la pression absolue est de :  $1 + 35 / 10 = 4.5$  bars

Exercices : Calculez la pression absolue à 17 m ? (  $1 + 17/10 = 2.7$  bar )

A quelle profondeur en mer trouve t-on une  $P_{\text{abs}}$  de 1.7 bar ? (  $P_{\text{abs}} = 1.7 \text{ bar} \quad 1 + X/10 = 1.7 \quad \rightarrow X = 10( 1.7 - 1 ) = 7 \text{ m} )$



# Notions de Physique : Les Volumes et pressions (Boyle –Mariotte)

## Loi de Boyle -Mariotte

<< a température constante , le volume d'une masse gazeuse est inversement proportionnel à la pression subie par cette masse gazeuse >>

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

OU

$$P \text{ ( bar ) } \times V \text{ ( litres ) } = \text{ constante}$$

Imaginons un ballon rempli d'air. Si la pression de l'air autour de lui augmente, l'air extérieur au ballon va le compresser davantage et son volume diminuera.

La loi de Boyle-Mariotte nous apprend donc que pour un volume d'air donné, si on augmente sa pression, son volume diminue.

Si la pression diminue son volume augmente

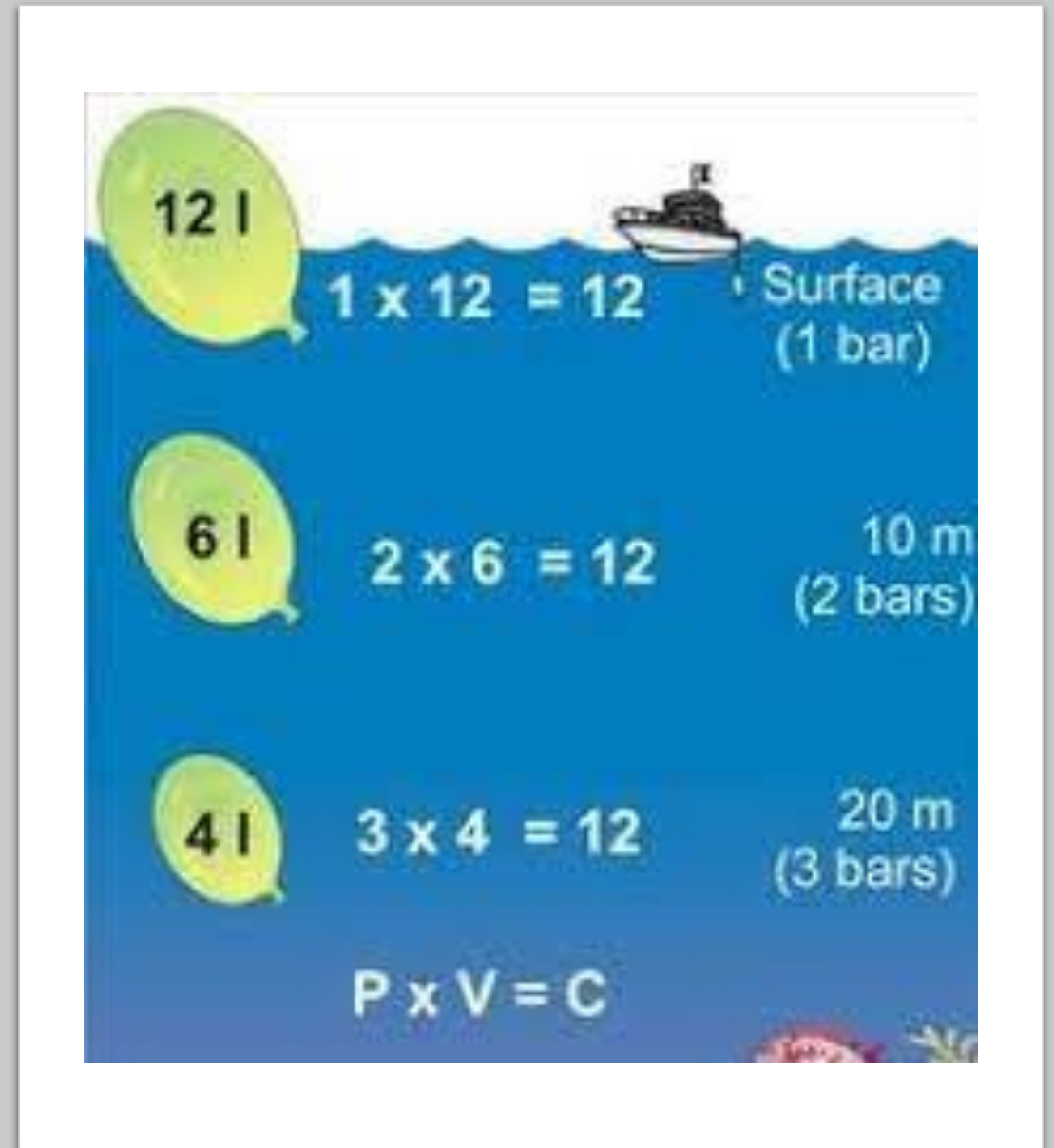
Soit un ballon de 12 L en surface donc à 1 bar

$$P_1 \times V_1 = 1 \times 12 = 12$$

A 10 m. = 2 bars donc  $P_2 \times V_2 = P_1 \times V_1 = 12$  soit  $V_2 = C / P_2$

$$\text{Soit } V_2 = 12 / P_2 \quad V_2 = 12/2 = 6 \text{ litres}$$

A 20 m.  $P_3 = 3$  bars. Donc  $V_3 = 12/3 = 4$  litres



# Lois Appliquées à la plongée (Archimède - Flottabilité)





## Archimède

scientifique grec né à Syracuse vers 287 av J-C et mort en 212 av J-C

### Le théorème d'Archimède :

<<Tous corps plongé dans un liquide reçoit de la part de ce liquide une poussée verticale de bas vers le haut, égale au poids du volume du liquide déplacé >>

Selon le poids volumique du fluide, la poussée d'Archimède est plus ou moins importante.

Dans l'air  $P_{arch} \text{ ( kg ) } = V(L) \times 0,12 \text{ kg/L}$

Dans l'eau douce  $P_{arch} \text{ ( kg ) } = V(L) \times 1 \text{ kg / L}$

Dans l'eau de mer  $P_{arch} \text{ ( kg ) } = V(L) \times 1.03 \text{ kg / L}$  (+3% de sel)

**Poids réel (Préel)** = poids d'un objet dans l'air

La poussée d'Archimède est une force qui s'oppose au poids réel

Poids apparent d'un objet = Poids de l'objet dans l'eau

**Le poids apparent d'un objet = est la différence entre son poids réel et la poussée d'Archimède**

$$P_{app} = P_{réel} - P_{arch}$$

(\*)= Si l'on mesure précisément la masse d'un mètre cube d'air sec (1000 L), on obtient 1,204 kg pour une pression de 1.013,25 hectopascals (1 bar) et une température de 20 °C.

Dans ces conditions, un litre d'air pèse 1,2 gramme à peu près.

# Lois Physiques : Pression- Volumes - Archimède

## Applications à la Plongée

-Effets de la combinaison de plongée

Les alvéoles augmentent le volume du plongeur

Nécessité d'une ceinture de plomb pour compenser la poussée d'Archimède.

-Sur le volume des poumons quand on est équilibré.

On descend quand on expire

On remonte quand on inspire



## Utilisation en plongée :

Poids Apparent = Poids réel – Poussée d'Archimède

Le poids apparent étant le poids que semble peser un objet dans l'eau

### Si le poids Apparent est :

-Positif ( $> 0$ ) Le corps est entraîné vers le fond

-Négatif ( $< 0$ ) Le corps est entraîné vers la surface

-Nul ( $= 0$ ) Le corps est en équilibre

### La poussée d'Archimède

$P_{ARCH} = V$  (volume en litre ou  $dm^3$ ) x  $d$  (densité du liquide)

Densité de l'eau douce  $d = 1$

Densité de l'eau de mer  $d = 1.03$

### Exercice

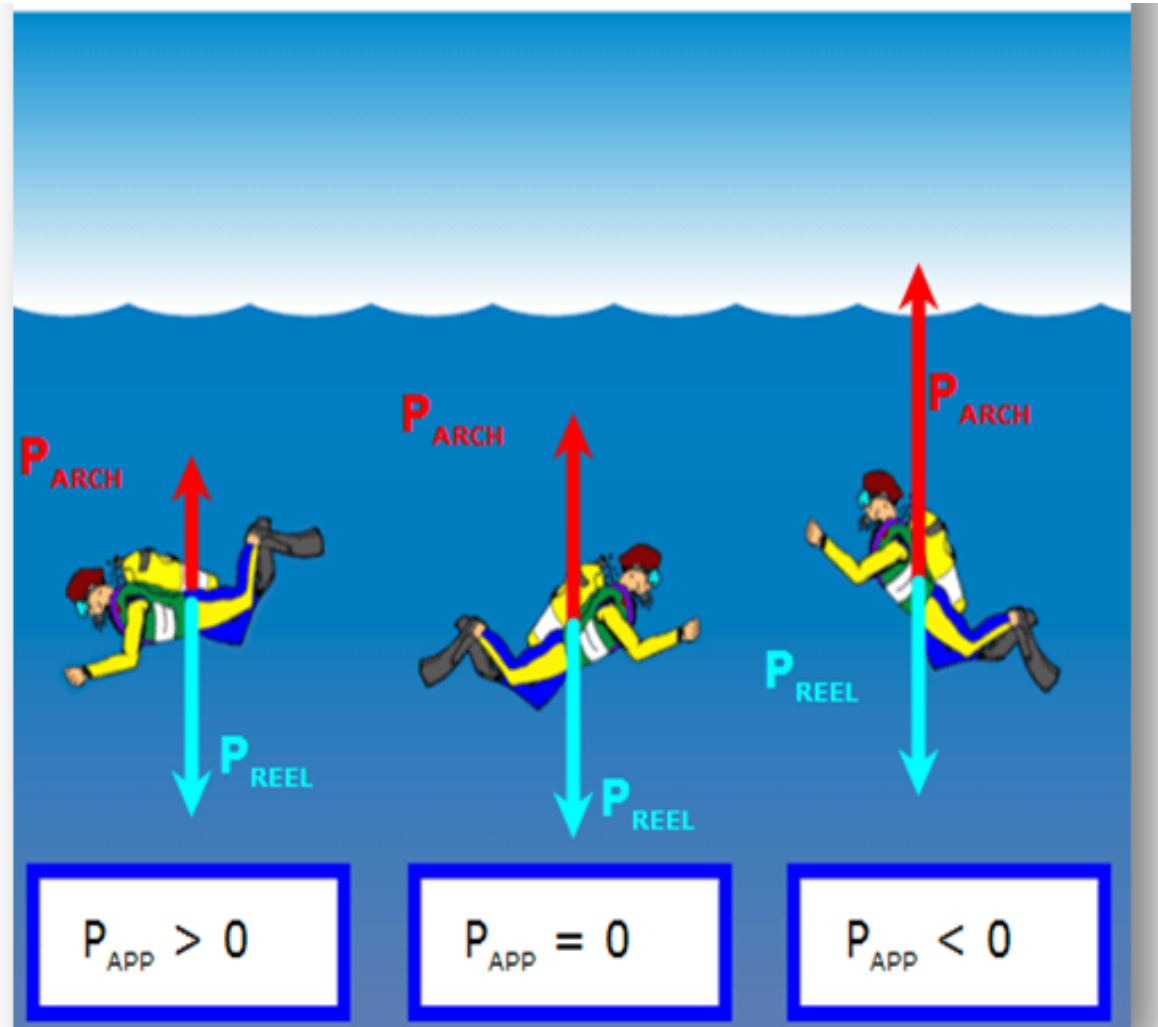
Un plongeur équipé à un volume de  $100 dm^3$  a une masse de  $99 kg$

Immergé dans de l'eau douce, quel est son poids apparent ? Que se passe-t-il ?

Même question dans l'eau de mer

Comment doit être son lestage ?

## Flotabilité



# Réponses aux exercices

- EXERCICE 1

R1

- Eau douce  
 $P_{app} = 99 - (100 \times 1)$   
 $P_{app} = -1$   
Le plongeur flotte, il doit rajouter 1kg de lest

R2

- Eau de mer  
 $P_{app} = 99 - (100 \times 1,03)$   
 $P_{app} = -4$   
Le plongeur flotte, il doit rajouter 4 kg de lest

- C'est pourquoi on se leste plus en mer qu'en eau douce

# La flottabilité de votre bouteille

Les caractéristiques de flottabilité des bouteilles sont très variables.

Par exemple, un bloc standard 12l en aluminium est de flottabilité négative de 1 Kg quand il est plein, mais il présentera 1,5 Kg de flottabilité positive quand il atteint la pression de réserve (50 bars).

Autre exemple un bloc standard 12l en acier, est de flottabilité négative de 4 Kg quand il est plein, mais il présentera une flottabilité toujours négative de 1,5 Kg quand il atteint la pression de réserve (50 bars).

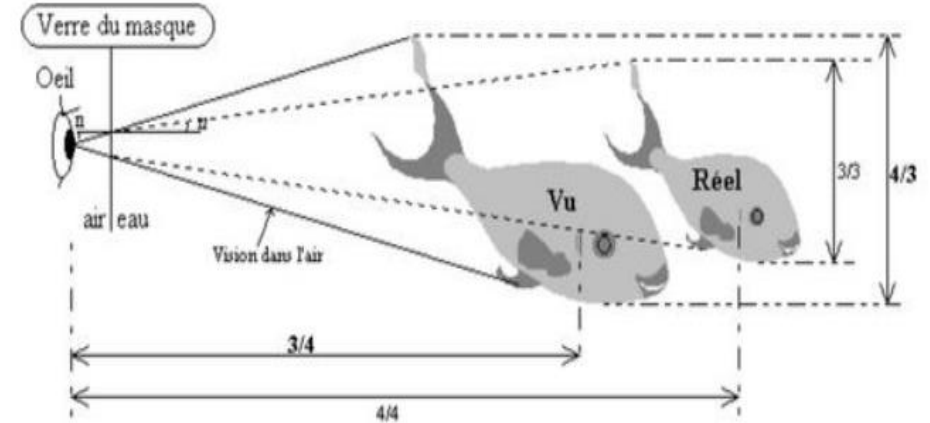
Dans les deux cas le différentiel de flottabilité sera de 2,5 Kg entre le début et la fin d'une plongée  
Pour un plongeur correctement lesté qui passe d'un bloc aluminium à un acier de même volume.

Ce plongeur pourrait théoriquement enlever 3 kilos de lest de sa ceinture.

*Astuce pour réduire son lestage : utiliser de préférence une bouteille en acier.*

Autres effets physiques de l'eau :  
Optique, Son, lumière et température

# OPTIQUE et LUMIERE



La lumière sous l'eau n'a pas les mêmes caractéristiques que dans l'air

Tout ce qui se trouve sous l'eau apparaît 1/3 plus gros

$$M_{app} = M_{réelle} (1 + 1/3)$$

Les objets paraissent plus proches : 3/4 de la distance réelle

$$D_{app} = D_{réelle} \times 3/4$$

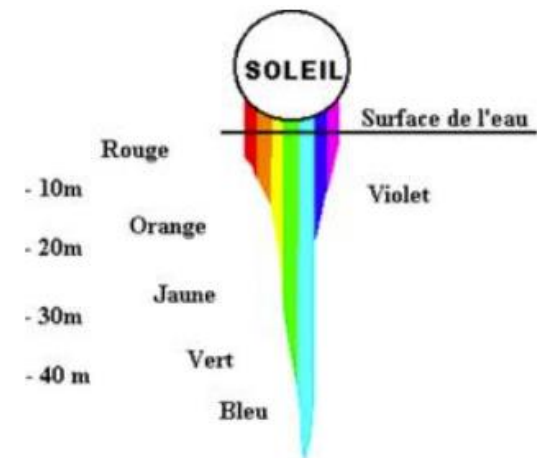
*Exemple : Un poisson apparaissant Mesurer 24 cm et à une Distance de 1,20 m, Mesure en réalité 18 cm et se trouve en réalité à une Distance de 1,60 m.*

Les couleurs s'estompent avec la profondeur:

La couleur rouge disparaît entre 0-5 m. L'orange entre 10-15 m.

Le jaune entre 15 et 25 m. A 25 m tout paraît bleu/vert.

A 100m de profondeur, la lumière a quasiment disparu.



# LE SON

Le son sous l'eau se déplace beaucoup plus vite que dans l'air

En surface sa vitesse est de **340m/s**

Sous l'eau sa vitesse est de **1500m/s (soit 5 fois plus vite)**

En surface, l'espacement entre nos deux oreilles suffit pour se rendre compte qu'un objet sonore se déplace et pour estimer sa direction.

Sous l'eau le son arrive en même temps aux deux oreilles, il n'est pas possible de discerner d'où il vient et encore moins sa direction

En conséquence **si on entend un bateau naviguer au-dessus de soi, il n'est pas possible d'estimer où il se trouve et encore moins sa direction.**

Seul le regard peut nous informer de ce qui navigue au-dessus!



# LA TEMPERATURE

- L'homme est un homéotherme, c'est-à-dire qu'il doit maintenir pour vivre sa température centrale à 37°C. Il ne peut conserver sa température centrale que si la température extérieure est
- à l'air est comprise entre 24 et 26°C,
- dans l'eau entre 33 et 35 °C.
- L'eau dans laquelle nous plongeons n'atteint jamais ces températures, donc en plongée on va se refroidir rapidement et  **dans l'eau le corps se refroidit 24 x plus vite**

Prévention de l'environnement

# BONNE CONDUITE EN PLONGEE DU PLONGEUR RESPONSABLE...

- Eviter tout contact avec la faune et la flore en maîtrisant sa flottabilité, son palmage
- Eviter de remuer le fond.
- Veiller à bien fixer les flexibles et accessoires ;
- Maîtriser son volume et sa robinetterie dans grottes et surplombs,
- Eviter d'expirer sous les surplombs.
- Limiter les perturbations lumineuses et sonores (phares, bulles )
- Proscrire le nourrissage.
- Ne pas déranger les animaux volontairement
- Ne toucher à rien – pour eux et pour soi

Pour aller plus loin voir les tutoriels sur le site internet Plongée FSGT

le nouveau cursus [Environnement : le nouveau cursus arrive bientôt ... en septembre ! - FSGT Plongée](#)

le nouveau livret de formation dédié > [Tutoriel Environnement subaquatique](#)

# CHARTRE DU PLONGEUR RESPONSABLE

## Longitude 181

« Cette charte est un guide. Ce n'est pas une somme de contraintes. Ses propositions doivent être envisagées au cas par cas, tant les sites de plongée, les situations diffèrent d'un lieu à l'autre. Son objet est de pousser chacun à s'interroger, et à mettre en place les conditions de plongée optimales pour une préservation et un partage équitable des richesses de la mer... »

<https://www.longitude181.org/pdf/Charte-Francais.pdf>

**LONGITUDE 181**  
LA VOIX de l'Océan

# CHARTRE INTERNATIONALE DU PLONGEUR RESPONSABLE

CETTE CHARTRE EST UN GUIDE  
Ses propositions doivent être envisagées au cas par cas, tant les sites de plongée, les situations diffèrent d'un lieu à l'autre. Son objet est de pousser chacun à s'interroger, et à mettre en place les conditions de plongée optimales pour une préservation et un partage équitable des richesses de la mer.

## 1 PREPAREZ VOTRE VOYAGE

Les centres de plongée n'offrent pas tous les mêmes prestations. Certains s'efforcent de protéger l'environnement et de partager plus équitablement les ressources naturelles avec les habitants du pays d'accueil. Cela leur coûte cher, vous coûte plus cher, mais, ensemble, vous contribuerez à la protection du milieu que vous aimez.

- 1 Choisissez une agence de voyage qui adhère à une charte éthique.
- 2 Privilégiez les Centres de Plongée Responsables qui sont concernés par la protection des fonds marins.
- 3 Renseignez-vous sur les écosystèmes marins que vous allez découvrir, sur les habitants du pays qui vous accueille.

## 2 AVANT LA PLONGÉE

- Remettez-vous en forme, entraînez-vous à gérer votre flottabilité : poumon-ballast, stab, lestage optimal.
- Informez-vous sur le site de plongée que vous allez découvrir, cela rendra votre plongée bien plus riche.
- Demandez une projection-présentation de l'écosystème à votre centre de plongée.
- Demandez la liste des espèces menacées, la liste des espèces protégées, les réglementations les concernant.
- Renseignez-vous sur les actions menées par le centre de plongée pour la protection du milieu.

## 3 SUR LE BATEAU

- Ne jetez rien par dessus bord.
- Refusez les assiettes et gobelets en plastique jetable.
- Demandez l'installations de poubelles sur le pont.
- Veillez à bien fixer détendeurs de secours et manomètres pour qu'ils ne s'accrochent pas.
- Choisissez des palmes courtes, peu agressives.

## 4 EN PLONGEE

- Dès la mise à l'eau, pensez à vérifiez votre lestage. 2 Kg
- Pensez à palmer doucement.
- Evitez le contact avec les plantes et animaux fixés.
- Ne prélevez rien, sauf des images
- Ne harcelez pas les animaux.
- Ne nourrissez pas les poissons.

## 5 APRES LA PLONGEE

- Economisez l'eau douce. C'est le bien le plus précieux.
- Demandez des installations qui évitent le gaspillage d'eau douce.

## 6 AGISSEZ EN CITOYEN RESPONSABLE

- N'achetez pas de souvenirs arrachés à la mer : dent de requin, carapace de tortue, coquillages...
- Boycotez les restaurants qui servent de la soupe d'ailerons de requin, des tortues, des cétacés ou des poissons capturés à la dynamite ou au cyanure.
- Demandez aux restaurateurs comment sont pêchés les produits de la mer.

[www.longitude181.org](https://www.longitude181.org)

# PREVENTION DE L'ENVIRONNEMENT



## CHARTRE INTERNATIONALE DU PLONGEUR RESPONSABLE



Privilégiez la pêche durable !



Ne gaspillez pas l'eau douce !



Ne ramenez que des images !



Ne jetez rien par dessus bord !



Ne laissez rien traîner !



Dessins offerts par Ptitluc

# Conclusion – nous avons abordé...

Rappels sur les notions abordées lors du précédent cours et compléments sur le déroulement d'une plongée (briefing et entretien du matériel)

Thématiques abordées : au regard du livret de certification OW-PA20

- Notions élémentaires sur la flottabilité (poussée d'Archimède et poids apparent).
- Notions élémentaires sur la pression (pression atmosphérique, hydrostatique, ambiante), sur la compressibilité des gaz et de la transmission des sons et de la lumière.
- Découverte de l'environnement subaquatique des petits fonds et sensibilisation à sa préservation (voir les tutoriels sur le site internet Plongée FSGT <https://plongee-fsgt.org/> en page commission environnement).



# MERCI POUR VOTRE PARTICIPATION

Prochaine Session le 23/01/2025

Sujet - Lors de la 2ème plongée, j'ai eu une douleur à l'oreille à la descente  
(Physiologie – Physique Appliquée à la plongée -  
Les barotraumatismes et leur prévention)

