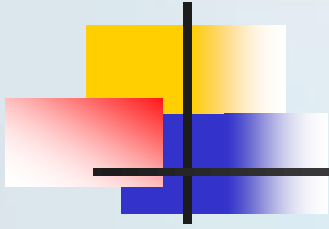


Connaissances théoriques

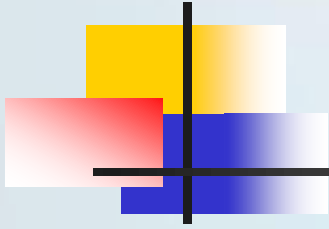
Niveau 4

Flottabilité
Compressibilité des gaz



Justification

- Utiliser les lois de la physique impactant l'évolution du plongeur.
- Epreuve Théorique N°12 : « Aspects théoriques de l'activité » (Coef 2)



Positionnement

Avant

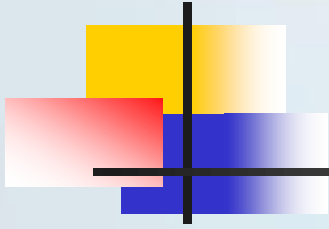
- Notions théoriques N3
- Pratique de la plongée

Maintenant

- Flottabilité
- Compressibilité des gaz

Après

- Pression partielle
- Barotraumatismes



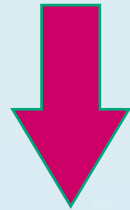
Objectifs

- Utiliser la poussée d'Archimède pour calculer un poids apparent et déterminer une flottabilité
- Appliquer la loi de Mariotte pour calculer une autonomie à partir d'une consommation et de la profondeur
- Appliquer la loi de Mariotte pour résoudre des problèmes de gonflage
- Déterminer l'influence de la température sur la pression des blocs

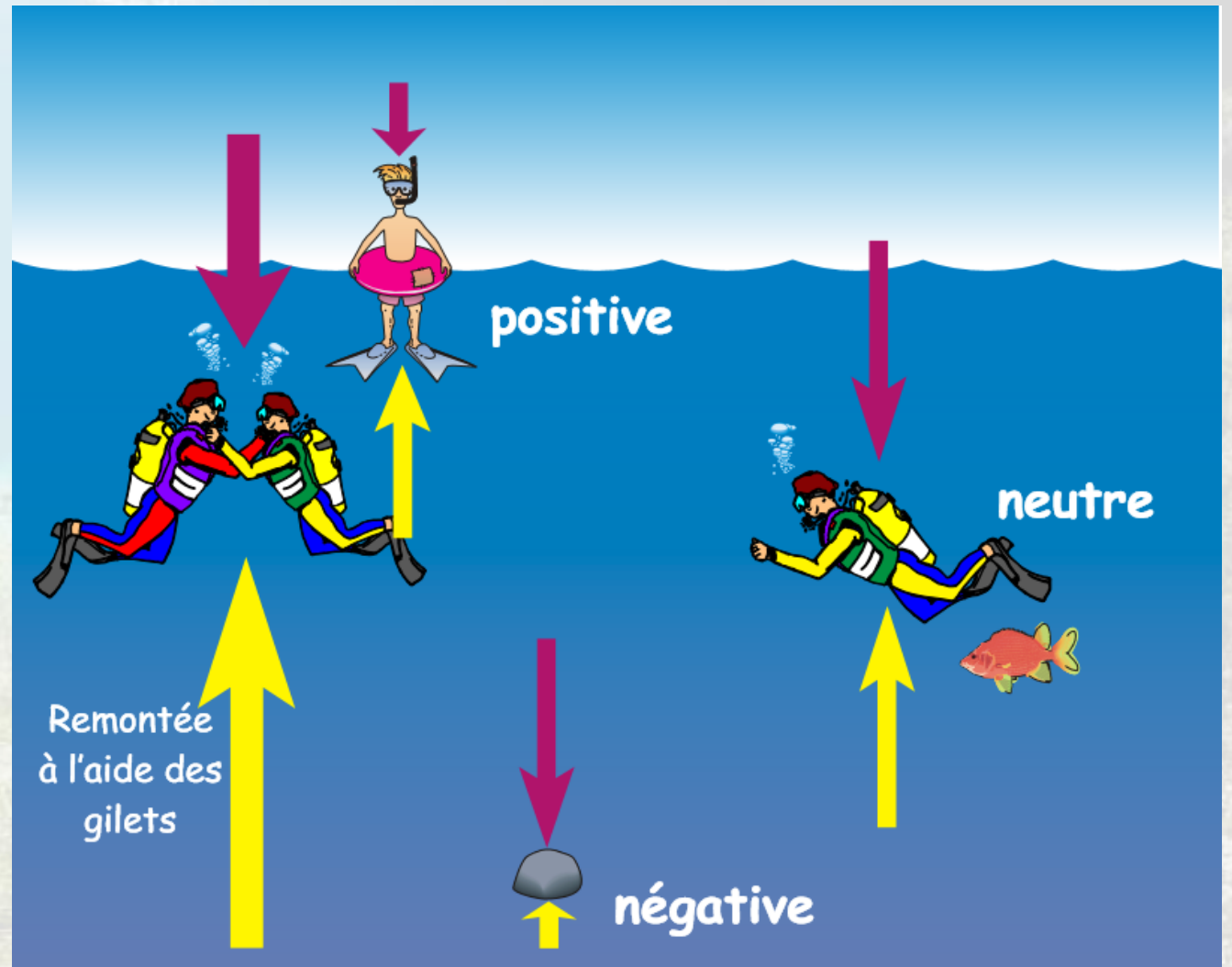
Notion de flottabilité

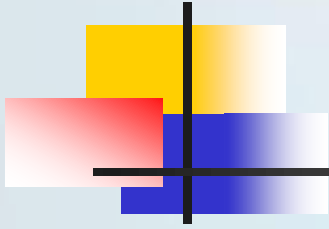
2 forces :

Poids :



**Poussée
d'Archimède :**

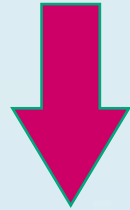




Notion de flottabilité

2 forces :

Poids :



Poids : en kg indépendant du milieu

**Poussée
d'Archimède :**



Poussée d'Archimède :
= Poids du volume d'eau déplacé



Variable en fonction de :

- Volume (poumon balast, stab)
- Densité de l'eau

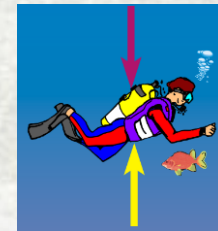
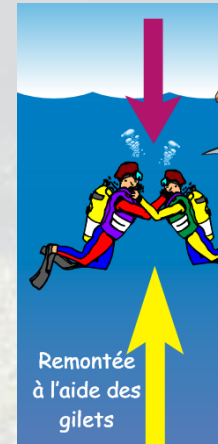
Notion de flottabilité

$$P_{Apparent} = Poids - P_{Archimède}$$

$P_{App} < 0$: On flotte → Flottabilité positive

$P_{App} = 0$: On est équilibré → Flottabilité nulle

$P_{App} > 0$: On coule → Flottabilité négative



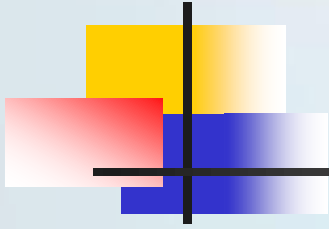
Poussée d'Archimède



$$P_{\text{Archimède}} = V_{\text{immergé}} \times d_{\text{liquide}}$$

kg

L ou dm³



Masse volumique / Densité

- Masse volumique

$$\rho_{\text{eau douce}} = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_{\text{eau mer}} = 1030 \text{ kg/m}^3$$

- Densité

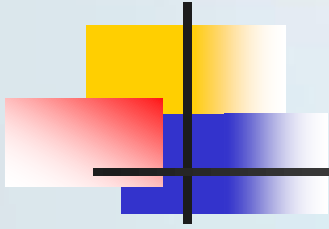
$$d_{\text{eau douce}} = 1$$

$$d_{\text{eau mer}} = 1,03$$

$$d_{\text{plomb}} = 11,3$$

$$d_{\text{corps humain}} = ?$$

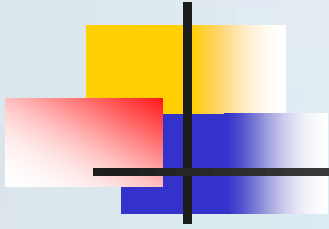
Poumons pleins $d < 1$
Poumons vides $d > 1$



Notion de flottabilité

- Application à la plongée :
 - Poumon ballast
 - Lestage, combinaison
 - Gestion de la flottabilité avec gilet stabilisateur,
 - Relevage d'objet.
- Conséquences pour GP:
 - Vérifier le lestage (différent entre l'eau douce et l'eau de mer)
 - Test de flottabilité
 - Plomb péda





Notion de flottabilité

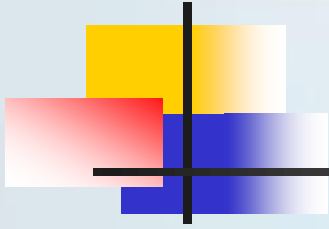
Exercice 1:

Un plongeur équipé a un volume de 100 dm^3 et une masse de 98 kg.

Immergé dans de l'eau douce, quel est son poids apparent ?

Quel doit être son lest pour être équilibré ? (Le volume du plomb est négligeable devant celle du plongeur)

Quel doit être son lestage dans l'eau de mer ?



Notion de flottabilité

Exercice 1:

Un plongeur équipé a un volume de 100 dm^3 et une masse de 98 kg.

Immergé dans de l'eau douce, quel est son poids apparent ?

Quel doit être son lest pour être équilibré ? (Le volume du plomb est négligeable devant celle du plongeur)

$$P_{app} = 98 - 100 \times 1$$

$$P_{app} = -2 \text{ kg}$$

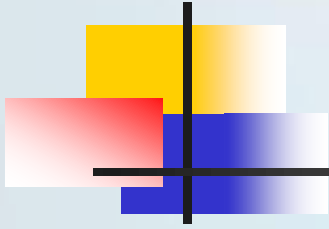
Le plongeur flotte, il doit rajouter 2kg de lest

Quel doit être son lestage dans l'eau de mer ?

$$P_{app} = 98 - (100 \times 1,03)$$

$$P_{app} = -5 \text{ kg}$$

Le plongeur flotte, il doit rajouter 3 kg de lest



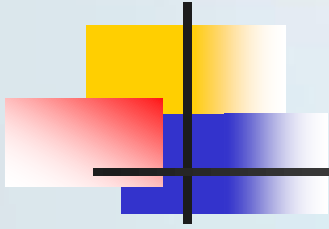
Notion de flottabilité

Exercice 2:

La masse d'un caisson étanche est égal à 3 kg son volume est de 5 litres. On dispose de lests en plomb de densité 11,3

Quelle est la masse de lest à ajouter pour que le poids apparent du caisson soit nul en eau douce ($d = 1$) si le lest étant placé à l'intérieur du boîtier.

Que ce passe t-il si le lest est placé à l'extérieur du boîtier ?



Notion de flottabilité

Exercice 2:

La masse d'un caisson étanche est égal à 3 kg son volume est de 5 litres. On dispose de lests en plomb de densité 11,3

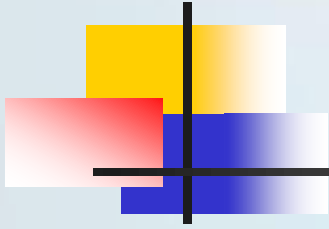
Quelle est la masse de lest à ajouter pour que le poids apparent du caisson soit nul en eau douce ($d = 1$) si le lest étant placé à l'intérieur du boîtier.

Papp sans lest : $P_{app} = 3 - 5 = -2$

Il faut rajouter 2 kg

Si on le met à l'intérieur le volume total n'est pas modifié :

Il faut rajouter 2kg de plomb.



Notion de flottabilité

Exercice 2:

La masse d'un caisson étanche est égal à 3 kg son volume est de 5 litres. On dispose de lests en plomb de densité 11,3

Que ce passe t-il si le lest est placé à l'extérieur du boîtier ?

Si on le met à l'extérieur le volume est modifié, la poussée d'Archimède va s'exercer aussi sur le plomb.

$$P_{app} = P_{réel\ total} - P_{Archi\ total}$$

$$\text{Si équilibre : } (5 + V_{pb}) \times d_{eau} = (3 + V_{pb} \times d_{pb})$$

$$5 + V_{pb} = 3 + V_{pb} \times 11,3$$

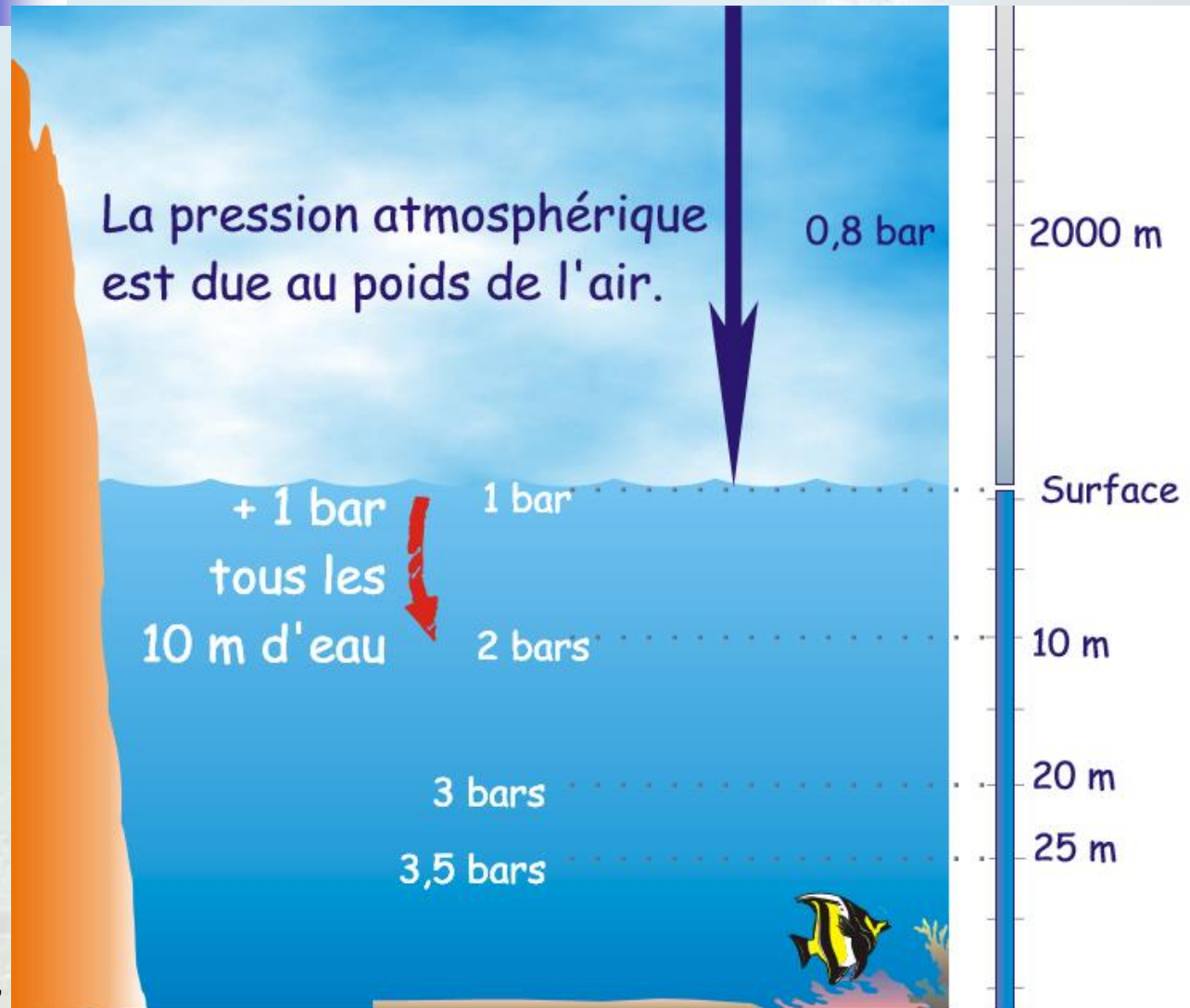
$$5 - 3 = 11,3 \times V_{pb} - V_{pb}$$

$$2 = 10,3 \times V_{pb}$$

$$\text{donc } V_{pb} = 2 / 10,3 = 0,194 \text{ l}$$

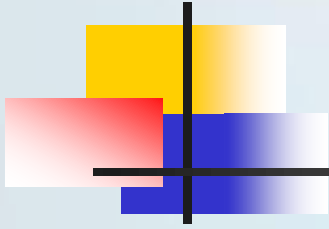
$$P = V_{pb} \times d_{pb} = 0,194 \times 11,3 = 2,19 \text{ kg de plomb.}$$

Pression dans l'eau



A Retenir:

- 1 bar tous les 10 m d'eau
- Variation importante dans la 10 premiers mètres



Pression dans l'eau

Déterminer la pression absolue aux profondeurs suivantes:

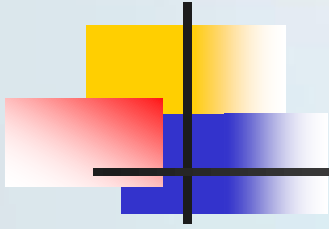
- 3 mètres :
- 10 mètres :
- 15 mètres :
- 30 mètres :
- 60 mètres :



FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE
ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

08/01/2023

TPO / CODEP 17



Relation Pression Volume

Loi de Mariotte :
À température constante

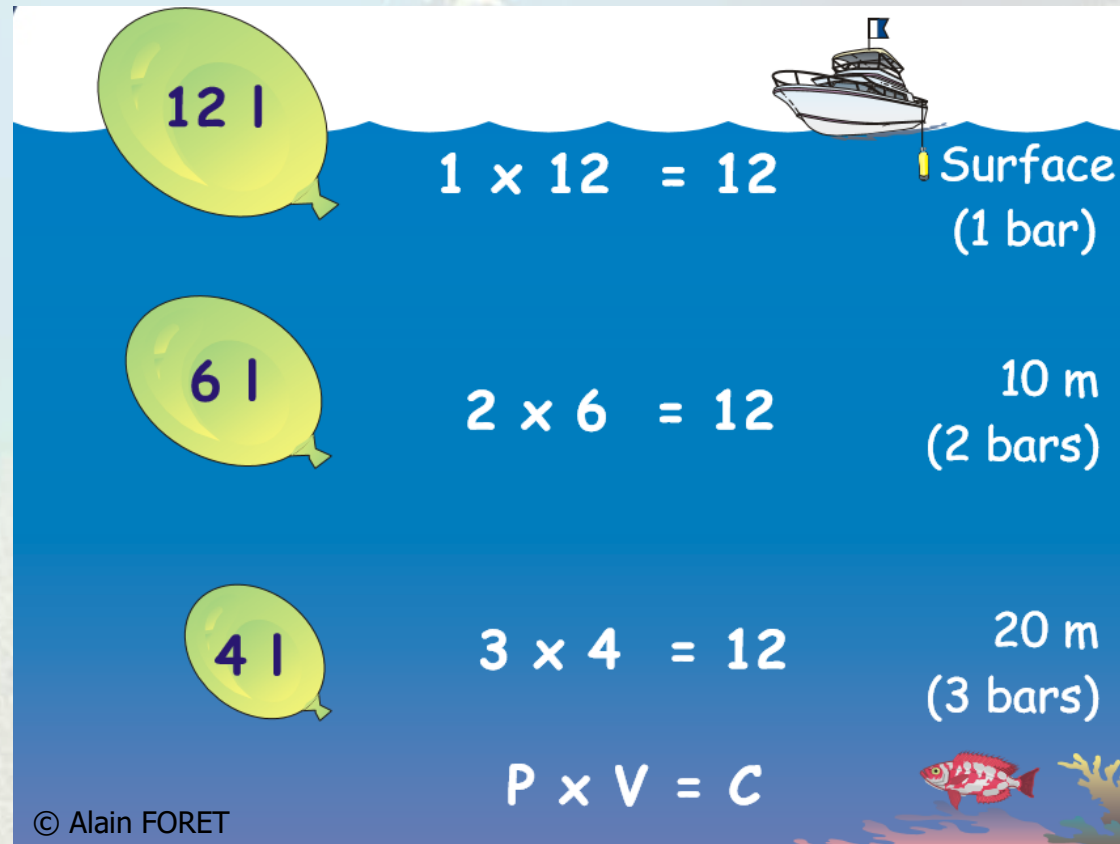
$$p \times V = \text{cte}$$

Pression **absolue** d'un gaz
(bar)

Volume occupé par le gaz
(m³ ou litre)

Relation Pression Volume

$$p \times V = \text{cte}$$



© Alain FORET

Relation Pression Volume

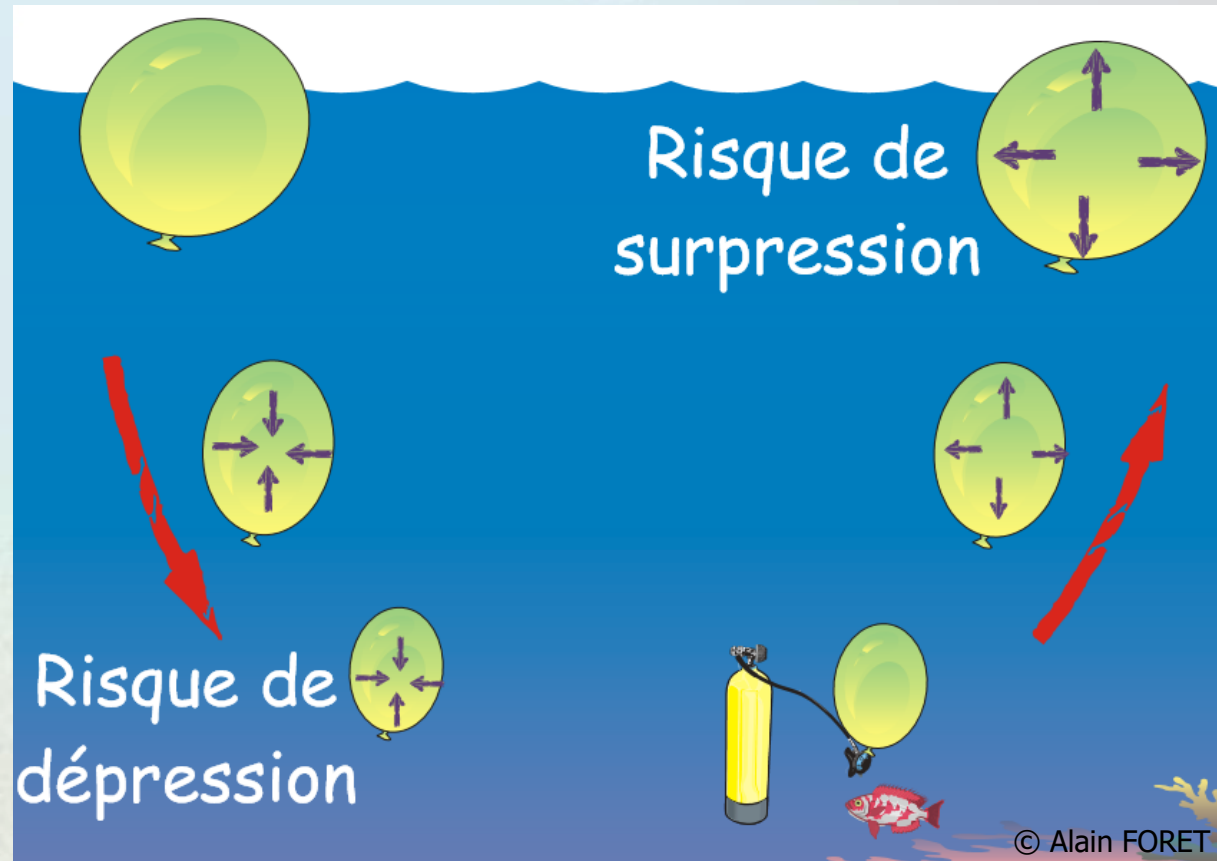
$$p \times V = \text{cte}$$

Barotraumatismes à la descente :

-
-
-
-
-

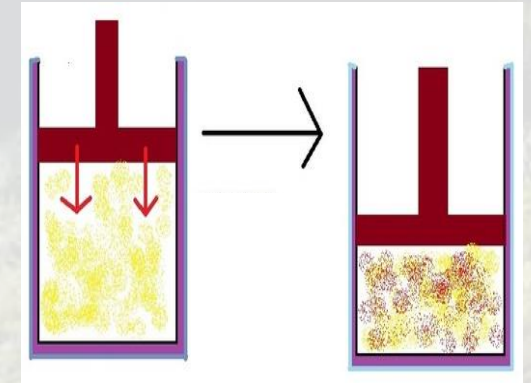
Barotraumatismes à la remontée :

-
-
-
-
-



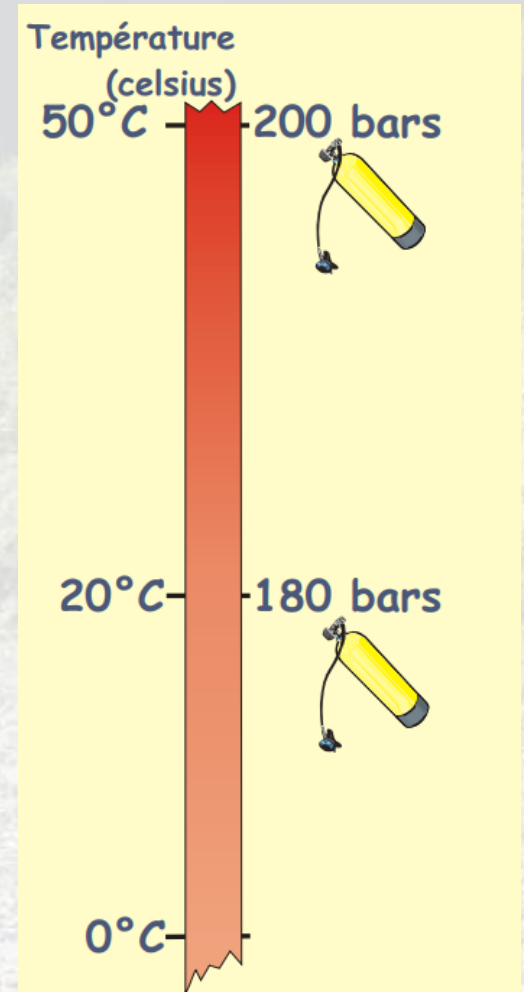
Influence de la température

- Lorsque l'on comprime un gaz sa température augmente
 - La pompe à vélo chauffe
 - Le bloc est chaud après compression
 - On a besoin de refroidir le compresseur
- Lorsque l'on détend un gaz sa température diminue
 - Risque de givrage du détendeur
 - L'air respiré dans le détendeur est frais

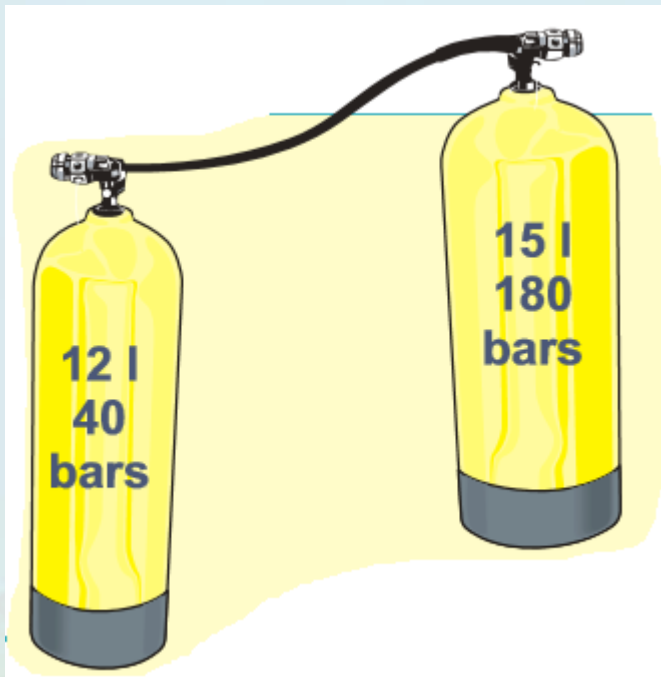


Influence de la température

- Lorsque l'on augmente température d'un volume de gaz constant, sa pression augmente
 - La pression des pneus augmente lorsqu'ils s'échauffe
 - Cocotte minute
- Lorsque l'on diminue la température d'un volume de gaz constant, sa pression diminue
 - Le bloc perd en pression lorsqu'il refroidi



Exercice

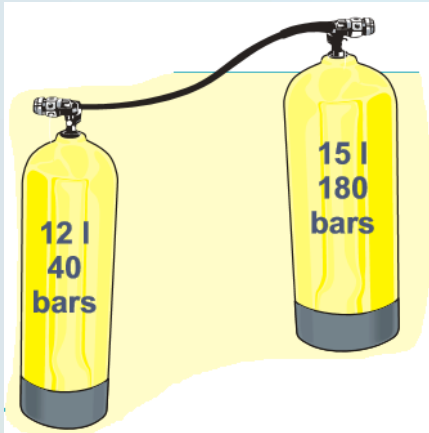


On raccorde 2 bouteilles avec un flexible puis on ouvre les 2 robinets

Dans quel sens circule l'air ?

Quel est la pression dans chacune des bouteille ?

Exercice



On raccorde 2 bouteilles avec un flexible puis on ouvre les 2 robinets

Dans quel sens circule l'air ?

L'air circule de la haute pression vers la basse pression

Quel est la pression dans chacune des bouteille ?

12L à 40bar donnent 480L à 1bar

15L à 180bar donnent 2700L à 1bar

Donc un volume total de 3180L à 1bar

Lorsque ce volume est comprimé dans le volume des 2 bouteilles

12+15=27L

3180/27=118bar

Exercice



Après le gonflage de son bloc un de tes plongeurs vérifie sa pression qui est de 210 bars.

Après le trajet vers le site de plongée au moment de faire son check matériel et alors que son bloc était fermé pendant le trajet, ton plongeur t'indique qu'il n'y a plus que 190 bars.

A l'aide de tes connaissances sur la compressibilité des gaz explique simplement ce phénomène.

Exercice



Après le gonflage de son bloc un de tes plongeurs vérifie sa pression qui est de 210 bars.

Après le trajet vers le site de plongée au moment de faire son check matériel et alors que son bloc était fermé pendant le trajet, ton plongeur t'indique qu'il n'y a plus que 190 bars.

A l'aide de tes connaissances sur la compressibilité des gaz explique simplement ce phénomène.

- Lors du gonflage l'air est mis sous pression ce qui génère un échauffement
- Le bloc ayant un volume constant quand la température du bloc et du gaz diminue à volume constant sa pression diminue

Exercice



A 10 m, je déploie mon parachute de palier qui a un poids de 500g et j'y introduit que 3 L d'air alors qu'il peut en contenir 5L.

Le volume d'air introduit est-il suffisant ?
Que se passe t-il lors de la remontée ?

Exercice



A 10 m, je déploie mon parachute de palier qui a un poids de 500g et j'y introduit que 3 L d'air alors qu'il peut en contenir 5L.

Le volume d'air introduit est-il suffisant ?
Que se passe t-il lors de la remontée ?

Les 3L d'air introduits génèrent une poussée d'Archimède de 3kg. Ce qui est largement supérieur à 0,5kg du parachute.

Donc le parachute a une flottabilité positive, il monte. Il ne faut pas partir avec !

La pression à 10m est de 2bars donc $2 \times 3 = 6$

A la surface, la pression est de 1bar $1 \times V = 6$ donc $V = 6L$

Le parachute se gonfle complètement et 1L s'échappe en fin de remontée à partir de 2m

Exercice



En tant que guide de palanquée, au palier tu constates qu'un des tes plongeurs a du mal à tenir son palier alors qu'il lui reste 60 bars dans son bloc de 12L (Pression de départ 210bars) Son gilet stabilisateur est vide et tu avais fait une vérification de son lestage au départ : ainsi il était parfaitement équilibré à 3M gilet vide. Sachant qu'un litre d'air pèse 1,2g combien de plomb lui conseilles-tu d'ajouter pour la prochaine plongée pour éviter que cela se reproduise ?

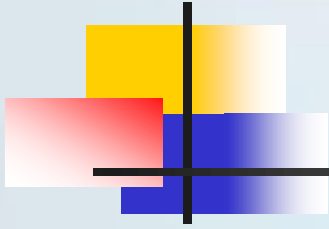
Exercice



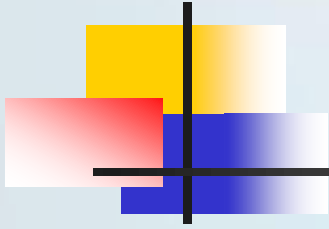
En tant que guide de palanquée, au palier tu constates qu'un des tes plongeurs a du mal à tenir son palier alors qu'il lui reste 60 bars dans son bloc de 12L (Pression de départ 210bars) Son gilet stabilisateur est vide et tu avais fait une vérification de son lestage au départ : ainsi il était parfaitement équilibré à 3M gilet vide. Sachant qu'un litre d'air pèse 1,2g combien de plomb lui conseilles-tu d'ajouter pour la prochaine plongée pour éviter que cela se reproduise ?

$$\text{Air consommé} = 12 \times 150 \text{ bars} = 1680 \text{ L}$$

$$\text{Poids air consommé} = 1680 \times 1,2 = 2016\text{g soit environ } 2\text{Kg}$$



Questions ?



Bonnes plongées