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)

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

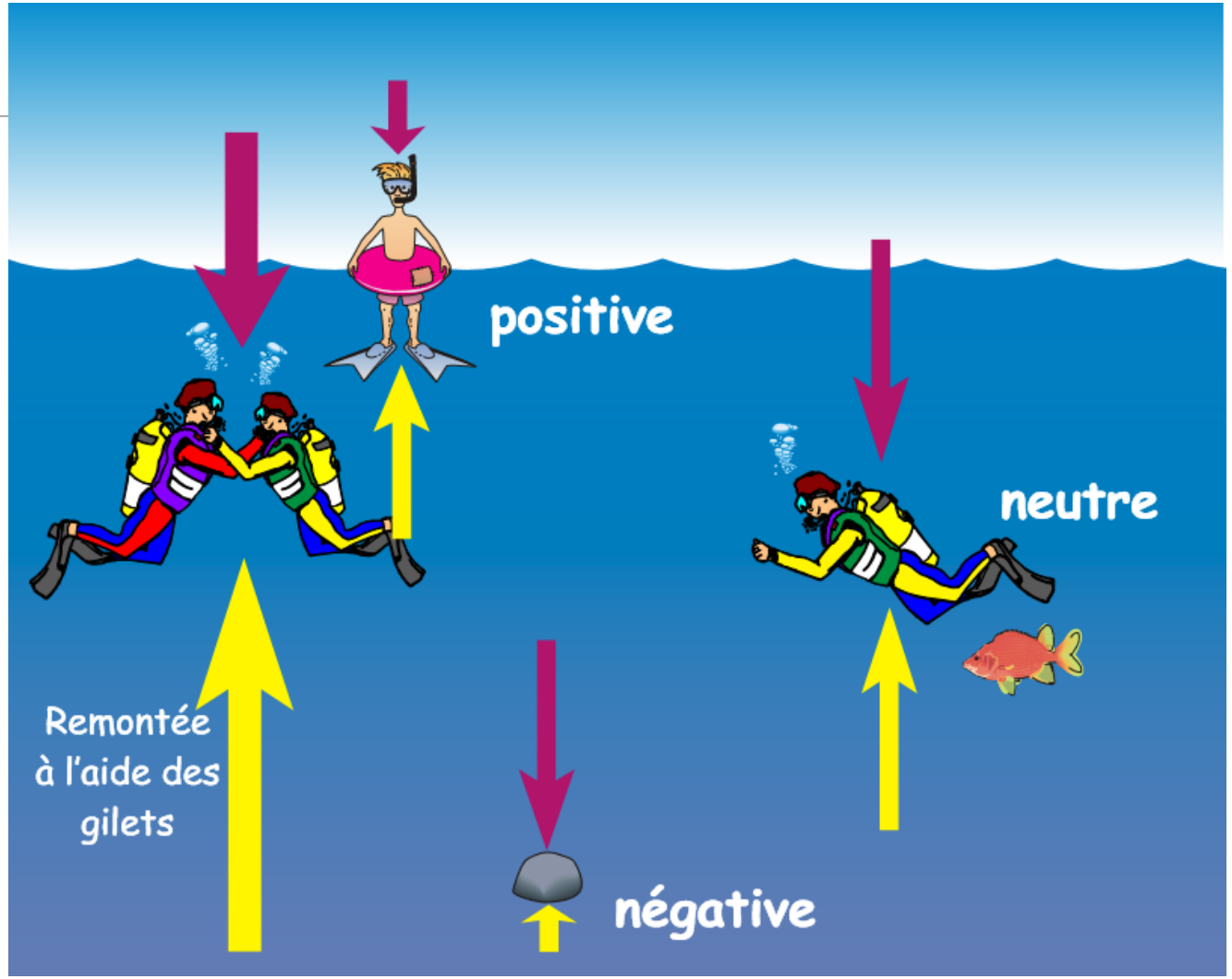
FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE
ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

Notion de flottabilité

<u>2 forces :</u>

Poids :

Poussée d'Archimède :



Notion de flottabilité

<u>2 forces :</u>

Poids :

Poids : en kg indépendant du milieu

Poussée d'Archimède :

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

Variable en fonction de :

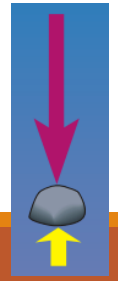
- Volume (poumon balast, stab)
- Densité de l'eau

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 dm^3

Masse volumique / Densité

- Masse volumique

$\rho_{eau\ douce} = 1000\ kg/m^3$

$\rho_{eau\ mer} = 1030\ kg/m^3$

- Densité

$d_{eau\ douce} = 1$

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

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

$d_{corps\ humain} = ?$

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

FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE
ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

Notion de flottabilité

<u>Exercice 1:</u>

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 ?

FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE
ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

Notion de flottabilité

<u>Exercice 1:</u>

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)

Papp =98-100 x 1

Papp =- 2 kg

Le plongeur flotte, il doit rajouter 2kg de lest

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

P_{app} *=98 - (100 x 1,03)*

P_{app} *= -5 kg*

Le plongeur flotte, il doit rajouter 3 kg de lest

FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

Notion de flottabilité

<u>Exercice 2:</u>
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 ?

FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE
ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

Notion de flottabilité

<u>Exercice 2:</u>

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.

FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

Notion de flottabilité

<u>Exercice 2:</u>

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.

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

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

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

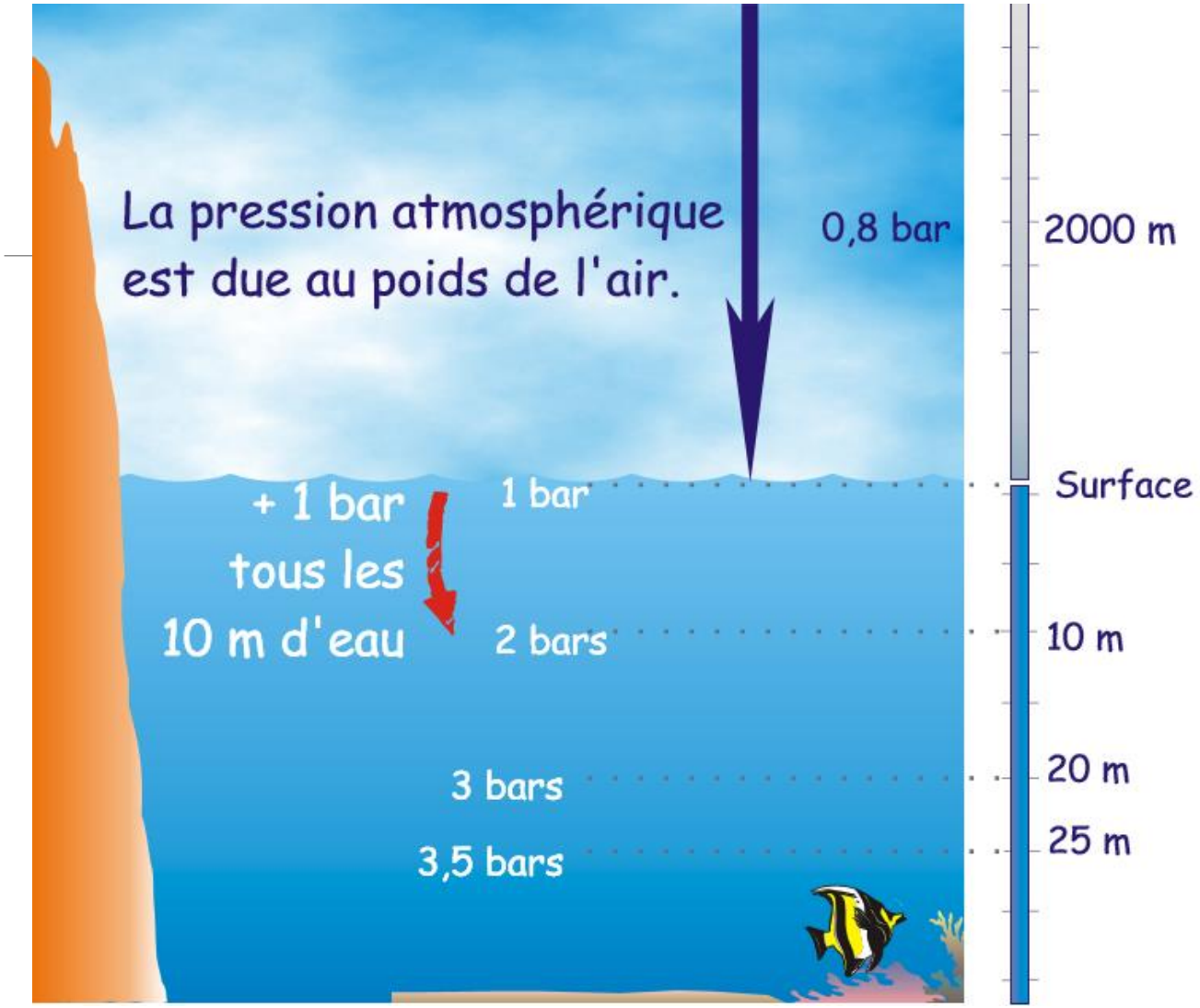
$5 - 3 = 11{,}3 \times V_{pb} - V_{pb}$

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

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

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

FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS



Pression dans l'eau

<u>A Retenir:</u>

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

FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

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

Relation Pression Volume

Loi de Mariotte :
À température constante

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

ou

$$P1xV1 = P2xV2$$

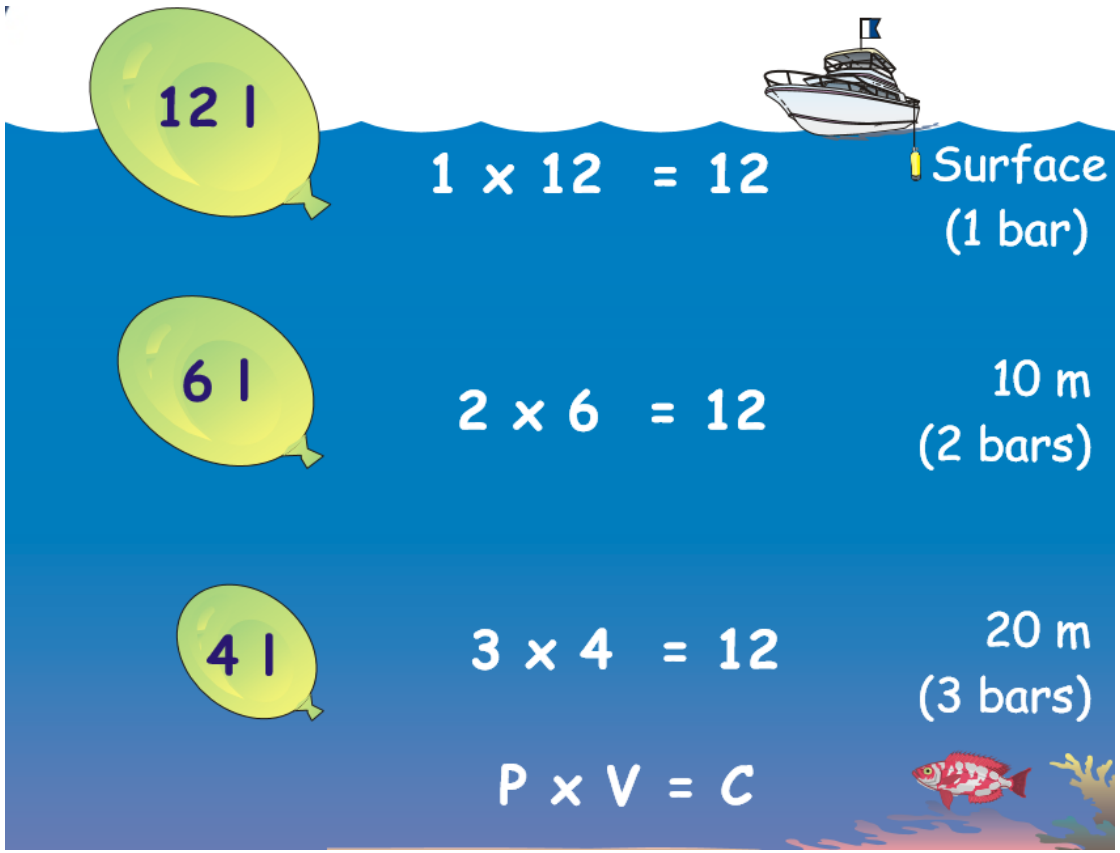
Pression **absolue** d'un gaz
(bar)

Volume occupé par le gaz
(m^3 ou litre)

FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE
ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

Relation Pression Volume

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

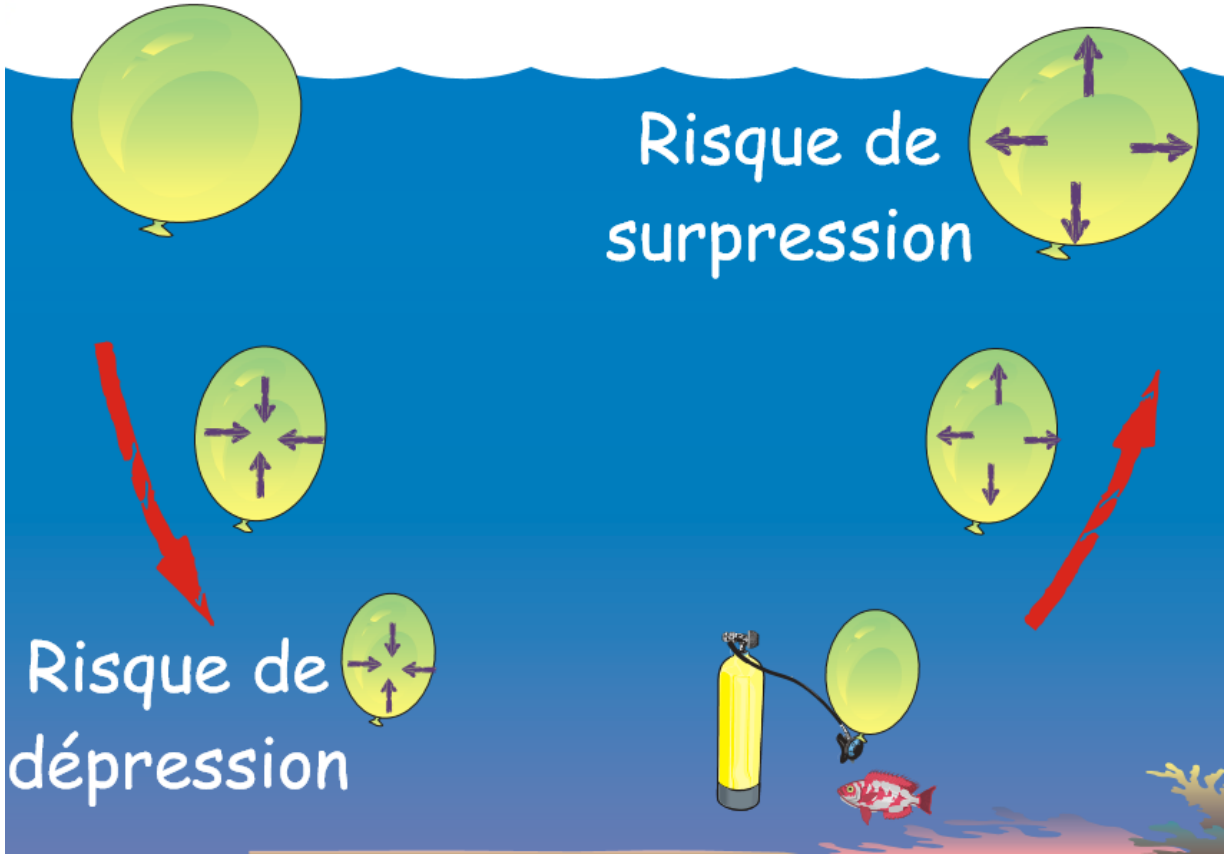


Relation Pression Volume

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

<u>Barotraumatismes à la descente :</u>

-
-
-
-
-



<u>Barotraumatismes à la remontée :</u>

-
-
-
-
-

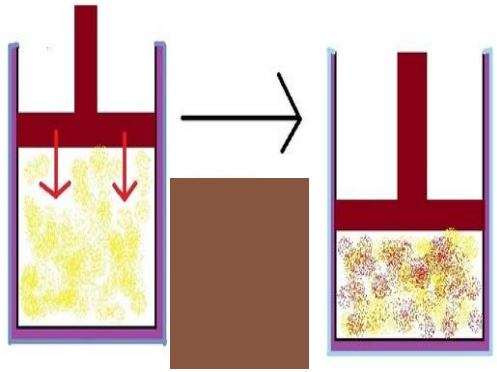
FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

© Alain FORET

Influence de la température

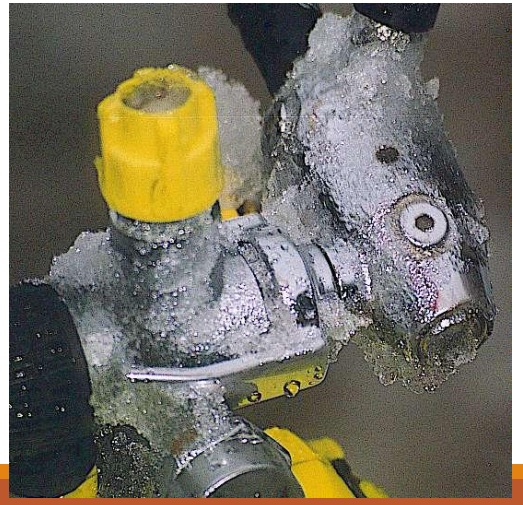
Lorsque l'on comprime un gaz sa température augmente

- 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



FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

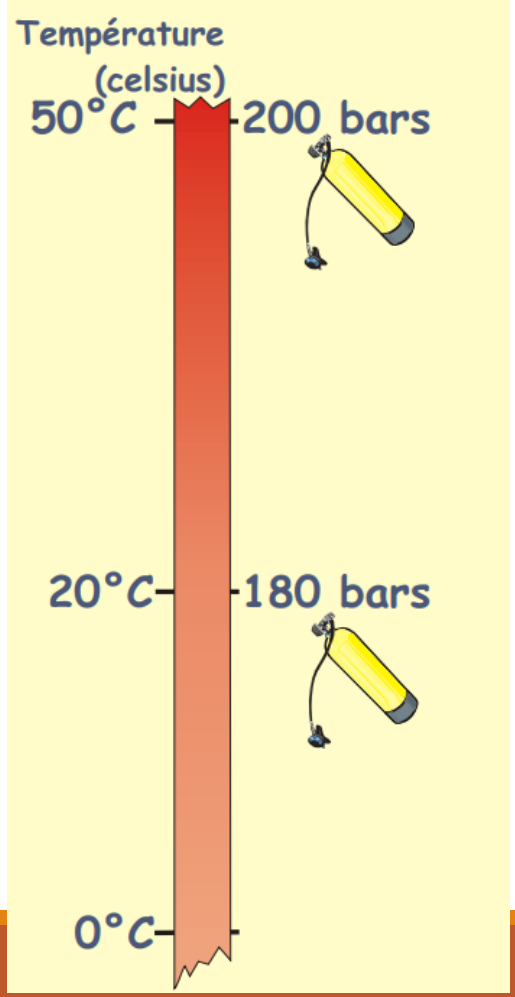
Influence de la température

Lorsque l’on augmente température d’un volume de gaz constant, sa pression augmente

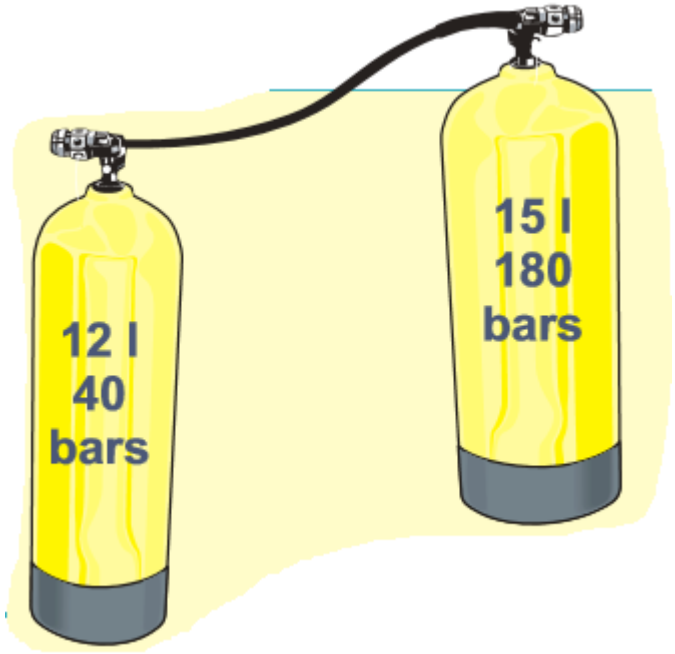
- La pression des pneus augmente lorsqu’ils s'échauffent
- Cocotte minute

Lorsque l’on diminue la température d’un volume de gaz constant, sa pression diminue

- Le bloc perd en pression lorsqu’il refroidit



Exercice



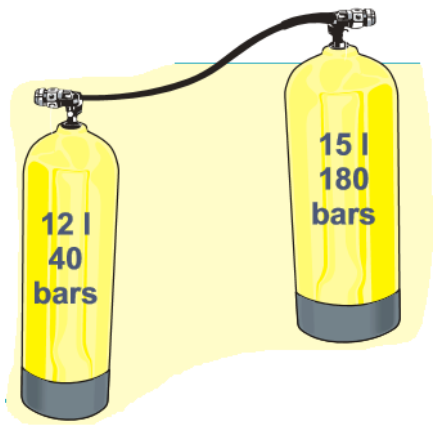
On raccorde 2 bouteilles avec un flexible puis on ouvre les 2 robinets

Dans quel sens circule l'air ?

Quel est la pression dans chacune des bouteilles ?

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 bouteilles ?

12L à 40bars donnent 480L à 1bar

15L à 180bars 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=118bars

FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE
ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

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.

FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE
ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

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 a volume constant sa pression diminue

FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

Exercice

A 10 m, je déploie mon parachute de palier qui a un poids de 500g et j'y introduit que 3L 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 3L 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 2x3=6
A la surface, la pression est de 1bar 1xV=6 donc V=6L
Le parachute se gonfle complètement et 1L s'échappe en fin de remontée à partir de 2m

FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

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 210 bars) 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 plombs lui conseilles-tu d'ajouter pour la prochaine plongée pour éviter que cela se reproduise ?

FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE
ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

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 plombs lui conseilles-tu d'ajouter pour la prochaine plongée pour éviter que cela se reproduise ?

Air consommé = 12 x 150 bars = 1680 L
Poids air consommé = 1680 x 1,2 = 2016g soit environ 2Kg

FFESSM
FÉDÉRATION FRANÇAISE ÉTUDES & SPORTS SOUS-MARINS

Questions ?

Bonnes plongées