



Le lestage et la consommation

1

Cours niveau II

LESTAGE ET CONSOMMATION « incontournables de l'autonomie »



Plan du cours

2

Le lestage



- a) La poussée d'Archimède
- b) Les facteurs influençant la flottabilité
- c) Eléments ayant un effet sur notre poids réel

Consommation d'air et profondeur

- a) Rappels sur les pressions
- b) L'autonomie diminue avec la profondeur
- c) Facteurs influençant notre consommation



Le Lestage

3

Plan du cours

- **Le lestage**
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

Le plaisir ressenti en plongée dépend, en bonne partie, de la maîtrise de l'équilibre dans l'eau.

Facteur essentiel de :

- Sécurité
- Protection de l'environnement
- Confort



Les éléments théoriques abordés dans ce chapitre permettront au plongeur d'atteindre la maîtrise de l'équilibre dans l'eau



La poussée d'Archimède

4

Plan du cours

- Le lestage
- **La poussée d'Archimède**
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

Le fait qu'un plongeur puisse:

- se maintenir en surface
- s'immerger
- s'équilibrer au-dessus du fond
- descendre et monter
- gérer sa vitesse de descente et de remontée
- s'équilibrer au palier,



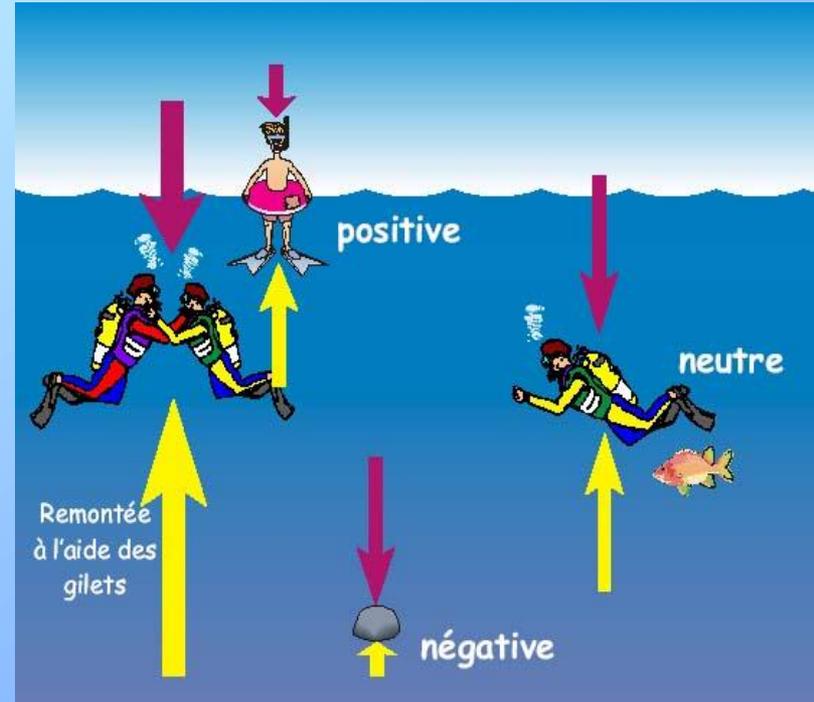
Tout cela est une application directe du principe d'Archimède

La poussée d'Archimède

Plan du cours

- Le lestage
- **La poussée d'Archimède**
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

Loi: Tout corps plongé dans un fluide reçoit une poussée verticale dirigée de bas en haut et égale au poids du volume de fluide déplacé



En conséquence, le fait de monter ou descendre dans l'eau dépend de la force la plus importante: c'est le poids apparent
 Le poids apparent dans l'eau est égal au poids réel en surface moins le poids du volume d'eau déplacé (poussée d'Archimède)

$$\text{Poids apparent (kg)} = \text{Poids réel (kg)} - \text{poussée d'Archimède (kg)}$$



La poussée d'Archimède

6

Plan du cours

- Le lestage
- **La poussée d'Archimède**
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

Le poids apparent détermine la flottabilité du plongeur dans l'eau

Poids apparent	Flottabilité	Effet
$P_{app} > 0$	flottabilité négative	le plongeur coule
$P_{app} = 0$	flottabilité neutre	le plongeur est en équilibre
$P_{app} < 0$	flottabilité positive	le plongeur flotte





Exemple de calculs

7

Plan du cours

- Le lestage
- **La poussée d'Archimède**
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

- Un plongeur pèse 70kg équipé de sa combinaison et de son bloc pour un volume de 72l.

Que se passe t-il?

- Poids réel: 70kg
- Poussée d'Archimède 72kg
- Poids apparent: $70 - 72 = -2\text{kg}$
- **P.app < 0** **il flotte**





Exemple de calculs

8

Plan du cours

- Le lestage
- **La poussée d'Archimède**
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

- Notre plongeur pèse toujours 70kg équipé de sa combinaison et de son bloc pour un volume de 67l. Que se passe-t-il?
- Poids réel: 70kg
- Poussée d'Archimède: 67kg
- Poids apparent: $70 - 67 = 3$
- **P.app > 0** **il coule**

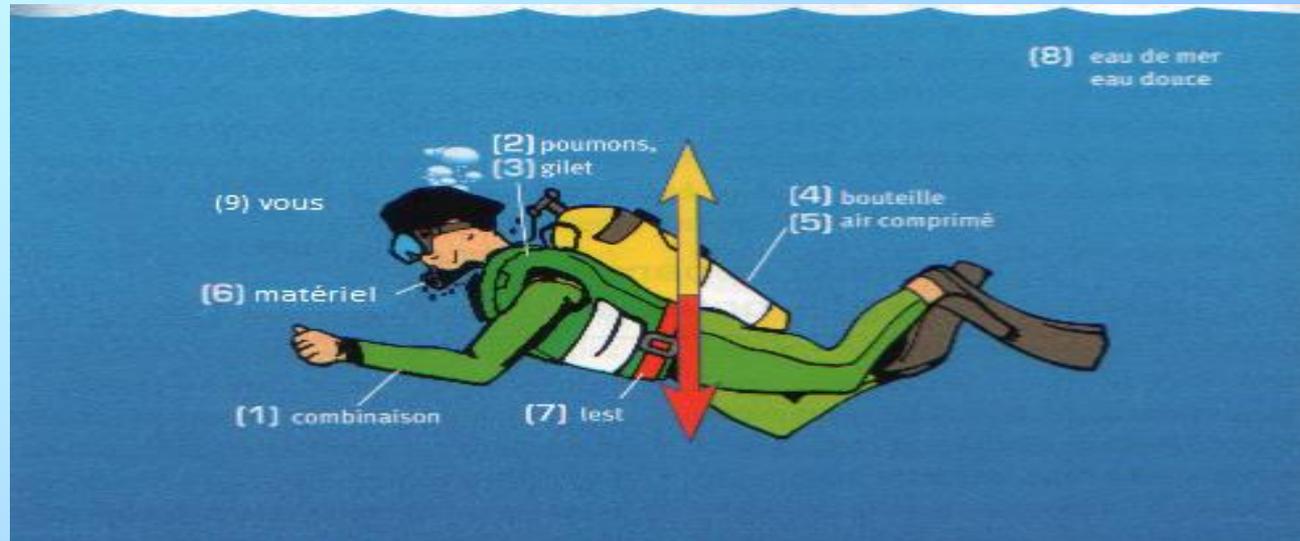


Les facteurs influençant la flottabilité

Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- **Les facteurs influençant la flottabilité**
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

Daniel 08/10/2019

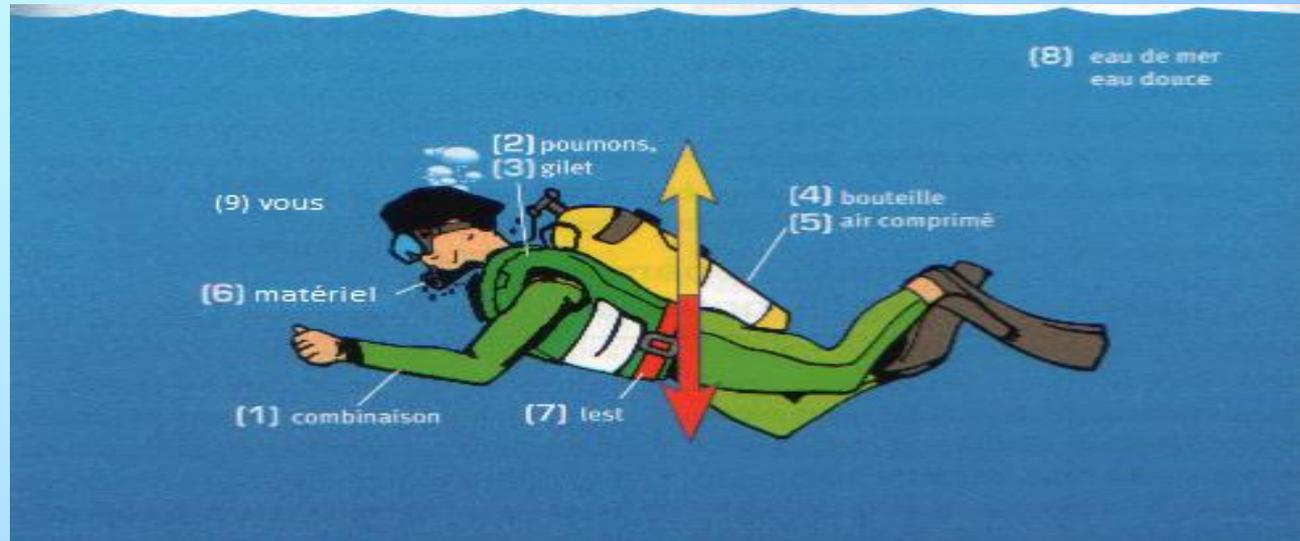


- (1) La combinaison de plongée agit +/- comme une bouée selon l'épaisseur du Néoprène, la taille et le type de vêtement. La flottabilité diminue si la profondeur augmente (diminution du volume de la combinaison)
- (2) Les poumons peuvent se gonfler pour augmenter notre flottabilité ou au contraire se vider pour diminuer la poussée de l'eau (le poumon-ballast). La ventilation joue un rôle de régulateur
- (3) Le gilet peut aussi se gonfler pour augmenter la flottabilité

Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- **Éléments ayant un effet sur notre poids réel**
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

Daniel 08/10/2019



- (4) La bouteille de plongée qui se comporte comme un lest, variable selon le volume, les matériaux utilisés (acier, aluminium)
- (5) L'air comprimé de votre bouteille représente 1,29g/litre, soit environ 3kg pour un 12 litres à 200 bars. Vous serez donc plus légers de 2 à 3 kg en fin de plongée
- (6) L'ensemble de votre matériel, PMT, Lampe, Détendeurs, Parachute, etc..
- (7) Le lest sert à compenser la flottabilité de la combinaison et du gilet
- (8) La densité de l'eau joue aussi un rôle. Plus l'eau est salée, plus la poussée d'Archimède est importante

Le lestage et la consommation



Le lestage correct

Plongeur trop lesté au palier

(position verticale)



(de même pour un plongeur trop léger avec les palmes en l'air)

Plongeur équilibré
(position horizontale)



Descendre en phoque en
vidant les poumons
Équilibré à 3m

(l'équilibre est préservé au cours
de la descente grâce au gilet)

Un plongeur équilibré est un plongeur horizontal

Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- **Éléments ayant un effet sur notre poids réel**
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices



Points clefs

12

Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- **Points clefs**
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

- Un lestage correct est un élément essentiel de la sécurité en plongée. Être trop lesté est dangereux et fatigant...
- Le lest ne sert pas à vous faire couler mais uniquement à compenser la flottabilité de la combinaison et du scaphandre
- Le ventilation joue un rôle essentiel: dans une situation d'équilibre, le poumon-ballast permet de gérer sa montée et sa descente simplement en inspirant ou en soufflant, sans plus d'effort...



Poids apparent = Poids réel - Poussée d'Archimède

$P.app = 0$

le plongeur est en équilibre

$P.app < 0$

le plongeur flotte

$P.app > 0$

le plongeur coule



Exercices

13

Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- **Exercices**
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

- Si un bloc vide de volume 15l (volume extérieur 18l) pèse 21kg en surface. Quel est son poids apparent dans l'eau?
- Poids réel: 21kg
- Poussée d'Archimède: 18kg
- Poids apparent: $21 - 18 = 3\text{kg}$



Le bloc se comporte comme un lest de 3kg



Exercices

14

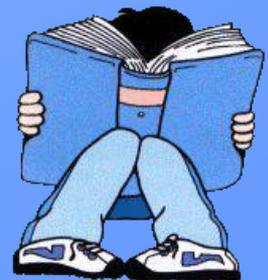
Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- **exercices**
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- **exercices**

- Pierre pèse 65kg pour un volume de 70l, combinaison incluse. Lestage nécessaire s'il prend le bloc de 15l de l'exercice précédent?

- Poids réel: $65 + 21(\text{bloc}) = 86\text{kg}$
- Poids apparent: $86 - 70 - 18 = -2\text{kg}$

Il manque 2kg pour compenser la poussée d'Archimède





Le lestage et la consommation

15

Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- **Consommation d'air et profondur**
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

Daniel 08/10/2019

Cours niveau II

CONSOMMATION & PROFONDEUR

Le lestage et la consommation



Consommation d'air et profondeur

16

Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- **Rappels sur les pressions**
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

Daniel 08/10/2019



Disposer d'une réserve d'air suffisante pour assurer sa remontée et effectuer ses paliers avec une marge de sécurité est un élément essentiel en plongée.

Rappelons qu'une mauvaise gestion des réserves d'air est une des causes principales des incidents et accidents de plongée





Rappels sur les pressions

17

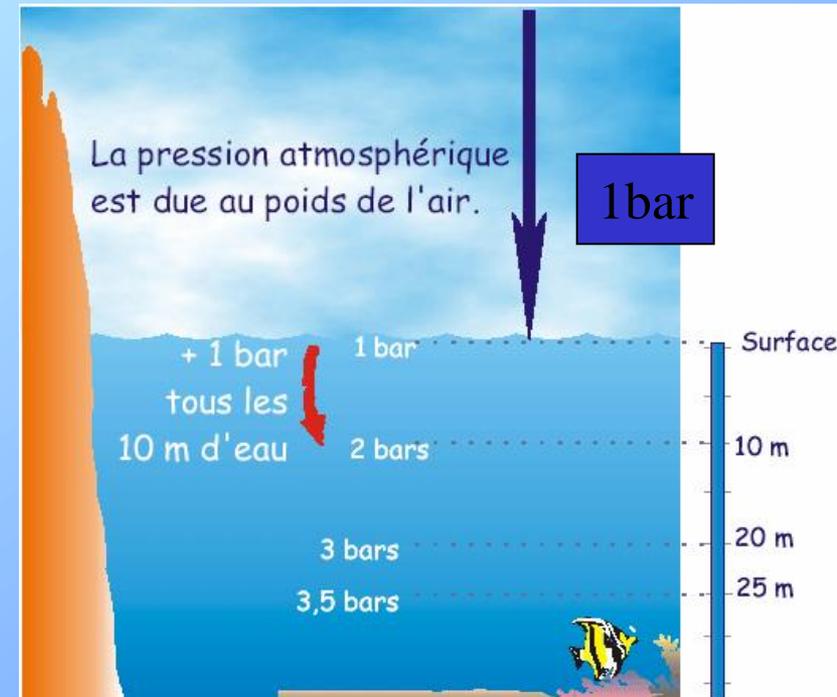
Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- **Rappels sur les pressions**
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

La pression atmosphérique (poids de l'air) est de 1 bar au niveau de la mer et elle augmente d'1 bar tous les 10 m d'eau. (Poids de l'eau)

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{relative}$$

On obtient alors la pression totale (ou absolue)



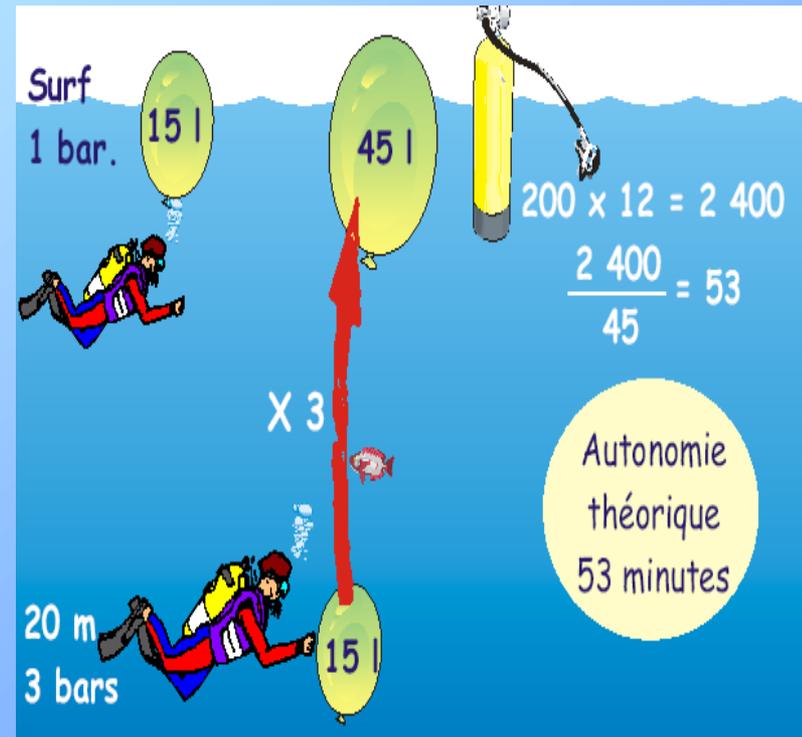
Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- **L'autonomie diminue avec la profondeur**
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

Un plongeur respirant 15 l/min. Il dispose d'une bouteille de 12l à 200b, combien de temps pourra t-il rester à 20m?

La première méthode consiste à ramener tous les volumes à la pression de surface

(n°1) Consommation de 15l/min à 20m (3bar) correspond à $15 \times 3 = 45$ l en équivalence surface. Il pourra donc rester $2400 / 45 = 53,33$ soit 53min environ.



Plan du cours

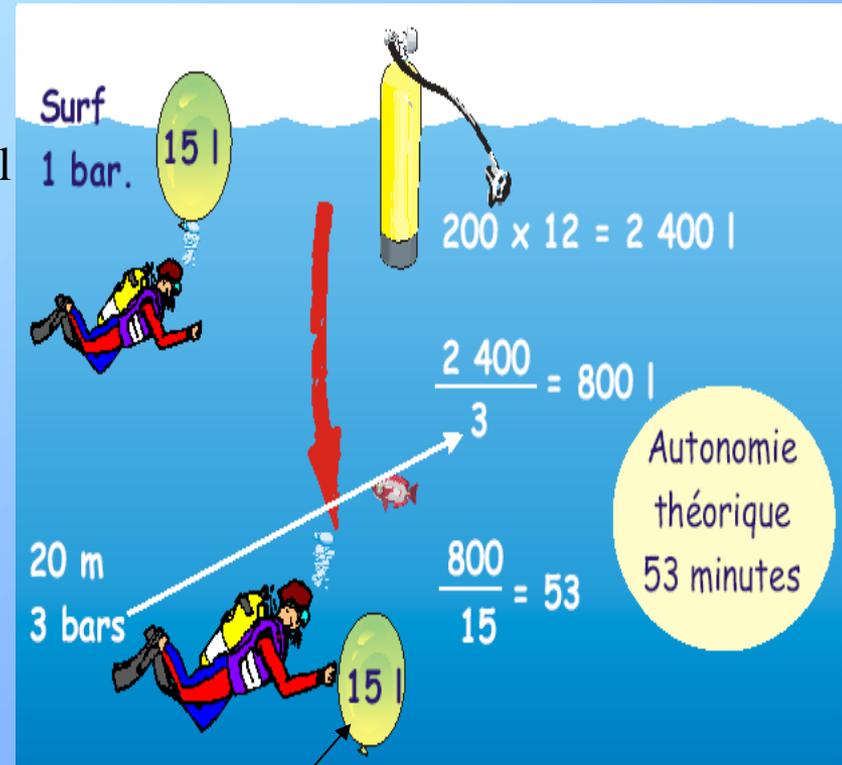
- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- **L'autonomie diminue avec la profondeur**
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

Un plongeur respirant 15 l/min. Il dispose d'une bouteille de 12l à 200b, combien de temps pourra t-il rester à 20m?

La deuxième méthode consiste à ramener tous les volumes à la pression où se situe le plongeur

(n°2) Les 2400 l à 1 bar correspondent à: $2400/3=800$ l à 3 bar.

D'où une autonomie de $800/15=53,3$ soit 53mn environ.



Attention : 15 litres sous 3 bar



L'autonomie en air diminue avec la profondeur

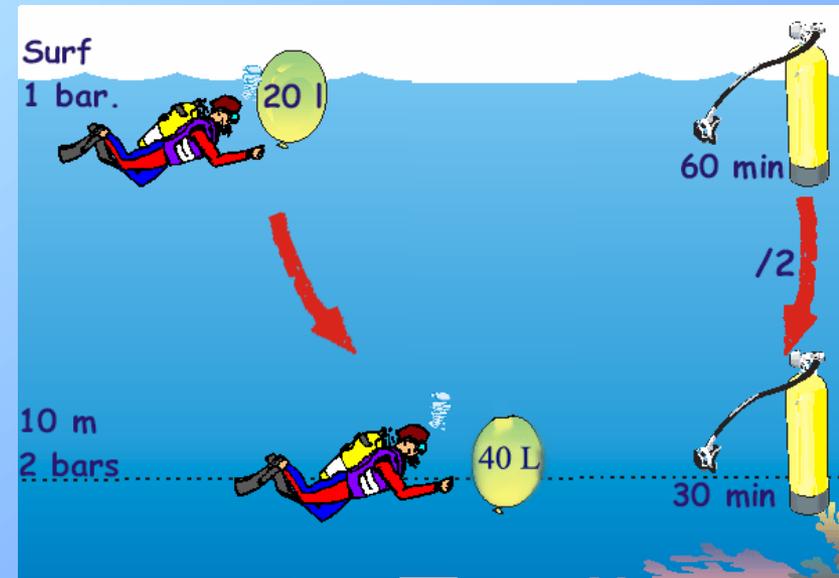
20

Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- **L'autonomie diminue avec la profondeur**
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

Notre autonomie en air diminue avec la profondeur, proportionnellement à la pression. Ainsi, un plongeur ayant une autonomie de 1 heure en surface verra celle-ci divisée par 2 à 10 m (30min) et par 4 à 30 m (15min).

L'air est respectivement 2 fois et 4 fois plus dense qu'en surface





L'autonomie en air diminue avec la profondeur

21

Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- **L'autonomie diminue avec la profondeur**
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- exercices

Conseil

Inutile de rechercher la profondeur sans objectif précis, cela n'aura pour effet que d'augmenter votre consommation ainsi que vos paliers et d'écourter votre plongée. Inutile également d'effectuer un parcours à 10 mètres de fond pour aller rejoindre un site. Faites plutôt ce parcours en surface, au tuba.

N'oubliez pas d'anticiper la suite de la plongée: si vous avez des paliers à faire, il convient de les anticiper....



Le lestage et la consommation





Facteurs influençant notre consommation

22



Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- **Facteurs influençant notre consommation**
- Points clefs
- Exercices

• Notre ventilation est modifiée

Le premier de ces facteurs est sans doute notre équipement. Notre combinaison nous serre au niveau de la cage thoracique et le détendeur ajoute une difficulté supplémentaire: il faut faire un effort pour inspirer et pour expirer. Ayez des cycles amples et lents en insistant sur l'expiration

• Le froid et le courant

Le froid perturbe notre ventilation et augmente notre consommation d'air.

La lutte contre le courant accélère la consommation.

Cela réduit le temps de plongée.

• La forme physique

Une bonne hygiène de vie et un entraînement physique régulier diminuent notre consommation d'air





Facteurs influençant notre consommation

23



Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- **Facteurs influençant notre consommation**
- **Points clefs**
- exercices

• Stress et anxiété

Le stress ou l'anxiété, même inconscients, viennent augmenter notre consommation. Il faut alors se raisonner et insister sur l'expiration

• Plonger à l'économie

Etre correctement équilibré sans trop de plomb, ne pas palmer inutilement, éviter les mouvements brusques et les efforts inutiles sont autant de facteurs qui réduisent notre consommation

• Des différences entre individus

Inutile de se comparer aux autres et de faire une course au record de la plus faible consommation. Certains individus consomment plus d'air que d'autres.





S'il ne faut retenir que cela

24

Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- Exercices

Daniel 08/10/2019

Archimède



Poids apparent (kg) = Poids réel (kg) - poussée d'Archimède (kg)

Poids apparent	Flottabilité	Effet
$P_{app} > 0$	flottabilité négative	le plongeur coule
$P_{app} = 0$	flottabilité neutre	le plongeur est en équilibre
$P_{app} < 0$	flottabilité positive	le plongeur flotte

Consommation

- L'autonomie diminue avec la profondeur
- A 100 bar de pression, faire demi tour
- A 50 bar, on remonte impérativement





Exercices

25

Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- **exercices**

- Quelle est l'autonomie à 20 m d'un plongeur équipé d'un 12 l à 180 bar et respirant 15 l/min en conservant 50 bar de réserve
- Quelle est l'autonomie à 40 m d'un plongeur équipé d'un 15 l à 180 bar et respirant 20 l/min en conservant 50 bar de réserve ?

Daniel 08/10/2019

Le lestage et la consommation





Exercices

26

Plan du cours

- Le lestage
- La poussée d'Archimède
- Les facteurs influençant la flottabilité
- Éléments ayant un effet sur notre poids réel
- Points clefs
- Exercices
- Consommation d'air et profondeur
- Rappels sur les pressions
- L'autonomie diminue avec la profondeur
- Facteurs influençant notre consommation
- Points clefs
- **Exercices**

- Jacques pèse 75kg pour un volume de 78l, tout équipé. Doit-il ajouter du lest? Si oui, combien?
- Un plongeur est correctement équilibré, sans bouteille, avec sa combinaison et une ceinture de lest de 3kg. S'il s'équipe d'un bloc de 15l ayant un poids apparent dans l'eau de 2kg. Doit-il modifier son lestage pour être équilibré ?





C'est la Fin

27

Je vous remercie de votre attention.

Prochain cours

Le milieu (Audition - Vision) - La pression
par Jérôme le 12 Novembre 2019

