

Physique (2*)

1. ELEMENTS DE BASE

2. LES DIFFERENTS TYPES DE PRESSION

3. LE MILIEU DU PLONGEUR: L'EAU ET L'AIR

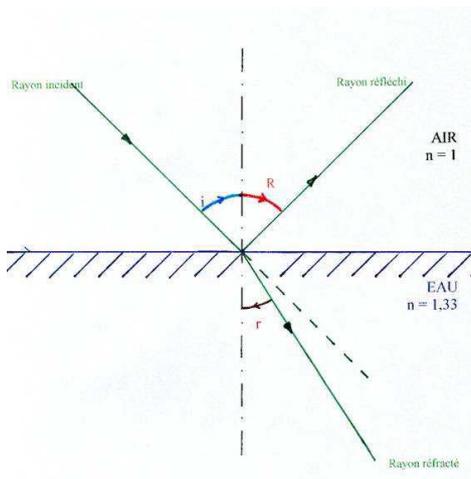
4. LES LOIS PHYSIQUES

1. Un plongeur met de l'air dans son gilet, ce qui provoque une remontée. Alors qu'il n'effectue plus aucune manoeuvre, la remontée tend à s'accélérer. Quelles lois physiques expliquent ces observations? Expliquez.

Dans un premier temps la remontée est initiée par l'air insufflé dans le gilet. Cet air tend à augmenter le volume du plongeur sans modification de poids. La poussée d'Archimède augmente alors provoquant la remontée. Par la suite, la pression diminue avec la profondeur. Selon Boyle et Mariotte, le volume d'air va augmenter, ce qui va accroître la poussée d'Archimède et, en conséquence, la vitesse de remontée.

2. A l'aide d'un croquis, décrivez le rayon incident, réfléchi et réfracté

Un rayon de lumière frappant la surface de l'eau se divise généralement en deux:
- le **rayon réfléchi** qui repart dans l'air, l'eau se comportant partiellement comme un miroir,
- le **rayon réfracté**, qui pénètre dans l'eau en changeant de direction,
Chacun étant plus faible que le rayon d'origine, appelé **rayon incident**.



3. Citez les phénomènes auxquels sont soumis les rayons lumineux pénétrant dans l'eau. Expliquez-en un brièvement.

Absorption: L'eau absorbe progressivement les différentes composantes de la lumière.

Le rouge disparaît d'abord

A 30m, le jaune a disparu

Entre 30 et 60m, tout devient bleu-vert puis noir.

Diffusion: Dispersion de la lumière dans toutes les directions au contact de l'eau et des particules.

Réflexion: Phénomène par lequel la lumière est réfléchi sur la surface de l'eau.

Réfraction: Changement de direction de l'onde lumineuse passant de l'air dans l'eau ou inversement.

4. **Plongeur PADI, j'ai toujours plongé à Hurghada. Avec ma bouteille alu et mon shorty, je devais mettre 5 Kgs de plomb à ma ceinture. Je débarque en décembre à La Gombe avec une bouteille acier. Citez les éléments qui vont influencer mon lestage. Dans quel sens?**

*Densité de l'eau plus faible en eau douce donc lestage moins important.
Bouteille acier plus lourde donc lestage moins important.
Combinaison avec flottabilité plus importante (froid) donc lestage plus important.*

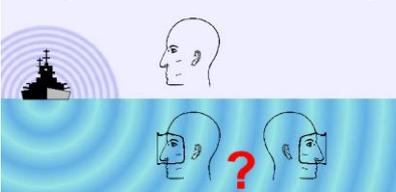
5. **L'écran de mon ordinateur est griffé, ce qui le rend difficile à lire en surface. Assez bizarrement, ce phénomène ne me gêne pas dans l'eau. Pourquoi?**

*Dès l'immersion, l'eau remplit les creux laissés par les altérations du verre.
L'eau tend donc à remplacer le verre (ou le plastique) là où il est manquant.
L'eau possède un indice de réfraction beaucoup plus proche de celui du verre que l'air ce qui a pour effet d'atténuer considérablement les marques des griffures.
 $n_{\text{verre}} = 1,520$ $n_{\text{eau}} = 1,333$ $n_{\text{air}} = 1,000$*

6. **Un plongeur met de l'air dans son gilet, ce qui provoque une remontée. Alors qu'il n'effectue plus aucune manœuvre, la remontée tend à s'accélérer. Quelles lois physiques expliquent ces observations? Expliquez.**

*Dans un premier temps la remontée est initiée par l'air insufflé dans le gilet. Cet air tend à augmenter le volume du plongeur sans modification de poids. La poussée d'Archimède augmente alors provoquant la remontée.
Par la suite, la pression diminue avec la profondeur. Selon Boyle et Mariotte, le volume d'air va augmenter, ce qui va accroître la poussée d'Archimède et, en conséquence, la vitesse de remontée.*

7. **Quel phénomène est illustré par le dessin ci-dessous. Expliquez**



*La vitesse de déplacement du son augmente avec la densité du support.
Cette vitesse plus élevée fait que dans l'eau nous ne pouvons identifier la provenance d'un son, notre cerveau n'ayant pas la faculté de distinguer quel tympan, gauche ou droit, a été sensibilisé le premier.*

8. **Quelle est la différence entre le poids réel et le poids apparent**

*Le poids apparent est le poids réel moins la poussée d'Archimède.
Exemple: un plongeur de 80 Kg (poids réel) déplace un volume de 78 litres d'eau douce,
son poids apparent = $80 - 78 = 2$ Kg.*

9. **Enoncer la loi de Henry**

A température constante et à saturation, la quantité de gaz dissout dans un liquide est proportionnel à la pression exercée par ce gaz à la surface du liquide.

10. **Les rayons lumineux qui atteignent la surface de l'eau sont soumis à 4 phénomènes principaux. Citez-les.**

Réflexion, réfraction, diffusion, absorption

11. **Expliquez en termes de poids réel, poids apparent et poussée d'Archimède, l'avantage de nager avec ou sans tuba.**

*Le poids réel est le même avec ou sans tuba.
La poussée est plus grande avec le tuba car le volume immergé est plus grand.
Le poids apparent est donc plus faible avec le tuba.*

12. **Le danger de subir un accident mécanique est plus important près de la surface qu'à grande profondeur. Comment expliquez-vous ce phénomène?**

Dans les 10 premiers mètres les variations relatives de volume et de pression sont proportionnellement plus importantes qu'en profondeur.

13. **"La lumière se déplace plus vite dans l'eau que dans l'air" Vrai ou faux?**

Faux. C'est dans le vide que la lumière se déplace plus vite. Puis dans l'air, puis dans l'eau.

14. **Si un profondimètre digital est étalonné pour l'eau douce, en eau de mer va-t-il indiquer une profondeur inférieure ou supérieure? Expliquez brièvement.**

Il indiquera une profondeur supérieure.

Un profondimètre mesure en réalité la pression subie et traduit celle-ci en une profondeur correspondante. Puisque la densité de l'eau de mer est supérieure à celle de l'eau douce, le poids (et donc la pression) d'une colonne d'eau de mer de 30 m sera supérieure à celui d'une colonne d'eau douce de 30 m.

15. **A saturation, la quantité de gaz dissous dans un liquide est-elle influencée par:**

La température? : oui

La surface de contact gaz/liquide? : non

La profondeur atteinte? : oui

Le temps écoulé? : non

16. **Décrivez brièvement le phénomène de la sous-saturation.**

La pression du gaz libre est supérieure à la tension du gaz dissous dans le liquide ($P > T$). Le gaz continue à se dissoudre pour tendre vers la saturation.

17. **Pourquoi situe-t-on difficilement l'origine d'un son quand on est dans l'eau?**

Le son se déplace 5x plus vite dans l'eau que dans l'air. Le cerveau situe d'habitude l'origine du son grâce à l'écart du temps séparant la réception du son dans les 2 oreilles. Dans l'eau, le son arrive quasiment en même temps dans les 2 oreilles, et donc le cerveau ne parvient pas à déterminer d'où il vient.

18. **Il n'y a pas d'angle limite pour la pénétration de rayons solaires dans l'eau. Vrai ou faux? Expliquez brièvement.**

Vrai. L'angle limite n'existe que pour un rayon qui passe de l'eau dans l'air et non l'inverse.

19. **Qu'est-ce que le poids apparent?**

Il s'agit du poids réel diminué de la poussée d'Archimède.

20. **De quoi dépend la dissolution d'un gaz dans un liquide**

La température du liquide

La nature du gaz

La nature du liquide

La durée

La surface de contact

La pression du gaz à la surface du liquide

21. **Enoncez la loi de Pascal**

Toute pression exercée sur un liquide se transmet par lui intégralement et dans toutes les directions.

Ou

Si en un point d'un fluide incompressible, la pression est accrue, tous les points du fluide subissent le même accroissement.

22. Citez 3 applications de la loi de Dalton en plongée.

- 1) *Calcul des limites de la toxicité des gaz,*
- 2) *Calcul des tables de plongée,*
- 3) *Adaptation des tables de plongée en altitude,*
- 4) *Plongées aux mélanges,*
- 5) *...*

23. Lors de la dissolution d'un gaz dans un liquide, ce dernier peut passer par 3 états sous-saturation, saturation, sursaturation. Expliquez ces 3 états et citez la loi qui s'y rapporte.

*Sous-saturation: Pression du gaz libre supérieure à la tension du gaz dissous dans le liquide.
Le gaz continue à se dissoudre pour tendre vers la saturation: $P > T$*

*Saturation: Le liquide est saturé lorsqu'il ne peut plus dissoudre de gaz.
Pression du gaz libre = tension du gaz dissous: $P = T$*

*Sursaturation: Pression du gaz libre inférieure à la tension du gaz dissous.
Le liquide va éliminer du gaz dissous pour tendre à nouveau vers un état d'équilibre : $P < T$*

LOI DE HENRY

24. Explique simplement le principe d'Archimède. Cite trois applications de ce principe à la plongée.

Tout corps plongé dans un liquide subit de la part de celui-ci une poussée verticale, exercée de bas en haut, égale au volume du liquide déplacé.

Trois applications

1. *Lestage*
2. *Canard*
3. *Variation de la flottabilité en fonction de la profondeur, + utilisation du système de stabilisation.*

25. Nomme et développe simplement la loi physique qui explique "l'ivresse des profondeurs".

Dalton:

A température donnée, la pression d'un mélange gazeux est égale à la somme des pressions qu'aurait chacun des gaz s'il occupait seul le volume total.

P_p = pression partielle

P_{Ab} = pression absolue

C = concentration du gaz

Exemple : Quantité d'O₂ dans l'air = 21%

26. Pourquoi est-il impossible de déterminer l'endroit d'où provient un son sous l'eau?

Vitesse du son 1500m/sec sous l'eau, contre +- 330 m/sec dans l'air. Le son arrive aux 2 oreilles trop vite pour que le cerveau puisse déterminer son origine. A l'air c'est possible et le cerveau qui calcule alors la différence peut déterminer l'origine et la distance du son.

27. En plongée, lorsque la lumière traverse la surface de l'eau, les rayons lumineux sont soumis à différents phénomènes. Une seule des propositions citées ci-dessous est correcte. Identifie-la.

- A. ***La diffusion – L'absorption – La réfraction – La réflexion.***
- B. *La dispersion – L'absorption – La réfraction – La réflexion.*
- C. *La diffusion – L'absorption – La réfrigération – La réflexion.*
- D. *La dispersion – L'atténuation – La réfraction – La réflexion.*

28. En suivant le déroulement d'une plongée, cite 5 accidents mécaniques qui pourraient survenir. Quelle est la loi concernée par ces accidents?

Que faudrait-il faire pour les éviter?

Lors de la descente, le plongeur peut faire:

- un placage de masque
- un barotraumatisme de l'oreille
- un barotraumatisme des dents

Lors de la remontée, le plongeur peut faire:

- un barotraumatisme des sinus
- un barotraumatisme des dents
- une surpression pulmonaire
- Une colique du scaphandrier

La loi concernée est celle de BOYLE et MARIOTTE :

Le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression qu'il subit.

$P \times V = \text{Constante}$

Comment les éviter?

- Placage de masque : expirer par le nez lors de la descente
- Barotraumatisme de l'oreille : manœuvre de Valsalva (ou autre)
- Barotraumatisme des dents : aller régulièrement chez le dentiste
- Barotraumatisme des sinus : ne pas plonger avec un rhume
- Colique du scaphandrier : ne pas ingérer des aliments indigestes ou des boissons gazeuses avant la plongée et éviter d'avaler de l'air lors de l'inspiration au détendeur
- La surpression pulmonaire : remonter la tête vers la surface et en expirant.

29. Explique, de manière simple, ce qui se produit lors d'une surpression pulmonaire. Quelle est la loi concernée? Présente les symptômes, ce que tu feras pour aider l'accidenté, le comportement à avoir pour éviter ce genre d'accident.

La surpression pulmonaire est le plus grave accident barotraumatique provoqué par l'augmentation de la pression intra-pulmonaire, conséquence d'un blocage de l'expiration ou d'une expiration insuffisante, pendant la remontée, pour des raisons involontaires (ex. : panique, stress, asthme, ...) ou volontaires (apnée durant la plongée, essoufflement, ...)

Cette augmentation de pression peut :

- Distendre les alvéoles pulmonaires (élasticité maximale = 0,1 à 0,3 bar)
- Déchirer les alvéoles pulmonaires

Lésions – échanges gazeux difficiles – écrasement des capillaires – diffusion de l'air dans les espaces entourant le poumon (plèvre, médiastin et espace sous-cutané) et dans les capillaires pulmonaires (embolies gazeuses cérébrales).

Loi concernée: Boyle & Mariotte; $P \times V = \text{Constante}$

Symptômes

- Distension alvéolaire: douleurs thoraciques +/- intenses et gêne respiratoire (dyspnée)
- Déchirure alvéolaire:
 - Signes pulmonaires:
 - douleurs violentes,
 - angoisse,
 - toux et crachats sanglants,
 - gêne respiratoire intense,
 - cyanose des extrémités
 - et emphysème sous-cutané au niveau du cou.
 - Symptômes neurologiques :
 - Troubles de la sensibilité
 - Troubles de la motricité
 - Troubles de la parole, visuels et/ou auditifs
 - Céphalée, nausées et vomissements
 - Convulsion, coma et mort

Traitement

- *Alerter les secours (évacuation vers un centre hospitalier)*
- *Déséquiper la victime et l'installer en position de confort respiratoire*
- *Ventilation et massage cardiaque*
- *Oxygénothérapie normobar (inhalation et/ou insufflation)*
- *Pas donner à boire*
- *Prévenir le choc*

Prévention

- *Expirer à la remontée (surtout dans les 10 derniers mètres)*
- *Maîtriser tout essoufflement, avant d'aborder les 10 derniers mètres*
- *Maintenir la tête en hyper-extension*

30. En plongée, on entend les sons:

- A) *Très faiblement, mais on sait d'où ils viennent.*
- B) *Pas du tout, c'est le monde du silence.*
- C) *Très bien, mais on ne sait pas d'où ils viennent.***
- D) *Très mal et on ne sait pas d'où ils viennent*

31. Une surpression pulmonaire est un grave accident de plongée qui peut se produire si:

- a) *je descends trop rapidement sans expirer*
- b) *je descends trop rapidement en expirant*
- c) *je remonte trop rapidement en expirant*
- d) *je remonte trop rapidement sans expirer***

32. Pour prévenir le barotraumatisme de l'oreille, je dois faire entrer de l'air respiré dans la caisse du tympan, via la trompe d'Eustache. Quand faut-il exercer cette manœuvre (Valsalva ou autre)?

- a) *En surface avant la descente*
- b) *En descendant***
- c) *En remontant*
- d) *Au retour en surface*

33. Le principe d'ARCHIMÈDE qui dit que "tout corps plongé dans un fluide subit, de la part de celui-ci, une poussée verticale, exercée du bas vers le haut, égale au poids du fluide déplacé", rend nécessaire:

- a) *l'utilisation d'un lestage adapté au plongeur***
- b) *d'expirer dans le masque pour éviter le placage*
- c) *l'utilisation du tuba en surface*
- d) *de plonger avec un couteau pour se maintenir sur le fond*

34. En surface, notre organisme est en équilibre. Les gaz dissous dans les tissus sont à la même pression que dans l'air ambiant. En immersion, l'équilibre sera rompu, en fonction de la profondeur et du temps. Lors de la remontée, un gaz peut poser problème. Lequel?

- a) *L'oxygène*
- b) *L'azote***
- c) *Le gaz carbonique*
- d) *Les gaz rares*

35. Pendant une plongée en mer rouge, tu te coupes à une branche de corail, de quel couleur ton sang t'apparaîtra-t-il sous l'eau ?

Etant donné la disparition des couleurs (absorption des ondes lumineuses de certaines fréquences) avec la profondeur, la couleur rouge disparaît rapidement (dans la zone des 5m). Le sang apparaîtra d'une couleur verte / mauve

36. Peux-tu m'expliquer ce que sont la pression hydrostatique, la pression absolue, la pression atmosphérique et la pression partielle ? Quelles sont leurs unités de valeur ?

Pression hydrostatique est la pression exercée par une colonne d'eau immobile.

La pression atmosphérique c'est le poids de la colonne d'air qui s'appuie sur le sol et sur tous les objets et sur nous. Elle a été mise en évidence par Torricelli.

La pression absolue est la pression totale que nous subissons en plongée, c'est donc la somme de la P atm et de la P hydro.

La pression partielle est la pression hydrostatique seule.

Unités : le Pascal, le Bar, le Millibar. 1 Bar = 100000 Pascal

1 Millibar = 100 Pascal ou 1hPa.

37. Pourquoi est-il difficilement possible de détecter la provenance d'un son sous l'eau ?

Le cerveau humain détecte la direction du son en calculant le temps entre la perception du son par l'oreille gauche et l'oreille droite. Le son se déplaçant dans l'eau beaucoup plus vite que dans l'air, le cerveau ne peut détecter à quelle oreille il arrive en premier. Il est donc, dans l'eau, impossible de déterminer la direction du son.

38. Expliquez le principe d'Archimède et quelles sont les applications en plongée ?

Tout corps plongé dans un fluide subit de la part de celui-ci une poussée verticale, orientée de bas en haut, égale au poids du fluide déplacé.

Applications:

Corps humain: poumons, ballaste.

Combinaison: l'épaisseur diminue avec l'augmentation de la pression.

L'air de la bouteille : diminution de la quantité d'air entraîne une réduction du poids.

Le lestage: poids important pour un petit volume.

Le gilet stabilisateur: augmentation du volume pour un poids négligeable.

Le canard: au moment où le corps est vertical.

39. Énoncez les différentes lois suivantes, donner et développer leurs applications à la plongée :

- Loi de Boyle et Mariotte

- Loi d'Archimède

Boyle et Mariotte :

A température constante, le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression qu'il subit

Applications :

- *Équilibrage oreilles*
- *Équilibrage masque*
- *Surpression pulmonaire.*
- *Placage du masque*
- *Chargement bouteille*
- *Gilet et parachute*
- *Évolution des bulles lors d'ADD pendant la remontée*

Archimède

Tout corps plongé dans un fluide subit de la part de celui-ci une poussée verticale dirigée de bas en haut et égale au poids du volume du fluide déplacé

Applications :

- *Le lestage*
- *Le canard*
- *La variation de la flottabilité avec la profondeur*
- *L'utilisation du gilet comme moyen d'équilibrage*

40. Définissez: Pression absolue:

A cette pression relative ou hydrostatique, s'ajoute la pression atmosphérique qui est de l'ordre de 1 bar. La pression obtenue constitue la pression absolue.

$$P \text{ abs.} = P \text{ hydro} + P \text{ atm.}$$

41. Sous l'eau est-il possible de déterminer la direction d'un son ? Pourquoi ?

L'onde sonore se déplace plus rapidement dans l'eau que dans l'air. Le cerveau humain, habitué à la vitesse du son dans l'air, ne peut plus estimer son origine. Il sera donc impossible au plongeur de pouvoir estimer la proximité et la direction d'une embarcation motorisée. Il est donc conseillé de remonter avec prudence vers la surface lorsqu'un bruit de moteur est perçu et en tout cas de toujours signaler la présence de plongeurs sous eau par un pavillon. Ici l'utilisation du parachute de palier se justifie

On admet que la vitesse du son vaut environ : Dans l'air : 330m/s; Dans l'eau : 1500m/s

Cette vitesse est telle que le plongeur situe difficilement l'origine du son. En effet, la localisation se fait grâce au retard de perception du son émis d'une oreille par rapport à l'autre, retard qui devient difficile trop faible dans le cas de l'eau.

42. Énoncez les différentes lois suivantes, donner et développer leurs applications à la plongée:

- Loi de Henry
- Loi d'Archimède

Loi d'Henry :

A température constante et à saturation, la quantité d'un gaz dissous donné dans un liquide est proportionnelle à la pression exercée par ce gaz sur la surface du liquide.

Applications :

- Élaboration des procédures et moyens de décompression
- Accident de décompression
- Dissolution des gaz dans les liquides
- La saturation, les 3 états : sous-saturation ; saturation ; sursaturation

Loi d'Archimède

Tout corps plongé dans un fluide subit de la part de celui-ci une poussée verticale dirigée de bas en haut et égale au poids du volume du fluide déplacé

Applications :

Le lestage

Le canard

La variation de la flottabilité avec la profondeur

L'utilisation du gilet comme moyen d'équilibrage

43. Citez les lois de la physique qui interviennent dans l'accident de décompression. Donnez également leur impact ?

Loi d'Henry gérant la dissolution des gaz dans les liquides : apparition de la bulle

Loi de Boyle-Mariotte gérant la taille de la bulle en fonction de la pression/profondeur

D'autres lois peuvent être citées également comme la loi de Dalton (Pp), la loi des gaz parfaits (reliant le volume à la pression et température ; variante de Charles et Gay-Lussac) ou aussi la loi de formation des bulles de cavitation ou la gestion de tension de surface des bulles (loi de Laplace) etc etc (ref : Page 4&5-§5 Physique)

5. EXERCICES

44. Le volume d'un objet indéformable est égal à 6,4 dm³. Sa masse réelle est égale à 6500g. Immérgé dans l'eau de mer, quel est son poids apparent et que fait-il? (densité eau de mer = 1,03)

$$P_{app} (\text{eau mer}) = 6,5 - (6,4 \times 1,03) = - 0,092 \text{ Kg} \quad \rightarrow \text{il flotte}$$

45. Une bouteille neuve d'une contenance de 0,4 L est gonflée avec une bouteille de 12 L chargée elle-même à 180 bars absolus.

A quelle pression cette bouteille sera-t-elle gonflée?

Quelle sera la pression lue au manomètre?

$$P_{abs.} = (180 \times 12) + (1 \times 0.4) / 12,4 = 174,2 \text{ bars}$$

$$P_{lue\ mano} = 174,2 - 1 = 173,2 \text{ bars}$$

46. Un bi 2 x 10 l est gonflé à 200 bars.
Donner la quantité d'air dans le bi gonflé
Donner la masse totale de l'air
Donner la masse d'un litre d'air à 200 bars

Réponse:

- $20 \times 200 = 4000$ l d'air à pression atmosphérique.
- 1 l d'air à pression atmosphérique pèse 1,293g
 $4000 \times 1,293\text{g} = 5172$ g
- 1 l d'air à 200 bar pèse $5172 \text{ g} / 20 = 258,6$ g

47. Un plongeur est bien équilibré au palier de 3 mètres avec un gilet purgé, des poumons à moitié pleins et une bouteille de 12 litres à 30 bars.
Quel est son poids apparent en début de plongée à 3 mètres avec une combinaison bien mouillée et son bloc à 180 bars?
Combien d'air devra-t-il inspirer ou mettre dans son gilet pour être équilibré? (en supposant que l'eau a une densité $d = 1$)

$$12 \times 30 = 360\text{L}$$

$$12 \times 180 = 2160 \text{ L}$$

$$\text{Différence} = 2160 - 360 = 1800\text{L} \text{ Poids de 1l air : } 1,293 \text{ gr}$$

$$1800 \times 1,293 = 2327 \text{ gr} \Rightarrow 2\text{kg } 327 \Rightarrow \text{poids apparent en début de plongée : } 2,327 \text{ kg}$$

Quantité d'air = 2,327 Litres

48. Un plongeur consomme 20 litres d'air par minute en surface, sa bouteille, d'une capacité de 12 litres, est gonflée à 200 bars. Sa réserve est tarée à 40 bars.
Combien de temps peut-il passer à 20 mètres?

$$12 \text{ L} \times 200 = 2400 \text{ L} \Rightarrow \text{Reserve } 40 \text{ bars} \Rightarrow 40 \times 12 = 480 \text{ L}$$

$$\text{Différence : } 2400 - 480 = 1920 \text{ L}$$

$$\text{Consom. Moyenne à } 20\text{m} = 20 \times 3 = 60$$

$$1920 / 60 = 32 \Rightarrow 32 \text{ min}$$

49. L'air étant composé de 80 % d'azote et de 20 % d'oxygène, quelle sera la pression partielle de chacun de ses composants à 40 m de profondeur?
En gardant la même composition pour l'air, à quelle profondeur aura-t-on une PPO₂ = 1,7 bar?

$$PP = \text{Prof abs} \times \% \text{gaz} \Rightarrow$$

$$4 \text{ bars N}_2 \text{ et } 1 \text{ bar O}_2$$

$$1,7 = \text{Prof} \times 20\% \Rightarrow 8,5 \text{ bars} \Rightarrow 75 \text{ mètres}$$

50. Quel mélange O₂/N₂ a-t-on lorsque la PPO₂ = 1,7 bar à 40 m de fond?

$$1,7 = 5 \times 20\% \Rightarrow 0,34 \Rightarrow 34\% \text{ O}_2 \Rightarrow 66\% \text{ N}_2$$

51. En plongée, un poisson se trouve à 4 m de nous et mesure 90 cm de long.
A quelle distance et de quelle grosseur le voit-on?

$$\text{Distance apparente} = \text{Distance réelle} \times 3/4$$

La distance apparente est de 3 mètres

$$\text{Taille vue} = \text{Taille réelle} \times 4/3$$

La longueur imaginaire est de 1,20 mètre.

52. Un bâtiment explose à 4950 mètres d'un bateau. Combien de temps les plongeurs au palier sous le navire l'entendront-ils avant le marin resté à bord?

$$4950/330 = 15 \text{ sec pour le marin}$$

$$4950/1500 = 3,3 \text{ sec pour le plongeur}$$

$$\text{Différence : } 15 - 3,3 = 11,7 \text{ sec}$$

53. **Totalement équipé, un plongeur déplace un volume d'eau égal à 100 dm³. Ayant réglé son lest en lac, il décide d'aller plonger en mer avec le même équipement. De quelle façon devra-t-il ajuster son lestage?**

$$P_{Arch} (\text{eau douce}) = 100 \times 1 = 100 \text{ kg}$$

$$P_{Arch} (\text{eau mer}) = 100 \times 1,03 = 103 \text{ kg} \Rightarrow \text{Ajustement de son lestage: ajouter 3 kg}$$

54. **Une amphore, dont la masse est de 72 Kg et dont le volume est 48 dm³, repose sur un fond de 50 mètres dans de l'eau douce. Un plongeur y attache un parachute dans lequel il introduit 20 litres d'air.**
- Quel volume d'air le plongeur doit-il introduire dans son gilet pour décoller l'amphore du fond avec son parachute?
- Si le plongeur ne dispose pas de gilet, à partir de quelle profondeur l'ensemble remontera-t-il sans assistance?

$$P_{Arch} = 48 + 20 = 68 \text{ kg} \rightarrow 72 - 68 = 4 \text{ kg} \rightarrow 4 \text{ litres}$$

$$6 \times 20 = P \times 24 \Rightarrow P = 5 \text{ bars} \Rightarrow \text{profondeur} = 40 \text{ mètres}$$

55. **Calcul de consommation - J'ai une consommation normale et dispose d'un mono de 12L gonflé à 200bars. Nous sommes au 5ème jour de stage, en successive. C'est la dernière plongée avant le retour. Après 1' de descente rapide, j'arrive sur une épave posée sur un fond de 20mètres. Je l'explore pendant 25'. Puis-je effectuer un palier de sécurité compte tenu du fait que le responsable de sortie exige que l'on sorte avec 50 bars dans notre bouteille.**

$$1. \text{ Air disponible : } 12L \times (200 - 50) = 1800L$$

$$2. \text{ Descente } 1' \text{ à pression moyenne } 2\text{bars} : \text{consommation} = 1\text{min} \times 20L/\text{min} \times 2\text{bars} = 40L$$

$$3. \text{ Sur le fond : } 25\text{min} \times 20L/\text{min} \times 3\text{bars} = 1500L$$

$$4. \text{ Remontée : } 2\text{min} \times 20L/\text{min} \times 2\text{bars} = 80L$$

$$5. \text{ Palier de sécurité de } 5\text{min} \text{ à } 5\text{mètres} : 5\text{min} \times 20L/\text{min} \times 1,5\text{bar} = 150L$$

$$\text{Total consommation} = 1770 \text{ L}$$

56. **Une violente explosion sous-marine a lieu alors que nous sommes en plongée à 6 kms de distance. Le skipper s'étonne de nous voir remonter l'échelle dare-dare. Expliquez pourquoi par un calcul chiffré.**

Le son se déplace dans l'eau, de par la densité du milieu plus rapidement que dans l'air. Un son produit à 6kms sera perçu dans l'eau après 4 sec (1500m/sec) et dans l'air après 18 sec (330m/sec). Un plongeur percevra donc l'explosion 14sec avant le skipper, ce qui lui donne le temps de remonter (calcul théorique...)

57. **Un plongeur se trouve depuis plus de 24h00 dans une maison sous la mer (type cloche à plongeur) qui est immergée à une profondeur de 10mètres. Il est équipé d'un profondimètre type capillaire et il part en exploration.**

A quelle profondeur se trouve-t-il réellement lorsqu'il lit sur son profondimètre?

10mètres?

20mètres?

R1. Si le profondimètre indique 10 mètres, la pression a été doublée depuis le départ =>

$$P = 2 \times 2 = 4 \text{ bars} \Rightarrow \text{profondeur réelle} = 30 \text{ mètres}$$

R2. Si le profondimètre indique 20 mètres, la pression a été triplée depuis le départ =>

$$P = 2 \times 3 = 6 \text{ bars} \Rightarrow \text{profondeur réelle} = 50 \text{ mètres}$$

58. **Un plongeur dispose d'une part d'une bouteille d'une contenance de 12 L gonflée à 140 Bars et, d'autre part, d'une bouteille d'oxygène d'une contenance de 8 litres gonflée à 200 Bars.**

1. S'il équilibre les deux bouteilles, quelle va être la pression?

2. Quel sera le pourcentage d'O₂?

$$\text{Air } 12 \times 140 = 1680 \text{ Litres O}_2 \quad 1680 \times 20\% = 336 \text{ Litres}$$

$$\text{O}_2 \quad 8 \times 200 = 1600 \text{ Litres}$$

$$\text{Total } 3280 \text{ Litres}$$

$$\text{Pression } 3280/20 = 164 \text{ Bars}$$

$$\text{Litres O}_2 \quad 336 + 1600 = 1936 \text{ Litres}$$

$$\text{Pourcentage O}_2 \quad 1936/3280 = 0,59 \Rightarrow 59\%$$

59. Vous avez de la chance. Vous êtes en vacances plongées dans un pays méditerranéen où il n'existe aucune législation en matière de patrimoine historique. Lors de votre première plongée vous découvrez un navire romain qui transportait des jarres dont vous évaluez la masse à 60 Kgs et le volume à 50 Litres. Il vous en faut au moins une !! (P.eau de mer = 1,035.10³kg/m³)
- a) Quel volume minimum doit avoir le parachute de levage que vous allez emporter lors de votre prochaine plongée (la masse du parachute est négligeable)?
- b) Pourquoi, le parachute étant complètement gonflé, l'ensemble prend-il rapidement de la vitesse une fois décollé du fond?

$$a) F_{Arch} = P_{eau\ de\ mer} \cdot V_{parachute} \cdot g$$

$$F_{Poids\ de\ la\ jarre} = m_{jarre} \cdot g$$

$$\text{A l'équilibre ; } F_{Arch} = F_{Poids}$$

$$P \cdot V \cdot g = m \cdot g$$

$$\text{Donc, } V_{parachute} = m/\rho = 60/1,035 \cdot 10^{-3} = 5,797 \cdot 10^3 m^3 = 57,97 \text{ Litres}$$

b) Après avoir décollé du fond, F_{Arch} agit également sur le volume de la jarre alors que le Poids est inchangé. La résultante des forces est donc dirigée vers le haut ce qui engendre une accélération.

60. Mon mono 15 Litres est gonflé à 220 bars et le mono 12 Litres de mon épouse est gonflé à 100 bars. Après équilibrage pouvons-nous plonger ensemble 20' à 40 mètres (on néglige le temps de remontée et les paliers)? (Cons. = 20L/min)

$$\text{Quantité d'air disponible} = (220 \times 15) + (100 \times 12) = 4500 \text{ Litres}$$

$$\text{Après équilibrage, on a } P = 4500 / (15 + 12) = 166,66 \text{ bars}$$

$$\text{Dans le 12L il y a } 166,66 \cdot 12 = 2000 \text{ Litres}$$

A 40m, on peut tenir, à raison de 20L/min en surface :

$$2000 / (20 \times 5) = 20'$$

Je ne pourrai en conséquence effectuer la plongée, puisque mon épouse verra sa bouteille vide au moment d'effectuer la remontée et les paliers.

61. Un plongeur respire un mélange contenant 45 % d'oxygène. Quelle profondeur ne devra-t-il pas dépasser? Détaillez vos calculs !

$$P_p \text{ toxique de l'O}_2: 1,6 \text{ bar}$$

$$P_p \text{ O}_2 = P \times \% \text{ O}_2 \text{ dans le mélange}$$

$$P = P_p \text{ O}_2 / \% = 1,6 / 45\% = 3,56 \text{ bar}$$

$$\rightarrow \text{Profondeur} = 25,6 \text{ m}$$

62. Un objet mesure 90 cm. Quelle sera sa taille apparente dans l'eau? Même question pour un liquide dont l'indice n = 5/4. Détaillez les calculs !

$$\text{Comme } n_{air/eau} = 4/3, \text{ l'objet paraît plus gros : } 90 \text{ cm} \times 4/3 = 120 \text{ cm.}$$

$$\text{Dans le milieu dont } n = 5/4 : 90 \times 5/4 = 112,5 \text{ cm}$$

63. Un bi 2 x 10 l est gonflé à 200 bar.
- Donner la quantité d'air dans le bi gonflé
 - Donner la masse totale de l'air
 - Donner la masse d'un litre d'air à 200 bar
 - Qu'advient-il si la température passe de 20°C à 65°C?
 - Que pèsera un litre d'air à cette température?

$$- 20 \times 200 = 4000 \text{ l d'air à pression atmosphérique.}$$

$$- 1 \text{ l d'air à pression atmosphérique pèse } 1,293 \text{ g}$$

$$4000 \times 1,293 \text{ g} = 5172 \text{ g}$$

$$- 1 \text{ l d'air à } 200 \text{ bar pèse } 5172 \text{ g} / 20 = 258,6 \text{ g}$$

$$- \text{Loi de Charles: } P / T = \text{Cte (T en } ^\circ \text{ Kelvin)}$$

$$200 / (273 + 20) = P / (273 + 65)$$

$$P = 230,7 \text{ bar}$$

- La quantité d'air dans la bouteille n'a pas changé :

$$1 \text{ l d'air à } 230,7 \text{ bar pèse toujours } 258,6 \text{ g}$$

64. Une masse de 151 kg doit être soulevée du fond, situé en mer à 40 m. Vous disposez d'un parachute de relevage d'un volume de 150 l. Est-il possible d'envoyer cet objet en surface?
Si oui, de quelle quantité d'air devez-vous disposer pour ce faire?

- Air pour le parachute : $150 \times 5 = 750$ litres
- Poids du volume déplacé : $150 \times 1.035 = 155 > 151$ kg

65. Un bi de 20 l contient de l'air à une pression de 200 bar.
Un mono de 15 l contient de l'air à 100 bar.
Si j'équilibre la pression des 2 bouteilles avec un équilibreur, quelle sera la pression résultante dans chacune des deux bouteilles?

$P \times V = Cte$
 $P \times 35 = (200 \times 20) + (100 \times 15)$
 $P = 5500 / 35 = 157$ bar dans les 2 bouteilles.

66. Un plongeur descend tout équipé à 80 m en mer (densité mer 1,035).
Son poids est de 90 kg, son volume déplacé de 75 l, son gilet a un volume maximum de 25 l, et est gonflé à l'aide d'une petite bouteille de 0,5 dm³ gonflée à 180 bar.
- Arrive-t-il à remonter sans palmer?
- A quelle profondeur son gilet atteint-il son volume maximum?
- A quelle profondeur son poids apparent est-il nul?
On ne tiendra pas compte du poids de l'air.

Application du principe d'Archimède

- La masse volumique de l'eau de mer est de 1,035 g/l.
Le plongeur a un poids apparent de $90 - (75 \times 1,035) = 12,375$ kg
Son gilet se remplit de $0,5 \times 180 \text{ bar} = 90$ l
A 80m on a 9 bar, donc le gilet contiendra $90 / 9 = 10$ l
La poussée du gilet est de $10 \times 1,035 = 10,35$ kg vers le haut
La résultante : $12,375 - 10,35 = 2,025$ kg fait que le plongeur ne pourra remonter sans palmer.

- Volume maximum du gilet : $PV = Cte$ (loi de Boyle – Mariotte)
 $P = 9 \times 10 / 25 = 3,6$ bar soit 26 m

- Profondeur du poids apparent nul : $PV = Cte$ (loi de Boyle – Mariotte)
 $P = 9 \times 10 / 12,375 = 7,27$ bar soit à 62,7 m

67. On réalise une équipression entre les bouteilles suivantes:
15 l gonflée à 160 bar contenant du NITROX 32
12l gonflée à 80 bar contenant un NITROX 40
Calculez la P totale, la Pp d' O2 et la Pp d' N2 du mélange. Quel sera le % d'O2 final?

Volume des bouteilles : $15 + 12 = 27$ l
Volume gazeux total : $(15 \times 160) + (12 \times 80) = 3360$ l
Volume gazeux d' O2 : $(15 \times 160 \times 0.32) + (12 \times 80 \times 0.4) = 1152$ l
Volume gazeux d' N2 : Volume gazeux total – volume gazeux d' O2
 $3360 - 1152 = 2208$ l
P totale : $3360 : 27 = 124.44$ bar
Pp d' O2 : $1152 : 27 = 42.66$ bar
Pp d' N2 : $2208 : 27 = 81.77$ bar
% d' O2 : $42.66 : 124.44 = 0.34$ soit 34%

68. A 30 mètres, un ballon d'une capacité de 30 litres est rempli à moitié. A quelle profondeur sera-t-il complètement gonflé? Quelle loi physique appliquez-vous?

Selon Boyle-Mariotte, à T° constante, le produit P x V est aussi une constante.
 $4 \times 15 = X \times 30$ (où X est la pression à la profondeur recherchée)
 $X = 2$ bars
Profondeur = 10 mètres

69. Vous disposez d'une bouteille de 12 litres gonflée à 90 bars et d'une de 15 litres gonflée à 155 bars. Quelle sera la pression finale de ces bouteilles après équilibrage?

$12 \times 90 = 1080$ litres
 $15 \times 155 = 2325$ litres
Total = 3405 litres pour un volume total de 27 litres
Pression finale = $3405 / 27 = 126$ bars

70. Un plongeur d'une masse de 90 Kg porte une ceinture de 6 Kg lorsqu'il plongé en eau douce. Calculez son nouveau lestage sachant qu'il va plonger en mer en emportant un équipement photo d'une masse de 7 Kg et d'un volume de 6 dm³?
(considérer que 1 litre d'eau de mer a une masse de 1.030 grammes)

En eau douce:
Lorsque le plongeur est équilibré, le P apparent est nul donc P réel = Poussée
 $(90 \times 10) + (6 \times 10) = 10 \times \text{Volume total}$
Volume = 96 litres

En mer:
La poussée exercée sur le plongeur = $96 \times 1,03 = 98,8$ l = 988 N
La poussée exercée sur l'équipement = $6 \times 1,03 = 6,2$ l = 62 N
Poids apparent = Poids réel – Poussée
P apparent = $(960 + 70) - (988 + 62) = 20$ N.

Le plongeur devra ajouter un plombage de 2 Kg.

71. Une bouteille de 15 litres en aluminium gonflée à 200b pèse 17,9 Kg. Combien pèse-t-elle vide? Ne tenant compte que de cette bouteille, quel devra être son lestage?

La bouteille contient 3000 litres d'air, ce qui représente une masse de $3000 \times 1,3$ gramme = 3,9 Kg.
Vide, la bouteille aura une masse de $17,9 - 3,9 = 14$ Kg.
Le lestage étant à mesurer au palier de trois mètres bouteille vide, et cette bouteille pesant 14 Kg pour un volume de 15 litres, il faudra 1 Kg de plomb.

72. Un bi 2 x 10 l est gonflé à 100 bars. On achève le gonflage avec une bouteille tampon de 80 l gonflée à 200 bars puis une autre de 30 l gonflée à 200 bars. Quelle sera la pression du bi après équilibrage sur les 2 tampons?

1^{er} équilibrage: $(2000 \text{ l} + 16000 \text{ l}) / 100 \text{ l} = 180$ bars
2^e équilibrage: $(3600 \text{ l} + 6000 \text{ l}) / 50 \text{ l} = 192$ bars

73. Quel est le poids de l'air contenu dans une bouteille de 10 l gonflée à 200 bars? Qu'en déduisez-vous?

$10 \times 200 \times 1,293 \text{ gr} = 2.586 \text{ gr}$ ou 2, 586 Kg.
Implications au niveau du plombage du plongeur.

74. On souhaite gonfler un mono 15 L (vide au départ) à l'aide de 2 bouteilles tampons de 50 L gonflées chacune à 200 b.
Est-il plus intéressant d'ouvrir les 2 tampons à la fois ou bien l'un après l'autre?
Dans les deux cas, quelle sera la pression finale dans le 15 L?

Il est plus intéressant de gonfler en ouvrant les 2 tampons successivement.

a) en ouvrant les 2 tampons à la fois :
Pfn. = $(200b \times 50L + 200b \times 50L + 0b \times 15L) / 50L + 50L + 15L = 174$ b

b) en ouvrant les 2 tampons successivement:
en ouvrant le 1er tampon
Pfn. = $(200 \text{ b} \times 50L + 0b \times 15L) / 50L + 15L = 154$ b
en ouvrant le 2eme tampon
Pfn = $(200 \text{ b} \times 50 \text{ l} + 154 \text{ b} \times 15 \text{ U}) / .50L + 15L = 189$ b

75. Un plongeur utilise son détendeur de secours pour gonfler un parachute afin de remonter une ancre de 75 kg apparents depuis 40 m. Sachant qu'il reste 150 b dans le 15L au début de l'opération, quelle sera la pression dans la bouteille à la fin de celle-ci (la respiration est considérée comme négligeable)?

Quantité d'air dans la bouteille avant : $15 \text{ l} \times 150 \text{ b} = 2250 \text{ l}$

Quantité d'air nécessaire au gonflage du parachute (ramenée à P atm):

$75 \text{ l} / 5 \text{ b} = 375 \text{ l}$

Quantité d'air dans la bouteille après gonflage du parachute:

$2250 \text{ l} - 375 \text{ l} = 1875 \text{ l}$

Pression dans la bouteille après gonflage du parachute : $1875 / 15 = 125 \text{ b}$

76. Quel est le poids de l'air contenu dans une bouteille de 10 litres gonflée à 200 bars?

$10 \times 200 \times 1.293 \text{ gr} = 2586 \text{ gr}$ ou $2,586 \text{ kg}$

77. A quelle profondeur se trouve un plongeur respirant de l'air (21% O₂ et 79 % N₂) dont la P_p O₂ est de 0,525 bar?

$P. \text{ Partielle} = P \text{ abs} \times \%O_2$

$0,525 = P \text{ abs} \times 0,21$

$P_{\text{abs}} = 0,525 / 0,21 = 2,5 \text{ bars} = 15 \text{ m.}$

78. La distance réelle entre un photographe sous-marin et le sujet à photographier est de 4 m. Sur quelle distance doit-il régler la bague de mise au point de son appareil?

Sur la distance apparente, c'est à dire celle qu'il voit soit environ 75 % de la distance réelle soit 3m.

79. Si le CO₂ devient toxique à partir d'une pression partielle de 30 millibars, à quelle profondeur allez-vous ressentir les premiers effets, sachant que l'air de vos bouteilles contient 1% de CO₂

$1 \% = 0,01 \text{ bar}$ ou 10 millibars en surface

A 20 mètres (P_A=3 bars) on atteindra une pression partielle de 30 millibars.

80. A l'aide de votre détendeur, vous gonflez un ballon à - 40 m pour remonter une ancre de 75 kg apparents. Sachant que le mano de votre scaphandre indiquait 160 bars au début de l'opération, quelle sera la pression résiduelle après celle-ci, sachant que la bouteille a une contenance de 15 L en eau.

Bouteille 15 L à 160 bars = 2400 L

Profondeur 40 m = pression 5 bars, soit 2400 L : 5 = 480 L

Pour équilibrer 75 kg, il faut 75 L d'air

Il restera après gonflage du ballon : 480 L - 75 L = 405 L

405 L à 5 bars ramenés à 1 bar = 405 x 5 = 2025 L

Réduits au volume de la bouteille (15 L) : 2025 : 15 = 135 bars

81. Si je plonge à 40 mètres avec un bloc de 15 litres gonflé à 200 bars, sachant qu'il a fallu 4' pour descendre et 4' pour remonter au palier de sécurité de 5' à 5m. (on a arrondi à la minute supérieure), combien de temps puis-je rester sur le fond, pour me retrouver au palier avec 50 bars? On considère que la consommation est de 20 litres/minute.

A. 17 minutes 30 secondes

B. 18 minutes 30 secondes

C. 19 minutes 30 secondes

D. 20 minutes 30 secondes

82. La pression hydrostatique est de 2,3 bars, quand la profondeur est:

A. 2,3 mètres

B. 13 mètres

C. 23 mètres

D. 33 mètres

83. Ta bouteille de 12 litres est gonflée à 200 bars. Tu sais que tu dois remonter quand le manomètre indique 50 bars. Sachant que ta consommation personnelle est de 15 litres/minute et, sans tenir compte du temps mis pour descendre, combien de temps pourras-tu rester, sur un fond de 40 mètres?

- A. 32'
- B. 26'
- C. 24'**
- D. 20'

84. Ta bouteille de 15 litres est gonflée à 190 bars. Tu dois remonter quand le manomètre indique 50 bars. Ta consommation personnelle étant de 25 litres/minute et sans tenir compte de la descente, combien de temps pourras-tu rester, au fond, à 20 mètres?

- A) 18 minutes
- B) 28 minutes**
- C) 38 minutes
- D) 48 minutes

85. Quelles sont les pressions partielles (Pp) de l'O₂ (20%) et de l'N₂ (80%), contenus dans l'air respiré à 40 mètres de profondeur en eau douce?

- A) 0,8 bar - 3,2 bars
- B) 1 bar - 4 bars**
- C) 1,2 bar - 4,2 bars
- D) 1,4 bar - 4,6 bars

86. Quel volume d'eau doit-on déplacer pour remonter de 40m en surface un objet de 500kg qui déplace 300 litres en eau de mer?

*L'objet pèse 500 kg le poids le dirige vers le bas, le volume déplacé est de 300 litres.
En eau salée chaque litre déplacé représente une poussée d'Archimède de 1,03 kg (densité eau de mer), donc l'objet est soumis à une poussée de : $300 \times 1,03 = 309$ kg.
Le poids apparent étant de $500 - 309 = 191$ donc positif le corps coule.
Afin de rendre une flottabilité "nulle" il faut équilibrer cette force par une poussée vers le haut de 191 kg.
Si l'on attache un parachute chaque litre d'air va créer en eau de mer une poussée de 1,03 kg.
Pour obtenir une poussée de 191 kg il faudra donc déplacer $191 : 1,03 = 185,4$ kg.
Au fait l'eau étant considérée "incompressible" pour des raisons pratiques, la profondeur peut être négligée.*

87. Un objet de 350 kg déplaçant 300 litres a coulé à 15 m en eau douce. Quel est le volume du parachute pour le remonter?

*L'objet pèse 350 kg et déplace 300 litres, il est donc soumis à une poussée d'Archimède de 300 kg en eau douce.
Il faut donc pour avoir une flottabilité nulle exercer une force de $350 - 300 = 50$ kg.
En eau douce chaque litre d'air injecté dans le parachute va créer une poussée de 1 kg dirigée vers le haut.
Il faudra donc un parachute dans lequel on pourra injecter plus de 50 litres afin d'avoir une certaine aisance et de ne pas devoir palmer trop dur pour faire "décoller" l'objet.*

88. Quelle profondeur pour:

- 1) Pabs = 2b
- 2) Pabs = 4,2b
- 3) Pabs = 5b
- 4) Pabs = 1,6b

- 1) Prof = 10m
- 2) Prof = 32m
- 3) Prof = 40m
- 4) Prof = 6m

89. Un gilet contient 3L d'air à 29m. Quel est son volume à 3m si la remontée a été effectuée sans purger? Qu'en concluez-vous?

$P_{abs} \text{ à } 29m = 3,9b$
 $P_{abs} \text{ à } 3m = 1,3b$

$P_1V_1 = P_2V_2$
 $3,9 \cdot 3 = 1,3 \cdot V_2$

Donc $V_2 = (3,9 \cdot 3) / 1,3 = 9L$

Conclusion :

Il y a danger car

la remontée va s'effectuer de plus en plus vite du fait de la quantité d'air contenu dans le gilet, risque de surpression pulmonaire.

Très grands risques de louper l'arrêt au palier de 3m et de percer la surface sans aucun contrôle de soi même et de l'environnement

90. Un plongeur consomme 18L/min en surface. Il plonge avec un bloc de 12L gonflé à 200 bars. La réserve est à 50 bars.

On considèrera la consommation au cours de la plongée comme étant celle à la profondeur maximale prévue.

Combien de temps peut-il rester à 20m? à 40m?

A 20 m :

Quantité d'air à consommer dans le bloc : $12 \cdot (200-50) = 1800L$

$P_{abs} \text{ à } 20m = 3b$

Consommation à 20m = $18 \cdot 3 = 54L/min$

Temps au fond = $1800/54 = 33$ minutes

A 40 m :

Quantité d'air à consommer dans le bloc : $12 \cdot (200-50) = 1800L$

$P_{abs} \text{ à } 40m = 5b$

Consommation à 20m = $18 \cdot 5 = 90L/min$

Temps au fond = $1800/90 = 20$ minutes

91. Un plongeur consomme 20L/min en surface. Il plonge avec un bloc de 15L gonflé à 200 bars.

Quelle est la quantité d'air au départ de la plongée dans la bouteille ?

Quelle est la consommation du plongeur à 40 m ?

Il reste 15 minutes à cette profondeur puis remonte.

Combien reste-t-il d'air dans sa bouteille lorsqu'il quitte le fond?

Combien indique son manomètre lorsqu'il décide de remonter?

Quantité d'air = $15 \cdot 200 = 3000L$ d'air

$P_{abs} \text{ à } 40m = 5b$

Consommation à 40m = $20 \cdot 5 = 100b$

Air consommé en 15minutes à 40m = $15 \cdot 100 = 1500L$

Air restant dans le bloc = $3000 - 1500 = 1500L$

Au début de la remontée, le mano indique : $1500/15 = 100$ bars

92. Afin d'aller plonger dans la carrière de Cholet, une plongeuse loue une combinaison 2 pièces de 7 mm.

Arrivée à Cholet, elle s'équipe son bloc de 12L et prépare sa ceinture de plomb.

1. Elle se met à l'eau

2. Elle rajoute une ceinture de lest de 3 kg

3. Elle rajoute dans ses poches de gilet 2 plombs de 1kg chacun

Poids apparent et flottabilité pour chacune des étapes ?

Données :

Eau douce : 1L = 1 kg

Plongeuse : poids de 55kg pour un volume de 57 litres

Volume de la combinaison complète : 8 litres pour un poids de 3kg

Poids du bloc : 16 kg.

Première étape :

Poids réel = $60+3+16=79\text{kg}$
Poussée d'Archimède = $62+8+12=82\text{kg}$
Poids apparent = $79-82= -3\text{kg}$
Flottabilité positive donc elle remonte

2) Deuxième étape :
Poids réel = $79+3=82\text{kg}$
Poussée d'Archimède = 82kg
Poids apparent = $82-82= 0$
Flottabilité neutre donc elle se maintient entre 2 eaux

3) Troisième étape :
Poids réel = $82+2*1=84\text{kg}$
Poussée d'Archimède = 82kg
Poids apparent = $84-82= 2\text{kg}$
Flottabilité négative donc elle descend

93. Une bouteille de 12L a un volume extérieur de 15dm³ et un poids de 15,88kg lorsque le manomètre indique 0bar.

1L d'air à 1b pèse 1,3g.

Quel est le poids apparent en eau douce lorsque le mano indique 200b ? 50b ?
Que pouvez-vous noter sur les différences de poids apparents ?

Poussée d'Archimède = $15\text{dm}^3 = 15\text{L} = 15\text{kg}$

A 200b :
Poids de l'air = $12*200*1,3 = 3120\text{g} = 3,12\text{kg}$
Poids total du bloc = $15,88+3,12 = 19\text{kg}$
Poids apparent = $19-15 = 4\text{kg}$

A 50b :
Poids de l'air = $12*50*1,3 = 780\text{g} = 0,78\text{kg}$
Poids total du bloc = $15,88+0,78 = 16,66\text{kg}$
Poids apparent = $19-16,66 = 2,34\text{kg}$

A noter :

La différence de poids entre le bloc plein et le bloc sur réserve est d'un peu plus de 2kg.
Il faut donc adapter son lestage en vue de tenir un éventuel palier à 3m en fin de plongée sur réserve !

94. Quelque part en Méditerranée, un coffre au trésor dont le poids est de 72Kg et dont le volume est de 68dm³ repose sur un fond de 30m. Un plongeur chanceux l'a découvert et y attache un parachute (de poids nul) dans lequel il introduit 12L d'air.

Que se passe-t-il ?

Si le plongeur aide le coffre à remonter, à partir de quelle profondeur le coffre remontera-t-il seul ?

Poussée d'Archimède sur le coffre = $68\text{dm}^3 = 68\text{L} = 68\text{kg}$
Poids apparent du coffre en surface = $72-68 = 4\text{kg}$
A 30m, $P_1=4\text{b}$ et le volume d'air nécessaire pour compenser le poids apparent devient $V_2 = 4*30=120\text{L} > 12\text{L}$
Les 12L d'air du parachute ne suffisent pas à remonter le coffre depuis la profondeur de 30m.

A quelle profondeur les 12L d'air du parachute compenseront le Poids apparent du coffre ?

$P_1V_1 = P_2V_2$ donc $P_2 = (P_1V_1)/V_2 = 4*12/16 = 3$ bars soit 20m.

Il faut que le plongeur aide le coffre à remonter jusqu'à 20m pour que le coffre finisse la remontée seul.

95. Un gilet contient 3L d'air à 29m.

Quel est son volume à 3m si la remontée a été effectuée sans purger ?

Qu'en concluez-vous ?

Pabs à 29m = 3,9b
Pabs à 3m = 1,3b

$P_1.V_1 = P_2.V_2$
 $3,9 \times 3 = 1,3 \times V_2$

Donc $V_2 = (3,9*3)/1,3 = 9\text{L}$

Conclusion :

Il y a danger car la remontée va s'effectuer de plus en plus vite du fait de la quantité d'air contenu dans le gilet, risque de surpression pulmonaire.

Très grands risques de louper l'arrêt au palier de 3m et de percer la surface sans aucun contrôle de soi même et de l'environnement

96. Un plongeur consomme 18L/min en surface. Il plonge avec un bloc de 12L gonflé à 200 bars. La réserve est à 50 bars.

On considèrera la consommation au cours de la plongée comme étant celle à la profondeur maximale prévue.

Combien de temps peut-il rester à 20m ? à 40m ?

A 20 m :

Quantité d'air à consommer dans le bloc : $12 \times (200-50) = 1800L$

Pabs à 20m = 3b

Consommation à 20m = $18 \times 3 = 54L/min$

Temps au fond = $1800/54 = 33$ minutes

A 40 m :

Quantité d'air à consommer dans le bloc : $12 \times (200-50) = 1800L$

Pabs à 40m = 5b

Consommation à 20m = $18 \times 5 = 90L/min$

Temps au fond = $1800/90 = 20$ minutes

97. Afin d'aller plonger dans la carrière de Vodelée, une plongeuse loue une combinaison 2 pièces de 7 mm. Arrivée à Vodelée, elle s'équipe son bloc de 12L et prépare sa ceinture de plomb.

Etape 1. Elle se met à l'eau tel quel.

Etape 2. Elle rajoute une ceinture de lest de 3 kg

Etape 3. Elle rajoute dans ses poches de gilet 2 plombs de 1kg chacun

Calculer le poids apparent et la flottabilité pour chacune des étapes?

Données:

Eau douce : 1L = 1 kg

Plongeuse : poids de 55kg pour un volume de 57 litres

Volume de la combinaison complète : 8 litres pour un poids de 3kg

Poids du bloc : 16 kg.

Première étape :

Poids réel = $60+3+16=79kg$

Poussée d'Archimède = $62+8+12=82kg$

Poids apparent = $79-82= -3kg$

Flottabilité positive donc elle remonte

Deuxième étape :

Poids réel = $79+3=82kg$

Poussée d'Archimède = 82kg

Poids apparent = $82-82= 0$

Flottabilité neutre donc elle se maintient entre 2 eaux

Troisième étape :

Poids réel = $82+2 \times 1=84kg$

Poussée d'Archimède = 82kg

Poids apparent = $84-82= 2kg$

Flottabilité négative donc elle descend

98. L'air étant composé de 80% d'azote et de 20% O₂, Quelle sera la pression partielle de chacun de ses composants à 40m de profondeur ?

PP= Prof abs X % gaz

4bars N₂ et 1 bar O₂

1,7= Prof X 20% => 8,5 bars 75 mètres

99. Un plongeur consomme 20L/min en surface. Il plonge avec un bloc de 15L gonflé à 200 bars. Quelle est la quantité d'air au départ de la plongée dans la bouteille ? Quelle est la consommation du plongeur à 40 m ?

Il reste 15 minutes à cette profondeur puis remonte.
Combien reste-t-il d'air dans sa bouteille lorsqu'il quitte le fond ?
Combien indique son manomètre lorsqu'il décide de remonter ?

*Quantité d'air = $15 \times 200 = 3000L$ d'air
Pabs à 40m = 5b
Consommation à 40m = $20 \times 5 = 100b$
Air consommé en 15 minutes à 40m = $15 \times 100 = 1500L$
Air restant dans le bloc = $3000 - 1500 = 1500L$
Au début de la remontée, le mano indique : $1500/15 = 100$ bars*

100. Quelque part en Méditerranée, un coffre au trésor dont le poids est de 72Kg et dont le volume est de 68 dm³ repose sur un fond de 30m. Un plongeur chanceux l'a découvert et y attache un parachute (de poids nul) dans lequel il introduit 12L d'air.

Que se passe-t-il ?

Si le plongeur aide le coffre à remonter, à partir de quelle profondeur le coffre remontera-t-il seul ?

*Poussée d'Archimède sur le coffre = $68dm^3 = 68L = 68kg$
Poids apparent du coffre en surface = $72 - 68 = 4kg$
A 30m, $P_1 = 4b$ et le volume d'air nécessaire pour compenser le poids apparent devient $V_2 = 4 \times 4 = 16L > 12L$
Les 12L d'air du parachute ne suffisent pas à remonter le coffre depuis la profondeur de 30m.
A quelle profondeur les 12L d'air du parachute compenseront le Poids apparent du coffre ?
 $P_1V_1 = P_2V_2$ donc $P_2 = (P_1V_1)/V_2 = 4 \times 12/16 = 3$ bars soit 20m.
Il faut que le plongeur aide le coffre à remonter jusqu'à 20m pour que le coffre finisse la remontée seul.*

101. Soit un plongeur tout équipé dont la masse est de 100kg et qui occuperait un volume de 100L (bouteille de 15L 200b inclus).

Quel est la masse minimum (arrondie à l'unité supérieure) de plomb que ce plongeur doit emporter afin de pouvoir réaliser un palier en eau de mer à 3m avec 50b dans sa bouteille, gilet vide ?

*La bouteille a perdu 150b,
soit $150 \times 15L = 2250L$ d'air,
soit $2250L \times 1,22 g/L = 2745 g$
(1,22 g/L, masse volumique air sec à 15°C) -> 2745 g
(ref : Page 1-§5 Physique)
(1,29 g/L, masse volumique air sec à 0°C) -> 2903 g
soit 3 kg
-> La masse du plongeur est donc de $100 - 3 = 97 kg$
Le volume du plongeur (100L) provoque une poussée positive équivalente à une masse d'eau de mer de $100L \times 1,03 kg/L = 103 kg$
(1,03 kg/L, masse volumique eau salée)
(ref : Page 1-§5 Physique)
Pour rétablir l'équilibre, un plombage de masse de 6 kg sera nécessaire*