Aspects théoriques de l’activité

Durée : 1h30, Coefficient 3

QUESTION N°1. Levage et flottabilité (5 points)

Suite à un entraînement organisé en lac (densité de l’eau = 1), vous êtes chargé de relever l’ancre du bateau posée sur un fond de 40 mètres. Elle a un volume de 10 dm3 pour une densité de 3,5.

a) Combien de litres d’air pouvez-vous mettre dans le parachute de levage en sachant que vous n’utiliserez pas plus de 5 bars de votre bi 2×10 litres ? (2 pts)

b) L’ancre peut-elle remonter ? (1 pt)

c) Vous avez l’idée d’utiliser un bout entre l’ancre et le parachute de levage. Quelle doit être sa longueur pour que l’ancre remonte ? (2 pts)

QUESTION N°2. Gonflage Nitrox (9 points)

Dans le cadre d’une sortie club, vous devez préparer 4 bouteilles de 15 litres de Nitrox 36 (36 % d’O2 et 64% de N2), à une pression de 200 bars. Les bouteilles sont vides avant le gonflage.

Pour tous les calculs :

* On fera volontairement abstraction de l’influence de la température,
* On considèrera que l’air est composé de 20 % d’oxygène et de 80 % d’azote.
* On n’utilisera que les pressions lues au manomètre (pression relative) et non

les pressions absolues. Ainsi une bouteille vide contient 0 bar de gaz.

1. Définissez la procédure de gonflage (chiffrée) en sachant que le Nitrox sera fabriqué par transvasement à partir d’une bouteille d’O2 de 50 litres (B50) gonflée à 200 bars. (1 pt)

b) Détaillez la méthode de gonflage de ces bouteilles. (1 pt)

c) Quelle pression restera-t-il dans la B50 après l’opération ? (0,5 pt)

d) Donnez les avantages et les inconvénients de cette procédure (1,5 pt)

e) Une seconde plongée est prévue, mais cette fois, avec un Nitrox 32% à 200 bars. Pour ne pas gaspiller de mélange, vous décidez de compléter les bouteilles. En équilibrant les blocs vous trouvez une pression résiduelle de 50 bars. Établissez la nouvelle procédure de gonflage. (2 pts)

f) Une fois le remplissage terminé, vous constatez que les blocs sont chauds. Expliquez-en la raison et décrivez la nature des échanges thermiques qui vont s’opérer (1 pt)

g) Vous laissez passer 6 heures entre la fin du gonflage et l’analyse des mélanges. Vous constatez que votre mélange contient 35% d’O2 au lieu de 32% demandés. Quelles solutions proposez-vous afin d’obtenir 32% d’O2 dans les blocs gonflés à 200 bars ? (2 pts)

QUESTION N°3. Échanges thermiques (3 points)

a) La thermocline trouble notre vision en plongée, Définissez et expliquez-en les raisons (1 pt)

b) Il est très fréquent que les stagiaires vous demandent pourquoi la pression mesurée dans leur bloc est de 180 bars alors que la valeur affichée sur le manomètre de la rampe de gonflage indiquait de 200 bars la veille. Donnez-leur une explication chiffrée de ce phénomène sachant que la température ambiante était de 25 °Celsius lors du gonflage (1pt)

d) Proposez-leur de refaire le calcul en tenant compte de la température finale (valeur calculée précédemment) et en supposant que la température ambiante était de 20°C (1pt)

QUESTION N°4. Autonomie (3 points)

Lors d’un entraînement aux épreuves à 50 mètres, votre inspiration est devenue difficile au bout de 5 minutes, ce qui vous a contraint à amorcer votre remontée sans avoir pu réaliser la totalité de l’acte d’enseignement prévu.

(La moyenne pression de votre premier étage est réglée à 10 bars et votre consommation habituelle en surface est de 20 l/mn)

a) Quelle a été votre consommation pendant la plongée, en sachant que la pression de votre bloc de 15 litres était de 200 bars avant la plongée et qu’il n’y avait aucune fuite apparente ? (2 pts)

b) Quelle conclusion pouvez-vous tirer de cette situation ? (1 pt)

PROPOSITION DE CORRECTION

QUESTION N°1. Levage et flottabilité (5 points)

Suite à un entraînement organisé en lac (densité de l’eau = 1), vous êtes chargé de relever l’ancre du bateau posée sur un fond de 40 mètres. Elle a un volume de 10 dm3 pour une densité de 3,5.

a) Combien de litre d’air pouvez-vous mettre dans le parachute de levage en sachant que vous n’utiliserez pas plus de 5 bars de votre bi 2×10 litres ? (2 pts)

* *Quantité d’air utilisable pour le parachute : 5 x 20 = 100 litres (en équivalent surface).*
* *A 40 m le volume équivalent sera égal à P1×V1 = P2×V2*
* *Soit 1 bar x 100 litres = 5 bars x V2 d’où V2 = 100 / 5 = 20 litres*

b) L’ancre peut-elle remonter ? (1 pt)

* *Poids réel de l’ancre = 10 dm3 × 3,5 = 35 kg*
* *Volume de l’ancre + parachute = 10 litres + 20 litres = 30 litres*
* *Poids réel de l’ancre > poids du volume d’eau (35 kg > 30 kg)*
* *flottabilité négative 🡪 l’ancre reste au fond*

c) Vous avez l’idée d’utiliser un bout entre l’ancre et le parachute de levage. Quelle doit être sa longueur pour que l’ancre remonte ? (2 pts)

* *Pour que l’ancre remonte il faudra que le volume d’air dans le parachute atteigne :*

*35 litres – 10 litres = 25 litres*

* *P1 ×V1 = P2×V2 soit 5 x 20 = P2 x 25 d’où P2 = 100/25 = 4 bars donc profondeur = 30 m*
* *En mettant 10 mètres de bout l’ancre sera relevée (2 pts)*

QUESTION N°2. Gonflage Nitrox (9 points)

Dans le cadre d’une sortie club, vous devez préparer 4 bouteilles de 15 litres de Nitrox 36

(36 % d’O2 et 64% de N2), à une pression de 200 bars. Les bouteilles sont vides avant le gonflage.

Pour tous les calculs :

* On fera volontairement abstraction de l’influence de la température,
* On considèrera que l’air est composé de 20 % d’oxygène et de 80 % d’azote.
* On n’utilisera que les pressions lues au manomètre (pression relative) et non

les pressions absolues. Ainsi une bouteille vide contient 0 bar de gaz.

1. Définissez la procédure de gonflage (chiffrée) en sachant que le Nitrox sera fabriqué par transvasement à partir d’une bouteille d’O2 de 50 litres (B50) gonflée à 200 bars. Détaillez la méthode de gonflage de ces bouteilles. (2 pts)

* *Fabrication par la méthode des pressions partielles (1 pt). Le mélange se réalise à l’aide d’une lyre de transfert.*
* *Détails de la procédure de gonflage*
* *On a 0 bar d’azote*
* *On veut 200 bars à 64% : 200 x 0,64 =128 bars de N2*
* *On doit rajouter en air : 128 / 0,80 = 160 bars d’air*
* *Pour la fabrication du Nitrox, il faut transvaser d’abord 40 bars d’O2 pur puis compléter avec 160 bars d’air à l’aide du compresseur (1 pt)*

1. Quelle pression restera-t-il dans la B50 après l’opération ? (0,5 pt)

* *Pression résiduelle d’O2 dans la B50 : ((50x200)-(40x4x15)) / 50 = 152 b*

1. Donnez les avantages et les inconvénients de cette procédure (1,5 pt)

* *Avantages : (0,5 pt)*
* *Possibilité de réaliser des mélanges supérieurs à 40% d’O2 avec du matériel approprié et compatible O2. à un faible coût*
* *Inconvénients : (1 pt)*
* *L’air ajouté par le compresseur doit-être exempt de toute particule d’huile, utilisation d’un sur filtre évitant de « polluer »*
* *La fabrication demande beaucoup d’attention, de précision dans les pressions partielles et du temps de remplissage (5 b/mn)*
* *Utilisation d’une vanne de laminage*
* *A l’équilibre des pressions, le transvasement n’est plus possible, les bouteilles d’O2 ne sont pas utilisées dans leur capacité maximum (volume résiduel).*
* *Pour les vider, il faut utiliser un surpresseur, ou bien vider les bouteilles de Nitrox mais on perd 5 à 10 bars d’O2 dans la B50.*

1. Une seconde plongée est prévue, mais cette fois, avec un Nitrox 32% à 200 bars. Pour ne pas gaspiller de mélange, vous décidez de compléter les bouteilles. En équilibrant les blocs vous trouvez une pression résiduelle de 50 bars.

Établissez la nouvelle procédure de gonflage. (2 pts)

* *On équilibre les blocs sur la rampe et on trouve 50 bars.*
* *Etat initial : on a 50 bars x 64% de N2 : 50 x 0,64 = 32 bars de N2*

*Il reste dans les blocs 50 bars de Nitrox 36 soit : 50 x 0,36 = 18 bars d’O2*

* *Etat final : on veut 200 bars x 68% de N2 : 200 x 0,68 = 136 bars de N2*
* *On doit rajouter 136 – 32 = 104 bars de N2*
* *On doit rajouter 104 / 0,80 = 130 bars d’air à l’aide du compresseur*
* *Pour la préparation de ces seconds Nitrox, on apporte 130 bars d’air donc 130 x 0,2 = 26 bars d’O2. Au final, on veut 200 x 0,32 = 64 bars d’O2. Donc il faut transvaser (64-26)-18 =20 bars d’O2 à la lyre.*
* *Pour des raisons de sécurité, on commencera par transvaser l’O2 puis on complétera le gonflage à l’aide du compresseur*

1. Une fois le remplissage terminé, vous constatez que les blocs sont chauds. Expliquez-en la raison et décrivez la nature des échanges thermiques qui vont s’opérer (1 pt)

* *La compression des gaz augmente l’agitation des molécules qui les composent.*
* *Ce phénomène entraîne l’élévation de leur température, ce qui entraîne un réchauffement des bouteilles de plongées. « Loi de Charles »*
* *Les échanges thermiques vont s’opérer du milieu le plus chaud (air dans les blocs - enveloppe métallique des blocs) vers le plus froid (air ambiant). La transmission des calories va s’effectuer jusqu'à l’équilibre thermique.*
* *Ce phénomène va s’opérer par :*
* *Rayonnement : Perte de chaleur par rayonnement infra rouge depuis l’enveloppe métallique des blocs. Phénomène d’importance mineure dans ce cas*
* *Conduction : échange de calories entre 2 milieux solides.*
* *Convection : échange entre 2 gaz ou entre un liquide et un gaz. La chaleur arrivant à la surface des blocs métalliques va réchauffer les molécules d’air en contact avec celles-ci. Ces dernières vont s’élever et être remplacées par des molécules plus froides.*

1. Vous laissez passer 6 heures entre la fin du gonflage et l’analyse des mélanges. Vous constatez que votre mélange contient 35% d’O2 au lieu de 32% demandés. Quelles solutions proposez-vous afin d’obtenir 32% d’O2 dans les blocs gonflés à 200 bars ? (2 pts)

* *Vider un peu les blocs jusqu'à une pression définie (P) et les regonfler ensuite à l’air jusqu’à une pression de 200 bars.*
* *Détermination de l’équation pour un Nitrox 32*
* *Calcul de la pression de N2 final : On obtiendra en final (0,68 x 200) bars de N2, soit 136 bars de N2.*
* *On dispose initialement d’une pression (P) de 65% de N2 lorsque les bouteilles sont vidées partiellement avant d’être regonflées d’air.*
* *On va rajouter de l’air : 0,80 x (200 – P) bars de N2*
* *D’où l’équation : 0,65 x P + 0,80 x (200 – P) = 136 bars*
* *Soit P x (0,65 – 0,8) + 160 = 136 bars ⇔ 0,15 x P = 160 – 136*

*ce qui donne une pression P = 24 / 0,15 = 160 bars. (2 pts)*

* *Les autres solutions nous donnent une pression des blocs supérieure à la pression de service (200 bars) ou un mélange encore trop riche.*

QUESTION N°3. Échanges thermiques (3 points)

1. La thermocline trouble notre vision en plongée,

Définissez et expliquez-en les raisons (1 pt)

* *On nomme thermocline la zone d’échange thermique entre la zone d’eau froide et la zone d’eau chaude. (0,5 pt)*
* *Le fait que l’on voie trouble dépend de l’indice de réfraction de l’eau qui varie en fonction de la température. On voit ainsi apparaître des turbulences à la rencontre des eaux chaudes et froides. (0,5 pt)*

b) Il est très fréquent que les stagiaires vous demandent pourquoi la pression mesurée dans leur bloc est de 180 bars alors que la valeur affichée sur le manomètre de la rampe de gonflage indiquait 200 bars la veille. Donnez-leur une explication chiffrée de ce phénomène sachant que la température ambiante était de 25 °Celsius lors du gonflage (1pt)

* *Afin de pouvoir définir les raisons de cette baisse de température, il faut se rappeler que la chute de pression est directement liée à la température.*
* *C’est la loi de Charles qui définit l’équation suivante : P1/T1 = P2/T2 en n’oubliant pas que l’unité de température n’est pas le Celsius mais le Kelvin.*
* *Ce qui donne : 200 b / X = 180 / (273 + 25) → X = 331,11 Kelvin soit 58,11°C*

c) Proposez-leur de refaire le calcul en tenant compte de la température finale (valeur calculée précédemment) et en supposant que la température ambiante était de 20°C (1pt)

* *Lorsque la valeur de température finale est de : 58,11°C*
* *Cela donne : 200 b / (273 + 58,11) = X / (273 + 20) → 176,98 b dans le bloc*

QUESTION N°4. Autonomie (3 points)

Lors d’un entraînement aux épreuves à 50 mètres, votre inspiration est devenue difficile au bout de 5 minutes, ce qui vous a contraint à amorcer votre remontée sans avoir pu réaliser la totalité de l’acte d’enseignement prévu.

(La moyenne pression de votre premier étage est réglée à 10 bars et votre consommation habituelle en surface est de 20 l/mn)

1. Quelle a été votre consommation pendant la plongée, en sachant que la pression de votre bloc de 15 litres était de 200 bars avant la plongée et qu’il n’y avait aucune fuite apparente ? (2 pts)

* *Si la respiration devient difficile, c’est qu’il ne reste plus que 16 b de pression dans le bloc. (La MP est réglée à 10 b en surface et on se trouve à 50 mètres de profondeur 🡪 MP = 16 b)*
* *La consommation à 50 m devrait être : 6 b x 20 l/min = 120 l/min*
* *La quantité d’air effectivement consommé(e) est de 200 – 16 = 184 b x 15 l = 2 760 litres*
* *La durée de la plongée pour consommer ce volume à 50 m est de 2 760 / 120 = 23 minutes, or il a été consommé en 5 minutes*
* *Durée calculée/durée réelle = 23/5 = 4,6.*
* *Donc la consommation réelle à 50 m est 4,6 fois plus élevée que la consommation calculée*

b) Quelle conclusion pouvez-vous tirer de cette situation ? (1 pt)

*Etat de stress et/ou essoufflement*