**Aspects théoriques de l'activité**

**Durée 1h 30 - Coefficient 3**

**QUESTION 1– Gonflage et plongée au Nitrox (6 points)**

Vous êtes directeur technique d’un centre de plongée et souhaitez organiser une journée d’initiation à la plongée Nitrox pour 3 plongeurs.Vous réalisez vos mélanges à l’aide d’une lyre de transfert équipée d’un manomètre en appliquant la méthode des pressions partielles. Vous disposez d’une bouteille d’oxygène B50 (50 litres) à 200 bars et d’un compresseur d’air de débit 15m3/h. Le mélange Nitrox est réalisé en deux étapes :

1ère étape : on charge les blocs en oxygène pur à une vitesse de 5 bars/min.

2ème étape : on ajoute de l’air à l’aide du compresseur.

On considère que l’air est composé de 80% de N2 et de 20% d’O2.

Pour la plongée du matin, vous souhaitez confectionner un mélange Nitrox 32/68 à 200 bars dans 4 blocs de 12 litres. Toutes ces bouteilles sont compatibles O2 pur. Les 4 bouteilles contiennent 45 bars de Nitrox 40/60 avant gonflage et sont reliées entre elles sur une même rampe de gonflage.

1. Quelle quantité d’O2 doit-on introduire dans les 4 blocs à partir de la B50 d’O2 ? Après cette opération, quelles sont les pressions dans les blocs et dans ladite B50 ?
2. Quelle quantité d’air doit-on ajouter dans les blocs à l’aide du compresseur ?
3. Quel est le temps du gonflage des 4 blocs à l’aide du compresseur ?

**QUESTION 2 - Consommation du plongeur et relevage (6 points)**

Votre bateau de plongée est accroché à un corps mort situé près d’une épave reposant sur un fond de 50 mètres dans une eau de densité 1,05. Vous prévoyez d’effectuer une plongée sur cette épave et d’équilibrer une gueuse (masse = 12 Kg, densité = 6) posée sur ce fond en vous aidant d’un parachute de 60 litres de volume et de votre bouteille de 15 litres gonflée avant la plongée à 200 bars.

1. Vous vous souvenez avoir effectué récemment une plongée carrée en eau douce à 30 mètres, et avoir consommé 100 bars sur une bouteille de 12 litres en 25 minutes. Calculez votre consommation moyenne à cette profondeur et celle ramenée à la surface en L/min (on négligera le temps de descente).
2. En supposant votre consommation identique à celle de votre plongée précédente, après 15 minutes à 50 mètres (dans cette eau de densité 1,05), combien de temps pourriez-vous passer à cette profondeur jusqu’à ce que votre bloc atteigne la pression de 50 bars ?
3. Au bout des 15 minutes passées à 50 mètres, vous gonflez le parachute fixé à la gueuse. Quelle pression indique votre manomètre :

* avant le gonflage du parachute ?
* après son gonflage, de telle sorte que la gueuse soit équilibrée ? (On négligera le poids du parachute et du bout) Arrondissez le résultat au bar inférieur.

**QUESTION 3 – ASPECT THEORIQUE DU REFROIDISSEMENT D’UN COMPRESSEUR (3 points)**

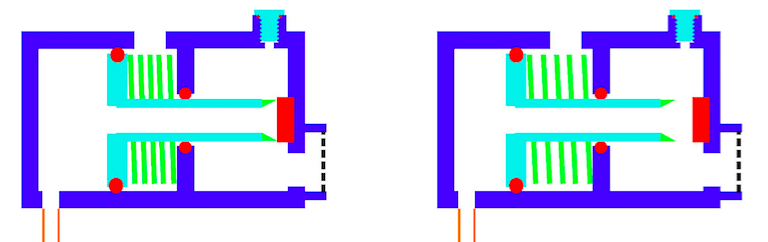
Un compresseur de plongée produit beaucoup de chaleur.

1. A l’aide de vos connaissances, expliquez le principe physique de l’échauffement lié à la compression.
2. Décrivez synthétiquement les éléments participants au refroidissement d’un compresseur standard.
3. Quelles sont les conséquences d’une mauvaise évacuation de la chaleur produite par un compresseur ?

**QUESTION 4 – ASPECT THEORIQUE DES 1er ETAGE DE DETENDEUR (5 points)**

Expliquez de façon synthétique :

1. La compensation simple d’un premier étage à piston.



1. La surcompensation influencée par la variation de la haute pression (type Scubapro).
2. La surcompensation influencée par la variation de la pression ambiante (type Aqualung).

|  |  |
| --- | --- |
| 1-9 Surcomp | 1-8 Surcomp |

**Référentiel de correction**

**QUESTION 1– Gonflage et plongée au Nitrox (6 points)**

Vous êtes directeur technique d’un centre de plongée et souhaitez organiser une journée d’initiation à la plongée Nitrox pour 3 plongeurs.Vous réalisez vos mélanges à l’aide d’une lyre de transfert équipée d’un manomètre en appliquant la méthode des pressions partielles. Vous disposez d’une bouteille d’oxygène B50 (50 litres) à 200 bars et d’un compresseur d’air de débit 15m3/h. Le mélange Nitrox est réalisé en deux étapes :

1ère étape : on charge les blocs en oxygène pur à une vitesse de 5 bars/min.

2ème étape : on ajoute de l’air à l’aide du compresseur.

On considère que l’air est composé de 80% de N2 et de 20% d’O2.

Pour la plongée du matin, vous souhaitez confectionner un mélange Nitrox 32/68 à 200 bars dans 4 blocs de 12 litres. Toutes les bouteilles sont compatibles O2 pur. Les 4 bouteilles contiennent 45 bars de Nitrox 40/60 avant gonflage et sont reliées entre elles sur une même rampe de gonflage.

1. Quelle quantité d’O2 doit on introduire dans les 4 blocs à partir de la B50 d’O2 ? Après cette opération, quelles sont les pressions dans les blocs et dans ladite B50 ? **(4 points)**

*Etat initial :*

*4 Blocs à 45 bars de 40/60 (volume de 4x12 = 48 L) : PpN2= 45x0,6 = 27 bars et PpO2= 45x0,4 = 18 bars.*

*Etat final :*

*4 Blocs à 200 bars de 32/68 (volume de 4x12 = 48 L) : PpN2= 200x0,68 = 136 bars et PpO2= 200x0,32 = 64 bars.*

*L’oxygène vient de l’O2 du mélange initial + O2 pur ajouté + de l’air ajouté par le compresseur.*

*L’azote vient de l’N2 du mélange initial + de l’air ajouté par le compresseur.*

*Il faut donc déterminer en premier les quantités de ces gaz apportées par l’air pour en déduire celle d’O2 pur à prélever sur la B50 d’O2.*

*PpN2 air à apporter = 136-27 = 109 bars, soit 109/0,8 = 136,25 bars d’air.*

*Le compresseur apporte en même temps : 136,25x0,2 = 27,25 bars d’O2.*

*Il reste donc à apporter par la B50 d’O2 : 64-18-27,25 = 18,75 bars d’O2 pur.*

*=> On doit donc introduire 18,75x(4x12) =* ***900 L d’O2 pur.***

*=> La pression dans les blocs est de 45+18,75 =* ***63,75 bars.***

*=> La pression dans la b50 : (50x200-900)/50=* ***182 bars.***

1. Quelle quantité d’air doit on ajouter dans les blocs à l’aide du compresseur ? **(1 point)**

*On ajoute : 136,25 bar x (4x12) =* ***6540 L d’air****.*

1. Quel est le temps du gonflage des 4 blocs à l’aide du compresseur ? **(1 point)**

*On ajoute 6540 litres d’air par le compresseur.*

*Celui-ci gonfle 15 m3 en 60 minutes, soit 15000 /60 = 250 L/min.*

*=> Temps de gonflage = 6540 / 250 =* ***26,16 min******ou 26 minutes 10 secondes.***

**QUESTION 2 - Consommation du plongeur et relevage (6 points)**

Votre bateau de plongée est accroché à un corps mort situé près d’une épave reposant sur un fond de 50 mètres dans une eau de densité 1,05. Vous prévoyez d’effectuer une plongée sur cette épave puis d’équilibrer une gueuse (masse = 12 Kg, densité = 6) posée sur ce fond en vous aidant d’un parachute de 60 litres de volume et de votre bouteille de 15 litres gonflée avant la plongée à 200 bars.

1. Vous vous souvenez avoir effectué récemment une plongée carrée en eau douce à 30 mètres, et avoir consommé 100 bars sur une bouteille de 12 litres en 25 minutes. Calculez votre consommation moyenne à cette profondeur et celle ramenée à la surface en L/min (on négligera le temps de descente). **(1 point)**

*Consommation à 30 m = 100x12/25 =* ***48 L/min****.*

*Consommation en surface = 48 / 4 =* ***12 L/min****.*

1. En supposant votre consommation identique à celle de votre plongée précédente, après 15 minutes à 50 mètres (dans cette eau de densité 1,05), combien de temps pourriez-vous passer à cette profondeur jusqu’à ce que votre bloc atteigne la pression de 50 bars ? **(2 points)**

*Consommation à 50 m = 12 x 6,25 = 75 L/min soit 75 x 15 = 1125 L ou 1125 / 15 = 75 bars en 15 min.*

*Chute de pression de la bouteille = 200 - 75 - 50 = 75 bars,*

*soit volume restant à respirer = 75 x 15 = 1125 L => temps au fond = 1125 / 75 =* ***15 minutes.***

1. Au bout des 15 minutes passées à 50 mètres, vous gonflez le parachute fixé à la gueuse. Quelle pression indique votre manomètre :

* avant le gonflage du parachute ? **(1 point)**

Le manomètre indique 200-75 = **125 bars.**

* après son gonflage, de telle sorte que la gueuse soit équilibrée ? (On négligera le poids du parachute et du bout) Arrondissez le résultat au bar inférieur. **(2 points)**

Masse de la gueuse = 12 kg, densité = 6 donc volume = 2 litres

Papp de la gueuse = 12 – 2 x 1,05 = 9,9 kg

Volume d’air à introduire dans le parachute : Vx1,05 = 9,9 soit V = 9,9/1,05 = 9,43 L.

A 50 mètres, cela représente une chute de pression de : 9,43 x 6,25 / 15 = 3,930 bars.

Le manomètre indiquera 125 – 3,93 = 121,07 bars, soit **121 bars.**

**QUESTION 3 – ASPECT THEORIQUE DU REFROIDISSEMENT D’UN COMPRESSEUR (3 points)**

Un compresseur de plongée produit beaucoup de chaleur.

1. A l’aide de vos connaissances, expliquez succinctement le principe physique de l’échauffement lié à la compression. **(1 point)**

*A chaque étage d’un compresseur, il y a compression et échauffement par :*

* *application des lois de Charles et des gaz parfaits ;*
* *frottement des pièces mécaniques en mouvement sur les parties fixes.*

1. Décrivez synthétiquement les éléments participants au refroidissement d’un compresseur standard.

**(1 point)**

*Un système de refroidissement à eau – radiateur – (rare) ou bien un système de refroidissement à air (plus courant) :*

* *Un ventilateur couplé au système d’entraînement du compresseur assure une circulation d’air permanente sur les différentes parties du compresseur, lorsque celui-ci est en marche.*
* *Les cylindres sont équipés d’ailettes augmentant la surface d’échanges thermiques entre eux et l’air ambiant circulant.*
* *Entre chaque étage, les tuyaux de liaison entre les étages successifs sont allongés, enroulés sur eux-mêmes, et munis d’ailettes. La surface d’échanges thermiques se trouve de fait augmentée.*
* *Un système de purges (automatiques ou manuelles) des condensats retenus par les filtres : la purge créé une chute de pression dans le filtre réduisant ainsi partiellement sa température.*
* *L’installation du compresseur dans un local aéré et à une distance suffisante des murs de celui-ci permettant la bonne circulation de l’air tout autour.*

1. Quelles sont les conséquences d’une mauvaise évacuation de la chaleur produite par un compresseur ?

**(1 point)**

* *Contraintes thermiques des pièces en mouvement et usure prématurée de celles-ci.*
* *Risque de rupture du système d’embiellage.*
* *Serrage d’un ou des pistons.*
* *Echauffement de l’huile et vieillissement plus rapide de celle-ci, réduisant ses qualités de lubrification.*
* *Diminution du pouvoir des cartouches filtrantes.*

**QUESTION 4 – ASPECT THEORIQUE DES 1er ETAGE DE DETENDEUR (5 points)**

Expliquez de façon synthétique :

1. La compensation simple d’un premier étage à piston **(1 point)**

* *Un clapet-piston est dit compensé lorsque toutes les forces de même nature (HP ou PI) s’équilibrent. Les mouvements de celui-ci ne sont donc que le fruit de la variation de la pression intermédiaire, lors de l’inspiration du plongeur. Donc :*
* *quand la HP diminue, la moyenne pression reste constante.*
* *De même, le confort respiratoire reste constant lorsque la bouteille se vide.*

1. La surcompensation influencée par la variation de la haute pression (type Scubapro). **(2 points)**

* *La surcompensation de ce type entraîne une augmentation de la pression intermédiaire lorsque la pression HP de la bouteille diminue au fur et à mesure de la plongée.*
* *Ceci est du à un épaulement de la partie du piston située dans la chambre HP sur lequel cette pression s’applique. Comme la force engendrée n’est équilibrée par aucune autre force, celle-ci diminue en même temps que la HP et pour assurer une fermeture du clapet, la moyenne pression doit augmenter car la force qu’elle engendre est agoniste à la précédente (augmentation théorique de 0,4 bar avec une chute de la HP de 160 bars).*
* *Cela assure donc un confort respiratoire croissant au fur et à mesure que la bouteille se vide.*

1. La surcompensation influencée par la variation de la pression ambiante (type Aqualung). **(2 points)**

* *De même que précédemment, cette surcompensation entraîne une augmentation de la pression intermédiaire quand la pression ambiante (profondeur) augmente.*
* *Le principe repose sur une surface plus grande de la membrane sur laquelle s’exerce la pression ambiante que celle de la membrane exposée à la moyenne pression.*
* *Les forces engendrées par la pression ambiante et la pression intermédiaire sont opposées. Donc, lorsque la pression ambiante augmente avec la profondeur, la pression intermédiaire augmente également en valeur absolue puisque la surface sur laquelle s’applique la force engendrée par elle est plus petite (augmentation théorique de 2 bars entre 0 et 50 m).*
* *Donc le confort respiratoire augmente avec la profondeur.*