**Aspects théoriques de l’activité**

Durée 1h30 Coefficient 3

**QUESTION N°1 : Une ancre perdue (6 points)**

Lors d’une plongée au lac de Biscarosse (eau douce), après une mauvaise manipulation, l’ancre du bateau coule sur un fond de 30 mètres, selon les indications données par le sondeur.

Le pilote vous donne les informations suivantes : l’ancre a une masse de 32 kg et une densité estimée à 8. Le parachute de relevage à disposition à bord, peut exercer une poussée maximale de 30 kg.

Vous décidez de récupérer l’ancre. Le manomètre de votre bloc 15 litres indique 90 bars. Par mesure de sécurité, vous n’utilisez que 5 bars de votre bouteille pour effectuer le gonflage du parachute.

*On considère pour les calculs :*

* *Le parachute est placé à la même profondeur que l’ancre*
* *La pression atmosphérique : P = 1 bar*
* *La masse du parachute est négligée*
* *La masse volumique de l’eau : 1000 Kg.m3*

a) Quel volume d’air (à la pression ambiante) est introduit dans le parachute ? (2 points)

b) Le volume introduit dans le parachute sera-t-il suffisant pour décoller et remonter l’ancre toute seule ? Justifiez votre réponse par le calcul. (2 points)

c) Dans le cas où le dispositif mis en place n’est pas efficace, jusqu’à quelle profondeur devrez-vous accompagner l’ancre afin qu’elle remonte toute seule ? (2 points)

**QUESTION N°2 : Flottabilité (5 points)**

Un jeune photographesubaquatique vous interpelle sur les moyens d’équilibrer son appareil afin d’améliorer ses prises de vue sous-marines. Il dispose :

1. D’un caisson de masse 1,5 kg et de volume extérieur de 3,5 dm3,
2. D’un appareil photo de 0,6 kg,
3. Un dispositif de lest sous forme de poche à volume variable contenant des billes de plomb.

Il souhaite régler l’ensemble de façon à ce qu’il soit parfaitement en équilibre. Il veut placer le lest à l’extérieur du caisson, mais ne sait comment déterminer la masse et le volume de la poche de lest nécessaire. Vous répondez par le calcul à son interrogation.

*On considère pour les calculs :*

* *La masse volumique de l’eau : ρeau = 1000 kg.m-3*
* *La masse volumique du plomb : ρplomb = 11350 kg.m-3*

**QUESTION N°3 : Etude d’une station de gonflage (9 points)**

Un club de plongée de votre comité a obtenu d’un donateur anonyme, un compresseur. La bonne affaire pour les responsables du club sauf que celui-ci est livré sans aucune notice. Ils prennent contact avec vous.

*On considère pour les calculs :*

* *Les pressions énoncées sont toutes des pressions absolues*
* *La température : 0° Celsius équivaut à 273°Kelvin*

Dans un premier temps ils vous interrogent sur les capacités de gonflage de cet appareil. Pour cela, vous décidez d'appliquer la méthode suivante : gonfler un bloc de 15 L, supposé « vide », et mesurer le temps nécessaire pour parvenir à 200 bars.

Le compresseur met 8min et 12 secondes pour parvenir à la pression voulue. Rigoureux, vous tenez compte des effets de la température : la température du bloc est de 45°C alors que la température ambiante est de 18°C.

1. Déterminez le débit réel du compresseur. (3 points)

Le président du club pense qu’il faudrait limiter le gonflage à 1 h 30 entre les deux rotations journalières car il y a en général 15 blocs de 15 L à gonfler. Il vous demande de définir une consigne chiffrée pour les moniteurs du club en considérant que les blocs sont initialement gonflés à 200 bars.

Pour simplifier les calculs, on considère les hypothèses suivantes :

* Les effets de la température ne sont plus pris en compte,
* Le débit du compresseur est de 20 m3/h.

1. En faisant l’hypothèse que la pression résiduelle dans les blocs sera identique dans tous les blocs, déterminez la pression résiduelle minimale après la première plongée pour respecter cette exigence. (3 points)

Ce temps de gonflage s'avère trop contraignant pour l’organisation du club. Le président envisage d’acheter des tampons de 50 L à 250 b et de limiter l'usage du compresseur à 30 minutes pour compléter le gonflage des blocs. Les blocs ont une pression résiduelle moyenne de 60 barset sont gonflés à 200 bars, sans considérer les variations de température lors du gonflage.

1. En considérant la mise en série des tampons uniquement, combien de tampons devra-t-on utiliser pour respecter cette consigne. (3 points)

Référentiel de correction

**QUESTION N°1 : Une ancre perdue (6 points)**

Lors d’une plongée au lac de Biscarosse (eau douce), après une mauvaise manipulation, l’ancre du bateau coule sur un fond de 30 mètres, selon les indications données par le sondeur.

Le pilote vous donne les informations suivantes : l’ancre a une masse de 32 Kg et une densité estimée à 8. Le parachute de relevage à disposition à bord, peut exercer une poussée maximale de 30 Kg.

Vous décidez de récupérer l’ancre. Le manomètre de votre bloc 15 litres indique 90 bars. Par mesure de sécurité, vous n’utilisez que 5 bars de votre bouteille pour effectuer le gonflage du parachute.

*On considère pour les calculs :*

* *Le parachute est placé à la même profondeur que l’ancre*
* *La pression atmosphérique : P = 1 bar*
* *La masse du parachute est négligée*
* *La masse volumique de l’eau : 1000 Kg.m3*

a) Quel volume d’air (à la pression ambiante) est introduit dans le parachute ? (2 points)

*Air détendu à la pression atmosphérique introduit dans le parachute correspondant à 5 bars : 5 x 15 = 75 litres (1 point)*

*A 30 mètres, cela représente un volume V2 de :*

*P1.V1 = P2.V2 d’où 1 x 75 = 4 x V2 et V2 = 18,75 litres (1 point)*

*Le volume d’air introduit dans le parachute est de 18,75 litres à 30 mètres.*

b) Le volume introduit dans le parachute sera t-il suffisant pour décoller et remonter l’ancre toute seule ? Justifiez votre réponse par le calcul. (2 points)

*Déterminons le poids apparent de l’ancre :*

*Calcul du volume de l’ancre :*

*M = V x d*

*Masse = 32 Kg et densité = 8*

*d’où V = 32 : 8 = 4 litres.*

*Poids apparent de l’ancre : P app = 32 – (4 x 1) = 28 kg (1 point)*

*L’ancre reste au fond car :*

*Poussée du parachute : P para = 15 x 1 = 18,75 kg est inférieure au poids apparent de l’ancre.*

*Pour décoller, le parachute doit exercer une poussée au moins égale au poids apparent de l’ancre. (1 point)*

c) Dans le cas où le dispositif mis en place n’est pas efficace, jusqu’à quelle profondeur devrez-vous accompagner l’ancre afin qu’elle remonte toute seule ? (2 points)

*Pour décoller il faut une poussée de parachute de 28 kg, ce qui, avec les données de l’énoncé, revient à un volume d’air de 28 litres dans le parachute à la pression ambiante.*

*En utilisant la loi de Mariotte, on en déduit la pression ambiante respectant cette condition :*

*P1.V1 = P2.V2*

*5 x 15 = 28 x P2*

*P2 = 2,68 bars (1 point)*

*Avec les données de l’énoncé, 1 bar de pression hydrostatique correspond à 10 mètres de profondeur et la pression atmosphérique est de 1 bar.*

*La profondeur où la pression ambiante est de 2,68 bars est donc 16,8 mètres.*

*Il faut accompagner le dispositif jusqu’à environ 16,8 mètres pour que l’ancre remonte seule. (1 point)*

*Remarque : une autre méthode de résolution est possible en calculant à quelle profondeur les 18,75 litres de la question « a » deviennent 28 litres. Le résultat est le même.*

**QUESTION N°2 : Flottabilité (5 points)**

Un jeune photographesubaquatique vous interpelle sur les moyens d’équilibrer son appareil afin d’améliorer ses prises de vue sous marines. Il dispose :

1. D’un caisson de masse 1,5 kg et de volume extérieur de 3,5 dm3,
2. D’un appareil photo de 0,6 kg,
3. Un dispositif de lest sous forme de poche à volume variable contenant des billes de plomb.

Il souhaite régler l’ensemble de façon à ce qu’il soit parfaitement en équilibre. Il veut placer le lest à l’extérieur du caisson, mais ne sait comment déterminer la masse et le volume de la poche de lest nécessaire. Vous répondez par le calcul à son interrogation.

*On considère pour les calculs :*

* *La masse volumique de l’eau : ρeau = 1000 kg.m-3*
* *La masse volumique du plomb : ρplomb = 11350 kg.m-3*

*Ce que je lis dans l’énoncé :*

*Un caisson de masse 1,5 kg et de volume extérieur de 3,5 dm3,*

*Un appareil photo de masse 0,6 kg,*

*Un dispositif de lest sous forme de poche à volume variable contenant des billes de plomb*

*Le lest sera placé à l’extérieur du caisson*

*La masse volumique du plomb est de 11350 kg.m-3*

*La masse volumique de l’eau est de 1000 kg.m-3*

*Ce que je sais :*

*Poussée d’Archimède : P Archi = Vobjet x masse vol eau*

*Poids apparent d’un objet : P app = Poids objet – P Archi = Poids objet – (Vobjet x masse vol eau)*

*Considérant l’objet comme l’ensemble du caisson, de l’appareil photo et du lest, on obtient que le poids apparent de l’ensemble est égal à :*

*P app = (Poids caisson + Poids appareil + Poids Lest) – {(Vcaisson  + V Lest) x masse vol eau}.*

*Le volume de l’appareil photo n’apparaît pas dans cette équation car l’appreil est placé à l’intérieur du caisson.*

*Poids Lest = V Lest x masse vol Lest*

*Ce que je cherche :*

*Le poids du lest pour obtenir l’équilibre de l’ensemble ‘caisson (avec l’appareil) et lest’, ce qui revient à dire que le poids apparent de cet ensemble est égal à 0. (1 point)*

*J’applique :*

*On a donc :*

*P app = 0*

* *(Poids caisson + Poids appareil + Poids Lest) – {(Vcaisson + V Lest) x masse vol eau} = 0*
* *(1,5 + 0,6 + Poids Lest) – {(3,5 + (Poids Lest / 11,35)) x 1} = 0*
* *Poids Lest = (-1,5 – 0,6 + 3,5) / (1 – (1 / 11,35))*
* *Poids Lest = 1, 53 kg*

*Le lest devra donc faire 1,53 kg. (2 points)*

*Compte-tenu de la masse volumique du plomb, ce poids occupe un volume de 0,135 dm3. (2 points)*

*Pour équilibrer l’ensemble, le photographe devra placer sur son caisson une poche contenant des billes de plomb d’un volume de 135 cm3, de masse égale à 1,53 Kg.*

**QUESTION N°3 : Etude d’une station de gonflage (9 points)**

Un club de plongée de votre comité a obtenu d’un donateur anonyme, un compresseur. La bonne affaire pour les responsables du club sauf que celui-ci est livré sans aucune notice. Ils prennent *contact* avec vous.

*On considère pour les calculs :*

* *Les pressions énoncées sont toutes des pressions absolues*
* *La température : 0° Celsius équivaut à 273°Kelvin*

Dans un premier temps ils vous interrogent sur les capacités de gonflage de cet appareil. Pour cela, vous décidez d'appliquer la méthode suivante : gonfler un bloc de 15 L, supposé « vide », et mesurer le temps nécessaire pour parvenir à 200 bars.

Le compresseur met 8min et 12 secondes pour parvenir à la pression voulue. Rigoureux, vous tenez compte des effets de la température : la température du bloc est de 45°C alors que la température ambiante est de 18°C.

1. Déterminez le débit réel du compresseur. (3 points)

*Pour répondre à la question on va calculer le volume d’air à 18°C que le compresseur a injecté dans le bloc. Connaissant le temps mis pour cela on aura alors le débit du compresseur.*

*Le bloc gonflé à 200 b est chaud. On cherche donc tout d’abord à calculer la pression du bloc après qu’il aura refroidit.*

*On a :*

*P1 / T1 = P2 / T2 (rq : l’état ‘1’ correspond au bloc chaud et l’état ‘2’ au bloc froid.)*

*🡪 200 / (273 + 45) = P2 / (273 + 18)*

*🡪 P2= 183 bar (1 point)*

*Lorsque le bloc était « vide », il était à 1 bar de pression.*

*Le volume d'air introduit dans le bloc est donc : (183-1) x 15 = 2730 L (1 point)*

*Le débit d’un compresseur correspond au volume qu’il injecte par unité de temps.*

*On a donc :*

*Débit compresseur = 2730 / 8,2 (rq : car 8 min et 12 secondes correspondent à 8,2 minutes)*

*🡪 Débit compresseur = 332,93 L/min*

* *Débit compresseur = 332,93 L/min*
* *Débit compresseur = 19,98 m3/h (1 point)*

Le président du club pense qu’il faudrait limiter le gonflage à 1 h 30 entre les deux rotations journalières car il y a en général 15 blocs de 15 L à gonfler. Il vous demande de définir une consigne chiffrée pour les moniteurs du club en considérant que les blocs sont initialement gonflés à 200 bars.

Pour simplifier les calculs, on considère les hypothèses suivantes :

* Les effets de la température ne sont plus pris en compte,
* Le débit du compresseur est de 20 m3/h.

1. En faisant l’hypothèse que la pression résiduelle dans les blocs sera identique dans tous les blocs, déterminez la pression résiduelle minimale après la première plongée pour respecter cette exigence. (3 points)

*En 1 h 30, le compresseur délivre 20 000 L x 1.5 = 30 000 L (0,5 point)*

*Dans chaque bloc : 30 000 / 15 = 2 000 L (0,5 point)*

*P introduite dans chaque bloc : 2 000 / 15 = 133,33 b (1 point)*

*P résiduelle minimale : 200 – 133,33 = 66,67 b (1 point) soit une consigne aux moniteurs d’établir une pression minimale au retour en surface d’environ 67 bars.*

Ce temps de gonflage s'avère trop contraignant pour l’organisation du club. Le président envisage d’acheter des tampons de 50 L à 250 b et de limiter l'usage du compresseur à 30 minutes pour compléter le gonflage des blocs. Les blocs ont une pression résiduelle moyenne de 60 barset sont gonflés à 200 bars, sans considérer les variations de température lors du gonflage.

1. En considérant la mise en série des tampons uniquement, combien de tampons devra-t-on utiliser pour respecter cette consigne. (3 points)

*Limitation du gonflage 30 min : air à ajouter après l'équilibrage des tampons.*

*Augmentation de pression obtenue avec 30 min de compresseur dans les 15 blocs de 15L : 20000 x 0,5 / (15 x 15) = 44,44 b (1 point)*

*Pression à obtenir avec les tampons : 200 – 44,44 = 155,56 b*

*Volume d'air à prélever dans les tampons : (155,56 – 60) x (15 x 15) = 21 501 L (1 point)*

*Pour que le transfert d’air soit possible, il faut que la pression restante dans les bouteilles tampons après remplissage des blocs soit au moins égale à 155,56 bars.*

*Donc, la baisse de pression maximale admissible dans les tampons est de 94,44 bars (= 250 – 155,56) .*

*Volume des tampons : 21 501 / 94,44 = 227,67 L*

*227,67 / 50 L = 4,55*

*Soit 5 tampons de 50 L par excès. (1 point)*