**Aspects théoriques de l’activité**

Durée 1h30 Coefficient 3

**Question 1 : Organisation d’une plongée et relevage (10 points)**

Vous êtes le directeur d’une plongée sur épave dans un lac (altitude 372 mètres) entre 42 et 58 mètres de fond. Vous êtes en été, la température de l’air est à 22°C, celle de l’eau est de 20°C de 6 m à la surface et de 6°C au fond dans une eau de densité 1,01.

Pour que cette plongée se déroule dans des conditions optimales de sécurité, détailliez les consignes que vous donnerez à l’ensemble des plongeurs lors de votre briefing de Directeur de Plongée en ce qui concerne :

1. La plongée en eau froide : configuration du matériel, descente, surveillance, communication et givrage
2. L’évolution sur l’épave
3. L’utilisation de l’ordinateur en altitude
4. A l’issue de la plongée, lors de la remontée de la ligne, la gueuse se bloque contre l’épave et le bout cède. Vous préparez du matériel pour qu’une palanquée de votre club aille la récupérer le lendemain. Elle est coincée sur un fond de 58 mètres. Sa masse est de 21,15 kg et elle est en fonte (densité 7,05)

Quel doit être le volume minimal du parachute (on négligera le poids apparent du parachute et de l’air)

1. Vous disposez d’un bloc d’un litre, quelle doit être sa pression minimum pour pouvoir effectuer ce relevage (on considère que la pression atmosphérique est de 0,95bar ; on ne tient pas compte de la température dans les calculs) ?

**Question 2 : Techniques et étude du matériel (5 points)**

Deux de vos stagiaires pédagogiques MF 1 sont en désaccord. Un élève GP a cherché à gonfler le gilet de son binôme avec son direct system alors que celui-ci avait fait le signe « je n’ai plus d’air ». Il estime cette réaction comme incohérente, car d’après lui, s’il n’y a plus d’air pour respirer, on ne peut pas gonfler le gilet.

Le deuxième prétend au contraire que lorsqu’on ressent le manque d’air, il y en a encore suffisamment pour gonfler le gilet et donc le geste de l’élève GP n’est pas faux, cependant le remplissage du gilet sera d’après lui assez lent.

Vous devez prendre parti et argumenter votre réponse en utilisant les données suivantes :

La plongée se déroule à 40 mètres. Le détendeur devient dur et le plongeur a la sensation de manquer d’air. Valeur du ressort de la MP : 8 bars. Détendeur compensé, inflateur également compensé. Le volume du gilet est de 20 l et le volume du bloc est de 15 l.

**Question 3 : Compresseur et gonflage (5 points)**

1. En vous appuyant sur vos connaissances des lois physiques, expliquez pourquoi on utilise rarement des tampons avec une pression de service supérieure à 300 bar. (1 point)
2. Vous souhaitez gonfler un bloc (5,7l.), initialement « vide » d’air, avec un nitrox 75 % à 200 bars.

Vous avez à disposition une B50 d’oxygène pur à 200 bar, une lyre de transfert et un compresseur (on considère l’air composé de : 20 % O2 et 80% N2). Quelles précautions prenez-vous ? (1 point)

1. Comment réalisez-vous ce gonflage ? (2 points)
2. Quelle sera la pression lue au manomètre de la B50 après la manipulation ? (1 point)

Référentiel de correction

**Question 1 : Organisation d’une plongée et relevage (10 points)**

Vous êtes le directeur d’une plongée sur épave dans un lac (altitude 372 mètres) entre 42 et 58 mètres de fond. Vous êtes en été, la température de l’air est à 22°C, celle de l’eau est de 20°C de 6 m à la surface et de 6°C au fond dans une eau de densité 1,01.

Pour que cette plongée se déroule dans des conditions optimales de sécurité, détailliez les consignes que vous donnerez à l’ensemble des plongeurs lors de votre briefing de Directeur de Plongée en ce qui concerne :

1. La plongée en eau froide : configuration du matériel, descente, surveillance, communication et givrage) (4 points)

* *Configuration du matériel****:***
* *Vérifier que chaque plongeur et palanquée est équipée du matériel minimal demandé par le Code du Sport (détendeur avec manomètre, octopus ou équivalent, parachute, gilet gonflable avec une réserve de gaz sous pression, moyens de contrôler sa décompression).* ***(0,5 pts)***
* *Vu la température de l’eau au fond : rendre obligatoire l’utilisation d’une combinaison multi-couche avec cagoule et bottillons-gants (i.e. : 2 pièces de type monopièce + surveste ou salopette + veste par exemple) ou d’une combinaison étanche adaptée (ex. : néoprène ou toile avec sous-vêtements adaptés à la température) pour les personnes formées à son utilisation.* ***(0,5 pts)***
* *Conseiller fortement l’utilisation de détendeurs spécifiquement certifiés « eaux froides ».*
* *Phase de descente :****(0,5 point)***
* *Mettre en place une ligne de descente*
* *Ne pas descendre trop vite.*
* *Surveillance :*
* *Rester à vue des membres de la palanquée durant toute la plongée.*
* *Surveiller régulièrement la ventilation (chapelet de bulles) des membres de la palanquée afin de déceler rapidement un givrage.* ***(0,25 pts)***
* *Rester attentif au comportement et aux tremblements dus au froid.* ***(0,25 pts)***
* *Imposer des profils de plongées avec des temps de paliers réduits dans la zone froide (> 6 m.).* ***(0,5 pts)***
* *Communication :****:*** *mettre en place un code de communication lié au froid et au givrage* ***(0,5 point)***
* *Givrage :****(1 point)***
* *Repérer avant de partir la position des volants de fermeture des robinets où sont montés les détendeurs principaux des membres de leur palanquée.*
* *Garder le 2ème détendeur à proximité immédiate*
* *Maintenir une respiration lente et régulière durant toute la plongée.*
* *Faire de très courtes pauses entre inspiration et expiration afin de détecter rapidement tout début de débit continu au deuxième étage*
* *Utilisation du direct système ou inflation du vêtement étanche en opposition avec l’inspiration.*
* *Au sein de chaque palanquée, établir une conduite à tenir en cas de givrage (par exemple : signe spécifique et réagir comme une panne d’air différée)*

1. L’évolution sur l’épave : (1,5 points)

* *Ne pas pénétrer dans l’épave*
* *Ne rien toucher (objets qui peuvent être coupants ou pointus, de tôles rouillées et tranchantes…)*
* *Vigilance aux filets et autres bouts pouvant être accrochés sur l’épave*
* *Conserver à l’esprit que le risque d’effondrement est présent*

***0,5 par réponse avec 1,5 points maxi***

1. L’utilisation de l’ordinateur en altitude (1,5 points)

* *Vérifier si l’ordinateur est à paramétrage manuel ou à paramétrage automatique.* ***(1 point)***

*– Pour les modèles à paramétrage manuel l’utilisateur devra choisir la plage d’altitude de la plongée avant l’immersion. Si on sélectionne une plage d’altitude supérieure à celle à laquelle on va plonger cela aura pour effet le durcissement de la procédure de décompression. Exemple : Vyper Suunto.*

*– Pour les modèles à paramétrage automatique la montée en altitude nécessite un temps d’adaptation qui correspond au temps d’élimination de l’azote en excès résultant de la baisse de pression atmosphérique (désaturation). Toute plongée effectuée durant ce temps d’adaptation sera considérée comme une plongée successive, il est donc recommandé d’attendre 3 à 12 heures avant d’effectuer une immersion. Exemple : Archimède Cressi.*

* *A noter, sur certains ordinateurs il est possible de spécifier que l’on se trouve en eau douce ou en eau salée. En altitude il faudra sélectionner l’eau douce avant l’immersion, cela n’ayant un effet que sur l’affichage de la profondeur* ***(0,5 point).***

1. A l’issue de la plongée, lors de la remontée de la ligne, la gueuse se bloque contre l’épave et le bout cède. Vous préparez du matériel pour qu’une palanquée de votre club aille la récupérer le lendemain. Elle est coincée sur un fond de 58 mètres. Sa masse est de 21,15 kg et elle est en fonte (densité 7,05).

Quel doit être le volume minimal du parachute (on négligera le poids apparent du parachute et de l’air) (2 points)

* *M = V x d 🡪 21,15=V x 7,05 🡪V = 3 l.*
* *Papp = Préel – Parchi 🡪 Papp = 21,15-3× 1,01 = 18,12 kg*
* *Volume d’air nécessaire dans une eau de densité 1,01  : : 18,12 / 1,01 = 17,94 L*
* *Le parachute devra avoir un volume minimal de 18 litres.*

1. Vous disposez d’un bloc d’un litre, quelle doit être sa pression minimum pour pouvoir effectuer ce relevage (on considère que la pression atmosphérique est de 0,95bar ; on ne tient pas compte de la température dans les calculs) ? (1 point)

* *Pression absolue à 58 mètres de profondeur : Pabs = Patm + Phydro = 0,95 + 58x1,01/10 = 6,81 bar.* ***(0,25 pt)***
* *Le volume d’air nécessaire au gonflage du parachute, mesuré à la surface, est donné par la loi de Boyle-Mariotte :*
* *17,94 x 6,81 = V nécessaire x 0,95*
* *V nécessaire = 122,17 / 0,95 = 128,60 litres*
* *Un bloc ne pouvant pas être vidé totalement il devra encore contenir 1 litre d’air à 6,81 bar, soit 7,17 litres à 0,95 bar.* ***(0,25 pt)***
* *Au global, le bloc de 1L doit donc contenir, au minimum, 135,77 litres d’air (=128,60 + 7,17) .*
* *La pression dans le bloc doit donc être au minimum de 135,77 bars* ***(0,5 pts)****.*

**Question 2 : Techniques et étude du matériel (5 points)**

Deux de vos stagiaires pédagogiques MF 1 sont en désaccord. Un élève GP a cherché à gonfler le gilet de son binôme avec son direct system alors que celui-ci avait fait le signe « je n’ai plus d’air ». Il estime cette réaction comme incohérente, car d’après lui, s’il n’y a plus d’air pour respirer, on ne peut pas gonfler le gilet.

Le deuxième prétend au contraire que lorsqu’on ressent le manque d’air, il y en a encore suffisamment pour gonfler le gilet et donc le geste de l’élève GP n’est pas faux, cependant le remplissage du gilet sera d’après lui assez lent.

Vous devez prendre parti et argumenter votre réponse en utilisant les données suivantes :

La plongée se déroule à 40 mètres. Le détendeur devient dur et le plongeur a la sensation de manquer d’air. Valeur du ressort de la MP  : 8 bars. Détendeur compensé, inflateur également compensé. Le volume du gilet est de 20 l et le volume du bloc est de 15 l.

* *Le second stagiaire pédagogique a raison****(1 point)*** *:*
* *Si le détendeur devient dur, on a donc atteint la valeur de la moyenne pression nécessaire à alimenter le second étage soit 8 + 5 = 13 bar*
* *8 bar seulement sont utilisables pour gonfler le gilet puisqu’on est à 5 b de Pabs* ***(1,5 points)***
* *Volume disponible : 8 × 15 = 120 L*
* *Volume d’air à 1 b pour remplir le gilet : 20 × 5 = 100 L.*
* *C’est donc possible... d’autant plus que, à moins d’être vraiment trop lourdement lesté, il n’est pas nécessaire de remplir totalement le gilet pour pouvoir décoller.* ***(1,5 points)***
* *Sa seconde affirmation est également vraie car le débit est directement fonction de la différence de pression entre les deux compartiments. La faible pression dans le bloc induit donc un faible débit.* ***(1 point)***
* *Remarques (hors correction) :*
* *Le 2è stagiaire pédagogique pourrait étayer son point de vue en ajoutant que le manque d’air au 2nd étage peut également, même si ce n’est pas le cas le plus probable, venir d’une défaillance du 2nd étage. Il n’est donc pas illogique que, face à un signe de panne d’air, la personne qui porte assistance puisse chercher à gonfler la stab au cas où cela fonctionne. En cas d’échec elle devra alors trouver une autre solution pour faciliter la remontée (ex. : gonfler sa propre stab).*
* *Il est important que l’assisté soit passé sur l’octopus du GP avant que celui-ci ne gonfle le gilet de l’assisté. En effet, en gonflant le gilet de l’assisté, la plus grande partie du débit d’air ira vers le gilet, au détriment du détendeur.*

**Question 3 : Compresseur et gonflage (5 points)**

1. En vous appuyant sur vos connaissances des lois physiques, expliquez pourquoi on utilise rarement des tampons avec une pression de service supérieure à 300 bars. (1 point)

* *La loi des gaz parfaits (loi de Mariotte à température constante) est un modèle qui reste valable tant que la pression et la température restent autour des conditions de température et de pression du niveau de la mer. Au-delà apparaît une non-linéarité qui commence à être notable à partir de 180 b. Elle est de l’ordre 10 % pour l’air à 300 bar et qui augmente avec la pression au-delà (comportement de gaz réel, par exemple traduit par l’équation de*Van der Waals).
* *Un tampon délivrera donc moins d’air que prévu par la loi des gaz parfaits lors de son passage de 300 bar à 200 bar, que lors de son passage de 200 bar à 100 bar. Dépasser la pression des tampons de 200 bars permet de stocker de l’air en plus, mais pas autant que l’on pourrait le croire****.***

1. Vous souhaitez gonfler un bloc (5,7l.), initialement « vide » d’air, avec un nitrox 75 % à 200 bars.

Vous avez à disposition une B50 d’oxygène pur à 200 bar, une lyre de transfert et un compresseur (on considère l’air composé de : 20 % O2 et 80% N2). Quelles précautions prenez-vous ? (1 point)

* *La manipulation d’oxygène pur est délicate à cause du risque de combustion. Pour limiter ce risque on prend les précautions suivantes :*
* *Les matériels doivent être propres et exempts de toute trace de graisse ou d’huile.* ***(0,5 point).*** *En pratique, on utilise : Bouteille compatible oxygène (obligatoire avec la méthode des pressions partielles car transfert d’oxygène pur) c’est-à-dire dégraissée, et une lyre de transvasement compatible oxygène.*
* *Il faut éviter l’échauffement en créant un faible débit de transvasement* ***(0,5 point).*** *En pratique, on utilise une lyre (oxyclean) avec vanne de laminage et on assure un débit lent (5 à 10 bar/min).*
* ***Remarque hors correction****: Attention à « l’effet mémoire ».*
* *Les blocs oxygènes (du groupe 1) doivent toujours être utilisé en service oxygène (ou oxyclean ou propreté oxygène), même s’ils sont gonflés à l’air.*
* *En effet un compresseur sans sur filtre produit de l’air avec une présence maximale de 0,5mg d’huile/m³ d’air (norme NF EN 12021). Les gonflages successifs produisent à la longue une accumulation de corps gras qui se déposent dans la bouteille ou sa robinetterie et peut s’enflammer spontanément en présence d’O2.*
* *D’où l’intérêt d’utiliser un sur-filtre (filtre supplémentaire qui purifie l’air des traces d’huile) et d’inspecter régulièrement les blocs en service oxygène.*

1. Comment réalisez-vous ce gonflage ? (2 points)

* *Pour connaître la quantité d’O2 à prendre de la B50 ; je dois raisonner avec le N2, car lui seul provient du compresseur :*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *initial* | *Apport B50 oxy* | *Apport compresseur* | *Final* |
| *N2* | *0,0* | *0* | *50* | *50* |
| *O2* | *0,0* | *137.5* | *12,5* | *150*  *(N75 à 200 bar)* |
| *Total* | *0* | *137.5* | *62.5* | *200* |

* *49,2 bar de N2 par le compresseur à 80 % apporte 12,5 bar d’O2 (=50 × 0,20 /0,80).*
* *Il faut donc apporter 137,5 bar d’O2 (=150 – 12,5) avec le transvasement de la B50.*
* *Donc on remplit le bloc de déco (S40) jusqu’à 137,5 bar d’O2.* ***(1 point)***
* *On complète ensuite avec de l’air (surfiltré) à l’aide du compresseur (62,5 bar).* ***(1 point)***

1. Quelle sera la pression lue au manomètre de la B50 après la manipulation ? (1 point)

* *Il faut prélever dans la B50 : 137,5 × 5,7 = 783,75 L*
* *La pression finale dans la B50 sera de 184,325 bar (= 200 – (783,75/50)).*