

**Aspects théoriques de l'activité**  
durée 1h30, coefficient 3

**QUESTION 1: combinaison, flottabilité et échanges thermiques (6 points)**

- a) Quels sont les différents modes de déperdition calorique en plongée ? (1 point)
- b) Expliquez en quoi une combinaison étanche est plus isolante qu'une combinaison semi-étanche, qui est elle-même plus isolante qu'une combinaison humide, à épaisseur égale de néoprène ? (1 point)
- c) Un plongeur est habitué à plonger en lac (densité de l'eau=1) avec une combinaison étanche néoprène et 8kg de lestage. Il décide d'aller plonger avec le même équipement en mer avec une eau de densité 1,03. Comment devra-t-il adapter son lestage ? (1 point)

La conductivité thermique de l'argon étant 1,4 fois plus faible que celle de l'air, le plongeur décide d'utiliser de l'argon pour gonfler sa combinaison étanche lorsqu'il plonge en lac. Pour cela il utilise une petite bouteille de 1l (volume en eau) et un premier étage de détendeur relié à la combinaison par un flexible moyenne pression.

- d) Sachant que cette petite bouteille est gonflée à 200 bars en surface à 20°C, quelle sera la pression du bloc dans l'eau à 5°C ? (1 point)
- e) Sachant que le plongeur maintient en permanence en immersion un volume de gaz de 4 litres à pression ambiante dans la combinaison pour être confortable, calculez le nombre de descentes qu'il peut effectuer à 40 mètres en lac avec son bloc d'argon dans de l'eau à 5°C s'il part de la surface avec une combinaison purgée ? (1 point)

**QUESTION 2 : compresseur et gonflages (7 points)**

Votre club vient de faire l'acquisition d'une station de gonflage d'occasion dont le débit théorique est de 16m<sup>3</sup>/h et la pression maximale délivrée de 300 bars. Vous gonflez simultanément une bouteille de 15 litres dans laquelle il reste 60 bars lus au manomètre et une bouteille de 12 litres dans laquelle il reste 30 bars lus au manomètre. En 22 minutes vous arrivez à 200 bars au manomètre.

- a) Quel est le débit réel du compresseur ? (1 point)
  - b) Comparez le débit réel avec le débit théorique. Que peut-on suspecter ? (1 point)
- Une fois la station de gonflage révisée, on considèrera qu'elle délivre le débit théorique. Vous devez faire face à une augmentation du nombre d'adhérents. Vous aurez à gonfler à 200 bars à chaque rotation du bateau 8 blocs de 15 litres et 12 blocs de 12 litres dans lesquels il reste 50 bars. Votre président se propose de faire l'acquisition de tampons de 50 litres à une pression de service de 250 bars.
- c) Quel est le volume d'air que doivent apporter les tampons si l'on veut limiter le temps de gonflage à 1h30 ? (1 point)

## Monitorat fédéral 2<sup>ème</sup> degré Trébeurden - Juillet 2019

d) Combien de tampons faudra-t-il pour limiter le temps de gonflage à 1h30 maximum, sachant que l'on commence à gonfler avec les tampons ? Tous les blocs sont montés en série et ouverts. Quelle pression restera dans chaque tampon à la fin ? (4 points)

### **QUESTION 3 : organisation d'un stage final Guide de Palanquée - Niveau 4 (7 points)**

En tant que MF2, votre président de CTR vous confie l'organisation d'un stage final GP N4 pour 10 stagiaires sur 5 jours, juste avant l'examen de la pratique et de la théorie. Le pilotage du bateau et la sécurité surface sont assurés par la structure d'accueil.

- a) Quel encadrement choisissez-vous ? Quelle organisation de plongée mettrez-vous en place pour les séances en mer ? (3 points)
- b) Proposez sous forme de tableau votre planning sur les 5 jours de manière à optimiser les apports pédagogiques pour vos candidats (4 points)

## Référentiel de correction

### QUESTION 1: combinaison, flottabilité et échanges thermiques (6 points)

a) Quels sont les différents modes de déperdition calorique en plongée ? (1 point)

- **Convection** : échange d'énergie par contact direct entre l'organisme et le fluide ambiant en mouvement. En plongée il y a convection entre le corps et le fluide à l'intérieur de la combinaison (eau ou air ou argon selon le cas), entre la combinaison et le milieu extérieur ainsi qu'au niveau des voies aériennes. (poumons).
- **Conduction** : mécanisme par lequel la chaleur se propage de proche en proche sans mouvement. En plongée les pertes par conduction se font avec la couche d'eau ou d'air immobilisée par la combinaison et à travers le néoprène.
- **Évaporation** : l'air inspiré est sec et froid, le corps va l'humidifier, ce qui le refroidit.
- **Radiation** : ce mode d'échange thermique est négligeable en plongée (compte-tenu des températures en présence : ~33°C pour la peau et de 0 à 30°C pour l'eau).

b) Expliquez en quoi une combinaison étanche va être plus isolante qu'une combinaison semi-étanche qui elle-même est plus isolante qu'une combinaison humide, à épaisseur égale de néoprène ? (1 point)

La combinaison étanche :

- Remplace l'eau au contact du corps par un gaz (air en général). La conductivité thermique de l'eau est 25 fois plus grande que celle de l'air. L'air emprisonné dans la combinaison étanche diminue donc énormément la perte de calories par conduction et convection entre le corps et la combinaison en comparaison avec les combinaisons humide ou semi-étanche.
- Vêtements en plus.
- Empêche le renouvellement du fluide en contact avec le corps : cela diminue très fortement les échanges par convection qui, dans une combinaison humide, ont lieu entre le corps et l'eau en mouvement dans la combinaison.

L'intérêt de la semi-étanche est, de par sa conception (fermeture étanche et manchons) de limiter l'entrée et la circulation d'eau et donc essentiellement les pertes par convection avec une eau froide qui se renouvelle (cas des combinaisons humides).

c) Un plongeur est habitué à plonger en lac (densité de l'eau=1) avec une combinaison étanche néoprène et 8kg de lestage. Il décide d'aller plonger avec le même équipement en mer avec une eau de densité 1,03. Comment devra-t-il adapter son lestage ? (1 point)

L'eau de mer de densité supérieure entraîne une poussée d'Archimède supérieure qu'il faut compenser en ajoutant du lest

La conductivité thermique de l'argon étant 1,4 fois plus faible que celle de l'air, le plongeur décide d'utiliser de l'argon pour gonfler sa combinaison étanche lorsqu'il plonge en lac. Pour cela il utilise une petite bouteille de 1l (volume en eau) et un premier étage de détendeur relié à la combinaison par un flexible moyenne pression.

d) Sachant que cette petite bouteille est gonflée à 200 bars en surface à 20°C, quelle sera la pression du bloc dans l'eau à 5°C ? (1 point) :  $200 \times 278k / 293k = 189,761b$

e) Sachant que le plongeur maintient en permanence en immersion un volume de gaz de 4 litres à pression ambiante dans la combinaison pour être confortable, calculez le nombre de descentes qu'il peut effectuer à 40 mètres en lac avec son bloc d'argon s'il part de la surface avec une combinaison purgée ? (1 point)

Volume d'argon disponible dans l'eau à 40m :  $1 \times 200 - 5 = 195$  litres

Volume d'argon dans la combinaison à 40m :  $4 \times 5 = 20$  litres.

Le bloc d'argon permet donc en théorie d'effectuer au moins 9 descentes, ce qui est suffisant.

### QUESTION 2 : compresseur et gonflages (7 points)

Votre club vient de faire l'acquisition d'une station de gonflage d'occasion dont le débit théorique est de 16m<sup>3</sup>/h et la pression maximale délivrée de 300 bars. Vous gonflez simultanément une bouteille de 15 litres dans laquelle il reste 60 bars lus au manomètre et une bouteille de 12 litres dans laquelle il reste 30 bars lus au manomètre. En 22 minutes vous arrivez à 200 bars au manomètre.

a) Quel est le débit réel du compresseur ? (1 point)

Le volume d'air sous 1 atm gonflé par le compresseur est pour :

• le 15l :  $(200 - 60) \times 15 = 2\ 100$  l

• le 12l :  $(200 - 30) \times 12 = 2\ 040$  l

Total gonflé : 4140 litres

Débit horaire :  $(4140 \times 60) / 22 = 11\ 290$  l soit **11,29 m<sup>3</sup>/h**

b) Comparez le débit réel avec le débit théorique. Que peut-on suspecter ? (1 point)

Le débit réel ne représente que  $11,29 / 16 = 70,56$  % du débit théorique. Il y a des pertes dues aux purges régulières mais cela ne justifie pas un tel écart.

La baisse du débit peut être due à un filtre d'aspiration encrassé, à un problème d'étanchéité au niveau de la tuyauterie, à un jeu des pistons ou des segments usés.

Une fois la station de gonflage révisée, on considèrera qu'elle délivre le débit théorique. Vous devez faire face à une augmentation du nombre d'adhérents. Vous aurez à gonfler à 200 bars à chaque rotation du bateau 8 blocs de 15 litres et 12 blocs de 12 litres dans lesquels il reste 50 bars. Votre président se propose de faire l'acquisition de tampons de 50 litres à une pression de service de 250 bars.

c) Quel est le volume d'air que doivent apporter les tampons si l'on veut limiter le temps de gonflage des blocs à 1h30 ? (1 point)

Volume en eau de tous les blocs à gonfler :  $(8 \times 15) + (12 \times 12) = 264$  litres

Volume d'air à mettre dans les blocs à chaque rotation du bateau  $264 \times (200 - 50) = 39\ 600$  litres

Le compresseur ne pouvant apporter que  $16 \times 1,5 = 24$  m<sup>3</sup> en 1h30, les tampons devront donc fournir les premiers :  $39,6 - 24 = 15,6$  m<sup>3</sup> en plus du reliquat dans les bouteilles.

d) Combien de tampons faudra-t-il pour limiter le temps de gonflage des blocs (on ne tient pas compte du temps de gonflage des tampons) à 1h30 maximum, sachant que l'on commence à gonfler avec les tampons un par un ? Quelle pression restera dans chaque tampon à la fin ? (4 points)

## Monitorat fédéral 2<sup>ème</sup> degré Trébeurden - Juillet 2019

On doit d'abord calculer la pression à laquelle on doit monter les blocs avec les tampons pour que le compresseur ne fonctionne pas plus d'1h30. Le volume d'air amené par le compresseur est de 24 000 (cf. question précédente).

La pression correspondante dans les blocs est donc de :

$$24\ 000 / ((8 \times 15) + (12 \times 12)) = 24\ 000 / 314 = 76,43 \text{ bars.}$$

Il faut donc monter les blocs jusqu'à une pression de 123,57 bars si l'on veut limiter la durée de fonctionnement du compresseur à 1h30 maximum. (1 point)

Volume d'un tampon :  $250 \times 50 = 12\ 500$  litres

Après l'ouverture du premier tampon on aura à l'équilibre :

$$(12\ 500 + (264 \times 50)) / (50 + 264) = 25\ 700 / 314 = \mathbf{81,85 \text{ bars (1 point)}}$$

Après l'ouverture du deuxième tampon on aura à l'équilibre :

$$(12\ 500 + (264 \times 81,85)) / (50 + 264) = 34\ 108,4 / 314 = \mathbf{108,62 \text{ bars (1 point)}}$$

Après l'ouverture du troisième tampon on aura à l'équilibre :

$$(12\ 500 + (264 \times 108,62)) / (50 + 264) = 41\ 175,68 / 314 = \mathbf{131,13 \text{ bars (1 point)}}$$

**Il faudra donc idéalement utiliser 3 tampons** pour permettre au compresseur de terminer le gonflage en moins d'1h30.

### QUESTION 3 : organisation d'un stage final Guide de Palanquée - Niveau 4 (7 points)

En tant que MF2, votre président de CTR vous confie l'organisation d'un stage final GP N4 pour 10 stagiaires sur 5 jours, juste avant l'examen de la pratique et de la théorie. Le pilotage du bateau et la sécurité surface sont assurés par la structure d'accueil.

a) Quel encadrement choisissez-vous ? Quelle organisation de plongée mettez-vous en place pour les séances en mer ? (3 points)

On vérifiera la présence d'au moins les éléments suivants :

Mise en place de l'encadrement : (1 point)

- au moins 4 MF1 en plus du MF2
- faire tourner les moniteurs chaque jour
- blocs 15l double sortie pour les moniteurs.

Organisation des ateliers: apnée, mannequin et nages (1 point) :

- prévoir le matériel spécifique (mannequin, bouées), les lieux et le temps nécessaire pour la mise en place des ateliers
- définir les responsables pour les ateliers apnée et répartir les tâches (chronomètre, sécurité fond ou surface, évaluation rectitude ou descente...)
- avoir repéré et balisé les distances pour les le 800m PMT et 500m capelé.

Rôle de DP (1 point) :

- vérifier avec la structure d'accueil les sites adaptés pour le travail PE12, PE20 et PE40
- définir les palanquées, temps de plongée et profondeur max, établir les fiches de sécurité
- préparer le largage bateau pour les plongées à 40m et la remontée sous parachute
- prévoir les solutions de repli en cas de problème météo.

b) Proposez sous forme de tableau votre planning sur les 5 jours de manière à optimiser les apports pédagogiques pour vos candidats (4 points)

Planning possible fourni à titre d'exemple :

	J1	J2	J3	J4	J5
8h-12h	Accueil et Administratif	Apnée 10m Descente bleu VDM Assistance 40m	Mannequin GP PE 40m	Apnée 10m Descente bleu VDM Assistance 40m	Mannequin GP PE 40m
	Réunion moniteurs puis présentation aux stagiaires				
12h-14h	Repas et repos				
14h-15h30 15h30-16h	Révision Réglementation et Physique	Révision Physio et Accidents	Révision Déco et Tables	Révision Matériel et Environnement	Révision Matelotage et Bilan du stage
16h-18h30	500m capelé Descente bleu VDM Assistance 30m GP PE 12	800m PMT DTMR 25m GP PE20	500m capelé GP PE12	800m PMT DTMR 25m GP PE20	Ateliers à la demande 1/2 journée tampon météo

On vérifiera les éléments suivants dans le planning proposé :

- toutes les épreuves doivent être travaillées au moins 2 fois,
- une seule plongée dans l'espace 30/40 par jour,
- pas de profils inversés,
- aucune épreuve physique ou d'apnée dans les 3h qui suivent une plongée,
- le moniteur encadrant ne fait pas plus de deux immersions sur 40m pour le travail de descente et remontée,
- le moniteur ne fait qu'une immersion pour le travail d'encadrement PE40,
- réunion des moniteurs pour consignes, critères d'évaluation et briefing aux élèves avant le commencement du stage,
- séances de révision de la théorie,
- ...