

**Anatomie, physiologie et physiopathologie du plongeur**  
Durée 1h30 Coefficient 4

**Question 1 (6 points)**

Les efforts physiques fournis en continu par notre organisme utilisent diverses filières énergétiques.

- a) Décrivez les 3 filières énergétiques existantes ainsi que leurs caractéristiques en termes de :
  - substrat utilisé,
  - puissance et durée d'action (1,5 point)
- b) Quelles sont les 2 filières les plus fréquemment utilisées dans les épreuves du GPN4 ou du MF2 ?  
Exposez pour ces deux filières :
  - les facteurs limitants
  - le principe de travail
  - un exemple d'exercice d'application (3 points)
- c) Quelle filière est donc la plus importante à travailler pour nos plongeurs ? Justifiez vos arguments (1,5 point)

**Question 2 (4 points)**

- a) Le froid : comment se manifeste-t-il chez un plongeur ? (1 point)
- b) En tant que formateur de cadre, quels conseils prodigueriez-vous à vos stagiaires pédagogiques pour prévenir les effets du froid chez leurs élèves ? (3 points)

**Question 3 (8 points)**

Dans le cadre de la formation de vos stagiaires pédagogiques, vous souhaitez les sensibiliser aux effets de la narcose.

- a) Quels sont les effets de la narcose ? (2 points)
- b) Décrivez l'hypothèse actuellement retenue pour expliquer ces comportements ? (3 points)
- c) Face à ces symptômes, quelle conduite à tenir et quels moyens de prévention donnez-vous à votre stagiaire pédagogique ? (3 points)

**Question 4 (2 points)**

Lors de l'épreuve d'apnée au MF2, un des candidats rejoint l'atelier en respirant fortement à plusieurs reprises sur son tuba avant de l'enlever juste avant de faire son canard. A son retour en surface, il est pris de tremblements. Immédiatement le plongeur de sécurité surface lui maintient les voies aériennes hors de l'eau afin qu'il ne se noie pas.

- a) Que s'est-il passé selon vous ? (0,5 point)
- b) Expliquez en le mécanisme (1,5 point)

## Référentiel de correction

### Question 1 (6 points)

Les efforts physiques fournis en continus par notre organisme utilisent diverses filières énergétiques.

a) Décrivez les 3 filières énergétiques existantes ainsi que leurs caractéristiques en termes de :

- substrat utilisé,
- puissance et durée d'action (1,5 point)

<i>Filière énergétique</i>	<i>Substrat</i>	<i>Puissance</i>	<i>Durée d'action</i>
<i>Anaérobie phosphagène ou alactique</i>	<i>Créatine phosphate</i>	<i>Maximale</i>	<i>Entre 7 et 20 secondes selon l'intensité de l'effort</i>
<i>Anaérobie glycolytique ou lactique</i>	<i>Glucose</i>	<i>Importante</i>	<i>2 à 3 minutes</i>
<i>Aérobie</i>	<i>Glucides et lipides</i>	<i>Modérée</i>	<i>Plusieurs heures</i>

b) Quelles sont les 2 filières les plus fréquemment utilisées dans les épreuves du GPN4 ou du MF2 ?

Exposez pour ces deux filières :

- les facteurs limitants
- le principe de travail
- un exemple d'exercice d'application (3 points)

<i>Filière énergétique</i>	<i>Facteur limitant</i>	<i>Principe de travail</i>	<i>Exemple d'exercice</i>
<i>Anaérobie glycolytique ou lactique</i>	<i>Accumulation de lactates</i>	<i>FC de travail : 90 à 95% de la FC de réserve : 100 %</i>  <i>Augmenter la tolérance par l'organisme de l'acide lactique</i>  <i>Intensité sub maximale</i> <i>Fractionné de 2 à 3'</i>	<i>séries de 25 à 150 m PM T ventral puis récupération de 30" à 1'</i>  <i>Tractage du mannequin, etc.</i>
<i>Aérobie</i>	<i>VO2</i> <i>Fatigue musculaire</i> <i>Niveau d'entraînement</i>	<i>FC de travail : 60 à 70% de la FC de réserve</i>  <i>Augmenter le seuil ventilatoire 2 (aérobie-anaérobie)</i>  <i>Travail en continu sur de longues distances</i> <i>Fractionné avec des périodes de récupération très courtes</i>	<i>Nages de 500m (ou plus) PM T ventral</i> <i>Séries du type : 100m avec 10" de récup ou 200m avec 20" de récup</i>

*Les exercices ne seront considérés comme pertinents que si le candidat stipule bien dans quelle FC de travail il se trouve. Non demandé aux candidats :*

- *La fréquence cardiaque maximale (FC max) théorique : 220 pulsations/min moins l'âge.*
- *La fréquence cardiaque de repos : mesure prise au réveil*
- *La fréquence cardiaque de réserve : FC de réserve = FC max - FC de repos*

c) *Quelle filière est donc la plus importante à travailler pour nos plongeurs ? Justifiez vos arguments (1,5 point)  
Il convient de développer les capacités aérobies de nos plongeurs afin d'augmenter le seuil ventilatoire 2 (aérobie-anaérobie) et ainsi éviter de passer sur la filière anaérobie lactique.  
Concernant la filière anaérobie lactique : hormis dans le cadre de certaines épreuves de l'examen, les situations de plongées la faisant intervenir sont rares. De plus, entrer dans cette zone en immersion représente un danger pour les plongeurs, car cela entraîne dans les minutes qui suivent une élévation importante de la ventilation se traduisant par des risques accrus d'essoufflements, d'ADD, de narcose par augmentation du taux de CO<sub>2</sub>.*

### **Question 2 (4 points)**

a) *Le froid : comment se manifeste-t-il chez un plongeur ? (1 point)*

*Augmentation du rythme ventilatoire, perte de sensibilité aux extrémités (mains, pieds), couleur pâle de la peau, envie d'uriner, frissons, crampes, tremblements musculaires, position recroquevillée (« fœtale »). Désintérêt pour la plongée.*

b) *En tant que formateur de cadre, quels conseils prodigueriez-vous à vos stagiaires pédagogiques pour prévenir les effets du froid chez leurs élèves ? (3 points)*

- *Avant la plongée :*
  - *Vérifier que leurs élèves ont correctement mangé avant de venir plonger, Augmenter l'hydratation avant et après la plongée pour compenser la déshydratation.*
  - *Ils doivent être habillés chaudement. Bien vérifier que les plongeurs sont bien protégés des conditions climatiques (froid, vent, pluie) lors des trajets en bateau (bonnet, blouson, coupe-vent, etc).*
  - *Le briefing ne doit pas être trop long, ou se faire à l'abri du froid,*
  - *Vérifier l'adaptation des équipements aux conditions : type de combinaison, gants, cagoule,*
  - *Pour les plongeurs réguliers dans ces conditions ☺promouvoir l'utilisation du vêtement semi- étanche.*
- *Pendant la plongée :*
  - *Etre attentif au comportement et aux signes des élèves (prostration, rythme ventilatoire, etc),*
  - *Limiter la durée totale de la plongée,*
  - *Éviter certains types d'exercices tels que le vidage de masque.*
  - *Si thermocline, s'en servir pour réaliser d'éventuels paliers,*
  - *Se poser la question de l'intérêt d'un palier de principe suivant la température de l'eau,*
- *Après la plongée :*
  - *Bien vérifier que les plongeurs sont bien protégés des conditions climatiques (froid, vent, pluie) lors des trajets en bateau (bonnet, blouson, coupe-vent, etc).*
  - *Se mettre rapidement « au sec » (habits chauds, local chauffé, ...), et comme pour l'avant plongée, débriefer après*

- Favoriser la lutte contre le froid en buvant des boissons chaudes (apport de chaleur) et énergétiques (apport de calories alimentaires) et éviter les boissons alcoolisées qui entraînent une vasodilatation (augmentation du refroidissement) et diurétiques (déshydratation).

**Question 3 (8 points)**

Dans le cadre de la formation de vos stagiaires pédagogiques, vous souhaitez les sensibiliser aux effets de la narcose.

a) Quels sont les effets de la narcose ? (2 points)

*La narcose peut entraîner :*

- Mauvaise appréciation de l'espace-temps (durée et profondeur de plongée)
- Troubles de la vision, hallucinations
- Euphorie,
- Angoisse,
- Agressivité
- Replis sur soi,
- Augmentation du discours intérieur,
- Perturbation de la mémoire immédiate (lecture répétée des instruments de plongée sans interprétation correcte)
- Retard de réaction, signes répétitifs.

*L'installation de la narcose peut être progressive ou brutale, perçue ou non par le plongeur. Son installation, sa perception dépendent des circonstances, de l'état physique et psychique du plongeur.*

b) Décrivez l'hypothèse actuellement retenue pour expliquer ces comportements ? (3 points)

*La narcose à l'azote est due à l'augmentation de la pression partielle d'azote lorsque la profondeur augmente.*

*L'hypothèse protéique : Les récepteurs des neurotransmetteurs sont de nature protéique. Ce sont des molécules qui sont intégrées dans la double couche lipidique des membranes des neurones. Certains neurones produisent un neurotransmetteur particulier qui est la dopamine. L'activité de ces neurones dits dopaminergiques est contrôlée par d'autres neurones en amont qui agissent en produisant un autre neurotransmetteur inhibiteur appelé le GABA. L'azote agit sur les récepteurs à GABA des neurones dopaminergiques, ce qui a pour résultat de renforcer leur inhibition. En d'autres termes, la présence d'azote augmente les effets inhibiteurs du GABA. Ces neurones libèrent donc moins de dopamine. Or ce neurotransmetteur a de nombreuses actions sur d'autres neurones, par exemple des neurones à glutamate. La conséquence de cette action est une modification de l'activité d'autres neurones situés en aval dans cette chaîne avec pour conséquence le ralentissement de l'activité motrice et les perturbations de la réflexion. Le même type d'influence existe sur la libération d'autres neurotransmetteurs tels que l'acide glutamique ou la sérotonine, ce qui démontre que l'action des gaz inertes fait en réalité appel à des mécanismes fort complexes et multiples.*

b) Face à ces symptômes, quelle conduite à tenir et quels moyens de prévention donnez-vous à votre stagiaire pédagogique ? (3 points)

- *Conduite à tenir : l'attitude à avoir face à un plongeur victime d'une narcose est de :*
  - Eviter de continuer à descendre ou redescendre
  - Sortir rapidement de la zone de profondeur à laquelle la narcose a débuté

- *faire remonter à une profondeur moindre pour faire diminuer la pression partielle de l'azote les effets se dissipant assez rapidement.*

• *Prévention :*

- *Utilisation de mélange Nitrox (attention à la profondeur d'utilisation)*
- *Utilisation de Trimix*
- *Eviter les efforts physiques importants (facteur favorisant)*
- *L'accession progressive à la profondeur (vitesse et nombre de plongées) doit être un élément important de l'enseignement permettant de prévenir ou limiter l'apparition et les effets de la narcose.*
- *Attention aux facteurs favorisants comme le froid, le stress et la fatigue.*

**Question 4 (2 points)**

Lors de l'épreuve d'apnée au MF2, un des candidats rejoint l'atelier en respirant fortement à plusieurs reprises avant de l'enlever juste avant de faire son canard. A son retour en surface, il est pris de tremblements. Immédiatement le plongeur de sécurité surface lui maintient les voies aériennes hors de l'eau afin qu'il ne se noie pas.

c) Que s'est-il passé selon vous ? (0,5 point)

*Le candidat a hyperventilé et a été victime d'une samba ou PCM (Perte de Contrôle Moteur)*

d) Expliquez en le mécanisme (1,5 point)

*L'hyperventilation volontaire est une technique permettant non pas d'augmenter les apports en O<sub>2</sub> mais de diminuer les réserves de CO<sub>2</sub>.*

- *Elle permet de diminuer la PpCO<sub>2</sub> entraînant ainsi un retard important dans le déclenchement du réflexe inspiratoire commandé par les chémorécepteurs via le bulbe rachidien.*
- *Elle augmente très peu la PpO<sub>2</sub> alvéolaire car l'hémoglobine transporteur principal de l'O<sub>2</sub> est déjà quasi saturée.*

*Par conséquent 2 mécanismes peuvent se produire :*

- *Soit au fond la PpO<sub>2</sub> passe sous le seuil de syncope anoxique avant que la PpCO<sub>2</sub> passe au-dessus du seuil de rupture de l'apnée.*
- *Soit plus généralement au cours de la remontée, la baisse de la pression absolue entraîne une baisse brutale de la PpO<sub>2</sub> en dessous du seuil de syncope avant que la PpCO<sub>2</sub> ait atteint le seuil de rupture d'apnée d'autant plus que la PpCO<sub>2</sub> baissera en raison de la baisse de la Pabs*