**Anatomie, physiologie et physiopathologie du plongeur**

Durée 1h30 Coefficient 4

**Question n°1 : L’essouflement en plongée. (4 points)**

1. En vous appuyant sur vos connaissances anatomiques et physiologiques, expliquez pourquoi le risque d’apparition d’un essouflement en plongée n’est pas exclu alors que les efforts semblent limités. (2 points)
2. Pourquoi est il diffilcile de récupérer spontanément d’un essoufflement en plongée ? (2 points)

**Question n°2 : Apnée et sécurité. (6 points)**

Lors des épreuves d’apnée, aux examens GP et MF2, une sécurité en surface est systématiquement mise en place ainsi qu’une surveillance lors du retour au bateau.

1. Quels types d’incidents sont craints pour mettre en place cette sécurité ? (1 point)
2. Expliquez le mécanisme physiologique lié à ces incidents et les raisons de leur survenue souvent en surface ? (1 point)
3. Quelles sont les manifestations visibles en surface pour chacun des phénomènes expliqués ? (2 points)
4. Quels conseils de prévention, avant l’apnée et au cours de l’exercice donneriez-vous à des préparants MF2, et quels moyens visant à sécuriser l’atelier metteriez-vous en place ? (3 points)

**Question n°3 : Filières énergétiques et entraînement (5 points)**

Dans le cadre de l’examen GP et MF2, une épreuve consiste à réaliser en un temps donné la recherche du mannequin.

1. Quelles sont les filières énergétiques sollicitées suivant les étapes de l’épreuve ? (1 point)
2. Quelles sont leur caractéristiques ? (2 points)
3. Quels conseils de préparation pourriez-vous formuler à un stagiaire GP pour travailler sa préparation au tractage ? (2 points)

**Question n°4 : L’oreille en plongée (5 points)**

1. Nous ne sommes pas tous égaux devant notre capacité à équilibrer nos oreilles à la descente. En vous appuyant sur vos connaissances anatomiques, comment expliquez-vous ce constat ? (1 point)
2. Expliquer lesmécanismes possibles conduisant à un barotraumatisme de l’oreille interne? (2 points)
3. Expliquez pourquoi la méthode de Valsalva ne doit pas être réalisée à la remontée (1 point)
4. En quoi, consiste la béance tubaire volontaire ? Quels en sont les avantages et inconvénients  ? (1 point)

**Reférentiel de correction**

**Question n°1 : L’essouflement en plongée. (4 points)**

1. **En vous appuyant sur vos connaissances anatomiques et physiologiques, expliquez pourquoi le risque d’apparition d’un essouflement en plongée n’est pas exclu alors que les efforts semblent limités. (2 points)**

*L’immersion augmente le risque d’essoufflement en raison de l’augmentation du travail musculaire pour ventiler dû à :*

* *La redistribution de la masse sanguine vers les organes centraux et en particulier les poumons (effet bloodshift)*
* *L’augmentation de la masse volumique des gaz avec la profondeur et des turbulences dans les voies aériennes entrainent une diminution des débits ventilatoires.*
* *L’utilisation du matériel : détendeur et combinaison*
* *Le froid plus intense non compensé par la combinaison.*
* *Le stress lié à la profondeur, à l’obscurité.*
* *Les efforts en immersion.*

1. **Pourquoi est il diffilcile de récupérer spontanément d’un essoufflement en plongée ? (2 points)**

* *Lorsque l’essoufflement survient, la quantité de CO2 produite est supérieure à celle qui est éliminée par le filtre pulmonaire. En effet, le mécanisme de l’essoufflement (augmentation de la fréquence, diminution du volume courant et ventilation dans le VRI) a tendance à produire encore plus de CO2 et à diminuer son élimination (ventilation dans l’espace mort).*
* *De plus, le réflexe de réponse à l’essoufflement, est d’augmenter l’inspiration alors qu’il faut, en plongée, forcer sur l’expiration pour sortir de l’essoufflement.*
* *Insister sur l’expiration, permettant d’évacuer le CO2 excédentaire est possible dans les faibles profondeurs, alors que cela devient extrêmement difficile en profondeur, en raison de l’augmentation de la masse volumique des gaz qui demande un effort respiratoire plus important. En phase d’essoufflement tout effort excédentaire est impossible à récupérer.*
* *On est donc bien dans un « cercle vicieux » dont il est difficile de sortir en immersion.*

**Question n°2 : Apnée et sécurité. (6 points)**

Lors des épreuves d’apnée, aux examens GP et MF2, une sécurité en surface est systématiquement mise en place ainsi qu’une surveillance lors du retour au bateau.

1. **Quels types d’incidents sont craints pour mettre en place cette sécurité ? (1 point)**

*Les incidents redoutés sont :*

* *La syncope anoxique*
* *La perte de Contrôle Moteur (Samba)*

1. **Expliquez le mécanisme physiologique lié à ces incidents et les raisons de leur survenue souvent en surface ? (1 point)**

* *Le mécanisme physiologique est une hypoxie soit la baisse de la pression sanguine d’oxygène.*
* *A la remontée, et plus particulièrement lorsque l’on se rapproche de la surface, la pression partielle alvéolaire d’oxygène baisse brutalement du fait de la chute de pression absolue. La position de la tête en extension peut également entraîner une baisse du flux sanguin artériel à destination du cerveau..*
* *La chute de la pression partielle alvéolaire d’oxygène passe en dessous du seuil de syncope avant que la pression partielle de CO2 ait atteint le seuil de rupture de l’apnée.*
* *D’autant, que la pression partielle alvéolaire de CO2 varie par contre très peu.*
* *Un seuil bas de pression partielle d’O2 provoque la syncope qui peut être brutale sans signe précurseur.*

1. **Quelles sont les manifestations visibles en surface pour chacun des phénomènes expliqués ? (2 points)**

|  |  |
| --- | --- |
| *SYNCOPE ANOXIQUE* | *SAMBA* |
| *Pâleur du visage / Cyanose* | *Perturbation de la coordination des mouvements* |
| *Impossibilité de répondre à une question* | *Tremblements*  *Cyanose* |
| *Perte de connaissance sans arrêt cardiaque* | *Perturbation de l’élocution sans possibilité de répondre à une question* |

1. **Quels conseils de prévention, avant l’apnée et au cours de l’exercice donneriez-vous à des préparants MF2, et quels moyens visant à sécuriser l’atelier metteriez-vous en place ? (3 points)**

*Les conseils possibles sont :*

* *Prévention (1 point) :*
  + *Ne pas hyperventiler avant l’apnée de manière à ne pas baisser sa PpCO2,*
  + *Ne pas pousser son apnée, procéder par étapes progressives,*
  + *Ne pas rester trop longtemps au fond,*
  + *Assurer des périodes de récupération entre les apnées,*
* *Assurer la sécurité durant l’atelier (2 points)*
  + *Mettre en place une communication entre apnéistes,*
  + *Ne jamais pratiquer l’apnée seul,*
  + *Mettre en place :*
    - *un protocole à la sortie : annonce d’une phrase…,*
    - *une sécurité surface capable de récupérer l’apnéiste en sortie d’apnée,*
    - *de l’oxygène à proximité du lieu de l’apnée,*
    - *une bouée de récupération permettant de maintenir également les voies aériennes émergées en cas d’intervention.*

**Question n°3 : Filières énergétiques et entraînement (5 points)**

**Dans le cadre de l’examen GP et MF2, une épreuve consiste à réaliser en un temps donné la recherche du mannequin.**

1. **Quelles sont les filières énergétiques sollicitées suivant les étapes de l’épreuve ? (1 point)**

Les filières énergétiques sollicitées sont :

* La filière aérobie avant l’apnée
* La filière anaérobie glycolytique lors du tractage

1. **Quelles sont leur caractéristiques ? (2 points)**

*Filière aérobie :*

* *Intensité faible à modérée*
* *Endurance potentiellement élevée*
* *Utilisation d’oxygène*
* *Utilisation du glucose puis des lipides*
* *Mise en œuvre différée, 2 à 4’ d’adaptation cardio-ventilatoire*

*Filière anaérobie glycolytique :*

* *Efforts intenses*
* *Endurance faible*
* *Pas d’utilisation d’oxygène*
* *Utilisation de glycogène*
* *Production de lactates*
* *Mise en œuvre différée : 15 à 20s*

1. **Quels conseils de préparation pourriez-vous formuler à un stagiaire GP pour travailler sa préparation au tractage ? (2 points)**

* *Le tractage est une phase d’intensité soutenue pendant une une durée courte, et précédée par une apnée. Elle relève de la filière anaérobie glycolytique*
* *Il faut d’abord développer la filière aérobie en essayant de repousser le seuil ventilatoire 2 (seuil aérobie-anaérobie). Ce travail, réalisé pendant la deuxième phase d’entrainement physique du GP, sera également utile pour l’épreuve de nage capelée*
* *Ensuite, le travail spécifique de la filière anaérobie glycolytique va permettre d’augmenter les capacités physiques en habituant l’organisme à tolérer l’accumulation des lacates et à les utuliser comme subrats au niveau des muscles.*
* *Les séries effectuées sont courtes, de 50 à 200 mètres, répetées et suivie d’une récupération active*
* *Les séances d’entraînements dans cette filière peuvent être éprouvantes, il est conseillé de respecter un délai de 72 heures entre 2 séances, et de veiller à boire de s’hydrater correctement avant et pendant l’entrainement.*

**Question n°4 : L’oreille en plongée (5 points)**

1. **Nous ne sommes pas tous égaux devant notre capacité à équilibrer nos oreilles à la descente. En vous appuyant sur vos connaissances anatomiques, comment expliquez-vous ce constat ? (1 point)**

*Les facteurs de perméabilité de la trompe d’Eustache peuvent varier selon leur conformation :*

* *rectitude de l’axe de la trompe d’Eustache*
* *étroitesse de son isthme*
* *position de son ostium (orifice) pharyngé (sensible aux infections).*

*Par ailleurs Les muscles qui permettent l’ouverture de la trompe d’eustache sont les muscles péristaphylins En fait, toute la difficulté est de réussir à prendre conscience de l’existence de ces deux muscles pour commander l’ouverture des trompes d’Eustache.*

1. **Expliquer lesmécanismes possibles conduisant à un barotraumatisme de l’oreille interne? (2 points)**

* *Barotraumatisme direct : l’’injection brutale d’air dans l’oreille moyenne par une manœuvre de Valsalva forcée peut entrainer*

*une déformation du tympan vers l’extérieur puis un coup de piston de l’étrier dans la fenêtre ovale (= coup de piston labyrinthique) responsables de plusieurs lésions isolées ou associées : entorse stapédo-vestibulaire, rupture de la fenêtre ovale ou rupture de la fenêtre ronde par transmission de l’onde de choc.*

*Ces 2 dernières lésions entrainent une fuite du liquide contenu dans la cochlée vers l’oreille moyenne : c’est la fistule labyrinthique. Une rupture isolée de la fenêtre ronde entraine une fistule labyrinthique*

* *Barotraumatisme indirect : provoqué ~~également~~ par une hyper pression au niveau du tympan, transmise à l’oreille interne par la chaine des osselets.*

1. **Expliquez pourquoi la méthode de Valsalva ne doit pas être réalisée à la remontée (1 point)**

*Elle risque de favoriser un barotraumatisme (tympan déformé vers le conduit auditif externe) et un ADD (ouverture d’un éventuel >FOP ou de shunts pulmonaires D -> G)*

1. **En quoi, consiste la béance tubaire volontaire ? Quels en sont les avantages et inconvénients  ? (1 point)**

* *C’est un mouvement volontaire qui consiste à mobiliser les*[*muscles péristaphylins*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Muscle_tenseur_du_voile_du_palais)*pour commander l'ouverture des*[*trompes d'Eustache*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Trompe_d%27Eustache) *qui relient l’oreille moyenne au pharynx. Il faut provoquer un ‘début’ de bâillement ou ‘projeter’ la mâchoire en avant*
* *Avantage : c’est la manœuvre la plus physiologique et la moins traumatisante. Elle élimine tout risque barotraumatique et peut faire l’objet d’exercices d’apprentissage afin de prendre conscience de la position des muscles du voile du palais et du pharynx. Elle est dite passive, elle n’impose pas de différence de pression importante et ne cause pas d’hyper pression thoracique.*
* *Inconvénient : Seuls 50% des plongeurs peuvent la pratiquer, ceux qui possèdent une trompe d’Eustache très perméable. La prise de conscience et le contrôle des muscles péristaphylins sont également nécessaires pour déclencher le mouvement qui peut se réaliser via des exercices d’entrainement.*