**Anatomie, physiologie et physiopathologie du plongeur**

Durée 1h30 Coefficient 4

**QUESTION 1 (6 points)**

1. En quoi la ventilation est-elle modifiée chez le plongeur en immersion avec scaphandre ? (1,5 pts)
2. Pourquoi un essoufflement peut-il apparaître rapidement en plongée ? (1,5 pts)
3. L’essoufflement favorise d’autres accidents ; lesquels ? (1 pt)
4. Quelles mesures de prévention donneriez-vous à vos stagiaires pédagogiques pour diminuer le risque de survenue de cet accident à leurs élèves ? (2 pts)

**QUESTION 2 (5 points)**

Vous désirez sensibiliser vos stagiaires pédagogiques à l’importance des vertiges en plongée :

1. Quelle définition pouvez-vous donner du vertige ? (0,5 pt)
2. Citez les 2 fonctions principales de l’oreille en précisant laquelle joue un rôle dans les vertiges. (1 pt)
3. Quels éléments d’anatomie de l’oreille interne interviennent dans l’équilibre ?

Expliquez leur rôle. (1 pt)

1. Décrivez le mécanisme des différents vertiges que l’on peut rencontrer en plongée. (2,5 pts)

**QUESTION 3 (5 points)**

Lors d’une formation d’accoutumance à la plongée profonde pour des futurs niveau 3, dans l’espace des 40-60m, un de vos stagiaires avoue avoir ressenti les effets de la narcose. Vous profitez de l’occasion pour travailler avec eux sur ce thème.

1. En vous appuyant sur vos connaissances physiologiques, expliquez les causes de la narcose. (1 pt)
2. Décrivez les manifestations de cette narcose chez les plongeurs. (1 pt)
3. Quelles peuvent être les conséquences de ces manifestations ? (1 pt)
4. Donnez à vos stagiaires des conseils pour :
   * prévenir la narcose. (1 pt)
   * réagir en cas de narcose d’un de ses coéquipiers. (1 pt)

**QUESTION 4 (4 points)**

1. Expliquez le mécanisme d’un œdème pulmonaire d’immersion. (3 points)
2. Quels sont les symptômes de cet accident ? (0,5 pt)
3. Comment le différencier d’une surpression pulmonaire ? (0,5 pt)

Référentiel de correction

**QUESTION 1 : (6 points) :**

1. En quoi la ventilation est-elle modifiée chez le plongeur en immersion avec scaphandre ? (1,5 pts)

*En immersion, la ventilation se modifie aussi bien du fait de l’augmentation de la pression ambiante que du fait de l’équipement du plongeur.*

* *Le fait de respirer sur un détendeur, rend l’expiration active. L’organisme met donc en jeu ses muscles respiratoires, lors de l’expiration. (0,5 pt)*
* *L’augmentation de la masse volumique de l’air respiré, proportionnelle à la profondeur, provoque aussi une augmentation des efforts respiratoires (résistance à l’écoulement dans le réseau bronchique). (0,5 pt)*
* *Le matériel (combinaison, gilet) ainsi que la pression hydrostatique augmentent les résistances et le travail ventilatoire sur la cage thoracique pour respirer. (0,5 pt)*

*Le volume courant est déplacé vers le haut (vers le volume de Réserve Inspiratoire), on peut assimiler un plongeur en immersion à un insuffisant respiratoire léger.*

1. Pourquoi un essoufflement peut-il apparaître rapidement en plongée, ? (1,5 pts)

* *L’insuffisance de la ventilation alvéolaire, due à la masse volumique de l’air ambiant et à une adaptation insuffisante provoquent une augmentation du CO2 alvéolaire. Cette augmentation produit une diminution du gradient d’élimination, donc une hypercapnie (augmentation du taux de CO2 dans le sang). (0,5 pt)*
* *En cas d’hypercapnie, le centre de commande de la respiration (bulbe rachidien) va augmenter la fréquence ventilatoire (inspiration) dans le but de purger le CO2 efficacement. (0,5 pt)*
* *L’équilibre est maintenu, mais devient précaire. Tout événement qui va solliciter des muscles (froid, stress, effort, exercices…) va augmenter la production de CO2. L’organisme ne peut plus s’adapter, c’est le début de l’essoufflement. (0,5 pt)*

1. L’essoufflement favorise d’autres accidents ; lesquels ? (1 pt)

* *ADD : perturbations des échanges gazeux dues au micronoyaux gazeux engendrés.*
* *Surpression pulmonaire : le plongeur atteint d’un essoufflement expire difficilement. En cas de remontée « panique » (par exemple), cela augmente le risque de surpression pulmonaire.*
* *Noyade : le plongeur qui subit un essoufflement sévère a un raisonnement confus et panique. Cette panique peut l’entraîner à lâcher son détendeur et ne pouvant réaliser une apnée, à se noyer.*
* *Narcose : l’augmentation de CO2 provoquée par l’essoufflement augmenterait l’effet narcotique de l’azote.*

*0,25 pt par réponse*

1. Quelles mesures de prévention donneriez-vous à vos stagiaires pédagogiques pour diminuer le risque de survenue de cet incident à leurs élèves ? (2 pts)

* *Plonger dans des conditions favorables en général (condition physique, milieu) visant à diminuer les conditions de stress*
* *Utilisation d’un équipement adapté (lestage), être vigilant au matériel (état, configuration et modèle) de ses élèves et vérifier l’ouverture des blocs.*
* *Privilégier la technique et le travail de la ventilation afin d’affiner rapidement le lestage des plongeurs.*
* *Privilégier l’entrainement physique : meilleure adaptation à l’effort, meilleure technique de palmage*
* *La nage en endurance (nage contre résistance) améliore l’efficacité et l’endurance des muscles ventilatoires*
* *Pour l’accoutumance à la profondeur, mettre en place des ateliers pour limiter le stress (pendeur, descente en phoque…)*
* *Accession progressive à la profondeur selon l’entraînement des élèves*
* *Contrôler régulièrement la ventilation, la consommation, les efforts fournis en plongée.*
* *Ne pas plonger profond à contre-courant*
* *Ne pas descendre si les élèves sont déjà essoufflés en surface…0,25 pt par réponse : 2 pts maxi*

**QUESTION 2 (5 points).**

Vous désirez sensibiliser vos stagiaires pédagogiques à l’importance des vertiges en plongée

1. Quelle définition pouvez-vous donner du vertige ? (0,5 pt)

*Le vertige est une sensation erronée et subjective de déplacement du corps par rapport à l’espace ou de l’espace par rapport au corps, se traduisant par une impression de rotation et/ou d’ébriété.*

1. Citez les 2 fonctions principales de l’oreille en précisant laquelle joue un rôle dans les vertiges. (1 pt)

*L’oreille a deux fonctions principales : l’audition et l’équilibre, c’est l’équilibre qui intervient dans les vertiges.*

1. Quels éléments d’anatomie de l’oreille interne interviennent dans l’équilibre ? Expliquez leur rôle. (1 pt)

* *Les 3 canaux semi-circulaires sont disposés perpendiculairement et couvrent les 3 plans de l’espace. Ils possèdent chacun, à leur extrémité, une zone contenant des cellules sensorielles ciliées qui renseignent sur les mouvements et sur l’accélération de la tête dans l’espace, détection des accélérations horizontales d’avant en arrière, horizontales de droite à gauche et verticales de haut en bas et inversement (0,5 pt)*
* *L’utricule et le saccule contiennent une multitude de cellules sensorielles sensibles à l’action de la gravité et renseignent sur la position de la tête dans l’espace. (0,5 pt)*

1. Décrivez le mécanisme des différents vertiges que l’on peut rencontrer en plongée. (2,5 pts)

* *Vertige alternobarique*

*Lors de la remontée, différence de pression entre les deux oreilles moyennes, due à un mauvais fonctionnement de la trompe d’Eustache d’une oreille. Les signaux nerveux du vestibule émis par chaque oreille sont divergents, ce qui crée la sensation de vertige*

* *Coup de piston*

*Valsalva brutal provoquant une déformation importante du tympan, amplifiée par les osselets, entrainant un déplacement important et brutal de l’étrier dans la fenêtre ovale. Ceci se répercute dans le vestibule en créant une onde dans l’endolymphe, qui n’existe pas dans l’autre oreille. L’incohérence des messages envoyés par chaque vestibule au niveau du cerveau, entraine cette sensation de vertige*

* *Perforation tympanique*

*Elle a plusieurs conséquences qui peuvent donner des vertiges :*

*Irruption d’eau froide provoquant des réactions locales responsables de la sensation vertigineuse (différence de température entre les deux oreilles)*

*Caisse du tympan pleine d’eau empêchant la fenêtre ronde de jouer son rôle d’amortisseur et hyperpression dans l’oreille interne provoquant un disfonctionnement au niveau vestibulaire*

* *Accident de désaturation*

*Blocage circulatoire touchant l’artère vestibulaire (vascularisation terminale)*

*Bulles dans l’endolymphe des canaux semi-circulaires et/ou du vestibule (utricule et saccule)*

* *Mal de mer*

*Inadéquation entre les informations données par les canaux semi circulaires, les informations visuelles et les informations proprioceptives.*

**QUESTION 3  (5 points) :**

Lors d’une formation d’accoutumance à la plongée profonde pour des futurs niveau 3, dans la zone des 40-60m, un de vos stagiaires avoue avoir ressenti les effets de la narcose. Vous profitez de l’occasion pour retravailler avec eux sur ce thème.

1. En vous appuyant sur vos connaissances physiologiques, expliquez les causes de la narcose. (1 pt)

*La narcose, aussi nommée ivresse des profondeurs, est due à une pression partielle d'azote trop élevée qui agit sur le système nerveux en entraînant des troubles du comportement.*

*Ces gaz inertes interagiraient directement sur les protéines de la membrane cellulaire, par action sur les protéines réceptrices des neurotransmetteurs dans certaines synapses du système nerveux central. En modifiant la transmission synaptique, ils perturbent la transmission des messages nerveux dans les neurones cérébraux, avec pour conséquence le ralentissement et les perturbations de l’activité motrice et des perturbations de la réflexion.*

1. Décrivez les manifestations de cette narcose chez les plongeurs. (1 pt)

*La narcose entraine des troubles du comportement qui diffèrent d'un individu à l'autre. La sensibilité par rapport à la narcose n'est pas la même pour tout le monde, ni la même d'un jour sur l'autre. Les sujets les plus sensibles peuvent ressentir les effets de la narcose dès 30m. En revanche, à partir de 60 m, tous les plongeurs sont narcosés y compris ceux qui prétendent le contraire !*

*Dans les effets de la narcose, on peut citer :*

* *facultés intellectuelles diminuées (idée en désordre, n’anticipe plus, obsession…)*
* *troubles de l’attention : problème de mémoire immédiate, dialogue interne…*
* *troubles de l’humeur : euphorie ou au contraire angoisse pouvant conduire à des comportements inadaptés voire dangereux, surestime de soi*
* *troubles de la perception (vision et audition) : vision à effet tunnel, hallucinations, impression de déséquilibre, acouphènes,*
* *troubles moteurs : incoordination motrice, perte de dextérité manuelle*
* *désorientation temporo-spatiale : disparition de la notion de durée*

1. Quelles peuvent être les conséquences de ces manifestations ? (1 pt)

*Les manifestations de la narcose chez un plongeur peuvent engendrer des conséquences graves.*

* *Angoisse 🡪 panique 🡪 remontée rapide 🡪 pas de paliers 🡪 ADD*
* *Perte de repère 🡪 insouciance 🡪 départ dans le bleu*
* *Euphorie 🡪 enlève son masque, son détendeur 🡪 panique 🡪 noyade*
* *Disparition de la notion de durée 🡪 plongée qui s’éternise au fond 🡪 panne d’air 🡪 noyade*
* *Troubles moteurs 🡪 essoufflement 🡪 panique 🡪 noyade*
* *…*

1. Donnez à vos stagiaires des conseils pour :

* prévenir la narcose. (1 pt)

*La seule prévention effective (hors plongée aux mélanges) est la limitation de la profondeur de plongée.*

* *L’absence de facteurs favorisants (fatigue, médicaments, stress, facteurs personnels...) et l’accoutumance progressive à la profondeur permettent de prévenir ou limiter l’apparition et les effets de la narcose.*
* *La notion de réadaptation de notre organisme à la narcose, 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.*
* *Descendre à une vitesse modérée (max 30m/min)*
* *Le long d’un repère visuel (tombant, bout…)*
* *La tête vers le haut*
* *Ne pas descendre profond si l’eau est très sombre ou très trouble*
* *…*
  + réagir en cas de narcose d’un de ses coéquipiers. (1 pt)

*L'attitude à avoir face à un plongeur victime d'une narcose est de le faire remonter à une profondeur moindre pour faire diminuer la pression partielle de l'azote. Les effets se dissipent assez rapidement. Une narcose peut provoquer une amnésie et certains plongeurs ne se souviennent pas du comportement qu'ils ont pu avoir au moment de la narcose*

**QUESTION 4 (4 points)**

1. Expliquez le mécanisme d’un œdème pulmonaire d’immersion. (3 points)

*L’œdème pulmonaire d’immersion survient lorsque la perméabilité de la barrière alvéolo capillaire est altérée sous l’effet d’une augmentation de pression dans les capillaires pulmonaires. Du liquide provenant de ces capillaires inonde les alvéoles, ce qui entraine une hypoxie.*

*En immersion, le travail ventilatoire et la pression capillaire pulmonaire augmentent par plusieurs mécanismes :*

* *L’augmentation de la pression ambiante entraîne une redistribution du sang contenu dans les membres et la peau vers la circulation thoracique (bloodshift). Cela entraine :*
* *un engorgement de la circulation pulmonaire*
* *une diminution de l’élasticité des poumons*
* *une augmentation du travail pour le cœur*
* *la sécrétion par l’organisme de molécules qui augmentent la perméabilité capillaire.*
* *Les gaz respirés sont plus denses et leur écoulement dans les voies respiratoires est donc plus difficile. L’expiration devient active*
* *Le détendeur augmente le travail respiratoire*
* *La combinaisonmajore l’effet de la pression hydrostatique sur l’organisme, limite l’expansion de la cage thoracique et augmente le travail ventilatoire pendant l’inspiration*

1. Quels sont les symptômes de cet accident ? ? (0,5 pt)

*Toux, crachats rosés, dyspnée, cyanose des lèvres, pâleur et oppression thoracique, du mal à respirer et apparition des symptômes dans la zone 0-10m, proche de la surface, parfois seulement lors de la nage surface.*

1. Comment le différencier d’une surpression pulmonaire ? ? (0,5 pt)

*Les symptômes peuvent faire penser à une surpression pulmonaire. Cependant, le profil d’une plongée sans erreur de procédure, sans remontée rapide, une plongée dans une eau froide, l’âge du plongeur, son stress et l’absence de notion de blocage expiratoire à la remontée, permettent de différencier un œdème pulmonaire d’immersion d’une surpression pulmonaire. De plus concernant une surpression pulmonaire, il peut y avoir une atteinte neurologique et une douleur thoracique.*