



**Examen de Moniteur Fédéral
2^{eme} degré
Niolon Mai 2004**

Anatomie, physiologie et physiopathologie du plongeur

Durée 1 h 30 – Coefficient 4

Question 1 (5 points)

Respirer un mélange sur-oxygéné en plongée diminue la charge en gaz neutres mais présente des risques.

Exposez les problèmes rencontrés par un plongeur dans le cadre de la plongée-loisir.

Question 2 (5 points)

La fréquence cardiaque est l'un des plus simples indicateurs de terrain qui permet de guider le sportif et l'entraîneur.

a) En utilisant ce paramètre comment procédez-vous pour faire réaliser des exercices devant exploiter la filière aérobie à un nageur de 40 ans, battant au repos à 70 pulsations par minute?

b) Qu'est ce que la VO_2 max ? Quelles indications son évaluation fournit-elle pour le sportif ?

Question 3 (10 points)

L'immersion subaquatique modifie notre fonction cardio-respiratoire.

3a : Les modifications de la ventilation et de la respiration en plongée. (6 points)

Exposez les modifications de la ventilation et de la respiration induites par l'immersion.

En quoi les échanges gazeux sont-ils affectés par la respiration en hyperbarie. Vous développerez plus particulièrement les spécificités liées au dioxyde de carbone et aux problèmes qu'il génère chez le plongeur.

3b : Les modifications cardio circulatoires en plongée. (4 points)

En quoi la circulation du sang est-elle modifiée par la plongée ?

Exposez les conséquences possibles, à la remontée et les comportements attendus pour prévenir les accidents.

Nb : plongée à l'air dans les limites autorisées.

Anatomie, physiologie et physiopathologie du plongeur

Durée 1h30 – Coefficient 4

Question 1 (5 points)

Respirer un mélange suroxygéné en plongée diminue la charge en gaz neutres mais présente des risques.

Exposez les problèmes rencontrés par un plongeur dans le cadre de la plongée loisir.

HYPEROXIE (3 points)

- Toxicité de l'oxygène sur le système nerveux central. EFFET PAUL BERT
C'est une crise convulsive généralisée semblable à une crise d'épilepsie (4 phases)
Plongée NITROX et paliers à L'O₂ pur.

Seuil physiologique (référentiels variables) : En France, PpO₂ max admissible en immersion : 1,6 bar et 2 heures maximum d'immersion à cette Pp O₂. variabilité inter individuelle, facteurs favorisants froid, efforts, stress,.....

HYPOXIE (1 point)

Mauvaise réalisation du mélange et mauvais contrôle avant plongée. Problèmes type recycleur. La perte de connaissance est immédiate et sans prodromes. En France, PpO₂ minimum admissible en immersion : 0,17 bar.

TOXICITE PULMONAIRE : EFFET LORRAIN-SMITH (1 point)

Pour de longues heures d'exposition. Non possible dans le cadre de la plongée loisir.

Question 2 (5 points)

La fréquence cardiaque est l'un des plus simples indicateurs de terrain qui permet de guider le sportif et l'entraîneur.

- a) En exploitant ce paramètre, comment procédez vous pour faire réaliser des exercices devant exploiter la filière aérobie à un nageur de 40 ans, battant au repos à 70 pulsations par minute?

(3 points)

- Recherche de la Fréquence Cardiaque de Repos (Fcr). C'est la moyenne de la fréquence cardiaque prise sur quelques jours, au réveil, avant de se lever et de faire le moindre effort.
- Chercher la Fréquence Cardiaque Maximale donnée par la formule (empirique) :
 - o $F_{cmax} = 220 - \text{age}$
- Chercher la Fréquence cardiaque de réserve (Fc réserve) par la formule :
 - o $Fc \text{ réserve} = F_{cmax} - F_{cr}$
 - o $110 = (220 - 40) - 70$
- Déterminer la fréquence cardiaque de travail
 - o $F_{ct} = R_c \times \% + F_{cr}$
- Connaître les différentes intensités de travail : entre 60 et 70 %, la filière aérobie est sollicitée
- $(60\% \times 110) + 70 = 136 \text{ puls/mn}$
- $(70\% \times 110) + 70 = 147 \text{ puls/mn}$
- Donc, autour de 140 puls/mn, la filière aérobie est sollicitée chez ce sportif.
 - o – inférieure ou égale à 60 % : Echauffement ou récupération active. Pas de gain dans le domaine de l'aérobie.
 - o – de 60 % à 75 % : Travail de faible intensité et de longue durée : de 30 mn à plusieurs heures en fonction du pourcentage. Amélioration de l'endurance aérobie.
 - o - à 80 % : Fractionné long (4 à 6 x 6mn de travail avec une récupération active égale à la moitié du temps de travail). Amélioration de la puissance aérobie.
 - o - à 90 % : Fractionné court (20 à 50 x 15s de travail avec une récupération passive égale au temps de travail). Amélioration de la puissance aérobie.

b) qu'est ce que la VO₂ max ? Quelles indications son évaluation fournit-elle pour le sportif ? (2 points)

Le volume d'oxygène maximal est l'aptitude maximale de l'individu à capter l'oxygène, à le transporter et à l'utiliser au niveau musculaire. C'est en quelque sorte la « cylindrée du sportif ». La VO₂ max s'exprime en millilitre d'oxygène par kilogramme de masse par minute (ml/kg/mn). Elle ne peut se mesurer qu'en laboratoire lors d'un test d'effort (ergocycle ou tapis de course) et selon un protocole très particulier. La VO₂ max est atteinte lorsque le cœur bat à la fréquence maximum. Cette VO₂ est génétiquement propre à chaque individu et l'entraînement (bien mené) ne peut que faiblement faire augmenter cette qualité (15 à 20 % de gain). Elle voit son pic maxi apparaître vers 30/35 ans et décroître lentement après. Une VO₂ max « classique » se situe aux alentours de 45 ml/kg/mn tandis qu'une VO₂ max de sportif de haut niveau peut évoluer jusqu'à 75 à 80 ml/kg/mn. La VO₂ max correspond à la puissance maximale aérobie (une prédisposition aux efforts du type aérobie).

Question 3 (10 points)

L'immersion subaquatique modifie notre fonction cardio-respiratoire.

3a : Les modifications de la ventilation et de la respiration en plongée.

Exposez les modifications de la ventilation et de la respiration induites par l'immersion.

En quoi les échanges gazeux sont-ils affectés par la respiration en hyperbarie. Vous développerez plus particulièrement les spécificités liées au dioxyde de carbone et aux problèmes qu'il génère chez le plongeur.

Modifications respiratoires (3 points)

Respiration buccale (assèchement de l'air), inspiration buccale et parfois expiration nasale (problèmes de dissociation naso-buccale).

Augmentation de l'espace mort généré par le matériel.

Le volume courant (VC), augmente et empiète sur le Volume de Réserve Inspiratoire (VRI).

L'expiration qui est passive en surface devient active en plongée.

Tendance à hypoventilation par petite diminution de la fréquence respiratoire.

Augmentation de la résistance ventilatoire (résistances mécaniques du matériel, densité des mélanges respirés directement liée à la profondeur) qui génère un travail supplémentaire au niveau des muscles de la ventilation.

Diminution du débit maximum minute (VMM) nous fait devenir « un insuffisant respiratoire en profondeur » (70 % de réduction du VMM à 60 mètres).

Modifications des échanges gazeux en hyperbarie et essoufflement (3 points)

- Si en surface, 98 % de O₂ combiné à l'hémoglobine, en hyperbarie hémoglobine très vite totalement saturée et l'on va obtenir très vite une quantité importante d'oxygène dissous.

- N₂ dissous en totalité, va diffuser à la descente et au fond dans les cellules. Phénomène inverse à la remontée avec notion de « bulles silencieuses ».

- CO₂ produit par les muscles. L'augmentation du travail des muscles respiratoires en profondeur augmente la production de CO₂. Le CO₂ est issu du métabolisme, la Pp CO₂ alvéolaire reste constante et indépendante de la profondeur.

- mécanismes de l'essoufflement : Si production de CO₂ dépasse les capacités d'élimination (efforts trop violents, matériel mal réglé) augmentation du CO₂ sanguin, d'où forte stimulation de la ventilation inspiratoire (via les chémorécepteurs carotidiens et centres bulbaires) = cercle vicieux.

En retour surface pour un essoufflement mineur : céphalées.

Pour un essoufflement majeur : risque majoré d'ADD et de narcose, risques de noyade par panique.

Prévention : favoriser les phases expiratoires en plongée vu grande sensibilité à l'essoufflement.

3b : Les modifications cardio-circulatoires en plongée.

En quoi la circulation du sang est-elle modifiée par la plongée ?

Exposez les conséquences possibles à la remontée et les comportements attendus pour prévenir les accidents.

Modifications circulation du sang (2 points)

Redistribution du sang vers l'intérieur du corps : due à la vaso-constriction périphérique liée au froid et à l'augmentation du retour veineux par diminution de l'apesanteur.

Augmentation d'afflux de sang vers la petite circulation (circulation pulmonaire) et cœur droit responsable d'une régulation : diminution de la fréquence cardiaque (bradycardie), et diurèse d'immersion.

A la remontée, apparition de « bulles silencieuses veineuses » dans la grande circulation.

Conséquences à la remontée et comportements (2 points)

Le niveau de « bulles circulantes silencieuses » peut dépasser les capacités du filtre pulmonaire selon le profil de la plongée (profil « Yo Yo », vitesse de remontées, paliers, successives.....) et selon le comportement du plongeur (hyperpression par Vasalva à la remontée, efforts au sortir de l'eau,.....).

Ces derniers facteurs peuvent favoriser aussi l'ouverture d'un F.O.P latent et donc passage de bulles du cœur droit vers le cœur gauche.

Besoin de se réhydrater pour combattre l'hypovolémie au sortir de la plongée.

Cette prise en compte de ces comportements est là pour prévenir les risques d'ADD.

Nb : plongée à l'air dans les limites autorisées.