**Décompression**

Durée 1h30 Coefficient 4

Question 1

Le Foramen Ovale Perméable et les shunts pulmonaires. (4 points)

1. Décrivez chacune de ces deux particularités anatomiques et définissez dans quelles conditions elles peuvent exister ? (2 points)
2. Quel accident peuvent-elles entrainer et par quel mécanisme ? (2 points)

Question 2

Les modèles de décompression. (6 points)

1. Présentez le modèle de Haldane. (2 points)
2. Présentez le modèle RGBM. (2 points)
3. Reproduisez et remplissez le tableau ci-dessous en apportant les précisions propres à chacun de ces deux modèles. (2 points).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Haldane | RGBM |
| Profondeur des paliers. |  |  |
| Durée des paliers. |  |  |
| Vitesse de remontée. |  |  |

Question 3

La cohabitation de différents modèles de décompression dans une même palanquée (4 points)

Dans le cadre de leur préparation à la direction de plongée, quels points aborderiez-vous et quelles recommandations feriez-vous à des stagiaires MF1 sur la gestion en palanquée de différents modèles de décompression ? Présentez le plan détaillé de votre intervention.

Question 4

Exercice de tables MN 90. (6 points)

Vous effectuez dans la matinée, une plongée de 32 minutes à 41 mètres. Vous plongez à nouveau avec un intervalle de 3 h 10 min avec des plongeurs qui sont également en successive et qui, une heure plus tôt, avaient un taux d’azote résiduel de 1,05. Les paramètres de cette deuxième plongée sont : 20 mètres pendant 28 minutes.

1. Indiquez pour ces deux plongées la durée, la profondeur des paliers éventuels et le GPS de chacun. (5 points)
2. Quels paliers ferez-vous finalement tous ensemble ? (1 point)

Référentiel de correction

Question 1

Le Foramen Ovale Perméable et les shunts pulmonaires.

1. Décrivez chacune de ces deux particularités anatomiques et définissez dans quelles conditions elles peuvent exister. (2 points)
2. Quel accident peuvent-elles entrainer et par quel mécanisme ? (2 points)

*Le Foramen Ovale Perméable (2 points)*

* *Le Foramen Ovale est un orifice situé dans la paroi entre les deux oreillettes qui permet, avant la naissance, la circulation sanguine du fœtus.*
* *A la naissance, il se ferme dès que les poumons du bébé sont fonctionnels. Cependant, il peut rester ouvert, ou s’ouvrir lors d’effort « à glotte fermée » qui entrainent une augmentation de la pression du cœur droit : Valsalva, gonflage du gilet à la bouche, portage de blocs, remontée à l’échelle respiration bloquée, efforts, etc.*
* *Lors de la désaturation, des bulles circulantes peuvent passer directement dans le cœur gauche et entrainer un ADD, essentiellement cérébral ou vestibulaire.*
* *On estime que 20 à 30 % des plongeurs sont porteurs d’un FOP.*

*Les shunts pulmonaires (2 points)*

* *Certaines zones pulmonaires peuvent être perfusées mais non ventilées. Le sang passe à travers les capillaires pulmonaires sans qu’il y ait d’échanges gazeux avec les alvéoles.*
* *Ces shunts sont fréquents notamment : (1 réponse suffit - 1 point)*
  + *chez le fumeur : le tabagisme augmente la sécrétion de mucus au niveau des bronchioles terminales, ce qui obstrue partiellement les alvéoles.*
  + *chez l’asthmatique : lors de la crise d’asthme, les bronchioles terminales se rétrécissent, empêchant le passage de l’air ambiant vers l’alvéole.*
  + *lors de l’OPI : certaines alvéoles sont « noyées » par le liquide qui a traversé la membrane alvéolo-capillaire.*
  + *dans certaines maladies pulmonaires chroniques (mais qui contre-indiquent la plongée : emphysème, etc.)*
* *Lors de la désaturation, les bulles circulant dans ces capillaires ne sont pas éliminées et peuvent traverser ces shunts et se retrouver dans les veines pulmonaires. (1 point)*
* *Les shunts pulmonaires pourraient être responsables aussi d’accidents cérébraux ou cochléo-vestibulaires. Ils sont présents chez 10 à 11 % des plongeurs, mais comme dans le FOP, leur présence favorise mais n’implique pas forcement la survenue d’un ADD.*

Question 2

Les modèles de décompression :

1. Présentez le modèle de Haldane. (2 points)

Avant tout un modèle de décompression est une représentation simplifiée de la réalité qui décrit les comportements de l’azote pendant la désaturation. Un modèle exploite des hypothèses, définit les limites d'utilisation des ordinateurs conçus selon lui, en validant leur usage par des simulations.

* John Scott HALDANE est surtout connu pour ses travaux sur la décompression en plongée sous-marine. Il a créé un modèle qui se définit comme un modèle par perfusion limitante. Ses hypothèses sont les suivantes :
* Équilibre alvéolaire instantané (par diffusion)
* Équilibre tissulaire instantané (par diffusion)
* La perfusion est limitante et constante
* Tout le gaz est dissout et un accident correspond à l’apparition de bulles qui deviennent pathogènes.
* Le corps humain peut être modélisé par une liste de régions anatomiques indépendantes caractérisées par leur période T et leur coefficient de sursaturation critique Sc. Cette notion purement théorique regroupe au sein d’une même « région théorique » tous les tissus : compartiments qui possèdent les mêmes caractéristiques de saturation ou de désaturation. Par caractéristiques nous entendons la même période T et le même coefficient de saturation critique Sc. Ces deux valeurs permettent de calculer la valeur minimale de la pression absolue tolérée.
* La charge et la décharge sont symétriques.
* Selon Haldane :
* une décompression normale signifie une absence de bulle dans l’organisme (soit TN2 / Pabs ≥ Sc pour un compartiment).
* Les bulles et l’accident apparaissent lors d’une chute de pression absolue trop importante par rapport à la tension d’azote dans le tissu.
* Par conséquent une vitesse de remontée rapide jusqu’au premier palier n’a pas d’incidence.
* Cependant :
  + Haldane ne prévoyait que des plongées simples,
  + Une vitesse de remontée empirique de 10m/min,
  + Des compartiments de 5, 10, 20, 40 et 75 min avec tous le même Sc = 2 sans tenir compte de la profondeur atteinte,
  + Il ne tenait pas compte de la diffusion, de l’hétérogénéité des tissus et de la résistance mécanique.

Le principe de ce modèle a été repris et développé pour servir de base à de nombreux autres (Workman, Bühlmann).

1. Présentez le modèle RGBM. (2 points)

* Modèle RGBM ou Reduced Gradient Bubble Model
* Ce modèle a été développé par B.R. Wienke dans les années 1990. Cet informaticien a développé un algorithme de calcul qui s’inspire des travaux de Yount et du modèle VPM. Ce modèle est protégé par des brevets ce qui explique que l’algorithme n’est pas public. Nous ne connaissons que des généralités.
* On considère le modèle RGBM comme hybride puisqu’il est conçu selon le modèle haldanien (compartiments et M-values) et un modèle qui prend en compte l’existence de microbulles formées pendant la remontée dans les tissus à partir de noyaux gazeux.
* Ce modèle préconise l’utilisation de paliers profonds pour permettre la dissolution des bulles circulantes puis de paliers et une vitesse de remontée plus lente que le modèle haldanien afin de limiter la formation de bulles. Il introduit plus de conservatisme dans les M-Value.
* Ces deux modèles se retrouvent dans les principaux ordinateurs utilisés dans la plongée loisir.

1. Remplissez le tableau ci-dessous en précisant les profils de décompression de ces deux modèles. (2 points).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Haldane | RGBM |
| Profondeur des paliers. | Proches de la surface : multiple de 3 : …9, 6 et 3 m ou décompression continue en dessous de la profondeur plafond. | Palier profond puis proches de la surface (idem modèle haldanien). |
| Durée des paliers. | De plus en plus longs à l’approche de la surface. | Plus courts que le modèle de Haldane. |
| Vitesse de remontée. | 10 m/min au-début puis de nos jours (tables MN90) : 15 à 17 m/min. | Progressive du fond vers la surface, pour arriver à une vitesse lente de 10 à 12 m/min. |

Question 3

La cohabitation de différents modèles de décompression dans une même palanquée (4 points)

Dans le cadre de leur préparation à la direction de plongée, quels points aborderiez-vous et quelles recommandations feriez-vous à des stagiaires MF1 sur la gestion en palanquée de différents modèles de décompression ? Présentez le plan détaillé de votre intervention.

Les points suivants peuvent être traités :

* Le recensement des outils de décompression utilisés :
  + Les tables de plongées (possibles mais de moins en moins présentes),
  + Les ordinateurs de plongée (différents modèles).
* La méthode pour composer les palanquées, en regroupant des plongeurs ayant :
  + Les mêmes moyens de décompression,
  + Le même niveau d’expérience, la même consommation,
  + Les mêmes mélanges gazeux,
  + La même profondeur d’évolution, le même profil de plongée.
* Pourquoi ? La responsabilité du DP, des encadrants et des enseignants (code du sport).
* La sécurité des plongeurs :
  + Respect des règles d’utilisation de chacun des outils de décompression (vitesse de remontée la plus lente, palier le plus profond, durée du palier la plus longue),
  + Rester groupés et à la même profondeur durant toute la décompression,

Les recommandations :

* Avant la plongée, planifier sa plongée avec la palanquée, échanger sur les modèles de décompressions individuels :
  + - Mettre en perspective le mode plan de chaque ordinateur pour déterminer le profil de plongée souhaité et la décompression correspondante.
    - Comparer les différents profils et choisir celui qui convient le plus.
* Suivre la déco choisie qui peut tenir compte des éléments suivants :
  + - Durcissement éventuel des ordinateurs,
    - Palier de sécurité fait ou non fait si pas de palier,
    - Présence ou pas de capteurs cardiaques,
    - La consommation, les efforts produits,
    - Le niveau d’expérience des plongeurs,
    - La vitesse de remontée la plus lente, les paliers à réaliser,
    - Les signes de communication utilisés pour une bonne compréhension des paliers à réaliser.

Question 4

Exercice de tables MN 90. (6 points)

Vous effectuez dans la matinée, une plongée de 32 minutes à 41 mètres. Vous plongez à nouveau avec un intervalle de 3 h 10 min avec des plongeurs N1 qui sont également en successive et qui, une heure plus tôt, avaient un taux d’azote résiduel de 1,05. Les paramètres de cette deuxième plongée sont : 20 mètres pendant 28 minutes.

1. Indiquez pour ces deux plongées la durée, la profondeur des paliers éventuels et le GPS de chacun.

* Première plongée : Paliers : 11 min à 6 m et 37 min à 3 m, GPS M. (1 point)
* Seconde plongée : (4 points)
* Vous : après 3h10 : N2 = 1,01, majo = 27 min 🡪 Palier : 9 min à 3 m, GPS J.
* Les plongeurs : après 1h00 (1,05 = GPS F) : N2 = 0,99, majo = 22 min 🡪 Palier : 4 min à 3m,
* GPS I.

1. Quels paliers ferez-vous finalement tous ensemble ? (1 point)

S’agissant d’une palanquée de plongeurs N1 encadrés, le palier sera le plus sécurisant : 9 min à 3 m.