**Décompression**

Durée 1h30 Coefficient 4

**Modèles de décompression (5 points) :**

1. A quoi correspondent les M-Values ? (1.5 point)
2. En vous inspirant de la question précédente, faites le lien entre M-values et GF (1 point)
3. Décrivez l’influence des  *Gradient Factors* sur le profil de désaturation? (1.5 point)
4. Pour quels types de plongées ces *Gradient Factors* sont-ils particulièrement utiles ? (1 point)

**Enseignement des tables (3 points) :**

A l'aide de votre expérience en plongée, donnez des justificatifs pratiques permettant d'illustrer comment l'apprentissage de l'utilisation des tables de plongée permet au plongeur en formation N3 une meilleure compréhension du bon comportement du plongeur vis à vis de la désaturation avec ordinateur lors de plongée en autonomie.

**Tables : (6 points) :**

Une palanquée fait une plongée de 17 min à 49 m le matin. Elle souhaite replonger à 14h sur une profondeur de 33 m, avec une durée de paliers de 15 min maximum et en maximisant leur temps de plongée.

1. Sachant que la plongée du matin ne peut commencer avant 8h30, à quelle heure au plus tard se sont-ils immergés ? (3 points)
2. Quelle durée maximale peuvent-ils planifier pour leur plongée de l’après-midi et à quelle heure sortiront-ils de l’eau ? (1,5 point)
3. Ils ont finalement la possibilité de plonger avec un mélange nitrox l’après-midi, au choix parmi 4 mélanges (28, 32, 36 et 40% O2). Quel mélange doivent-ils choisir ? (1,5 point)

**Physiopathologie de la désaturation  (6 points) :**

1. Qu’est-ce qu’un shunt droite-gauche ? (2 points)
2. En quoi les efforts en plongée peuvent-ils favoriser l’accident de décompression (2 points)
3. En quoi la manière de sortir de l’eau, après une plongée, peut-elle influencer la survenue d’ADD, notamment en présence d'un FOP ? (2 points)

Référentiel de correction

**Modèles de décompression (5points) :**

1. A quoi correspondent les M-Values ? (1.5 point)

Les M-Values des travaux du Dr Workman, sont une présentation mathématique qui simplifie les calculs

Une M-Value (= Valeur Maximale) est la pression maximale qu’un tissu peut supporter sans présenter de maladie de décompression, pour une profondeur donnée. On peut donc considérer qu’il s’agit d’une généralisation du modèle de Haldane, incluant l’hélium en plus de l’azote, et introduisant 3 nouveaux compartiments (160, 200 et 240 min).

Pour un tissu donné, les M-Values se situent sur une droite, dont l’équation est

*M = M0 + ΔM x Prof*

Où :

* *M* est la M-Value pour la profondeur atteinte
* *M0* est la M-value de surface (égale au seuil de sursaturation critique)
* *ΔM* est le facteur d’augmentation de M0 par mètre de profondeur ( pente droite des M-Values)
* Prof est la profondeur atteinte

b) En vous inspirant de la question précédente, faites le lien entre M-Values et GF (1 point)

La droite des M-Values, pour un compartiment donné, représente la tension maximale de gaz inerte admissible, qui varie en fonction de la profondeur (et donc de la pression ambiante).

Elle représente donc la limite à ne pas dépasser pour rester dans une zone de risque d’accident relativement faible.

Cependant, cette limite peut être déplacée afin d’obtenir une désaturation plus conservatrice : le déplacement des points haut et/ou bas de la droite des M-Values permet d’abaisser ces tensions maximales en modifiant la pente de la droite. Le déplacement de ces points est exprimé en pourcentage. il s’agit des *Gradient Factors*.

1. c) Décrivez l’influence des  *Gradient Factors* sur le profil de désaturation? (1.5 point)

* Le *Gradient Factor* bas (appliqué au point haut de la droite des M-Values) modifie la profondeur du 1er palier : plus il est proche de 0 et plus la profondeur de ce palier est importante (il n’y a alors pas de sursaturation). S’il est égal à 100, la profondeur du 1er palier correspond à la M-Value du compartiment directeur.
* Le Gradient Factor haut appliqué au point bas de la droite des M-Values modifie la durée du dernier palier : plus il est proche de 0 et plus le palier va être long. S’il est égal à 100, la durée du dernier palier correspond à celle du modèle « pur » (sans conservatisme).

1. Pour quels types de plongées ces *Gradient Factors* sont-ils particulièrement utiles ? (1 point)

D’une manière générale, *les Gradient Factors* sont d’autant plus utiles que la plongée est engagée. Ils sont utiles lors des plongées profondes ou longues à l’air et très utiles lors des plongées à l’hélium.

**Enseignement des tables (3 points) :**

A l'aide de votre expérience en plongée, donnez des justificatifs pratiques permettant d'illustrer comment l'apprentissage de l'utilisation des tables de plongée permet au plongeur en formation N3 une meilleure compréhension du bon comportement du plongeur vis à vis de la désaturation avec ordinateur lors de plongée en autonomie .

Actuellement, il n’y a effectivement quasiment plus aucun plongeur qui utilise les tables, tous préférant le côté pratique de l’ordinateur. Il y a donc peu de chances que les futurs niveaux 3 échappent à cette règle et l’on peut considérer qu’ils ne se serviront jamais de tables dans la réalité.

Cependant, la plongée en autonomie, en particulier en profondeur, nécessite une compréhension correcte du fonctionnement de l’ordinateur et de ce que cela implique. Les modèles de décompression des ordinateurs ayant des bases très proches de celles des tables (même s’ils s’en éloignent de différentes manières), l’utilisation des tables présente un moyen simple et efficace d’appréhender les notions de décompression via le calcul. On pourra s’appuyer sur ces exemples pour illustrer les comportements, bons ou mauvais, de plongeur (par exemple pour expliquer en quoi une plongée profonde « border line », dont la durée serait rallongée par une gestion au plus près de la courbe de sécurité, ne serait pas forcément la meilleure idée du plongeur).

Elles vont également nous permettre d’aborder des aspects plus spécifiques de la plongée, telles que les plongées successives, l’utilisation de nitrox ou la plongée en altitude, via des exemples concrets (on peut envisager des exercices dans lesquels la même plongée est faite, mais dans des conditions différentes, et comparer les résultats obtenus).

Enfin, il est probable que nos futurs niveaux 3 auront à plonger en autonomie, en milieu naturel. Dans ce cas, ils se retrouveront peut-être confrontés à des problématiques telles que la panne d’un ordinateur ou un autre problème technique, qui les amènera à utiliser les moyens de secours mis à leur disposition, parmi lesquels figure obligatoirement un jeu de tables (Code Du Sport). Il sera donc nécessaire de savoir s’en servir

**Tables : (6 points) :**

Une palanquée fait une plongée de 17 min à 49 m le matin. Elle souhaite replonger à 14h sur une profondeur de 33 m, avec une durée de paliers de 15 min maximum et en maximisant leur temps de plongée.

1. Sachant que la plongée du matin ne peut commencer avant 8h30, à quelle heure au plus tard se sont-ils immergés ? (1.5 points)

Pour cette plongée, la DTR est de 30 min (GPS J), ce qui donne une durée d’immersion totale de 47 min et donc une sortie de l’eau au plus tôt à 9h17.

L’intervalle entre les 2 plongées sera au maximum de 4h43. Le tableau I nous permet d’optimiser la plongée successive pour un intervalle d’au moins 4h30.

L’heure de mise à l’eau maximale de la 1ère plongée sera donc: **Pour un intervalle optimal de 4h30 on se met à l'eau le matin à 8h43 (donc bien après 8h30...).**

**HS: 8h43 + 17 + 30 = 9 h 30**

1. Quelle durée maximale peuvent-ils planifier pour leur plongée de l’après-midi et à quelle heure sortiront-ils de l’eau ? (1 point)

Le coefficient d’azote résiduel est de 0.89, ce qui donne une majoration de 6 min (tableau II).

La durée maximale du palier sera de 11 min, pour une durée fictive de la plongée de 25 min. Au-delà, les paliers seraient supérieurs à 15 min.

En retirant la majoration, ils peuvent donc planifier une durée maximale de plongée de 19 min (durée d’immersion de 33 min).

HS: 14 h + 33 mn = 14 h 33

1. Ils ont finalement la possibilité de plonger avec un mélange nitrox l’après-midi, au choix parmi 4 mélanges (28, 32, 36 et 40% O2). Quel mélange doivent-ils choisir ? (1 point)

En considérant une PPO2 maximale de 1.6 bars, la profondeur maximale admissible pour chaque mélange est :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| %O2 | 28 | 32 | 36 | 40 |
| Profondeur maximale (m) | 47 | 40 | 34 | 30 |

Bien que la profondeur d’entrée dans les tables soit 35m, la profondeur réelle sera de 33m, ce qui autorise nos plongeurs à choisir un mélange Nitrox à 36% O2.

**Physiopathologie de la désaturation  (5 points) :**

1. Qu’est-ce qu’un shunt droite-gauche ? (1.5 point)

Un shunt droite-gauche est un défaut cardiaque, dans lequel le sang veineux passe dans le sang artériel : la partie du sang passant par ce shunt ne passe donc pas par les poumons et n’est donc pas régénérée.

Le plus fréquent est le FOP (Foramen Ovale Perméable) : il se définit par la persistance, après la naissance, d’une communication entre les deux oreillettes du cœur, dû à un défaut d’accolement des membranes les séparant. Le FOP serait présent chez environ 25% à 30 % des personnes adultes.

Chez le plongeur, ce shunt empêche l’évacuation au niveau des poumons d’une partie des bulles et favorise donc leur circulation vers les organes et donc la survenue d’accidents de décompression (on parle d’un facteur multiplicateur du risque d’ADD neurologique de 4, voire 6 dans le cas de shunts hautement perméables).

1. En quoi les efforts en plongée peuvent-ils favoriser l’accident de décompression (2 points)

Thèse Julien Hugon 2010 : « *Le fait de pratiquer des efforts lors d’une exposition augmente le risque de générer un accident de décompression (Vann et Thalmann 1993). Ceci tient au fait qu’une* ***activation de la circulation******augmente la vitesse de saturation de certains tissus*** *(muscles squelettiques, peau, tendons...). Aussi, pour un même type d’exposition, la quantité de gaz que l’on peut dissoudre dans l’organisme peut être nettement supérieure si des exercices sont pratiqués, ce en comparaison d’une situation au repos . Pour se prémunir contre l’accident de décompression de manière efficace, les durées des décompressions doivent alors être majorées (Vann et Thalmann 1993) ».*

c) En quoi la manière de sortir de l’eau, après une plongée, peut-elle influencer la survenue d’ADD, notamment en présence d'un FOP ? (2 points)

Lors de l’arrivée en surface, le plongeur n’a pas fini sa désaturation. S’il a fait une plongée saturante et respecté correctement ses paliers, il est même dans une situation où son état de désaturation est à la limite des valeurs acceptables (en fonction de l’algorithme de désaturation utilisé).

Dès lors que le plongeur va vouloir sortir de l’eau, le fait de passer du milieu liquide au milieu gazeux va lui faire faire des efforts supplémentaires :

* Pour une arrivée plage : passage en position verticale et marche avec tout l’équipement sur le dos (et les palmes aux pieds), la remontée d’une pente pour arriver au local.
* Pour un retour sur un bateau pneumatique : poussée produite pour sortir le bloc de l’eau et le donner à la personne restée sur le bateau, puis traction pour se sortir de l’eau
* Pour un bateau avec échelle : effort de sortie de l’eau en se redressant (et de temps en temps en perdant l’équilibre)
* Le masque et le détendeur ont tous les deux tendances à diminuer la capacité ventilatoire du plongeur, en bloquant la respiration nasale et en introduisant une résistance supplémentaire

Tous ces efforts produisent une surpression dans l’oreillette droite qui peut être amplifiée par le fait de bloquer sa respiration au moment de l’effort et vont donc favoriser un ADD, notamment en présence d’un FOP. Dans certains cas, il est même possible que cette surpression suffise à ouvrir un FOP. Les facteurs favorisants de l’ADD (fatigue, obésité, âge … ) vont dans le même sens.