

LA DECOMPRESSION

Durée 1h30

Coefficient 4

1^{ère} question (Ce problème nécessite l'usage des tables MN90)

Sur le chantier archéologique de l'épave d'une corvette basque, deux palanqués « A et B » travaillent simultanément.

La majorité du mobilier archéologique se trouve sur le lieu du naufrage à -24m, les plongeurs de la palanquée «A » y évoluent en respirant un Nitrox 32.

Les canons, plus lourds, ont dévalé la pente jusqu'au fond à -39m et les plongeurs de la palanquée « B » y respirent un Nitrox 28.

Dans les deux cas **il a été décidé que les paliers à 3m se feront à l'O₂ pur.**

Les deux palanqués s'immergent à 9h00 et quittent le fond à 9h50. Paliers et heure de sortie ?

D'après vous, pourquoi sur le chantier de -24m, il n'a pas été choisi un NITROX 36? Justifiez par le calcul.

2^{ème} question

Un de vos stagiaires MF1 prépare un cours sur les ordinateurs de plongée. Afin de travailler sur un exemple réel, il lit attentivement la notice de son propre ordinateur et découvre avec une certaine incompréhension que ce dernier utilise le modèle « ZHL-8 ADT ». Devant son désarroi face à ce code mystérieux, vous décidez de lui fournir quelques explications :

- Donnez une définition de l'expression : « modèle de décompression » ?
- Il semble être question d'un modèle BÜHLMAN donc dérivé de HALDANE. Quelles sont les hypothèses initiales posées dans le modèle Haldanien et dans celui de Bühlman.
- Le chiffre 8 signifie que l'on utilise 8 M-Values par compartiment. Que sont les M-VALUES ?
- Les lettres ADT signifient « adaptatif ». Quels nouveaux paramètres sont pris en compte ?
- Il existe aujourd'hui une évolution notable de ce modèle utilisé dans une nouvelle génération d'ordinateurs (ZHL-8 ADT **MB**). Quels changements apportera la prise en compte des Micro Bulles ?

3^{ème} question

SHUNT : Terme anglais signifiant « dérivation »

Le shunt pulmonaire est-il un phénomène normal ou une anomalie anatomique ?
Quelles conséquences pour le plongeur ?

Le Foramen ovale perméable (FOP) est-il un phénomène normal ou une anomalie anatomique ?
Quelles sont les conséquences pour le plongeur ?
Quels comportements favorisent la l'ouverture du FOP ?

LA DECOMPRESSION

😊 CORRECTIONS 😊

Durée 1h30

Coefficient 4

1^{ère} question (Proposition de barème : 6 points)

Calcul de la profondeur équivalente :

Pression absolue mélange **X** ($x/100$) = Pression absolue équivalente Air **X** ($79/100$)

($x/100$ = % de N_2 dans le NITROX)

Pabs. équ. Air = Pabs mélange **X** ($x/100$) **X** ($100/79$)

P abs.équ Air = Pabs mélange **X** ($x/79$)

NITROX 32 à 24m → $N_2 = 68\%$

P abs. équ. Air = $3,4 \text{ b X } 68/79 = 2,93 \text{ b}$ soit **19,3 m**

NITROX 28 à 39 m → $N_2 = 72\%$

P abs. équ. Air = $4,8 \text{ b X } 72/79 = 4,375 \text{ b}$. soit **33,75 m**

Palanqué A :

Un palier de 4 mn à 3 m à l'O₂ (< 5mn donc durée air = durée O₂) **Heure de sortie : 9h 56'**

Palanqué B :

Un palier de 14mn à 6 m à l'air

Un palier de 29 mn à 3m à l'O₂ (2/3 de 43 mn) **Heure de sortie : 10h36'**

Le NITROX 36 aurait permis une plus grande économie de paliers à 24 m mais si un plongeur « glisse » à 39m ce mélange devient alors toxique car la ppO₂ serait alors de :

ppO₂ = % O₂ dans le mélange x Pression Absolue

ppO₂ = $0,36 \times 4,9 \text{ bars} = 1,76 \text{ bars}$. Donc supérieure aux 1,6 bars recommandés par l'arrêté du 9 juillet 2004.

Avec le NITROX 32, en cas de « glisse », on obtient :

ppO₂ = $0,32 \times 4,9 \text{ bars} = 1,56 \text{ bars}$ donc une meilleure sécurité.

2^{ème} question (Proposition de barème : 8 points)

Un modèle de décompression : Si l'on veut reproduire artificiellement un phénomène trop complexe pour le réduire à une simple formule mathématique, il faudra agir en plusieurs étapes :

D'abord à partir d'hypothèses probables, décomposer le phénomène en sous ensembles paramétrables pouvant obéir à un algorithme mathématique.

Vérifier expérimentalement que l'on s'approche le plus possible de la réalité physiologique.

Enfin compléter si possible par une approche statistique.

Modèle HALDANIEN : Basé sur une série d'hypothèses :

1°) La concentration de gaz dissout est uniforme dans l'organisme.

2°) Les échanges sang/tissus se font par perfusion.

3°) Même tension d' N_2 dans le sang veineux et les tissus.

4°) Saturation et désaturation sont symétriques.

Les MN 90 utilisent 12 compartiments ayant chacun un seul coefficient Sc.

BÜHLMAN : Introduit la pression absolue dans les calculs permettant ainsi une approche de l'altitude par plages (et non pas par extrapolation comme dans les MN90). De plus les travaux sont réalisés à partir de la composition de l'air alvéolaire expiré.

Suivant les variantes le nombre de compartiment varie de 6, 8, 12, voire 16 compartiments.

Chaque compartiment dispose de plusieurs Sc suivant la profondeur.

M-VALUES : Pour chaque compartiment on détermine une série de Sc (Seuil de Sursaturation critique) dépendant de la profondeur.

ADT : Adaptatif, c'est-à-dire que l'on tient compte de la T°, de l'effort (consommation d'air) etc... La dissolution de l'Azote étant fortement modifiée par ces facteurs, on se rapproche ainsi d'avantage de la réalité physiologique.

Evolution : ZH-L8 ADT **MB** → (MB = Micro-bulles) Prend en compte l'apparition de noyaux gazeux qui apparaissent même en dessous du seuil critique contrairement à l'hypothèse d'Haldane. Pour le plongeur cela se traduira par une remontée plus lente et des paliers plus profonds.

3^{ème} question (*Proposition de barème : 8 points*)

A) Le Shunt pulmonaire

a) Le phénomène naturel : Les nerfs vasomoteurs (vasoconstricteur & vasodilatateur) produisent la contraction et le relâchement de la couche musculaire des vaisseaux provoquant l'accélération ou le ralentissement du débit sanguin mais aussi l'ouverture & la fermeture de dérivations pouvant par exemple court-circuiter le filtre pulmonaire.

b) En plongée : A la remontée, les bulles de N₂ dans le sang veineux migrent vers les poumons, s'assemblent dans les capillaires et entravent les échanges gazeux. Le phénomène est continu tant que l'apport de N₂ est supérieur à l'élimination. Le shunt atteint son maximum dans les 15 à 30 minutes qui suivent l'arrivée en surface puis il diminue pour disparaître dans les 2 à 4 heures. Les shunts élevés se produisent en limite de courbe de sécurité, principalement sur des plongées supérieures à 30m (à cause de la désaturation rapide des tissus courts) et plus particulièrement en successive avec des intervalles courts. Le risque est la probabilité d'une migration des bulles vers la circulation artérielle.

B) Le Foramen ovale :

a) L'anomalie anatomique : 30% de la population présente une perméabilité de la paroi séparant les deux oreillettes, cette anomalie est un reste de la vie embryonnaire.

b) En plongée : Pendant la remontée, le sang veineux est chargé de micro bulles circulantes. Le trajet normal de ces bulles est : Oreillette D → Ventricule D → Artères pulmonaires → Elimination par les poumons. En cas de FOP, pour certaines bulles, le trajet devient : Oreillette D → Oreillette G → Ventricule G → Aorte → donc risque d'accident de décompression.

c) comportements à éviter : Toute hyperpression dans le cœur droit à la remontée ou après la plongée. (Efforts, toux, Vasalva etc...)