

## La décompression : Durée 1 h 30. Coefficient 4

### 1- Modèles de décompression et esprit critique (7 points)

Très souvent, les termes de tissu et de compartiment sont confondus et utilisés l'un pur l'autre quand il s'agit de traiter des notions liées au calcul des tables.

- ✓ Etablissez la différence entre ces deux termes et justifiez pourquoi ils ne doivent en aucun cas être confondus.
- ✓ Listez les différents paramètres physiologiques qui peuvent varier au cours d'une plongée, ou d'une plongée à l'autre, susceptibles de modifier la quantité d'azote fixée dans différentes parties de l'organisme et qui rendent celui-ci très hétérogène, donc en réalité très complexe.
- ✓ Construisez un tableau comparatif entre les paramètres de plongée utilisés par la table MN 90 et ceux qui sont pris en compte dans l'utilisation des ordinateurs.
- ✓ Dans quelques cas particuliers, les ordinateurs sont susceptibles de fournir des indications qu'on doit pourtant considérer comme peu fiables.  
Citez deux cas possibles et justifiez les raisons pour lesquelles vous évaluez les indications fournies par l'appareil avec circonspection.  
En pareil cas, quel comportement adoptez-vous ?
- ✓ L'utilisation des tables serait-elle pour autant une meilleure garantie ?

### 2- Des facteurs favorisant les ADD plutôt discrets. (7 points)

#### a) Shunt pulmonaire :

- ✓ Est-ce une caractéristique normale ou une anomalie ?
- ✓ Quelles sont les conséquences pour le plongeur ?

#### b) Foramen ovale perméable (=FOP)

- ✓ Définissez cette notion.
- ✓ Quelles sont les différentes circonstances d'une plongée qui favorisent son ouverture ?
- ✓ Environ 70 % des accidentés de l'oreille interne ont un FOP alors que seulement 25 à 30 % des individus présentent cette caractéristique : Quelle relation établissez vous entre le FOP et l'accident vestibulaire ?
- ✓ Comment envisagez vous de sensibiliser vos stagiaires pédagogiques au fait que 25 à 30 % de leurs futurs élèves ont un FOP ?

#### c) La déshydratation en plongée.

- ✓ Justifiez la raison pour laquelle on peut la considérer comme un facteur favorisant.
- ✓ Exposez les deux mécanismes physiologiques qui génèrent la déshydratation au cours de la plongée.

### 3- Une session de niveau quatre pour un MF<sub>2</sub> en jury : (6 points)

Un MF<sub>2</sub> participe à une session de N<sub>IV</sub>. Afin d'augmenter sa marge de sécurité, il a décidé de faire passer toutes les épreuves en n'utilisant pas son ordinateur. Il va donc utiliser les tables MN 90.

#### a) Que pensez-vous de ce choix. Justifiez vos affirmations.

#### b) Ce moniteur fait passer l'épreuve à 40m à deux candidats successifs.

Immersion à 9 heures: Profondeur 40 m; 7 min avec le premier candidat.  
Remontée à vitesse normale jusqu'à 10 m.

Redescente immédiate avec le second candidat: profondeur 42 m pour une durée de 7 min  
Remontée de 42 m à 21 m en 30 sec. Arrêt de l'exercice par le moniteur.

***Procédure de décompression, GPS ?***

3 heures plus tard: épreuve démonstration technique avec handicap:

1er candidat: 20m; 3 min; remontée 1 min; réimmersion après 3 min en surface.

2eme candidat: mêmes paramètres.

***Procédure de décompression?***

c) Le lendemain: passage de l'épreuve de sauvetage à l'aide de la PA: 3 candidats.

Immersion 9 heures

1er candidat:; 5 min; 30 m; remontée 2 min; réimmersion immédiate.

2eme candidat: 5 min; 30 m; remontée 3 min; réimmersion immédiate.

3eme candidat: 4 min; 30 m; remontée 1 min; réimmersion immédiate.

1 min pour rejoindre le palier de mi-profondeur.

***Procédure de décompression***

L'épreuve de RSE doit se dérouler dès que possible.

Ce moniteur examinera 3 candidats à 20 mètres et il pense que la durée totale de sa plongée sera de 25 minutes y compris le palier de sécurité à mi profondeur.

Vous disposez d'une heure d'oxygène

***Quel est l'intervalle minimum pour qu'il n'ait pas de palier obligatoire?***

## Eléments de correction - La décompression

### 1- Modèles de décompression et esprit critique. 7 pts

- ✓ Tissu 1 pt = ensemble de cellules assurant une fonction commune dans l'organisme : ex le tissu musculaire.

Compartiment = entité théorique permettant la modélisation de la fixation d'azote. Le compartiment se comporte d'une manière constante et uniforme.

Le tissu constitue donc un terme de physiologie et son comportement vis-à-vis de l'azote est beaucoup plus complexe que ne le laisse supposer l'étude d'un compartiment dans le modèle de Haldane.

- ✓ 1,5 pts Variation des efforts au cours de la plongée faisant varier l'intensité de la ventilation et le débit sanguin : la quantité d'azote apportée au niveau des tissus est donc variable.

Différence entre deux organes identiques, l'un en activité et l'autre au repos : perfusion très différente.

Hétérogénéité des tissus en fonction de la distribution des capillaires dans l'organe : les cellules proches des capillaires fixent plus d'azote et l'éliminent également plus vite.

Stress = modifications hormonales.

Shunts

Mauvaise condition physique, fatigue...

3 pts

Paramètres de plongée	Tables	Ordinateurs
<b>Durée</b>	De l'immersion jusqu'au début de la remontée à vitesse normale	A partir de 0.5m sous la surface jusqu'à l'émersion
<b>Profondeur</b>	Maximale atteinte	Profondeur instantanée. Mémorisation de la prof max
<b>Vitesse de remontée</b>	15 m par minute	8 à 10 m par minute parfois vitesse variable
<b>Remontée rapide</b>	5 min à mi-profondeur	Rien de prévu. Prise en compte plus ou moins efficace.
<b>Remontée lente</b>	Durée de la remontée à ajouter au temps de plongée	Le calcul se poursuit
<b>Paliers</b>	Tous les trois mètres	Donne une profondeur plafond. Calcul de la désaturation réelle
<b>Consécutives</b>	Addition du temps et profondeur max des deux plongées	Le calcul se poursuit
<b>Successives</b>	15 min < Intervalle < 12 h	Le calcul se poursuit
<b>Altitude</b>	Calculs correctifs	L'ordinateur calcule tout en mesurant la pression atm réelle
<b>Plongée simple</b>	Intervalle 12 heures	Le calcul se poursuit au delà de 12 heures

- ✓ 1 pt Remontée à vitesse anormale : pas de procédure prévue: la mi profondeur n'est qu'une extension des procédures de la table. (0,5 pt)

Remontées multiples.

Comportements possibles : Mi profondeur à défaut d'autre chose

Majorer le palier de 3 m

Utiliser le NITROX soit pour la plongée soit pour la déco en réalisant les mêmes paliers que ceux préconisés pour l'air. (0,5 pt)

- ✓ 0,5 pt Aucune raison de considérer la table comme une meilleure garantie puisqu'elle résulte comme l'ordinateur d'une modélisation et certains profils de plongée "sortent" des tables.

## 2- Facteurs favorisant les ADD.

### a) Le Shunt pulmonaire (7 pts)

1,5 pts

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 certains territoires pulmonaires.

En plongée : A la remontée, les bulles de N<sub>2</sub> 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 N<sub>2</sub> 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 :

4 pts

Anomalie anatomique : 25 à 30% de la population présente une perméabilité de la paroi séparant les deux oreillettes, cette anomalie est un reste de la vie embryonnaire.

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.

Dans le cas normal, la pression à l'intérieur de l'oreillette gauche étant supérieure à celle de l'oreillette droite, la membrane constituant le foramen ovale est plaquée et le Foramen est fermé même s'il est perméable.

Mais l'immersion favorise le retour veineux vers le cœur droit donc la pression intra auriculaire augmente jusqu'à être sensiblement égale à celle de l'oreillette gauche. En cas de FOP, une légère surpression dans cette oreille droite provoquée par un Valsalva, une toux, ou un effort, peut suffire à ouvrir le FOP.

Le trajet des micro bulles d'azote devient alors :

Oreillette D → Oreillette G → Ventricule G → Aorte → donc risque d'accident de décompression.

La statistique démontre que le FOP est un facteur favorisant incontestable mais pas la cause unique. Les micro bulles qui ne sont pas passées par le filtre pulmonaire se retrouvent dans la circulation systémique et viennent se coincer dans les toutes petites artères qui irriguent les organes de l'oreille interne.

Répéter que les plongées à remontées multiples doivent systématiquement être limitées. Si on décide néanmoins de faire des exercices avec des remontées, les pratiquer en début de plongée.

### c) Déshydratation. 1,5 pts

✓ La déshydratation diminue la fluidité du sang et rend l'écoulement de celui-ci plus difficile. Il y a donc, entre autres, diminution des performances du filtre pulmonaire.

✓ Immersion : favorise le retour veineux vers le cœur droit.

Stimulation des volorécepteurs de l'oreillette droite : Diminution de la sécrétion de l'hormone antidiurétique (ADH hypophysaire) => augmentation de la diurèse.

Vasoconstriction périphérique : augmentation de la masse sanguine interne par redistribution du sang. = augmentation de la pression artérielle provoquant le même mécanisme.

## 3- Une session de niveau IV.

a) 1pt L'utilisation des tables va lui fournir une petite marge de sécurité supplémentaire. Le nombre de remontées anormales reste un facteur que ni les tables ni l'ordinateur ne prennent vraiment en charge.

b) 2 pts

Première plongée :

Durée  $7 + 7 + 30 \text{ s} + 5$  à demi profondeur = 20 minutes

20 à 42 m => 1 min à 6 m et 12 min à 3 m

durée de l'immersion :  $7 + 2 + 7 + 0.30\text{s} + 5 + 1 + 1 + 0.30 + 12 + 0.30\text{s} = 36 \text{ min et } 30 \text{ s}$

Seconde plongée

GPS = I      Int = 3 h =>  $TN_2 = 0.94$  donc majo à 20 m = 17 min

Durée fictive de la plongée =  $17 + 3 + 1 + 2 + 3 + 3 + 5 + 1 + 2 + 0.30 = 34 \text{ min à } 20 \text{ m}$

Pas de palier pour ce temps mais 2 min car demi profondeur.

c) 3 pts

Première plongée

Durée  $5 + 5 + 3 + 4 + 1 + 1 + 5 = 24 \text{ min à } 30 \text{ m} \Rightarrow 4 \text{ min à } 3 \text{ m et GPS} = \text{H}$

Immersion  $5 + 2 + 5 + 3 + 4 + 1 + 1 + 5 + 1 + 4 + 0.30 = 30 \text{ min et } 30 \text{ s}$ .

Seconde plongée.

25 min à 20 m sans palier : durée fictive possible = 40 min

majo max = 15 min donc  $TN_2 \text{ max} = 0.92$ . Inter mini = 3 h 30.

1 h d' $O_2$  avant la seconde plongée permet de passer de 1.07 à 0.90.

Pour passer de H à 1.05 il faut 1 h. Donc gain de temps = 1 h 30.