**Décompression**

Durée 1h30 Coefficient 4

**Question N°1 :** « Modèle de Haldane » (3 points)

Voici trois hypothèses concernant les phénomènes de saturations et désaturations :

* La charge et la décharge en azote se font à la même vitesse
* Toute la quantité d’azote se trouve sous forme dissoute
* Une décompression contrôlée se fait sans l’apparition de bulles.

En vous basant sur le modèle de Haldane et sur les évolutions apportées à ce modèle au cours du temps, expliquer en quoi ces trois hypothèses ne sont pas justes.

**Question N°2 :** « Algorithme et conservatisme » (5 points)

1. L’un des algorithmes le plus utilisé aujourd’hui est le ZH-L16-C. Vous expliquerez sur quels principes il fonctionne en abordant le nombre de compartiment, les seuils de sursaturation, la profondeur des paliers. (1,5pt)
2. En prenant en exemple ce même algorithme, vous définirez le terme de M-values. Vous expliquerez comment fonctionne une prise de conservatisme par l’utilisation des facteurs de gradient par rapport aux M-values théoriques. Vous pouvez vous aider d’un schéma. (3.5 pt)

**Question N°3 :** « Gestion de la décompression avec différents ordinateurs » (4 points)

Deux plongeurs de votre club se préparent à plonger dans la zone des 50 m. Ils utilisent des ordinateurs qui ne fonctionnent pas selon le même algorithme, ce qui peut engendrer quelques différences. Par exemple, les deux instruments ne donnent pas le même type d’information pour la planification de la plongée.

- le premier permet de déterminer le temps et la profondeur des paliers en imposant le temps et la profondeur de la plongée comme on le souhaite.

- le deuxième, ne permet de ne visualiser que la courbe de plongée avant paliers.

1. Comment les deux plongeurs peuvent-ils s’organiser pour gérer cette différence d’informations disponibles concernant ce point précis de la planification de leur plongée ? (2pts)
2. En tant que directeur de plongée quelles consignes supplémentaires donneriez-vous à ces deux plongeurs pour qu’ils puissent harmoniser au mieux leur décompression dans le cas de cette plongée dans la zone des 50 m. (2 pts)

**Question N°4 :** « l’accident de décompression et le froid » (4 points)

Le froid est un facteur favorisant de l’accident de décompression

1. Expliquez ces implications et les mécanismes qui pourront favoriser l’ADD (2pts)
2. Vous préciserez comment pouvons-nous lutter contre le froid en développant notamment le cas des plongées dans l’espace au-delà de 40 m. (2pts)

**Question N°5 :** « Notion de Majoration et d’azote résiduel » (4 points)

1. Donner une définition de la majoration. Pouvons-nous parler de majoration dans le cas de l’utilisation d’un ordinateur pour des plongées successives ? (2pts)
2. Pour calculer cette majoration, il faut déterminer le taux d’azote résiduel.

Expliquer pourquoi le taux d’azote résiduel est toujours supérieur ou égal à 0.81. (1pt)

1. Quelles sont les différences entre un ordinateur et les tables MN90 pour le calcul de l’azote résiduel ? Quelles conséquences auront ces différences lors de la planification d’une plongée successive ? (1 pt)

Référentiel de correction

**Question N°1 :** « Modèle de Haldane » (3 points)

Voici trois hypothèses concernant les phénomènes de saturations et désaturations :

* La charge et la décharge en azote se font à la même vitesse
* Toute la quantité d’azote se trouve sous forme dissoute
* Une décompression contrôlée se fait sans l’apparition de bulles.

En vous basant sur le modèle de Haldane et sur les évolutions apportées à ce modèle au cours du temps, expliquer en quoi ces trois hypothèses ne sont pas justes.

*- La charge et la décharge en azote repose sur la notion de gradient de pression parcouru selon un découpage du temps en période. La moitié du gradient étant parcouru en une période, cela signifie qu’il restera toujours une moitié à parcourir, quel que soit le nombre de période utilisé.*

*Nous considérons qu’un compartiment est saturé pour 6 périodes, soit environ 98 % du gradient théorique.*

*Pour la décharge nous repartons de la tension atteinte, et nous retournons à 0.8 b. Dans ce cas le gradient est inférieur à celui de la charge (selon le compartiment, le gradient peut même être TRES inférieur). Dans la mesure où nous parcourons toujours la moitié du gradient pour une période, cela signifie que le gradient de pression par période dans le cas de la décharge est inférieur à celui parcouru dans le cas de la charge. Il faudra donc plus de temps pour décharger la quantité de gaz inerte dissous que pour la charger. (1pt)*

*- Toute la quantité d’azote ne se trouve pas sous forme dissoute. Ce phénomène a été mis en évidence par les mesures doppler. Il y a toujours une quantité de gaz inerte circulante (sous forme gazeuse - micronucleï) même si elle est minime par rapport à la quantité dissoute. (1pt)*

*- L’apparition de bulle lors de la remontée n’est pas le signe d’une décompression non contrôlée.*

*Nous savons aujourd’hui que c’est le volume de bulles circulante à la remontée que nous devons contrôler pour éviter un accident. C’est sur cette notion que sont basés les modèles dits à « bulles » initiés par la théorie VPM. (1pt)*

**Question N°2 :** « Algorithme et conservatisme » (5 points)

1. L’un des algorithmes le plus utilisé aujourd’hui est le ZH-L16-C. Vous expliquerez sur quels principes il fonctionne en abordant le nombre de compartiment, les seuils de sursaturation, la profondeur des paliers. (1,5pt)

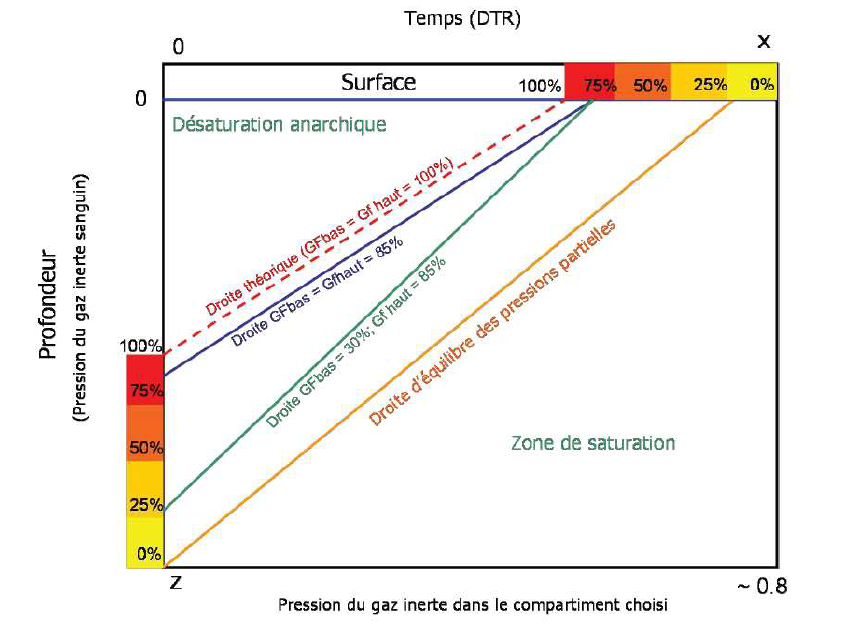
*Il s’agit d’un algorithme de type Buhlmann basé sur la notion de compartiments. Dans ce cas précis, l’algorithme possède 16 compartiments. Comme tous les algorithmes de ce type, il y a plusieurs seuils de sursaturation par compartiment, ce sont les M-Values, elles sont au nombre de 16 par compartiment dans ce cas (c’est la dénomination L16 pour Limit 16). La profondeur des paliers s’établie de 3 m en 3m de façon successive du premier palier rencontré jusqu’à à la surface. (0.5 pt par éléments)*

1. En prenant en exemple ce même algorithme, vous définirez le terme de M-values. Vous expliquerez comment fonctionne une prise de conservatisme par l’utilisation des facteurs de gradient par rapport aux M-values théoriques. Vous pouvez vous aider d’un schéma. (3.5 pt)

*Les M-Values sont définies comme étant la valeur maximale de la tension de gaz inerte à ne pas dépasser par compartiment et par profondeur. C’est à cause de cette double condition qu’il existe plusieurs M-Values par compartiment, à l’inverse des tables MN90, pour lesquelles il n’existe qu’un unique seuil de sursaturation par compartiment. Cela permet de générer une droite théorique à ne pas franchir pour rester dans un régime de désaturation contrôlé pour chacun des compartiments de l’algorithme. (1 pt pour la définition, 0.5 pt pour la notion de droite)*

*Un conservatisme peut être pris en jouant sur les facteurs de gradient. Il s’agit d’un couple de valeurs sous forme de pourcentage qui modifie la droite des M-Values. Pour des valeurs identiques de GF-Bas et GF-haut (85% - 85 %, par exemple) il s’agit de prendre une marge de sécurité en général par rapport à la droite théorique. (1pt)*

*Pour des valeurs de GF différentes on peut jouer sur l’inclinaison de la pente. L’inclinaison de la pente permet de contrôler la vitesse de remontée. Ainsi, le facteur de gradient bas contrôle la profondeur du premier palier et la valeur du facteur de gradient haut contrôle la durée des paliers les plus proches de la surface. Cette approche permet de générer des paliers dits profonds, peu compatibles avec la plongée à l’air. (1pt)*



*Le schéma n’est pas obligatoire, il peut aider le candidat dans sa réponse.*

**Question N°3 :** « Gestion de la décompression avec différents ordinateurs » (4 points)

Deux plongeurs de votre club se préparent à plonger dans la zone des 50 m. Ils utilisent des ordinateurs qui ne fonctionnent pas selon le même algorithme, ce qui peut engendrer quelques différences. Par exemple, les deux instruments ne donnent pas le même type d’information pour la planification de la plongée.

- le premier permet de déterminer le temps et la profondeur des paliers en imposant le temps et la profondeur de la plongée comme on le souhaite.

- le deuxième, ne permet de ne visualiser que la courbe de plongée avant paliers.

1. Comment les deux plongeurs peuvent-ils s’organiser pour gérer cette différence d’informations disponibles concernant ce point précis de la planification de leur plongée ? (2pts)

*- Le deuxième ordinateur permet de visualiser une courbe de sécurité pour une profondeur donnée, on peut donc vérifier avec le premier ordinateur si les informations convergent. (0.5 pts)*

*- Si les informations ne convergent pas, on peut vérifier si un conservatisme particulier n’est pas intégré par l’ordinateur le plus limitant. (0.5 pts)*

*- Dans tous les cas, pour éviter tous les doutes, on peut déterminer plusieurs critères qui acteront la fin de la plongée :*

*- Une pression de bouteille assez importante*

*- une DTR spécifique*

*- une durée de palier maximale*

*Ainsi le premier critère atteint sera considéré comme limitant, et imposera la fin de la plongée, ce qui permettra de planifier le déroulement de plongée en sécurité malgré la différence d’informations disponibles. (1pt)*

1. En tant que directeur de plongée quelles consignes supplémentaires donneriez-vous à ces deux plongeurs pour qu’ils puissent harmoniser au mieux leur décompression dans le cas de cette plongée dans la zone des 50 m. (2 pts)

*Considérant la zone de plongée, il est fort probable que les deux plongeurs aient à effectuer des paliers obligatoires.*

*- Avant de parler de décompression il va être important de rappeler de bien respecter le temps fond prédéfini. Des algorithmes différents peuvent amener des divergences importantes lors de plongées relativement profondes. Il faut donc éviter de se retrouver avec une décompression relativement éloignée du plan prévu initialement. (0.5 pt)*

*- Concernant la phase de remontée, les ordinateurs actuels adoptent des vitesses de remontée similaires (de l’ordre de 10 à 12 m/min). L’unique consigne sera de respecter scrupuleusement cette vitesse pour coller au plus proche de la planification d’une part, et cela va permettre de conserver l’unité de la palanquée d’autre part. (0.5 pt)*

*- Dans la zone des paliers il faut se caler sur le plongeur ayant les paliers les plus profonds pour commencer, en se rapprochant du palier de 3 m, incontournable pour les ordinateurs de type Bulhmann~~.~~ Si les plongeurs respectent les indications de leur machine respective, les différences seront très faibles même si les algorithmes ne sont pas les mêmes. Par contre si les niveaux d’immersion durant le palier, ne sont pas bien respectés (notamment pour le RGBM) alors les temps de paliers risquent de s’allonger de façon conséquente. (1pt)*

**Question N°4 :** « l’accident de décompression et le froid » (4 points)

Le froid est un facteur favorisant de l’accident de décompression

1. Expliquez ces implications et les mécanismes qui pourront favoriser l’ADD (2pts)

*Le froid en plongée va engendrer un phénomène de vasoconstriction. La vasoconstriction va redistribuer les volumes sanguins vers les parties centrales du corps et délaisser les parties périphériques. Dans cette phase le plongeur est insuffisant respiratoire car le sang va vers les poumons et cela explique son essoufflement en début de plongée. Pour éviter une augmentation de la pression sanguine, une partie de l’eau contenue dans le sang va être transférer dans la vessie provoquant une diurèse supplémentaire. Une fois le corps réchauffé, le sang va revenir dans les parties périphériques, mais l’élimination d’une partie de l’eau va augmenter la viscosité du sang, réduisant la vitesse d’élimination des gaz inertes et favorisant la formation de manchon.*

*Les 2 points seront attribués à la discrétion du correcteur en fonction des éléments amenés par le candidat*

1. Vous préciserez comment pouvons-nous lutter contre le froid en développant notamment le cas des plongées dans l’espace au-delà de 40 m. (2pts)

*D’une façon générale, il faut utiliser une combinaison adaptée à sa physiologie et à la durée de l’immersion. Une bonne hydratation est importante en plongée, elle devient primordiale s’il y a un risque de froid.*

*Dans le cas des plongées profondes, qui vont engendrées des paliers, il est important d’apporter du soin à la planification. Le temps total passé dans l’eau doit être connu et il ne faut pas hésiter à minorer le temps par rapport à ce que l’on a l’habitude de faire.*

*Au-delà de la planification de la décompression, il faut s’entendre avec les autres membres de la palanquée pour déterminer de façon précise quels critères retenir pour communiquer graduellement sur la sensation du froid et puis arrêter la plongée.*

*Les 2 points seront attribués à la discrétion du correcteur en fonction des éléments amenés par le candidat*

**Question N°5 :** « Notion de Majoration et d’azote résiduel » (4 points)

1. Donner une définition de la majoration. Pouvons-nous parler de majoration dans le cas de l’utilisation d’un ordinateur pour des plongées successives ? (2pts)

*La majoration est un temps fictif calculé à partir de l’azote résiduel (déterminé par le moyen de décompression) qui va être ajouter au temps de plongée réel d’une successive pour tenir compte de l’azote chargé lors de la première plongée et qui n’est pas encore éliminé. (1pt)*

*La notion de majoration n’a pas de sens dans le cas d’un ordinateur dans la mesure où le calculateur prend directement en compte le taux d’azote résiduel initial, et ce quel que soit le type de plongée. On parlera plus d'une pénalisation due à la première plongée. (1 pt)*

1. Pour calculer cette majoration, il faut déterminer le taux d’azote résiduel.

Expliquer pourquoi le taux d’azote résiduel est toujours supérieur ou égal à 0.81. (1pt)

*En temps normal un terrien présente un taux d’azote de 0.8. Cela correspond à une saturation de 0.8 b d’azote. A partir du moment où il va y avoir un nouvel état de saturation dans le cas d’une augmentation de la Pabs, la Tension d’azote TN2 va augmenter. C’est cette valeur que nous allons faire descendre lors de la désaturation. Si nous parlons d’azote résiduel, c’est que le taux d’azote est supérieur au taux de référence de 0.8. Toutes les valeurs de taux d’azote résiduel sont donc supérieures à 0.8, dans la limite de 1.45 concernant les MN90. (1 pt)*

1. Quelles sont les différences entre un ordinateur et les tables MN90 pour le calcul de l’azote résiduel ? Quelles conséquences auront ces différences lors de la planification d’une plongée successive ? (1 pt)

*Dans le cas des tables, il faut passer par la détermination d’un Groupe Principal de Sortie et d’un intervalle de surface (qui sera minimiser dans le cas où la durée n’existe pas dans la table). Le taux d’azote résiduel sera majoré si la valeur déterminée n’existe pas dans la table pour déterminer la majoration. (0.5 pt)*

*Dans le cas d’un ordinateur, le taux d’azote est continuellement calculé au plus près en tenant compte de la désaturation des compartiments calculée en parallèle. (0.5 pt)*

*La taux d’azote résiduel sera donc au plus près de la réalité avec un ordinateur. Ce qui peut expliquer la différence accrue que l’on peut observer lors de la planification d’une deuxième plongée entre la table et un ordinateur. Dans ce cas, les tables présentent une meilleure marge de sécurité sauf à "durcir" les paramètres de l'ordinateur.*