**Décompression. Durée 1h30 Coefficient 4**

QUESTION 1 : Utilisation pratique des tables fédérales (7 points)

Problème N°1 (2 pts)

1ère plongée à une profondeur de 52 m pour une durée de 25 mn.

2ème plongée à 15 h à une profondeur de 42 m pour une durée de 17 mn.

a) Quel est l’intervalle de surface minimum pour que la seconde plongée entraîne au maximum 25 minutes de paliers ?

b) Donnez la profondeur des paliers éventuels, leur durée et l’heure de sortie de la 2ème plongée.

Problème N°2 (3 pts)

1ère plongée à une profondeur de 50 m pour une durée de 25 mn. Heure d’immersion = 10h00

a) Donnez la profondeur et la durée des paliers éventuels, l’heure de sortie et le GPS

En surface, respiration à l’air pendant 2h, suivie de 1 h de respiration d’O2 avant une seconde immersion. 2ème plongée à une profondeur de 30 m avec une remontée rapide et l’arrivée au palier de mi-profondeur à 14h30.

b) Donnez la profondeur des paliers éventuels, leur durée et l’heure de sortie de la 2ème plongée.

c) Quels auraient été les paramètres de cette 2ème plongée si les plongeurs avaient respiré d’abord 1 h d’O2, puis 2 h d’air ambiant pendant l’intervalle de surface ?

d) Quelle conclusion en tirez-vous ? Justifiez votre réponse.

Problème N°3 (2 pts)

1ère plongée avec un mélange 30% d’O2 et 70% de N2. La profondeur atteinte est de 40 m et la durée de la plongée est de 25 mn.

a) Donnez la durée des paliers éventuels et leur profondeur ainsi que le GPS.

2ème plongée 2 h plus tard avec un mélange de 40% d’O2 et 60% de N2 à la profondeur maximale admissible pour ce mélange. (On considère la PpO2 à ne pas dépasser = 1,6 b)

b) Quelle sera la durée maximale de cette plongée pour qu’elle soit sans palier ?

QUESTION 2 : Accidents de plongée (6 points)

Malgré le respect strict des procédures de plongée, certaines personnes sont victimes d’accidents de désaturation.

a) D’après les études, quels sont les principaux éléments physiologiques susceptibles d’être à l’origine de tels accidents ?

b) Définissez les facteurs favorisants la production des bulles et leur migration en y associant les préventions correspondantes.

QUESTION 3 : Microbulles et ordinateurs (7 points)

Différents concepts modélisent le corps humain en compartiments afin de définir des procédures de décompression.

a) Définissez ce qu’est un « compartiment »

b) Comment les microbulles se forment-elles ?

c) Décrivez les principaux modèles de décompression et leurs hypothèses.

PROPOSITION DE CORRECTION

QUESTION 1 : Utilisation pratique des tables fédérales (7 points)

Problème N°1 (2 pts)

1ère plongée à une profondeur de 52 m pour une durée de 25 mn.

2ème plongée à 15 h à une profondeur de 42 m pour une durée de 17 mn.

a) Quel est l’intervalle de surface minimum pour que la seconde plongée entraîne au maximum 25 minutes de paliers ? *(1 pt)*

* *1*ère *plongée : GPS = L*
* *Détermination de la durée fictive de la plongée :*
* *Paliers de 25 mn (3 mn 6 m + 22 mn à 3 m) pour une profondeur de 42 m*

*🡪 durée fictive de la plongée 25 mn*

* *Détermination de la majoration pour cette plongée 25 mn – 17 mn = 8 mn*
* *Détermination du taux résiduel de N2 : Tableau II*
* *Profondeur 42 m et majoration de 8 mn 🡪 TN2 = 0,95*
* *Détermination de l’intervalle : Tableau I*
* *GPS = L et TN2 = 0,93 (pour TN2 = 0,95) 🡪 intervalle = 4h00*

b) Donnez la profondeur des paliers éventuels, leur durée et l’heure de sortie

de la 2ème plongée. *(1 pt)*

* *Paliers 🡪 3 mn à 6 m + 22 mn à 3 m, GPS = K, durée de la remontée = 4 mn*
* *Heure de sortie = 15h00 + 0h17 + 0h04 + 0h03 + 0h22 = 15h46mn*

Problème N°2 (3 pts)

1ère plongée à une profondeur de 50 m pour une durée de 25 mn. Heure d’immersion = 10h00

a) Donnez la profondeur et la durée des paliers éventuels, l’heure de sortie et le GPS *(0,5 pt)*

* *Paliers : 1 mn à 9 mn ; 8 mn à 6 m et 32 mn à 3 m, GPS = L*
* *Durée de la remontée 🡪 4 mn, donc heure de sortie 10h00 + 25 mn + 5 mn + 41 mn = 11h11*

En surface, respiration à l’air pendant 2h, suivie de 1 h de respiration d’O2 avant une seconde immersion. 2ème plongée à une profondeur de 30 m avec une remontée rapide et l’arrivée au palier de mi-profondeur à 14h30.

b) Donnez la profondeur des paliers éventuels, leur durée et l’heure de sortie de la

2ème plongée. *(1 pt)*

* *Détermination de l’heure d’immersion = 11h11 + 3h00 = 14h11*
* *Remontée rapide 🡪 5 mn à 15 m,*
* *Détermination de la durée réelle de la 2*ème *plongée = 19 mn + 5 mn = 24 mn*
* *GPS L (1,33) 🡪 2h00 à l’air 🡪 GPS F (1,07) tableau I 🡪 1h00 à l’O2 🡪 TN2 = 0,90 tableau III*
* *Détermination de la majoration à 30 m : tableau II : TN2 à 0,92 et profondeur à 30 m 🡪 majoration = 9 mn*
* *Détermination de la durée fictive de la plongée : 24 mn + 9 mn = 33 mn*
* *Détermination des paliers : 17 mn à 3 m*
* *Détermination de l’heure de sortie : 14h11 + 19 mn + 5 mn + 17 mn + 2 mn = 14h54*

c) Quels auraient été les paramètres de cette 2ème plongée si les plongeurs avaient respiré d’abord 1 h d’O2, puis 2 h d’air ambiant pendant l’intervalle de surface ? *(1 pt)*

* *GPS L (1,33) & 1h00 à l’O2 donne : 1,12 (H=1,16) tableau III 🡪 2h00 à l’air 🡪 TN2 = 0,98*
* *Détermination de la majoration à 30 m : tableau II : TN2 à 0,99 et profondeur à 30 m ; majoration = 14 mn*
* *Détermination de la durée fictive de la plongée : 24 mn + 14 mn = 38 mn*
* *Détermination des paliers : 24 mn à 3 m*
* *Détermination de l’heure de sortie : 14h11 + 19 mn + 5 mn + 24 mn + 2 mn = 15h01*

d) Quelle conclusion en tirez-vous ? Justifiez votre réponse. *(0,5 pt)*

*Il est préférable d’inhaler l’O2 juste avant le départ de la 2ème plongée. En effet l’utilisation de l’O2 juste après la 1ère plongée ne diminue pas significativement le gradient de saturation (partie « descendante rapide » de la courbe de désaturation)*

Problème N°3 (2 pts)

1ère plongée avec un mélange 30% d’O2 et 70% de N2. La profondeur atteinte est de 40 m et la durée de la plongée est de 25 mn.

a) Donnez la durée des paliers éventuels et leur profondeur ainsi que le GPS. *(0,5 pt)*

* *Pabs à 40 m 🡪 5 b, PpO2 à 40 m 🡪 1 b (< 1,6 b)*
* *Détermination de la Pabs équivalente : (5 x 70%) / 80% = 4,375 b*
* *Détermination de la profondeur équivalente : 33,75 m🡪 soit 35 m.*
* *Détermination des paliers 🡪 11 mn à 3 m*
* *Détermination du GPS : I*

2ème plongée 2 h plus tard avec un mélange de 40% d’O2 et 60% de N2 à la profondeur maximale admissible pour ce mélange. (On considère la PpO2 à ne pas dépasser = 1,6 b)

b) Quelle sera la durée maximale de cette plongée pour qu’elle soit sans palier ? *(1,5 pt)*

* *Détermination de la Pabs max autorisée : (1,6 x 100) / 40 = 4 b 🡪 30 m*
* *Détermination de la Pabs équivalente : (4 x 60%) / 80% = 3 b*
* *Détermination de la profondeur équivalente : 20 m*
* *Détermination de la majoration :*
* *Tableau I 🡪 TN2 = 1*
* *Tableau II 🡪 majoration = 27 mn (avec TN2 = 1,03)*
* *Détermination de la plongée effective. (0,5 pt)*
* *20 m sans palier 🡪 40 mn 🡪 40 mn – 27 mn (majoration) = 13 mn de plongée effective*

QUESTION 2 : Accidents de plongée (6 points)

Malgré le respect strict des procédures de plongée, certaines personnes sont victimes d’accidents de désaturation.

1. D’après les études, quels sont les principaux éléments physiologiques susceptibles d’être à l’origine de tels accidents ? *(2 pts)*

* *Présence d’un Foramen Ovale Perméable ou de shunt pulmonaire*
* *Dans le cas du FOP, l’augmentation de la pression dans le cœur droit va favoriser le passage de bulles de la petite circulation vers la grande circulation.*

b) Définissez les facteurs favorisants la production des bulles et leur migration en y associant les préventions correspondantes. *(4 pts)*

|  |  |
| --- | --- |
| *Analyse des facteurs favorisant la production des bulles et leur migration* | *Conseils pour leur prévention.* |
|  | *- Effectuer les plongées dans la courbe de sécurité*  *- Respecter la profondeur des paliers* |
| *Plongée dite YOYO* | *Éviter les plongées YOYO et suivre les recommandations de la CTN :*  *- de 20 m : 4 remontées maximum*  *- de 20 à 30 m : 3 remontées maximum*  *- de 40 m : 2 remontées maximum* |
| *Plongée ayant un profil inversé* | *Éviter les profils inversés* |
| *Plongées successives rapprochées* | *Éviter les plongées successives rapprochées, en particulier les consécutives* |
| *Plongée profonde* | *- Éviter les plongées profondes à l’air (zone de 40 à 60 m)*  *- Privilégier les paliers à l’O2* |
| *Plongée avec effort* | *- Éviter les efforts en plongée*  *- Privilégier les plongées au Nitrox* |
| *Effort après la plongée* | *Éviter les efforts après la plongée, pas de gonflage gilet à la bouche* |
| *Plongée en situation stressante* | *Une bonne préparation de la plongée et une quiétude d’esprit éviteront le stress* |
| *Blocage ventilatoire lors de la remontée* | *- Remonter lentement en ventilant normalement lors de la remontée et au palier.*  *- Pas de Valsalva à la remontée* |
| *Apnée après la plongée* | *Ne pas faire d’apnée après la plongée* |
| *Existence d’un Foramen Ovale Perméable »* | *Il n’existe pas de prévention pour les « F.O.P. » seul un examen médical approfondi permettra de le détecter à postériori* |
| *Avion après la plongée* | *Suivre les recommandations de son outil de décompression. éviter de plonger le jour du départ avant de prendre l’avion* |
| *Séjour de plongée prolongé (à partir de 2 semaines)* | *Prévoir 1 jour sans plongée au milieu du séjour* |

QUESTION 3 : Microbulles et ordinateurs (7 points)

Différents concepts modélisent le corps humain en compartiments afin de définir des procédures de décompression.

1. Définissez ce qu’est un « compartiment » (0,5 pt)

*Les compartiments sont un découpage mathématique du corps humain caractérisés par un même coefficient de sursaturation critique et une même période, et censés simuler le comportement de tissus du corps humain vis-à-vis de la saturation et désaturation en N2.*

1. Comment les microbulles se forment-elles ? (2,5 pts)

* *Par sursaturation : la tension du gaz dissout dans un liquide est supérieure à la pression ambiante régnant au-dessus de ce liquide (0,5 pt)*
* *Par tribonucléation : formation de bulles par frottement, c’est le mécanisme d’adhésion visqueuse résultant d’un noyau gazeux avec un tissu en mouvement. (frottement des surfaces articulaires, muscles entre eux, etc.) (1 pt)*
* *Par cavitation : apparition de bulles produites par l’écoulement d’un liquide autour d’un obstacle, (visible au centre des tourbillons) ; (l’hélice du bateau qui tourne dans l’eau produit des bulles) dans l’organisme ce phénomène se rencontre à plusieurs niveaux (bifurcation de grosses artères, accélération du sang à la sortie du ventricule gauche dans la crosse aortique. (1 pt)*

1. Décrivez les principaux modèles de décompression et leurs hypothèses. (4 pts)

* *Modèle de Haldane : (1 pt)*
* *Basé sur la perfusion, les hypothèses principales sont les suivantes :*
* *Les compartiments échangent de l’azote avec le sang et lui seul*
* *Un découpage du corps humain en compartiment purement mathématique*
* *Il y a équilibre instantané au niveau tissu / sang*
* *Il y a équilibre instantané au niveau alvéolaire et capillaire*
* *Il suppose la symétrie de la charge et de la décharge suivant une loi exponentielle.*
* *Les valeurs des sursaturations critiques sont déterminées empiriquement*
* *Pour Haldane dans une décompression normale, il n’y a pas de bulles tant que TN2/Pabs ambiante est inférieure ou égale à SC (SC constant étant défini pour chaque compartiment)*
* *Modèle de Spencer : (1 pt)*
* *Existence de bulles « silencieuses » :*
* *A partir de données expérimentales sur les plongeurs humains, on déduisit une courbe limite de décompression entre 6 et 60 m. définie par l’équation : t max = (465 / P) 2 ; et t max = (500 / P) 2 pour Hempleman. t max : durée maximale en minute au fond sans faire de palier, P : profondeur en pied.*
* *Certains ordinateurs de plongée intègrent les tables de Spencer plus sévères dans leur algorithme.*
* *Modèle de Workman (modèle néo haldanien) : (0,5 pt)*
* *le SC est fonction de la profondeur*
* *les M-Values sont la pression partielle maximale tolérable de l’azote et de l’hélium pour chaque compartiment et pour chaque profondeur.*
* *Modèle de Bülhmann :(1 pt)*
* *Adapté à l’altitude :*
* *Il a pris l’air alvéolaire comme référence de gaz respiré*
* *Seuils variables comme critère de remontée, chaque compartiment est muni de 2 coefficients a et b déterminés expérimentalement, le seuil est défini par la pression absolue minimum admissible à la remontée. Ce qui nous donne P admissible = (PN2-a).b.*
* *A partir de ses travaux de nombreux ordinateurs de plongée utilisent l’algorithme*

*ZH-L8 ADT*

* *M.Values, pression maximale qu’un compartiment hypothétique peut supporter sans présenter de symptôme de la maladie de décompression à une profondeur donnée.* *Contrairement au SC qui sont fixes, les M Values varient en fonction de la profondeur pour un même compartiment.*
* *Les ordinateurs de type Bülhmann indiquent prendre en compte les microbulles*
* *Le modèle de Wienke :(0,5 pt)*
* *Principe de la réduction du gradient des bulles (R.G.B.M.) Modèle à faible gradient de bulles :*
* *C’est un modèle tenant compte de la notion de perfusion, de diffusion, et de notion de taille critique des bulles formées dans le système sanguin. Le but est de minimiser le développement et l’accroissement des bulles issues de noyaux gazeux.*
* *L’essentiel des tables R.G.B.M est de maintenir l’état de sursaturation du plongeur à une profondeur où les phases de développement et d’écrasement de la bulle sont contrôlées.*