Décompression

Durée 1h30 Coefficient 4

Pour tous les problèmes, nous retiendrons les paramètres suivants : Pression atmosphérique de 1000 hpa au niveau de la mer, densité de l’eau égale à 1, composition de l’air 80% de N2 et 20% d’O2

**Sujet 1 : Problèmes de plongée (7 pts)**

1. Après une première plongée de 20min à 26m, un GP redescend avec un deuxième plongeur 12min après sa sortie de l’eau pour une deuxième plongée sur 25m.

1. Quelle sera la durée maximum de cette deuxième plongée si le GP ne veut pas faire plus de 10min

de paliers? (1pt)

1. Quels seraient les paliers s’il faisait la même plongée que la première ? (1pt)

2. Au cours de cette deuxième plongée à 25m, suite à une mauvaise manipulation du gilet par le plongeur qu’il accompagne, ils effectuent une remontée rapide après 15min d’immersion et se retrouvent en surface en 1min. Le GP redescend avec son plongeur à mi-profondeur 2min après leur arrivée en surface.

1. Donnez la procédure de décompression de ces deux plongeurs. (1pt)
2. A part le respect de la procédure édictée par les tables, quelles précautions prendriez-vous avant d’effectuer la descente à mi profondeur (0,5pt).
3. Que faites-vous en cas de réimmersion impossible ? (0,5pt)

3. A 10h00, une palanquée descend à 40 m pendant 24 minutes et remonte normalement à son premier palier. Cette même palanquée veut replonger le plus rapidement possible à 20m pendant 30 minutes en effectuant un maximum de 10 minutes de paliers.

1. Donnez l’heure d’immersion de la deuxième plongée ? (1pt)

Ils décident finalement d’effectuer cette deuxième plongée à 13h49 mais au nitrox pour ne pas faire de paliers.

1. Donner le mélange nitrox avec le minimum d’O2 que devra utiliser la palanquée. (1pt)
2. Quels seraient les paliers à effectuer s’ils plongeaient avec un mélange 30/70 ? (1pt)

**Sujet 2 : ADD (5pts)**

(basé sur une histoire vraie) Nous sommes en plein mois d’août, dans le sud de la France. Vous êtes de retour d’une plongée de 20’ à 45m. A bord du bateau, 9 plongeurs. Tout s’est bien déroulé mais vous êtes contrarié car à votre sortie de l’eau, vous constatez que seul Eric a remonté presque tous les blocs à bord du semi-rigide, malgré votre consigne de vous attendre et de se répartir les efforts. Après 15’ de navigation, le bateau arrive à la plage et à peine débarqué Eric est pris de vertiges. Il plaisante en disant qu’il n’a pas le pied marin mais sa compagne s’inquiète et vient vous chercher de l’eau car elle pense qu’il est victime d’une insolation.

Il est obligé de s’assoir et en le regardant dans les yeux, vous observez une oscillation horizontale de son œil droit. Vous décidez de le mettre sous O2, de lui faire boire de l’aspirine et de déclencher les secours.

Ce sont les pompiers qui arrivent les premiers sur place. Vous leur décrivez la situation et la prise en charge déjà mise en œuvre. Moins d’1 heure plus tard, Eric est évacué par hélicoptère au centre hyperbare.

Vous avez décidé de mettre en place le protocole de prise en charge d’un ADD

1. En vous basant sur le déroulement de la sortie et les signes que vous avez observés, décrivez le type d’accident soupçonné, en précisant les signes vous permettant d’établir un diagnostic différentiel ? (2pts)
2. Vous préciserez l’intérêt de l’oxygène, de l’aspirine et de l’eau pour un plongeur victime d’un ADD avant sa prise en charge par les services médicalisés. (1 pt)
3. Dans ce type d’accident, quelles précautions prendriez-vous si le plongeur se plaignait de nausées voire de vomissements ? (1pt)
4. quel facteur favorisant pourrait être impliqué dans cet accident ? Dans quelles mesures les circonstances de survenue pourraient le révéler ? (1pt)

**Sujet 3 : Les modèles de désaturation (8 points)**

1. Définissez les différents éléments de calculs pris en compte dans le modèle haldanien ? (3 pts)
2. En quoi diffèrent le modèle Bühlmann d’une part et les modèles dits à bulles (type RGBM ou VPM) d’autre part du modèle haldanien ? (3 pts)
3. Dans quelle mesure les modèles actuels retranscrivent-ils les paramètres physiologiques ? (2 pts)

**REFERENTIEL DE CORRECTION**

Pour tous les problèmes, nous retiendrons les paramètres suivants :

Pression atmosphérique de 1000 hpa au niveau de la mer, densité de l’eau égale à 1, composition de l’air 80% de N2 et 20% d’O2

Sujet 1 : Problèmes de plongée (7 pts)

1. Après une première plongée de 20min à 26m, un GP redescend avec un deuxième plongeur 12min après sa sortie de l’eau pour une deuxième plongée sur 25m.

1. Quelle sera la durée maximum de cette deuxième plongée si le GP ne veut pas faire plus de 10min de paliers? (1pt)

* *1ere plongée : 20’ à 26m, 1’ de paliers à 3m.*
* *2eme plongée : consécutive (I<15’). 25m (mais prendre 26m) 10’ de plongée max pour 6’ de palier à 3m*

1. Quels seraient les paliers s’il faisait la même plongée que la première ? (1pt)

*2eme plongée : consécutive (I<15’). 40’ 26m. 19’ de palier à 3m*

2. Au cours de cette deuxième plongée à 25m, suite à une mauvaise manipulation du gilet par le plongeur qu’il accompagne, ils effectuent une remontée rapide après 15min d’immersion et se retrouvent en surface en 1min. Le GP redescend avec son plongeur à mi-profondeur 2min après leur arrivée en surface.

1. Donnez la procédure de décompression de ces deux plongeurs. (1pt)

20’

15’

2’

1’

5’

25’

25m

26m

* *Remontée rapide, 3’ max pour regagner la mi-profondeur (13m) pendant 5’*
* *Durée de plongée : 20+15+1 +2+5=43’ paliers : 25’ à 3m pour les deux plongeurs*

1. A part le respect de la procédure édictée par les tables, quelles précautions prendriez-vous avant d’effectuer la descente à mi profondeur (0,5pt).

* *(Avoir déterminé la raison de la remontée rapide (exercice non maîtrisé, panique, essoufflement, matériel).*
* *S’assurer qu’aucun symptôme n’apparaît en surface avant l’immersion.*
* *S’assurer que l’individu est en bonne condition psychique et physique pour redescendre.*
* *S’être assuré que le stock d’air est suffisant pour effectuer la procédure de décompression.*
* *Respecter la règle d’accompagnement aux paliers (au moins deux plongeurs suivant texte et prérogatives des plongeurs)*

1. Que faites-vous en cas de réimmersion impossible ? (0,5pt)

*Procédure d’évacuation à engager pour la palanquée, réhydrater, allonger ou mettre au repos, rassurer pour limiter le stress, protéger du chaud ou du froid si nécessaire…*

3. A 10h00, une palanquée descend à 40 m pendant 24 minutes et remonte normalement à son premier palier. Cette même palanquée veut replonger le plus rapidement possible à 20m pendant 30 minutes en effectuant un maximum de 10 minutes de paliers.

1. Donnez l’heure d’immersion de la deuxième plongée ? (1pt)

* *Remontée normale sur première plongée, ne pas inclure temps remontée dans temps de plongée.*
* *Durée : 40m pendant 24 minutes, soit 2 minutes à 6 mètres et 19 minutes à 3 mètres. GPS : J*
* *DTR : 25mn+24min de plongée=> HS 10h49*
* *Paliers de 10 minutes à 3 mètres max, soit 55 min à 20 mètres. Le plongeur veut faire 30 minutes, soit 25 minutes de majoration maximum possible. 22 min pour 20 mètres donne un azote résiduel de 0.99.*
* *0.99 (lire 1,02) pour GPS J donne 2h d’intervalle, soit une entrée dans l’eau à 12h49 pour la seconde plongée.*

Ils décident finalement d’effectuer cette deuxième plongée à 13h49 mais au nitrox pour ne pas faire de paliers.

1. donner le mélange nitrox avec le minimum d’O2 que devra utiliser la palanquée. (1pt)

* *I = 3h, GPS = J 🡪 tN2=0.96*
* *tN2=0.96, 20m 🡪 majo = 22’*
* *22’ de majo + 30’ de plongée 🡪 52’ sans palier 🡪 profondeur = 15m*
* *Calcul du % de N2 tel que la profondeur équivalente soit de 15m*
* *ppN2(15m)= 0.8x2.5 = ppN2(20m)= % x 3*
* *soit % = 0.67, donc 67% de N2 et 33% d’O2*
* *Nitrox 33/67*

1. quels seraient les paliers à effectuer s’ils plongeaient avec un mélange 30/70 ? (1pt)

* *I = 3h, GPS = J 🡪 tN2=0.96*
* *tN2=0.96, 20m 🡪 majo = 22’*
* *Profondeur équivalente*
* *ppN2 (20m) 0.7 x 3 = ppN2 (Xm) = 0.8 x X 🡪 X= 2.62 bars soit 16, 2 m*
* *Plongée = 22’ + 30 ‘ à 17m 🡪 1’ à 3m*

Sujet 2 : ADD (5pts)

(basé sur une histoire vraie) Nous sommes en plein mois d’août, dans le sud de la France. Vous êtes de retour d’une plongée de 20’ à 45m. A bord du bateau, 9 plongeurs. Tout s’est bien déroulé mais vous êtes contrarié car à votre sortie de l’eau, vous constatez que seul Eric a remonté presque tous les blocs à bord du semi-rigide, malgré votre consigne de vous attendre et de se répartir les efforts. Après 15’ de navigation, le bateau arrive à la plage et à peine débarqué Eric est pris de vertiges. Il plaisante en disant qu’il n’a pas le pied marin mais sa compagne s’inquiète et vient vous chercher de l’eau car elle pense qu’il est victime d’une insolation. Il est obligé de s’assoir et en le regardant dans les yeux, vous observez une oscillation horizontale de son œil droit.

Vous décidez de le mettre sous O2, de lui faire boire de l’aspirine et de déclencher les secours.

Ce sont les pompiers qui arrivent les premiers sur place. Vous leur décrivez la situation et la prise en charge déjà mise en œuvre. Moins d’1 heure plus tard, Eric est évacué par hélicoptère au centre hyperbare.

Vous avez décidé de mettre en place le protocole de prise en charge d’un ADD

1. En vous basant sur le déroulement de la sortie et les signes que vous avez observés, décrivez le type d’accident soupçonné, en précisant les signes vous permettant d’établir un diagnostic différentiel ? (2pts)

* *Même si les nausées et vomissements ne semblent pas présents, l’association du mouvement anormal de l’œil (nystagmus), horizontal et/ ou rotatoire à des vertiges et une perte d’équilibre signe principalement une atteinte vestibulaire (canaux semi-circulaires).*
* *Des acouphènes ou une baisse de l’audition peuvent aussi être associés.*
* *Ces signes caractéristiques permettent d’écarter un banal « mal de mer » ou l’insolation, chez lesquels ils sont absents.*
* *Les autres signes d’accompagnement sont la pâleur, les sueurs, et la bradycardie. En cas d’insolation ou de mal de mer, nous aurons plutôt une augmentation du rythme cardiaque et l’association possible à un mal de tête.*
* *Dans le doute, et parce que l’examen clinique exhaustif ne doit retarder ni la mise en route du traitement ni l’évacuation du patient, je déclenche la procédure de traitement de l’accidenté et j’appelle les secours car l’atteinte de l’oreille interne comme un ADD cérébral sont des urgences médicales.*

1. Vous préciserez l’intérêt de l’oxygène, de l’aspirine et de l’eau pour un plongeur victime d’un ADD avant sa prise en charge par les services médicalisés. (1 pt)

* *O2 haut débit (15l/min) afin de lutter contre l’hypoxie tissulaire et pour augmenter le gradient N2 (au niveau alvéolo-capillaire et également entre la bulle et son environnement) afin d’accélérer la désaturation tissulaire*
* *Aspirine : lutter contre l’agrégation plaquettaire*
* *Faire boire : réhydrater le plongeur, lutter contre hémoconcentration et hyperviscosité*

1. Dans ce type d’accident, quelles précautions prendriez-vous si le plongeur se plaignait de nausées voire de vomissements ? (1pt)

*Si nausées ou vomissements, mettre en PLS et ne pas faire boire.*

1. Quel facteur favorisant pourrait être impliqué dans cet accident ? Dans quelles mesures les circonstances de survenue pourraient le révéler ? (1pt)

* *Malgré le respect des procédures de décompression, des comportements et situations pendant et après l’immersion peuvent déclencher un ADD. La présence d’un shunt cardiaque et/ou pulmonaire peut expliquer cela. Un tiers de la population serait porteur d’une communication intra-auriculaire (shunt), particularité anatomique résiduelle du stade fœtal. Dans la vie courante, la présence de ce Foramen Ovale Perméable (FOP) ne porte pas à préjudice. En hyperbarie et en présence de bulles veineuses circulantes, certains comportements peuvent faire passer ces bulles de l’oreillette D dans l’oreillette G et la grande circulation.*
* *Dans notre cas, de retour sur le bateau* > *effort lors de la remontée des blocs avec blocage de la ventilation et hyperpression thoracique >augmentation de la pression dans OD > ouverture de la communication inter auriculaire (FOP) > passage des bulles veineuses du cœur droit au cœur gauche —> circulation artérielle > aorte > carotides > SNC et oreille interne.*
* *Le passage de bulles veineuses dans le cœur gauche peut s’expliquer aussi par un shunt pulmonaire >blocage de la ventilation>filtre pulmonaire court-circuité > bulles veineuses non éliminées par poumons>retour dans cœur gauche > etc.*

Sujet 3 : Les modèles de désaturation (8 points)

1. Définissez les différents éléments de calculs pris en compte dans le modèle haldanien ? (3 pts)

* *Le modèle haldanien repose sur la notion de la dissolution des gaz dans un liquide (loi de henry). C’est un modèle par perfusion c'est à dire qu'il suppose que la diffusion du gaz dans un tissu est instantanée.*
* *La force du modèle de Haldane vient de la modélisation du corps humain en régions anatomiques fictives, appelés compartiments, différenciés en fonction de leur vitesse de perfusion c’est à dire leur vitesse d’absorption du gaz (la période)*
* *Il ajoute à ces postulats les hypothèses suivantes:*
* *La charge et la décharge en azote se font à la même vitesse*
* *Toute la quantité d’azote est dissoute*
* *Il n’y a pas de diffusion entre les différents tissus une fois le N2 absorbé.*
* *Une décompression contrôlée se fait sans l’apparition de bulles. Autrement dit, c’est la présence de bulles qui détermine l’accident. Il cherche donc à déterminer le seuil d’apparition des premières bulles.*
* *A ces hypothèses s'ajoutent notamment, suite à ses expérimentations,*
* *que la vitesse de remontée devra être de 10m/minutes,*
* *qu’un tissu pouvait supporter une TN2 deux fois plus grande que la pression ambiante sans que n’apparaissent de bulles dans ce tissu, c’est à dire que le seuil de sursaturation critique égale à 2 est le même pour tous les compartiments et que les compartiments sont considérés en parallèle sans interaction entre eux.*
* *Dans l’hypothèse de Haldane plus le gradient est important plus la charge ou la décharge se fait rapidement. On cherche donc à se rapprocher du SC sans le dépasser.*
* *Bien que très simplifié au regard des phénomènes physiologiques, il est remarquablement satisfaisant pour des plongée simples, mais n'évite pas les accidents pour les plongées profondes ou les plongées successives. Il n'est pas non plus adapté aux décompressions lors de plongées multigaz.*

1. En quoi diffèrent le modèle Bühlmann d’une part et les modèles dits à bulles (type RGBM ou VPM) d’autre part du modèle haldanien ? (3 pts)

* *Depuis, d'autres modèles de décompression ont été élaborés, soit en améliorant le modèle haldanien, soit en recherchant des approches nouvelles afin de mieux prendre en compte les phénomènes physiologiques et mieux répondre à la sécurité des différents profils de plongée.*
* *Le modèle Buhlmann est dérivé du modèle haldanien, dans la mesure où tous les calculs sont basés sur l’azote dissous (phase liquide, loi de Henry), mais au lieu d'utiliser la composition de l'air inspiré, il prend en compte la composition de l'air alvéolaire pour calculer la tension d'azote fixée dans les compartiments.*
* *Augmentation du nombre de compartiments avec des périodes plus longues.*
* *Pour chaque compartiment ont été déterminés des couples seuils de sursaturation critique/ pression ambiante (M-values).*
* *Le modèle Bühlmann repose donc sur un échantillonnage de 16 compartiments à chacun desquels a été attribuée des couples de M-values (qui représente la capacité maximale de dissolution) et une période (représentative de la vitesse de perfusion).*
* *Les modèles dits à bulles diffèrent du modèle haldanien. Le principe de ces algorithmes est les calculs se font sur le nombre et la croissance des bulles (phase gazeuse), avec des équations spécifiques de transfert de N2 entre liquide et bulles.*
* *Ils stipulent que tout plongeur commence sa plongée avec un certain nombre de noyaux gazeux présents physiologiquement, dont le nombre et la taille sont déterminés au départ.*
* *Au cours de son immersion, le plongeur va subir les effets des variations de pression et les micro-noyaux vont évoluer (grossir ou rétrécir) en fonction des valeurs de tension des gaz dissous et de la pression ambiante (effet Boyle/Mariotte + diffusion gazeuse). Ils servent d’amorce à la formation de bulles plus importantes lors de la décompression. On assure leur réduction avec une remontée lente et des paliers plus profonds.*

1. Dans quelle mesure les modèles actuels retranscrivent-ils les paramètres physiologiques ? (2 pts)

* *Les modèles plus récents tentent de prendre en compte des facteurs physiologiques en adaptant la décompression en fonction :*
* *de la température (modèles adaptatifs),*
* *de la consommation (modèle avec sonde mesurant la pression de la bouteille),*
* *du rythme cardiaque (modèles avec mesure du rythme),*
* *de la forme physique (durcissement, voire allègements pour certains modèles),*
* *des gaz respirés : pour les plongées aux mélanges, évolution du modèle Bühlmann en modifiant la droite des M-values (facteurs de gradient)*