

Décompression durée 1h30, coefficient 4

Question 1 : accident de désaturation (4 pts)

Une palanquée de deux niveaux 3 expérimentés et équipés de bi-bouteilles remonte d'une plongée sur épave de 15min à 55m. Vous êtes DP et vous aidez l'un d'entre eux qui a du mal à remonter à l'échelle. 20 minutes plus tard il se plaint de vertiges et de nausées. L'analyse des ordinateurs montre que la remontée s'est déroulée normalement et que les paliers ont été respectés.

- Quel type d'accident pouvez-vous suspecter ? (1 point)
- Expliquez en vous appuyant sur vos connaissances d'anatomie-physiologie quels ont pu être les mécanismes menant à cet accident (2 points)
- Quelle précaution auriez-vous pu prendre ? (1 point)

Question 2 : problème de tables (6 pts)

Vous amenez 2 plongeurs en préparation PA40 dans une célèbre fosse belge à 35m pour 2 plongées d'entraînement en milieu artificiel pendant l'hiver. Vous profitez de l'occasion pour plonger avec les tables fédérales de manière à leur faire réviser les procédures.

Première plongée : Vous passez 11 minutes à 35m (temps de descente compris) puis un exercice d'intervention sur plongeur en difficulté vous amène à percer la surface au bout d'1min30s de remontée.

- Quel auraient été les paliers éventuels ainsi que le GPS une fois en surface si l'élève n'avait pas fait de remontée rapide ? (1 point)
- Quelle est la procédure que vous allez mettre en place suite à la remontée rapide ? (1 point)
- Quels vont être les paliers et GPS suite à la remontée rapide ? (1 point)

Deuxième plongée : Vous aviez initialement prévu un intervalle de 4h entre les deux plongées.

- Suite à l'incident du matin, quel va être le nouvel intervalle de surface pour atteindre au moins le même niveau d'azote résiduel qu'initialement prévu ? Quelle sera la majoration pour une nouvelle plongée à 35m ? (1 point)
- Pendant le repas, un élève vous fait remarquer qu'il y a une grotte artificielle à 10m dans laquelle il serait possible de débriefer après les exercices... Que lui répondez-vous ? (1 point)

Durant la deuxième plongée, vous passez 10 min à 35m puis entamez une remontée de 5 minutes pour atteindre 3 mètres.

- Veuillez indiquer la DTR ainsi que les paliers éventuels (1 point)

Question 3 : éléments de calculs de tables (4 pts)

- Déterminez par le calcul la profondeur maximale à laquelle un plongeur peut rester une durée infinie sans avoir à faire de palier selon les tables fédérales. On prendra 1,54 comme valeur du coefficient S_c du compartiment de période de 120 minutes et on considèrera l'air composé à 20% d'O₂ et 80% de N₂. (2 points)
- Pourquoi utilise-t-on ce compartiment pour le calcul de la majoration lors de plongées successives ? (2 points)

Question 4 : utilisation des ordinateurs (6 pts)

Un plongeur niveau 3 vient d'acheter un ordinateur basé sur des tables Bühlmann ZHL16C et sur lequel on peut régler les facteurs de gradient (GF). Ayant entendu dire que les paliers profonds à l'air sont déconseillés, il vous demande comment régler les GF de manière à les éviter...

- Quelle confusion fait-il sur les paliers profonds ? En quoi les paliers profonds proposés par le modèle de Bühlmann avec le réglage des GF sont-ils différents des paliers profonds proposé par les modèles VPM ou RGBM et communément appelés « deep stops » ? (2 points)
- A quoi correspondent les GF bas et haut et quelles sont les préconisations que vous pouvez lui fournir pour une plongée à l'air ? (2 points)
- A quoi correspondent les différents réglages de conservatisme des ordinateurs grand public basés sur un modèle Bühlmann ? Comment notre plongeur va-t-il devoir régler ses GF lorsqu'il plonge avec d'autres plongeurs dont les ordinateurs ne permettent pas ce type de réglage ? Comment planifier au mieux la décompression de sa palanquée lors de plongées profondes à l'air ? (2 points)

DECOMPRESION - REFERENTIEL DE CORRECTION

Question 1 : accident de désaturation (4 pts)

Une palanquée de deux niveaux 3 expérimentés et équipés de bi-bouteilles remonte d'une plongée sur épave de 15min à 55m. Vous êtes DP et vous aidez l'un d'entre eux qui a du mal à remonter à l'échelle. 20 minutes plus tard il se plaint de vertiges et de nausées. L'analyse des ordinateurs montre que la remontée s'est déroulée normalement et que les paliers ont été respectés.

- Quel type d'accident pouvez-vous suspecter et pourquoi ? (1 point)

Le temps de latence avant l'apparition des symptômes, le profil de la plongée ainsi que la nature des symptômes font suspecter un ADD vestibulaire.

- Expliquez en vous appuyant sur vos connaissances d'anatomie-physiologie quels ont pu être les mécanismes menant à cet accident (2 points)

Deux possibilités, qui ont pu s'additionner dans le cas présent :

- Un profil de plongée amenant un fort niveau de saturation et la possibilité de bulles tissulaires produites in situ dans les liquides labyrinthiques qui sont des tissus de périodes très courtes et faiblement perfusés. Les bulles peuvent comprimer ou dilacérer les structures neurosensorielles de l'oreille interne. Les organes du vestibule (utricle, saccule), et les canaux semi-circulaires, sont particulièrement touchés. (1 pt)
- Passage de bulles circulantes du versant veineux vers le versant artériel du fait de shunts (pulmonaire ou cardiaque). Un effort important à l'échelle plaide en faveur d'une ouverture de FOP. La taille des vaisseaux carotidiens, le débit élevé vers le cerveau et la proximité par rapport au cœur facilitent la « montée » de ces bulles, via la crosse aortique, vers les artères terminales de l'oreille. Ces artères sont dites « terminales » car sans suppléance circulatoires fonctionnellement valables. Ceci se situe au niveau de l'une des branches de l'artère vestibulaire. (1 pt)

- Quelle précaution auriez-vous pu prendre ? (1 point)

Il aurait été judicieux après une telle plongée de proposer un décapelage des (lourds) bis dans l'eau avant la montée à l'échelle de manière à éviter des efforts entraînant des hyperpressions thoraciques pouvant engendrer une ouverture de FOP.

Question 2 : problème de tables (6 pts)

Vous amenez 2 plongeurs en préparation PA40 dans une célèbre fosse belge à 35m pour 2 plongées d'entraînement en milieu artificiel pendant l'hiver. Vous profitez de l'occasion pour plonger avec les tables fédérales de manière à leur faire réviser les procédures.

Première plongée : Vous passez 11 minutes à 35m (temps de descente compris) puis un exercice d'intervention sur plongeur en difficulté vous amène à percer la surface au bout d'1min30s de remontée.

- Quel auraient été les paliers éventuels ainsi que le GPS une fois en surface si l'élève n'avait pas fait de remontée rapide ? (1 point)

11min à 35m => palier obligatoire de 2 min à 3m, GPS=F

- Quelle est la procédure que vous allez mettre en place suite à la remontée rapide ? (1 point)

Procédure de remontée rapide si le plongeur en est capable et peut être accompagné : 3min maxi pour redescendre à mi-profondeur et y effectuer un palier de 5min. Durée de la plongée : du début de la plongée initiale à la fin du palier à la demi-profondeur (au minimum un palier de 2 min à 3 mètres).

- Quels vont être les paliers et GPS suite à la remontée rapide n ? (1 point)

Total de $11+1,5+3+5=20\text{min}30\text{s}$ à 35m => palier de 11min à 3m et GPS=I

Deuxième plongée : Vous aviez initialement prévu un intervalle de 4h entre les deux plongées.

- Suite à l'incident du matin, quel va être le nouvel intervalle de surface pour atteindre au moins le même niveau d'azote résiduel qu'initialement prévu ? Quelle sera la majoration pour une nouvelle plongée à 35m ? (1 point)

Avec un GPS de F au bout de 4 heures on aurait atteint 0,87. Avec I au lieu de F, il faut attendre 5 heures pour atteindre 0,87. A 35m on aura une majoration de 6min.

- Pendant le repas, un élève vous fait remarquer qu'il y a une grotte artificielle à 10m dans laquelle il serait possible de débriefer après les exercices... Que lui répondez-vous ? (1 point)

Contrairement à l'ordinateur, la table ne prendra pas en compte la désaturation à 10m pendant le débriefer qu'elle considère comme du temps fond. L'apport pédagogique d'un débriefer à chaud est donc contrebalancé par un allongement conséquent du temps fond, d'autant plus que sur la plongée successive de l'après-midi il faudra prendre en compte la majoration. Le moniteur attendra donc la sortie en surface pour débriefer les élèves.

Durant la deuxième plongée, vous passez 10 min à 35m puis entamez une remontée de 5 minutes pour atteindre 3 mètres.

- Veuillez indiquer la DTR ainsi que les paliers éventuels (1 point)

La vitesse de remontée est inférieure à 15m par minute il faut donc adopter une procédure de remontée lente intégrant le temps de remontée : $10\text{min}+6\text{min}$ (majo) $+5\text{min} = 21\text{min}$ à 35m

Palier obligatoire de 11min à 3m. $DTR=5+11+0,5=16\text{min}30\text{s}$

Question 3 : éléments de calculs de tables (4 pts) :

- Déterminez par le calcul la profondeur maximale à laquelle un plongeur peut rester une durée infinie sans avoir à faire de palier selon les tables fédérales. On prendra 1,54 comme valeur du coefficient S_c du compartiment de période de 120 minutes et on considèrera l'air composé à 20% d'O₂ et 80% de N₂. (2 points)
- Il faut $TN_2 \leq 1,54$ pour pouvoir remonter à la surface.

A saturation on a $TN_2 = P_p N_2$. On peut donc poser : $1,54 = P_{abs} \times 80/100$

Donc $P_{abs} = 1,54 \times 100/80 = 1,925$ bar. D'où une profondeur max de 9,25 mètres.

Pourquoi utilise-t-on ce compartiment pour le calcul de la majoration lors de plongées successives ? (2 points)

- Le C120 est le compartiment qui est utilisé pour le calcul de la majoration car c'est le compartiment le plus long des M.N.90 et donc celui qui met le plus de temps à se décharger entre 2 plongées.

Question 4 : utilisation des ordinateurs (6 pts) :

Un plongeur niveau 3 vient d'acheter un ordinateur basé sur des tables Bühlmann ZHL16C et sur lequel on peut régler les facteurs de gradient (GF). Ayant entendu dire que les paliers profonds à l'air étaient déconseillés, il vous demande comment régler les GF de manière à les éviter.

- Quelle confusion fait-il sur les paliers profonds ? En quoi les paliers profonds proposés par le modèle de Bühlmann avec le réglage des GF sont-ils différents des paliers profonds proposés par les modèles VPM ou RGBM et communément appelés « deep stops » ? (2 points)

Il est vrai qu'une étude de la Marine Nationale de 2005 a conclu que les paliers profonds à l'air ne réduisent pas le niveau de bulles circulantes et une étude de l'US Navy en 2011 a même noté une augmentation des accidents avec ce type de protocole.

Mais ces paliers profonds correspondent aux « deep stops » de modèles diphasiques (VPM, RGBM) destinés à limiter les microbulles dans une zone correspondant généralement à la mi- profondeur entre le fond et les premiers paliers. Les « deep stops » ont été conçus à la base pour des plongées trimix et sont généralement optionnels sur les ordinateurs pour les plongées à l'air. Il ne faut toutefois pas confondre les « deep stops » avec l'utilisation des GF bas qui peuvent abaisser les premiers paliers (qui se suivent de 3m en 3m) mais que l'on commence proche de la surface. Les paliers donnés par les GF proviennent d'une utilisation du modèle de Bühlmann, sont obligatoires et ne présentent aucun risque lors des plongées à l'air.

- A quoi correspondent les GF bas et haut et quelles sont les préconisations que vous pouvez lui fournir pour une plongée à l'air ? (2 points)

Pour un compartiment donné, la droite des GF correspond à une marge de sécurité par rapport à la valeur maximale de M-value. Ils s'expriment en pourcentage de M-value (GF100/100).

- Le GF bas détermine la profondeur du premier palier : plus il est bas et plus le premier palier se fera profond
- Le GF haut détermine la durée des paliers proches de la surface : plus il est bas et plus la durée des derniers paliers sera importante

Les ordinateurs dits 'tek' permettent de régler manuellement les GF bas et haut.

La différenciation des GF bas et haut a surtout été créée pour les désaturations en trimix car la désaturation doit prendre en charge à la fois les contraintes de l'azote et de l'hélium (l'hélium nécessite des paliers profonds du fait d'une saturation/désaturation plus rapides). La différenciation des GF bas et haut n'est pas indispensable en plongée à l'air où la désaturation ne dépend que de l'azote : on peut rester parallèle à la droite des M-Values et donc d'utiliser des GF de type 70/70, 80/80 ou 85/85 en fonction de la marge de sécurité que l'on souhaite adopter par rapport à la droite des M-Values.

- A quoi correspondent les différents réglages de conservatisme des ordinateurs grand public basés sur un modèle Bühlmann ? Comment notre plongeur va-t-il devoir régler ses GF lorsqu'il plonge avec d'autres plongeurs dont les ordinateurs ne permettent pas ce type de réglage ? Comment planifier au mieux la décompression de sa palanquée lors de plongées profondes à l'air ? (2 points)

Les différents niveaux de conservatismes (du type L0 à L5 chez Uwatec) correspondent à des couples de GF pré-paramétrés. Les fabricants ne fournissent généralement pas dans leur notice les GF qui correspondent aux différents niveaux de conservatisme.

Il est primordial de garder la cohésion de la palanquée à la remontée. Le choix du niveau de conservatisme ne concerne donc pas uniquement le plongeur car il impacte potentiellement la durée de remontée et l'autonomie de toute la palanquée. Son choix doit faire l'objet d'une discussion lors de la planification d'une plongée profonde.

En ce qui concerne notre plongeur, il va devoir ajuster ses GF de manière empirique en fonction du niveau de conservatisme voulu par la palanquée. Certains ordinateurs 'tek' possèdent aussi un mode grand public ou « Recreational » qui permet juste de définir un niveau de conservatisme sans se préoccuper des GF comme pour le reste des ordinateurs.

Lors de la planification de plongées à longues décompression, il sera intéressant d'utiliser les modes de simulation des ordinateurs (s'ils en possèdent) ou bien des logiciels de décompression de manière à avoir une vision plus fine des contraintes de chaque ordinateur durant chaque phase de la remontée (vitesse de remontée, temps et profondeur du premier palier, temps total...).

Monitorat fédéral 2^{ème} degré Trébeurden - Juillet 2019

Plutôt que de se donner une limite de temps fond comme avec les tables, la diversité des ordinateurs invite à planifier les plongées à partir de la durée totale de remontée (DTR) qui représente une valeur de référence commune à tous les ordinateurs.

Il faut prévoir que la DTR de la palanquée sera supérieure ou égale à la DTR de l'ordinateur le plus conservateur et donc prévoir une autonomie en air correspondante.