**Décompression**

Durée 1h30 Coefficient 4

**Sujet 1 Utilisation tables MN90 (3 points)**

Deux plongeurs s’immergent à 09h00 pour effectuer une plongée à l’air à 46m pendant 18 minutes.

1. **Quels sont les paliers, le GPS et l’heure de sortie ? (0.5 point)**

Ils veulent effectuer une deuxième plongée, 02h15 après leur arrivée à la surface, à 23m pendant 30 minutes.

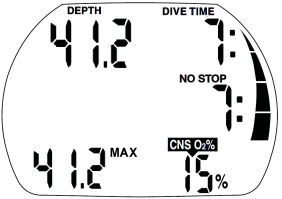
1. **Quels sont les paliers et l’heure de sortie ? (1 point)**

Pour effectuer cette seconde plongée, ils ont eu recours à un calcul de majoration.

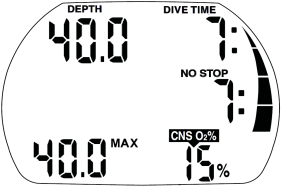
1. **Donnez la définition de la majoration ? (0.5 point)**
2. **Quel compartiment sert à son calcul et pourquoi ? (1 point)**

**Sujet 2 Utilisation des ordinateurs (3 points)**

Vous êtes guide de palanquée en mer avec 2 PE40. Les deux ont le même ordinateur (Scubapro Aladin Sport). Arrivé à 40 mètres à votre ordinateur (Scubapro Galileo avec les paramétrages adéquats), l’un des plongeurs surpris, vous montre son ordinateur qui indique :

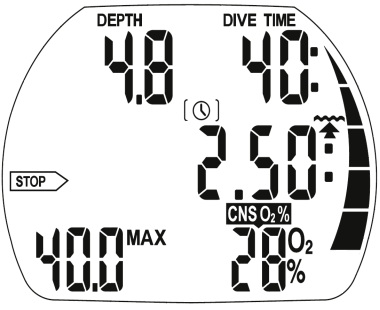


Vous allez consulter celui du deuxième qui indique à la même profondeur :



1. **Pourquoi les deux ordinateurs n’affichent-ils pas la même profondeur alors qu’ils sont au même niveau ? Que faites-vous ? (1.5 points)**

Vous décidez de mettre fin à la plongée au signe « j’ai froid » d’un plongeur. Une fois les paliers terminés, l'un des plongeurs vous montre son ordinateur :



1. **Que signifie l’indication 2.50 au milieu de l’écran ? Que faites-vous ? (1.5 points)**

**Sujet 3 : Les modèles de décompression (7 points)**

Votre stagiaire pédagogique souhaite préparer le cours sur la décompression qu’il présentera aux stagiaires GP lors de sa prochaine intervention. Vous approfondissez avec lui certains des points à développer.

1. **Le modèle de Haldane étant à l’origine de la plupart des modèles de décompression actuels, vous lui rappelez les principales hypothèses ayant servi à son élaboration. (4 points)**

D’autres modèles que celui de Haldane sont désormais utilisés.

1. **Citez 3 autres modèles en indiquant pour chacun sa caractéristique principale le différenciant d’Haldane. (3 points)**

**Sujet 4 : les accidents de décompression (7 points)**

Votre stagiaire pédagogique est en charge de la formation théorique des plongeurs préparant le N3. Son prochain cours porte sur les accidents de décompression et vous l’aidez à préparer ce cours. S’agissant de N3, son cours doit être principalement orienté sur la prévention et la conduite à tenir.

1. **Présentez de manière synthétique les différents types d’ADD, la localisation des bulles qui les déclenchent et les manifestations qu’ils engendrent sur un plongeur qui en est victime. (3 points)**
2. **Face à un ADD, quelles mesures et quels traitements doivent être mis en œuvre par un plongeur secouriste ? Quels sont les effets de chacun de ces traitements ? (3 points)**
3. **Le Nitrox permet-il de prévenir un ADD ? Justifiez votre réponse. (1 point)**

**Décompression**

**REFERENTIEL DE CORRECTION**

**Sujet 1 Utilisation tables MN90 (3 points)**

Deux plongeurs s’immergent à 09h00 pour effectuer une plongée à l’air à 46m pendant 18 minutes.

1. **Quels sont les paliers, le GPS et l’heure de sortie ? (0.5 point)**

* *Paliers  à l’air: 4 min à 6 m et 19 min à 3 m*
* *GPS : J*
* *Heure de sortie : 9h00+18min + 4min+ 19min + 4min = 9h45*

Ils veulent effectuer une deuxième plongée, 02h15 après leur arrivée à la surface, à 23m pendant 30 minutes.

1. **Quels sont les paliers et l’heure de sortie ? (1 point)**

* *Après 2h15 d’intervalle, pour J, azote résiduel = 1.02*
* *A 23m (on retient 25), pour 1.02 (on prend 1,03), majoration = 21 min*
* *A 23m (on prend 25m), pour 30min de plongée et 21 min de majoration (prendre 55mn),*

*palier = 27 min à 3m*

* *Heure de sortie : 9h45+ 2h15+ 30min + 27min + 2 min = 12h59*

Pour effectuer cette seconde plongée, ils ont eu recours à un calcul de majoration.

1. **Donnez la définition de la majoration ? (0.5 point)**

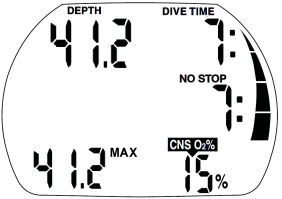
* *C’est le temps qu’il faudrait passer à la profondeur de la seconde plongée pour que le compartiment 120 minutes dissolve une quantité d’azote égale à celle présente dans ce compartiment au départ de cette seconde plongée.*

1. **Quel compartiment sert à son calcul et pourquoi ? (1 point)**

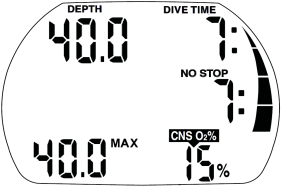
* *Le compartiment 120 minutes sert de base au calcul de la majoration car 15 minutes après chaque plongée, ce compartiment reste le seul directeur.*

**Sujet 2 Utilisation des ordinateurs (3 points)**

Vous êtes guide de palanquée en mer avec 2 PE40. Les deux ont le même ordinateur (Scubapro Aladin Sport). Arrivé à 40 mètres à votre ordinateur (Scubapro Galileo avec les paramétrages adéquats), l’un des plongeurs surpris, vous montre son ordinateur qui indique :



Vous allez consulter celui du deuxième qui indique à la même profondeur :



1. **Pourquoi les deux ordinateurs n’affichent-ils pas la même profondeur alors qu’ils sont au même niveau ? Que faites-vous ? (1.5 points)**

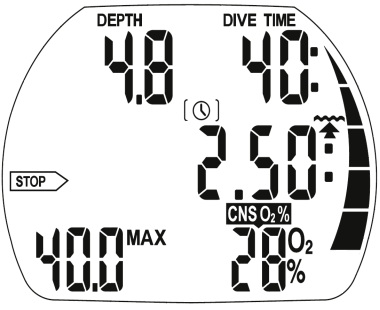
* *L'ordinateur est probablement paramétré en « eau douce ». Il réalise ses calculs, à partir, entre autres, de la pression ambiante mesurée et non de la profondeur. En effet, l’écart de masse volumique de la mer et celle de l’eau douce est de l’ordre de 0,O25 à 0,03 kg/dm3et entraîne une différence de pression à 40 m de 4x0,025 = 0,1 bar à 4x0,03=0,12 bar, soit 1 à 1,2 m. Il est donc important de paramétrer eau douce ou mer (éventuellement la densité) pour avoir une lecture exacte de la profondeur.*

*Ou alors, le capteur piézoélectrique est défectueux.*

* *Je fais remonter la palanquée à la profondeur de 40 m indiquée par l’ordinateur réglé en eau douce et nous continuons la plongée.*

*Sortis de l’eau, nous vérifions le réglage de l’ordinateur. S'il est réglé sur eau de mer, je lui conseille d’envoyer son ordinateur en révision.*

Vous décidez de mettre fin à la plongée au signe « j’ai froid » d’un plongeur. Une fois les paliers terminés, l'un des plongeurs vous montre son ordinateur :



1. **Que signifie l’indication 2.50 au milieu de l’écran ? Que faites-vous ? (1.5 points)**

* *Il signifie que le palier de sécurité (safety stop) paramétré par le plongeur est en cours de décompte.*
* *En raison du froid ressenti au fond par l’un des plongeurs et, du fait que les paliers ont été effectués, j’indique à la palanquée de remonter à la surface.*

*A la sortie de l’eau, je conseille à mes plongeurs de s’hydrater abondamment, de se couvrir chaudement si la température ambiante est basse et de se protéger du vent éventuel. Je les surveille également durant le trajet du retour puis jusqu’à leur départ du club afin de m’assurer qu’aucun ADD ne se déclenche.*

**Sujet 3 : Les modèles de décompression (7 points)**

Votre stagiaire pédagogique souhaite préparer le cours sur la décompression qu’il présentera aux stagiaires GP lors de sa prochaine intervention. Vous approfondissez avec lui certains des points à développer.

1. **Le modèle de Haldane étant à l’origine de la plupart des modèles de décompression actuels, vous lui rappelez les principales hypothèses ayant servi à son élaboration. (4 points)**

* *Basé sur la perfusion, les hypothèses principales sont les suivantes :*
* *L’organisme est découpé en compartiments, indépendants les uns des autres, correspondant à des tissus ayant le même comportement en ce qui concerne leur charge et leur décharge en azote (période et SC).*
* *Les compartiments échangent de l’azote avec le sang et le sang échange avec les alvéoles.*
* *L’équilibre PpO2 / TN2 est instantané au niveau alvéolaire.*
* *L’équilibre TN2 / PpO2 est instantané au niveau tissulaire.*
* *La charge et la décharge de l’azote au sein d’un même compartiment se déroulent de façon exponentielle et symétrique.*
* *Chaque compartiment absorbe et élimine l’azote suivant la même formule : TN2= Ti + (Tf-Ti) x coefficient.*
* *Dans une décompression normale, tout l’azote est transporté sous forme dissoute et il n’y a pas de formation de bulles tant que TN2/Pabs ambiante est inférieure ou égale à SC (SC constant défini pour chaque compartiment).*
* *Les valeurs des coefficients de sursaturation critique sont déterminées empiriquement et en général, le rapport 2/1 est applicable dans toutes les situations de décompression, pour tous les tissus de l’organisme.*

D’autres modèles que celui de Haldane sont désormais utilisés.

1. **Citez 3 autres modèles en indiquant pour chacun sa caractéristique principale le différenciant d’Haldane. (3 points)**

*Remarque pour les correcteurs : 5 modèles sont décrits dans le corrigé afin d’être le plus exhaustif possible. D’autres modèles peuvent être proposés par les candidats. Les candidats ne doivent décrire que 3 modèles pour obtenir la note maximale.*

* *Modèle de Workman : M-Value (modèle néo haldanien) :*
* *Généralisation du modèle de Haldane incluant l’hélium.*
* *Plutôt que d’associer à chaque compartiment un seul coefficient de sursaturation critique comme dans le modèle haldanien d’origine, WORKMAN attribua à chaque profondeur de palier son propre seuil, appelé* ***M-value****.*
* *Une M-value ou valeur maximum est pour une profondeur donnée et un compartiment donné, la tension maximale admissible d’azote à cette profondeur.*
* *Modèle de Bühlmann :*
* *Il prend en compte la composition de l’air alvéolaire, et non de l’air ambiant, comme référence de gaz respiré.*
* *Il propose différentes tables en fonction de l’altitude.*
* *Il calcule et publie 2 jeux de M-Value (avec un jeu de coefficient pour l’hélium)*
* *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.*
* *Modèle de Spencer :*
* *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 avec t max : durée maximale en minute au fond sans faire de palier, P : profondeur en pied.*

* *Modèle VPM :*
* *Préexistence de noyaux gazeux (microbulles de diamètre très faible = 1 micron) dans les tissus avant même le début de la plongée.*
* *Prise en compte d’autres gaz dissous notamment le CO2.*
* *Adapté à la plongée profonde et multi-gaz.*
* *L’aptitude des noyaux gazeux à grossir ou à se contracter dépend de leur taille et de la sursaturation.*
* *Modèle RGBM :*
* *C’est un modèle mixte, tenant compte des apports d’autres modèles. Il combine les notions de diffusion, de perfusion et de taille critique des bulles circulant dans le sang.*
* *Le but du modèle RGBM est de limiter la croissance des bulles initiées par les noyaux gazeux, en maintenant leur taille à un niveau suffisamment faible pour qu’elles puissent être éliminées par le filtre pulmonaire sans provoquer d’ADD.*
* *Il prend en compte chaque gaz séparément dans le calcul de la désaturation par intégration des M-Values et leurs SC.*
* *Les avantages annoncés par le concepteur du modèle RGBM sont de réduire le risque d’ADD neurologique. Pour cela, le modèle induit des paliers profonds et courts qui sont censés réduire la quantité de microbulles circulantes. Cependant la pertinence des paliers profonds est de plus en plus remise en cause, surtout à l'air.*

**Sujet 4 : les accidents de décompression (7 points)**

Votre stagiaire pédagogique est en charge de la formation théorique des plongeurs préparant le N3. Son prochain cours porte sur les accidents de décompression et vous l’aidez à préparer ce cours. S’agissant de N3, son cours doit être principalement orienté sur la prévention et la conduite à tenir.

1. **Présentez de manière synthétique les différents types d’ADD, la localisation des bulles qui les déclenchent et les manifestations qu’ils engendrent sur un plongeur qui en est victime. (3 points)**

*On distingue les accidents bénins (type I) et les accidents graves (type II)*

*Type I : cutanés, bends*

*Type II : vestibulaires, cérébraux, médullaires*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Type d’accident* | *Localisation des bulles* | *Manifestations chez le plongeur* |
| *Cutané : puces et moutons* | *Couche adipeuse du derme, capillaires sous-cutanés* | *Puces : démangeaisons au niveau du tronc et des membres supérieurs.*  *Moutons : boursouflure ou emphysème cutané surtout au niveau ombilical et lombaire.* |
| *Ostéo-arthro-musculaire : bends* | *Tendons des articulations les plus sollicitées en plongée* | *Douleurs progressives devenant intolérables, non calmées par des antalgiques.* |
| *Vestibulaire ou labyrinthique* | *Oreille interne, artère cochléo-vestibulaire, liquide labyrinthique* | *Vertige rotatoire persistant, nausée, vomissement, perte d’audition, acouphènes, station debout impossible, nystagmus.* |
| *Cérébral* | *Les tissus cérébraux* | *Etourdissement, perte de connaissance, coma, confusion, désorientation, amnésie, troubles de l’élocution, du comportement.*  *Monoplégie, hémiplégie, paraplégie ou tétraplégie.*  *Signes neurologiques pouvant être accompagnés d’une détresse respiratoire ou d’un arrêt cardiorespiratoire.* |
| *Médullaire* | *Moelle épinière, réseau veineux lombaire* | *Douleurs sternales ou lombaires en « coup de poignard », rétention urinaire, fourmillements, ankyloses, faiblesse musculaire, troubles de la sensitivité. Evolution vers une parésie, monoplégie, paraplégie ou tétraplégie.* |
| *Respiratoire* | *Les artères pulmonaires (embolies)* | *Dyspnée, gêne respiratoire, oppression thoracique, respiration rapide et superficielle, douleur sternale, toux, crachats saumonés, cyanose. Evolution possible vers un arrêt cardiorespiratoire.* |

*Les signes cliniques apparaissent avec plus ou moins de rapidité et ne se manifestent évidemment pas systématiquement.*

1. **Face à un ADD, quels traitements doivent être mis en œuvre par un plongeur secouriste ? Quels sont les effets de chacun de ces traitements ? (3 points)**

* *Le cas échéant, faire remonter les autres palanquées encore en immersion.*
* *Alerter les secours par VHF si la plongée a lieu en mer et préciser le lieu d’accostage.*
* *Secourir : Recommandations de la CNMP (cf. fiche CAT en cas d’accident) :*
* *déséquiper la victime, la mettre au repos, alerter les secours,*
* *encourager la victime à boire 1 litre d’eau plate en fractionnant les prises,*
* *administrer de l’oxygène avec un débit de 15L/min jusqu’à l’arrivée des secours, via un masque facial à haute concentration si la victime est consciente ou par insufflation en cas d’inconscience,*
* *lui proposer 500 mg d’aspirine maximum à prendre en une fois si elle n’est pas allergique,*
* *Ce traitement (oxygène, eau, aspirine) est à administrer dans les plus brefs délais.*

***Les effets :***

* *Oxygénothérapie*

*L’inhalation d’oxygène à 15 L/min permet de compenser, après diffusion, le déficit en oxygène des cellules en aval des bouchons vasculaires. L’oxygène à 100% permet d’augmenter le gradient azote tant au niveau alvéolo-capillaire qu’entre la bulle et son environnement ce qui permet d’accélérer la désaturation tissulaire.*

* *Aspirine*

*L’ingestion de 500 mg d’aspirine a un effet antiagrégant plaquettaire, empêchant la formation de bouchons organiques et favorisant ainsi un meilleur écoulement sanguin dans les veines.*

* *Eau*

*En buvant un litre d’eau plate par petites prises régulières, on augmente la volémie pour prévenir :*

* *L’épaississement du sang dû à la diurèse d’immersion (et de froid) et à l’œdème,*
* *La réduction du diamètre des vaisseaux sanguins dû à la perte d’eau, afin de favoriser la circulation des bulles circulantes et d’éviter leur immobilisation,*
* *Un mauvais remplissage de la pompe cardiaque et donc un ralentissement sanguin.*

1. **Le Nitrox permet-il de prévenir un ADD ? Justifiez votre réponse. (1 point)**

* *Non, mais les profondeurs d’évolution étant en général moins importantes, le risque d’ADD est réduit. De même, avec un Nitrox, les quantités d’azote dissout dans les différents tissus sont moindres, ce qui réduit le risque accidentel à la remontée.*
* *Lors d’une décompression effectuée au Nitrox le gradient d’azote étant plus grand, l’élimination d’azote sera aussi plus grande et la décompression plus courte.*