

## LA DECOMPRESSION (Durée 1H30)

### 1- Résolution rapide de problèmes (7 points)

#### ATTENTION : copies ramassées au bout de 30 min

➤ **Problème n° 1** (1 pt)

Bourdon et Haldane plongent à 10h sur un fond de 33 mètres pendant 13 minutes.  
A 10h 25, ils décident de replonger à 16 mètres pendant 13 minutes.

-Procédure de décompression de leur deuxième plongée

➤ **Problème n° 2** (1 pt)

Charles et Henry plongent à 9H sur un fond de 46m pendant 16 minutes.  
A 13H, ils décident de replonger pour effectuer des exercices à une profondeur de 27m. Au bout de 9 minutes, ils effectuent une remontée trop rapide. Ils mettent 2 minutes pour atteindre leur premier palier.

-Procédure de décompression de leur deuxième plongée

➤ **Problème n° 3** (2 pts)

Gay et Lussac plongent à 10h sur un fond de 43 mètres pendant 13 minutes.  
Ils souhaitent replonger à 21 mètres pendant 46 minutes et ne pas faire plus de 20 minutes de paliers à 3 mètres..

-A quelle heure pourront-ils s'immerger au plus tôt ?

➤ **Problème n° 4** (2 pts)

Archimède et l'abbé Mariotte décident de plonger avec un mélange nitrox de 64% d'azote et de 36% d'oxygène. Ils s'immergent à 10H sur un fond de 34m. Leur plongée dure 37 minutes et se termine par une remontée rapide. Ils mettent 3 minutes pour atteindre leur premier palier.

-Procédure de décompression

➤ **Problème n° 5** (1 pt)

Dans un lac où la pression atmosphérique est de 0.8bar Joe, Jack, William et Averell décident de plonger à 10h au fond du lac où la profondeur réelle est de 28m. Leur plongée dure 21 minutes.

A 13H, ils replongent à la même profondeur pendant 16 minutes.

-Procédure de décompression de la seconde plongée

## **2- L'accident de décompression (6 points)**

Les propositions ci-jointes sont communément admises comme facteurs impliqués dans le déclenchement d'un accident de décompression. Justifiez brièvement chacune de ces données en utilisant le tableau fourni.

## **3- : Modélisation Haldannienne de l'organisme (7 points)**

A- Compte tenu de l'extrême complexité de l'organisme, le calcul de la décompression impose qu'on utilise une modélisation mathématique.

1. Justifiez cette affirmation
2. Définissez la notion de compartiment et donnez les paramètres qui le caractérisent
3. Etablissez les différences entre un compartiment et un tissu biologique

B-Pour une plongée de 2 heures à 30 mètres, en considérant exclusivement les compartiments 30 min et 60min ( $\lambda$  respectifs 1,82 et 1,58) (Evidemment, ce cas n'a aucune correspondance avec la réalité. Il n'est destiné qu'à expliciter le processus de calcul)

1. Déterminez la profondeur du premier palier
2. En imaginant une remontée instantanée, Déterminez la  $TN_2$  des deux compartiments après 1 h d'élimination à l'air
3. En imaginant une remontée instantanée, Déterminez la  $TN_2$  des deux compartiments après 1 h d'élimination à l' $O_2$

LES FACTEURS	<u>PHYSIO-PATHOLOGIE</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La profondeur de plongée</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La durée de plongée</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les paliers mal effectués</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La vitesse de remontée</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les plongées successives</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'effort (avant-pendant-après)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le froid</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La déshydratation</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La surcharge pondérale</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'âge</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'apnée</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'hygiène de vie</li> </ul>	

## EPREUVE : LA DECOMPRESSION (Durée 1H30)

Éléments de correction

### Question n° 1 : Résolution de problèmes (7 points)

**ATTENTION : copies ramassées au bout de 30'**

**ATTENTION : toute erreur donne 0 au problème**

➤ **Problème n° 1** (1 pt)

Bourdon et Haldane plongent à 10H sur un fond de 33 mètres pendant 13 minutes.

A 10H25, ils décident de replonger à 16 mètres pendant 13 minutes.

- Paliers et heure de sortie de leur deuxième plongée

**Plongée consécutive avec paliers de 1' à 6m et 20' à 3m**

**ATTENTION ! remontée de 16m seulement donc DTR = 23' soit HS = 11H01**

➤ **Problème n° 2** (1 pt)

Charles et Henry plongent à 9H sur un fond de 46m pendant 16 minutes.

A 13H, ils décident de replonger pour effectuer des exercices à une profondeur de 27m. Au bout de 9 minutes, ils effectuent une remontée trop rapide. Ils mettent 2 minutes pour atteindre leur premier palier.

- Paliers et heure de sortie de leur deuxième plongée

Plongée successive avec intervalle inférieur à 3H et GPS = J

Majoration de 15'

**Paliers de 5' à 14m (mi-profondeur) et 12' à 3m**

**DTR = 14' soit HS = 13H30**

➤ **Problème n° 3** (2 pts)

Gay et Lussac plongent à 10H sur un fond de 43 mètres pendant 13 minutes.

Ils souhaitent replonger à 21 mètres pendant 46 minutes et ne pas faire plus de 20 minutes de paliers à 3 mètres..

- A quelle heure pourront-ils s'immerger au plus tôt ?

1<sup>ère</sup> plongée GPS = H et HS = 10H24

2<sup>ème</sup> plongée : 20 mn de paliers à 3m indique une plongée d'une durée de 1H

Comme la durée réelle est de 46', leur majoration maximale pourra être de 14'

Ainsi on trouve un azote résiduel maxi de 0,92, soit un intervalle mini de 3H 30

**Donc heure de départ = 13H54**

➤ **Problème n° 4** (2 pts)

Archimède et l'abbé Mariotte décident de plonger avec un mélange nitrox de 64% d'azote et de 36% d'oxygène. Ils s'immergent à 10H sur un fond de 34m. Leur plongée dure 37 minutes et se termine par une remontée rapide. Ils mettent 3 minutes pour atteindre leur premier palier.

- Profondeur et durée des paliers
- Heure de sortie

Profondeur réelle de la plongée :  $PA \times 0,8 = 4,4 \times 0,64$  soit  $PA = 3,52$  bar

soit Profondeur réelle = 25,2m

## Paliers de 5' à 17m (mi-profondeur) et 25' à 3m

**Remontée de 17m soit une DTR = 27' soit HS = 11H12**

➤ **Problème n° 5** (1 pt)

Dans un lac où la pression atmosphérique est de 0.8bar et la température de l'eau est de 6°C, Dalton et ses frères décident de plonger à 10H au fond du lac où la profondeur réelle est de 28m. Leur plongée dure 21 minutes.

A 13H, ils replongent à la même profondeur pendant 16 minutes.

- Profondeur et durée des paliers de la deuxième plongée
- Heure de sortie de la deuxième plongée

Profondeur fictive de la plongée :  $28/0,8 = 35m$

Plongée successive avec intervalle inférieur à 2H25 et GPS = I donc TN2 = 1,00 et majo à 35 m égale à 15mn.

Majoration de 15'

### Paliers de 2' à 4,8m et 27' à 2,4m

DTR = 32' soit **HS = 13H48**

### **Question n° 2 : L'accident de décompression (7 points)**

½ par facteur favorisant + 1 point pour l'impression générale sur la question

Les propositions ci-dessous sont communément admises comme facteurs favorisant le déclenchement d'un accident de décompression. Veuillez les expliciter :

FACTEUR FAVORISANT	<u>PHYSIO-PATHOLOGIE</u>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La profondeur de plongée</li></ul>	Augmentation de la Pabs donc de la PP d'azote donc augmentation du gradient à l'interface alvéolaire. La quantité d'azote dissous sera augmentée d'autant
<ul style="list-style-type: none"><li>• La durée de plongée</li></ul>	La durée d'exposition à la pression joue sur la quantité d'azote dissous
<ul style="list-style-type: none"><li>• Les paliers mal effectués</li></ul>	Dépassement du SC, donc du filtre pulmonaire, par l'arrivée d'une trop grande quantité de bulles au niveau alvéolaire. Certaines ne peuvent pas être évacuées par la ventilation (flux sanguin) et reparte dans la circulation (shunt)
<ul style="list-style-type: none"><li>• La vitesse de remontée</li></ul>	Bulles circulantes normales sont alors soumises aux effets rapides de Mariotte avec une augmentation de volume trop rapide, qui a pour conséquence de faire une thrombose provoquant une ischémie
<ul style="list-style-type: none"><li>• Les plongées successives</li></ul>	Elles empêchent une élimination totale de l'azote. En particulier les compartiments lents garderont une certaine tension d'azote car ils peuvent mettre plus de 24 heures à éliminer complètement. Cette tension s'ajoute à celle émise par la plongée suivante et on arrive plus rapidement à un dépassement du SC
<ul style="list-style-type: none"><li>• L'effort (avant-pendant-après)</li></ul>	Effort avant ou pendant provoque une augmentation du CO2 dissous. Ces noyaux gazeux vont permettre à une plus grande quantité de molécules d'azote de trouver un substrat leur permettant de se développer et augmentera ainsi la quantité de bulles circulantes.

	Effort après la plongée augmente le dégazage par l'agitation moléculaire
• Le froid	La lutte contre le froid entraîne : une vaso-constriction périphérique pouvant piéger les micro-bulles, travail musculaire (tremblements) produisant du CO <sub>2</sub> (substrat de l'azote), envie d'uriner produisant un épaissement du sang
• La déshydratation	Provoque un épaissement du sang d'où une aggravation du sludge. Perturbation du flux sanguin avec en particulier une difficulté du retour veineux
• La surcharge pondérale	Corrélation entre lipides et ADD
• L'âge	Augmentation de la masse grasse (cf ci-dessus), structure osseuse et cartilagineuse plus fragile (Bends), diminution du volume pulmonaire, diminution des capacités aérobies jouent un rôle dans la qualité du filtre pulmonaire.
• L'apnée	Blocage respiratoire empêchant l'azote d'être éliminé par la ventilation, effort (cf ci-dessus)

### Question n° 3 : Modélisation Haldannienne de l'organisme (6 points)

1°- L'organisme est beaucoup trop complexe et présente trop de paramètres de variation dont certains ne sont pas prévisibles pour être l'objet d'un calcul de type mathématique. Variation de la fréquence cardiaque, vasomotricité, hétérogénéité du corps, variations individuelles...

2°- Compartiment : Entité fictive du corps humain ayant un comportement homogène vis-à-vis de la charge et de la décharge d'azote.

Il n'y a pas de tissu dans le corps qui ait un comportement identique à celui d'un compartiment.

Le modèle de Haldane est dit « par perfusion ». La diffusion du gaz dans un compartiment est supposée instantanée. Un modèle par perfusion est une approche physique et non biologique.

3°- Un tissu biologique est un ensemble de cellules ayant une fonction commune.

La vitesse de dissolution et de libération de l'azote dépend entre autres de la quantité de sang parvenant au tissu.

Ce débit sanguin dépend lui-même de l'activité cardiaque et du diamètre variable (vasomotricité) des vaisseaux sanguins.

La distance entre le capillaire et une cellule du tissu modifie cette vitesse : donc un tissu n'est pas homogène : c'est la négation du modèle par perfusion.

B-Pour une plongée de 2 heures à 30 mètres, en considérant exclusivement les compartiments 30' et 60' (Sc respectifs 1,82 et 1,58) ,

1. La profondeur du premier palier sera de :

$$T_0 = 0,8 \text{ bar et } T_F = 4 \times 0,8 \text{ soit } 3,2 \text{ bar}$$

#### Compartiment 30' :

$$TN_2 = T_0 + (T_F - T_0) \times 0,9375 \text{ (4 périodes)}$$

$$TN_2 = 0,8 + (3,2 - 0,8) \times 0,9375$$

$$TN_2 = 3,05 \text{ bar}$$

$$\text{Profondeur palier : } PA = TN_2/SC \text{ soit } 1,67 \text{ bar soit } \mathbf{6,7m}$$

**Compartiment 60' :**

$$TN2 = T0 + (TF - T0) \times 0,75 \text{ (2 périodes)}$$

$$TN2 = 0,8 + (3,2 - 0,8) \times 0,75$$

$$TN2 = 2,6 \text{ bar}$$

Profondeur palier : PA = TN2/SC soit 1,64 bar **soit 6,4m**

Donc 9 m

2. En imaginant une remontée instantanée, la TN2 des deux compartiments après 1 H d'élimination **à l'air** sera respectivement de :

Elimination à l'air donc TF = 0,8 bar

**Compartiment 30' :**

$$TN2 = T0 + (TF - T0) \times 0,75 \text{ (2 périodes)}$$

$$TN2 = 3,05 + (0,8 - 3,05) \times 0,75$$

$$TN2 = 1,36 \text{ bar}$$

**Compartiment 60' :**

$$TN2 = T0 + (TF - T0) \times 0,5 \text{ (1 période)}$$

$$TN2 = 2,6 + (0,8 - 2,6) \times 0,5$$

$$TN2 = 1,7 \text{ bar}$$

3. En imaginant une remontée instantanée, la TN2 des deux compartiments après 1 H d'élimination **à l'O2** sera de :

Elimination à l'O2 donc TF = 0

**Compartiment 30' :**

$$TN2 = 3,05 + (0 - 3,05) \times 0,75$$

$$TN2 = 0,76 \text{ bar}$$

**Compartiment 60' :**

$$TN2 = 2,6 + (0 - 2,6) \times 0,5$$

$$TN2 = 1,3 \text{ bar}$$