Décompression

Durée 1h30 Coefficient 4

**Question 1 : Les facteurs de risque des accidents de désaturation (8 points)**

Pour chacun des facteurs de risques suivants, indiquez brièvement leur implication dans le mécanisme des accidents de désaturation :

a) Les plongées successives répétées

b) L’essoufflement

c) La déshydratation

d) Le froid en plongée

e) L’effort pendant ou après la plongée

## Question 2 : Le FOP (6 points)

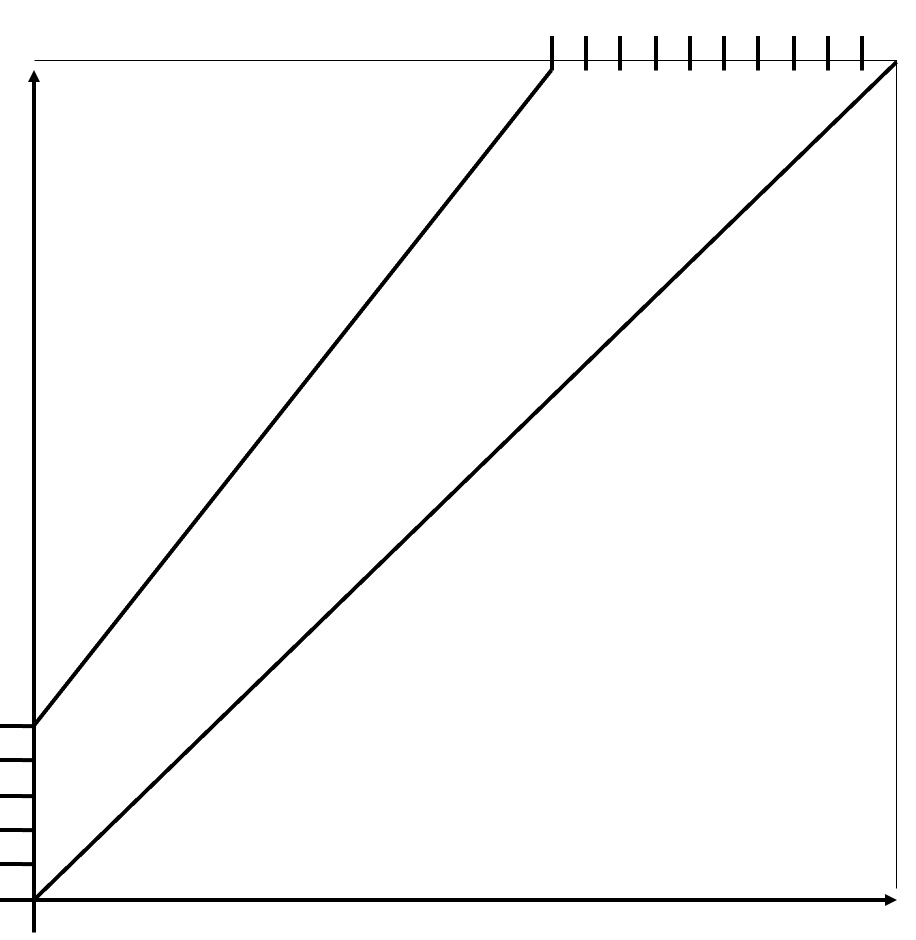
On admet qu’environ 20 à 30 % des sujets pris au hasard dans la population présentent un foramen ovale perméable (FOP). Or 75% des accidentés de l’oreille interne présentent cette caractéristique.

1. Décrivez anatomiquement ce qu’est le foramen ovale perméable.
2. Exposez le mécanisme physiologique mettant en cause le FOP dans l’ADD vestibulaire.
3. Citez et explicitez les circonstances qui peuvent provoquer l’ouverture du FOP pendant et après la plongée ?

**Question 3 : Les M-Values et les Facteurs de Gradient du modèle Bühlmann (6 points)**

1. Définissez le terme M-Value.
2. Indiquez sur le graphique joint la droite de pression ambiante et la droite des M-Values
3. Indiquez à quoi correspondent les deux axes (vertical et horizontal).
4. Tracez la droite correspondant à un GF (facteur de gradient) 10/80.
5. Expliquez pourquoi lors d’une plongée à l’air, l’utilisation d’un "GF bas" faible impactera le profil de désaturation ?

**Graphique de la question 3.b, à joindre à votre copie**



**RÉFERENTIEL DE CORRECTION**

**Question 1 : Les facteurs de risque des accidents de désaturation (8 points)**

Pour chacun des facteurs de risques suivants, indiquez brièvement leur implication dans le mécanisme des accidents de désaturation :

a) Les plongées successives répétées (2 pt) :

* *L’étude DAN Europe (Safe dive) a montré que lors des plongées successives rapprochées la quantité de bulles détectables à l’issue de la plongée était près de deux fois supérieures que lors d’une plongée simple. A limiter en respectant un intervalle de 3 à 4 heures entre chaque plongée.* ***(Nb : référence de l’étude non demandée)***
* *Empêchent l’élimination totale de l’azote, en particulier au niveau des compartiments lents : l’ordinateur affiche des désaturations supérieures à 24h.*
* *Cette tension résiduelle s’ajoute à l’azote dissout pendant la plongée suivante et on arrive plus rapidement à la sursaturation critique de certains compartiments.*

b) L’essoufflement (1 pt) :

* *Provoque une augmentation de la perfusion tissulaire de l’azote.*
* *Augmente la quantité de CO2 produit par l’organisme, ce qui :*
* *favorise l’apparition de noyaux gazeux (affinité N2/CO2)*
* *perturbe l’élimination de l’azote au niveau pulmonaire : la ventilation superficielle aux dépends de l’expiration est moins efficace.*

c) La déshydratation (1 pt) :

* *Diminue la fluidité du sang 🡪 écoulement plus difficile 🡪 diminution de l’élimination de l’azote au niveau du filtre pulmonaire.*
* *Augmente l’effet Sludge, en cas d’accident.*
* *Après la plongée : L’hypovolémie provoque une baisse de la pression artérielle, une augmentation de la fréquence cardiaque ce qui altère la perfusion et donc le dégazage.*

d) Le froid en plongée (1 pt)

* *Augmentation de la production de C02 (idem essoufflement)*
* *L’augmentation du rythme ventilatoire et cardiaque pour produire de la chaleur 🡪 augmentation de la surface de contact (+ d’alvéoles en fonctionnement) 🡪 augmentation de la vitesse de la dissolution N2*
* *Provoque une vasoconstriction au niveau de la peau (2ème tissu par ordre d’importance) 🡪 surcharge des autres compartiments qui absorbent une partie de l’azote qui lui serait normalement destinée*

e) L’effort pendant ou après la plongée (2 pt)

* *Pendant la plongée*
* *L’augmentation du rythme ventilatoire et cardiaque pour évacuer le CO2 en excès 🡪 augmentation de la surface de contact (+ d’alvéoles en fonctionnement) 🡪 augmentation de la vitesse de la dissolution N2, de la perfusion tissulaire et de la quantité d’azote dissous.*
* *Provoque une augmentation du CO2 dissous 🡪 augmentation du nombre de noyaux gazeux.*
* *Ces noyaux gazeux vont absorber de l’azote ce qui augmente la quantité de bulles circulantes.*
* *Après la plongée*
* *Les microbulles formées à la remontée peuvent être détectées au Doppler : limiter l’activation métabolique et la production de CO2 par l’effort*

f) Monter en altitude ou prendre l’avion précocement après une plongée (1 pt) :

* *En altitude la PpN2 est plus basse, donc le gradient augmente.*
* *Les tissus atteignent plus vite leur seuil de sursaturation critique*
* *Altitude : attendre 6 à 12 H*
* *Avion : attendre 12 à 24 H*

## Question 2 : Le FOP (6 points)

On admet qu’environ 20 à 30 % des sujets pris au hasard dans la population présentent un foramen ovale perméable (FOP). Or 75% des accidentés de l’oreille interne présentent cette caractéristique.

1. Décrivez anatomiquement ce qu’est le foramen ovale perméable. (2 pts)

*Le foramen ovale est une communication située au niveau de la paroi entre les deux oreillettes chez le fœtus permettant la vie du fœtus. Il se ferme à la naissance lorsque les poumons deviennent fonctionnels. Mais 25 à 30% de la population présente une anomalie qui est une perméabilité de la paroi séparant les deux oreillettes.*

1. Exposez le mécanisme physiologique mettant en cause le FOP dans l’ADD vestibulaire. (2 pts)

* *Pendant la remontée,*
* *Le sang veineux est chargé de micros bulles circulantes. Le trajet normal de ces bulles est : Oreillette D* 🠚*Ventricule D* 🠚*Artères pulmonaires* 🠚 *Élimination par les poumons.*
* *Dans le cas normal, la pression à l'intérieur de l'oreillette gauche étant supérieure à celle de l'oreillette droite, la membrane constituant le foramen ovale est plaquée et le Foramen est fermé même s'il est perméable.*
* *Mais l'immersion favorise le retour veineux vers le cœur droit donc la pression intra auriculaire augmente jusqu'à être sensiblement égale à celle de l'oreillette gauche En cas de FOP, une légère surpression dans cette oreille droite provoquée par un Valsalva, une toux, ou un effort, peut suffire à ouvrir le FOP.*
* *Le trajet des micros bulles d'azote devient alors : Oreillette D* 🠚*Oreillette G* 🠚*Ventricule G* 🠚*Aorte* 🠚*donc admission de bulles dans la circulation artérielle générale pouvant provoquer un ADD de type cérébral et vestibulaire.*

1. Citez et explicitez les circonstances qui peuvent provoquer l’ouverture du FOP pendant et après la plongée ? (2 pts)

* *Pendant la plongée*
* *Une manœuvre de Valsalva, une toux, un spasme, un blocage respiratoire, un gonflage à la bouche, un effort violent en fin de plongée favorisent l’ouverture du foramen ovale.*
* *Après la plongée :*
* *Un effort entrainant une variation brutale de  la pression intra thoracique (remontée du mouillage, portage de blocs..) ; un effort avec blocage de la ventilation ; l’apnée*

**Question 3 : Les M-Values et les Facteurs de Gradient du modèle Bühlmann (6 points)**

1. Définissez le terme M-Value. (1 pt)

*En fonction d’une pression ambiante donnée, une M-Value est une valeur maximale de pression que peut supporter un compartiment hypothétique sans présenter de symptômes d’accident ou de maladie de décompression. Elle correspond, pour chaque compartiment, à la limite d’écart maximal entre la pression de gaz interne dissous et la pression ambiante.*

1. Indiquez sur le graphique joint la droite de pression ambiante et la droite des M-Values. (1 pt).

* *La droite de pression ambiante passe par zéro (0,5 pt)*
* *La droite des M-VALUES coupe l’axe des ordonnées (vertical), indiquant la valeur du "coefficient a" de Bühlmann (0,5 pt).*

1. Indiquez à quoi correspondent les deux axes (vertical et horizontal) (1 pt).

*L’axe des ordonnées (vertical) correspond à la pression de gaz inerte dans un compartiment.*

*L’axe des abscisses (horizontal) correspond à la pression absolue ambiante.*

1. Tracez la droite correspondant à un GF (facteur de gradient) 10/80. (1 pt)

*En pointillés.*



1. Expliquez pourquoi lors d’une plongée à l’air, l’utilisation d’un "GF bas" faible impactera le profil de désaturation ? (2 pts)

* *La droite des M-VALUES correspond à des GF bas et haut de 100%.*
* *L’usage d’un GF bas faible éloigne de la droite des M-VALUES; cela va générer un palier très tôt au cours de la baisse de pression absolue ambiante (soit lors de la remontée), c’est le palier profond.*
* *Ce palier profond va engendrer une durée supplémentaire en profondeur et favoriser la charge de certains compartiments (tissus lents) et augmenter le temps total de décompression.*
* *Un réglage faible (par exemple 10%) du "GF bas", va générer des paliers profonds.*
* *Un réglage haut (par exemple 85%) du "GF bas", permet de rester proche de la droite des M-Values et va dans le sens de la sécurité, pour la plongée à l’air.*
* *Il n’est pas conseillé de plonger à l’air avec des "GF bas" faible, cet usage va engendrer des paliers profonds. Le risque d’A.D.D. peut-être augmenté par la réalisation de paliers profonds, à l’air. Cette pratique est déconseillée.*