

ÉPREUVE DE PHYSIQUE – 45 minutes

Question n°1 (2 points) :

La vision est modifiée en environnement subaquatique, notamment la taille et la distance apparente des objets. Expliquez dans quelles proportions.

La taille paraît augmentée dans une proportion de $4/3$ (1 point).

La distance paraît plus courte dans une proportion de $3/4$ (1 point)

Question n°2 (4 points) :

- Avec quels nitrox pouvez-vous plonger au maximum à 40 m sans dépasser une pression partielle d'oxygène de 1,6 bar ?

$PpO_2 \text{ max} = 1,6 \text{ bar}$. Avec une PA de 5 bars (40 m), le % d'O₂ sera de $1,6 / 5 = 0,32$.

Il s'agit donc de tout nitrox inférieur ou égal à 32/68 (1 point)

- Par sécurité, vous êtes invité à ne pas dépasser 1,4 bar de pression partielle d'oxygène à cette même profondeur, quelle proportion d'azote votre nitrox doit-il comporter ?

Dans ce cas, le % d'O₂ sera de $1,4 / 5 = 0,28$.

Il s'agira cette fois d'un nitrox 28/72 avec 72% d'azote. (1 point)

- Quelle est la pression partielle de l'oxygène lorsque vous plongez à 60m à l'air (contenant 20% d'oxygène) ?

$PpO_2 = 7 \times 0,2 = 1,4 \text{ bar}$ (1 point)

- Pourquoi les paliers à l'oxygène pur ne sont-ils permis qu'à 3 et 6 mètres ?

A 9m, la PpO_2 est de 1,9 bar... (1 point)

Question n°3 (1 point) :

Un plongeur équipé a un volume de 90 dm³ et pèse 86,7 kg ; de combien de kg de plombs (dont le volume sera négligé) doit-il se lester pour être équilibré dans une eau de mer de densité 1,03 ?

On cherche $P_{\text{apparent}} = P_{\text{réel}} - (\text{Volume} \times 1,03) = 86,7 - (90 \times 1,03) = 86,7 - 92,7 = -6$.

Le plongeur doit donc ajouter 6 kg de plomb pour être équilibré (1 point)

Question n°4 (4 points) :

Vous utilisez un bloc d'une capacité de 6 litres de capacité gonflé à 175 bars pour gonfler un parachute d'une capacité de 300 litres à 40 mètres sous la surface.

- Quel volume d'air maximal allez-vous introduire dans ce parachute ?
- Si vous remontez, à quelle profondeur le parachute sera-t-il plein ?

Capacité bloc = $6 \times 175 = 1.050 \text{ l}$ soit 1.044 litres utiles en surface ou $1.050 - (6 \times 5) = 1.020$ litres utiles à 40m.

On peut donc introduire $1050 / 5 = 210$ litres dans le parachute. (2 points)

$P_1V_1 = P_2V_2$ avec $5 \times 210 = P_2 \times 300$, d'où $P_2 = (5 \times 210) / 300 = 3,5 \text{ bars}$, soit 25 mètres. (2 points)

Question n°5 (4 points) :

On considère que l'organisme d'un plongeur peut être modélisé en 4 compartiments de période 15, 20, 30 et 60 minutes, ce plongeur effectuant une plongée d'une durée de 60 minutes à 30 mètres.

Indiquez les tensions d'azote à l'issue des 60 minutes de plongée pour chaque compartiment.

(P_{pN_2} de l'air en surface = 0,8 bar)

Tissu	Nb périodes	% saturation	TN ₂ initiale	P Abs fond	PpN ₂ fond	TN ₂ finale
15	4	93,75%	0,8 b	4 b	3,2 b	3,05 b
20	3	87,50%	0,8 b	4 b	3,2 b	2,9 b
30	2	75%	0,8 b	4 b	3,2 b	2,6 b
60	1	50%	0,8 b	4 b	3,2 b	2 b

Question n°6 (5 points) :

Vous disposez d'une rampe de 3 tampons d'une capacité de 30 litres chacun gonflés chacun à 200 bars ; vous devez utiliser ces tampons pour gonfler votre bloc de 15 litres ayant subi une inspection visuelle et dont la robinetterie vient d'être remontée (remarque : il s'agit d'un bloc dont la pression de service est égale à 230 bars).

Vous pouvez :

- soit utiliser les 3 tampons simultanément et gonfler votre bloc,
- soit gonfler votre bloc sur chaque tampon en trois étapes successives.

Calculez la pression finale du bloc à l'issue du gonflage pour chacune des deux méthodes. Expliquez quelle méthode vous allez choisir en justifiant votre choix.

1° méthode (équilibre sur les 3 tampons en série) :

$$(200 \times 90) + (1 \times 15) = P \times (90 + 15)$$

$$18000 + 15 = P \times 105$$

$$P = 18015 / 105 = 171,57 \text{ bars (1 point)}$$

2° méthode (équilibre successif avec chaque tampon pris isolément) :

1° tampon : $(200 \times 30) + (1 \times 15) = P \times (30 + 15)$

$$6000 + 15 = P \times 45$$

$$P = 6015 / 45 = 133,67 \text{ bars (1 point)}$$

2° tampon : $(200 \times 30) + (133,67 \times 15) = P \times (30 + 15)$

$$6000 + 2005 = P \times 45$$

$$P = 8005 / 45 = 177,89 \text{ bars (1 point)}$$

3° tampon : $(200 \times 30) + (177,89 \times 15) = P \times (30 + 15)$

$$6000 + 2668,33 = P \times 45$$

$$P = 8668,33 / 45 = 192,63 \text{ bars (1 point)}$$

La 2° méthode permet donc de gonfler le bloc à une pression plus élevée (1 point).

ÉPREUVE DE TABLES – 45 minutes

Question n°1 : question à durée limitée à 3 minutes (2 points)

Plongée de 28 minutes à 39 mètres. Après 14 minutes à 3 mètres vous interrompez votre palier et vous retrouvez en surface. Indiquez les paramètres demandés.

Paramètres	Résultats
Durée de la plongée	
Temps maxi pour rejoindre le palier interrompu (1pt)	
Durée totale des différents paliers (1pt)	
GPS	

Paramètres	Résultats
Durée de la plongée	28 min à 39 mètres
Temps maxi pour rejoindre le palier interrompu (1pt)	3 min
Durée totale des différents paliers (1pt)	4 min à 6m + (14 + 28 min) à 3m = 46 min
GPS	K

Question n°2 question à durée limitée à 3 minutes (2 points)

Suite à une panne d'air lors d'une plongée de 18 minutes à 20 mètres, vous remontez en 30 secondes en surface et vous vous retrouvez au premier palier dans le temps maximum accepté par la procédure

Paramètres	Résultats
Temps maxi pour rejoindre le palier (a)	
1^{er} palier (a)	
Temps de plongée	
2^{ième} palier (b)	

Paramètres	Résultats
Temps maxi pour rejoindre le palier (a)	3 min
1^{er} palier (a)	5 min à 10 mètres
Temps de plongée	18 + 3 + 5 min = 26 min
2^{ième} palier (b)	2 min à 3 mètres

(a) : 0,5 point pour les 2 paramètres

(b) : 1 point

Pour la résolution des questions 3 à 5 ci après, vous devez joindre vos schémas de plongée afin que les correcteurs puissent suivre votre démarche et vous accorder des points en cas d'erreur finale

Question n°3 (5 points)

Deux plongeurs N3 s'immergent dans un lac de montagne. Ils sont chacun équipés d'un profondimètre électronique et l'un d'entre eux dispose d'un profondimètre de type capillaire qu'il a récemment découvert dans un vide-grenier.

Arrivés au fond, les profondimètres électroniques indiquent 36 mètres alors que le profondimètre capillaire indique 45 mètres.

Sachant que cette palanquée est partie à 10 heures et que la durée de la plongée est de 17 minutes, indiquez :

- 1) la profondeur réelle atteinte,
- 2) la pression atmosphérique à la surface du lac,
- 3) la profondeur réelle des paliers éventuels et leur durée,
- 4) la profondeur des paliers lue sur chaque type de profondimètre,
- 5) l'heure de sortie.

Pression atmosphérique au niveau de la mer : 760 mm Hg

- 1) Profondeur atteinte = profondeur lue sur les profondimètres électroniques => 36m (1 point)
- 2) Profondeur fictive = profondeur lue sur le profondimètre capillaire = 45m. Or Prof. fictive = Prof. réelle X (760 / pression lac), d'où pression lac = Prof réelle X (760 / Prof. Fictive) = 608 mm Hg ou 0,8 b (1 point)
- 3) Paliers de 3 à 4,8 m (6 x 0,8) et 15 à 2,4 m (3 x 0,8) (1 point)
- 4) Profondeur lue 4,8 à 6 m et 2,4 à 3 m sur les profondimètres électroniques et 6 et 3m sur le modèle capillaire (1 point)
- 5) Heure de sortie :

Immersion	10h00
Durée plongée	17'
Durée remontée	3'
Durée paliers	18'
Durée remontée entre paliers	1'
Heure de sortie :	10h39 (1 point)

Question n°4 (4 points)

Deux plongeurs niveau 3 et qualifiés « plongeur nitrox » planifient une plongée de 40 minutes à 32 mètres et souhaitent utiliser un nitrox 32/68.

Ils débutent leur plongée à 11h15.

Quels seront :

- la durée et la profondeur des paliers éventuels,
- l'heure de sortie,
- le GPS.

Nota : composition de l'air = 20% d'O₂ et 80% de N₂

Contrôle PpO₂ = 4,2 X 0,32 = 1,344 bar. OK (1 point)

Calcul de la profondeur équivalente

PAE = 4,2 X (68/80) = 3,57 b, soit une profondeur équivalente de 25,7 mètres (26 mètres à retenir, soit 28 mètres dans la table) (1 point)

Palier de 19 minutes à 3 mètres (1 point).

Heure de sortie = 11h15 + 40 + 3 + 19 = 12h17 et GPS = J (1 point)

Question n°5 (7 points)

A 10H00, vous vous immergez avec 2 plongeurs N3 que vous emmenez en exploration à 34 mètres. Vous amorcez la remontée à 10h17.

Quels seront :

- la durée et la profondeur des paliers éventuels,
- l'heure de sortie,
- le GPS.

Vous souhaitez replonger à 25 mètres le plus rapidement possible et avez à votre disposition de l'oxygène pur que vous pourrez inhaler en surface.

Quelle doit être la durée de votre inhalation d'oxygène pur afin de limiter votre majoration à 8 minutes ?

Vous replongez au plus tôt, après la durée d'inhalation d'oxygène pur que vous venez de calculer, pendant 16 minutes mais la profondeur réellement atteinte n'a été que de 21 mètres.

Quelle procédure allez-vous adopter ?

Indiquez :

- la durée et la profondeur des paliers éventuels,
- l'heure de sortie.

1° plongée : paliers de 5 minutes à 3 mètres (1 point).

Heure de sortie = 10h + 17 + 3 + 5 = 10h25 et GPS = H (1 point)

Pour 8 minutes de majoration à 25 mètres, l'azote résiduel est de 0,89 (tableau II), ce qui donne dans le tableau III une durée d'inhalation de 1h30 (1 point).

2° plongée à 11h55 (10h25 + 1h30).

La procédure à adopter est la suivante : on garde la majoration et on détermine les paliers avec la profondeur utilisée pour le calcul prévisionnel, soit ici une plongée de 16 + 8 = 24 minutes à 25 mètres (2 points)

Palier de 1 minute à 3 mètres (1 point).

Heure de sortie : 11h55 + 16 + 2 + 1 = 12h14 (1 point).

EPREUVE D'ACCIDENTS – 45 minutes

Question n°1 (4 points)

Dès sa sortie de l'eau, un plongeur fraîchement promu N1 tousse énergiquement, crache du sang et a du mal à se déplacer sur le bateau. Son encadrant indique qu'il n'a pas pu ralentir ce plongeur pris d'une crise de panique à 6 mètres de la surface.

Que suspectez-vous (justifiez votre réponse en explicitant brièvement le mécanisme) et que mettez-vous en œuvre pour secourir ce plongeur ?

Il s'agit d'une surpression pulmonaire (SP).

Elle représenterait 10 à 20 % des accidents en scaphandre et réunit deux caractéristiques en une redoutable association:

- un accident gravissime (parfois mortel pour une victime éloignée d'une couverture médicale) ;*
- un accident des faibles profondeurs. Si l'on peut retenir que le contexte de celui-ci est la zone des 10 m, il faut également avoir en tête que 2 à 3 m suffisent à occasionner un traumatisme grave.*

(1 point)

Le mécanisme de la SP est lié à l'application de la loi de Boyle – Mariotte (variations de pressions et de volumes).

Lorsque le plongeur remonte vers la surface, le volume de gaz intra pulmonaire augmente (loi de Boyle - Mariotte : $PV = \text{constante}$). Si pour une raison quelconque le volume de gaz ne peut s'échapper des voies aériennes, ce dernier va continuer à se dilater jusqu'à atteindre la limite d'élasticité des poumons et provoquer :

- des fissurations alvéolaires, bronchiques, pleurales, avec ou sans pneumothorax, pneumo médiastin, emphysème sous-cutané.*
- le passage de gaz vers les vaisseaux sanguins pulmonaires, puis dans la circulation sanguine systémique : l'embolisation touche principalement les artères cérébrales.*

(1 point)

La fermeture des voies aériennes est essentiellement due à 3 types de causes.

A) Un blocage volontaire de la ventilation. C'est le cas des plongeurs qui pratiquent une apnée à la remontée par peur de manquer d'air lors d'une remontée sans embout ou d'une remontée à deux sur un embout mal contrôlée. C'est aussi le cas des plongeurs en apnée qui lors de séances d'entraînement "mixtes" (apnée-scaphandre) réclament (et obtiennent) de l'air en profondeur auprès d'un plongeur en scaphandre. La manœuvre de Valsalva implique un blocage de la glotte, si cette manœuvre d'équilibrage des oreilles normalement effectuée à la descente est malencontreusement effectuée à la remontée elle peut engendrer une surpression pulmonaire.

B) Une fermeture réflexe de la glotte (qui peut avoir des causes réflexes, on parle alors de spasme laryngé ou de spasme laryngo-glottique. Ce spasme est provoqué par une panique qui peut s'interpréter comme un réflexe de survie de mammifère terrestre dans le cas d'une irruption d'eau au niveau des muqueuses des voies aériennes supérieures. La panique peut avoir différentes origines. Elle peut en particulier suivre un essoufflement mal maîtrisé, la gravité de l'accident est alors amplifiée par le fait que le retour à la surface se fait poumons pleins, la ventilation bloquée au sommet de l'inspiration.

C) Des anomalies physiologiques / anatomiques ou une maladie. La SP peut se produire alors que le larynx est parfaitement ouvert et laisse libre passage à l'air. L'obstacle à la "vidange" pulmonaire est dans ce cas situé plus bas. Ces obstacles sont dus à des maladies pulmonaires. Il peut s'agir d'une imperfection pulmonaire ou d'une bronchite chronique, un bouchon de mucosité à l'intérieur des bronches empêche alors l'évacuation de l'air. On parle parfois dans ces cas de "bronches à clapets". Une crise d'asthme créant un blocage expiratoire peut également engendrer une surpression pulmonaire. Au rang des anomalies physiologiques causes de la surpression pulmonaire, il faut évoquer la laryngocèle. Il s'agit là d'un repli à l'intérieur du larynx qui peut emprisonner à la remontée un volume gazeux qui, se dilatant, va obturer les voies aériennes supérieures.

La prise en charge en l'absence d'un médecin spécialiste de plongée va être la même que le traitement de l'accident de décompression. Les troubles cardio-respiratoires liés aux deux accidents sont assez

semblables, ces deux accidents sont de plus souvent liés. En particulier l'aspirine est proposée, même si celle-ci peut avoir un effet néfaste sur l'aspect hémorragique de l'accident, il faut privilégier le traitement circulatoire de l'affection. Il faut faire adopter à l'accidenté une position qui lui permette de se ventiler le mieux possible en diminuant la douleur thoracique. On adopte pour cela la position étendue déclive ou la position semi assise.

On prévient les secours, on place la victime sous O₂ et direction le caisson.

(2 points)

Question n°2 (2 points)

En remontant sur le bateau, un plongeur N3 doit se tenir pour rester debout et se plaint de vertiges. Ses camarades de palanquée rapportent que ce plongeur était enrhumé et a beaucoup forcé sur ses oreilles à la descente et au fond. Les vertiges s'estompent puis disparaissent en quelques minutes alors qu'on a allongé le plongeur N3.

Que suspectez-vous et que mettez-vous en œuvre pour secourir ce plongeur ?

Il s'agit d'un vertige alternobarique. Ses symptômes sont à distinguer d'un ADD de l'oreille interne dans la mesure où ils disparaissent rapidement. En effet, il s'agit d'un vertige isolé et transitoire, et totalement régressif à la sortie de l'eau. Après l'incident, aucun signe de souffrance vestibulaire ne doit persister et aucun signe d'atteinte auditive ne doit exister. Dans le cas contraire, il s'agirait alors d'un accident d'oreille interne (barotraumatisme ou accident de décompression), dont le mécanisme et le pronostic sont très différents

C'est un syndrome vestibulaire périphérique de type irritatif. Il survient plus souvent à la remontée, aussi bien en apnée qu'en scaphandre. Il est en relation avec une asymétrie pressionnelle brutale entre les deux oreilles moyennes, en rapport avec une dysperméabilité tubaire.

Ce vertige est un incident, mais il représente une menace réelle pour le plongeur en cas de panique avec risque de noyade. Des manœuvres de Valsalva répétées au cours d'allers-retours, des forçages suite à des Valsalva violents, un encombrement nasal fréquent après un certain de plongée (en particulier en apnée-pêche sous-marine) sont divers éléments qui vont favoriser une congestion de l'orifice tubaire et de la trompe d'Eustache. Ceci conduit à une dysfonction tubaire créant une surpression dans la caisse d'oreille moyenne d'un seul côté. Cette asymétrie de la pression d'ouverture d'une trompe par rapport à l'autre crée une stimulation asymétrique des labyrinthes siégeant à proximité, et va se traduire par un syndrome irritatif vestibulaire.

(1 point)

Il suffit d'attendre que la différence de pression entre les deux oreilles moyennes s'estompe.

Au moment de l'incident dans l'eau, il faut stopper la remontée, qui ne ferait qu'aggraver le problème. Il faut pratiquer des déglutitions ou éventuellement la manœuvre de Toynbee (inspiration nasale, nez pincé, avec déglutition), et surtout pas de Valsalva ce qui aggraverait la situation. Le plongeur peut être amené à redescendre d'un mètre ou deux pour réduire la différence pressionnelle dont nous parlions dans le mécanisme

(1 point)

Question n°3 (2 points)

Alors qu'il a ressenti une douleur aigue à ses sinus maxillaires durant son début de descente, un plongeur a néanmoins poursuivi sa descente. Que devra-t-il faire en cas de nouveau blocage de ses sinus à la remontée et que lui conseilleriez-vous pour éviter à l'avenir ce type d'accident (à la descente comme à la remontée) ?

En cas de blocage des sinus à la remontée, il faut s'arrêter (attention à la gestion d'air et aux paliers...) et se moucher pour tenter de favoriser le passage de l'air dans les ostia. Attention cependant à ne pas se moucher trop énergiquement (risque FOP...)

(1 point)

En tout état de cause, il ne faut pas :

- avoir forcé précédemment à la descente (un sinus congestionné et endommagé à la descente sera d'autant plus fragilisé à la remontée) ;

- avoir utilisé un décongestionnant nasal, qu'il soit vasodilatateur ou vasoconstricteur. Les effets de ces produits sont de trop courte durée et risquent de mettre le plongeur en situation délicate à la remontée ;

- hésiter – en cas de récurrence - à consulter un ORL afin de déceler une éventuelle malformation (kyste par exemple) au sinus.

(1 point)

Question n°4 (6 points)

Trop lesté et ne maîtrisant pas son palmage, un plongeur débutant n'arrive pas se déplacer en surface et commence à « faire le bouchon » sans pouvoir s'agripper à l'échelle. Malgré ses efforts, il boit la tasse à plusieurs reprises. Sorti de l'eau, ce débutant est très agité, présente des troubles de la ventilation et sa température corporelle semble basse.

Que suspectez-vous, à quel stade cet accidenté se situe-t-il et que mettez-vous en œuvre pour le secourir ?

Quelles seront les conséquences de son ingestion répétée d'eau suivant que cet incident aura lieu en mer ou en piscine ?

Nous sommes en présence d'une noyade.

Sur les 4 stades de la noyade (1 : aquastress ; 2 : petit hypoxique ; 3 : grand hypoxique ; 4 : anoxique), l'accidenté est visiblement au stade 2 (petit hypoxique).

(2 points)

A ce stade, il convient de mettre l'accidenté sous O₂, de surveiller ses fonctions cardio-respiratoires et de le faire transporter après médicalisation. Les secours auront été prévenus dès la sortie de l'eau.

(2 points)

En mer ou en piscine, les effets d'une noyade sont différents. L'intrusion d'eau dans les poumons a pour première conséquence une destruction plus ou moins rapide du surfactant, d'où de graves perturbations dans les échanges gazeux.

En eau de mer, le sang (9g de sel par litre) est hypotonique par rapport à l'eau de mer (35g de sel par litre). C'est l'eau du sang qui va passer dans les alvéoles (pleines d'eau de mer), entraînant :

- une hémococoncentration (diminution de la masse sanguine) ;
- une augmentation de la concentration des sels dans le sang provoquant une modification de la mécanique musculaire (convulsion, fibrillation du muscle cardiaque) ;
- un œdème aigu du poumon qui peut induire la destruction de la barrière alvéo-capillaire et amener la spume dans la bouche ;
- une diminution des échanges respiratoires ;
- une hypertension.

En piscine, le sang est hypertonique par rapport à l'eau douce (non salée). Il y a donc passage de la solution hypotonique à travers les alvéoles, entraînant :

- une hémodilution ;
- une augmentation du volume sanguin surchargeant la pompe cardiaque et provoquant une hypotension ;
- une diminution des hématies (hémolyse) qui se remplissent d'eau et éclatent, d'où diminution des échanges gazeux ;
- ne diminution de la concentration des sels dans le sang

(2 points)

Question n°5 (6 points)

Au retour d'une plongée profonde (55 mètres), un plongeur se plaint de fourmillements à la jambe gauche puis progressivement à la jambe droite.

Que suspectez-vous, que mettez-vous en œuvre pour secourir ce plongeur ?

Expliquez les mécanismes de cet accident et les mesures préventives à prendre lors de plongées profondes.

On suspecte un ADD de type neurologique (paraplégie).

(1 point)

Prise en charge : protéger la victime (risque de chute), prévenir les secours, administrer de l'O₂ (15l/min), réhydrater (1l par petites prises), proposer de l'aspirine (500 mg) sauf contre-indication déclarée ou inconscience, rappel des autres plongeurs, récupérer les ordinateurs de la palanquée, interroger les autres membres de la palanquée sur les conditions de la plongée.

(1 point)

Mécanisme (Haldane)

En profondeur la pression totale augmente. Le plongeur qui est parti avec son corps en état d'équilibre avec l'air à la pression atmosphérique se trouve en état de sous saturation par rapport à l'air sous pression qu'il respire. Son corps va donc se charger en azote dissous pour aller vers un nouvel état d'équilibre.

Selon le temps qu'il a passé au fond le plongeur a, à peu près, atteint un nouvel état d'équilibre avec l'air sous pression qu'il respire. Mais il a, de toute façon, dissous dans son corps une quantité d'azote plus grande que celle qui correspond à l'état d'équilibre en surface.

Lors de la remontée la pression totale diminue. Le plongeur quitte le fond avec une quantité d'azote plus importante que la quantité d'équilibre en surface, il va à un moment ou un autre se trouver en état de sursaturation par rapport à l'air qu'il respire.

Jusque là, les trajets sont les mêmes lors d'une plongée normale et d'une plongée anormale.

Si cette sursaturation reste en dessous d'un certain seuil, la désaturation se fera sans problème.

Si par contre cette sursaturation dépasse un certain seuil (état de sursaturation critique), la désaturation se fera avec dégagement de bulles. Chacune de ces bulles de gaz est soumise à la loi de Mariotte et à la loi de Henry : elle va augmenter de volume avec la diminution de pression et elle va se nourrir de l'azote des tissus aux alentours.

Ces bulles vont provoquer divers troubles (obstructions de vaisseaux, dilacération de tissus...) selon l'endroit ou elles se localisent, c'est l'accident de décompression. Mais surtout, les bulles vont déclencher toute une chaîne de réactions biologiques, que l'on appelle la Maladie de Décompression.

L'action directe (accident bullaire primitif) :

- les bulles obstruent mécaniquement les vaisseaux sanguins ce qui prive les tissus d'oxygène, d'évacuation des déchets et d'élimination de l'azote (ischémie).

- les bulles compriment les filets nerveux provoquant des douleurs, des sensations sans causes de type picotement par exemple (paresthésies), des insensibilités, voire des paralysies.

- les bulles abiment les parois des vaisseaux sanguins, soit en se dilatant à l'intérieur de ceux ci, soit en passant du tissu vers le vaisseau à travers la paroi.

La moelle épinière est un corps assez gras qui dissout très bien les gaz. Cela en fait une importante zone de dégazage.

Par ailleurs la moelle épinière est particulièrement mal vascularisée, la circulation se fait dans des veines de petits diamètres, dépourvues de valvules, ou le sang peut circuler dans un sens ou l'autre, voire stagner. Il y a aux niveaux des renflements de la moelle épinière des lacis veineux complexes où la circulation se fait particulièrement mal.

Ceci fait que le circuit veineux de la moelle est localement très sensible au cercle vicieux de la maladie de décompression. On parle de dégazage en cascade.

Il y a deux zones de la moelle épinière particulièrement défavorables : aux alentours du renflement lombaire et secondairement, du renflement cervical. Ces deux sites sont respectivement responsables des paraplégies et des tétraplégies.

(2 points)

Prévention : respecter la vitesse de remontée (lente), faire les paliers dans de bonnes conditions, limiter le temps et la profondeur de la plongée, être en bonne forme physique, éviter les efforts pendant et après la plongée, se protéger du froid, éviter de plonger s'il y a prise de médicaments, éviter les profils à risque (inversés, yoyo, intervalle court), proscrire les hyperpressions thoraciques (risque FOP) donc pas de Valsalva à la remontée par exemple, pas d'apnée après la plongée, pas de montée en altitude ni d'avion, limiter le nombre de plongées à 2 par jour et respecter un intervalle suffisant avant la 2° plongée, privilégier une décompression au nitrox.

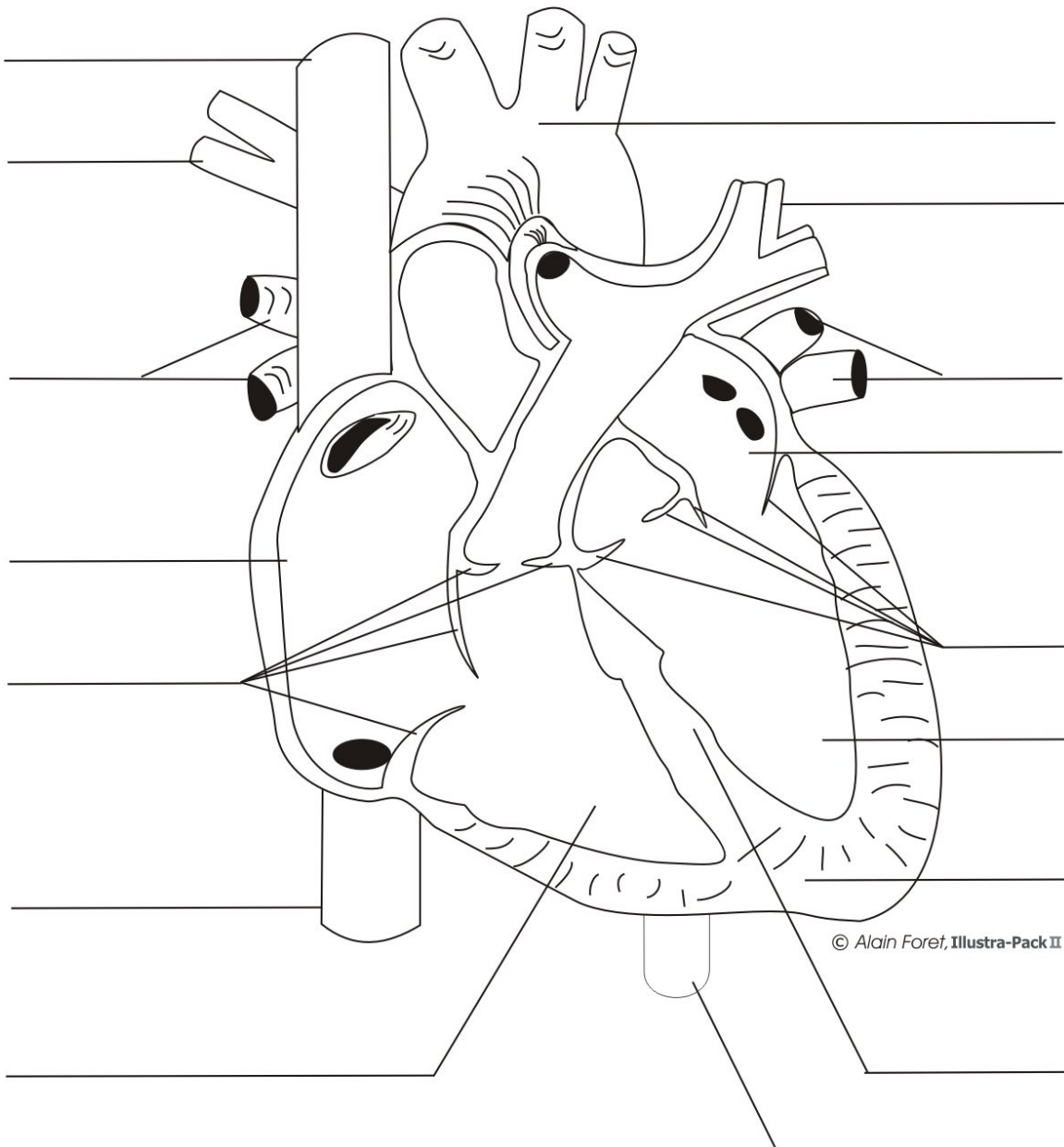
(2 points)

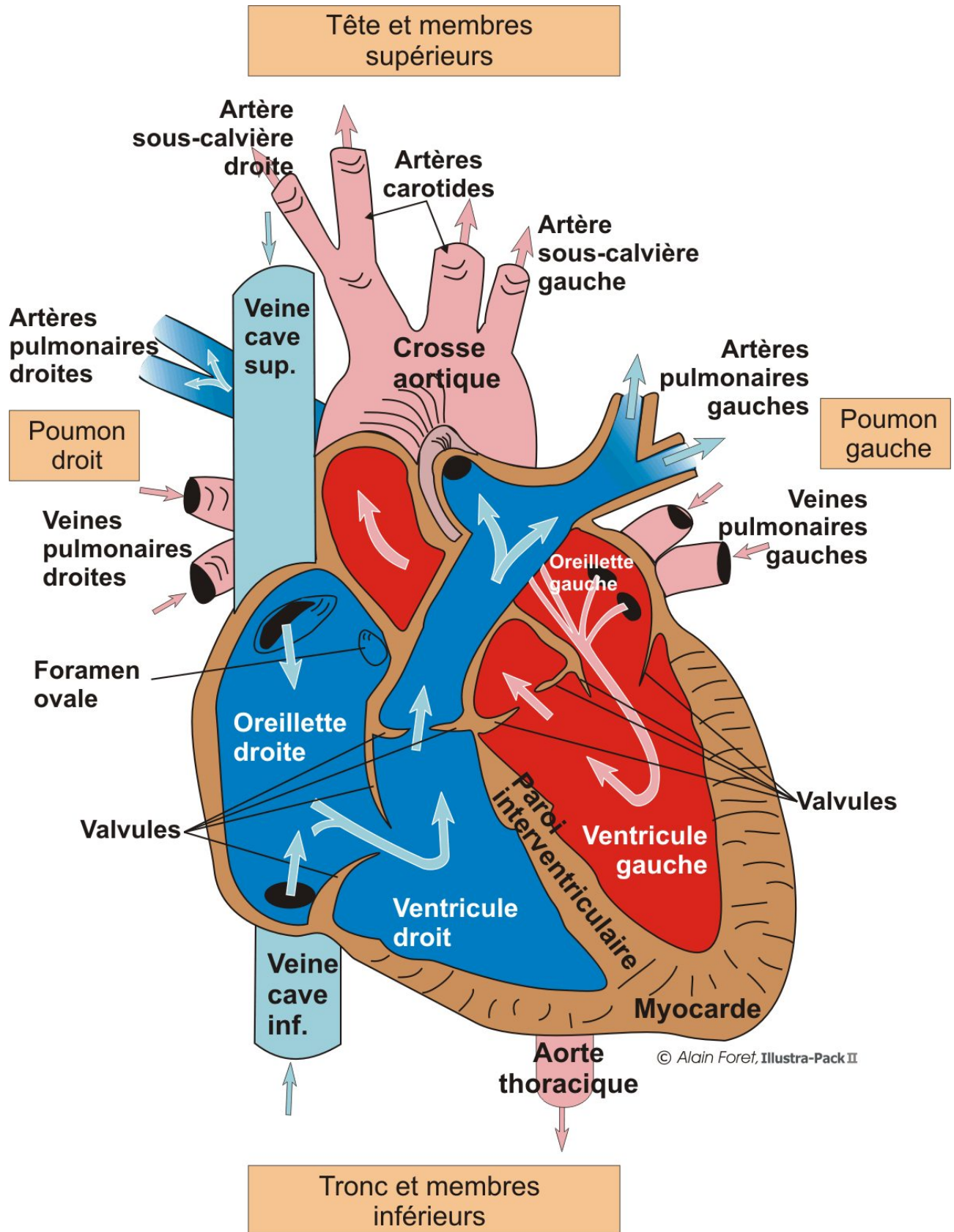
EPREUVE DE PHYSIOLOGIE – 45 minutes

NOM & Prénom :

Question n°1 (4 points)

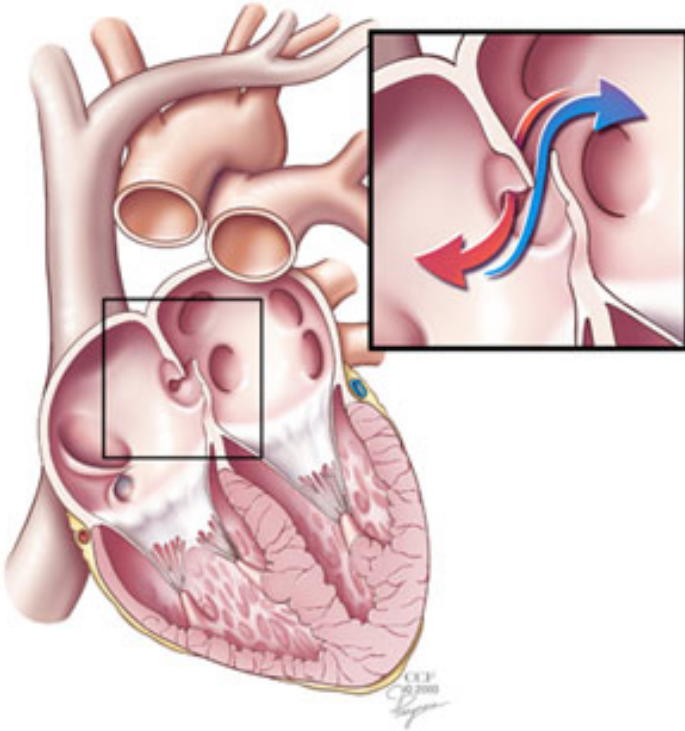
Complétez le schéma ci-dessous :





Question n°2 (6 points)

Vous donnerez l'appellation du phénomène représenté par le schéma ci-dessous (1 point) et indiquerez dans quelles situations il se manifeste (3 points).



Il s'agit du Foramen Ovale Perméable : c'est une communication (intra-auriculaire) ou shunt D/G, appelé également Trou de Botal (1 point)

Vous préciserez enfin les mesures préventives qu'il convient de prendre pour éviter ce phénomène (2 points)

Eviter les efforts en plongée
Eviter les efforts musculaires pendant les 3 heures suivant l'émersion
Ne pas réaliser de Valsalva intempestif ou forcé
Ne pas pratiquer d'apnées après une plongée scaphandre
Eviter les efforts en isométrie à glotte fermée (remontée du mouillage, portages intempestifs, remontée à bord avec le bloc sur le dos, efforts de toux...)
Eviter la plongée en cas de mal de mer avec vomissements (2 points)

Question n°3 (3 points)

Vous nommerez les différents sinus de la face (2 points) et indiquerez comment ils s'équilibrent avec l'environnement (1 point)

Les différents sinus à nommer sont :
- les sinus frontaux,
- les sinus maxillaires (1 point)
- les sinus éthmoïdaux,
- les sinus sphénoïdaux (1 point).

Il n'y a pas de mécanisme d'équilibration proprement dit : les sinus s'équilibrent naturellement avec l'environnement. On veillera cependant à ne pas plonger enrhumé du fait du bouchage potentiel des ostia (1 point).

Question n°4 (4 points)

Par un tableau de synthèse, vous présenterez les différentes méthodes d'équilibration de l'oreille, leurs avantages et leurs inconvénients ainsi que votre appréciation sur les facilités d'exécution.

Méthodes	Présentation	Avantages	Inconvénients	Facilité
Valsalva	Nez pincé, bouche fermée : souffler dans le nez	Facile à expliquer et à montrer dans l'eau	Méthode qui peut s'avérer douloureuse car difficile à doser chez le débutant	Très facile
Frenzel	Nez pincé, glotte fermée par contraction des muscles du cou. Plaquer la langue sur le voile du palais en émettant le son « ké »	Méthode moins invasive que Valsalva	Difficultés d'explication et d'exécution	Assez difficile
Béance Tubaire Volontaire	Contrôle des muscles péri-staphylins	Méthode extrêmement sûre	Difficultés d'explication et d'exécution	Difficile
Toynbee A la remontée	Nez pincé, bouche fermée, déglutir et aspirer par le nez (inverse Valsalva).	Méthode assez sûre	Difficultés d'explication et d'exécution	Très facile et très sûre
Déglutition	Simple déglutition qui provoque chez la plupart des personnes une ouverture des trompes d'Eustache	Méthode simple	Ingestion d'air sous pression durant la plongée (besoin de roter à la remontée...)	Facile

1 point pour citer au moins 3 méthodes, hors déglutition

1 point pour citer Toynbee et préciser que ce n'est à utiliser qu'à la remontée

1 point pour la mise en avant des dangers de Valsalva

1 point pour les critères de facilité d'exécution

Question n°5 (3 points)

Décrivez le trajet du son dans les trois parties de l'oreille

Oreille Externe : le pavillon permet la localisation de la source sonore et le conduit auditif va canaliser les vibrations sonores jusqu'au tympan (1 point)

Oreille Moyenne : les osselets transmettent le son (marteau, enclume, étrier) puis fenêtre ovale (1 point)

Oreille Interne : la cochlée et le nerf auditif (1 point)

ÉPREUVE DE REGLEMENTATION – 30 minutes

Question N°1 (2 points)

Quels brevets sont accessibles à partir du niveau 4 de plongeurs (P4) ?

Plongeurs P5, MF1 / BEES1

1 point par réponse bonne.

Question n°2 (5 points)

Sous forme de tableau, listez les différents cas où l'on vous demande un certificat médical au cours de votre cursus fédéral d'adulte.

Vous détaillerez en fonction du contexte la personne habilitée à le délivrer, et la durée de validité requise.

- durées de validité : 1 an **0.5 points**

Cursus	Certificat médical	Points attribués
<i>Baptême</i>	non obligatoire dans le cas général, demandé si les réponses obtenues par le moniteur laissent craindre un risque de contre-indication.	0,5 points
<i>1 ère licence</i>	<u>Obligatoire</u> - certificat médical de non contre-indication à la pratique de la plongée subaquatique établi depuis moins de 1 an. Tout médecin est habilité à rédiger ce certificat.	1 point
<i>Certification à partir P2</i>	certificat médical de non contre-indication à la pratique de la plongée subaquatique établi depuis moins de 1 an, et délivré par un médecin fédéral ou titulaire du C.E.S de médecine du sport (capacité ou DU), médecin hyperbare ou médecin de la plongée.	1 point
<i>Pratique</i>	certificat médical de non contre-indication à la pratique de la plongée subaquatique établi depuis moins de 1 an est exigé. Tout médecin est habilité à rédiger ce certificat.	1 point
<i>Pratique en compétition</i>	certificat médical de non contre-indication à la pratique des activités subaquatiques <u>en compétition</u> établi depuis moins de 1 an, et délivré par un médecin fédéral ou titulaire du C.E.S de médecine du sport (capacité ou DU), médecin hyperbare ou médecin de la plongée.	1 point

Question n°3 (2 points)

Quel est le rôle du guide de palanquée ?

Responsable de la plongée et dirige la palanquée en immersion.

1 point.

S'assure que les caractéristiques de la plongée sont adaptées aux circonstances et aux compétences des participants (arrêté du 28/02/2008)

1 point.

Question n°4 (3 points)

- Quelles sont les prérogatives d'un niveau 4 Initiateur ?

Le niveau IV initiateur a des prérogatives d'encadrement en exploration et d'enseignement, Enseignement jusqu'à 20m.

2 points.

Les normes de pratique en exploration sont les suivantes :

Espace d'évolution en autonomie → de 0 à 60 mètres

Niveau des plongeurs en accompagnement → P3, P4 et P5.

Effectif maximum de la palanquée → 3 plongeurs.

Espace d'évolution en conduite de palanquée

→ Espace proche débutants : 4 + 1P4 éventuellement

→ Espace médian débutants en fin de formation : 4 + 1P4 éventuellement

Niveau 1 : 4 + 1P4 éventuellement

→ Espace lointain Niveau 2 : 4

1 point.

Question n°5 (2 points)

- Vous possédez une bouteille de plongée. Quel entretien devez-vous lui faire subir?

Requalification tous les deux ans et inspection par un spécialiste (hors club) au moins une fois par ans et aussi souvent que nécessaire.

Tous les 5 ans avec inspection visuelle au minimum une fois par an si la bouteille personnelle est inscrite sur le registre du club.

1 point par cas possible.

Question n°6 (3 points)

- Quelles sont les différences entre la responsabilité civile et la responsabilité pénale ?
- Illustrer chaque cas d'un exemple.

Responsabilité civile : Réparation des dommages (corporels, matériels ou moraux) dont on est responsable.

Responsabilité pénale : Sanction par l'état (amende, prison) pour une infraction à des lois ou règlements.

La responsabilité civile peut être couverte par une assurance, la responsabilité pénale non.

1,5 point par définition et cas illustrés.

Question n°7 (3 points)

- Que veut dire le sigle ANMP et que représente-t-il ?

Sous formes de tableau donnez pour les niveaux ANMP suivant la correspondance FFESSM, ont-ils les mêmes compétences ?

- Equipier Niveau 2
- Guide de palanquée.

*Association National des Moniteurs de Plongée, c'est un syndicat représentant les moniteurs brevetés d'état.
1 point.*

ANMP	FFESSM	Points attribués
<i>Equipier Niveau 2</i>	<i>Niveau 2</i>	0,5 point
<i>Guide de palanquée</i>	<i>Niveau 4 capacitaire.</i>	0,5 point

En France, seules les certifications de plongeur de niveaux 1 à 4, délivrées par 4 organismes " membres de droit " du Comité Consultatif de l'Enseignement de la Plongée Subaquatique" (anmp, ffessm, fsgt snmp,) ou la cmas, sont reconnues par le ministère de la jeunesse, des Sports, et de la Vie

Les prérogatives des différents niveaux délivrés par ces organismes sont donc équivalentes, et les compétences au minimum équivalentes à celles imposées par les brevets ffessm.

1 point.