

**Sujets Théoriques Niveau IV Capacitaire et Corrigés**  
**Comité Départemental du Val de Marne**  
**Porquerolles - Juin 2009**

14 - Epreuve de physique – Coefficient 1 – 45 Minutes

**QUESTION 1**

Vous effectuez une plongée au Nitrox 30/70 (O<sub>2</sub> 30 %, N<sub>2</sub> 70 %).

- 1) Quelle est la profondeur maximale que vous pouvez atteindre avec ce mélange (PpO<sub>2</sub> max = 1,6 bar) ? (2 points)
- 2) Quelle est la profondeur équivalente air pour ce mélange dans le cas d'une plongée à 30 m ? (2 points)

**1) Pp O<sub>2</sub> max = 1,6 bar**

**$Pp\ O_2 = 0,30 \times Pabs$  soit  $Pabs = PpO_2\ max / 0,30$  soit  $Pabs = 1,6 / 0,3 = 5,33\ bar$ .  
Soit une profondeur de 43,30m.**

**2) PpO<sub>2</sub> = 4 x 0,30 = 1,2 bar < 1,6 bar: OK**

**$PPN_2 = 4 \times 0,70 = 2,8\ bars$**

**Équivalent plongée à l'air = 2,8 / 0,8 = 3,5 bars soit 25 m**

**QUESTION 2**

Supposons un plongeur « résumé » à 3 compartiments de périodes 15 (Sc = 2,2), 30 (Sc = 1,82) et 60 minutes (Sc = 1,58).

En respirant de l'air, ce plongeur descend à 30 mètres et amorce sa remontée au bout de 1 heure.

- 1) Quelle est alors la tension d'azote dans chaque compartiment ? (2 points)
- 2) Quel est à 30 mètres le coefficient de sursaturation de chaque compartiment ? (2 points)
- 3) Ce plongeur peut-il remonter directement à la surface et si non, à quelle profondeur doit-il faire un palier ? (2 points)

**1) Période 15 min : TN<sub>2</sub> = 3,05 bars,**

**Période 30 min : TN<sub>2</sub> = 2,6 bars,**

**Période 60 min : TN<sub>2</sub> = 2 bars**

**2) Période 15 min : S = 3,05/4 = 0,7625**

**Période 30 min : S = 2,6/4 = 0,65**

**Période 60 min : S = 2/4 = 0,5**

**3) Sc = TN<sub>2</sub>/PAbs donc PAbs = TN<sub>2</sub>/Sc**

**Période 15 min : PAbs = 3,05/2,2 = 1,386 bar**

**Période 30 min : PAbs = 2,6/1,82 = 1,429 bar**

**Période 60 min : PAbs = 2/1,58 = 1,266 bar**

**Le plongeur ne peut pas remonter. Le compartiment directeur est celui de 30 min.**

**Il doit effectuer un palier à 4,29 mètres soit 6 mètres**

**QUESTION 3**

Un bloc dont la pression est de 180 bars à 15 °C est stocké plusieurs jours dans un local à 50°C.

- 1) Quelle sera sa pression absolue quand il atteindra cette température ? (2 points)
- 2) Lors de son utilisation à la mise à l'eau, vous constatez que sa pression est de 174 bars. Quelle est la température sur le bateau ? (2 points)

**1)  $P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2$**

**Comme  $V_1 = V_2$   $P_1 / T_1 = P_2 / T_2$  soit  $P_2 = (P_1 \times T_2) / T_1$**

*Températures Absolues :  $T_1 = 15 + 273 = 288 \text{ }^\circ\text{K}$  et  $T_2 = 50 + 273 = 323 \text{ }^\circ\text{K}$   
 $P_2 = (180 \times 323) / 288 = 201,9 \text{ bars}$*

*2)  $T_2 = (P_2 \times T_1) / P_1$*

*$T_2 = (174 \times 288) / 180 = 278,4 \text{ }^\circ\text{K}$*

*La température sur le bateau est donc de  $T^\circ = 278,4 - 273 = 5,4 \text{ }^\circ\text{C}$*

#### **QUESTION 4**

Vous découvrez au cours d'une plongée à 40 mètres une ancre d'un poids réel de 60 kg et d'un volume de 10 litres que vous souhaitez remonter.

Pour cela vous introduisez 40 litres d'air dans un parachute de 60 litres (on négligera le poids et la poussée d'Archimède du parachute).

- 1) Que va-t-il se passer ? Pourquoi ? (2 points)
- 2) A partir de quelle profondeur pourrez-vous lâcher l'ensemble car il sera en équilibre ? (2 points)
- 3) Quel sera le volume d'air dans le parachute arrivé en surface ? (2 points)

*Densité de l'eau = 1,03*

*1) Poids apparent de l'ensemble (ancre parachute), après introduction des 40 litres d'air :*

*$P_{app} = P_{réel} - P_{archi} = 60 - [(10 + 40) \times 1,03] = 60 - 51,75 = 8,25 \text{ kg} > 0$  donc*

*flottabilité négative, l'ancre reste au fond.*

*2) Le poids apparent sera nul, lorsque le volume du parachute aura atteint  $60 - (10 \times 1,03) = 49,7$  litres*

*$P_1 V_1 = P_2 V_2$  soit  $5 \times 40 = P_2 \times 49,7 = 4,15 \text{ bars}$  (4,14486922)*

*L'équilibre sera donc atteint à 31,5 mètres. On pourra lâcher l'ensemble dès que l'on sera remonté de quelques centimètres.*

*3) Volume de l'air en surface :  $5 \times 40 = 1 \times V$  soit  $V = 200$  litres !!!*

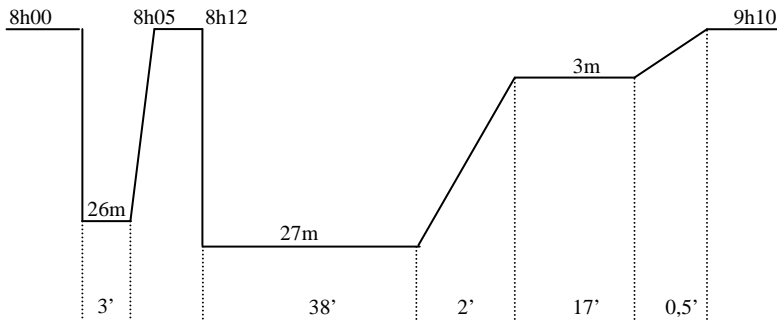
*Le volume d'air dans le parachute arrivé en surface sera de 60 litres..., celui-ci ne pouvant pas contenir plus de 60 litres. Le surplus d'air s'échappera au cours de la remontée.*

**Sujets Théoriques Niveau IV Capacitaire**  
**Comité Départemental du Val de Marne**  
**Porquerolles - Juin 2009**

**Sujet 2 - 4 points**

*Durée de la plongée :  $3 + 38 = 41'$*   
*Profondeur : 27 m*  
*Palier : 25' à 3m*  
*GPS = K*

*Palier avec O2 :  $(25 * 2/3) = 16,66 = 17'$*   
*Remontée :  $2' + 0,5' = 3'$*   
*Durée totale :  $38' + 17' + 3' = 58'$*   
*Heure de sortie :  $8h12 + 58' = 9h10$*



**Sujet 3 - 5 points**

1) Majoration 13' (3 points)

Nom	GPS	Intervalle	Taux	Majo lue pour 25m
Aristide	G	3h	0,91	11'
Clotaire	K	3h30	0,95	13'
Stanislas	I	4h	0,90	11'

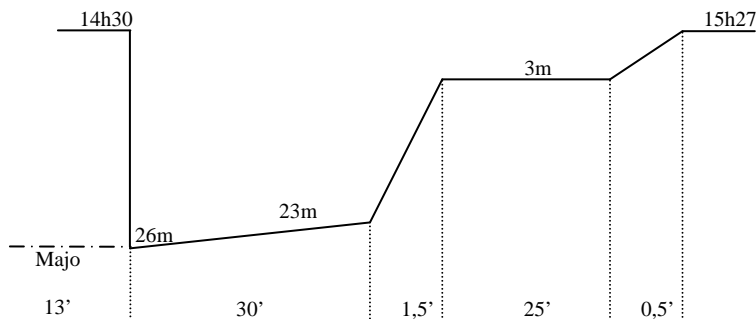
Majo lue pour 22m
12'
15'
12'

Au cas où le candidat se trompe de profondeur

2) Paliers et heure de sortie (2 points)

*Durée de la plongée : 30'*  
*Durée tables :  $30 + 13 = 43' \Rightarrow 45'$*   
*Profondeur tables : 28 m*

*Palier : 25' à 3 m*  
*Remontée jusqu'au palier : 1,5'*  
*Remontée du palier à la surface : 0,5'*  
*Durée totale :  $30 + 1,5 + 25 + 0,5 = 57'$*   
*Heure de sortie :  $14h30 + 57' = 15h27$*



#### **Sujet 4 - 5 points**

1) *Profondeur maximum avec le mélange (1 point)*

$$P_{abs} = P_{pO_2} / \%O_2 = 1,6 / 0,4 = 4 \text{ b}$$

**Profondeur max = 30 m**

2) *Palier (2 points)*

$$\text{Profondeur équivalente} : 3,7 \times 0,6 / 0,8 = 2,77 \text{ soit } 17,7 \text{ m}$$

**Le palier est donc de 5' à 3 m**

**Le GPS = J**

3) *Plongée à l'air (2 points)*

*Durée max de la plongée à 27m pour 2' de paliers : 25'*

*Majoration max : 22'*

*Taux max : 1,07*

**Intervalle minimum : 1h30**

#### **Sujet 5 - 1 point**

*3 et 6 m. Au-delà, la PpO<sub>2</sub> est toxique.*

#### **Sujet 6 - 1 point**

*Plus lente car la profondeur réelle est plus faible que la profondeur équivalente prise dans les tables. La distance à parcourir est donc plus petite pour le même temps.*

**Sujets Théoriques Niveau IV Capacitaire**  
**Comité Départemental du Val de Marne**  
**Porquerolles - Juin 2009**

12 - Résolution de problèmes de tables de plongée MN 90 - Coefficient 3 – 4 minutes

*Pour les exercices, les durées des descentes et des remontées rapides sont considérées comme nulles. Les paliers donnés seront ceux donnés par les tables (pas de palier de « sécurité » de 3').*

*Tu dois joindre tes croquis et/ou tableau (les plus clairs possibles !) afin que le correcteur puisse suivre ta démarche et t'accorder quelques points en cas d'erreur finale.*

**Sujet 1 - 4 points**

Tu t'immerges à 14h00 avec un équipier et une majoration de 15 minutes calculée pour une profondeur de 20 mètres.

A un moment, ton équipier vous fait remonter beaucoup trop rapidement.

Arrivés à la surface, ton profondimètre électronique indique une profondeur maximum de 20 mètres et une durée de 21 minutes.

Avant de te ré-immérer, tu prends tout le temps autorisé par la procédure adaptée pour calmer ton équipier.

Quels sont vos paliers et votre heure de sortie ?

*Paliers et Heure de Sortie ?*

*Procédure : 5' à mi-profondeur (10m)*

*Profondeur table = 20 m*

*Temps table : 21 + 3 + 5 + 15 (majo) = 44'*

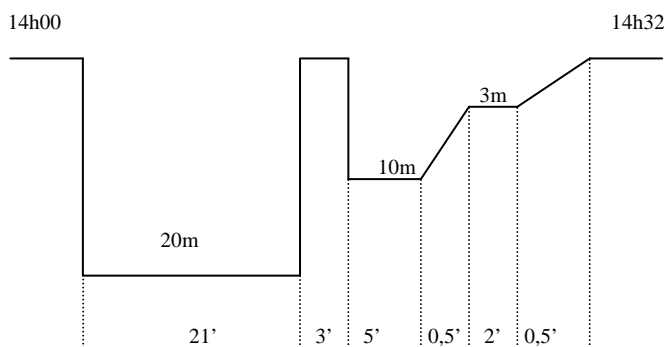
***Palier : 2' (réel = 1' ; procédure = 2' minimum)***

*Temps remontée : 0,5' (10m) + 0,5 (palier)*

*Durée plongée : 21 + 3 + 5 + 2 + 0,5 + 0,5 = 32'*

***Heure de sortie : 14h32***

*Réserver un point pour les 2 min de palier*



**Sujets Théoriques Niveau IV Capacitaire**  
**Comité Départemental du Val de Marne**  
**Porquerolles - Juin 2009**

13 - Symptômes, Prévention et Traitement des Accidents – Coefficient 3 – 45 Minutes

**Sujet 1 - 3 points**

Un N2 gringalet que tu viens d'emmener pendant 14 minutes sur le Donator est manifestement frigorifié devant toi lors de la remontée.

Quelle conduite adoptes-tu (dans et hors de l'eau) ?

*Dans l'eau : 1 point*

- Faire les paliers entièrement voire un peu plus long
- Surveiller de près le plongeur, de bien se ventiler
- Surveiller la consommation

*Hors de l'eau : 2 points*

- Mettre le plongeur à l'abri du vent (cabine, coupe vent...)
- Si possible, le faire se changer et mettre des vêtements secs, un bonnet
- Le faire boire (une boisson chaude si possible)
- Rechercher un réchauffement progressif pour éviter une dilatation des vaisseaux brutale qui provoquerait un « appel » sanguin trop important
- (Lui faire respirer de l'O2 s'il ne se réchauffe pas)
- Le surveiller
- Prévenir les secours si besoin
- Ne pas frictionner, ne pas faire boire de l'alcool, ne pas se mettre sous l'eau chaude

**Sujet 2 - 5 points**

Tu emmènes deux jeunes N2 (qui ont déjà à leur actif 4 plongées entre 20 et 30 m) pour leur première plongée à 40 m. Grande chance pour eux, ils feront aussi leur première épave : le Michel C.

Quels rappels et consignes de prévention d'éventuels accidents leur donnes-tu avant de partir pour cette belle plongée ? Tu expliciteras les mécanismes de ces éventuels accidents.

*Narcose : 1,5 point*

- Due à l'augmentation de la Pp de N2 ; Sûrement ressentie à 40m
- Symptômes ressentis sur soi-même ; Symptômes visibles sur l'autre
- Conduite à tenir : prévenir le guide de palanquée (donner le signe), remonter de 2 ou 3 mètres, aider son coéquipier si besoin.
- Prévention : descendre doucement, rester à l hauteur du guide de palanquée

*Essoufflement : 1,5 points*

- Augmentation de la densité de l'air ; difficultés respiratoires ; débit du détendeur
- Prévention : pas d'effort inutile ; bien insister sur l'expiration.

*Consommation : 1,5 point*

- Augmentation obligatoire de la consommation avec la profondeur

- Surveillance du manomètre

Epave : 0,5 points

- Attention à ne pas s'accrocher n'importe où (morceau de tôle coupante, animaux...)
- Ne pas entrer dedans

### **Sujet 3 - 4 points**

Explique les différents mécanismes d'augmentation de la diurèse (envie d'uriner) auxquels est soumis le plongeur en immersion.

Quels dangers représentent-ils pour ledit plongeur ?

*Diurèse de l'immersion : 1 point*

- La pression hydrostatique appuie sur les parties molles du corps et en chasse le sang
- Le sang se concentre dans le tronc
- L'augmentation du volume sanguin est détectée au niveau du cœur (oreillette droite)
- Il y a une baisse de la fréquence cardiaque
- Il y a alors une élimination par diurèse du liquide qui compose le sang

*Diurèse du froid : 1 point*

- Pour limiter les échanges de chaleur avec l'extérieur, le corps va limiter la circulation sanguine qui transporte beaucoup de calories
- Il provoque une vasoconstriction des vaisseaux des extrémités
- Le sang est chassé des membres et se concentre dans le tronc
- L'augmentation du volume sanguin est détectée au niveau du cœur (oreillette droite)
- Il y a alors une élimination par diurèse du liquide qui le compose le sang

*Dangers : 2 points*

- Déshydratation générale
- Mauvaise fluidité du sang qui provoque un mauvais transport du N<sub>2</sub> vers les poumons pour son élimination
- Doigts gourds pour la manipulation des matériels (stab)

### **Sujet 4 - 8 points**

Le 4<sup>ème</sup> jour d'un stage préparatoire au niveau 4, tu fais équipe avec Nestor, un autre candidat qui a malheureusement un début de rhume.

La journée a agréablement débuté avec un entraînement au 800 m et des exercices à 40 m. À part un nez qu'il doit moucher régulièrement, Nestor n'est pas gêné par son rhume.

L'après-midi, vous partez pour travailler la DTH à 20 m. Vous faites plusieurs décollages et remontées chacun entre 20 et 10 m.

Nestor t'impressionne beaucoup car il réussit bien ses exercices et te fait apprécier son équilibre en pleine eau quand, au palier, il enlève son masque à plusieurs reprises pour se moucher.

Une demi-heure après être remonté sur le bateau, Nestor se plaint de vertiges et de nausées. Rapidement, il te signale aussi des problèmes d'audition.

- 1) A quel accident penses-tu ? Explique ton raisonnement en t'appuyant sur le mécanisme de cet accident.
- 2) Quels sont les causes et facteurs favorisants qui ont pu conduire à une telle situation ?
- 3) Quelles aggravations des symptômes peux-tu envisager ?
- 4) Quelle conduite adoptes-tu ?

*l'accident : 2,5 points*

- Un ADD de l'oreille interne : cf les symptômes et, surtout, la perte d'audition
- Un barotraumatisme de l'oreille : non car il y a un délai depuis la sortie de l'eau
- Mouchages répétés au palier : augmentation de la pression thoracique (idem Valsalva) ; ouverture possible d'un shunt (FOP ou pulmonaire) ; passage de bulles dans la circulation artérielle ; montée des bulles par les carotides ; blocage des bulles dans les artérioles qui irriguent l'oreille interne

*Les causes et facteurs favorisants : 2,5 points*

- Causes : Saturation en N2 due aux 40 m ; Décompression perturbée par les exercices physiques et les yoyos ; Fatigue due au stage

*Les aggravations : 1 point*

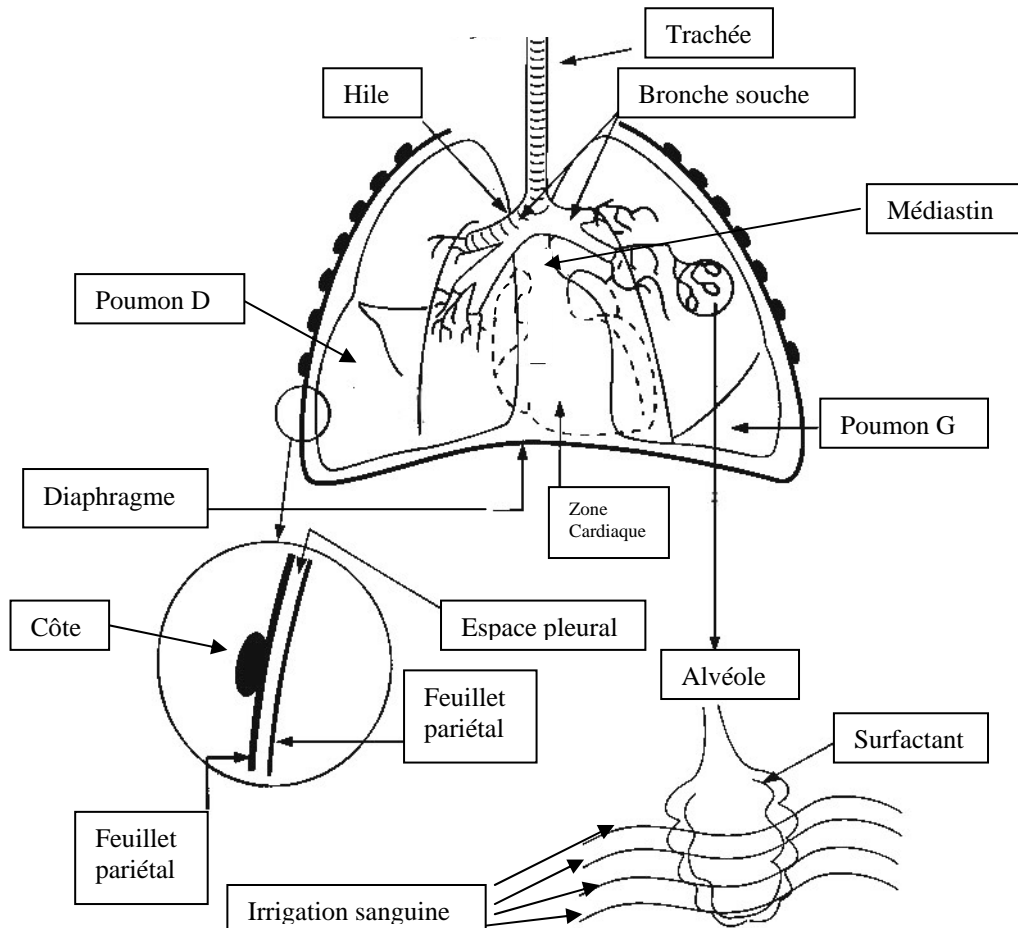
- Vomissements
- Perte de conscience
- Autres symptômes si y a des bulles ailleurs : fourmillements dans les mains ou bras, paralysie...
- Symptômes d'autres accidents : saignements, douleurs localisée (à priori le « coup de poignard » dans le bas du dos n'a plus lieu d'être)

*La conduite à tenir : 2 points*

- Mettre à l'abri : allongé (sauf s'il préfère être assis), couvrir, protéger du vent, du soleil, des autres plongeurs
- Appeler des secours
- Mettre sous O2
- Si les secours ne l'interdisent pas et si pas allergie : donner de l'aspirine (500mg)
- Si pas de gêne ressentie pour uriner : hydrater avec de l'eau plate ou jus de fruits
- Récupérer son matériel et ses paramètres de plongée

**Question 1 - 4 points**

L'appareil respiratoire : légendez le schéma ci-dessous.



**Question 2 - 6 points**

En vous appuyant sur la physiologie de l'appareil respiratoire, expliquer les perturbations engendrées au niveau de la mécanique ventilatoire par la plongée en scaphandre et la nage en PMT.

**1- Nage en surface :**

Le volume mort physiologique est augmenté par l'adjonction du tuba qui diminue la ventilation alvéolaire et réclame du plongeur de bien expirer pour éliminer au maximum l'air chargé de CO<sub>2</sub>.

**2- En plongée en scaphandre :**

L'augmentation de la pression ambiante entraîne l'augmentation de la masse volumique des gaz respirés. Il en résulte une augmentation de la résistance à l'écoulement des gaz dans l'appareil respiratoire. Les muscles ventilatoires sont plus sollicités du fait de l'augmentation des résistances dynamiques et ce d'autant plus que l'effort physique à fournir est important.

La baisse des débits expiratoires provoque une augmentation de la capacité résiduelle fonctionnelle. La respiration se fait au niveau du volume de réserve inspiratoire. Les muscles respiratoires fatiguent plus vite, car les conditions dans lesquels ils travaillent ne sont pas habituelles.

La pression exercée par l'eau modifie la répartition des masses sanguines dans l'organisme et provoque un déplacement du sang vers les tissus profonds, les viscères et particulièrement les poumons. Cette arrivée de sang fait diminuer l'élasticité du tissu pulmonaire et réduit l'espace disponible pour les volumes gazeux.

### 3- Position de la tête et du 2<sup>ème</sup> étage du détenteur :

Tête en haut : inspiration difficile, diminution des volumes gazeux, fatigue musculaire lors des inspirations.

Tête en bas : expiration difficile, fatigue musculaire lors du travail expiratoire.

### Question 3 - 4 points

Présentez les différents volumes pulmonaires.

- Le volume courant est le volume d'air (0,5 litre) qui entre à chaque inspiration et qui sort à chaque expiration lorsque l'individu ne produit pas d'effort physique.
- Le volume de réserve inspiratoire est le volume d'air (2,5 litres) que l'on peut inspirer en plus au cours d'une inspiration forcée.
- Le volume de réserve expiratoire est le volume d'air (1,5 litres) que l'on peut rejeter en faisant une expiration forcée, en plus d'une expiration normale (c'est à dire en plus du volume courant).
- Le volume résiduel est le volume d'air (1,5 litres) est le volume d'air qui ne peut être chassé des poumons même après une expiration forcée

L'addition du volume de réserve inspiratoire, du volume courant et du volume de réserve expiratoire (soit 4,5 litres) donne la capacité ventilatoire vitale de l'individu.

### Question 4 - 6 points

Expliquez le mécanisme des échanges gazeux respiratoires au niveau alvéolaire.

Les échanges gazeux au niveau pulmonaire interviennent par différence de pressions partielles ou de tensions dans les liquides.

L'air alvéolaire a une pression partielle d'O<sub>2</sub> plus élevée 100 mm Hg que la tension de ce gaz dans les capillaires pulmonaires chargés de sang veineux (40 mm Hg). L'O<sub>2</sub> passe donc de l'air alvéolaire dans le sang. C'est l'inverse qui se produit pour le CO<sub>2</sub>. Le sang veineux est chargé de CO<sub>2</sub> à une pression partielle de 46 mm Hg. La pression partielle de CO<sub>2</sub> dans l'air alvéolaire étant de 40 mm Hg, le gaz va transiter des capillaires vers l'alvéole. Cette circulation des gaz répond à une loi physique appelée : la diffusion.

Au terme de cet échange très rapide (moins de 25 milliseconde) le sang repart des poumons vers le cœur par les veines pulmonaires, enrichi en O<sub>2</sub> et appauvri en CO<sub>2</sub> pour être ensuite acheminé vers l'ensemble du corps.

**Sujets Théoriques Niveau IV Capacitaire**  
**Comité Départemental du Val de Marne**  
**Porquerolles - Juin 2009**

17 – Épreuve de réglementation : coefficient 2 – 45 minutes

**Question 1** (deux points)

De 0 à 6 mètres, espace proche. De 6 à 20 mètres, espace médian. De 20 à 40 mètres espace lointain. De 40 à 60 mètres espace « sub-lointain ». Dans des conditions favorables, les espaces médian et lointain peuvent être étendus dans la limite de 5 mètres. La plongée est limitée à 60 mètres avec possibilité de dépassement accidentel de 5 mètres.

**Question 2** (deux points)

Un système gonflable au moyen de gaz comprimé permettant de regagner la surface et de s'y maintenir, des moyens de contrôler personnellement les caractéristiques de la plongée et la remontée de la palanquée et, enfin, un équipement de plongée muni de deux sorties indépendantes et de deux détendeurs complets.

**Question 3** (deux points)

S'il n'est pas initiateur, il peut effectuer un baptême en milieu artificiel (piscine) sur autorisation du directeur de plongée (E1 minimum). S'il est initiateur (donc E2), il peut effectuer un baptême, en milieu artificiel ou naturel, avec un directeur de plongée (E3 minimum). On ne baptise qu'une seule personne à la fois et dans l'espace proche.

**Question 4** (trois points)

Il faut être plongeur de niveau 4 (ou équivalent), licencié, avoir au moins 18 ans. L'évaluation se fait en situation, est validée par un E3 (minimum) licencié, contresignée par le président du club. Le plongeur P5 a les prérogatives de directeur de plongée, en milieu naturel, en exploration seulement.

**Question 5** (un point)

Le directeur de plongée est dans ses droits et personne ne peut donc dépasser la profondeur de 30 mètres.

**Question 6** (trois points)

Eau douce potable non gazeuse, matériel d'oxygénothérapie (bouteille d'O<sub>2</sub> équipée, BAVU), bloc de secours équipé d'un détendeur, moyen de rappel des plongeurs, moyen de signalisation (par exemple un pavillon  $\alpha$ ).

**Question 7** (un point)

La grande cigale de mer est une espèce protégée.

**Question 8** (un point)

Le plongeur de niveau 2 ne peut pas plonger en l'absence de directeur de plongée.

**Question 9** (deux points)

Présenter un certificat médical de non contre-indication à la pratique de la plongée subaquatique, délivré par un médecin fédéral, ou un médecin titulaire du C.E.S de médecine du sport (capacité ou DU), ou un médecin hyperbare, ou un médecin de la plongée. La durée de validité du certificat médical est d'un an. Si la validité du certificat expire au cours d'un stage, il reste valable pendant tout le stage. Les candidats titulaires de la partie pratique (groupes 1 et 2) acquise dans une session antérieure, qui ne présentent que la partie *théorie et connaissances générales*, sont dispensés de cette obligation.

**Question 10** (trois points)

Il dirige la palanquée en immersion, il est responsable du déroulement de la plongée et s'assure que celle-ci est adaptée aux circonstances et aux compétences des participants.

Il est équipé :

- D'un système de sécurité gonflable au moyen d'une réserve d'air comprimé (SSG)
- D'un scaphandre muni de 2 détendeurs
- Des moyens lui permettant personnellement de contrôler les caractéristiques de la plongée et la remontée de la palanquée.