

## Epreuve de physiologie

Durée 45 minutes

### Question 1

Expliquer les notions de diffusion et de perfusion

Diffusion : mécanisme de propagation de proche en proche

Perfusion : mécanisme de propagation par un liquide irriguant (sang)

Quels sont les rôles du sang ?

Thermorégulateur

Transporteur des gaz et des nutriments/déchets

Rôle immunitaire

Qu'est-ce que l'hématose

Ensemble des échanges alvéolo-capillaires permettant l'apport de l'O<sub>2</sub> au sang et l'élimination du CO<sub>2</sub> produit par les cellules. Sang hématosé : sang riche en oxygène

Expliquez les modes de transport des gaz.

N<sub>2</sub> : 100% dissous dans le sang

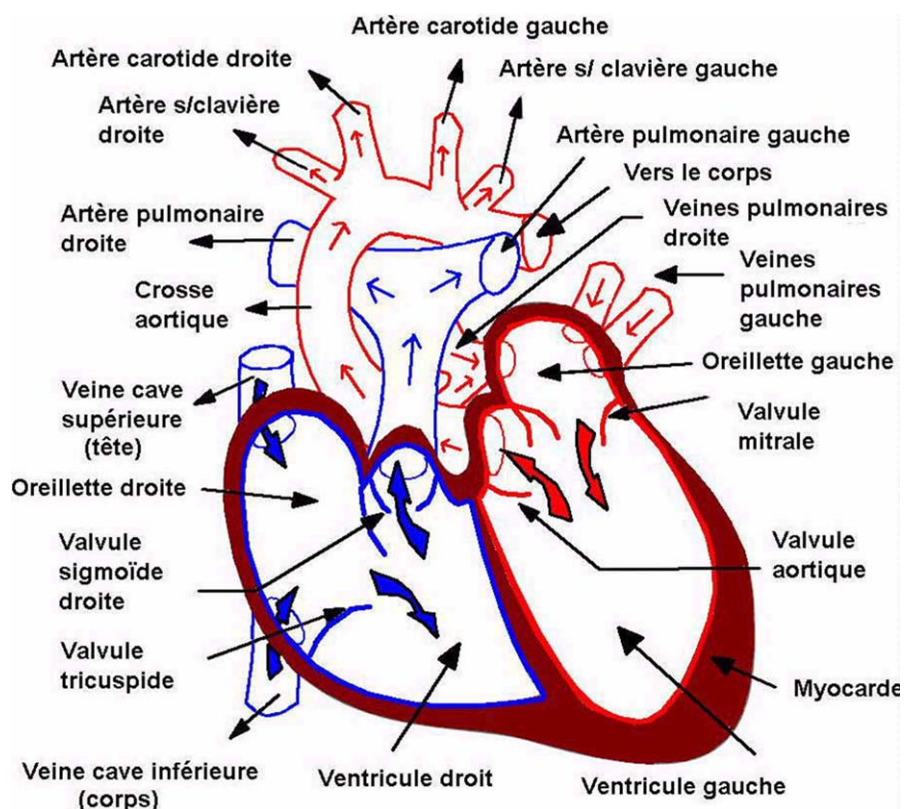
O<sub>2</sub> : 98% combiné avec l'hémoglobine (apport massif lent) et 2% dissous (apport rapide)

CO<sub>2</sub> : 87% combiné avec l'eau du plasma (acide carbonique), 8% combiné avec l'hémoglobine (carboxyhémoglobine), 5% dissous dans le sang

CO : combiné avec l'hémoglobine (jusqu'à la mort des cellules → 0,1% réduit de 50% la capacité de transport O<sub>2</sub> par le sang)

### Question 2

Légendez le schéma simplifié du cœur ci-joint. Vous indiquerez par des flèches le sens du flux. Utilisez deux couleurs pour différencier le sang oxygéné du sang vicié.



### Question 3

Expliquez pourquoi les pressions partielles des gaz inhalés sont différentes de celles des gaz alvéolaires.

2 acteurs privent le renouvellement complet du volume gazeux depuis leur inhalation jusqu'aux alvéoles :

- l'espace mort depuis le haut des bronches jusqu'aux nez-bouche
- la présence de vapeurs d'eau nécessaire aux échanges alvéolo-capillaires

Expliquez le mécanisme d'échange alvéolo-capillaires. Précisez la notion d'équilibre. Le phénomène de diffusion par différence de PP (et non de concentration), de la PP plus forte vers la moins forte, permet les échanges des gaz contenus dans le sang et ceux contenus dans les alvéoles.

La notion d'équilibre implique que les PP d'un même gaz dans les alvéoles et dans les artérioles soient équivalentes. L'échange gazeux de ce gaz est permanent (et non stoppé).

En plongée, expliquez en quoi ce mécanisme est-il perturbé ?

A la descente, les PP des gaz alvéolaires augmentent avec la PAbs (profondeur) etaturent les tissus

A la remontée, les PP des gaz sanguins (tensions) sont supérieures à celles des gaz inhalés, le surplus étant évacué par le filtre pulmonaire.

### Question 4

Expliquez l'action de l'apesanteur en plongée sur l'appareil circulatoire du plongeur

Rééquilibrage de la masse sanguine des membres inférieurs vers le tronc

Elimination d'une partie de l'eau du plasma sanguin

Vasodilatation des conduits sanguins

Bradycardie cardiaque

Pourquoi faut-il boire de l'eau après la plongée ?

Renouveler l'eau éliminée par :

- la ventilation d'un air asséché
- l'activité physique
- la diurèse (froid, thermorégulation)

## Epreuve d'accidents

Durée 45 minutes

### Question 1

Expliquez le mécanisme de l'accident de décompression.

Le gaz impliqué dans l'accident de décompression est l'Azote. L'accident peut se produire à la remontée mais également jusqu'à 24h après la plongée.

Les microbulles d'Azote grossissent ou s'agglomèrent pathologiquement dans le système circulatoire, provoquent une ischémie, une anaérobie en aval du flux sanguin, une compression des tissus collatéraux aux canaux sanguins et donc suivant leur localisation différents types d'accidents de décompression.

Expliquez la maladie de décompression.

C'est l'ensemble des mécanismes mis en œuvre par l'organisme pour tenter d'éliminer les microbulles d'Azote pathologiques. Ces mécanismes amplifient l'action d'un accident de décompression par agrégat plaquettaire autour des microbulles d'Azote.

Quelles sont les conduites à tenir sur un plongeur manifestant un accident de décompression et celles à éviter ?

Mise sous O<sub>2</sub> (15l/min)

Alerte des secours

Hydratation

Pas d'aspirine

Pas de recompression hydrostatique

### Question 2

Quels sont les causes relatives aux tables MN90 d'un accident de décompression ?

Non respect de la vitesse remontée (et vitesse inter-paliers)

Non respect des paliers (manquement ou rupture sans reprise)

Montée en altitude ou prendre l'avion après la plongée

Apnée après la plongée

Pratiquer des efforts à contre-courant (> 0.5 nœuds)

Quels sont les facteurs favorisant l'accident de décompression

Fatigue, froid, efforts physique (en plongée ou après la plongée), essoufflement, stress, obésité, âge, profil inversé ou yoyo

### Question 3

Vous encadrer en exploration deux plongeurs P2 qui plongent pour la première fois dans la zone des 40 mètres.

Quelles précautions prenez-vous pour que la plongée se déroule sans incident ?

Précautions prises hors de l'eau

Élimination matériel superflu (couteau, appareil photo, ...)

Vérification lestage (compression néoprène plus important)

Précautions prises dans l'eau

Prévention Narcose

Descente à vitesse contrôlée le long du mouillage, d'un tombant

Conditions visibilité, température fond correctes

Durée plongée limitée (courbe de sécurité)

Minimiser les efforts physiques (courant)

Contrôle de la consommation

Prévention ADD

Durée plongée limitée (courbe de sécurité)

Minimiser les efforts physiques (courant)

Profil carré

Prévention essoufflement

Détendeur en bon état

Ceinture, sangles stab abdominale et pectorales plomb non serrées

Ventilation profonde

Malgré vos précautions prises, l'un d'eux émet des chapelets de bulles de plus en plus importants et à une fréquence croissante.

Quel peut être le type d'accident rencontré par ce plongeur et le gaz mis en cause ?

Quelle sera votre attitude ?

Essoufflement = intoxication au CO<sub>2</sub>

L'inviter, voire l'assister à remonter de 10-15m (40m → 30-25m)

Lui éviter tout effort (palmage, agitation)

Lui faire prolonger son expiration (synchronisé sur votre rythme de ventilation)

Le rassurer

Pas de successive

## Question 4

Quels sont les risques encourus par un apnéiste pratiquant l'hyperventilation ?

**Syncope anoxique pouvant entraîner une noyade**

Décrivez succinctement le mécanisme de cet accident.

**Hyperventilation avant l'apnée** : diminution de la PPCO<sub>2</sub> (et non du %) dans le sang → volonté d'éloigner le seuil de déclenchement de la respiration contrôlé par le bulbe rachidien grâce aux chémorécepteurs sur la PP CO<sub>2</sub> (et non la PPO<sub>2</sub>)

**Pendant l'apnée** : durée de l'apnée allongée → la PPO<sub>2</sub> diminue (consommation par l'organisme), mais du fait de la profondeur la PpO<sub>2</sub> reste au dessus du seuil critique.

**Lors de la remontée** : diminution accélérée de la PpO<sub>2</sub> jusqu'en dessous du seuil de syncope. La PPCO<sub>2</sub> augmente mais pas suffisamment pour déclencher la respiration réflexe

La noyade est possible si la syncope intervient sous la surface (perte du réflexe d'apnée)

Quelles préventions proposez-vous pour les éviter ?

Pas d'hyperventilation

Récupération de plusieurs minutes entre chaque apnée profonde

Durée adaptée de l'apnée et de la séance suivant l'expérience de l'apnéiste

Lestage adapté

Bonne condition physique

## Epreuve de physique

**Durée 45 minutes**

### Question 1

La pression absolue à 20 mètres dans un lac d'altitude est-elle supérieure, égale ou inférieure à la pression absolue à 20 mètres en mer ? Expliquez pourquoi.

$$P_{Abs} = P_{atm} + P_{hyd}$$

$$P_{atm \text{ lac}} < P_{atm \text{ mer}}$$

$$P_{hyd \text{ lac}} = P_{hyd \text{ mer}} \text{ soit } P_{abs \text{ lac}} < P_{abs \text{ mer}}$$

### Question 2

Vous encadrez en exploration à 20 mètres un plongeur P2 et un plongeur P1 qui ont chacun une bouteille de 12 litres alors que la vôtre est de 15 litres. Elles sont toutes à une pression de 200 bars lus au manomètre.

Vous vous immergez à 9h00.

A 9h30, vous contrôlez les manomètres de la palanquée : celui du plongeur P1 indique 50 bars, celui du plongeur P2 indique 65 bars, le vôtre indique 92 bars.

Vous amorcez la remontée. De retour à terre, vous calculez la consommation au fond de chaque membre de la palanquée, sans tenir compte de la descente.

Quelles sont-elles ?

$$\text{A 20 m : } P_{Abs} = 3 \text{ bars.}$$

$$\text{Plongeur P1 : volume d'air à 1 bar consommé : } (200-50) \times 12 = 1800 \text{ litres}$$
$$\text{soit à 20 mètres : } 1800/3 = 600 \text{ litres.}$$

$$\text{Durée de plongée 30 min donc consommation : } 600/30 = \mathbf{20 \text{ litres/minute}}$$

$$\text{Plongeur P2 : } (200-65) \times 12 = 1620 \text{ litres à 1 bar.}$$

$$\text{A 20 m : } 1620/3 = 540 \text{ litres. Consommation : } 540/30 = \mathbf{18 \text{ litres / minute}}$$

$$\text{Plongeur P4 : } (200-92) \times 15 = 1620 \text{ litres à 1 bar.}$$

$$\text{A 20 m : } 1620/3 = 540 \text{ litres. Consommation : } 540/30 = \mathbf{18 \text{ litres / minute}}$$

### Question 3

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

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) A partir de quelle profondeur la flottabilité de l'ensemble (parachute et ancre) sera nulle ?

$$P_{app} \text{ de l'ensemble (ancre+parachute), } P_{app} = P_{réel} - P_{archi} = 60 - (10 + 40) = 10 \text{ kg} > 0$$

donc flottabilité négative, l'ancre reste au fond.

L'équilibre sera atteint quand le volume du parachute aura augmenté de 10 litres pour compenser les 10 kg en trop, soit 50 litres.

$$P_{40m} V_{40litres} = P ? V_{50litres} \text{ soit } 5 \times 40 = P ? \times 50 \text{ soit } P ? = 4 \text{ bars soit } \mathbf{30 \text{ mètres}}$$

2) Quel sera le volume d'air dans le parachute arrivé en surface ?

$$\text{Volume de l'air en surface : } 5 \times 40 = 1 \times V ? \text{ soit } V ? = 200 \text{ litres !!!}$$

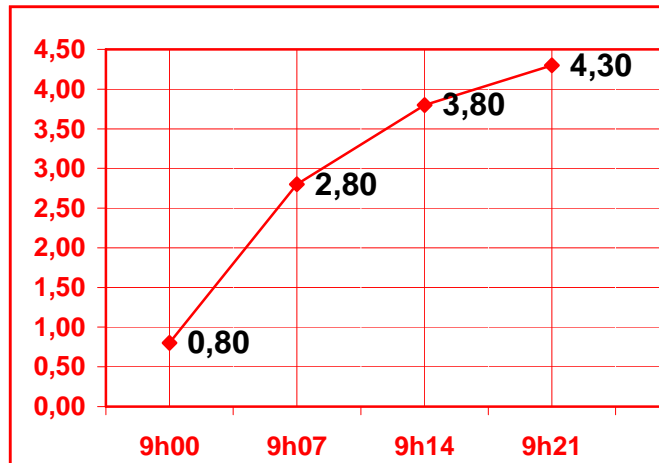
Le volume d'air dans le parachute arrivé en surface sera de **60 litres**. Le surplus d'air s'échappera au cours de la remontée.

## Question 4

Deux plongeurs P3 s'immergent ensemble à 9h00 pour une plongée à l'air de 21 minutes à 50 mètres puis décident de remonter.

On néglige la descente.

1) Quelle sera la tension d'azote  $TN_2$  du compartiment de période 7 minutes à l'issue de la durée de la plongée ?



2) Sachant que le coefficient de sursaturation critique pour ce compartiment est de 2,54, quelle sera sa profondeur minimale de remontée sans dommage ?

$Sc = TN_2 / P_{Abs}$ .  $P_{Abs\ limite} = TN_2 / Sc$

soit  $P_{Abs\ limite} = 4.30 / 2.54 = 1.70b$  correspond à une profondeur limite de **7 m**

## Question 5

Vous disposez d'une rampe de 3 tampons de 50 litres chacun gonflés à 230 bars et vous désirez gonfler à 200 bars et simultanément 3 blocs de 12 litres dans lesquels il reste dans chacun 50 bars.

1) Quelle sera la pression dans les blocs et les tampons si on utilise les 3 tampons simultanément ?

$(3 \times 50 \times 230 + 3 \times 12 \times 50) / (3 \times 50 + 3 \times 12) = 195.1 \text{ bars}$

**(P 3 blocs = P 3 tampons)**

2) Quelle sera la pression dans les blocs et les tampons si on utilise les 3 tampons successivement ?

1<sup>er</sup> tampon :  $(50 \times 230 + 3 \times 12 \times 50) / (50 + 3 \times 12) = 154.7 \text{ bars (P 1<sup>er</sup> tampon)}$

2<sup>ème</sup> tampon :  $(50 \times 230 + 3 \times 12 \times 154.7) / (50 + 3 \times 12) = 198.5 \text{ bars (P 2<sup>ème</sup> tampon)}$

3<sup>ème</sup> tampon :  $(50 \times 230 + 3 \times 12 \times 198.5) / (50 + 3 \times 12) = 235,8 \text{ bars} > 200 \text{ bars}$  désirés.

Il faut seulement  $200 - 198.5 = 1.5 \text{ bars}$  soit  $1.5 \times 3 \times 12 = 54 \text{ litres}$  détendus à 1 bar. Soit  $54/50 = 1.1 \text{ bars}$  à exiger du 3<sup>ème</sup> tampon de 50 litres.

**P 3 blocs = 200 bars et P 3<sup>ème</sup> tampon =  $230 - 1.1 = 228.9 \text{ bars}$**

3) Conclusion (1 point)

Les 3 tampons utilisés simultanément ne permettent pas de gonfler les 3 blocs à 200 bars désirés.

Les 3 tampons utilisés successivement permettent de gonfler les 3 blocs à 200 bars désirés. Le 3<sup>ème</sup> tampon permettra encore de gonfler un bloc supplémentaire de 12 litres à 200 bars.

## Epreuve de tables

**Durée 45 minutes**

### Problème 1

Quelle différence fondamentale faites-vous entre les deux moyens de décompression que sont les tables MN 90 et un ordinateur de plongée.

Tables de plongée : profil de plongée carrée

Ordinateur : prise en compte du profil réel

### Problème 2

Vous effectuez une plongée avec deux plongeurs P2. Quelles considérations peuvent vous amener à restreindre le profil de plongée (profondeur max, durée max, palier max) proposé par le DP ?

Condition physique

Antériorité des dernières plongées

Saturation accumulée des dernières plongées

Conditions de pratique (météo, mer, site, courant, type de plongée)

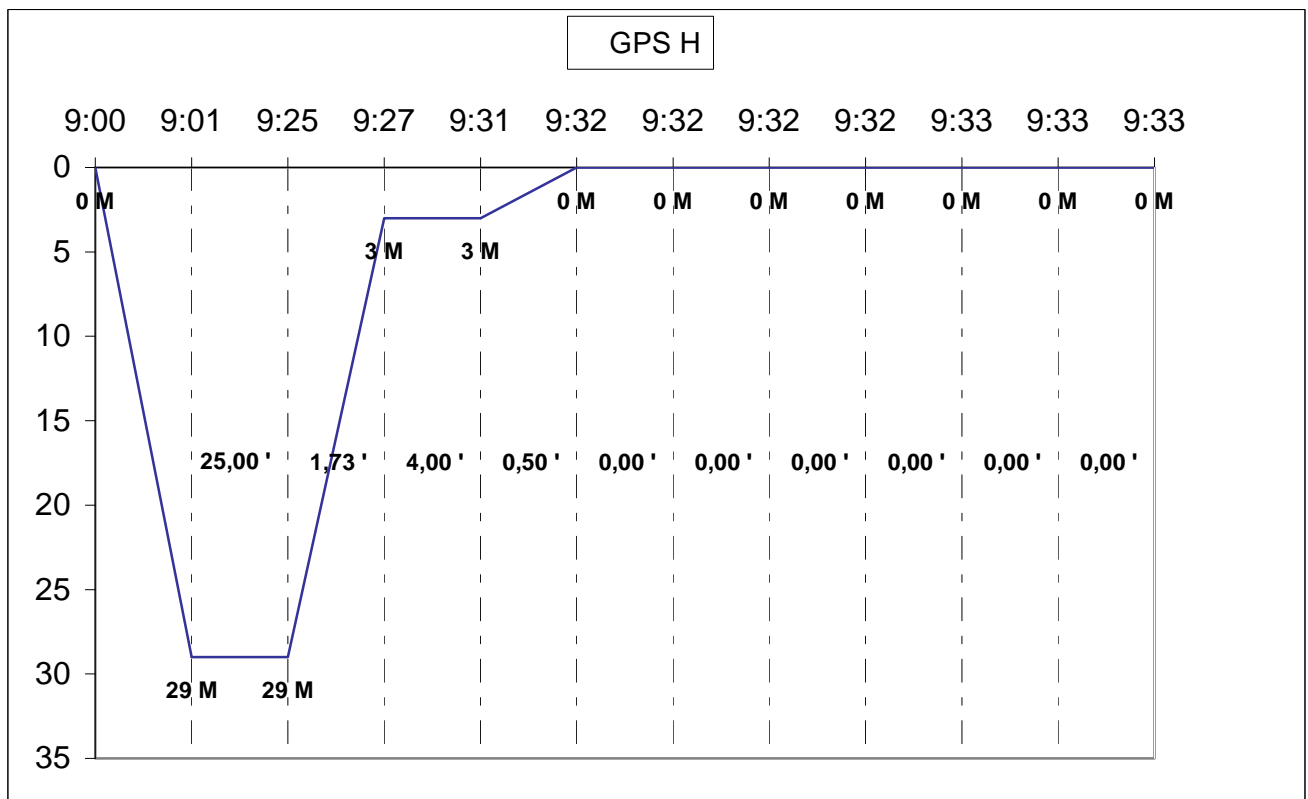
Méconnaissance du niveau réel de la palanquée

Nombre de plongeurs dans la palanquée

**Pour chacun des problèmes suivants, tracez le schéma de la plongée et indiquez l'heure d'immersion, le temps au fond, la durée de la remontée, la profondeur et la durée des éventuels paliers, l'heure de sortie ainsi que le GPS. Tous les exercices sont indépendants.**

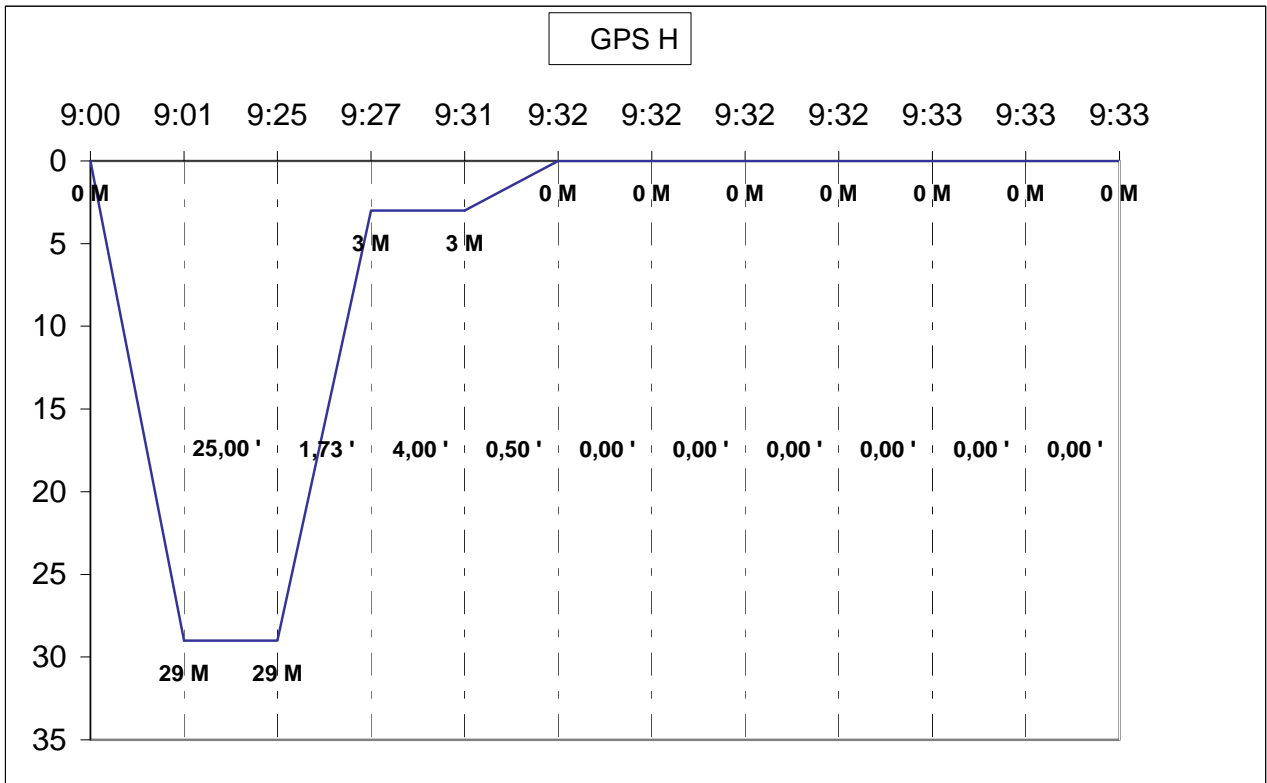
### Problème 3

Plongée : 1<sup>ère</sup> plongée en mer sur un fond de 29 m pendant 42 min. Immersion à 10h00.



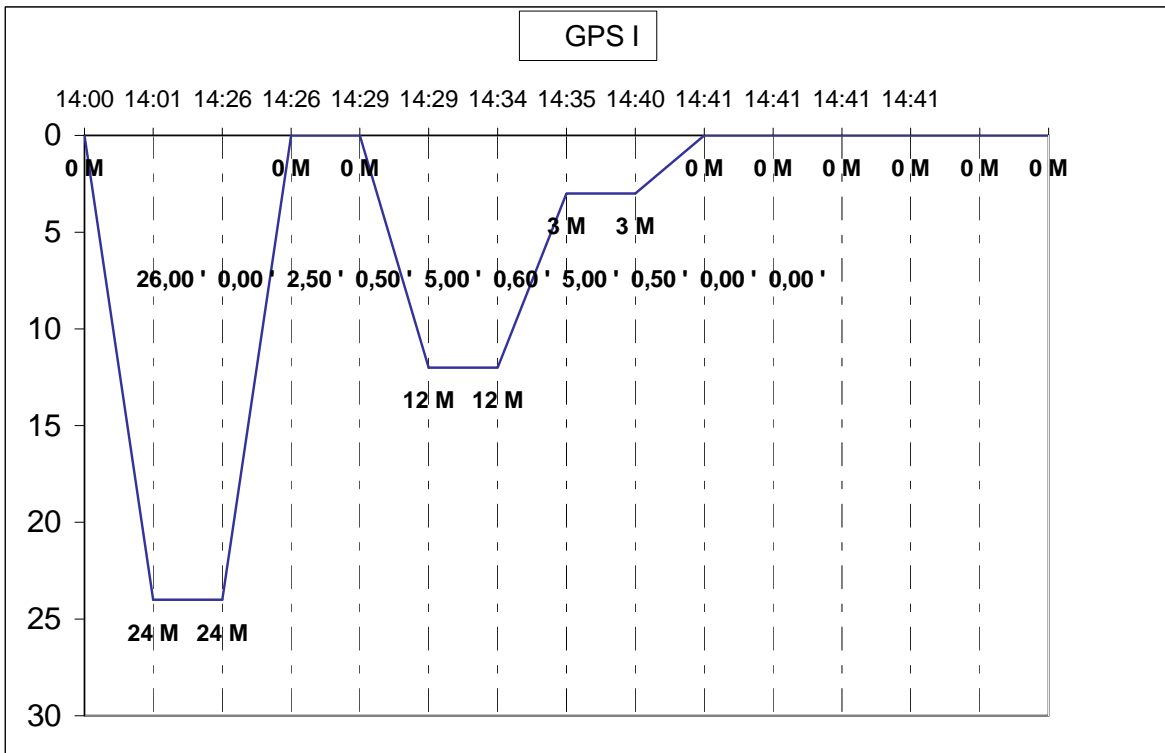
**Problème 4**

Plongée : 1<sup>ère</sup> plongée en mer sur un fond de 29 m. Immersion à 9h00. Palier maximum de 5 min à 3 m. Considérer la durée de la plongée maximale.



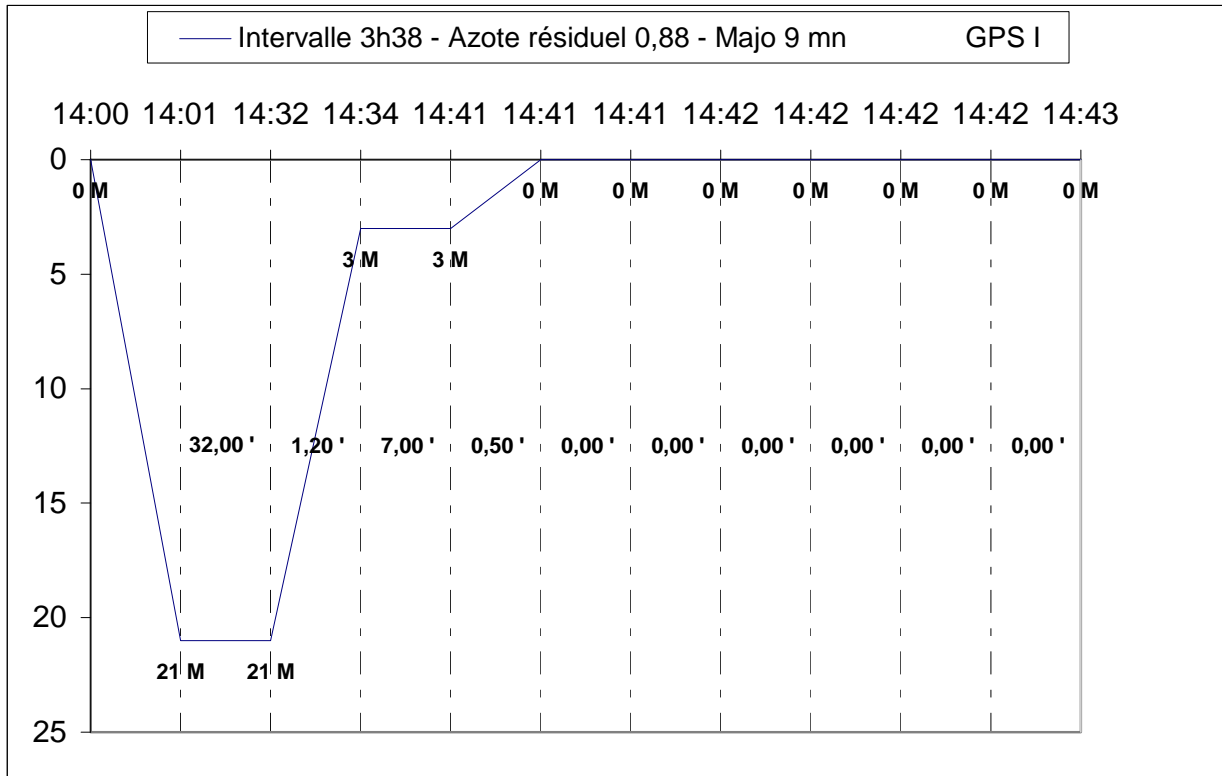
**Problème 5**

Plongée : 1<sup>ère</sup> plongée en mer sur un fond de 24 m. Immersion à 14h00. Emersion suite à remontée rapide à 14h26.



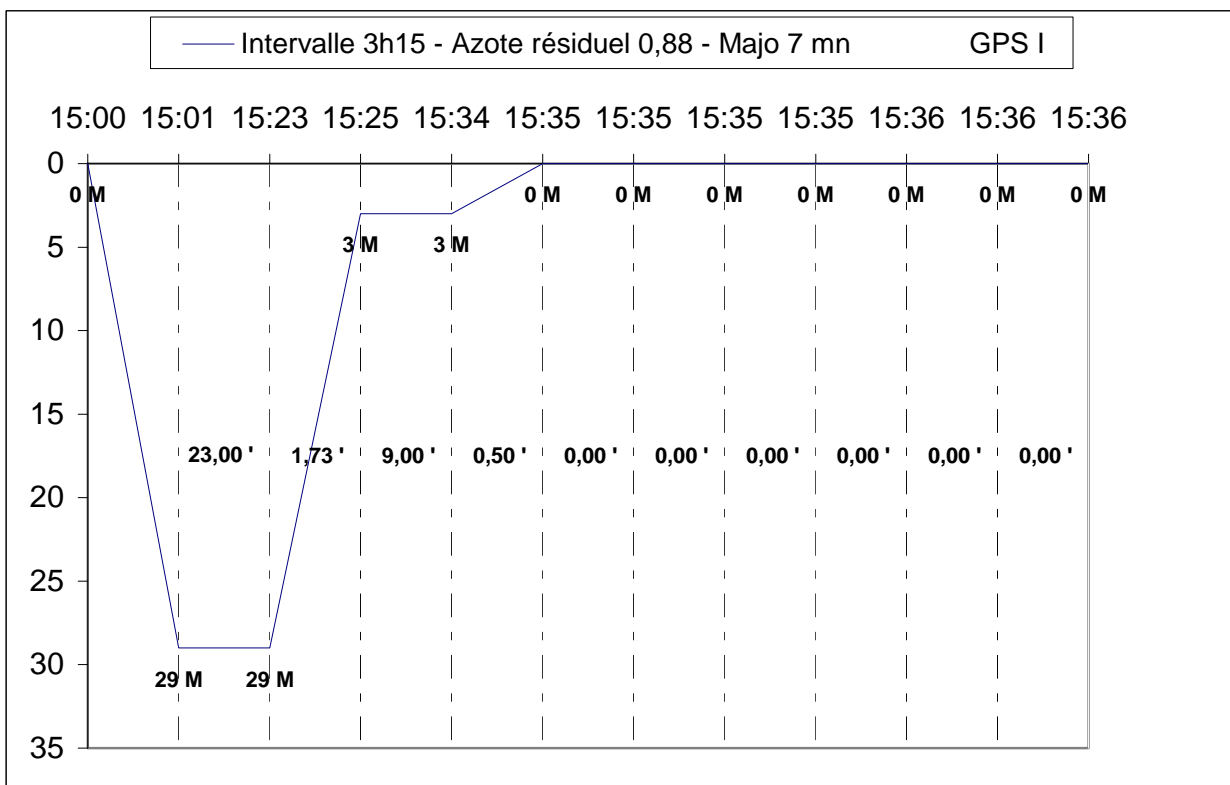
**Problème 6**

Plongée : 2<sup>ème</sup> plongée en mer sur un fond de 21 m pendant 32 min. Immersion à 14h00.  
 Paramètres 1<sup>ère</sup> plongée en mer : Immersion à 10h00 - 37 m 15 min



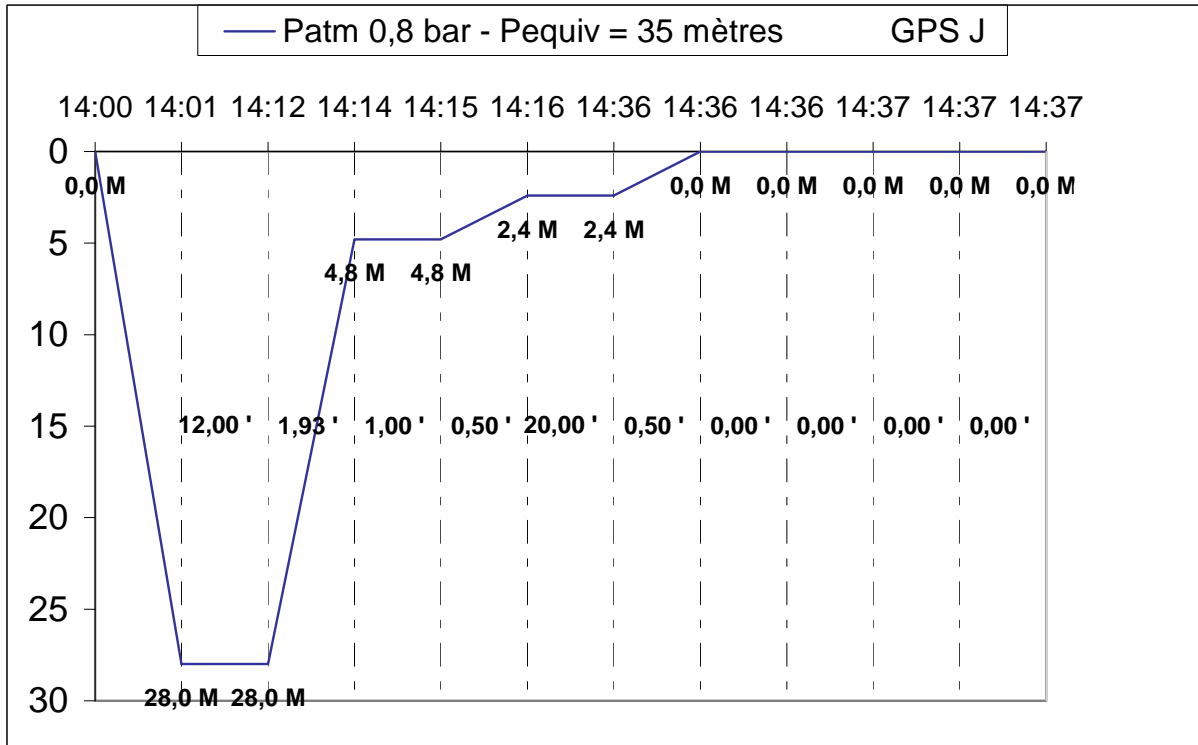
**Problème 7**

Plongée : 2<sup>ème</sup> plongée en mer sur un fond de 29 m pendant 23 mn. Immersion à 15h00.  
 Paramètres 1<sup>ère</sup> plongée : 39 m 17 mn - heure de sortie 11h45 - inhalation O2 en surface de 12h30 à 13h30



**Problème 8**

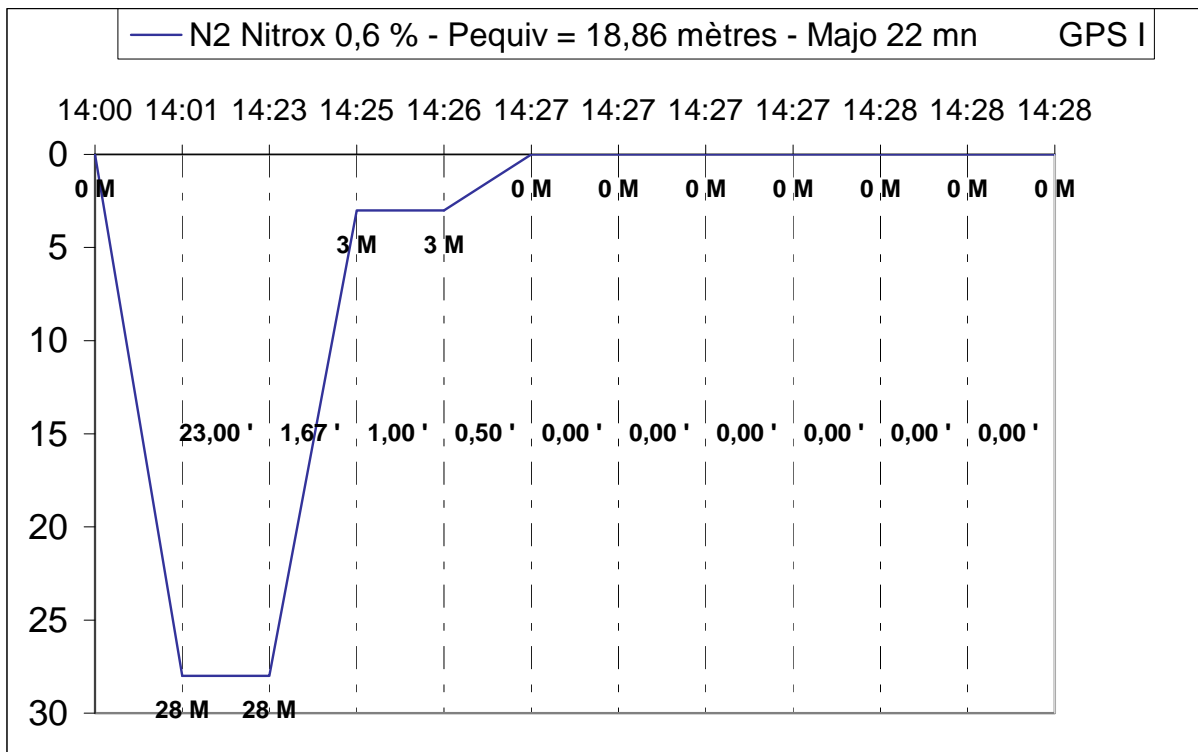
Plongée : 1<sup>ère</sup> plongée en lac (Patm=0,8 bar) sur un fond de 28 m pendant 12 min. Immersion à 14h00.



**Problème 9**

Plongée : 2<sup>ème</sup> plongée en mer sur un fond de 28 m pendant 23 mn. Mélange 40/60. Immersion à 14h00.

Paramètres 1<sup>ère</sup> plongée : 41 m 27 mn - heure de sortie 10h30



## Epreuve de réglementation

Durée 30 minutes

1) Quel texte règlemente la plongée sous-marine en France ?

L'arrêté MJS du 18 juin 2010 (retranscrit dans le Code du sport)

2) Quels sont les espaces d'évolution délimitant la plongée sous-marine à l'air ? Existe-t-il des dépassements exceptionnels de ces espaces pour un niveau d'aptitude donné ?

0-6m ; 0-12m ; 0-20m ; 0-40m ; 0-60m ; Pas de dépassement possible

3) Il existe différentes commissions au sein de la FFESSM. Laquelle régit l'enseignement de la plongée ? La commission technique

Quelle est le rôle de cette commission au niveau régional ?

Définir la politique de formation régionale

Autoriser l'organisation d'examen initiateur, MF1 et P4 avec un représentant de la CTR nommé par le président de la commission

Coordonner l'activité des comités départementaux

4) Citez les deux types de responsabilité et leur mode de réparation

Responsabilité Civile : dommage causé à un tiers ;

réparation : dédommagement du préjudice (assurable)

Responsabilité Pénale : faute ou manquement à la loi ;

réparation : amende et/ou peine d'emprisonnement (non assurable) d'assurance

5) Un P4 doit-il toujours respecter à la lettre les consignes de plongée du DP (palanquée, paramètres) ? Justifiez votre réponse

Le P4 est responsable de sa palanquée et du déroulement de la plongée. Les paramètres fixés par le DP sont un « maximum », libre au P4 de les « réduire ».

6) Un membre de votre club souhaite gonfler un bloc avec le compresseur du club.

Que contrôlez-vous ?

Appartenance du bloc : club ou extérieur au club

Pression de chargement : compatible avec la rampe de gonflage

Bloc club : TIV de moins d'1 an, requalification de moins de 5 ans

Bloc extérieur : pas de TIV acceptable, requalification de moins de 2 ans.

7) La présentation d'un certificat médical est obligatoire pour le passage de l'examen du niveau IV. Par qui doit-il être signé ?

Par un médecin fédéral ou titulaire d'un DU du sport ou un médecin hyperbare

Quelle sa durée de validité ?

un an maximum

Un certificat médical est-il obligatoire pour obtenir une licence ? Il est obligatoire pour l'obtention de la première licence. Par la suite il est obligatoire uniquement pour la pratique de l'activité.

8) Quelles sont les prérogatives des plongeurs niveau IV ?

Autonomie :

Les plongeurs autonomes (P3 ou P4) peuvent plonger entre eux (à 2 ou 3) en exploration jusqu'à 60m. En l'absence de DP, ils choisissent le lieu et fixent ensemble les paramètres de leur plongée.

Guide de palanquée en exploration :

Baptême : réalisation du baptême (plus de 14 ans) en milieu artificiel 0-6m sur autorisation du directeur de plongée

Débutant : 4 débutants dans l'espace 0-12m

4 débutants dans l'espace 0-20m si en fin de formation P1

P1 : 4 P1 dans l'espace 0-20m

P2 : 4 P2 dans l'espace 0-40m.

Serre fil de toute palanquée