

# ASPECTS THEORIQUES DE L'ACTIVITE

## Exercices<sup>1</sup> – Éléments de correction

*Ces questions sont appelées à évoluer et peuvent servir de base de révision ou d'aide à la confection de sujets. Les barèmes, si proposés, et la répartition des points sont à titre informatif*

### Table des matières

|   |    |
|---|----|
| THEME OBLIGATOIRE / Compressibilité des gaz : techniques de gonflage et calculs d'autonomie & THEME FACULTATIF / Gonflage : Influence de la température sur la pression d'un bloc | 2  |
| THEME OBLIGATOIRE / Pressions partielles : seuils de toxicité des gaz avec calcul de profondeur maximale d'utilisation  | 17 |
| THEME OBLIGATOIRE / Flottabilité : calculs de poids apparent et détermination d'un lestage optimal  | 21 |
| THEME FACULTATIF / Exercice de levage   | 28 |
| THEME FACULTATIF / Optique et acoustique : leur adaptation en milieu aquatique ..   | 31 |
| DIVERS  | 34 |

---

<sup>1</sup> Il est à noter que certains exercices proposés vont au-delà de l'épreuve d'examen « Aspects Théoriques de l'Activité » à proprement parler ; son contenu est défini dans un cahier des charges - <http://ffesm-ctr-aura.fr/wp-content/uploads/2022/03/CdC-GP-Aspects-Theoriques-propre-Mars-2022.pdf> - revu régulièrement en fonction de l'évolution du -Manuel du Formateur Technique (MFT)

**THEME OBLIGATOIRE / Compressibilité des gaz : techniques de gonflage et calculs d'autonomie & THEME FACULTATIF / Gonflage : Influence de la température sur la pression d'un bloc**

**1-Exercice (2 points)**

Sachant que vous consommez 15L d'air par minute en surface, quelle est votre autonomie à 40m si votre bloc de 12L est gonflé à 200bar et que vous mettez votre réserve à 70bar ?

- Avec les contraintes de l'énoncé, vous disposez pour votre calcul d'autonomie à 40m avant votre remontée de :  $(200 - 70) * 12 = 1560$  L 0.5 point
- Votre consommation 15L à la surface est équivalente à 75l/min ( $15 * 5$ ) à 40 m (Boyle-Mariotte) 0.5 point
- Son autonomie à 40 m est donc  $1560/75 = 20,8$  min 1 point

**2-Exercice (2 points)**

Entre le moment où vous récupérez votre bloc du gonflage et le moment où vous installez votre détendeur sur le bloc vous constatez une perte de pression. Expliquez simplement ce phénomène physique.

Ce phénomène met en relation : la pression, le volume, la température.

Quand la pression augmente, la température augmente aussi dans les mêmes proportions, pour un volume constant. En sortie de gonflage, le bloc est « chaud ».

Entre la sortie du gonflage et le montage du détendeur un certain temps s'est écoulé pendant lequel la température du bloc diminue pour atteindre la température ambiante. Pour un volume constant, quand la température diminue, la pression diminue également dans les mêmes proportions.

**3-Exercice (2 points)**

En rentrant de plongée, vous gonflez votre bloc à 200 bars. La température est alors à 37 °C. Deux heures après, à la mise à l'eau le bloc est à 17 °C.

Pourquoi la température est-elle si élevée après le gonflage ?

On a introduit une grande quantité d'air en peu de temps. La compression a pour effet d'élever la température. 0.5 point

Quelle loi est concernée par ce phénomène ?

Loi de Charles 0.5 point

Quelle est la pression du bloc lors de l'immersion ?

Loi de Charles : à volume constant,  $P_1/T_1 = P_2/T_2$

P est en bar et T est la température en kelvin soit  $273 + T^{\circ}\text{C}$

$200 / (273+37) = X / (273+17)$  soit  $200/ 310 = X/ 290$

$X = 200 * 290 / 310$

$X = 187.1$  bars 0.5 point

pour le résultat

NB : 0.5 point pour un raisonnement juste

**4-Exercice (2 points)**

Alors que votre plongée se termine, vous arrivez à vos paliers à 3m ; vous, Guide de Palanquée, avez un bloc de 15l, votre plongeur niveau 1 a un bloc de 12l. Vous

consommez en moyenne 15l/min au palier tous les deux. Combien de temps pouvez-vous rester à 3m en consommant 10b sur le 15 litres ?

Je dispose de 15l x 10b = 150 litres à 3m, soit une autonomie de  $150 / (15 \times 1,3) = 7'41''$  ou (7,69')

Durant ce même temps, de combien aura baissée l'indication de pression sur le manomètre de votre plongeur niveau 1 ?

Mon plongeur N1, consomme aussi 150 litres dans son bloc de 12l soit baisse du manomètre de 12,5 bars

### 5-Exercice (2 points)

La pression de votre bloc en fin de gonflage est de 200b et sa température de gonflage de 30°C. Au moment de la mise à l'eau, la température de votre bloc est tombée à 15°C. Qu'en est-il de la pression dans votre bloc ?

Loi de Charles : à volume constant,  $P1/T1 = P2/T2$

P est en bar et T est la température en kelvin soit  $273 + T^{\circ}\text{C}$

$200 / (273+30) = X / (273+15)$ , soit  $200 / 303 = X / 288$

d'où  $X = (288 * 200) / 303 = 190,1\text{bars}$

1 point

pour la conversion en Kelvin

NB : 1 point pour la démarche et le résultat

### 6-Exercice (2 points)

Au moment de récupérer les blocs avant d'aller plonger, vous vous apercevez qu'ils ne sont plus à 200 bars, mais 190 bars. Expliquer le phénomène et donner une solution pour éviter le problème.

Lors du gonflage il y a injection de molécules d'air provoquant l'augmentation de pression. L'agitation et le frottement de ces molécules entre elles provoquent une augmentation de la température.

Quand la pression augmente, la température augmente aussi dans les mêmes proportions, pour un volume constant. En sortie de gonflage, le bloc est « chaud ». Entre la sortie du gonflage et le montage du détendeur un certain temps s'est écoulé pendant lequel la température du bloc diminue pour atteindre la température ambiante. Pour un volume constant, quand la température diminue, la pression diminue également dans les mêmes proportions.

1 point

Les solutions sont :

- Gonfler lentement.
- Faire un complément d'air après la baisse de pression et donc de la température
- Gonfler à un peu plus de 200 b.

1 point pour l'une des 3 réponses.

### 7-Exercice (3 points)

Vous encadrez un plongeur PE40 sur le site de plongée « le Rubis ». Le DP fixe les paramètres suivants, 40 m et 30 minutes, et demande de remonter sur le bateau avec 60 bars. Ce plongeur consomme 20l d'air / minute en surface. Vous planifiez une plongée de 15 minutes à 40 mètres.

a) A 40m, combien consomme-t-il ?

A 40m,  $P_{\text{abs}} = 5$  bars, le plongeur consomme 5 fois plus qu'en surface, soit  $5 \times 20 = 100$  l/minute.

0.5 point

b) Quelle sera la pression de son bloc de 12 litres avant d'amorcer la remontée, sachant qu'il avait 200 bars initialement ? (La consommation lors de la descente est négligée).

Consommation pour 15 minutes à 40 mètres :  $12 * 200 = 2400$  litres d'air détendu équivalent surface. Il consomme 100 l/min pendant 15 minutes :  $100 * 15 = 1500$ l, il restera  $2400 - 1500 = 900$  l. Dans 12l, soit 75 bars.

**Solution alternative** : consommation de 1500 litres correspondant à  $1500/12 = 125$  b  
Il reste donc  $200 - 125 = 75$  b 1 point

c) Lors de la remontée, votre ordinateur indique qu'il faut faire un palier de 5 min à 3 mètres. Votre plongeur aurait-il suffisamment d'air pour remonter et respecter les consignes du DP ? Justifiez votre réponse. (La consommation pour arriver au palier et entre les paliers est négligée).

Au palier à 3m, soit  $P_{abs} = 1,3$  bar, la consommation du plongeur est de  $20 * 1,3 = 26$  l/min. Sur la durée du palier, il aura consommé  $26 * 5min = 130$  litres. 0.5 point

Dans son bloc de 12l, cela représente une chute de pression de  $130/12 =$  environ 11 bar. 0.5 point

A l'issue du palier la pression dans son bloc sera donc de  $75 - 11 = 64$  bars. 0.5 point

**Solution alternative :**

Selon les consignes du DP, il dispose de  $75 - 60 = 15$  bars 0.5 point

Ce qui correspond à :  $15 * 12 = 180$  litres disponibles ce qui est supérieur à sa consommation de 130 litres. 0.5 point

Le plongeur a donc suffisamment d'air pour remonter et les consignes du DP seront respectées puisqu'il y avait demandé 60 bars. 0.5 point

### 8-Exercice (3 points)

Vous voulez évaluer le temps de plongée de votre palanquée.

Vous souhaitez profiter au max de cette épave et rester le plus longtemps possible dans la zone des 40 m tout en respectant les consignes du DP : *Durée totale de plongée 35 min, et remontée sur le bateau avec 30 bars minimum.*

En tenant compte de la consommation de vos plongeurs (25l /min pour chacun) quels conseils leur donnerez-vous pour le choix de leur bloc. Justifiez à l'aide des calculs.

Vous prendrez comme pression moyenne pour vos calculs : 2,5 bars. Les blocs sont initialement gonflés à 200 bars

Consommation moyenne en air détendu :  $25l * 35min * 2,5 = 2188$  litres 0.5 point

Disponibilité 12l :  $[200-30 = 170 \text{ b}] * 12 \text{ l} = 2040$  litres → pas suffisant - Non-respect de la consigne DP de remonter avec 30 b minimum. 0.5 point

Disponibilité 15l :  $170b * 15 \text{ l} = 2550$  litres supérieure à la consommation prévue 1 point

Conseils : choisir un 15 l, bien vérifier sa conso durant la plongée 1 point

### 9-Exercice (3 points)

Vous connaissez bien vos plongeurs. Sachant qu'ils ont une consommation moyenne en surface de 15L/min, combien de temps allez-vous pouvoir rester à 38 mètres pour que vos élèves atteignent les 100 bars avec leurs blocs de 12 litres, avant de remonter faire leurs paliers ? (*Arrondir le calcul*) Les blocs sont initialement gonflés à 196 bars.

$15l/min$  à 1 bar →  $38 \text{ m} = 4.8 \text{ b} * 15 = 72$  litres/min 1.5 points

Air consommé pour qu'il reste 100b dans le bloc :  $196 - 100 = 96 \text{ b}$  0.5 point  
 $(96 \cdot 12) / 72 = 16 \text{ min.}$  1 point

### 10-Exercice (3 points)

Vous venez d'encadrer une palanquée de deux plongeurs. Marie et Pierre, sur une épave qui se trouve sur un fond de 35 m.

A l'issue de cette plongée, la pression restante dans le bloc de Marie est de 95 b et de 50 b dans celui de Pierre.

Vos paramètres de plongée sont les suivants : 35 m pour 25 minutes.

Les deux plongeurs disposent d'un bloc de 15 L gonflé à 200 b.

1. Donnez la consommation moyenne pour chacun ramené à la pression atmosphérique (à 1b).

**Pour Marie :** 1 point

$15 \cdot 200 = 3\,000 \text{ L}$  au départ

$15 \cdot 95 = 1\,425 \text{ L}$  en fin de plongée

Marie a consommé  $3\,000 - 1\,425 \text{ L}$  d'air, soit  $1\,575 \text{ L}$  en 25 minutes,

**Solution alternative :**

$(200 - 95) \text{ b} \cdot 15 \text{ l} = 1575 \text{ l}$

soit une consommation moyenne de  $1575/25 = 63 \text{ L}$  au fond, d'où  $14 \text{ L/min}$  en surface ( $63/4,5$ ).

**Pour Pierre :**

1 point

$15 \cdot 200 + 3\,000 \text{ L}$  au départ

$15 \cdot 50 = 750 \text{ L}$  en fin de plongée

Pierre a consommé  $3\,000 - 750 = 2\,250 \text{ L}$  d'air en 25 minutes,

**OU :**  $(200 - 50) \text{ b} \cdot 15 \text{ l} = 2250 \text{ l}$

soit une consommation moyenne de  $2250/25 = 90 \text{ L}$  au fond soit  $20 \text{ L/min}$  en surface ( $90/4,5$ ).

2. En tant que GP, quelle conclusion pouvez-vous en faire ?

Il est important de planifier ses plongées d'encadrement et de surveiller la consommation des plongeurs que l'on encadre. Lors du debriefing, il serait intéressant d'interroger Pierre sur les raisons de sa consommation plus élevée (effort, mauvaise gestion de l'équilibre, pb de lestage... D'une manière générale, les filles ont tendance à moins consommer que les garçons.

1 point

### 11-Exercice (3 points)

Vous êtes guide palanquée et vous emmenez un plongeur, N2 depuis 2 semaines, sur une épave à 40 m. Celui-ci part avec un bloc de 15 l gonflé à 200 b. Vous descendez le long d'un bout pendant 3 min et au fond vous contrôlez son manomètre qui indique 170 b. Après 12 min au fond (soit 15 min de plongée), le manomètre du plongeur indique 90 b et vous entamez votre remontée.

1. Calculez la quantité consommée d'air par ce plongeur et sa ventilation pendant la descente (on prendra une profondeur moyenne de 20m). (1point)

Conso pendant la descente =  $200 - 170 = 30 \text{ b}$  soit  $30 \times 15 = 450 \text{ l}$

Pour 20m, pression = 3 b et temps de descente = 3 min

Consommation =  $450 / (3 \times 3) = 50 \text{ l/min}$

2. Calculez la quantité consommée d'air par ce plongeur et sa ventilation durant le temps au fond. (1point)

Le plongeur a consommé au fond  $170 \text{ b} - 90 \text{ b} = 80 \text{ b}$  soit une quantité d'air de  $80 \times 15 \text{ l} = 1\,200 \text{ l}$

A 40m, pression absolue = 5b et temps au fond = 12 min

Consommation =  $1200 / (12 \times 5) = 20$  l/min

3. Que pensez-vous de cette différence de ventilation en tant que guide palanquée ? (1point)

Le plongeur a consommé plus d'air pendant la descente, il y a donc un risque accru d'essoufflement, de narcose ... Il faut faire attention à ne pas descendre trop vite avec des plongeurs peu entraînés. Il faut également faire attention à leur comportement (lestage correct, stab purgée à la descente, palmage efficace) ainsi qu'aux conditions du milieu (courant : minimiser les efforts en se déhalant, froid, manque de visibilité générant stress et surconsommation) et ne pas hésiter à intervenir pour stopper, corriger, ralentir.

### 12-Exercice (3 points)

Une guide de palanquée a un bloc de volume 15 litres gonflé à 200 bars. Elle emmène deux niveaux 2 avec elle qui sont équipés également de bloc de 15 litres.

1. Combien de temps peut-elle rester à 40 mètres avant d'atteindre une pression égale à 120 bars dans son bloc (on négligera pour ce calcul l'air nécessaire à sa descente et à l'équilibrage de son gilet) sachant qu'elle consomme 20 litres d'air par minute.

Le volume d'air détendu à 1 bar disponible quand le bloc de 15 litres passe de 200 à 120 bars est égal à :

Volume d'air disponible = Différence de pression \* Volume du bloc =  $80 * 15 = 1200$  litres. 1 point

A 40 mètres, la pression absolue est égale à 5 bars.

Le volume consommé chaque minute d'air détendu à 1 bar à 40 mètres où la pression absolue est égale à 5 bars sera égal à :

Consommation à 40 m = P(absolue) \* Consommation =  $5 * 20 = 100$  litres d'air détendu à 1 bar par minute. 0.5 point

Le temps qu'elle puisse rester à 40 mètres avant d'atteindre une pression égale à 120 bars dans son bloc se calcule en faisant le rapport de ces deux valeurs :

Temps = Volume d'air disponible / Consommation à 40 m =  $1200 / 100 = 12$  minutes. 0.5 point

2. L'un des deux niveaux 2 a besoin d'insuffler 12 litres d'air dans son gilet afin de se stabiliser à 40 mètres. De combien la pression de son bloc va-t-elle être diminuée lors de cette manipulation ?

La pression absolue à 40 mètres est égale à 5 bars.

Le volume d'air détendu à 1 bar nécessaire à cette insufflation de 12 litres dans le gilet correspond donc à :

Volume d'air détendu à 1 bar = P(absolue) \* Volume =  $5 * 12 = 60$  litres d'air détendu à 1 bar. 0.5 point

La différence de pression dans le bloc lors de cette manipulation sera égale à :

Différence de pression = Volume d'air détendu à 1 bar / Volume du bloc =  $60 / 15 = 4$  bars. 0.5 point

### 13-Exercice (3 points)

Vous devez plonger avec 3 plongeurs PE40 sur le site d'une épave situé à 38 mètres.

Vous récupérez 4 blocs dans votre club ou le TIV vient d'être effectué.

- 1 15 litre vide

- 3 12 litres vides.

Vous devez les gonfler avec un compresseur de 15 M3/heure.

Combien de temps allez-vous passer pour gonfler tous vos blocs à la pression de 200 bars ?

$$15 \text{ l} \times 200 \text{ b} = 3000 \text{ litres}$$

$$3 \times 12 \text{ l} \times 200 \text{ b} = 7200 \text{ litres}$$

Nous avons donc besoin de  $3000 \text{ l} + 7200 \text{ l} = 10\,200 \text{ litres}$

1 point

$15 \text{ m}^3 = 15\,000 \text{ litres}$  à l'heure soit 250 litres par minute

1 point

$$10200 \text{ L} / 250' = 40.8' \text{ soit } 41 \text{ minutes de gonflage.}$$

1 point

#### 14-Exercice (4 points) : Consommation

Vous allez encadrer 2 plongeurs PE40 sur le site de l'épave du Rubis avec comme paramètres de plongée 40 m et 30 minutes.

Le DP demande de remonter sur le bateau avec 80 bars dans les blocs.

Un des PE40 consomme 18 l/min et l'autre 25 l/min (consommation surface).

A) Quelle est la consommation de chaque PE40 à 40 m ? (2 points)

- Prof 40 m / Pabs 5 b.

- Conso PE40\_1 :  $5 \times 18 = 90 \text{ l/min}$  PE40\_2 :  $5 \times 25 = 125 \text{ l/min}$

B) Vous restez 12 min à 40 m, combien restera-t-il dans chaque bloc des 2 PE40, équipés en 12 litres à 200 bars ? (Négliger la consommation lors de la descente).

Respectez-vous les consignes du DP à la fin de cette plongée ? (2 points)

- PE40\_1 : Temps 12 min :  $90 \text{ l/min} \times 12 \text{ min} = 1080 \text{ l}$ . Il reste  $12 \times 200 - 1080 = 1320 \text{ l}$  dans 12 l soit 110 bars

- PE40\_2 :  $125 \text{ l/min} \times 12 \text{ min} = 1500 \text{ l}$ . Il reste  $2400 - 1500 = 900 \text{ l}$  dans 12 l soit 75 bars

- PE40\_2 sera en dessous des 80 bars demandés par le DP

#### 15-Exercice (4 points)

En tant que guide de palanquée, le DP prévoit de vous faire plonger en explo avec un niveau 2 sur une épave à 35 mètres. Vous avez un bloc de 15 litres gonflé à 200 bars. Le niveau 2 a un bloc de 12 litres gonflé à 230 bars. Votre consommation à tous les deux est de 20 litres/minutes d'air (la consommation de la descente négligeable)

1. Sachant que vous remonterez lorsque le 1er manomètre indiquera 50 bars, combien de temps pourrez-vous rester sur la roche ? (2 points)

$$\text{Durée GP} : (200 \text{ b} - 50 \text{ b}) \times 15 \text{ l} / (20 \text{ l/min} \times 4.5 \text{ b}) = 25 \text{ min}$$

$$\text{Durée N2} : (230 \text{ b} - 50 \text{ b}) \times 12 \text{ l} / (20 \text{ l/min} \times 4.5 \text{ b}) = 24 \text{ min temps maxi sur la roche.}$$

La palanquée pourra rester 24 minutes sur la roche.

0,5 point

Vous remontez et devez effectuer un palier de 11 minutes à 3 mètres. Vous consommez chacun 70 litres au cours de la remontée jusqu'au 1er palier. (On négligera la conso pendant le transfert palier/palier ainsi que le transfert palier/surf.)

2. Aurez-vous tous les deux assez d'air pour effectuer vos paliers ? (2 points)

Quantité nécessaire au GP et au N2 pour la remontée et les paliers :

$$70 + (11 \times 1.3 \times 20) = 356 \text{ litres}$$

Niveau 2 arrive le premier à 50b

$$\text{Quantité d'air restant en partant du fond} : 50 \times 12 = 600 \text{ litres}$$

Le N2 pourra faire ses paliers

Le GP dispose de plus de 50 b  
Quantité d'air restant en partant du fond :  $50 \times 15 = 750$  litres  
Le GP pourra faire ses paliers

### 16-Exercice (4 points)

Le compresseur de votre club a un débit de  $24 \text{ m}^3/\text{h}$ . Il alimente une rampe de gonflage de 4 blocs tampons en série de 50 litres chacun.

1. Combien de temps faut-il à votre compresseur pour gonfler ces tampons à 300 bars sachant que la pression de la rampe est à 80 bars ? (1.5 points)

Volume total :  $4 \times 50 = 200 \text{ l}$ .

Pression à ajouter :  $300 - 80 = 220$  bars.

Volume à ajouter :  $200 \times 220 = 44\,000 \text{ l}$ .

$1000 \text{ l} = 1 \text{ m}^3$  soit  $44\,000 \text{ l} = 44 \text{ m}^3$

$44 / 24 = 1.83$  heures

$0.83 \text{ h} = 49.8 \text{ min}$  soit environ 50 min donc 1h50 de gonflage.

(0.5 point pour le résultat / 1 point pour un raisonnement juste)

2. Une fois ces tampons gonflés vous devez vous en servir pour gonfler à 230 bars : 3 blocs de 15 l à 50 bars chacun. Quelle sera la pression dans les tampons une fois l'opération faite ? (2.5 points)

Volume total tampons :  $4 \times 50 \times 300 = 60\,000 \text{ l}$

Volume total blocs :  $3 \times 15 \times 230 = 10\,350 \text{ l}$ .

Volume restant blocs :  $3 \times 15 \times 50 = 2\,250 \text{ l}$ .

Volume à ajouter :  $10\,350 - 2\,250 = 8\,100 \text{ l}$ . OU  $3 \times 15 \times (230 - 50) = 8100$  litres

Volume tampon après gonflage :  $60\,000 - 8\,100 = 51\,900 \text{ l}$ .

OU Pression soutirée :  $8100 / 200 = 40.5 \text{ b}$

Pression restante tampons après gonflage :  $51\,900 / (4 \times 50) = 259.5$  soit 259 bars

**OU** :  $300 \text{ b} - 40.5 \text{ b} = 259.5 \text{ b}$

(1 point pour le résultat / 1.5 points pour un raisonnement juste)

### 17-Exercice (4 points)

Après le gonflage de votre bouteille de plongée à 200 bars (pression absolue), la température du bloc est de  $37^\circ \text{C}$ . Vous savez qu'en arrivant au fond la température du bloc sera passée à  $13^\circ \text{C}$ .

1) Quelle est la nouvelle pression absolue de votre bouteille ? (2 points)

Calcul direct en utilisant la Loi de Charles  $P_1 / T_1 = P_2 / T_2$  ; avec  $T_1$  et  $T_2$  températures en degrés Kelvin

Avec  $P_1$  (Pression de départ) = 200 bars ;  $P_2$  est ce que nous cherchons.

Et  $T_1 = 37 + 273 = 310^\circ \text{K}$  et  $T_2 = 13 + 273 = 286^\circ \text{K}$

1 point

On obtient  $P_2 = (200 \times 286) / 310 = 184,5$  bars

1 point

2) En tant que Guide de palanquée, comment allez-vous prendre en compte cette information tout en précisant si besoin des éléments à prendre en compte ? (2 points)

Je vais systématiquement vérifier la pression des blocs des plongeurs que j'encadre en arrivant à la profondeur d'évolution pour connaître au mieux leur stock d'air disponible pour réaliser la plongée.

1.5 points

Cela sera d'autant plus important si les blocs viennent d'être gonflés ou s'il fait très chaud.

### 18-Exercice (4 points)

Vous voulez gonfler 5 blocs de 12 litres. Les pressions résiduelles sont de 30 bars pour 3 d'entre elles et 70 bars pour les deux autres. Leur pression de service est de 230 bars. Vous disposez de 2 tampons de 50 litres, l'un gonflé à 300 bars et l'autre seulement à 25,0 bars.

En gonflant les 5 blocs en même temps, quelle pression atteindrez-vous dans les blocs :

- En utilisant d'abord le tampon à 250b puis celui à 300b ?

D'abord avec le premier tampon à 250b  $\rightarrow (3 \times 12 \times 30 + 2 \times 12 \times 70 + 50 \times 250) / (5 \times 12 + 50) = 138,73$  0.5 point

Puis avec le second tampon à 300b  $\rightarrow 5 \times 12 \times 138,73 + 50 \times 300 / (5 \times 12 + 50) = 212,03$  bars 0,5 point

- En utilisant d'abord le tampon à 300b puis celui à 250b ?

D'abord avec le premier tampon à 300b  $\rightarrow (3 \times 12 \times 30 + 2 \times 12 \times 70 + 50 \times 300) / (5 \times 12 + 50) = 161,45$  bars 0.5 point

Puis avec le second tampon à 250b  $(5 \times 12 \times 161,45 + 50 \times 250) / (5 \times 12 + 50) = 201,70$  bars 0.5 point

- En utilisant les tampons simultanément ?

$(3 \times 12 \times 30 + 2 \times 12 \times 70 + 50 \times 250 + 50 \times 300) / (5 \times 12 + 2 \times 50) = 189,12$  bars 1 point

- Quelle méthode préconisez-vous pour maximiser l'efficacité du gonflage ?

Gonflage successif en prenant le tampon avec la plus faible pression en premier. 1 point

### 19-Exercice (4 points)

Raphael est habitué à plonger en lac.

Vous disposez de bouteilles de 15L gonflées à 200 bars. Vous descendez à 40m ; profondeur à laquelle vous prévoyez de rester 10min.

Vous remontez le long du tombant et vous vous baladez sur le platier à 20m pour en repartir pour votre premier palier dès qu'un plongeur de la palanquée indique une pression manomètre de 80b. La consommation moyenne est évaluée à 20l/min, Combien de temps pouvez-vous rester à 20m ? *On négligera le temps de descente ainsi que les temps de remontée (40 à 20m et 20m au palier). On considérera également que la Pression Atmosphérique au niveau du lac = 1*

Air total dans le bloc (ramené à 1b) =  $200 \times 15 = 3000l$  0.5 point

Air réservé pour les paliers (ramené à 1b) =  $80 \times 15 = 1200l$  0.5 point

Air dispo (hors palier) ramené à 1b =  $3000l - 1200l = 1800l$  0.5 point

Consommation à 40m =  $5b \times 10' \times 20l/min = 1000l$  1 point

Air dispo à 20m =  $1800l - 1000l = 800l$  0.5 point

Durée maxi à 20m =  $800/20 \times 3b = 13min$  1 point

NB - 2 points si démarche bonne

### 20-Exercice (4 points)

Vous disposez d'une rampe de 3 bouteilles tampons de 50 litres, chacune gonflée à 300 bars, pouvant être utilisées simultanément ou indépendamment. Vous devez regonfler 3 blocs de 15 l (avec 100 bars résiduels dans chaque) et 5 blocs de 12 l (avec 60 bars résiduels dans chaque) à 230 bars pour la plongée du lendemain.

a. Est-ce possible et comment devez-vous procéder ? (3 points)

**Si on gonfle en simultané :**

$$(3 \times 15 \times 100 + 5 \times 12 \times 60 + 3 \times 50 \times 300) / (45 + 60 + 150) = 208.23 \text{ bars}$$

Donc les 230 bars ne sont pas atteints

**Si on gonfle les blocs successivement :**

$$(3 \times 15 \times 100 + 5 \times 12 \times 60 + 1 \times 50 \times 300) / (45 + 60 + 50) = 149.03 \text{ bars}$$

$$[149.03 \times (45 + 60) + 50 \times 300] / (45 + 60 + 50) = 197.73 \text{ bars}$$

$$[197.73 \times (45 + 60) + 50 \times 300] / (45 + 60 + 50) = 230.72 \text{ bars}$$

La pression désirée est atteinte, il faut donc gonfler les blocs successivement

b. A l'issue du gonflage, vos blocs gonflés à 230 bars sont à 40 °C ; quelle sera la pression dans ces bouteilles lorsque la température sera revenue à 15°C ? (1 point)

$$P_1/T_1 = P_2/T_2 \text{ d'où } P_2 = P_1 \times T_2/T_1 \text{ (T en kelvin = } 273 + T \text{ en } ^\circ\text{C)}$$

$$P_2 = 230 \times (273+15) / (273 + 40) = 211.63 \text{ bars}$$

## 21-Exercice (4 points)

Vous désirez gonfler trois blocs de 15 litres chacun à une pression de service de 225 bars. Le premier a une pression résiduelle de 30 bars, le second de 40 bars et le dernier de 70 bars. Vous voulez les remplir au maximum, et disposez pour cela de deux tampons de 40 litres à 300 bars.

*Toutes les pressions sont lues au manomètre.*

1) Pouvez-vous, au moyen des deux seules bouteilles tampons, gonfler ces trois blocs jusqu'à leur pression de service ? Expliquez votre démarche et justifiez votre réponse.

**Choix de la méthode de gonflage successive**

**1er gonflage :**

$$\text{Volume d'air détendu : } 15 \times (30 + 40 + 70) + 40 \times 300 = 14100 \text{ l}$$

$$\text{Pression obtenue : } 14100 / (15 \times 3 + 40) \approx 166 \text{ b}$$

1 point

**2e gonflage :**

$$\text{Volume d'air détendu : } (3 \times 15 \times 166) + 40 \times 300 = 19470 \text{ l}$$

$$\text{Pression obtenue : } 19470 / (15 \times 3 + 40) \approx 229 \text{ b}$$

1 point

Oui, la pression de service de 225 bars est atteinte ; voire légèrement dépassée.

2) En considérant que les blocs atteignent, à la fin du gonflage, une pression de 230 bars et une température de 40°C, quelle sera la pression de ces mêmes blocs une fois la température revenue à 20 °C ?

$$\text{Equivalences de températures : } 40^\circ\text{C} \leftrightarrow 313 \text{ K et } 20^\circ\text{C} \leftrightarrow 293 \text{ K}$$

$$\text{Relation de Charles : à volume constant } P_1 / T_1 = P_2 / T_2$$

1 point

$$\text{Pression lue au manomètre à } 20 \text{ C}^\circ : P_2 = (230 / 313) \times 293 \approx 215 \text{ b}$$

1 point

## 22-Exercice (4 points)

Je souhaite plonger pendant 21 minutes sur une épave à 40 mètres. Je dispose d'un bloc de 15 litres pouvant être gonflé à 230 bars maxi. Ma consommation est de 20 litres/minutes. La fin de la balade au fond est fixée à 80 bars. Quelle doit alors être la pression minimum de mon bloc pour pouvoir réaliser cette plongée ?

$$40 \text{ mètres, } 5 \text{ bars, conso équivalente fond} = 100 \text{ l/min}$$

1 point

Volume d'air nécessaire pour passer 21 minutes à 5 Bars de pression fond :

$$21 \text{ minutes à } 100 \text{ l/min donnent } 2100 \text{ litres}$$

1 point

Pression équivalente dans le bloc :

$$2100 / 15 = 140 \text{ bars}$$

1 point

Pression minimale du bloc :

$$140 \text{ bars} + 80 \text{ bars} = 220 \text{ bars}$$

1 point

**Solution alternative :**

$$15 \text{ l} * (P - 80 \text{ b}) / (20 \text{ l/min} * 5 \text{ b}) = 21 \text{ min}$$

$$15 * P - 15 * 80 = 100 * 21 \text{ soit : } 15 * P = 2100 + 1200 \text{ soit } P = 3300/15 = 220 \text{ b}$$

### 23-Exercice (4 points)

La station de gonflage de votre club est équipée d'un compresseur et de 2 rampes de 6 bouteilles tampons de 50 litres chacune ; la pression résiduelle dans la rampe 1 est de 40 bars et celle dans la rampe 2 est de 60 bars.

Combien de temps faut-il pour gonfler chacune de ces rampes à 300 bars avec un compresseur 24m<sup>2</sup>/heure ?

#### Rampe 1 :

Volume de la rampe :  $6 * 50 = 300 \text{ l}$

Pression à ajouter :  $300 - 40 = 260 \text{ bars}$

Volume à ajouter :  $260 * 300 = 78000 \text{ litres soit } 78 \text{m}^2$

Temps :  $78/24 = 3.25 \text{ heures soit } 3 \text{ heures et } 15 \text{ minutes}$  1 point

#### Rampe 2 :

Volume de la rampe :  $6 * 50 = 300 \text{ l}$

Pression à ajouter :  $300 - 60 = 240 \text{ bars}$

Volume à ajouter :  $240 * 300 = 72000 \text{ litres soit } 72 \text{m}^2$

Temps :  $72/24 = 3 \text{ heures}$  1 point

Les bouteilles tampons en fin de gonflage (300 bars) ont atteint une température de 35°C ; quelle sera la pression dans ces bouteilles tampons lorsque la température sera revenue à 20°C ?

$$300 / (273 + 35) = P / (273 + 20) \text{ soit : } P/293 = 300/308 \text{ soit}$$

$$P = (300 * 293) / 308 = 285.4 \text{ bars}$$
 2 points

### 24-Exercice (5 points)

En tant que guide de palanquée, vous plongez avec un PE40 sur une épave à 40 mètres. Vous avez un bloc de 15 litres gonflé à 200 bars. Le PE40 a un bloc de 12 litres gonflé à 230 bars.

1) Sachant que vous remonterez lorsque le 1er manomètre indiquera 90 bars, combien de temps pourrez-vous rester sur l'épave ? (2,5 points)

Les 2 plongeurs consomment 20 litres/minutes d'air (la consommation de la descente négligeable)

#### Pour le GP

Quantité d'air disponible :  $(200 - 90) * 15 = 1650 \text{ litres}$

Consommation à 40 mètres :  $20 * 5 = 100 \text{ L/min}$

Temps possible au fond :  $1650/100 = 16,5 \text{ min.}$  1 point

#### Pour le PE40

Quantité d'air disponible :  $(230 - 90) * 12 = 1680 \text{ litres}$

Consommation à 40 mètres :  $20 * 5 = 100 \text{ L/min}$

Temps possible au fond :  $1680/100 = 16,8 \text{ min.}$  1 point

Ils pourront rester maximum 16,5 minutes sur l'épave. 0,5 point

2) Vous remontez et devez effectuer un palier de 2 minutes à 6 mètres et de 19 minutes à 3 mètres. Vous remontez (consommation 70 L au cours de la remontée) puis effectuez vos paliers.

Quelle sera la pression de sortie de chaque plongeur ?

Quantité nécessaire pour la remontée et les paliers :  $70 + (2 \cdot 1.6 \cdot 20) + (19 \cdot 1.3 \cdot 20) = 628$  litres

GP (le premier à lire 90 bars au mano au bout de 16,5 min)

Quantité d'air restant en partant du fond :  $90 \cdot 15 = 1350$  litres

Reste en sortie :  $1350 - 628 = 722$  litres

soit  $722/15 = 48$  bars

1 point

PE40 (après 16,5 min au fond)

Quantité d'air restant en partant du fond :  $230 \cdot 12 - 100 \text{ l/min} \cdot 16,5 \text{ min} = 1110$  litres

Reste en sortie :  $1110 \text{ litres} - 628 \text{ litres} = 482 \text{ litres}$  soit  $482/12 = 40$  bars

1 point

3) Le DP avait demandé un retour bateau avec 50 bars. Que pouvez-vous conclure ? (0,5 point)

Le GP a juste assez d'air d'après les calculs. En revanche, le PE40 n'aura pas assez d'air pour effectuer ses paliers et remonter avec 50 bars sur le bateau.

Le GP aurait dû prévoir de ne pas rester aussi longtemps au fond, et prévoir une réserve plus importante.

0,5 point

## 25-Exercice (5 points)

Vous devez au sein de votre club effectuer le gonflage de 5 blocs de 12 L à 200 bars et de 2 blocs de 15 L également à 200 b.

Dans les 5 blocs de 12 L, il reste respectivement : 60b, 80b, 90b, 110b et 150b et dans les deux 15 L, ils leurs restent 100 b.

Vous connectez l'ensemble des blocs sur une rampe commune.

Vous disposez pour gonfler l'ensemble, de 3 blocs tampons de 50 litres de volume, gonflés à 250 bars.

Développer votre démarche pour gonfler vos blocs à la pression demandée en utilisant les tampons successivement et en précisant la pression finale dans chaque tampon. Avez-vous besoin de votre compresseur pour finaliser le gonflage des blocs ? *Vous arrondirez vos résultats à l'unité supérieure*

### Mise en équilibre de tous les blocs :

$(12 \cdot 60) + (12 \cdot 80) + (12 \cdot 90) + (12 \cdot 110) + (12 \cdot 150) + (2 \cdot (15 \cdot 100)) / (5 \cdot 12) + (2 \cdot 15) = 720 + 960 + 1080 + 1320 + 1800 + 3000 = 8880 / 60 + 30 = 99$  bars.

1 point

### Utilisation du 1<sup>er</sup> tampon :

$(1 \cdot (50 \cdot 250)) + 8880$

$12500 + 8880 \text{ L} / (50 + 90) = 21380 / 140 = 153$  bars

1 point

### Utilisation du 2<sup>ème</sup> tampon :

$(5 \cdot (12 \cdot 153)) + (2 \cdot (15 \cdot 153)) + (1 \cdot (50 \cdot 250))$

$26270 / 140 = 188$  bars

1 point

Utilisation du 3<sup>ème</sup> tampon :

$(5 \cdot (12 \cdot 188)) + (2 \cdot (15 \cdot 188)) + (1 \cdot (50 \cdot 250))$

$29420 / 140 = 211$  bars

1 point

**Conclusion :** Pas besoin d'utiliser le compresseur, il y avait suffisamment d'air dans les tampons.

1 point

## 26-Exercice (5 points)

Vous encadrez au Lion de Mer 2 plongeurs PE40, Aurore et Yoan que vous devez descendre à 40 m de fond au tombant. Vous les équipez de blocs 12 litres. Aurore a 190 bars de pression au départ et Yoan 220 bars (ils ont une consommation moyenne de 20 litres par minute). Le DP vous explique la topologie du site et les

consignes de sécurité. Il vous donne comme paramètres 40 m et 50 min avec un retour bateau à 50 bars.

Quelle sera la pression des blocs de chaque plongeur à 40 m si l'on veut entamer la remontée à 12 min de temps d'immersion ? On négligera le temps de descente. (1.5 points)

Consommation : 5 bars à 40m soit une conso moyenne de  $5 \times 20 = 100$  l/min.  
 $100 \times 12 = 1200$  litres de conso soit  $1200 / 12 = 100$  soit une perte de 100 bars par bloc.

Aurore aura  $190 - 100 = 90$  bars de pression en entamant la remontée.

Yoan aura  $220 - 100 = 120$  bars de pression en entamant la remontée

0.5 point pour le résultat + 1 point pour un raisonnement juste

Vous remontez, passez 12 min à 10 mètres.

Vos paliers obligatoires ont disparu mais vous décidez de faire 3 min de palier facultatif (car votre profil est trop proche des paliers) à 5 m (à cause d'une houle gênante).

Quelle sera la pression de chaque bloc à l'émergence ? on négligera le temps de remontée entre chaque profondeur. (1.5 points)

Conso à 10 m soit 2 bars : 40 l/min.

$40 \times 12 = 480$  litres de conso soit  $480 / 12 = 40$  soit une perte de 40 bars.

Aurore :  $90 - 40 = 50$  bars de pression dans le bloc.

Yoan :  $120 - 40 = 80$  bars de pression dans le bloc.

Conso à 5 m soit 1.5 bars : 30 l/min.

$30 \times 3 = 90$  litres de conso soit  $90 / 12 = 7.5$  soit une perte de 10 bars.

Aurore :  $50 - 10 = 40$  bars de pression dans le bloc.

Yoan :  $80 - 10 = 70$  bars de pression dans le bloc.

0.5 point pour le résultat + 1 point pour un raisonnement juste

Les consignes du DP étant de rentrer à 50 bars, qu'auriez-vous pu mettre en place pour les respecter ?

3 choix possibles à donner. (2 points)

Limiter le temps de plongée.

0.5 point

Partir avec des blocs gonflés à 200 bars mini

1 point

Prendre des blocs 15 litres.

0.5 point

## 27-Exercice (5 points)

Vous souhaitez remplir les blocs du club avec 3 tampons de 50l gonflés à 300 b chacun.

Vous avez 3 blocs 15 l à 60b, 4 blocs 12 l à 70 b, 3 blocs 10 l à 50 b.

En utilisant les 3 tampons chacun à la suite, à quelle pression pouvez-vous gonfler les blocs sans dépasser la pression de service de 200 b ? (2 points)

**1ier tampon :**

$(1 \times 50l) \times 300b + (3 \times 15l) \times 60b + (4 \times 12l) \times 70b + (3 \times 10l) \times 50b$

$= P \times (50l + 45l + 48l + 30l)$

$15000 + 2700 + 3360 + 1500 = P \times 173$

$P = 22560 / 173 = 130,4$  bars

1 point

**2ème tampon :**

$(1 \times 50l) \times 300b + (3 \times 15l) \times 130,4b + (4 \times 12l) \times 130,4b + (3 \times 10l) \times 130,4b$

$= P \times (50l + 45l + 48l + 30l)$

$15000 + 5868 + 6259,2 + 3912 = P \times 173$

$P = 31039,2 / 173 = 179,4$  bars

0.5 point

**3ème tampon :**

$$(1 \times 50l) \times 300b + 123 \times 179.4 =$$

$$P \times (50l + 45l + 48l + 30l)$$

$$15000 + 22066.2 = P \times 173$$

$$P = 37066.2 / 173 = 214.2 \text{ bars}$$

La pression finale après utilisation du 3<sup>ème</sup> tampon est supérieure à la pression de service. Je n'utilise donc que les 2 premiers tampons et j'obtiens une pression finale de 179.4 b dans chaque bloc. 0.5 point

Comme vous souhaitez gonfler les blocs à 200 b, vous stoppez le gonflage avec le 3<sup>ème</sup> tampon quand votre pression affichée au manomètre de la rampe de gonflage atteint 200b. Quelle sera la pression finale restante dans le dernier tampon ? (2 points)

Pour monter les blocs à 200 bars, il faut : 1 point

$$(200b - 179.4b) \times 123 l = 2533.8 l$$

Dans dernier tampon :  $300b \times 50l = 15000 l$   
 Soit  $15000 - 2533.8 = 12466.2 / 50 = 249.3 b$   
 Il restera 249.3 b dans le dernier tampon 1 point

Combien de blocs vides de 10L pourriez-vous gonfler à 200b avec ce tampon ? (1 point)

$$(1 \times 50l) \times 249.3b = (X \times 10 l) \times 200b$$

$$X = 12466.2 / 2000 = 6.2$$

Nous pourrions gonfler encore 6 blocs de 10L

## 28-Exercice (6 points)

Vous allez encadrer un plongeur PE40 sur une épave. Le directeur de plongée vous fixe comme paramètres maximum : 40 m et 30 minutes. Il vous demande de remonter sur le bateau avec 50 bars.

Ce plongeur consomme 20l d'air / minute en surface

1. A 40m, combien consomme-t-il d'air par minute ?

A 40m, Pabs = 5 bars, le plongeur consomme 5 fois plus qu'en surface, soit  $5 \times 20 = 100 l/minute$  1 point

2. Vous restez 15 minutes à 40 mètres ; combien restera-t-il dans son bloc de 12 litres avant d'amorcer la remontée, sachant qu'il avait 200 bars ? (on négligera la consommation lors de la descente)

$$12 \times 200 = 2400 \text{ litres d'air détendu}$$

Il consomme 100 l/min pendant 15 minutes soit  $100 \times 15 = 1500l$  1 point

il restera  $2400 - 1500 = 900 l$  dans 12l, soit 75 bars 1 point

3. Lors de la remontée, votre ordinateur indique qu'il faut faire des paliers : 6 min à 3 mètres. Aura-t-il suffisamment d'air pour remonter et respecter les consignes du DP ? (On ne tiendra pas compte de la consommation pour arriver au palier et entre les paliers)

A 3 mètres, Pabs = 1.3 bars donc consommation à 3 m :  $20l/min \times 1.3 = 26 l/min$  0,5 point

Soit pendant le palier :  $26l/min \times 6min = 156 l$  de consommation d'air détendu au palier de 3 mètres. 0,5 point

Soit une baisse de pression de  $156 l / 12 l = 13 \text{ bars}$  0,5 point

Il reste :  $75 - 13 = 62 \text{ bars}$  0,5 point

Le plongeur a donc suffisamment d'air pour remonter et les consignes du DP seront respectées puisqu'il était demandé 50 bars. 1 point

## 29-Exercice (6 points)

Vous êtes responsable du gonflage des bouteilles. Aujourd'hui le bateau revient avec 8 bouteilles de 15L avec 60 bars restants dans chaque bouteille et 2 bouteilles de 12L avec 70 bars restants.

Vous avez à votre disposition 2 rampes de 5 tampons de 50L gonflés à 300 bars et vous voulez gonfler toutes les bouteilles à 230 bars.

Quelle sera la pression des tampons à la fin de l'opération si vous utilisez les deux rampes en même temps ?

$$230 - 60 = 170 \text{b} \rightarrow 170 \times 15 = 2550 \text{L} \rightarrow 2550 \times 8 = 20400 \text{L}$$

$$230 - 70 = 160 \text{b} \rightarrow 160 \times 12 = 1920 \text{L} \rightarrow 1920 \times 2 = 3840 \text{L}$$

$$\text{Soit } 20400 + 3840 = 24240 \text{L}$$

$$300 \times 50 = 15000 \text{L} \rightarrow 15000 \times 2 \times 5 = 150000 \text{L}$$

$$150000 - 24240 = 125760 \text{L}$$

$$\text{D'où la pression recherchée : } 125760 / 500 = 251,5 \text{ bars}$$

1 point

En utilisant une rampe puis l'autre ?

#### Rampe 1

$$300 \times 50 = 15000 \text{L} \rightarrow 15000 \times 5 = 75000 \text{L}$$

$$8 \times 15 \times 60 = 7200 \text{L} \rightarrow 2 \times 12 \times 70 = 1680 \text{L}$$

$$\text{Soit } 7200 + 1680 = 8880 \text{L}$$

$$(8 \times 15) + (2 \times 12) + (5 \times 50) = 394 \text{L}$$

$$8880 + 75000 = 83880 \text{L}$$

$$\text{D'où la pression après rampe 1 : } 83880 / 394 = 213 \text{ Bars}$$

1,5 points

#### Rampe 2

$$230 - 213 = 17 \text{ Bars} \rightarrow 17 \times (8 \times 15 + 2 \times 12) = 2448 \text{L}$$

$$75000 - 2448 = 72552 \text{L}$$

$$\text{D'où la pression recherchée : } 72552 / 250 = 290 \text{ bars}$$

1 point

Les bouteilles une fois gonflées à 230 bars atteignent la température de 30° C.

Quelle sera la pression des bouteilles quand elles auront atteint la température ambiante de 23° C ?

$$P1/T1 = P2/T2 \rightarrow P1 \times T2 / T1 = P2$$

$$\text{Avec } P1 = 230 ; T1 = 273 + 30 = 303 \text{ et } T2 = 273 + 23 = 296$$

$$\text{On obtient : } P2 = 230 \times 296 / 303 = 225 \text{ bars}$$

1 point

Une fois les bouteilles gonflées vous décidez de regonfler les tampons à 300 bars à l'aide de votre compresseur d'une capacité de 12m<sup>3</sup>/h. Combien de temps avez-vous besoin pour regonfler les tampons en gonflant successivement les rampes ?

$$\text{Rampe 1 : } (300 - 213) \times 5 \times 50 = 21750 \text{ litres OU } (300 - 251,5) \times 5 \times 50 = 12125 \text{ l } 0,5 \text{ point}$$

$$\text{Rampe 2 : } (300 - 290) \times 5 \times 50 = 2500 \text{ litres OU } (300 - 251,5) \times 5 \times 50 = 12125 \text{ l } 0,5 \text{ point}$$

$$21750 + 2500 = 24250 \text{ litres OU } 12125 + 12125 = 24250 \text{ litres} = 24,25 \text{ m}^3 \rightarrow$$

$$24,25 \text{ m}^3 / 12 \text{ m}^3/\text{h} = 2,02 \text{ heures ou } 2 \text{h}01 \text{ min}$$

0,5 point

### 30-Exercice (6 points)

En tant que guide de palanquée, le DP prévoit de vous faire plonger en exploration avec 2 N2 sur un fond de 35 m. Vous avez un bloc de 15 litres gonflé à 230 bars. L'un des N2, Erwan a un bloc de 15 litres gonflé à 190 bars. L'autre N2, Gwendoline a un bloc de 12 litres gonflé à 230 bars.

Vous envisagez 15 min au fond, ce qui vous donne une DTR de 8 min.

1). La plongée est-elle possible, sachant que le DP vous impose d'amorcer la remontée au plus tard lorsque l'un des plongeurs atteint une pression manomètre de 70bars ? Justifiez votre réponse en calculant leur autonomie (3 points)

On considère pour tous les plongeurs ont une consommation d'air de 20 litres/min durant toute la durée de l'immersion.

Le calcul n'est fait que pour les 2 plongeurs : ils ont tous la même consommation d'air à 20 litres/min, (le GP a un bloc de même volume qu'un des 2 plongeurs (Erwan) mais avec une pression plus élevée (230 bars contre 200 bars pour Erwan)

Consommation d'un plongeur

Consommation :  $20 \times 4,5 = 90 \text{L/min}$  à 35m 0,5 point

**Pour Erwan :**

Volume disponible :  $(190 - 70) \times 15 = 120 \times 15 = 1800 \text{L}$

Autonomie :  $1800/90 = 20 \text{ min}$  1 point

**Pour Gwendoline :**

Volume disponible :  $12 \times (230 - 70) = 12 \times 160 = 1920 \text{ litres (0,5pts)}$

Autonomie :  $1920/90 = 21 \text{ min}$  1 point

La plongée se base sur la consommation d'Erwan, puisqu'il a moins d'autonomie. La plongée est possible, sauf incident. 0,5 point

2) A quelles pressions lues à leur manomètre Erwan et Gwendoline vont-ils quitter le fond ? (2 points)

Consommation en 15min : (deux méthodes possibles)

- Méthode 1

$(4,5 \times 20 \times 15 \text{min}) / 15 \text{L} = 90 \text{ bars}$  pour Erwan 0.5 point

$(4,5 \times 20 \times 15) / 12 = 112 \text{bars}$  pour Gwendoline 0.5 point

- OU Méthode 2 (utilisant le résultat du calcul de la consommation de la question 1)

Pour Erwan :  $90 (\text{L/min}) \times 15 (\text{min}) / 15 \text{L (volume bloc)} = 90 \text{ bars}$

Pour Gwendoline :  $90 (\text{L/min}) \times 15 (\text{min}) / 12 \text{L (volume bloc)} = 112 \text{ bars}$

Pression de décollage :

- $190 - 90 = 100 \text{ bars}$  pour Erwan 0.5 point
- $230 - 112 = 118 \text{ bars}$  pour Gwendoline 0.5 point

3) La plongée étant effectuée sur un tombant allant de 38m à 10m, comment peut-on augmenter le temps de plongée tout en conservant les paramètres : DTR 8', réserve décollage 70bar. (1 points)

Le site permet une plongée multi-niveau. On peut donc en amorçant plus tôt une remontée lente le long du tombant, limiter la consommation ainsi que la saturation, et donc augmenter le temps de plongée.

### 31-Exercice (6 points)

On dispose d'une rampe de 3 blocs tampons de 50 litres chacun à 230 bars. On veut gonfler ensemble, à 200 bars :

- 1 bloc de 15 litres dans lequel il reste 20 bars
- 3 Blocs de 12 litres dans lesquels il reste 40 bars

On néglige le volume de la tuyauterie.

1) Quelle sera la pression maximale de gonflage, si on utilise les tampons simultanément ? (2 points)

Méthode demandée : Somme des volumes d'air disponibles/ Somme du volume des contenants soit :

$(3 \times 50 \times 230 + 15 \times 20 + 3 \times 12 \times 40) / (3 \times 50 + 1 \times 15 + 3 \times 12) = 180,4 \text{ bars}$

Réponse : 180 bars

2) Quelle sera la pression maximale de gonflage, si on utilise les tampons successivement ? (3 points) Vous négligerez les décimales

Premier tampon :  $(50 \times 230 + 15 \times 20 + 3 \times 12 \times 40) / (50 + 15 + 3 \times 12) = 131,1$  bars  
soit 131 bars 1 point

Deuxième tampon :  $(50 \times 230 + 15 \times 131 + 3 \times 12 \times 131) / (50 + 15 + 3 \times 12) = 180$   
bars 1 point

Troisième tampon :  $(50 \times 230 + 15 \times 180 + 3 \times 12 \times 180) / (50 + 15 + 3 \times 12) =$   
204,75 bars

Pression de gonflage maximum : 204,7bars soit 204 bars 1 point

3) Qu'en concluez-vous ? (1 point)

Seule la seconde méthode permet d'atteindre une pression finale demandée de 200  
bars dans les blocs. 0.5 point

La pression obtenue est même supérieure de 4 bars : on peut donc arrêter le  
gonflage à 200 bars si on ne souhaite pas tenir compte de l'effet température  
sachant que la pression finale sera inférieure quand le bloc se sera refroidi. 0.5 point

## **THEME OBLIGATOIRE / Pressions partielles : seuils de toxicité des gaz avec calcul de profondeur maximale d'utilisation**

### **32-Exercice (2 points) : Toxicité de l'oxygène**

Les ordinateurs actuels sont très souvent paramétrés à 1,4 b de PpO<sub>2</sub> maximum.

A quelle profondeur maximale atteindrez-vous cette PpO<sub>2</sub> ?

(Composition de l'air : O<sub>2</sub> 20% et N<sub>2</sub> 80%)

PpO<sub>2</sub> de 1,4 b :  $1,4 / 0,2 = 7$  b soit 60 mètres

### **33-Exercice (2 points)**

Quelle est la pression partielle d'O<sub>2</sub> à 40 m à la plongée à l'air ? (0.5 point)

Pression à 40 m : 5 bars

Pression partielle O<sub>2</sub> :  $5 \times 0,2 = 1$  bar PpO<sub>2</sub>

La plongée à l'air en France est réglementairement limitée à 60 mètres. A quelle  
pression partielle d'azote cela correspond-il ? (1 point)

Pp N<sub>2</sub> max =  $7 * 80\% = 5,6$  b

Quelle est la PMU (profondeur maximum d'utilisation) à l'air (Composition de l'air :  
O<sub>2</sub> 21% et N<sub>2</sub> 79%) ? (0.5 point)

PpO<sub>2</sub> max = 1.6 bar

Pression max :  $1,6 / 0,21 = 7,62$  bars

PMU = 66 m

### **34-Exercice (2 points)**

On considère un mélange gazeux à 40 % O<sub>2</sub> et 60 % N<sub>2</sub>.

Quelle est la profondeur maximale d'utilisation de ce gaz (réglementairement : la  
PpO<sub>2</sub> ne doit pas dépasser 1,6 bar) ?

Pp O<sub>2</sub> = Pabs x %O<sub>2</sub> donc Pabs = PpO<sub>2</sub> / %O<sub>2</sub>

PpO<sub>2</sub> = 1.6 bar

%O<sub>2</sub> du mélange = 40% soit 0,4

Pabs =  $1,6 / 0,4 = 4$  bar soit une profondeur maximum de 30 mètres.

### **35-Exercice (2 points)**

Vous plongez avec un mélange nitrox 30/70 ; quelle sera la profondeur maximale d'utilisation de ce mélange, pour une limite de PpO<sub>2</sub> à 1,6 b ?

$$PpO_2 = Pabs \times \% \rightarrow Pabs = PpO_2 / \% = 1,6 / 0,3 = 5,33 \text{ b soit } 43,3 \text{ m}$$

### 36-Exercice (2 points)

Donner pour les mélanges Nx30 et Nx40 les profondeurs maximales d'utilisation (PMU). On prendra comme valeur maximale de PpO<sub>2</sub> : 1.6b

$$30/70 = PA = 1.6/0.3 = 5.3b \text{ soit } 43 \text{ mètres.}$$

1 point

$$40/60 = PA = 1.6/0.4 = 4b \text{ soit } 30 \text{ mètres.}$$

1 point

### 37-Exercice (2 points)

On considère une plongée avec un Nitrox 40% oxygène et 60% azote.

1) Quelle est la profondeur à ne pas dépasser avec ce mélange ?

$$\text{Loi de Dalton - } PPO_2 = (\%O_2 / 100) \times Pabs,$$

$$\text{Donc } Pabs = (100 \times 1,6) / 40 = 4b$$

0.5 point

Soit une profondeur max de 30m

0.5 point

2) Quel est le pourcentage maximal d'oxygène d'un Nitrox permettant une profondeur maximale d'utilisation de 40m ?

$$\%O_2 = (PPO_2 \times 100) / Pabs,$$

$$\text{Donc } \%O_2 = (1,6 \times 100) / 5 = 32\%$$

1 point

### 38-Exercice (3 points)

Vous souhaitez plonger sur une épave à 45 m et utiliser un mélange Nitrox fond.

Quelle est la PpO<sub>2</sub> max devant être prise en compte ? (1 point)

$$PpO_2 \text{ max} : 1,6 \text{ b}$$

Quel sera le pourcentage optimum à utiliser pour cette plongée ? (1 point)

$$\% O_2 = PpO_2 \text{ max} / Pabs$$

$$\% O_2 = 1,6 / 5,5 = 0,2909, \text{ soit un mélange } 29 \% O_2 \text{ et } 71 \% N_2$$

Quel serait le risque si vous dépassiez ce pourcentage ? (1 point)

Se retrouver avec une PpO<sub>2</sub> supérieure à 1.6 b avec risque d'Hyperoxie : syncope sans signe précurseur (ou pas significatif...). Risque de noyade.

### 39-Exercice (3 points)

Quelle est la profondeur maxi d'évolution avec un nitrox 32 en considérant une PpO<sub>2</sub> maxi 1,6 ?

$$1,6 / 0,32 = 5 \text{ b soit } 40 \text{ m}$$

1 point

Avec ce même mélange, quelle est la profondeur équivalente air permettant d'utiliser les tables MN90 ?

$$PpN_{2\text{air}} = 80\% \times Pabs \text{ équivalente air} = PpN_2 \text{ Nitrox} = 68\% \times 5$$

$$Pabs \text{ équivalente air} = 5 \times 68 / 80 = 4,25b \text{ soit profondeur } 32,5m$$

1 point

Prendre 35m dans la table

1 point

### 40-Exercice (3 points)

Vous encadrez un plongeur qui utilise un nitrox avec 37% d'O<sub>2</sub>. A quelle profondeur êtes-vous limités par ce mélange ?

$$1,6/0,37=4,32bars \rightarrow 33,2m$$

1 point

Quand il sera à 20m quelle sera sa profondeur équivalente à l'air ?

$1 - 0,37 = 63\% \text{ N}_2$  ; 20 M => 3 bars de PA

$P_{pN_2\text{air}} = 80\% * P_{\text{abs}} \text{ équivalente air} = P_{pN_2 \text{ Nitrox}} = 63\% * 3$

$P_{\text{abs}} \text{ équivalente air} = 3 \times (0,63 / 0,80) = 2,36 \text{ B} \rightarrow 13,6\text{m}$

2 points

#### 41-Exercice (4 points)

1) Quelle est la profondeur maximale autorisée par la réglementation pour la plongée à l'air ? (1Pt)

Article A322-76 : La plongée subaquatique à l'air est limitée à 60 mètres.

2) Pourquoi cette limite a-t-elle été instituée ? (3Pts)

La limite de 60 m est fixée par un seuil de pression partielle d'azote à ne pas dépasser et qui est estimé à 5,6 bars. Au-delà de ce seuil, le risque de narcose est proche de 100%.

1,5 points

Considérant que l'air se compose à 79% d'azote, alors la loi de Dalton nous permet de déterminer la profondeur max de la plongée à l'air ;

$P_{pN_2} = P_{\text{abs}} * [\%N_2] \leq 5,6$

D'où  $P_{\text{abs}} \leq (5,6/0,79) = 7,088 \text{ bars}$

Soit 60m à ne pas dépasser

1,5 points

#### 42-Exercice (4 points)

Pour cette question, on considère une composition de l'air à 80% de N<sub>2</sub> et 20% de O<sub>2</sub>.

Vous décrirez succinctement votre raisonnement et/ou calcul.

a) Quel est la pression partielle maximale du dioxygène (O<sub>2</sub>) fixée dans le Code du Sport ?

Code du Sport Art. A. 322-92. – La valeur de la pression partielle maximale d'oxygène inspiré par le plongeur en immersion est limitée à 1 600 hectopascals (1,6 bar).

b) A quelle profondeur maximale cette pression partielle correspond-elle ?

$P_{pO_2} = \%O_2 * P_{\text{abs}}$

Application numérique :  $1,6 = 0,2 * P_{\text{abs}}$ , soit  $P_{\text{abs}} = 1,6/0,2$  d'où  $P_{\text{abs}} = 8 \text{ bars}$

On considère que 1 bar correspond à 10m d'eau et que la pression atmosphérique est de 1 bar. Une pression absolue de 8 bars correspond donc à une profondeur de 70 m.

c) La profondeur maximale de la plongée à l'air est fixée à 60m par le Code du Sport. A quelle pression partielle de diazote (N<sub>2</sub>) cette profondeur correspond-elle ?

A une profondeur de 60m,  $P_{\text{abs}} = 7 \text{ bars}$ . Donc  $P_{pN_2} = 0,8 * 7$  d'où  $P_{pN_2} = 5,6 \text{ bars}$

d) Implicitement, quel seuil de toxicité de quel gaz dioxygène (O<sub>2</sub>) ou diazote (N<sub>2</sub>) fixe la profondeur maximale de la plongée à l'air à 60m ?

C'est le seuil de toxicité du diazote ( $P_{pN_2} = 5,6 \text{ bars}$ ) qui fixe la limite de la plongée à l'air.

*Commentaire : 1 point par sous-question. 0,5 point seulement si seule la réponse est donnée, sans raisonnement et/ou description du calcul.*

#### 43-Exercice (5 points)

La composition de l'air est de 20% d'O<sub>2</sub> et 80%N<sub>2</sub>.

Quelle est la P<sub>pN<sub>2</sub></sub> de l'air à la profondeur de 38 mètres ?

Dans l'hypothèse où vous plongez avec un mélange Nitrox 40/60, quelle serait la PpN<sub>2</sub>, la profondeur équivalente à l'air et la profondeur maximum à ne pas dépasser ?

- 4.8 x 0.8 = Ppn<sup>2</sup> 3.84b à 38 mètres. 1 point  
4.8 x 0.6 = PpN<sup>2</sup> 2.88b 1 point  
2.88/0.8 = 3.6 b soit 26 mètres en profondeur équivalente. 1.5 points  
1.6/0.4 = 4 b soit 30 mètres à ne pas dépasser. (Référence code du sport) 1.5 points

#### 44-Exercice (5 points)

Dans les calculs, vous utiliserez 20% d'O<sub>2</sub> et 80% de n<sub>2</sub> comme composition de l'air. Les valeurs de pressions partielles maximum à utiliser sont celles du code du sport (arrêté du 6 avril 2012)

Quelle est la pression partielle d'O<sub>2</sub> respirée par le plongeur à 40 m avec de l'air ?

- 40m => 5 bars de pression absolue  
5 \* 0.2 = 1.0 bar de ppo<sub>2</sub> 1 point

Quelle est la pression partielle d'O<sub>2</sub> respirée par le plongeur à 40 m avec un Nitrox 37/63 et a-t-il le droit de l'utiliser à cette profondeur ?

- 5 \* 0.37 = 1.85 bar 1 point

La ppo<sub>2</sub> max fixée par le Code du Sport étant à 1.6 b, le plongeur ne peut pas utiliser un Nitrox 37/63 à 40m 1 point

Quelle est la profondeur maximale d'utilisation d'un nitrox 37/63 ?

- 1.6 / .37 = 4.32 de Pabs., soit une PMU = 33.2 m 1 point

Quelle est la profondeur équivalente à l'air d'un nitrox 37/63 utilisé à 30 mètres ?

A 30m la pression absolue est P = (30/10) + 1 = 4 bars

Avec un NX37/63 le % de N<sub>2</sub> = est de 63% soit 0.63

La PPN<sub>2</sub> est donc de 4 \* 0.63 = 2.52 bars

A l'air cette ppN<sub>2</sub> est obtenue à P = 2.52/0,80 = 3.15 bars

- La PEA est (3.15-1) x10 = 21.50 m 1 point

#### 45-Exercice (5 points)

Pour tout l'exercice, on raisonnera avec les données suivantes :

- La composition de l'air est de 20 % de dioxygène O<sub>2</sub> et de 80 % de diazote N<sub>2</sub>.
- La pression partielle de dioxygène Pp(O<sub>2</sub>) maximum admissible pour ne pas avoir d'accident hyperoxique est de 1,6 bar.

1. Avec un bloc à l'air, à quelle profondeur, la pression partielle de dioxygène sera-t-elle égale à 0,5 bars ?

La pression absolue pour laquelle la pression partielle de dioxygène est égale à 0,5 bars et égale à :

$$P(\text{absolue}) = Pp(O_2) / (\% O_2) = 0,5 / 0,2 = 2,5 \text{ bars.}$$

La profondeur à laquelle la pression partielle de dioxygène est donc égale à 15 mètres. 1 point

2. Quelle est la profondeur maximale d'utilisation d'un mélange Nitrox dont la composition est de 60 % de N<sub>2</sub> et 40 % de O<sub>2</sub> pour ne pas avoir d'accident hyperoxique ?

$$P(\text{absolue}) = Pp(O_2) \text{ max} / (\% O_2) = 1,6 / 0,4 = 4 \text{ bars.}$$

La profondeur maximum d'utilisation d'un mélange Nitrox dont la composition est de 60% de N<sub>2</sub> et 40% d'O<sub>2</sub> sera égale à 30 mètres. 1 point

3. Quelle est la profondeur équivalente air d'un mélange Nitrox dont la composition est de 70 % de N<sub>2</sub> et 30 % d'O<sub>2</sub> utilisé à 30 mètres

Cela revient à calculer la pression partielle de ce Nitrox à 30 mètres et de calculer à quelle profondeur à l'air, on aurait la même pression partielle donc :

$$P_p(N_2) = P(\text{absolue}) * (\% N_2) = 4 * 0,7 = 2,8 \text{ bars}$$

$$\text{A l'air, } P(\text{absolue}) = P_p(N_2) / (\% N_2) = 2,8 / 0,8 = 3,5 \text{ bars.}$$

Cela correspond à une profondeur de 25 mètres.

Donc la profondeur équivalente air d'un mélange Nitrox dont la composition est de 70% de N<sub>2</sub> et 30% d'O<sub>2</sub> utilisé à 30 mètres est égale à 25 mètres. 1 point

4. Citer deux avantages à utiliser du Nitrox.

Deux réponses acceptées parmi :

- Diminuer le pourcentage d'azote respiré / diminue le risque d'ADD
- Pour une même profondeur d'usage, il y a augmentation de la durée de plongée sans palier ou une diminution de la durée de palier.
- Diminuer le volume de gaz consommé de 10 à 15%.
- Meilleur confort après la plongée, moins de fatigue.

(2 points soit 1 point par réponse)

## THEME OBLIGATOIRE / Flottabilité : calculs de poids apparent et détermination d'un lestage optimal

### 46-Exercice (2 points)

Un boîtier étanche d'appareil photo, a un volume de 5 dm<sup>3</sup> et un poids apparent nul en eau douce. Quel lestage devra-t-on introduire à l'intérieur pour avoir un poids apparent nul en eau salée (densité = 1,03) ?

$$\text{Eau douce : Poids apparent} = 0 = P \text{ réel} - (5 \times 1) \rightarrow P \text{ réel} = 5 \text{ kg}$$

$$\text{Eau salée : Poids apparent} = 0 = P \text{ réel} - (5 \times 1,03) \rightarrow P \text{ réel ?} = 5 \times 1,03 = 5,15 \text{ kg}$$

Donc on doit rajouter 150g de lest dans le caisson

### 47-Exercice (2 points) : Lestage

En tant que guide de palanquée, comment pouvez-vous vérifier le bon lestage de vos plongeurs ?

Si les conditions le permettent en début de plongée, en surface, gilet vide, sans palmer, le niveau de l'eau doit arriver au milieu du masque sur une expiration et en fin de plongée on vérifie que notre plongeur est en flottabilité neutre au palier (gilet vide et bloc à 50 b) d'où la nécessité d'avoir un plomb pédagogique avec soi.

### 48-Exercice (2 points)

Raphael est habitué de plonger en lac. Il souhaite découvrir la plongée en mer et décide de garder le même équipement.

Totalement équipé, il déplace un volume d'eau égal à 100 dm<sup>3</sup>

De quelle façon devra-t-il ajuster son lestage sachant que la densité de l'eau de mer = 1.03 ?

$$P \text{ Archi (eau douce)} = 100 * 1 = 100 \text{ kg}$$

$$P \text{ Archi (eau de mer)} = 100 * 1.03 = 103 \text{ kg}$$

Il devra rajouter 3 kg

Démarche et résultat 1 point

Conclusion 1 point

#### 49-Exercice (2 points) - Flottabilité

Un plongeur équipé pèse 94 kg et présente un volume de 95 litres  
Quel lestage devra-t-il ajouter pour s'équilibrer en eau douce et en eau de mer ?  
(Densité de l'eau de mer :  $d = 1.03$ )

- Eau douce : poids apparent =  $94 - 95 = -1\text{kg}$ , lestage : 1 kg 1 point
- Eau de mer : poids apparent :  $94 - (95 \times 1.03) = -3.85$ , lestage : 3.85 kg 1 point

#### 50-Exercice (2 points)

Un plongeur à un volume corporel de 92 dm<sup>3</sup>. Son poids apparent en eau douce est proche de zéro. Il souhaite plonger en mer ( $d = 1,03$ ) et s'interroge sur la modification à apporter à son lestage. Pouvez-vous le conseiller en indiquant la correction de lestage ?

Poids apparent du plongeur ( $P_{ap}$ ) = Poids réel (PR) – Poussée d'Archimède (PA) ;  
avec  $PA = \text{Volume plongeur} \times \text{Densité eau}$  Comme le poids et le volume du plongeur restent identiques, le changement de densité de l'eau aura un impact sur la Poussée d'Archimède subit par le plongeur :

En eau douce :  $PA = 92 \times 1 = 92 \text{ kg}$  0.5 point

En eau de densité 1,03 :  $PA = 92 \times 1,03 = 94,76 \text{ kg}$  0.5 point

En eau de densité 1.03, la poussée d'Archimède est plus importante de 2,76kg ( $94.76 - 92$ ).

Il faudra donc lui recommander de rajouter 3kg a son lestage. 1 point

#### 51-Exercice (3 points)

Vous encadrez en eau douce (densité 1) un plongeur N1 qui a un volume de 80 litres en combinaison pour un poids total de 69 kg. Son scaphandre complet a un volume de 20 litres pour un poids de 30 Kg

Quel est le poids apparent du plongeur avec son équipement une fois immergé et de ce fait quel lestage doit-il porter pour être en flottabilité neutre ? (2 points)

$P_{ds \text{ app}} = \text{masse} - (P \text{ archi} \times d)$

Calcul du volume total pour Archimède :  $80 + 20 = 100 \text{ litres}$

Calcul de la masse totale :  $69 + 30 = 99 \text{ kg}$

$P_{ds \text{ app}} = 99 - (100 \times 1) = -1 \text{ Kg}$ . Il est en flottabilité positive donc il doit porter 1 Kg.  
1 point pour le résultat / 1 point pour un raisonnement juste

En lac, un parachute de relevage est gonflé de 15 litres pour qu'une ancre de volume 2 litres soit en flottabilité négative de 1kg.

Quelle est la masse de l'ancre ? (1 point)

Flottabilité négative = poids apparent positif

$P_{ds \text{ app}} = P_{ds \text{ réel}} - (P \text{ archi})$  avec  $P \text{ archi} = \text{volume} \times \text{densité eau}$

$+1 = X - (2 + 15 \times 1)$

$+1 = X - 17$

$X = 18 \text{ kg}$ . L'ancre a une masse de 18 KG.

0.5 point pour le résultat / 0.5 point pour un raisonnement juste

#### 52-Exercice (3 points)

En mer, un plongeur pesant 92 kilos en incluant sa ceinture de 5kg est équilibré à 3 mètres en fin de plongée.

1. Quel est la poussée d'Archimède nécessaire pour obtenir un poids apparent nul ?  
(1 point)

Poids Apparent = Poids Réel – Poussée d'Archimède

Donc si poids apparent est nul alors poussée d'Archimède = poids réel = 92 kg.

2. Ce plongeur ayant un volume de 89L désire plonger en lac. Devra-t-il modifier son lestage pour rester équilibré à 3 mètres ? Si oui, quel sera ce nouveau lestage ?

(2 points)

Poids réel du plongeur = 92 – 5 kg de lestage soit 87 kg

Poids Apparent = Poids Réel – Poussée d'Archimède = 87 – 89 = -2 kg

**Solution alternative :**

Poids Apparent avec lest = Poids Réel – Poussée d'Archimède = 92 – 89 = 3 kg. Ce plongeur est trop lourd de 3kg.

Pour être équilibré - poids apparent de 0 - le plongeur devra se lester de 5 – 3 = 2 kg soit 3 kg de moins que son lestage mer.

### 53-Exercice (3 points)

Un plongeur vous demande comment il doit modifier son lestage s'il décide de prendre un 15 l plutôt qu'un 12 l (blocs gonflés à 200 b).

12 l → volume extérieur de 14 l et poids de 16 kg

15 l → volume extérieur de 16 l et poids de 18 kg

On considère que : 1 litre d'air a 1 b pèse 1,3 g, et 1 litre d'eau pèse 1 kg.

1. Calculez le poids apparent de chacun des blocs au début de plongée (2 points)

Pour le 12 l

Poussée d'Archimède = 14 l soit 14 kg

Poids de l'air à 200 b =  $12 \times 200 \times 1,3 = 3120 \text{ g} = 3,12 \text{ kg}$

Poids total du bloc = 16 + 3,12 = 19,12 kg

Poids apparent = 19,12 - 14 = 5,12 kg

Pour le 15 l

Poussée d'Archimède = 16 l soit 16 kg

Poids de l'air à 200b =  $15 \times 200 \times 1,3 = 3900 \text{ g} = 3,9 \text{ kg}$

Poids total du bloc = 18 + 3,9 = 21,9 kg

Poids apparent = 21,9 - 16 = 5,9 kg

2. Qu'en concluez-vous ? (1point)

La différence de poids apparent est de 5,9 - 5,12 = 0,78 kg donc le plongeur peut retirer un kilo s'il prend un 15 l plutôt qu'un 12 l.

### 54-Exercice (3 points)

Un plongeur Niveau 2 tout équipé pèse 100 kg et déplace un volume de 105 litres

Quel lestage lui permet d'être équilibré à 3 mètres lors d'une immersion en lac (densité 1,00) ? Ou en mer (densité 1,03) ?

$P_{app} = P_{réel} - P_{archi}$

0.5 point

**Lac :**

$P_{app} = 100 - (105 \times 1) = - 5 \text{ kg}$  Papp négatif il flotte soit plomb = 5 kg

0.5 point

**Mer :**

$P_{app} = 100 - (105 \times 1,03) = - 8,15 \text{ kg}$  Papp négatif il flotte soit plomb = 8 kg

0.5 point

Combien de plombs doit-il enlever ou remettre entre le lac et la mer ?

Il doit enlever 3 kg lorsqu'il passe de l'eau de mer à l'eau douce

0.5 point

En tant que GP, que pourriez-vous lui conseiller pour sa phase de remontée qui pourrait éventuellement comprendre des paliers à 3m afin qu'il soit équilibré au palier

sachant que ce niveau 2 plonge avec 1 bloc 15L gonflé à 200B et que la structure lui impose de sortir de l'eau avec 50B. *On rappelle que le poids d'1 litre d'air pèse 1,2g à peu près.*

Compte-tenu que son bloc contiendra un volume d'air moins important quand le plongeur entamera sa remontée il serait pertinent de lui conseiller d'augmenter son lestage. Poids perdu :  $(200-50) * 15 * 1.2 = 2,7\text{kg}$  0.5 point

Un lestage supplémentaire de 3 kg sera suffisant aussi bien en Lac qu'en mer 0.5 point

### 55-Exercice (3 points)

Un plongeur est équilibré, en surface (poids réel = poussée Archimède).

1) Comment évoluera sa flottabilité à 40mètres ? (Justifiez)

Sous l'effet de la pression (5b), la combinaison va s'écraser et donc diminuer de volume : la poussée d'Archimède va diminuer. Le poids réel n'évoluant pas, le poids apparent va devenir  $>0$  et la flottabilité  $<0$ .

Flottabilité négative car poids réel  $>$  poussée Archimède 1 point

3) Ce plongeur introduit 6 litres dans son SGS à 40mètres pour se rééquilibrer. Quel volume d'air le plongeur aura dans son gilet à 20mètres, 10mètres (sans action sur gilet) ?

$$P \times V = P_1 \times V_1$$

$$20\text{m} : (6 \times 5) / 3 = 10\text{L} \quad 0,5 \text{ point}$$

$$10\text{m} : (6 \times 5) / 2 = 15\text{L} \quad 0,5 \text{ point}$$

4) Pourquoi purge-t-on le(s) gilet(s) ?

A la remontée, il est nécessaire de réguler le volume de l'air contenu dans le gilet (due à la diminution de pression) afin de maîtriser la poussée Archimède pour remonter à vitesse contrôlée et éviter ainsi des accidents graves tels que la SP et/ou ADD.

1 point

### 56-Exercice (4 points)

Nous allons comparer la flottabilité entre 1 plongeur en recycleur et 1 plongeur en bouteille. Quand Brice plonge en bouteille 15 litres en carrière il ne met pas de plombs à sa ceinture (il a une masse de 80 kg pour un volume de 80 litres). Equipé de son recycleur, il a toujours une masse de 80kg et met 4 kg de plomb. Il doit faire un séjour en méditerranée avec son club. (Masse volumique de l'eau de mer 1,03 kg/litre)

*Remarque : vous négligerez le volume des plombs dans vos calculs*

1) Quelle sera la quantité de plomb à rajouter quand il plongera en bouteille ?

Le volume déplacé par Brice est 80 litres

$$\text{Poids app} = \text{Poids réel} - \text{Poussée d'Archimède} \quad 0.5 \text{ point}$$

$$\text{Poussé d'Archimède} = \text{Volume d'eau déplacé} \times \text{masse volumique} \quad 0.5 \text{ point}$$

$$\text{Donc Poids app} = 80 - 80 \times 1,03 = -2,4 \text{ kg}$$

Brice devra rajouter au moins 2,4 kg à sa ceinture 1 point

2) Quelle sera la quantité de plomb à rajouter quand il sera en recycleur ?

Le volume déplacé par Brice équipé de son recycleur est 84 litres

$$\text{Poids app} = \text{Poids réel} - \text{Poussée d'Archimède}$$

$$\text{Poussé d'Archimède} = \text{Volume d'eau déplacé} \times \text{masse volumique}$$

$$\text{Donc Poids app} = 80 - 84 \times 1,03 = -6,52 \text{ kg}$$

Brice a besoin d'un lestage de 6.52 kg pour plonger en mer avec son recycleur – il doit donc rajouter au moins 2.52kg à sa ceinture de 4 kg qu'il utilise en lac

*Commentaire : 2 points si résultat est correct (2.52kg) – 1 point si le résultat est 6.52kg car pas vraiment la question*

**Autre méthode** – le point de départ est Brice est en flottabilité neutre avec son recycleur en lac ; pour cela il met 4kgs de plomb

$$P_{app} = 84 - 84 \times 1,03 = - 2,52 \text{ kg}$$

Auquel il faut rajouter au moins 2.52 kg

### 57-Exercice (5 points)

Un plongeur tout équipé pèse 100 kg et déplace un volume de 105 l.

Combien de plombs doit-il mettre pour être équilibré à 3 m :

En eau de mer : densité 1,03 ?

En eau douce : densité 1,0 ?

Combien de plombs doit-il enlever ou remettre entre l'eau de mer et l'eau douce ?

$$\text{Poussée d'Archimède en eau douce : } 105 \times 1 = 105 \text{ kg} \quad 1 \text{ point}$$

$$\text{Poussée d'Archimède en eau de mer : } 105 \times 1,03 = 108,15 \text{ kg} \quad 1 \text{ point}$$

$$\text{En eau douce, il devra mettre } 105 - 100 = 5 \text{ kg} \quad 1 \text{ point}$$

$$\text{En eau de mer, il devra mettre } 108,15 - 100 = 8,15 \text{ kg.} \quad 1 \text{ point}$$

$$\text{Différence de lestage : } +3.15 \text{ Kg} \quad 1 \text{ point}$$

### 58-Exercice (5 points)

Un guide de palanquée pesant 75 kg, dont l'équipement hors bloc et lestage pèse 5 kg, s'immerge en lac dans une eau de densité 1,00 avec un lestage de 2 kg à la ceinture. Il a un bloc de volume intérieur égal à 15 litres gonflé à 200 bars et dont la masse en début de plongée est de 22 kg. Le volume extérieur de son bloc est de 17 litres. Son volume total hors bloc à la surface est égal à 83 litres.

1. Quel est le poids apparent de son bloc au départ de la plongée ?

$$\text{Poids apparent} = \text{Masse} - \text{Poussée Archimède}$$

$$\text{Poids apparent} = \text{Masse} - \text{Volume} \times \text{densité} = 22 - 17 \times 1,00 = 5 \text{ kg.} \quad 0.5 \text{ point}$$

2. A 40 mètres son volume total a diminué de 4 litres. Expliquer pourquoi.

Sous l'effet de la pression, sa combinaison s'est aplatie et le volume de celle-ci a diminué. 0.5 point

3. Calculer le volume d'air à insuffler dans le gilet afin d'être équilibré à cette profondeur.

Le volume total du plongeur tout équipé à la surface est égal à :

$$\text{Volume total surface} = \text{Volume total hors bloc} + \text{Volume bloc} = 83 + 17 = 100 \text{ litres.} \quad 0.5 \text{ point}$$

Le volume total du plongeur tout équipé à 40 mètres sera donc égal à :

$$\text{Volume total (à 40 m)} = \text{Volume total (surface)} - 4 = 100 - 4 = 96 \text{ litres.} \quad 0.5 \text{ point}$$

$$\text{Masse totale} = \text{Masse plongeur} + \text{Masse équipement} + \text{Masse lestage} + \text{Masse bloc}$$

$$\text{Masse totale} = 75 + 5 + 2 + 22 = 104 \text{ kg.} \quad 0.5 \text{ point}$$

Le poids apparent du plongeur avant insufflation d'air dans le gilet est égal à :

$$\text{Poids apparent} = \text{Masse totale} - \text{Poussée Archimède}$$

$$\text{Poids apparent} = \text{Masse totale} - \text{Volume total} \times \text{densité} = 104 - 96 \times 1,00 = 8 \text{ kg.} \quad 0.5 \text{ point}$$

Il doit rajouter de l'air afin de ramener ce poids apparent à 0 kg pour être équilibré.

$$\text{Volume rajouté} = \text{Poids apparent} / \text{densité} = 8 / 1,00 = 8 \text{ litres.} \quad 0.5 \text{ point}$$

4. Si ce guide de palanquée souhaite plonger dans une mer de densité égale à 1,03 avec le même équipement, comment et de combien de kilogramme doit-il faire évoluer son lestage ?

Comme à la question 3, le volume total du plongeur tout équipé à la surface est égal à :

Volume total surface = Volume total hors bloc + Volume bloc = 83 + 17 = 100 litres.  
(0,5 point si non fait à question 3)

La poussée d'Archimède en lac est égale à :

Poussée Archimède (lac) = Volume total \* densité = 100 \* 1,00 = 100 kg. 0.5 point

La poussée d'Archimède en mer est égale à :

Poussée Archimède (mer) = Volume total \* densité = 100 \* 1,03 = 103 kg. 0.5 point

La différence de poussée d'Archimède étant égale à 3 kg entre le lac et la mer, le poids apparent du plongeur va diminuer de 3 kg en passant du lac à la mer. Il devra donc rajouter 3 kg de lestage à sa ceinture en mer par rapport à son lestage en lac.

0.5 point

### 59-Exercice (5 points)

Julia emmène plonger Christophe jeune N2 de 70 kg, pour une première plongée en mer à 30 m (densité de l'eau : 1,03).

Celui-ci plonge avec le même équipement qu'en lac où il a un lestage de 3kg pour être équilibré.

Combien devra-t-il rajouter de kilos de plomb en mer ? (2 points)

Calcul volume de Christophe :

Poids apparent = poids réel – poussée Archimède ;

Avec Poussée Archimède (= volume x densité du milieu) qui représente le poids du volume d'eau déplacé.

Si Christophe est équilibré : poids apparent = 0 c'est-à-dire :

Poids réel = Poussée Archimède

**En lac**

Poids réel = 70 kg + 3kg. On en déduit une Poussée d'Archimède = 73 kg (car densité eau douce=1)

**En mer**

Poids réel reste identique

Poussée Archimède = 73 x 1,03 (en mer) = 75,19

Poids apparent. = 73 - 75,19 = - 2,19

Donc pour être équilibré il devra rajouter 2 kgs à son lestage

Durant la plongée Julia qui pèse 60 kg toute équipée et est équilibrée à 30m avec 3 l d'air dans son gilet, trouve une ceinture de 10 kg qu'elle décide de remonter. (On néglige le volume du plomb)

Combien d'air devra t'elle rajouter dans son gilet pour compenser le poids du lest ? (2 points)

A 60 kg Julia est équilibrée. On rajoute 10 kg il faut donc ajouter une poussée d'Archimède de 10 kg qui correspond à un volume ajouté de :  $10 \text{ kg} / 1.03 = 9.71$  litres

Julia devra rajouter 9,71 l d'air dans le gilet pour compenser les 10 kg de lest.

Le volume total de son gilet (taille XS) est de 12l. Pourra-t-elle remonter cette ceinture en toute sécurité ? Expliquez pourquoi. (1 point)

Non, car au total elle devrait avoir au total  $(3l + 9.71l) = 12.71l$  dans son gilet qui ne peut en contenir que 12l. Donc son poids apparent sera positif de 0.71kg et Julia aura tendance à couler. Elle pourrait décider de palmer pour aider sa remontée mais

elle risquerait un essoufflement. Si elle souhaite réellement remonter ce trophée, il serait alors opportun d'enlever au moins 1 kilo à cette ceinture de lest !

### 60-Exercice (6 points)

Un plongeur N3 s'immerge en mer (densité de l'eau de mer 1,03). Il sait qu'il pèse 98 Kg tout équipé et a un volume (toujours tout équipé) de 101 dm<sup>3</sup>. Il est équipé d'un bloc de 15 l gonflé à 230 bars.

On considère que le poids volumique des différents gaz est équivalent à celui de l'air soit 1,23 g/l et l'on arrondira chaque résultat à la première décimale.

1) Quel lestage, dont on négligera le volume, a-t-il besoin pour être parfaitement équilibré en début de plongée (2 points)

$$P_{app} = P_{réel} - P_{arch} = 0 \quad 0,5 \text{ point}$$

$$P_{arch} = 101 \times 1,03 = 104,03 \text{ Kg soit environ } 104 \text{ Kg} \quad 0,5 \text{ point}$$

$$P_{réel} = 98 + \text{Lestage} = P_{arch}$$

$$\text{Lestage} = P_{arch} - 98 = 104 - 98 = 6 \text{ Kg} \quad 1 \text{ point}$$

2) Sachant que lorsqu'il remonte, il lui reste 35 b dans son bloc. Quelle sera sa flottabilité à ce moment ? (2 points)

Quantité d'air consommée :

$$15 \times (230 - 35) = 2925 \text{ L}$$

$$\text{Poids de l'air consommé} : 2925 \times 1,23 = 3598 \text{ g soit } 3,6 \text{ Kg} \quad 1 \text{ point}$$

Sa flottabilité sera alors :

$$P_{app} = P_{réel} - P_{arch} = (98 + 6 - 3,6) - 104 = - 3,6 \text{ Kg}$$

Le plongeur aura donc une flottabilité positive de 3,6 kg. 1 point

3) Ce plongeur débute une formation au Nitrox et va devoir s'équiper en plus d'un bloc déco de 9 L à 200 b (volume extérieur 10 dm<sup>3</sup>) d'un poids à vide de 11 kg.

En tant que GP quel lestage conseillez-vous au plongeur ? (2 points)

$$P_{app} = P_{réel} - P_{arch}$$

$$\text{Poids apparent du bloc vide} : 11 - 10 = 1 \text{ kg}$$

$$\text{Poids du gaz emporté dans la déco} : 9 \times 200 \times 1,23 = 2,214 \text{ Kg soit } 2,2 \text{ kg environ}$$

$$\text{Poids apparent de la déco gonflée} : 3,2 \text{ kg} \quad 1 \text{ point}$$

Le plongeur devra donc modifier son lestage pour tenir compte de ce poids apparent supplémentaire.

$$\text{Poids nouveau lestage} = \text{Poids ancien lestage} - P_{app} \text{ Déco} = 6 - 3,2 = 2,8 \text{ kg}$$

1 point

### 61-Exercice (6 points)

Un plongeur qui prépare le niveau GP, a de grandes difficultés à maîtriser sa vitesse de remontée au gilet. Il a un poids de 70kg, son matériel pèse 4kg et il a 7kg à sa ceinture.

A 30m, il a un volume de 70l. Combien d'air doit-il injecter dans son gilet pour être équilibré, et quelle quantité d'air ramenée à 1 bar doit-il purger pendant sa remontée, pour être stab vide en surface ?

$$\text{Poids apparent} = (70 + 4 + 7) - (70 \times 1 \text{ densité}) = 11 \text{ kg}$$

Le plongeur doit mettre 11 litres dans son SGS pour être équilibré à 30m

$$11 \text{ l} \times 4 \text{ b} = ? \times 1 \text{ b d'où ?} = 44 \text{ litres} \quad 2 \text{ points}$$

Son moniteur remarque qu'il injecte de l'air dans son gilet pour se maintenir en surface. Est-ce normal ? Justifiez

Non, un plongeur doit être équilibré à 3m, doit être en flottabilité légèrement positive en surface du fait de la légère dilatation de l'air contenu dans le néoprène 1pt

Calculez son juste lestage si son volume est de 76 litres à 3m

Poids apparent =  $(70 + 4 + ?) - (76 \times 1) = 0$  d'où ? = 2 kg 1 point

Refaites le calcul de l'air à mettre dans son SGS à 30m pour être équilibré

Poids apparent =  $(70 + 4 + 2) - 70 = 6$  kg 1 point

Le plongeur devra mettre 6 litres dans son SGS pour être équilibré à 30m

Il devra donc gérer 24 litres d'air et non 44 litres d'air lors de sa remontée

Qu'en déduisez-vous ?

Le plongeur devrait avoir moins de difficultés à gérer sa remontée car il a moins d'air à purger durant celle-ci 1 point

## 62-Exercice (6 points)

Le plongeur que vous encadrez pèse 75 kg. Son équipement (hors bloc) pèse 7 kg. Il prend un bloc acier de 12 l de capacité pour un volume extérieur de 14 l. Le poids de ce bloc à vide est de 16 kg.

Le volume global du plongeur immergé (avec tout son équipement y compris le bloc) au palier est de 100 l.

Rappels : Densité eau de mer : 1,03 ; Poids d'un litre d'air : 1,3 g

1. Le plongeur remonte au palier de 3 m avec 50 bars de pression dans son bloc.

Quel est le poids de l'air contenu dans le bloc ? (1 point)

Poids de l'air :  $12 \text{ litres} \times 50 \text{ bars} \times 1,3 \text{ g} = 780 \text{ g}$  1 point

2. Dans de l'eau de mer, quel doit être son lestage pour que le plongeur soit équilibré au palier de 3 m avec 50 bars de pression d'air dans le bloc ? Le résultat sera arrondi au kg le plus proche (exemple : 4,32 est arrondi à 4). (2 points)

Poids total =  $75 \text{ kg} + 7 \text{ kg} + 16 \text{ kg} + 0,78 = 98,78 \text{ kg}$  0,5 point

Volume total = 100 l soit une poussée Archimède =  $100 \times 1,03 = 103 \text{ kg}$  0,5 point

Poids apparent =  $98,78 - 103 = -4,22 \text{ kg}$  0,5 point

Il faut donc un lestage de 4kg (on néglige le volume des plombs) 0,5 point

3. Pour une plongée dans la zone de 40 m, vous proposez à ce même plongeur de prendre un bloc acier de 15 l tout en conservant le même équipement. Le bloc à une capacité de 15 l pour un volume extérieur de 17 l et un poids à vide de 20 kg. Comment doit-il modifier son lestage ? (3 points)

Bloc 12 l a un poids apparent de  $16 \text{ kg} - (14 \text{ kg} \times 1,03)$  de poussée = 1,58 kg 1 point

Bloc 15 l a un poids apparent de  $20 \text{ kg} - (17 \text{ kg} \times 1,03)$  de poussée = 2,49 kg 1 point

Il faudra donc enlever 0,91kg soit 1kg de lestage 1 point

## THEME FACULTATIF / Exercice de levage

### 63-Exercice (2 points)

Une ancre en fonte d'un poids de 32 kg repose sur un fond de 20 mètres. Un parachute de levage est accroché à l'ancre pour aider à son relevage.

Quel volume minimal devra avoir ce parachute pour conférer à l'ensemble un poids apparent nul ? Autres données : densité de la fonte : 8. On prendra une densité de 1 pour l'eau.

On souhaite que l'ensemble parachute gonflé + ancre ait une flottabilité nulle donc Poids réel de l'ensemble = Poussée Archimède de l'ensemble.

- D'abord, le poids réel (ou hors de l'eau) de l'ensemble est égal au poids de l'ancre car on peut négliger le poids du parachute. Donc  $P_{\text{réel}} = 32 \text{ kg}$ .
- Ensuite on calcul la poussée d'Archimède de l'ensemble =  $P_{\text{Archi}_{\text{ancre}}} + P_{\text{Archi}_{\text{parachute}}}$
- La poussée d'Archimède sur l'ancre est égale au poids du volume d'eau déplacée par l'ancre. Il faut donc avoir le volume de l'ancre qui est calculé avec la densité de l'ancre. Volume de l'ancre :  $V_{\text{ancre}} = \text{Masse}_{\text{ancre}} / \text{densité}_{\text{ancre}}$   
Application numérique :  $V_{\text{ancre}} = 32 / 8 = 4 \text{ litres}$ .  
Donc la Poussée d'Archimède sur l'ancre équivaut à 4 kg
- On calcul la poussée d'Archimède sur le parachute gonflé. Ici, on néglige la masse du parachute (poids) et cette poussée d'Archimède est directement donnée par le volume du parachute gonflé qui est la grandeur recherchée  $V_{\text{parachute}}$
- Finalement on a :  $32 \text{ kg} = 4 \text{ kg} + V_{\text{parachute}}$
- D'où la réponse : le volume minimal du parachute doit être de 28 litres.

*Commentaire : 2 points si raisonnement exposé, même sous forme des calculs simplement, sans phrases. 1,5 points si erreur de calcul. 1 points si résultat seulement. 0 sinon.*

#### 64-Exercice (3 points)

Le pilote du bateau désire que vous alliez remonter l'ancre qui se trouve sur une profondeur de 17 mètres avec l'aide d'un parachute de relevage. L'ancre pèse 40 kg et sa densité est de 8. Vous disposez d'un parachute de 50L de volume. (Son poids est négligeable). Densité de l'eau de mer = 1.03. Quel volume d'air allez-vous introduire à 17 mètres dans le parachute pour que celui-ci décolle ? (On ne tiendra pas compte de la densité de l'eau de mer pour calculer la pression ambiante)

Volume de l'ancre =  $40/8 = 5 \text{ L}$  - Poussée d'Archimède =  $5 \times 1.03 = 5.15 \text{ L}$       1 point

Poids apparent =  $40 - 5.15 = 34.85 \text{ kg}$

Volume minimal du parachute pour relever l'ancre = 34.85 L      1 point

Volume d'air à mettre dans le parachute à 17m dans une eau de densité 1.03 :

$(34.85/1.03) \times 2.7 = 91.4 \text{ L}$       1 point

#### 65-Exercice (4 points)

Une ancre dont le volume est de 12 litres et de densité 8 repose sur un fond de 35 mètres (la densité de l'eau est de 1).

Quel sera le volume minimal du parachute que vous devrez attacher à l'ancre pour pouvoir la faire remonter ?

Masse de l'ancre : volume x densité  $12 \times 8 = 96 \text{ kg}$       0.5 point

Poids apparent ancre = Masse ancre - (vol. ancre x densité eau)

On obtient :  $96 - (12 \times 1) = 84 \text{ kg}$       0.5 point

Volume minimal du parachute = 84 litres      0.5 point

Quelle quantité d'air au minimum, équivalent surface, allez-vous injecter dans le parachute pour le faire décoller ?

Prof 35 m Pabs :  $4,5 \text{ b}$  à volume d'air :  $84 \times 4,5 = 378 \text{ litres}$

Pour mettre l'ensemble parachute + ancre en flottabilité nulle      1 point

S'il vous reste 100 bars dans votre bloc de 15 litres, quelle sera la pression dans le bloc après avoir injecté le volume pour faire décoller l'ancre ?

Au départ de la manipulation :  $100 \times 15 = 1500$  litres d'air (détendues) dans le bloc  
 Après gonflage du parachute il reste :  $1500 - 378 = 1122$  litres **OU**  
 Pression gonflage parachute =  $378 / 15 = 25.2$  bars 0.5 point  
 Pression résiduelle =  $100 \text{ b} - 25.2 \text{ b} = 74.8$  bars  
 Pression résiduelle :  $1122 / 15 = 74.8$  bars 1 point

### 66-Exercice (4 points)

A la fin de votre plongée sur une épave à 30 mètres, le Directeur de Plongée vous a demandé de prendre en charge la remontée de l'ancre d'un poids réel de 50 kg et dont le volume est de 10L. Pour cela, vous introduisez 30 litres d'air dans un parachute de 50 litres. (On négligera le poids du parachute – densité de l'eau 1)

1. Que va-t-il se passer ? Expliquez-le par des calculs. (2 points)

Poids apparent de l'ancre :  $50 - 10 = 40$  kg 0.5 point

Flottabilité de l'ensemble (ancre + parachute) après introduction de 30 litres d'air :  $40 - 30 = 10$  kg. Le poids apparent de l'ensemble est positif. 1 point

L'ancre ne remonte pas, il faudra la soulever pour la faire décoller. 0.5 point

2. A partir de quelle profondeur pouvez-vous lâcher l'ensemble (parachute et ancre) pour qu'il remonte seul ? (1 point)

Quand le volume dans le parachute compensera le poids apparent de l'ancre.

En utilisant Boyle Mariotte :  $P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{constante}$ , on obtient  $4 \times 30 = P_2 \times 40$   
 d'où  $P_2 = (4 \times 30) / 40 = 3$  bars 0.5 point

On peut en conclure que c'est à partir de 20 m l'ancre commencera à remonter seule. 0.5 point

3. A partir de quelle profondeur l'air s'échappera du parachute ? (1 point)

Quand le volume d'air dans le parachute dépassera les 50 litres.

Avec le même raisonnement, on obtient  $4 \times 30 = P_2 \times 50$  d'où  $P_2 = (4 \times 30) / 50 = 2,4$  bars 0.5 point

C'est donc à partir de 14 m l'air commencera à s'échapper du parachute. 0.5 point

### 67-Exercice (5 points)

Au cours d'une plongée en lac, un plongeur trouve par 25 m de fond un corps-mort qu'il désire remonter en surface. Celui-ci pèse 47 kg et occupe un volume de 10 litres. Il dispose pour cela d'un parachute de 100 l dans lequel il insuffle 30 l d'air.

Quel est le poids apparent de l'ensemble parachute et corps mort ? 1 point

Poids Apparent de l'ensemble (P<sub>ap</sub>) = Poids réel (PR) – Poussée d'Archimède (PA) ;  
 avec PA = Volume de l'ensemble x Densité eau

En lac on considère densité de l'eau = 1, donc P<sub>app</sub> =  $47 - (10 + 30) \times 1 = 7$  kg

À partir de quelle profondeur ne sera-t-il plus nécessaire de palmer pour remonter l'ensemble ?

Dès que le P<sub>app</sub> = 0 et donc que P<sub>réel</sub> = P<sub>Arch</sub> 1 point

Lors de la phase de remontée, seul le volume du parachute est variable ; les autres données (poids et volume du corps-mort) restent fixes 0.5 point

Boyle Mariotte permet alors de calculer la pression absolue à laquelle l'équilibre ci-dessus sera atteint et donc d'en déduire la profondeur recherchée :

$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$  ; avec

- $P_1$  = Pression absolue à la profondeur de départ = 3.5 b
- $V_1$  = Volume du parachute à la profondeur de départ = 30 l
- $P_2$  = Pression absolue à la profondeur d'équilibre (**ce que l'on cherche**)
- $V_2$  = Volume du parachute à la profondeur d'équilibre = 37 l

Donc  $P_2 = (3.5 * 30) / 37 = 2.837$

La profondeur d'équilibre est de 18,4 mètres environ

2 points

0.5 point

## THEME FACULTATIF / Optique et acoustique : leur adaptation en milieu aquatique

### 68-Exercice (2 points)

Suite à une plongée, vous montrez sur une plaquette les diverses espèces rencontrées à votre palanquée de N1. L'un d'eux remarque que ce qu'il a paraissait plus gros que ce qu'il y a d'inscrit comme taille moyenne sur la plaquette. Expliquez-leur pourquoi notre vision change sous l'eau. (2 points)

La lumière traverse deux milieux différents : l'eau et l'air (du masque). 0.5 point

Lors du passage de l'un à l'autre les rayons lumineux sont déviés. 0.5 point

Cette réfraction a pour résultat :

-Grossissement de ce que nous voyons (4/3) 0.5 point

-Rapprochement de ce que nous voyons (3/4) 0.5 point

### 69-Exercice (2 points)

Quelle est la vitesse du son dans l'eau ?

1 500 m/s juste si 1500 ou 1530 ou 5 fois plus vite que dans l'air. 0,5 point

Expliquez succinctement pourquoi percevons-nous le son de façon omnidirectionnelle dans l'eau ? 1.5 points

A cause de la vitesse du son dans l'eau et du fait que l'onde sonore se transmet principalement par voie osseuse sous l'eau.

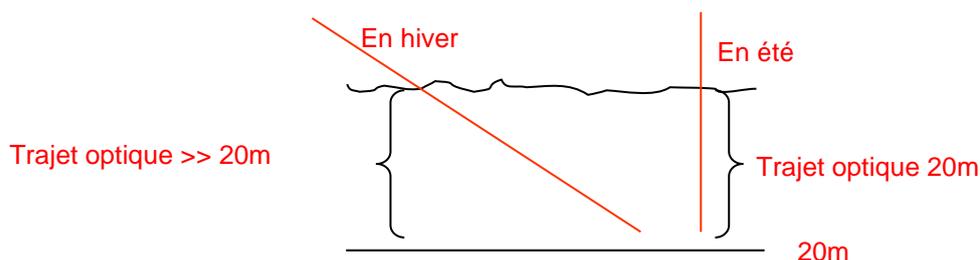
Les oreilles internes n'étant espacées que d'une dizaine de centimètres, elles sont stimulées quasiment en même temps et perdent leur effet stéréo. Notre cerveau ne peut donc pas analyser d'où vient le son.

Totalité des points si cause vitesse et oreilles stimulée en même temps

### 70-Exercice (2 points)

Pourquoi avec le même très beau temps, y-a-t-il plus de luminosité dans l'eau en été qu'en hiver ?

En été, sous nos latitudes, le soleil est plus à la verticale qu'en hiver ou il est rasant. Ainsi, un rayon lumineux parcourt une distance plus importante dans l'eau pour atteindre la même profondeur (cf schéma). Or l'eau absorbe la lumière proportionnellement à la distance parcourue par le rayon. A une profondeur donnée, l'intensité lumineuse sera donc plus élevée en été qu'en hiver.



C'est le même mécanisme qui explique pourquoi la luminosité est plus élevée à midi qu'en fin de journée.

### 71-Exercice (2 points)

Une explosion sous-marine a lieu à 4,5 km du lieu où vous plongez.

1) Au bout de combien de temps l'entendrez-vous si vous êtes immergé ?

Le son se propage à 1500 mètres par seconde dans l'eau.

On va entendre l'explosion au bout de :  $4500 / 1500 = 3$  secondes. 1 point

2) De quelle manière est modifiée la vision des couleurs en plongeant ?

L'ordre de disparition des couleurs (absorption) avec la profondeur est (en partant de la surface) : 1 rouge, 2 orange, 3 jaune, 4 vert, 5 violet, 6 bleu

Commentaire : 1 point si les 4 premières couleurs sont données dans le bon ordre sinon 0

### 72-Exercice (3 points)

De retour de plongée, vos 2 plongeurs N1 remontent ravis d'avoir vu un énorme silure. L'un d'eux vous dit qu'il devait faire 120 cm, le second annonce que le silure se trouvait à 3 m de la palanquée.

1. Que leur expliquez-vous ? (1 point)

- sous l'eau, grossissement des objets : un objet vu à travers le masque apparaît  $4/3$  fois plus gros (1.33) : taille imaginaire = taille réelle  $\times 4/3$

- sous l'eau, rapprochement des objets : un objet immergé vu à travers le masque apparaît au  $3/4$  de la distance réelle : distance apparente = distance réelle  $\times 3/4$

2. Quelle est la taille réelle de ce silure ? (1 point)

Taille réelle = taille imaginaire /  $4/3 = 120 \times 3/4 = 90$  cm

3. A quelle distance était-il réellement ? (1 point)

Distance réelle = distance apparente /  $3/4 = 3 \times 4/3 = 4$  m

### 73-Exercice (3 points)

Citez et décrivez brièvement les phénomènes optiques ayant un impact sur la plongée. Quels conseils prodigueriez-vous pour limiter au mieux ces phénomènes ?

- On voit plus proche ( $3/4$ ) et plus gros ( $4/3$ ) (effet loupe du masque) 0.5 point
- Le champ vision est rétréci (réfraction et jupe du masque) 0.5 point
- Les couleurs disparaissent avec la profondeur 0.5 point
- En eau trouble, la visibilité est réduite (absorption et réflexion) 0.5 point

Pour tenir compte de ces effets, il est important d'utiliser une lampe pour restituer les couleurs et de plonger quand le soleil est haut dans le ciel, en eau claire, sans remuer le fond et avec un masque à grand champ visuel et sa vitre très proche des yeux. 1 point

### 74-Exercice (3 points)

La vision à travers un masque d'un plongeur immergé est modifiée par rapport à sa vision terrestre normale.

1. Quelles déformations de la vision sont dues au port du masque ?

Les objets semblent plus gros ( $4/3$ ) et plus proches ( $3/4$ ) 1 point

2. Quelle incidence a un masque sur le champ de vision du plongeur ?

Champ de vision rétréci 1 point

Vous êtes à l'approche de la surface avec vos plongeurs, vous êtes particulièrement vigilant car vous entendez des bruits de moteur mais ne parvenez pas à identifier leur provenance. Pourquoi ?

La vitesse du son dans l'eau étant d'environ 1500 m/s, le son se propage donc plus vite dans l'eau que dans l'air. Les 2 oreilles sont pratiquement stimulées en même temps, perte de la stéréophonie et donc de la localisation de l'origine. 1 point

#### 75-Exercice (4 points) : Acoustique

A) Quelles sont les vitesses respectives de propagation du son dans l'air et dans l'eau ?

1500 m/s dans l'eau et 330 m/s dans l'air. 2 points

B) Quelles conséquences cela entraîne-t-il sur la localisation de l'origine des sons en plongée ?

La localisation du son est permise par la différence de temps de perception par chaque oreille, or, dans l'eau, ce temps est divisé par 5. Nous n'arrivons donc plus à situer l'origine des sons perçus. 2 points

#### 76-Exercice (4 points) : Vision dans l'eau

Citez les 4 phénomènes optiques qui vont influencer la vision dans l'eau et donner en les conséquences pour le plongeur.

• Réflexion : rayons à partir d'un certain angle ne franchissent plus la surface (plonger au mieux au zénith) 1 point

• Réfraction : déviation des rayons en air et eau (vision plus proche, plus gros et champ de vision réduit) 1 point

• Diffusion : les particules réfléchissent dans l'eau (attention lampe) 1 point

• Absorption : les rayons sont absorbés dans l'eau l'intensité lumineuse diminue rapidement et les couleurs disparaissent pour tendre vers le bleu puis vers le noir 1 point

#### 77-Exercice (4 points)

##### Acoustique (1.5 points)

Combien de temps il faut à un son pour parcourir 3 km dans l'eau ?

$3000 / 1500 = 2$  secondes 0.5 point

Pourquoi le son est omnidirectionnel en immersion ?

La vitesse du son et le fait que sa transmission se fait par voie osseuse dans l'eau stimulent les 2 oreilles internes en même temps. On ne peut donc pas définir d'où vient le son. L'effet stéréo entre les deux oreilles n'est plus perceptible. 1 point

##### Optique (2.5 points)

Remplissez le texte à trous :

L'eau filtre la lumière. Sous l'eau plus nous descendons plus nous perdons les couleurs. Ainsi en mer, dès 6 mètres environ, nous perdons le rouge puis l'orange vers 10 m puis le violet, le jaune vers 20 m, le vert vers 30 m et ne reste ensuite que le bleu. C'est pour cela qu'en profondeur nous utilisons une lampe pour restituer les couleurs. Avec le masque il y a un effet de grossissement. Nous voyons les objets plus gros qu'ils ne sont de  $4/3$  et les distances plus petites qu'elles ne sont de  $3/4$ . (0.25 point/trou)

### 78-Exercice (4 points)

1. Quelle est la vitesse de propagation du son dans l'air et dans l'eau ?

Environ 330 m/s dans l'air

0.5 point

Environ 1500 m/s dans l'eau

0.5 point

2. Quelle difficulté est générée en plongée par la vitesse de propagation rapide du son, dans l'eau ? Pourquoi ?

On ne peut pas percevoir la direction du son car notre organe acoustique dans l'eau ne pourra pas apprécier de quel côté arrive le son. Effet stéréo n'existe plus.

1 point

Les pavillons des oreilles immergées ne dirigent plus le son car le conduit auditif est inondé et la transmission du son se fait par la boîte crânienne

1 point

3. Quelles précautions devez-vous prendre en fin de plongée à l'approche de la surface ?

Tour d'horizon

0.5 point

Parachute pour signaler sa présence

0.5 point

NB : si plus de 2 précautions données, maximum 1 point

### 79-Exercice (4 points)

Quels sont les 4 phénomènes principaux que subit un rayon lumineux lorsqu'il rencontre l'eau ?

2 points

La réflexion, la réfraction, l'absorption et la diffusion

0,5 point par réponse

La lumière dite « blanche » se compose de toutes les couleurs du spectre. L'arc en ciel en est l'expression visible. Avec la profondeur, les couleurs sont « filtrées » par l'eau et disparaissent à l'œil nu. Donnez les 4 premières couleurs dans l'ordre (pas la profondeur) qui disparaissent lorsque que l'on s'immerge et que l'on descend en profondeur ?

2 points

Rouge – Orange – (Violet) – Jaune – Vert

*Commentaire : 0,5 point par couleur mais seulement 0,25 point si pas à la bonne place. Le violet est facultatif*

## DIVERS

### 80-Exercice (4 points)

En tant que guide de palanquée, vous serez amené à rappeler les consignes de sécurité et en particulier celles qui sont liées à la variation des volumes ; afin d'illustrer vos propos lors de briefing, vous allez considérer le cas de la surpression pulmonaire et de la purge du gilet.

a. Vous plongez avec Brice qui est niveau 1, dans l'espace 15m. En prenant 5 l comme volume pulmonaire, quel sera le volume en surface si Brice remonte de 5m à la surface en bloquant sa respiration ? Concluez. (2 points)

$P1 \times V1 = P2 \times V2$ , soit  $1,5 \text{ b} \times 5 \text{ l} = 1 \text{ b} \times V2$  ; on en déduit  $V2 = (1,5 \times 5) / 1 = 7,5 \text{ l}$

Il y a risque d'une surpression pulmonaire

b. Vous plongez avec Anne qui est niveau 2, dans l'espace 35m. Anne a mis 6 l d'air dans son gilet pour se stabiliser. Si elle oublie de purger son gilet, quel sera le volume en surface ? Concluez. (2 points)

$P1 \times V1 = P2 \times V2$ , soit  $4,5 \text{ b} \times 6 \text{ l} = 1 \text{ b} \times V2$  on en déduit  $V2 = (4,5 \times 6) / 1 = 27 \text{ l}$

Pendant la remontée, la diminution de la pression ambiante provoque une augmentation du volume d'air dans le gilet et de ce fait une augmentation de la poussée d'Archimède générant une augmentation de la vitesse de remontée. Si rien n'est fait, La remontée sera trop rapide avec les risques associés (ADD, SP, etc.)

### 81-Exercice (5 points)

Un plongeur est en formation GP-N4. Pour réaliser l'épreuve de la DTMR, il souhaite savoir à quelle profondeur il peut remonter et se stabiliser à nouveau (flottabilité nulle) sans purger son gilet, en partant stabilisé de 25m.

Ce plongeur équipé présente un volume de 90 litres pour une masse (poids) de 92 kg. (On considère que le plongeur a une respiration normale quand il se stabilise sauf si spécifié autrement).

- a) Quelle quantité d'air équivalent surface ce plongeur devra-t-il injecter dans son gilet pour être équilibré juste sous la surface ?

Il doit injecter 2 litres d'air. En effet, son poids apparent gilet vide est donné par :

$$P_{app} = P_{réel} - \text{Poussée Archimède}$$

$$\text{soit } P_{app} = 92 - 90 = 2 \text{ kg.}$$

1 point

- b) Arrivé à 25m, gilet initialement vide, ce plongeur doit injecter 4 litres dans son gilet pour se stabiliser. Quelle quantité d'air équivalent surface se trouve alors dans son gilet ?

Un gonflage de 4 litres à 25m correspond à 14 litres équivalents surface ( $P_{25m}V_{25m} = P_{surf}V_{surf}$  soit  $3,5 * 4 = 1 * V_{surf}$  donc  $V_{surf} = 14$ ).

1 point

- c) Le plongeur débute alors sa remontée sur un coup de palmes, sans purger son gilet. En négligeant la compressibilité de la combinaison, à quelle profondeur ce plongeur sera-t-il à nouveau équilibré en ayant vidé ses poumons (capacité d'expiration par rapport à la respiration normale = 2 litres).

Si le plongeur ne purge pas son gilet, celui-ci peut subir une expansion volumique à la remontée limitée à 2 litres seulement, ces 2 litres étant compensés par l'expiration. Le volume du gilet à la profondeur d'arrêt sur expiration forcée est donc de 6 litres. Comme le gilet n'a pas été purgé, il contient toujours la même quantité d'air équivalent surface (14 litres). La pression correspondante à la pression recherchée P est donnée par (Mariotte) :  $P * 6 = 3,5 * 4$   $P = 14/6$  soit 2,3 bars. La profondeur d'arrêt sur expiration forcée est donc de 13m.

1.5 points

- d) Si l'on considère maintenant l'expansion volumique de la combinaison à la remontée, donnez une explication sur l'évolution de la profondeur d'arrêt. L'expansion volumique de l'ensemble (gilet + combinaison) est égale à 6 litres. Donc l'expansion volumique liée au gilet seul sera moindre et la profondeur d'arrêt plus importante.

1.5 points

*Commentaire : Pour les questions a) et b) 1 point par réponse juste. 0,5 point si début de raisonnement ou réponse partielle. Pour les questions c) et d) 1,5 point par réponse juste. 1 point si début de raisonnement ou réponse partielle, 0,5 point si pas assez justifié.*

### 82-Exercice (6 points max)

Une guide de palanquée emmène un plongeur niveau 1. Ce plongeur est équipé d'un bloc de 10 litres. Ce bloc était stocké sur le bateau à l'ombre à la température de 27°C (soit 300° Kelvin) avant la plongée et à ce moment la pression observée sur le manomètre était de 200 bars. La température de l'eau en surface est de 12°C.

A la sortie, le plongeur, très enthousiaste et observateur, fait les remarques suivantes à son encadrante : « Il était énorme le mérou qu'on a vu, je pense qu'il faisait à peu près un mètre et qu'il était à 15 mètres de nous. J'ai observé que la pression de mon manomètre a baissé peu après le saut droit dans l'eau alors que je n'avais pas respiré dans mon bloc et j'ai eu l'impression d'être plus léger à la fin de la plongée près de la surface qu'au début alors qu'on était à la même profondeur, c'était là où tu m'as montré le gros rocher à 3 mètres. Pourtant mon gilet était dégonflé dans les deux cas. Tiens, j'ai aussi remarqué que j'avais consommé 100 bars pile durant tout le temps passé sous l'eau ».

1) Expliquer pourquoi la pression du bloc a chuté et calculer la valeur de cette chute. La pression a chuté car la température de l'eau est plus basse que celle de l'air où le bloc était stocké. 0.5 point

Ces deux valeurs sont reliées par la loi de Charles : à volume constant  $P(\text{air}) / T(\text{air}) = P(\text{eau}) / T(\text{eau})$

Avec  $T(\text{air}) = 27^\circ\text{C}$ , soit  $300^\circ\text{ Kelvin}$  et  $T(\text{eau}) = 12^\circ\text{C}$ , soit  $285^\circ\text{ Kelvin}$ . 0.5 point

Donc  $P(\text{eau}) = P(\text{air}) * T(\text{eau}) / T(\text{air}) = 200 * 285 / 300 = 190 \text{ bars}$ . 0.5 point

2) Expliquer pourquoi le plongeur a eu cette sensation de légèreté entre le début et la fin de la plongée et calculer de combien il s'est effectivement allégé durant ce laps de temps (la masse volumique de l'air est égale à 1,23 gramme par litre – on ne tiendra pas compte de la chute de pression calculée précédemment.

La sensation de légèreté qu'a eue le plongeur entre le début et la fin de sa plongée est due au volume d'air qu'il a consommé. 0.5 point

Le plongeur a un bloc de 10 litres et il a consommé 100 bars durant sa plongée. Le volume d'air détendu à 1 bar qu'il a consommé est donc égal à

Volume d'air détendu à 1 bar = Différence de pression \* Volume du bloc

Volume d'air détendu à 1 bar =  $100 * 10 = 1000$  litres d'air détendu à 1 bar. 0.5 point

La masse d'air dont s'est allégé le plongeur est égale à :

Masse d'air consommé = Volume d'air détendu à 1 bar \* Masse volumique de l'air

Masse d'air consommé =  $1000 * 1,23 = 1230$  grammes = 1,23 kg. 0.5 point

3) Que pouvez-vous dire sur l'observation par le plongeur sur la taille du mérou observé avec le plongeur et la distance d'observation relevée ? Quelle était plus probablement sa taille réelle et la distance d'observation ?

L'observation sous l'eau est modifiée par la réfraction entre l'eau et l'air dans notre masque.

Les objets observés apparaissent plus gros et plus proches. 0.5 point

La taille apparente des objets observés sous l'eau est augmentée d'environ  $4/3$  par rapport à la taille réelle donc le mérou faisait plus probablement environ  $3/4$  de la taille observée soit 0,75 mètres ou 75 centimètres. 0.5 point

Les distances apparentes semblent raccourcies d'un facteur  $3/4$  de la distance réelle donc le mérou était plus probablement à une distance réelle de  $4/3$  plus éloignée que la distance apparente soit  $15 * 4 / 3 = 20$  mètres. 0.5 point

4) Calculer la consommation du plongeur sachant que la plongée a duré 25 minutes et que sa profondeur moyenne était de 15 mètres.

D'après la question 2, le plongeur a un bloc de 10 litres et il a consommé 100 bars durant sa plongée. Le volume d'air détendu à 1 bar qu'il a consommé est donc égal à :

Volume d'air détendu à 1 bar = Différence de pression \* Volume du bloc

Volume d'air détendu à 1 bar =  $100 * 10 = 1000$  litres d'air détendu à 1 bar.

Commentaire : 0,5 point si non fait question 2

La profondeur moyenne étant égale à 15 mètres, cela correspond à une pression absolue moyenne égale à  $P_2 = 2,5$  bars.

Le volume équivalent  $V_2$  ramené à cette pression absolue moyenne est donc tel que :

$$P_{\text{surface}} * V_{\text{surface}} = P_2 * V_2$$

Donc  $V_2 = P_{\text{surface}} * V_{\text{surface}} / P_2 = 1 * 1000 / 2,5 = 400$  litres à 2,5 bars.      0.5 point

La plongée ayant duré 25 minutes, chaque minute, la consommation du plongeur est donc égale à :

Consommation = Volume / Temps =  $400 / 25 = 16$  litres d'air par minute.      1 point