

EPREUVE DE PHYSIQUE APPLIQUEE A LA PLONGEE (coefficient 1)

Durée de l'épreuve : 45'

(notée sur 20 points)

NB : 5 questions portant sur : la température et le temps de gonflage, le calcul de tension, des tampons, des pressions partielles et de la flottabilité. Une sixième question dite « question bonus » traitant de définitions et valant 1 point si le candidat y répond correctement et faite pour remonter la note d'ensemble du module physique appliquée à la plongée.

Problème n°1 (3 points):

Un bloc acier de 15 litres est gonflé à 200 bars au moyen d'une rampe tampon. Sa température est montée à 47°C durant le gonflage. Les pressions sont lues au manomètre.

- a- **Quelle sera la pression dans ce bloc lors de son utilisation le lendemain au cours d'une plongée dans la carrière de la Roche bleue dans une eau à 11°C. (1 point).**
- b- **En fin de plongée, il reste 50 bars dans le bloc (valeur mesurée immédiatement après la sortie de l'eau). Quelle sera la pression du bloc de retour au local de gonflage ou la température est de 18°C ? (on arrondira à la valeur inférieure). (1 point).**
- c- **Combien de temps faudra-t-il pour le regonfler à 200 bars avec un compresseur ayant un débit de 16m³/h ? (on néglige cette fois l'élévation de température du bloc). (1 point).**

a- $P_1/T_1 = P_2/T_2$

Températures absolues:

$$T_1 = (47 + 273) = 320 \text{ K}$$

$$T_2 = (11 + 273) = 284 \text{ K}$$

$$P_2 = P_1 \times T_2/T_1 = 200 \times 284 / 320 = 177.5 \text{ bars (1 point)}$$

b- $P_1 / T_1 = P_2 / T_2$

Températures absolues:

$$T_1 = (11 + 273) = 284 \text{ K}$$

$$T_2 = (18 + 273) = 291 \text{ K}$$

$$P_2 = P_1 \times T_2/T_1 = 50 \times 291 / 284 = 51.2 \text{ bars soit } 51 \text{ bars (1 point)}$$

- c- Pour arriver à 200 bars dans le bloc, il faudra rajouter :

$$15 \times (200 - 51) = 2235 \text{ litres d'air}$$

$$\text{Débit du compresseur : } 16 \text{ m}^3/\text{h} \text{ soit } 16000 \text{ Litres} / 60 \text{ min.} = 266.6 \text{ litres} / \text{min.}$$

$$\text{Il faudra donc : } 2235 / 266.6 = 8.38 \text{ soit } 8 \text{ min. et environ } 25'' \text{ (1 point)}$$

Problème n°2 (5 points):

Un plongeur, précédemment saturé en surface à l'air, s'immerge pendant 20 minutes à 30 mètres en plongée simple.

a- Au terme de cette plongée, quelles sont les tensions d'azote des compartiments de 5, 10 et 20 minutes ? (2 points).

b- Quel est le compartiment directeur et quelle sera la profondeur théorique du premier palier ? (3 points).

On vous donne pour réaliser cet exercice : seuils de sursaturation critique $SC_{5'} = 2.72$; $SC_{10'} = 2.38$; $SC_{20'} = 2.04$. On convient également que la composition de l'air est de 20% en oxygène et 80% en azote et on néglige la remontée dans le calcul.

a- La pression partielle d'exposition à l'azote est de : $4b$ (30 mètres) \times $0.8b$ (saturation à l'air en surface à $1b$) = 3.2 bars (0.5 point)

Compartiment C5 : Taux de saturation : $20' / 5 = 4$ périodes soit 93.75%

$TN_2 = 0.8 + (3.2 - 0.8) \times 0.9375 = 3,05$ bars (0.5 point)

Compartiment C10 : Taux de saturation : $20' / 10 = 2$ périodes soit 75%

$TN_2 = 0.8 + (3.2 - 0.8) \times 0.75 = 2,6$ bars (0.5 point)

Compartiment C20 : Taux de saturation : $20' / 20 = 1$ période soit 50%

$TN_2 = 0.8 + (3.2 - 0.8) \times 0.50 = 2$ bar (0.5 point)

b- Pression absolue au premier palier :

$SC = TN_2 / P_{abs}$

$P_{abs} = TN_2 / SC$ (0.5 point)

C5 : $3,05 / 2.72 = 1.12$ bar (0.5 point)

C10: $2,6 / 2.38 = 1,09$ bar (0.5 point)

C20: $2 / 2.04 = 0,98$ bar (0.5 point)

La pression absolue du premier palier exigé par le compartiment de période 5' est la plus importante. Il s'agit donc du compartiment directeur. (0.5 point).

Il exige un premier palier à la pression de 1.12 bar soit une profondeur théorique de :

$P_{abs} = P_{atm} + \text{profondeur} / 10$ soit 1,20 mètre. (0.5 point).

On effectuera le palier à 3 mètres de profondeur.

Problème n°3 (6 points) :

On dispose d'une rampe de 3 blocs tampons de 50 litres chacun à 230 bars. On veut gonfler simultanément à 210 bars : 2 blocs de 18 litres dans lesquels il reste 70 bars et un bloc de 15 litres dans lequel il reste 90 bars. Initialement la température de l'ensemble du matériel est de 22°C.

a- Quelle sera la pression maximale des blocs si on utilise les 3 tampons simultanément ? (2 points).

b- Quelle sera la pression maximale des blocs si on utilise les 3 tampons successivement ? (2 points).

c- Le lendemain (la température est toujours de +22°C), après avoir gonflé sur les trois tampons en successif, vous contrôlez la pression des blocs et vous lisez 200 bars. Calculez la température à la fin du gonflage de la veille. (2 points).
(Toutes les pressions sont lues au manomètre).

a- Procédure simultanée :

Volume d'air des tampons : $(3 \times 50) \times 230 = 34500$ litres

Capacité des tampons : $3 \times 50 = 150$ litres

Capacité des blocs : $(2 \times 18) + (1 \times 15) = 51$ litres

Volume d'air restant dans les blocs : $(2 \times 18 \times 70) + (15 \times 90) = 2520 + 1350 = 3870$ litres

Volume total en air : $34500 + 3870 = 38370$ litres

Capacité totale : $150 + 51 = 201$ litres

Pression finale après équilibre : $38370 / 201 = 190.9$ bars (2 points).

b- Procédure successive :

Tampon 1 :

Quantité d'air du tampon : $50 \times 230 = 11500$ litres

Capacité des blocs : $(2 \times 18) + (1 \times 15) = 51$ litres

Volume d'air restant dans les blocs : $(2 \times 18 \times 70) + (15 \times 90) = 2520 + 1350 = 3870$ litres

Volume total en air : $11500 + 3870 = 15370$ litres

Capacité totale : $50 + 51 = 101$ litres

Pression après équilibre : $15370 / 101 = 152.17$ bars soit 152 bars (pas de point en moins si pas d'arrondi)

Tampon 2 :

Quantité d'air du tampon : $50 \times 230 = 11500$ litres

Capacité des blocs : $(2 \times 18) + (1 \times 15) = 51$ litres

Volume d'air dans les blocs : $152 \times 51 = 7752$ litres

Volume total en air : $11500 + 7752 = 19252$ litres

Capacité totale : $50 + 51 = 101$ litres

Pression après équilibre : $19252 / 101 = 190.6$ bars soit 191 bars (pas de point en moins si pas d'arrondi)

Tampon 3 :

Quantité d'air du tampon : $50 \times 230 = 11500$ litres

Capacité des blocs : $(2 \times 18) + (1 \times 15) = 51$ litres

Volume d'air restant dans les blocs : $191 \times 51 = 9741$ litres

Volume total en air : $11500 + 9741 = 21241$ litres

Capacité totale : $50 + 51 = 101$ litres

Pression après équilibre : $21241 / 101 = 210.3$ bars soit 210 bars (2 points).

c- Température des blocs :

$$P_1 / T_1 = P_2 / T_2$$

Avec T en Kelvin = °C + 273 (1 point).

$$210 / T_1 = 200 / 295$$

$T_1 = 210 \times 295 / 200 = 309.75$ K soit $309.75 - 273 =$ on arrondit à 37°C (1 point).

Problème n°4 (2 points):

a- Quelle est la pression partielle de l'oxygène de l'air respiré à 45 mètres de profondeur? (1 point).

b- A quelle profondeur l'azote de l'air respiré est-il à une pression partielle de 5.6 bars ? (1 point).

On convient que la composition de l'air est de 20% en oxygène et 80% en azote

a- Profondeur de 45 mètres soit $P_{abs} = 5.5$ bars

$P_{pO_2} = P_{abs} \times \%O_2 = 5.5 \times 0.2 = 1.1$ bar (1 point).

b- $P_{pN_2} = P_{abs} \times \%N_2$

$P_{abs} = P_{pN_2} / \%N_2 = 5.6 / 0.8 = 7$ bars soit 60 mètres (qui est la profondeur maximum autorisée à la FFESSM) (1 point).

Problème n°5 (4 points) :

Un plongeur veut remonter une ancre de 50Kg, de densité 5 par rapport à l'eau de mer (densité 1.04), immergée à 30 mètres.

a- Quel doit être le volume minimum du parachute de remontée ? (2 points).

b- De combien de blocs de 12 litres gonflés à 180 bars, aura-t-il besoin ? (1 point).

c- Quelle sera la pression restante dans les blocs utilisés ? (1 point).

On négligera le poids de l'air et du parachute.

a- Poids apparent = Poids réel – Poussée d'Archimède (1 point).

Ancre : densité = Masse / Volume donc $V = M / d = 50 \text{ Kg} / 5 = 10$ litres

Poussée d'Archimède = $V \times d = 10 \times 1.04 = 10.4$ Kg

Poids apparent = $50 \text{ Kg} - 10.4 \text{ Kg} = 39.6$ Kg

Le volume minimum du parachute est de 39.6 litres. (1 point).

b- Volume d'air à introduire dans le parachute : 39.6 litres à 30 mètres soit 39.6×4 bars = 158.4 litres.

On a un bloc de 12 litres gonflé à 180 bars soit 2160 litres détendus à la pression atmosphérique de disponible : donc un bloc suffit largement. (1 point).

c- Pression restante : $2160 \text{ litres} - 158.4 \text{ litres} = 2001.6 \text{ litres}$ soit $2001.6 / 12 = 166.8$ bars. (1 point).

Définitions (1 point):

Définir les termes de Tension, Gradient, Période et compartiment.

Tension : c'est la quantité de gaz dissout dans un liquide (dans un compartiment donné).

Gradient : c'est la différence entre la pression du gaz au dessus du liquide et la tension de gaz dans le liquide. Ou l'inverse dans le cas d'une désaturation.

Période : c'est le temps que met un liquide pour dissoudre ou éliminer la moitié du gradient.

Compartiment : c'est une entité théorique (concept mathématique) qui représente différents éléments du corps humain, se comportant de façon identique vis à vis de la charge ou de la décharge en azote.

EPREUVE DE PHYSIQUE APPLIQUEE A LA PLONGEE (coefficient 1)

Durée de l'épreuve : 45'

(notée sur 20 points)

1) Problème n° 1

Un photographe cherche à équilibrer son caisson qui a un poids de 400 g. Pour cela après plusieurs tâtonnements il constate qu'il est obligé de mettre 1 kg de lest à l'intérieur de son caisson pour obtenir une flottabilité nulle en eau douce à la profondeur de 3 m.

a) Quel est le volume du caisson ? (1 point)

- 1,4 litre

b) Il utilise un autre caisson de 1,5 litre pesant 900 g, dans lequel il place son appareil photographique pesant 300 g. Il décide cette fois de placer le lest à l'extérieur du caisson. Considérant qu'il met un lest de 800 g, quelle est la densité du lest pour que l'ensemble soit équilibré en eau douce ? (2 points)

- Poids de l'ensemble : $0,9 + 0,3 + 0,8 = 2$ kg
- Poussée d'Archimède = $1,5 +$ volume d'eau déplacé par le lest,
- Volume du lest : $2 - 1,5 = 0,5$ litre
- Densité du lest = $0,8/0,5 = 1,6$

2) Problème n° 2

Vous êtes chargé en fin de plongée de remplir d'air un parachute fixé à l'ancre. C'est un parachute de 90 litres qui pèse 1,15 kg. L'ancre est posée sur un fond de 50 m, elle est composée d'un alliage de densité 7 et pèse 70 kg. Malheureusement, vous êtes un peu juste en air et vous décidez de gonfler le parachute qu'au 2/5 de son volume.

Calculez la profondeur jusqu'à laquelle vous allez devoir remonter l'ensemble ancre et parachute à la palme pour permettre à l'ensemble de remonter seul, sachant que la densité de l'eau de mer est de 1,025. (3 points)

- Poussée d'Archimède de l'ancre : $70/7 = 10$ litres soit une poussée de 10,25 kg
- Poussée due au parachute : $90 \times 2/5 = 36$ litres soit une poussée de 36,9 kg
- Poids de l'ensemble – poussée = $(1,15 + 70) - (10,25 + 36,9) = 24$ kg
- Le ballon doit avoir une poussée supplémentaire de 24 kg pour remonter seul, c'est-à-dire avoir un volume supplémentaire de $24 / 1,025 = 23,42$ litres.
- L'ensemble remontera seul lorsque le volume du parachute sera de $36 + 24 = 60$ litres
- Soit à la profondeur où la pression sera de : $6 \times 36 / 60 = 3,6$ bars soit 26 m.

3) Problème n° 3

A l'issue du remplissage de votre bloc de 15 litres à 230 bars, on constate que sa température est de 45° C.

Déterminer votre autonomie pour une plongée à 20 m dans une eau à 15°C, en considérant que vous consommez 20 l/min. On estime une consommation de 20 bars pour descendre et on fixe la réserve à 50 bars. (2 points)

- Valeur de la pression du bloc à 15°C : $230 / (273 + 45) / (273 + 15) = 208$ bars
- Autonomie : $((208 - (20+50)) \times 15) / (20 \times 3) = 34$ min 30 sec

4) Problème n° 4

On dispose de deux bouteilles tampon de 50 litres gonflées à 200 bars. On souhaite porter à la pression maximale un bloc de 15 litres dont la pression résiduelle est de 30 bars. D'autre part avec les quantités d'air restantes dans les tampons, on souhaite effectuer la même opération avec une bouteille de 12 litres dont la pression résiduelle est de 50 bars. Calculez pour chacune des bouteilles la pression obtenue à l'issue du gonflage avec les bouteilles tampons ? (4points)

- Gonflage du 15 litres
- 1^{er} gonflage du 15 litres avec un tampon : $P = (30 \times 15 + 50 \times 200) / 65 = 160,76$ bars
- 2^{ème} gonflage avec le 2^{ème} tampon : $P = (160,76 \times 15 + 50 \times 200) / 65 = 190,94$ bars
- Gonflage du 12 litres
- 1^{er} gonflage du 12 litres avec un tampon : $P = (50 \times 12 + 50 \times 160,76) / 62 = 139,32$ bars
- 2^{ème} gonflage avec le 2^{ème} tampon : $P = (139,32 \times 12 + 50 \times 190,94) / 62 = 180,95$ bars

5) Problème n° 5

La pression partielle de toxicité de l'azote est donnée à 5,6 bars. Calculer la profondeur à laquelle tout plongeur est sujet à la narcose en mer lorsque le plongeur respire un mélange composé de 21% d'oxygène et 79% d'azote. (1 point)

- $P_{abs} = 5,6 / 0,79 = 7,08$ bars soit 60 m

6) Problème n° 6

Un plongeur plonge avec un mélange composé de 35% d'oxygène et 65% d'azote.

a) Fixant la pression partielle d'oxygène maximale à 1,6 bars, quelle est la profondeur que le plongeur ne devra pas dépasser ? (2 points).

- $P_{abs} = 1,6 / 0,35 = 4,57$ bars soit 35 m

b) Quelle est la profondeur maximale à ne pas dépasser si vous plongez dans un lac de montagne où la pression atmosphérique est de 608 mm Hg (1 point)

- $P_{abs} = P_{atm} + P_{hyd}$, soit $4,57 = 0,8 + P_{hyd}$, donc $P_{hyd} = 4,57 - 0,8 = 3,77$ bars, ce qui correspond à une profondeur réelle de 37,70 m

Mis en forme : Police : +Corps (Calibri), 10 pt, Couleur de police : Rouge

7) Problème n° 7

Un plongeur s'immerge en mer sur un fond de 40 m.

- a) Déterminer et justifier la tension d'azote dans le compartiment de période 5 minutes à l'issue des 40 minutes. (1 point)
- Le compartiment étant saturé au bout de 6 périodes, la tension d'azote du compartiment est égale à la pression partielle d'azote à 40 m, c'est-à-dire $0,8 \times 5 = 4$ bars

On considère par ailleurs un second compartiment de période 20 minutes et on donne les caractéristiques suivantes des deux compartiments.

Période	5'	20'
SC	2,72	2,04

- a) Calculer La profondeur du premier palier en considérant qu'il n'y a pas de désaturation pendant la remontée. (3 points)
- Palier pour le compartiment 5': $4 / 2,72 = 1,47$ bars soit 4,7 m
 - Tension d'azote pour le compartiment 20' après deux périodes : $= 0,8 + 0,75 \times (4 - 0,8) = 3,2$ bars
 - Palier pour le compartiment 20' $= 3,2 / 2,04 = 1,57$ bars soit 5,7 m
 - Le premier palier doit être fait à 6 m
- b) Quel est le compartiment directeur ? (1 point)
- Le compartiment directeur est le compartiment 20 minutes.

EPREUVE DE PHYSIQUE APPLIQUEE A LA PLONGEE (coefficient 1)

Durée de l'épreuve : 45'

(notée sur 20 points)

Question n°1 (5 points)

Deux compartiments de période 60 minutes ($Sc = 1,58$) et 120 minutes ($Sc = 1,54$) préalablement saturés à pression atmosphérique sont exposés à l'air pendant 12 heures à 30 mètres de profondeur.

Indiquez les tensions d'azote (arrondies à 2 chiffres après la virgule) à l'issue du séjour de 12 heures pour chaque compartiment.

On donne PpN_2 de l'air en surface = 0,8 bar ; composition de l'air = 20% d' O_2 et 80% de N_2 .

Quelle sera la profondeur limite à laquelle chaque compartiment pourra être remonté sans risque de dégazage anarchique ?

Vous indiquerez lequel de ces compartiments est le compartiment directeur et donnerez la profondeur du premier palier dans la table fédérale.

Tissu	Nb périodes	% saturation	TN ₂ initiale	P Abs fond	PpN ₂ fond	TN ₂ finale
60'	12	100%	0,8 b	4 b	3,2 b	3,20 b
120'	6	98,4375%	0,8 b	4 b	3,2 b	3,15 b

(1 point)

Pour le compartiment 60', $P_{abs} = \frac{TN_2}{Sc} = \frac{3,2}{1,58} = 2,02$ bar, soit 10,2 m.

(1 point)

Pour le compartiment 120', $P_{abs} = \frac{TN_2}{Sc} = \frac{3,15}{1,54} = 2,05$ bar, soit 10,5 m.

(1 point)

Le compartiment 120' sera directeur (1 point) et le premier palier à effectuer sera à 12 m d'après la table fédérale (1 point)

Question n° 2 (2 points)

Avec un mélange Nitrox 32 pour une plongée à 29 mètres en mer, quelle sera la profondeur équivalente Air pour utiliser la table MN90 ?

PpN_2 (Nitrox à 28 mètres) = PpN_2 (Air) à profondeur équivalente

→ $3,9 \text{ b} \times 0,68 = \text{Pression équivalente Air} \times 0,8$

→ Pression équivalente Air = $2,652 / 0,8$ soit 3,315 bar, ce qui correspond à 23,15m

→ Profondeur à retenir dans la table fédérale = **24 mètres**

(2 points)

Question n°3 (4 points)

A la fin de sa plongée, un plongeur revient sous son bateau avec 70 bars dans son bloc de 15 litres. Il est chargé de gonfler le parachute de relevage de l'ancre avant de remonter et le DP a fixé la remontée sur le bateau avec un minimum de 50 bars.

Cette ancre fait 66 kg et elle est fabriquée dans un acier de densité 6.

Quel est le poids apparent de l'ancre ?

Quel volume d'air lui faudra-t-il injecter dans le parachute à 25 mètres pour lever l'ancre ?

Le plongeur peut-il gonfler le parachute et remonter au bateau en respectant la consigne du DP (*il n'aura pas de palier à respecter et on néglige la consommation pendant la remontée*) ?

Poids apparent de l'ancre : $66 - (66/6) = 55$ kg

(1 point)

Volume à injecter dans le parachute : 55 litres à 3,5 bars, soit 192,5 litres détendus à 1 bar

(1 point)

Les 192,5 litres représentent $(192,5/15)$ 12,8 bars à prélever du bloc. Donc, avec 70 bars dans son bloc, le plongeur aura suffisamment d'air pour respecter la consigne du DP (2 points)

Question n°4 (4 points)

Un club dispose d'un ensemble indissociable de cinq tampons de 50 litres gonflé à 297 bars. Le club possède des blocs de 12 et de 10 litres.

Le responsable du gonflage souhaite gonfler des blocs de 12 litres (vides). Combien pourra-t-il gonfler de bouteilles à 201 bars ?

L'équilibre souhaité est à 201 bars.

La quantité d'air disponible est de $5 \times 50 \times (297 - 201) = 24\,000$ litres.

La quantité à gonfler pour chaque bloc de 12 litres de 1 bar à 201 bars sera de $200 \times 12 = 2\,400$ litres.

On pourra donc gonfler 10 blocs de 12 litres à 201 bars. (2 points)

Après ce premier gonflage, le responsable du gonflage souhaite gonfler les blocs de 10 litres (vides) à 126 bars ? Combien pourra-t-il en gonfler ?

L'équilibre souhaité est à 126 bars.

La quantité d'air disponible est de $5 \times 50 \times (201 - 126) = 18\,750$ litres

La quantité à gonfler pour chaque bloc de 10 litres de 1 bar à 126 bars sera de $125 \times 10 = 1\,250$ litres

On pourra donc gonfler 15 blocs de 10 litres à 126 bars (2 points)

Question n°5 (5 points)

Après un gonflage à 200 bars, un bloc de 15 litres est à une température de 42°C. Sur le bateau ce même bloc, exposé au soleil, monte à une pression de 210 bars.

A quelle température ce bloc est-il exposé ? (2 points)

$$(P1V1) / T1 = (P2V2) / T2$$

$$(200 \times 15) / (273+42) = (210 \times 15) / (273 + X)$$

$$X = ((3150 \times 315) / 3000) - 273$$

$$X = 57,75^\circ\text{C} = 58^\circ\text{C}$$

(2 points)

Quelle sera la pression du bloc lors du départ en plongée si la température de l'eau est à 16°C ? (2 points)

$$(P1V1) / T1 = (P2V2) / T2$$

$$(200 \times 15) / (273+42) = (P2 \times 15) / (273 +16)$$

$$P2 = (3000 \times 289) / (315 \times 15)$$

$$P2 = 183,47 = 184 \text{ bars (2 points)}$$

Quelle est la loi physique qui régit ce phénomène ? (1 point)

Il s'agit de l'application de la loi de Charles.

(1 point)

EPREUVE DE PHYSIQUE APPLIQUEE A LA PLONGEE (coefficient 1)

Durée de l'épreuve : 45'

(notée sur 20 points)

EXERCICE N°1 : (5 pts)

Alain a planifié une sortie l'après midi, il doit recevoir :

- 10 plongeurs N0 qui plongeront avec des blocs 12 litres dans lesquels il reste 50 bar *
- 5 plongeurs N4 et + qui plongeront avec des blocs 15 litres dans lesquels il reste 30 bar *.

Son compresseur est en panne mais il dispose de 4 tampons :

- 2 tampons reliés entre eux sans vanne d'isolement de 100 litres chacun gonflés à 290 bar*
- et de 2 autres tampons reliés entre eux sans vanne d'isolement de 100 litres chacun gonflés à 220 bar*.

Il désire gonfler tous les blocs à 200 bar en commençant par gonfler les 12 litres avec les tampons gonflés à 290 bar. Puis avec le reste d'air disponible dans ces mêmes tampons et en complétant avec les tampons gonflés à 220 bar il désire gonfler les 15 litres à 200 bar. Est-ce possible pour les blocs 12 litres et pour les blocs 15 litres.

* Pressions lues au manomètre Arrondir les résultats à l'entier supérieur

Gonflage des 12 litres avec les tampons à 290 bar

$$\frac{(12 \cdot 10 \cdot 50) + (200 \cdot 290)}{200 + (12 \cdot 10)} = \boxed{200 \text{ bar}}$$

→ Le gonflage des 12 litres avec les tampons à 290 bar est donc possible (1pt)

Gonflage des 15 litres avec le reste des tampons à 290 bar

$$\frac{(15 \cdot 5 \cdot 30) + (200 \cdot 200)}{200 + (15 \cdot 5)} = \boxed{153.6 \text{ bar}} \quad (2 \text{ pts})$$

Gonflage des 15 litres avec les tampons à 220 bar

$$\frac{(15 \cdot 5 \cdot 153.6) + (200 \cdot 220)}{200 + (15 \cdot 5)} = \boxed{202 \text{ bar}}$$

→ Le gonflage des 15 litres avec les tampons à 220 bar n'est donc pas possible (2pts)

EXERCICE N°2 : (6 pts)

Vous voulez remonter votre ancre tombée sur un fond de 40m après une mauvaise manœuvre, à l'aide d'un parachute de 60 litres.

Elle a un poids réel de 60 kg et un volume de 10 dm³.

Vous introduisez 40 litres dans ce parachute (dont on négligera le poids et la poussée d'Archimède sur l'enveloppe)

- Que va-t-il se passer ? Pourquoi ?
- A partir de quelle profondeur l'ensemble devrait-il remonter sans l'aider ?
- Quel est le volume d'air dans le parachute à son arrivée en surface ?

- Poids apparent de l'ensemble après avoir mis 40 litres d'air :

$P_{app} = P_{réel} - P_{archi} = 60 - (40 + 10) = 10 \text{ Kg}$ donc flottabilité négative, l'ensemble ne décolle pas.

- $P_{app} = 0$ lorsque le volume du parachute sera égale à $60 - 10 = 50$ litres

Comme $P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow P_2 = P_1 V_1 / V_2 \rightarrow 5 \times 40 / 50 = 4$ bars

Equilibre de l'ensemble à 30m

- $P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow V_2 = P_1 V_1 / P_2 \rightarrow V_2 = 5 \times 40 / 1 = 200$ litres.

Le parachute ne faisant que 60 litres

EXERCICE N°3 : (3 pts)

Une explosion sous marine se produit à 7500m d'un bateau de plongée. Sur le bateau on entend un premier bruit, puis quelques secondes après le bruit aérien de l'explosion.

- Pourquoi ?
- Combien de temps après l'explosion entend-t-on le bruit provenant de la coque
- Combien de temps après ce premier bruit entend-t-on le bruit aérien de l'explosion.

Vitesse du son dans l'eau = 1500m/s

Vitesse du son dans l'air = 330m/s

Le son a besoin d'un support matériel pour être transmis. Le premier bruit provient de la coque c'est donc le bruit de l'explosion transmis par l'eau, le deuxième bruit est le bruit de l'explosion transmis par l'air. (1pt)

- $7500/1500 = 5 \text{ secondes}$ (1pt)

- $7500/330 = 22.7 \rightarrow 22.72 - 5 = 17.7 \text{ secondes}$ (1pt)

EXERCICE N°4 : (6 pts)

Une palanquée s'immerge à 20m de profondeur et y reste 20mn avant de descendre à 30m et y rester 10mn.

- Quelle sera la TN2 du compartiment 10 minute à la fin de la plongée.
- Peut-elle remonter directement (SC 10mn = 2.38)
- Si non à quelle profondeur doit elle effectuer le palier

A la surface Pabsolue = 1bar donc à saturation PPN2 = $1 * .8 = 0.8 \text{ bar}$

A 20m Pabsolue = 3 bar donc à saturation PPN2 = $3 * .8 = 2.4 \text{ bar}$

A 30m Pabsolue = 4 bar donc à saturation PPN2 = $4 * .8 = 3.2 \text{ bar}$

Tissu de période 10 mn , 20 mn d'exposition de 2.4 bar, soit 2 périodes

$TN2 = 0.8 + (2.4 - 0.8) * 0.75 = 2 \text{ bar}$ (1pt)

Tissu de période 10 mn , 10 mn d'exposition de 3.2 bar, soit 1 périodes

$TN2 = 2 + (3.2 - 2) * 0.5 = 2.6 \text{ bar}$ (1pt)

Profondeur palier

$Sc = TN2 / Pabs \text{ soit } Pabs = TN2 / Sc = 2.6 / 2.38 = 1.092 \text{ soit pression à } 0.92m$

La palanquée ne peut pas remonter directement (1 pt)

le palier est à 3 mètres (2pts)

EPREUVE DE PHYSIQUE APPLIQUEE A LA PLONGEE (coefficient 1)

Durée de l'épreuve : 45'

(notée sur 20 points)

Exercice N°1 ; 1pt

Donnez la profondeur maximum d'utilisation de ce mélange Nitrox :
32% O₂ et 68% N₂

1,6/0,32=5B soit 40M

Exercice N°2 ; 6 Pts

Une palanquée effectue une plongée de 30 minutes à 35m.

- Quelle sera la tension d'azote finale dans les 2 compartiments : 10', 30' ?
SC 10= 2,38 ; SC 30= 1,82 3Pts
- Quel sera le compartiment directeur et par la même occasion la profondeur théorique calculée du premier palier imposé ? 3Pts

C10 : TN₂ = 0,8+(2,8x0,875)= 3,25

PAbs= 3,25/ 2,38= 1,36 palier à 3m60 soit 6M

C30 : TN₂= 0,8+ (2,8x0,50)= 2,2

PAbs= 2,2/ 1,82= 1,2 palier à 3M

Compartiment directeur : C10 et premier palier à 6M

Exercice N°3 ; 4 Pts

Un bloc de 18 Litres gonflé à 200 bars a une température de 40°C.

- Quelle sera sa pression lors du départ en plongée dans l'eau à 17°C ?
- A l'issue de la plongée, il reste 30 Bars dans le bloc. Quelle sera la pression dans le bloc de retour au local de gonflage où il fait 25°C.

a) 185, 3bars

b) 30,8 bars

Exercice N°4 ; 6 Pts

On dispose de 5 Bouteilles de 12 Litres avec une pression résiduelle de 10 Bars(lue au manomètre), leur pression de service étant de 230 bars. Nous disposons de 2 Tampons de 50litres à 300 bars qui peuvent être isolés.

En gonflant les 5 blocs en même temps, quelle pression restera t il dans les 2 tampons à la fin du gonflage ;

- En utilisant les Tampons l'un après l'autre ?
- En utilisant les tampons simultanément ?

a) Tampon 1. 600L+15000L/110= 141,8b

Tampon 2 ; 8509+15000/110= 213,71b

b) 600+30000/160= 191,25 b

Exercice N°5 ; 3 Pts

Vous balisez l'épave sur laquelle vous allez plonger avec une gueuse de 30Kg et dont le volume est de 18dm³.

En sachant que cette gueuse repose sur un fond de 28m et que votre parachute de levage a une contenance de 10Litres, que va t il se passer dès que vous aurez gonflé votre parachute.

A partir de quelle profondeur l'ensemble remontera seul.

Densité de l'eau de mer 1,03.

S'il a une « contenance » de 10 litres, on comprend qu'on ne peut pas le gonfler plus. Il faudrait modifier l'énoncé en disant : votre parachute de levage partiellement gonflé déplace un volume de 10 litres à cette profondeur.

$$(18+10) \times 1,03 = 28,84 \text{ soit } 28$$

Il ne se passe rien

$$3,8 \times 10 = P_2 \times P_{app} \quad 30 - (18 \times 1,03) = 11,46$$

$$P_2 = 3,8 \times 10 / 11,46 = 3,31 \text{ soit } 3,4 \quad 24M$$

L'ensemble remontera à 24M

EPREUVE DE PHYSIQUE APPLIQUEE A LA PLONGEE (coefficient 1)

Durée de l'épreuve : 45'

(notée sur 20 points)

Question 1 - (4 points) :

On dispose de deux bouteilles tampons de 50 litres chacune. La première est gonflée à 150 bars, et la seconde à 250 bars.

Sur le premier tampon, on charge jusqu'à équilibre des pressions un bloc de 10 litres dans lequel il reste une pression de 30 bars.

Sur le second tampon, on finit de gonfler le bloc jusqu'à ce que la pression de celui-ci atteigne 200 bars.

- Quelle sera la pression du bloc après gonflage sur le premier tampon ?
- Quelle sera la pression finale dans le second tampon ?

Quantité d'air détendu disponible sur le tampon N°1 et la bouteille :

(50×150) tampon $+(10 \times 30)$ bloc = 7 800 litres à P. atm. = 1 bar

Volume correspondant : bouteille + tampon N°1 : $10 + 50 = 50$ litres gonflage sur tampon N°1 : $P_1V_1 = P_2V_2$ soit $1 \times 7\,800 = ? \times 60$ soit $7\,800/60 = 130$ bars

gonflage sur tampon N°2 : $(200 - 130) \times 10 = 700$ litres à prélever sur le tampon N°2

$50 \times 250 = 12\,500$ litres $(12\,500 - 700) / 50 = 236$ bars pression finale du tampon N°2

Question 2 - (4 points) :

On considère une plongée de 1h 30' au NITROX 40/60 (40% O₂, 60% N₂) à une profondeur de 30m.

A l'issue de cette plongée, quelle sera la tension de N₂ dans un compartiment de période 30 minutes, sachant que celui-ci était initialement saturé à la pression atmosphérique avec de l'air?

Tension finale à 30m à saturation pour un mélange 40/60

$$4b \times 60\% = 2,4b$$

Tension finale = Tension initiale + (Tension finale – Tension initiale) X % de dissolution

$$0,8 \text{ bars} + (2,4 \text{ bars} - 0,8 \text{ bars}) \times 87,50\% = 2,2 \text{ bars.}$$

Question 3 - (6 points) :

Un O.C.N.I (objet coulé non identifié) dont la masse volumique est de 7,8 kg/dm³ et le volume 48 dm³, repose sur le fond à 40 mètres. Désirant le remonter, vous y attachez un parachute, dont le poids et le volume sont négligeables, dans lequel vous introduisez 300 litres d'air (à la pression ambiante).

Que se passe t-il ?

Au dessus de quelle profondeur le parachute pourra-t-il remonter l'objet ?

Calculer la longueur du cordage nécessaire à cette opération.

- Poids réel = Volume * Masse volumique = $48 \times 7,8 = 374,4 \text{ kg}$
- P.App. Objet = Poids réel - Poussée d'Archimède = $374,4 - (48 \times 1) = 326,4 \text{ kg}$
- Parachute (poids négligeable) 300 litres d'air à la P. Amb. = poussée de 300kg.
- On a donc : Poids apparent de l'ensemble OCNI + parachute = $326,4 - 300 = 26,4 \text{ kg}$
- L'ensemble reste donc au fond.

Il faut donc rajouter 26,4 litres d'air à la pression ambiante pour que l'ensemble soit en flottabilité neutre.

En admettant que vous ne soyez pas équipé de gilet (!), jusqu'à quelle profondeur devriez vous palmer pour que l'ensemble remonte seul ?

- Pour que l'ensemble remonte seul il faut que le volume d'air contenu dans le parachute soit égal au poids apparent de l'OCNI seul.
- Il faut donc trouver la profondeur à laquelle les 300 litres d'air deviendront 326,4 litres d'air.
- On applique la loi de Mariotte : $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$.

$$P_2 = P_1 \times (V_1 / V_2) \rightarrow P_2 = 5 \times (300 / 326,4) = 4,6 \text{ bars}$$

Il faut donc palmer jusqu'à 36 mètres.

Question 4 - (6 points) :

Citez les facteurs influençant la dissolution d'un gaz dans un liquide (ou tissus) compartiment en plongée.

Facteurs invariables :

Paramètres Physico-chimiques :

Nature du gaz => N₂

Nature du liquide => sang

Facteurs variables maîtrisables :

Paramètres physiques :

Pression du gaz au-dessus du liquide

Durée

Surface de contact

La température ambiante

Agitation (débit sanguin)