

CORRIGE GP PHYSIQUE MARIOTTE

I. Question (4 points)

1) Formulez la loi de Boyle/Mariotte (2 points)

A température constante, le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression qu'il subit. $P \times V = \text{constante}$.

2) Quelles en sont les applications dans le domaine du matériel de plongée? (2 points)

- Jupes déformables des masques
 - Perte de flottabilité de la combinaison lors de la descente.
 - Détendeur délivre de l'air à la pression ambiante.
 - Gonflage/dégonflage d'un gilet en cours de plongée. Etc...
-

II. Question (4 points)

Vous désirez gonfler trois blocs de 15 litres chacun et d'une pression de service de 230 bar. Le premier a une pression restante de 30 bar, le second de 40 bar et le dernier de 70 bar. Vous voulez les remplir au maximum, et disposez pour cela de deux tampons de 40 litres à 300 bar.

Toutes les pressions sont lues au mano.

1) Pouvez-vous, au moyen des deux seules bouteilles tampons, gonfler ces trois blocs jusqu'à leur pression de service (à 10 bars près) ? Expliquez votre démarche et justifiez votre réponse. (2 points)

Choix de la méthode de gonflage successive

1^{er} gonflage :

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

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

2^e gonflage :

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

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

Oui, la pression de service est atteinte, à 1 bar près.

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

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

293 K Relation de Charles : $P_1 / T_1 = P_2 / T_2$

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

CORRIGE GP PHYSIQUE MARIOTTE

III. Question (4 points)

En tant que guide palanquée vous serez amené à rappeler les consignes de sécurité et en particulier celles qui sont liées à la transformation 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

- 1) Vous plongez avec Brice qui est niveau 1. Votre zone d'évolution sera 15 mètres. En prenant comme volume pulmonaire 5 litres, quel sera le volume en surface si Brice bloque sa respiration à partir de 5 mètres ? Concluez (2 points)

A 15 m = 2,5 bar de pression absolue
 $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$, soit $1,5 \times 5 = 1 \times V_2$ donc $V_2 = 7,5$ litres il y a risque de surpression pulmonaire

- 2) Vous plongez avec Anne qui est niveau 2. Votre zone d'évolution est 35 mètres. Anne à mis 6 litres d'air dans son gilet pour se stabiliser. Si elle oublie de purger son gilet, quelle sera le volume en surface ? Concluez (2 points)

A 35 m = 4,5 bar de pression absolue
 $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$, soit $4,5 \times 6 = 1 \times V_2$ donc $V_2 = 27$ litres.
Il y a risque de faire une remontée très rapide

IV. Question (4 points)

Un plongeur archéologue équipé d'un bloc supplémentaire de 5 L de volume, gonflé à 200 bar et destiné au gonflage d'un parachute, désire remonter un objet, de 245 kg de masse et de densité 5, reposant sur un fond de 30m à l'aide d'un ballon (Masse : 6 kg, $d=2$)

Densité de l'eau : $d = 1$

Consommation du plongeur : 20L/min

MP réglée à 10bar

- 1) Quel est le volume de cet objet ? (1 point)

Volume de l'objet $245/5 = 49$ litres

- 2) Quel sera le volume minimum du ballon pour pouvoir soulever cet objet ? (3 points)

Poids apparent de l'objet = $245 - 49 = 196$ kg

Poids apparent du parachute 3 kg

Volume minimal dans le parachute $196 + 3 = 199$ litres

- 3) Quelle sera la pression d'air dans la bouteille, lorsque l'objet décolle ? (2 points)

chute de pression dans le bloc $199 \times 4 / 5 = 159.2$ bar - pression résultante dans le bloc 41.8 bar

CORRIGE GP PHYSIQUE MARIOTTE

V. Question (4 points)

Toutes les pressions sont lues au manomètre.

Vous désirez gonfler un bi-bouteille d'une capacité de 24 litres d'eau, sachant qu'il y reste une pression de 20 bar.

Vous disposez de 3 bouteilles tampons d'un volume de 40 litres chacune gonflée à 200 bar (au mano).

- 1) Le bi est mis en équilibre avec les 3 tampons en même temps. Quelle est la pression finale dans le bi ? (2 points)

1^{er} méthode

$$(24 \text{ l} \times 21 \text{ b}) + (3 \times 40 \text{ l} \times 201 \text{ b}) = (120 \text{ l} + 24 \text{ l}) \times P_{\text{finale}}$$

$$504 + 24120 = 144 \text{ l} \times P_{\text{finale}}$$

$$P_{\text{finale}} = 24624 / 144 = 171 \text{ b} \text{ donc } 170 \text{ b au mano}$$

2^{ème} méthode

$$(24 \times 20) + (3 \times 40 \times 200) = 144 \times P$$

$$144 P = 480 + 24000 = 24480$$

$$P = 24480 / 144 = 170 \text{ bar}$$

- 2) Le bi est mis équilibre avec les trois tampons successivement. Quelle est la pression finale dans le bi ? (3 points)

1^{er} équilibrage :

$$(24 \times 20) + (200 \times 40)$$

$$P_1 = \frac{\text{-----}}{64} = 132.5 \text{ b}$$

2^{ème} équilibrage :

$$(132.5 \times 24) + (200 \times 40)$$

$$P_2 = \frac{\text{-----}}{64} = 174.68 \text{ b}$$

3^{ème} équilibrage :

$$(174.68 \times 24) + (200 \times 40)$$

$$P_3 = \frac{\text{-----}}{64} = 190.50 \text{ bar au mano}$$

- 3) Donnez votre conclusion quant aux méthodes d'utilisation des tampons. (1 point)

Il vaut mieux utiliser les tampons l'un après l'autre.

VI. Question (4 points)

Une ancre en fonte est posée sur un fond de 30m, et occupe un volume de 5 litres. Un plongeur décide de la remonter en utilisant un parachute de 40 litres de volume et de poids apparent nul. *Densité de la fonte = 8*

- 1) Quel volume d'air minimum doit-on injecter dans le parachute pour faire décoller l'ancre ? (2 points)

$$P_{\text{app}} = (8 - 1) \times 5 = 35 \text{ kg} \Rightarrow 35 \text{ litres d'air pour une flottabilité neutre}$$

- 2) A quelle profondeur le parachute sera-t-il rempli d'air ? (2 points)

$$PV = Cte$$

$$\text{Pression ambiante au remplissage maximum : } 30 \text{ m} \Rightarrow 4 \text{ b}$$

$$4 \text{ b} \times 35 / 40 = 3,5 \text{ b} \Rightarrow 25 \text{ m}$$

CORRIGE GP PHYSIQUE MARIOTTE

VII. Question (6 points)

Vous souhaitez fabriquer un nitrox de décompression 70/30 (70% d'O₂ et 30 % d'N₂) par la méthode des pressions partielles (remplissage par de l'oxygène pur puis ajout d'air – cette méthode est la seule possible au-delà de 40% d'O₂). Vous disposez pour ce faire de :

- Une bouteille B50 d'oxygène à 180 b (Bouteille de 50 litres)
- D'un bloc déco de 6 litres vide (PS=200 b)

(*) Toutes les pressions sont lues au mano. On prendra pour l'air (20% O₂ et 80% N₂)

1) Quelle quantité d'oxygène pur allez-vous devoir mettre dans la bouteille ? (4 points)

A la fin du gonflage, il faudra avoir dans le bloc de 6 litres, 70 % d'oxygène soit :
 $6 \times 200 \times 0,7 = 840$ litres

Cet oxygène vient de la B50 et de l'air ajouté. Soit P_i la pression initiale d'O₂ dans le bloc. $\text{Volume O}_2 = 6 \times P_i + 6 \times 0,2 (200 - P_i) = 840$
 $P_i + 0,2 (200 - P_i) = 840 / 6 = 140$
 $P_i - 0,2 P_i = 140 - 40 = 100$
 $P_i = 100 / 0,8 = 125$ b

La quantité initiale d'oxygène pur à introduire dans le bloc est donc: $125 \times 6 = 750$ litres

2) Quelle pression d'oxygène restera t'il dans la B50 ? (1 point)

La baisse de pression dans la B50 est de : $750/50 = 15$ b
La pression résiduelle d'oxygène dans la B50 sera donc : $180 - 15 = 165$ b

3) Combien de bouteilles déco initialement vides, vous pourrez gonfler avec la B50 ? (1 point)

On ne pourra utiliser la B50 que jusqu'à 125 b (c'est l'inconvénient de cette méthode...). Il ne nous reste donc que 75 b « d'exploitables » ($180\text{b} - 125\text{b}$). $75 / 15 = 5$
Il sera donc possible de gonfler 5 blocs déco avec cette B50.

VIII. Question (6 points)

Un plongeur équipé d'une bouteille de 15 litres gonflée à 200 bar se trouve à une profondeur de 30 mètres pendant 18 minutes. *Le temps de descente est négligé.*

1) Sachant qu'il consomme 20 litres/minutes (air détendu à 1 bar en surface), quelle est la pression indiquée sur son manomètre à l'issue des 18 min ? (2 points)

$15 \times 200 = 3000$ l d air disponible ; consommation à 30 mètres: 80 l / min. Consommation en 18 mn $18 \times 80 = 1440$ l ; reste $3000 - 1440 = 1560$ l Pression bloc $1560 / 15 = 104$ bar

2) A ce moment là, il décide de remonter l'ancre d'un poids réel de 32 kilos et de densité 8. Il dispose d'un parachute d'un volume de 30 litres. Mais en même temps il veut limiter la diminution de pression du bloc à 5 bar. Quel volume d'air (à la pression ambiante) peut-il introduire ? (1 point)

Il dispose de $(5 \times 15) / 4 = 18,75$ l

3) L'ancre peut-elle décoller ? Justifiez votre réponse. (1,5 point)

Volume de l'ancre : $32 / 8 = 4$ dm³ - poids app = $32 - 4 = 28$ kg > 18,75 kg
L'ancre reste au fond.

4) Dans le cas négatif, à quelle profondeur doit-il l'accompagner pour qu'elle remonte seule ? (1,5 point)

$4 \times 18,75 = P_2 \times 28$ donc $P_2 = 2,68$ bar donc 16,80 m

CORRIGE GP PHYSIQUE MARIOTTE

IX. Question (6 points)

Vous découvrez au cours d'une plongée à 40 mètres une ancre d'un poids réel de 60 kg et d'un volume de 10 dm³ que vous voulez remonter.

Pour cela vous introduisez 40 litres d'air dans un parachute de 60 litres.

(On négligera le poids et la poussée d'Archimède du parachute).

1) Que va-t-il se passer ? Pourquoi ? (2 points)

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

$P_{app} = P_{réel} - P_{archi} = 60 - (10 + 40) = 10 \text{ kg} > 0$ donc flottabilité négative, l'ancre reste au fond.

2) A partir de quelle profondeur pourrez-vous lâcher l'ensemble (parachute et ancre) sans qu'il coule ? (2 points)

Le poids apparent sera nul, lorsque le volume du parachute aura atteint $60 - 10 = 50$ litres

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad \text{soit} \quad 5 \times 40 = P_2 \times 50 \quad P_2 = 4 \text{ bar}$$

L'équilibre sera donc atteint à 30 mètres.

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

Volume de l'air en surface : $5 \times 40 = 1 \times V$ donc $V = 200$ litres !

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

X. Question (6 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 10 dm³. 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 : $50 - 10 = 40 \text{ kg}$

Flottabilité après introduction de 30 litres d'air : $40 - 30 = 10 \text{ kg}$

Poids apparent positif, l'ancre ne remonte pas, je dois donc la soulever.

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

$P_1 V_1 = P_2 V_2$, soit $4 \times 30 = P_2 \times 40$, soit $P_2 = (4 \times 30) / 40 = 3 \text{ bar}$ soit 20 mètres

A partir de 20 m l'ancre commencera à remonter seule.

3. A partir de quelle profondeur l'air s'échappera du parachute ? (2 points)

$P_1 V_1 = P_2 V_2$, soit $4 \times 30 = P_2 \times 50$, soit $P_2 = (4 \times 30) / 50 = 2,4 \text{ bar}$ soit 14 mètres

A partir de 14 m l'air commencera à s'échapper du parachute.

CORRIGE GP PHYSIQUE MARIOTTE

XI. Question (6 points)

Dominique dispose d'un bi de deux fois 10 litres à 180 bar (*). Sa consommation moyenne en surface est de 20 litres par minute. (*) *Pression lue au manomètre.*
Après 25 mn à 40 m, Dominique veut remonter l'ancre du bateau (volume 10 litre, densité 3,5).

- 1) **Combien de litres d'air peut-elle mettre dans son parachute en conservant 50 bars dans son bloc, afin d'assurer sa remonté ? (2 points)**

Après 25 minutes à 40 mètres ($P = 5$ bar), Dominique a consommé :
 $25 \times 20 \times 5 = 2500$ litres (détendus à la pression atmosphérique)

La pression restante dans le bi (après les 25 min.) est
donc : $(2 \times 10 \times 180 - 2500) / 20 = 55$ bar

Elle peut donc utiliser 5 bars de son bi, ce qui représente $5 \times 20 = 100$ litres (à une pression de 1 bar), soit 20 litres à 5 bars (40 mètres)

- 2) **Est-ce que l'ancre peut remonter ainsi ? (*poids apparent du parachute nul*) (2 points)**

Poids réel de l'ancre : $10 \times 3,5 = 35$ kg

Poids apparent de l'ensemble (ancre + parachute), après introduction des 20 litres d'air :

$P_{pp} = P_{réel} - P_{archi} = 35 - (10 + 20) = 5$ kg > 0 donc flottabilité négative, l'ancre reste au fond.

- 3) **Elle a l'idée de mettre un bout entre l'ancre et le parachute. De quelle longueur devra être ce bout pour que l'ancre remonte toute seule ? (*on considère que la densité de l'eau de mer est 1*) (2 points)**

Le poids apparent sera nul, lorsque le volume du parachute aura atteint $35 - 10 = 25$ litres

$P_1 V_1 = P_2 V_2$ soit $5 \times 20 = P_2 \times 25$ $P_2 = 4$ bar

L'équilibre sera donc atteint à 30 mètres.

Le bout devra donc avoir une longueur de 10 mètres. L'ensemble remontera tout seul dès que l'on sera remonté de quelques centimètres.

XII. Question (4 points)

Un ami pêcheur vous demande de remonter un lest bétonné posé à 35m de fond vers la surface afin de le gruter et l'embarquer sur son bateau avec un palan. Après infos, le lest à un volume de 45 litres et une densité de 2,2kgs/litre. Vous disposez d'un parachute ouvert de 70 litres. (densité de l'eau = 1kg/l)

- 1) **Quelle quantité d'air minimale, à pression ambiante, allez vous devoir injecter dans le parachute afin que le lest se soulève ? (2 points)**

Poids apparent du lest: $(45 \times 2,2) - 45$ kgs = 54 kgs.

Quantité d'air à injecter: $55 \text{ litres} \times 4,5 = 247,5$ litres à pression ambiante. Profondeur à atteindre pour remplir le parachute : $4,5 \times 55 = P \times 70$

$P = 3,53$ bar

- 2) **A partir de quelle profondeur le parachute sera-t-il rempli ? (2 points)**

Le parachute sera rempli à 25,3m de profondeur.