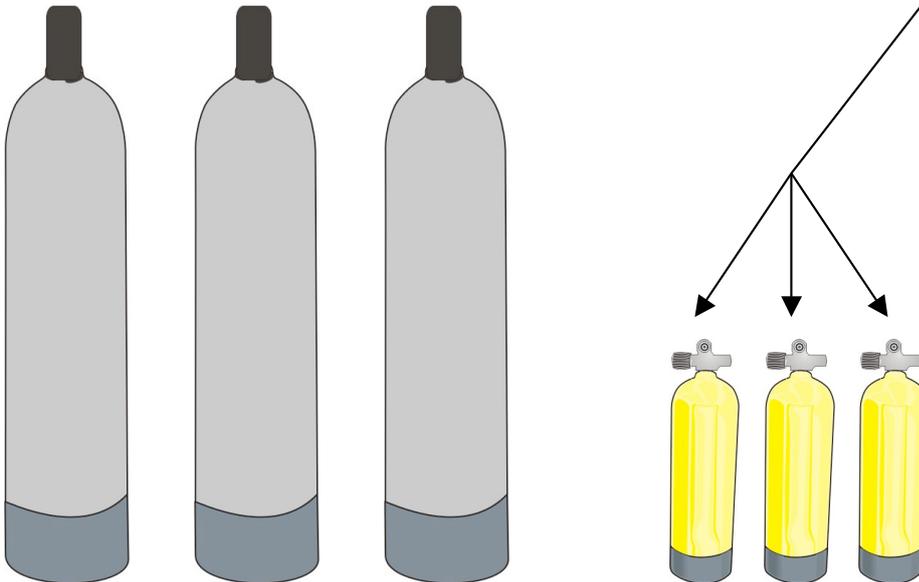




Sébastien, Renaud et Daniel prévoient une plongée afin de relever une ancre qui repose à 40 m sur un fond sableux.

Ils souhaitent gonfler leurs blocs de 15 litres dans lesquels il reste 60 bars à 220 bars pour cette plongée.

Ils disposent pour cela de 3 tampons de 50 litres à 250 bars.



Application de la loi de Mariotte aux gonflages

1 / Auront-ils assez d'un tampon pour effectuer leur gonflage ?

2 / S'ils doivent en utiliser 2 ou 3, quelle pression restera t-il dans les tampons si on les utilise en série ou successivement ?

3 / Que remarque nos amis ?



Réponse :

Si je n'ai qu'un tampon quelle pression maximale puis je atteindre dans les blocs à l'équilibre ?

Au départ je dispose de :

$$(P \text{ Initiale Tampon } \times V \text{ Tampon}) + (V \text{ Bloc } \times \text{Nbre Blocs} \times P \text{ Restante Blocs })$$

À l'arrivée, j'aurai :

$$(V \text{ Tampon } \times P \text{ Finale Tampon}) + (V \text{ Bloc } \times \text{Nbre Blocs} \times P \text{ Finale Blocs })$$

Comme je suis à l'équilibre, $P \text{ Finale Tampon} = P \text{ Finale Blocs} = P \text{ Finale}$
De plus La loi de Mariotte me dit que $P_1V_1 = P_2V_2 = \text{Constante}$, donc :

$$(250 \times 50) + (15 \times 3 \times 60) = (50 \times P \text{ Finale }) + 15 \times 3 \times P \text{ Finale })$$

soit

$$(250 \times 50) + (15 \times 3 \times 60) = P \text{ Finale } \times (50 + (15 \times 3))$$

ou encore

$$P \text{ Finale } = (250 \times 50) + (15 \times 3 \times 60) / (50 + (15 \times 3)) = (12500 + 2700 / 95) = 15200 / 95 = \underline{160 \text{ bars}}$$

Un tampon est donc insuffisant, voyons avec le second, il me manque 60 b x 3 blocs x 15 l soit 2700 litres.

Si je soutire ces 2700 litres du second tampon, je fais tomber la Pression à :
 $((250 \times 50) - 2700) / 50 = 9800/50 = 196 \text{ bars...}$

Je ne peux donc pas atteindre les 220 bars avec le second tampon, il me faudra le troisième

Que se passera t-il à l'équilibre avec le deuxième tampon, quelle sera la Pression Finale 2 atteinte ?

$$P \text{ Finale } 2 = (250 \times 50) + (15 \times 3 \times 160) / (50 + (15 \times 3)) = (12500 + 7200) / 95 = 19700 / 95 = \underline{207,4 \text{ bars}}$$

Il me manque donc $(220 - 207,4) \times (3 \times 15) = 12,6 \times 45 = 567 \text{ litres}$

Qui si je les soutire du troisième tampon font tomber la Pression à :

$((250 \times 50) - 567) / 50 = 238,66 \text{ bars} \gg 220 \text{ bars}$ donc mes gonflages sont terminés...

Dans ce cas où j'ai utilisé les tampons les uns après les autres,
il me reste 160 bars dans le tampon 1,
207,4 bars dans le tampon 2
et donc 238,66 bars dans le dernier

Si j'avais mis les trois tampons en communication dès le début, il me fallait soutirer

15 x 3 x 160 litres soit 7200 litres de mon ensemble 3 tampons.

La Pression dans cet ensemble aurait alors chuter à

$((250 \times 50 \times 3) - 7200) / (3 \times 50) = 37500 - 7200 / 150 = 202 \text{ bars} \dots$

Nos amis ne pouvait pas atteindre leur objectif de cette façon...

Au mieux ils auraient obtenu :

P Finale 4 =

$(250 \times 50 \times 3) + (15 \times 3 \times 60) / ((50 \times 3) + (15 \times 3)) = (37500 + 2700) / 195 = 40200 / 195$

= 206,15 bars

Application de la loi de Charles.

Nos 3 amis ont maintenant leurs blocs gonflés à 220 bars, la température est montée à 47 °C pendant le gonflage.

4 / Quelle Pression restera t il effectivement après qu'ils se seront immergés pour leur plongée dans une eau à 18 °C ?

(On considérera que l'équilibre des températures est atteint immédiatement)

Réponse :

Nous savons que : P finale / T finale = P initiale / T initiale lorsque V est constant si T est exprimée en °K.

Donc :

P finale = (P initiale x T finale) / T initiale = 220 x (18 + 273,15) / (273,15 + 47)

P finale = 220 x (291,15 / 320,15) = 200,07 b soit 200 b

Après avoir effectué les compléments éventuellement nécessaires, ils s'immergent avec des blocs gonflés à 200 b .



Calcul d'autonomie

5 / Compte tenu de leur consommation habituelles de 15 l / minute en surface, combien de temps nos amis pourrons ils rester à 40 m en remontant à bord avec une réserve de 30 bars ?

(on négligera les temps de descente et de remontée)

Réponse :

200 – 30 = 170 bars utiles sur 15 litres soit un total de 2550 litres à consommer à raison de 15 x 5 l/minute à 40 mètres soit 2550 / 75 = 34 minutes

Forts de ces informations, nos amis décident de faire 20 minutes à 40 mètres ce qui leur donne 1 minute de palier à 6 mètres et 9 minutes à 3 mètres

6 / Avec quelle Pression dans leurs blocs remonteront -ils sur le bateau ? (On négligera les temps de descente et de remontée)

Réponse :

20 minutes à 40 m = 20 x 15 x 5 = 1500 l consommés
1 minute à 6 m = 1 x 15 x 1,6 = 24 l consommés
9 minutes à 3 m = 9 x 15 x 1,3 = 175,5 l consommés

soit un total de 1500 + 24 + 175,5 = 1699,5 l consommés sur les 15 x 200 soit 3000 litres d'origine, il en restera donc 1300,5 pour un volume de bloc de 15 l soit 86,7 bars

Application de la poussée d'Archimède et de la loi de Mariotte

Nos 3 amis descendent donc, munis d'1 parachute de 25 litres chacun qu'ils vont accrocher sur l'ancre de 67 kg de poids apparent posée sur le sable à 40 m.

7 / Quel volume total d'air devront-ils injecter dans les parachutes pour faire remonter l'ancre ?

Réponse :

67 litres



Fédération Française d'Etudes et Sports Sous-Marin
Comité Départemental du Bas Rhin
Commission Technique Départementale

8 / Ils décident de n'injecter que 60 litres (3 x 20 l) et de remonter l'ancre à la profondeur à laquelle les parachutes la remonteront naturellement, quelle est cette profondeur ?

Réponse :

**Nous appliquerons la loi de Mariotte : $P_1V_1 = P_2V_2 = Cte$
Soit :**

$$P_2 = P_1V_1 / V_2 = 5 \times 60 / 67 = 4,48 \Leftrightarrow 34,8 \text{ m}$$

Ils devront donc la remonter jusqu'à 34,8 m

Application de la loi de Henry

9 / Leur plongée aura donc duré 20 minutes à 40 m , en considérant les compartiments C5, C10 et C20, quelle est la tension finale en azote dans chaque compartiment ?

10 / Jusqu'à quelle pression ces 3 compartiments peuvent ils être remontés sans dépasser le seuil critique ?

11 / Si on imaginait une table se résumant à ces trois compartiments, y aurait-il des paliers à respecter ?

12 / Si oui à quelle profondeur ?

13 / Quel est le compartiment directeur ?

(Sc pour C5 = 2,72 Sc pour C10 = 2,38 Sc pou C20 = 2,04)



Fédération Française d'Etudes et Sports Sous-Marin
Comité Départemental du Bas Rhin
Commission Technique Départementale

Réponse :

| | C5 | C10 | C20 |
|---------------------------|------------------|---------------|---------------|
| Pp2 Initiale | 0,8 b | 0,8 b | 0,8 b |
| Pression à 40 m | 5 b | 5 b | 5 b |
| PpN2 à 40 m | 4 b | 4 b | 4 b |
| Gradient | 3,2 b | 3,2 b | 3,2 b |
| Temps au fond | 20' | 20' | 20' |
| Période | 5' | 10' | 20' |
| Nbre de périodes | 4 | 2 | 1 |
| Taux de saturation | 93,75% | 75% | 50% |
| N2 dissous | 3 b | 2,4 b | 1,6 b |
| TN2 finale | 3,8 b | 3,2 b | 2,4 b |
| Sc | 2,72 | 2,38 | 2,04 |
| Pabs max remontée | 1,397 | 1,345 | 1,176 |
| Prof mini | 3,97 m | 3,45 m | 1,76 m |
| Palier | 6 m | 6 m | 3 m |
| | Directeur | | |