

# Préparation N2 – Exercices sur cours 1 et 2

## La poussée d'Archimède et la Loi de Mariotte

### Généralités

---

#### Introduction

Les exercices sont tirés des ouvrages courants sur la préparation des différents niveaux de plongée.  
Concernant la Poussée d'Archimède et la Loi de Mariotte, les exercices proposés ici couvrent l'ensemble des problèmes qui peuvent vous être demandés le jour de la théorie N2.

---

#### Plan

Cette partie développe les points suivants :

##### **Exercices de détermination de profondeur ou de pression absolue**

- Exercice 1 : calculs de Pression absolue page 03
- Exercice 2 : calculs de profondeurs page 04

##### **Exercices sur la Poussée d'Archimède**

- Exercice 3 : calcul du poids apparent d'un plongeur page 05
- Exercice 4 : objet indéformable immergé dans l'eau page 06
- Exercice 5 : lestage d'un plongeur pour être équilibré page 07
- Exercice 6 : poids apparent entre bloc vide et bloc gonflé page 08
- Exercice 7 : la compensation d'un sur lestage page 09
- Exercice 8 : équilibrage d'un plongeur page 10

##### **Exercices sur la Poussée d'Archimède avec calcul de densité**

- Exercice 9 : ajustement d'un lestage dans une eau de mer page 11
- Exercice 10 : calcul de lestage avec calcul de densité page 12
- Exercice 11 : calcul de renflouement page 14

##### **Exercices sur la Loi de Mariotte**

- Exercice 12 : variation de volume d'un ballon page 15
- Exercice 13 : gonflage d'un bloc à l'aide d'un autre bloc page 16
- Exercice 14 : la consommation d'un plongeur page 17

[Ce sujet continue page suivante](#)

---

### Plan, suite

#### **Exercices combinant Poussée d'Archimède et Loi de Mariotte**

- Exercice 15 : la remontée d'une amphore page 18
- Exercice 16 : la remontée d'une amphore page 19

#### **Exercices autres (Même famille)**

- Exercice 17 : consommation et allègement du bloc en fin de plongée page 20
  - Exercice 18 : la consommation d'un plongeur page 21
  - Exercice 19 : calcul de durée de plongée page 22
  - Exercice 20 : gonflages successifs par tampons page 23
  - Exercice 21 : choix du bloc en fonction de la plongée page 25
-

# Exercices de détermination de profondeur ou de pression absolue

## Exercice 1 : calculs de Pression absolue

---

### Sujets

Trouver les Pressions absolues des profondeurs suivantes :

- 20 m
  - 25 m
  - 58 m
  - 3 m
  - 12 m
  - 0.5 m
- 

### Méthodologie

Méthode 1 :

Ecrire la formule de la pression absolue sous la forme :

Pression absolue = Pression atmosphérique + Pression hydrostatique

Avec :

- Pression atmosphérique = 1 bar
- Pression hydrostatique correspond à la profondeur à raison de 1 bar tous les 10 mètres de profondeur

Méthode 2 :

Ecrire la formule de la pression absolue sous la forme :

Pression absolue = (Profondeur / 10 ) + 1

---

### Réponses

- Pabs à -20 m =  $(20 \text{ m} / 10) + 1 = 3 \text{ bar}$
  - Pabs à -25 m =  $(25 \text{ m} / 10) + 1 = 3.5 \text{ bar}$
  - Pabs à -58 m =  $(58 \text{ m} / 10) + 1 = 6.8 \text{ bar}$
  - Pabs à -3 m =  $(3 \text{ m} / 10) + 1 = 1.3 \text{ bar}$
  - Pabs à -12 m =  $(12 \text{ m} / 10) + 1 = 2.2 \text{ bar}$
  - Pabs à -0.5 m =  $(0.5 \text{ m} / 10) + 1 = 1.05 \text{ bar}$
-

# Exercices de détermination de profondeur ou de pression absolue

## Exercice 2 : calculs de profondeurs

---

### Sujets

Trouver les profondeurs correspondantes aux pressions absolues suivantes :

- 5 bar
  - 1 bar
  - 2.5 bar
  - 4 bar
  - 3.8 bar
  - 1.08 bar
- 

### Méthodologie

#### Méthode 1 :

Ecrire la formule de la pression absolue sous la forme :

Pression absolue = Pression atmosphérique + Pression hydrostatique, soit une recherche de la pression hydrostatique puisque correspondant à la profondeur à raison de 1 bar par 10 mètres de profondeur.

Pression hydrostatique = Pression absolue – Pression atmosphérique

#### Méthode 2 :

Ecrire la formule de calcul de la profondeur sous la forme :

Profondeur = (Pression absolue – 1) x 10

---

### Réponses

- Profondeur correspondante à 5 bar de pression absolue :  
 $\text{Prof} = (5 \text{ bar} - 1) \times 10 = 40 \text{ m}$
  - Profondeur correspondante à 1 bar de pression absolue :  
 $\text{Prof} = (1 \text{ bar} - 1) \times 10 = 0 \text{ m}$   
1 Bar de pression absolue correspond à la valeur de la pression atmosphérique
  - Profondeur correspondante à 2.5 bar de pression absolue :  
 $\text{Prof} = (2.5 \text{ bar} - 1) \times 10 = 15 \text{ m}$
  - Profondeur correspondante à 4 bar de pression absolue :  
 $\text{Prof} = (4 \text{ bar} - 1) \times 10 = 30 \text{ m}$
  - Profondeur correspondante à 3.8 bar de pression absolue :  
 $\text{Prof} = (3.8 \text{ bar} - 1) \times 10 = 28 \text{ m}$
  - Profondeur correspondante à 1.08 bar de pression absolue :  
 $\text{Prof} = (1.08 \text{ bar} - 1) \times 10 = 0.8 \text{ m}$
-

## Exercices sur la poussée d'Archimède

### Exercice 3 : calcul du poids apparent d'un plongeur

---

#### Sujet

Un plongeur pèse 80 kg et possède un volume de 85 dm<sup>3</sup> lorsque ses poumons sont remplis d'air.

Questions :

- Quel est son poids apparent ?
  - Pour obtenir un poids apparent nul en immersion, quelle modification doit-il apporter à son lestage ?
  - S'il expire, que se passe-t-il ?
- 

#### Méthodologie

Transformer 85 dm<sup>3</sup> en litres puis en kg  
Ecrire la formule du poids apparent sous la forme  
 $P_{app} = P_{réel} - P_{oussée\ d'Archimède}$

Calculer le Poids apparent du plongeur  
Selon le signe du résultat du  $P_{app}$  en déduire sa flottabilité  
En déduire ce qu'il doit faire pour avoir une flottabilité neutre ou un poids apparent nul  
En déduire ce qu'il se passe s'il expire

Rappels :

- Quand  $P_{app} = 0$ , cas de flottabilité neutre, on a  $P_{réel} = P_{oussée\ d'Archimède}$
  - Une expiration est équivalent à
    - diminuer la Poussée d'Archimède
    - donc à avoir un  $P_{réel}$  plus prédominant sur la Poussée d'Archimède
- 

#### Réponse

$85\text{ dm}^3 = 85\text{ litres} = 85\text{ kg}$  (densité de l'eau = 1)

$P_{app} = P_{réel} - P_{oussée\ d'Archimède}$

$P_{app} = 80\text{ kg} - 85\text{ kg} = -5\text{ kg}$

Le Poids apparent est de signe négatif, donc la flottabilité est positive, donc le plongeur flotte.

Pour obtenir un poids apparent nul, c'est-à-dire  $P_{réel} = P_{oussée\ d'Archimède}$ , il lui faut rajouter 5 kg de lestage

Poussée d'Archimède = 85 kg

Poids réel = 80 kg + 5 kg de lestage

En cas de flottabilité neutre, il y a un état d'équilibre. L'état d'équilibre étant obtenu avec les poumons pleins (dans le sujet de l'exercice), s'il se met à expirer, il modifie l'état d'équilibre (flottabilité neutre) en diminuant sa Poussée d'Archimède. En conséquence, il sera en situation de flottabilité négative, il va couler.

---

## Exercices sur la poussée d'Archimède

### Exercice 4 : objet indéformable immergé dans l'eau

---

#### Sujet

Le volume d'un objet indéformable est égal à  $6.4 \text{ dm}^3$ . Son poids à l'air est de 6500 grammes.

On immerge cet objet dans l'eau douce.

Question :

- Quel est son poids apparent ?
  - Que fait-il ?
- 

#### Méthodologie

La formule de la poussée d'Archimède utilise les unités suivantes :

- Les litres
- Les kilogrammes

Il faut donc dans un premier temps transformer les données dans les unités de mesure de la Poussée d'Archimède.

Ecrire ensuite la formule du poids apparent.

Résoudre l'équation.

En fonction du signe (+ ou - ou 0) du résultat du poids apparent, indiquer ce qu'il se passe au niveau de la flottabilité.

---

#### Réponse

$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ litre} = 1 \text{ kg}$  donc  $6.4 \text{ dm}^3 = 6.4 \text{ litres} = 6.4 \text{ kg}$  (densité de l'eau = 1)

$6500 \text{ g} = 6.5 \text{ kg}$

Formule :

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

Avec :

- Poids réel = 6.5 kg
- Poussée d'Archimède = 6.4 kg

Donc :  $P_{\text{app}} = 6.5 - 6.4 = 0.1 \text{ kg}$

Le Poids apparent est positif ( $P_{\text{app}} > 0$ ), l'objet a donc une flottabilité négative, donc il coule.

---

## Exercices sur la poussée d'Archimède

### Exercice 5 : lestage d'un plongeur pour être équilibré

---

#### Sujet

Un plongeur en maillot de bain a une flottabilité neutre dans l'eau douce, son poids réel est de 80 kg.

Pour plonger, il se munit d'un équipement dont le poids apparent est le suivant :

- Une combinaison : - 4.2 kg
- Une bouteille : + 2 kg
- Un détendeur : + .05 kg

Question :

- Ce plongeur veut avoir une flottabilité neutre, que doit-il faire ?
- 

#### Méthodologie

Ecrire la formule de calcul du Poids apparent

Ecrire cette formule dans le contexte où la flottabilité est neutre.

Calculer le poids apparent de son équipement.

En déduire le lestage pour une flottabilité neutre.

---

#### Réponse

Formule de la Poussée d'Archimède

Poids apparent = Poids réel – Poussée d'Archimède

En maillot, le plongeur à une flottabilité neutre ce qui signifie son poids apparent est nul, donc

$P_{app} = \text{Poids réel} - PA = 0$

donc

Poussée Archimède = poids réel

Seul est en jeu son équipement.

Poids apparent équipement = bouteille + détendeur + combinaison =  $2 + 0.5 - 4.2 = - 1.7 \text{ kg}$

Le résultat du Papp est négatif, sa flottabilité est donc positive, donc son équipement flotte.

Pour avoir une flottabilité neutre au niveau de son équipement, le plongeur devra se lester de + 1.7 kg.

---

## Exercices sur la poussée d'Archimède

### Exercice 6 : poids apparent entre bloc vide et bloc gonflé

---

#### Sujet

Supposons qu'un bloc vide d'air de 12 litres pèse 15 kg pour un volume extérieur de 14 litres.

Question 1 :

- Quel est son poids apparent vide d'air ? Que fait-il ?
- Quel est son poids apparent à la pression atmosphérique ? Que fait-il ?

Ce même bloc de 12 litres est gonflé à 200 bar.

Densité de l'eau = 1

Question 2 :

- Si l'on considère qu'un litre d'air pèse 1.29 gramme, quel est la variation de poids apparent de ce bloc une fois gonflé ?
- 

#### Méthodologie

Ecrire la formule de calcul du poids apparent.  
Résoudre l'équation quand le bloc est vide d'air.

Calculer le Poids réel une fois le bloc mis à la pression atmosphérique.  
Calculer le nouveau poids apparent.

Calculer le volume d'air comprimé dans le bloc une fois à 200 bar.  
Calculer le poids de l'air ainsi comprimé.  
Calculer le poids apparent du bloc gonflé à 200 bar.

Indiquer la variation de poids apparent entre un bloc à la pression atmosphérique et un bloc gonflé à 200 bar

---

#### Réponse

Formule :  $P_{app} = P_{réel} - P_{poussée \text{ d'Archimède}}$

Cas où bloc vide d'air :

$$P_{app} = 15 - 14 = 1 \text{ kg}$$

Le résultat du poids apparent est de signe positif. Le bloc a donc une flottabilité négative donc il coule.

Cas où bloc à la pression atmosphérique :

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

Avec Poids réel = poids du bloc à vide + poids de l'air pression atmosphérique

Calcul du poids de l'air atmosphérique :

$$1.29 \text{ g} = 0.00129 \text{ kg}$$

$$\text{Poids air atmos} = 12 \text{ litres} \times 0.00129 = 0.01548 \text{ kg}$$

Poids du bloc :

$$P_{réel} = 15 \text{ kg} + 0.01548 \text{ kg} = 15.01548 \text{ kg}$$

$$P_{app} \text{ bloc} = 15.01548 - 14 = 1.01548 \text{ kg}$$

Le résultat du poids apparent est de signe positif. Le bloc a donc une flottabilité négative donc il coule.

Calcul du volume d'air dans le bloc de 12 litres :

$$\text{Vol air bloc} = 12 \text{ litres} \times 200 \text{ bar} = 2400 \text{ litres}$$

Calcul du poids de l'air du bloc gonflé à 200 bar :

$$\text{Poids air bloc gonflé} = 2400 \text{ litres} \times 0.00129 \text{ kg} = 3.096 \text{ kg}$$

$$P_{app} \text{ bloc gonflé} = (15 + 3.096) - 14 = 4.096 \text{ kg}$$

Calcul de la différence de poids apparent entre bloc vide et bloc gonflé :

$$\text{Différence} = 4.096 \text{ kg} - 1.01548 \text{ kg} = 3.08 \text{ kg (environ)}$$

---

## Exercices sur la poussée d'Archimède

### Exercice 7 : la compensation d'un sur lestage

---

#### Sujet

Un plongeur est sur lesté en fin de plongée, il n'arrive pas à se maintenir en surface. Son poids est de 88 kg et son volume de 75 litres.

Question :

- Quel volume d'air doit-il introduire dans la Stab pour obtenir une flottabilité positive ?
- 

#### Méthodologie

Ecrire la formule de calcul du poids apparent.

Calculer l'équation.

Conclure, en fonction du signe du résultat du Poids apparent, sur son niveau de flottabilité. En déduire le nombre de litres nécessaires à introduire dans la Stab pour une flottabilité neutre.

En déduire le nombre de litres nécessaires à introduire dans la Stab pour une flottabilité positive.

---

#### Réponse

75 litres = 75 kg (densité eau = 1)

Formule :  $P_{app} = P_{réel} - P_{poussée \text{ d'Archimède}}$

$P_{app} = 88 - 75 = 13 \text{ kg}$

Le résultat du poids apparent est de signe positif. Le bloc a donc une flottabilité négative donc il coule.

Il lui faut donc compenser 13 kg.

A savoir que chaque kg de flottabilité négative peut être compensé par 1 litre d'air.

Pour avoir une flottabilité neutre, il doit introduire dans sa Stab l'équivalent de 13 kg (son lestage superflu) par 13 litres d'air.

Pour avoir une flottabilité positive, il doit donc mettre un peu plus de 13 litres d'air dans sa Stab.

---

# Exercices sur la poussée d'Archimède

## Exercice 8 : équilibrage d'un plongeur

---

### Sujet

Un plongeur est bien équilibré au palier de 3 mètres avec un gilet purgé, des poumons à moitié pleins et une bouteille de 12 litres à 30 bar.

Questions :

- Quel est son poids apparent en début de plongée à 3 m avec une combinaison bien mouillée et son bloc à 180 bar ?
- Combien d'air devra-t-il inspirer ou mettre dans son gilet pour être équilibrer (en supposant que l'eau a une densité égale à 1) ?

Note : l'air pèse  $1.293 \text{ g / dm}^3$

---

### Méthodologie

Plongeur équilibré en fin de plongée au palier à 3 m donc  
Si flottabilité nulle, alors  $P_{app} = 0$  et  $P_{réel} = \text{poussée d'Archimède}$   
Conséquence : plongeur a une flottabilité négative en début de plongée ( $P_{app} > 0$ )

Qu'est-ce qui change, sur le plongeur, entre le début et la fin de plongée ? (d'après l'énoncé)

Réponse : le poids de sa bouteille.

#### Méthode 1

Calcul du Poids réel du bloc en début de plongée. (pensez au poids de l'air)

Calcul du Poids réel du bloc en fin de plongée (pensez au poids de l'air)

Calcul de la différence

En déduire le volume d'air à introduire dans la Stab pour compenser en début de plongée

#### Méthode 2

Calcul de la différence de pression entre le début et la fin de la plongée

Cette pression correspond à la consommation du plongeur pendant sa plongée

Calcul du poids de l'air du volume consommé pendant la plongée

En déduire le volume d'air à introduire dans la Stab pour compenser en début de plongée

---

### Réponse

En début de plongée :

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

En fin de plongée :

$P_{app} = P_{réel} - \text{Poussée d'Archimède} = 0$  donc  $P_{réel} = \text{Poussée d'Archimède}$

On peut en déduire, qu'en début de plongée :

Poids apparent = Poids supplémentaire en début de plongée,

Dans les deux situations, seule variable ayant changée : le poids de l'air dans le bloc

Poids air bloc fin de plongée = Pression x Volume x Poids de l'air

Poids air bloc fin de plongée =  $30 \text{ bar} \times 12 \text{ litres} \times 1.293 \text{ g/dm}^3 = 465.48 \text{ g}$

Poids air bloc début plongée =  $180 \text{ bar} \times 12 \text{ litres} \times 1.293 \text{ g/dm}^3 = 2792.88 \text{ g}$

Différence =  $2792.88 - 465.48 = 2327.4 \text{ g} = 2.3274 \text{ kg}$

Par approximation :  $1 \text{ kg} = 1 \text{ litre d'eau}$  et c'est compensé par 1 litre d'air

Il faudra qu'il mette 2.3274 litres d'air dans son gilet pour avoir une flottabilité neutre

#### Autre façon de répondre :

Calcul de la différence de pression entre le début de la plongée et la fin de la plongée

$180 \text{ bar} - 30 \text{ bar} = 150 \text{ bar}$

Cette pression correspond à la consommation du plongeur pendant sa plongée.

Calcul du poids de l'air correspondant à cette pression :

Poids volume d'air consommé = Pression x Volume x poids de l'air

Poids volume d'air consommé =  $150 \text{ bar} \times 12 \text{ litres} \times 1.293 \text{ g/dm}^3 = 2327.4 \text{ g} = 2.3274 \text{ kg}$

1kg est compensé par 1 litre d'air

Il faudra qu'il introduise dans son gilet 2.3274 litres d'air pour avoir une flottabilité neutre

---

## Exercices sur la Poussée d'Archimède avec calcul de densité

### Exercice 9 : ajustement d'un lestage dans une eau de mer

---

#### Sujet

Totalement équipé, un plongeur déplace un volume d'eau égal à  $100 \text{ dm}^3$ . Ayant réglé son lest en lac, il décide d'aller plonger en mer avec le même équipement.

- De quelle façon devra-t-il ajuster son lestage ?

Note : densité eau douce = 1 ; densité eau de mer = 1.03

---

#### Méthodologie

Ecrire la formule de calcul du poids apparent.  
Rappeler la formule du calcul de la poussée d'Archimède

Calculer la valeur de la Poussée d'Archimède en eau douce.  
Rappeler que la flottabilité neutre se traduit par l'équation : Poussée d'Archimède = Prél  
Déduire le poids réel.

Calculer la valeur de la Poussée d'Archimède en eau de mer.  
Calculer le poids apparent en eau de mer.  
Déduire son état de flottabilité.  
Déduire son lestage nécessaire.

---

#### Réponse

Formule :  $P_{app} = Prél - \text{Poussée d'Archimède}$   
Avec Poussée d'Archimède = Volume x densité du liquide ambiant

Calcul de la Poussée d'Archimède en eau douce :  
 $PA = 100 \text{ litres} \times 1 \text{ (densité eau douce)} = 100 \text{ litres}$

En lac il a une flottabilité nulle donc : Poussée d'Archimède = Poids réel  
Donc son Poids réel est de 100 kg.

Calcul de la Poussée d'Archimède en eau de mer :  
 $PA = 100 \times 1.03 \text{ (densité eau de mer)} = 103 \text{ litres}$

Calcul du poids apparent en eau de mer  
 $P_{app} = 100 \text{ kg} - 103 \text{ kg} = -3 \text{ kg}$   
Le Poids apparent est négatif, la flottabilité est donc négative, le plongeur flotte.  
S'il veut ajuster son lestage, pour avoir une flottabilité nulle, il devra ajouter 3 kg de lest.

---

# Exercices sur la Poussée d'Archimède avec calcul de densité

## Exercice 10 : calcul de lestage avec calcul de densité

---

### Sujet (Hors programme N2)

#### Rappel :

La masse volumique exprime la quantité de matière contenue dans un volume donné.

La masse d'un boîtier de caméra est égale à 3 kg, son volume est égal à 5 dm<sup>3</sup>. On dispose d'un lest de masse volumique égale à 11 kg / dm<sup>3</sup>.

#### Questions :

- Quelle est la masse de lest à ajouter pour que le poids apparent du boîtier soit nul dans une eau de densité égale à 1 :
    - Le lest étant placé à l'intérieur du boîtier ?
    - Le lest étant placé à l'extérieur du boîtier ?
  - Même question avec une eau de densité égale à 1.03 ?
- 

### Méthodologie

Ecrire la formule du calcul du poids apparent

Ecrire la formule de calcul de la Poussée d'Archimède

#### Cas du lest placé dans le boîtier

Calcul du poids réel

Calcul de la Poussée d'Archimède en eau douce

Calcul du poids apparent

Si flottabilité nulle alors  $P_{app} = 0$

Déduire de l'équation le volume du lest

Calcul du poids du lest

#### Cas du lest placé à l'extérieur du boîtier

Calcul du poids apparent

Si flottabilité nulle alors  $P_{app} = 0$

Déduire de l'équation le volume du lest

Calcul du poids du lest

Pour l'eau de mer, suivre le même cheminement mais avec les calcul de densité équivalente à l'eau de mer

---

### Réponse

Formule : Poids apparent = Poids réel – Poussée d'Archimède

Avec Poussée d'Archimède = Volume du boîtier x densité liquide ambiant

#### Cas lest placé à l'intérieur du boîtier :

Avec Poids réel = Poids boîtier + Poids lest

Avec PA = Volume boîtier x densité eau douce

Donc :

$$P_{app} = 3 \text{ kg} + \text{Poids lest} - (5 \text{ dm}^3 \times 1) = 3 - 5 + \text{Poids lest}$$

Pour une flottabilité équilibrée,  $P_{app} = 0$

$$\text{Donc } 3 - 5 + \text{Poids lest} = 0$$

$$\text{Poids lest} = 5 - 3 = 2 \text{ kg}$$

#### Cas lest placé à l'extérieur du boîtier :

Avec Poids réel = Poids boîtier + Poids lest = Poids boîtier + (volume lest x densité lest)

Avec PA = (Volume boîtier x densité eau douce) + (Volume lest x densité eau douce)

Donc :

$$P_{app} = 3 + (\text{Volume lest} \times 11) - [(5 \times 1) + (\text{Volume lest} \times 1)]$$

Pour une flottabilité équilibrée,  $P_{app} = 0$

$$\text{Donc : } 3 + 11 \text{ volume lest} - 5 - 1 \text{ volume lest} = 0$$

$$\text{Soit } 10 \text{ volume lest} = 5 - 3 = 2$$

$$\text{Volume lest} = 0.2 \text{ dm}^3$$

$$\text{Poids du lest} = \text{Volume lest} \times \text{densité lest} = 0.2 \times 11 = 2.2 \text{ kg}$$

---

## Exercices sur la Poussée d'Archimède avec calcul de densité

### Exercice 10 : calcul de lestage avec calcul de densité, suite

---

#### Réponse, suite

Pour une eau de mer à densité de 1.03

Cas lest placé à l'intérieur du boîtier :

Avec Poids réel = Poids boîtier + Poids lest

Avec PA = Volume boîtier x densité eau mer

Donc :

$$P_{app} = 3 \text{ kg} + \text{Poids lest} - (5 \text{ dm}^3 \times 1.03) = 3 - 5.15 + \text{Poids lest}$$

Pour une flottabilité équilibrée,  $P_{app} = 0$

$$\text{Donc } 3 - 5.15 + \text{Poids lest} = 0$$

$$\text{Poids lest} = 5.15 - 3 = 2.15 \text{ kg}$$

Cas lest placé à l'extérieur du boîtier :

Avec Poids réel = Poids boîtier + Poids lest = Poids boîtier + (volume lest x densité lest)

Avec PA = (Volume boîtier x densité eau mer) + (Volume lest x densité eau mer)

Donc :

$$P_{app} = 3 + (\text{Volume lest} \times 11) - [(5 \times 1.03) + (\text{Volume lest} \times 1.03)]$$

Pour une flottabilité équilibrée,  $P_{app} = 0$

$$\text{Donc : } 3 + 11 \text{ volume lest} - 5.15 - 1.03 \text{ volume lest} = 0$$

$$\text{Soit } 9.97 \text{ volume lest} = 5.15 - 3 = 2.15$$

$$\text{Volume lest} = 0.216 \text{ dm}^3$$

$$\text{Poids du lest} = \text{Volume lest} \times \text{densité lest} = 0.216 \times 11 = 2.37 \text{ kg}$$

---

# Exercices sur la Poussée d'Archimède avec calcul de densité

## Exercice 11 : calcul de renflouement

---

### Sujet (Hors programme N2)

Un cube de 0.5 m de côté, de densité égale à 4, repose sur un fond de 30 m en eau douce.

Questions :

- Quel volume d'air faut-il mettre dans un parachute attaché à ce cube pour que l'ensemble soit en flottabilité nulle ?
- Quel sera ce volume si le cube est plongé dans les eaux de la Mer Morte (densité = 1.2) ?

Note : On négligera le poids et la flottabilité du parachute.

---

### Méthodologie

Ecrire la formule de calcul du poids apparent  
Ecrire la formule de calcul de la Poussée d'Archimède

Compléter la formule de calcul du poids réel  
Compléter la formule de la poussée d'Archimède  
Compléter la formule de calcul du poids apparent  
Si flottabilité nulle alors  $P_{\text{réel}} = P_{\text{poussée d'Archimède}}$   
Déduire le volume du parachute

Démarche idem pour l'eau de la mer morte.

---

### Réponse

Formule :  $P_{\text{app}} = P_{\text{réel}} - P_{\text{poussée d'Archimède}}$   
Avec poussée d'Archimède = Volume x densité liquide ambiant

Calcul du poids réel du cube :

$$P_{\text{réel}} = \text{Volume cube} \times \text{densité} = 5 \text{ dm} \times 5 \text{ dm} \times 5 \text{ dm} \times 4 = 500$$

Calcul de la Poussée d'Archimède :

$$P_{\text{A}} = (\text{Volume cube} \times \text{densité liquide}) + (\text{volume parachute} \times \text{densité liquide})$$

$$P_{\text{A}} = (5 \times 5 \times 5 \times 1) + (\text{volume parachute} \times 1) = 125 + \text{Volume parachute}$$

Si flottabilité nulle alors  $P_{\text{app}} = 0$  et donc  $P_{\text{réel}} = P_{\text{poussée d'Archimède}}$

Donc :

$$500 = 125 + \text{Volume parachute}$$

$$\text{Volume parachute} = 500 - 125 = 375 \text{ litres}$$

En Mer Morte :

$$P_{\text{A}} = (\text{Volume cube} \times \text{densité eau Mer Morte}) + (\text{Volume parachute} \times \text{densité eau Mer Morte})$$

$$P_{\text{A}} = (5 \times 5 \times 5 \times 1.2) + (\text{Volume parachute} \times 1.2) = 150 + (1.2 \times \text{Volume parachute})$$

Donc :

$$500 = 150 + (1.2 \times \text{Volume parachute})$$

$$\text{Volume parachute} = (500 - 150) / 1.2 = 350 / 1.2 = 291.7 \text{ litres}$$

---

## Exercices sur la Loi de Mariotte

### Exercice 12 : variation de volume d'un ballon

---

#### Sujet

A une profondeur de 20 m, un ballon est rempli avec 5 litres d'air.

Questions :

- Si l'enveloppe du ballon peut se distendre lors de la remontée, quel sera son volume en surface ?
- 

#### Méthodologie

Nous sommes en présence d'un problème de variation de volume et de pression.

Ecrire la formule de la Loi de Mariotte sous la forme  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

Avec :

- $P_1$  la pression absolue à -20 m
- $V_1$  le volume d'air du ballon à -20 m
- $P_2$  la pression absolue en surface soit la pression atmosphérique
- $V_2$  le volume du ballon cherché

Calculer la  $P_{abs}$  à -20 m

Ecrire l'équation ci-dessus sous la forme :

$$V_2 = (P_1 \times V_1) / P_2$$

Calculer le volume  $V_2$

---

#### Réponse

La formule pour trouver une Pression absolue :

$$P_{abs} = (\text{Profondeur} / 10) + 1$$

$$P_{abs} = (20 \text{ m} / 10) + 1 = 3 \text{ bar}$$

$$\text{Pression atmosphérique} = 1 \text{ bar}$$

$$V_2 = (P_1 \times V_1) / P_2 = (3 \text{ bar} \times 5 \text{ litres}) / 1 \text{ bar} = 15 \text{ litres}$$

---

## Exercices sur la loi de Mariotte

### Exercice 13 : gonflage d'un bloc à l'aide d'un autre bloc

---

#### Sujet

Un ballon en surface a un volume de 12 litres.

Question :

- Quel est son volume à 10 mètres et à 30 mètres de profondeur ?
- 

#### Méthodologie

Ecrire la formule de la Loi de Mariotte sous la forme  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

Calculer la Pression absolue à -10 m

Calculer le volume du ballon pour la profondeur de -10m.

---

#### Réponse

Utilisation de la formule de la Loi de Mariotte :  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

Avec :

- $P_1$  = pression atmosphérique = 1 bar
- $V_1$  = volume du ballon en surface = 12 litres
- $P_2$  = pression absolue à la profondeur de 10 m
- $V_2$  = volume du ballon cherché pour une profondeur de 10 m

Calcul de la pression absolue à -10 m

$$P_{abs} = (\text{prof} / 10) + 1 = 1 + 1 = 2 \text{ bar}$$

Calcul de la pression absolue à -30 m

$$P_{abs} = (30 / 10) + 1 = 4 \text{ bar}$$

Calcul du volume du ballon à -10 m

$$1 \text{ bar} \times 12 \text{ litres} = 2 \text{ bar} \times \text{Volume cherché à -10 m}$$

$$\text{Volume cherché à -10 m} = 12 / 2 = 6 \text{ litres}$$

Calcul du volume du ballon à -30 m

$$1 \text{ bar} \times 12 \text{ litres} = 4 \text{ bar} \times \text{Volume cherché à -30 m}$$

$$\text{Volume cherché à -30 m} = 12 / 4 = 3 \text{ litres}$$

---

#### Sujet

Grâce à votre bouteille de 18 litres à 200 bar, vous équilibrez la bouteille de secours de 4 litres qui se trouve à 85 bar.

Question :

- Quelle est la pression finale de chacune des bouteilles ?
- 

#### Méthodologie

Calculer la contenance totale des deux bouteilles

Ecrire la formule de calcul de la Loi de Mariotte sous la forme  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

Tenir compte qu'il y a deux bouteilles qui sont réunies pour faire un seul volume.

Déduire la pression.

---

#### Réponse

Contenance des 2 bouteilles réunies :

$$18 \text{ litres} + 4 \text{ litres} = 22 \text{ litres}$$

Utilisation de la formule de la Loi de Mariotte sous la forme :  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

Mais nous avons à faire à 2 bouteilles réunies :

$$(P_1 \times V_1) + (P_1' \times V_1') = P_2 \times V_2$$

$$(200 \times 18) + (4 \times 85) = P_2 \times 22$$

$$P_2 = [(200 \times 18) + (4 \times 85)] / 22 = (3600 + 340) / 22 = 179.09 \text{ bar}$$

---

# Exercices sur la loi de Mariotte

## Exercice 14 : la consommation d'un plongeur

---

### Sujet

Un plongeur consomme 20 litres/mn en surface, sa bouteille d'une capacité de 12 litres, est gonflée à 200 bar. Sa réserve est tarée à 40 bar.

Questions :

- Combien de temps peut-il rester à 20 m ?
- Combien de temps peut-il rester à 50 m ?
- En négligeant la consommation pour la descente et la remontée, la réserve sera-t-elle suffisante pour les paliers ?

Informations :

Pour un temps de 16 mn à une profondeur de 50 m, les tables MN 902 indiquent :

- un palier de 4 mn à 6 m
  - un palier de 22 mn à 3 m
- 

### Méthodologie

Calcul du total de pression disponible avant la réserve

Pour répondre aux questions il faut connaître le volume d'air disponible dans le bloc aux profondeurs de 20 m et 50 m.

Ecrire la formule de Mariotte sous la forme  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

Calcul de la Pabs à -20 m

Calcul du volume d'air disponible à 20 m

Calcul du temps disponible à 20 m avant réserve

Calcul de la Pabs à -50 m

Calcul du volume d'air disponible à 50 m

Calcul du temps disponible à 50 m avant réserve

Calcul du volume de réserve à la pression atmosphérique

Calcul du temps disponible

Calcul du temps total de la remontée

Conclure

---

### Réponse

Quantité de pression avant réserve :

$200 \text{ bar} - 40 \text{ bar} = 160 \text{ bar}$

Profondeur 20 m

Formule de Mariotte :  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$  avec Pabs à -20 m =  $(20 \text{ m} / 10) + 1 = 3 \text{ bar}$

$160 \text{ bar} \times 12 \text{ litres} = 3 \text{ bar} \times \text{Volume cherché}$

$\text{Volume cherché} = 1920 \text{ litres} / 3 = 640 \text{ litres}$

Notre plongeur consomme 20 l/mn

Temps disponible à -20 m

$640 \text{ litres} / 20 \text{ litres/mn} = 32 \text{ mn}$

Profondeur 50 m

Formule de Mariotte :  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$  avec Pabs à -50 m =  $(50 \text{ m} / 10) + 1 = 6 \text{ bar}$

$160 \text{ bar} \times 12 \text{ litres} = 6 \text{ bar} \times \text{Volume cherché}$

$\text{Volume cherché} = 1920 \text{ litres} / 6 = 320 \text{ litres}$

Notre plongeur consomme 20 l/mn

Temps disponible à -50 m

$320 \text{ litres} / 20 \text{ litres/mn} = 16 \text{ mn}$

Capacité de sa réserve :

$40 \text{ bar} \times 12 \text{ litres} = 480 \text{ litres d'air à 1 bar}$

Temps disponible :

$480 \text{ litres} / 20 \text{ litres/mn} = 24 \text{ mn}$

Durée des paliers =  $4 \text{ mn} + 22 \text{ mn} = 26 \text{ mn}$

Sa capacité étant de 24 mn, sa réserve est insuffisante.

---

## Exercices combinant Poussée d'Archimède et Loi de Mariotte

### Exercice 15 : la remontée d'une amphore

---

#### Sujet

A 40 m, on trouve une amphore pleine et bouchée, de poids réel de 25 kg, de volume extérieur de 15 dm<sup>3</sup>. On y attache un parachute de poids négligeable, dans lequel on introduit 8 litres d'air. L'ensemble est éloigné du fond en palmant.

Question :

- A partir de quelle profondeur l'ensemble amphore et parachute peut-il remonter seul ?
- 

#### Méthodologie

L'idée est de faire remonter l'amphore grâce à la Poussée d'Archimède. Il faut donc que le volume d'air introduit dans le parachute compense le déficit de Poussée d'Archimède, ce qui est fait avec un volume de 8 litres d'air.

Calculer le poids apparent de l'amphore au fond

Comme l'amphore reste au fond, le Papp est positif (flottabilité négative).

L'ensemble amphore + parachute montera seul en surface quand le volume d'air introduit dans le parachute comblera le déficit de Poussée d'Archimède.

Au fond, une partie du déficit est comblé avec les 8 litres d'air introduit

Il nous faut donc rechercher à quelle pression absolue, les 8 litres d'air introduit à -40 m, feront le volume nécessaire pour faire remonter l'ensemble seul.

C'est la Loi de Mariotte qui va nous apporter la réponse. Ecrire la formule de la Loi de Mariotte sous la forme :  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

Avec :

- $P_1 = P_{abs}$  à -40 m (à calculer)
- $V_1 = 8$  litres
- $P_2$  la pression absolue recherchée
- $V_2 =$  le volume qui comble le déficit de la Poussée d'Archimède

Calcul de  $P_2$

Calcul de la Profondeur correspondant à  $P_2$

---

#### Réponse

15 dm<sup>3</sup> = 15 litres

Papp amphore au fond = 25 kg – 15 kg = 10 kg

Le déficit de Poussée d'Archimède est de 10 litres (1 kg = 1 litre = 1 dm<sup>3</sup>)

En introduisant 8 litres, le déficit n'est plus que de 2 litres, soit 2 kg ce qui est effectivement facilement compensable par un palmage.

Calcul de la  $P_{abs}$  à -40 m :

$$P_{abs} = (40 \text{ m} / 10) + 1 = 5 \text{ bar}$$

Formule de la Loi de Mariotte :  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

Avec :

- $P_1 = 5$  bar
- $V_1 = 8$  litres
- $V_2 = 10$  litres (c'est le volume pour compenser le déficit de Poussée d'Archimède)
- $P_2$  la pression absolue recherchée

$$P_2 = (P_1 \times V_1) / V_2 = (5 \text{ bar} \times 8 \text{ litres}) / 10 \text{ litres} = 4 \text{ bar}$$

Calcul de la profondeur :

$$\text{Prof} = (P_{abs} - 1) \times 10$$

$$\text{Prof} = (4 \text{ bar} - 1) \times 10 = 30 \text{ m}$$

---

# Exercices combinant Poussée d'Archimède et Loi de Mariotte

## Exercice 16 : la remontée d'une amphore

---

### Sujet

Une amphore, dont la masse est 72 kg et dont le volume est 48 dm<sup>3</sup>, repose sur un fond de 50 m dans de l'eau douce.

Un plongeur y attache un parachute dans lequel il introduit 20 litres d'air.

Questions :

- Que se passe-t-il ?
  - Quel volume d'air le plongeur doit-il introduire dans son gilet pour décoller l'amphore du fond avec son parachute ?
  - Si le plongeur ne possède pas de gilet, à partir de quelle profondeur l'ensemble remontera-t-il sans assistance ?
- 

### Méthodologie

Ecrire la formule du calcul du Poids apparent

Ecrire la formule de calcul de la Poussée d'Archimède

Calcul du poids apparent du dispositif (amphore + Parachute)

En déduire sa flottabilité

En déduire le volume à introduire dans la Stab pour une flottabilité neutre

Ecrire la formule de la Loi de Mariotte sous la forme  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

Calcul de la Pabs qui correspondra à une flottabilité neutre

En déduire la profondeur

---

### Réponse

Formule de la Poussée d'Archimède

Poids apparent = Poids réel – Poussée d'Archimède

Formule de calcul de la Poussée d'Archimède

Poussée d'Archimède = Volume x densité liquide ambiant

Rappel : 1 dm<sup>3</sup> eau = 1 litre = 1 kg (densité eau = 1)

Calcul de la Poussée d'Archimède du dispositif (amphore + parachute)

Poussée Arch = (Volume amphore x densité eau douce) + (Volume air x densité eau douce)

Soit PA = (48 litres x 1) + (20 litres x 1) = 68 litres soit 68 kg

Calcul du Poids apparent du dispositif

Papp = 72 – 68 = 4 kg

Le Poids apparent est positif, donc la flottabilité est négative, l'amphore reste au fond.

1 Kg est compensé par 1 litre d'air introduit dans le gilet.

Il doit donc introduire 4 litres d'air dans son gilet pour une flottabilité neutre. Plus de 4 litres s'il veut remonter l'amphore.

Formule de calcul de la Pression absolue à -50 m

Pabs = (50 m / 10) + 1 = 6 bar

Formule de la Loi de Mariotte

$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

- Avec P1 = 6 bar
- Avec V1 = 20 litres
- Avec P2 pression absolue recherchée (pression où il y aura une flottabilité neutre)
- Avec V2 = 24 litres puisqu'il manque 4 litres pour être équilibré

Donc  $6 \times 20 = P_2 \times 24$

$P_2 = 120 / 24 = 5$  bar

Profondeur = (Pabs – 1) x 10 = (5 bar – 1) x 10 = 40 m

Au dessus de -40 m, le dispositif remontera seul en surface.

---

## Exercices autres (Même famille)

### Exercice 17 : consommation et allégement du bloc en fin de plongée

---

#### Sujet

Un plongeur consomme 20 litres par minute.

Questions :

- De combien va-t-il s'alléger en 10 mn à 45 m de profondeur ?

Note : prendre 1 litre d'air est égal à 1.29 gramme

---

#### Méthodologie

Calculer la pression absolue à -45 m

Ecrire la formule de la consommation en volume d'air d'un plongeur :

$\text{Vol conso} / \text{mn} = \text{Pabs} \times \text{vol conso en 1 mn}$

Calculer le volume d'air consommé à -45 m

Calculer ce volume pour une durée de 10 mn

Calculer le poids de ce volume d'air

---

#### Réponse

La formule pour trouver une Pression absolue :

$\text{Pabs} = (\text{Profondeur} / 10) + 1$

$\text{Pabs} = (45 \text{ m} / 10) + 1 = 5.5 \text{ bar}$

$\text{Vol conso} / \text{mn} = \text{Pabs} \times \text{Vol conso} / \text{mn} = 5.5 \text{ bar} \times 20 \text{ litres} / \text{mn} = 110 \text{ litres}$

$\text{Vol conso en 10 mn} = 110 \text{ litres} / \text{mn} \times 10 \text{ mn} = 1100 \text{ litres}$

Calcul du poids de l'air consommé en 10 mn :

$\text{Poids cherché} = 1100 \text{ litres} \times 1.29 \text{ gramme} = 1419 \text{ grammes} = 1.419 \text{ kg}$

---

## Exercices autres (Même famille)

### Exercice 18 : la consommation d'un plongeur

---

#### Sujet

Votre bouteille de plongée d'une capacité de 10 litres, est gonflée à 180 bar. Le plongeur souhaite garder une réserve de 30 bar en sortie de l'eau.

#### Questions :

- Sachant que vous consommez 20 litres d'air par minute, combien de temps pourrez vous séjourner à :
    - -20 m avant d'entamer votre réserve ?
    - -40 m avant d'entamer votre réserve ?
- 

#### Méthodologie

Calculer la pression disponible pour votre plongée

Calculer la Pabs à -20 m

Calculer la Pabs à -40 m

Calculer le volume d'air disponible (sans toucher à la réserve) dans la bouteille sous 1 bar de pression

Calculer le volume d'air consommé en 1 minute à -20 m

Calculer le temps disponible à -20 m

Calculer le volume d'air consommé en 1 mn à -40 m

Calculer le temps disponible à -40 m

---

#### Réponse

Calcul de ma pression disponible dans la bouteille pour la plongée :

$180 \text{ bar} - 30 \text{ bar} = 150 \text{ bar}$

Calcul de la Pabs à -20 m :

$P_{\text{abs}} = (\text{prof} / 10) + 1 = (20 \text{ m} / 10) + 1 = 3 \text{ bar}$

Calcul de la Pabs à -40 m :

$P_{\text{abs}} = (40 \text{ m} / 10) + 1 = 5 \text{ bar}$

Volume d'air disponible pour la plongée hors réserve :

$150 \text{ bar} \times 10 \text{ litres} = 1500 \text{ litres d'air dispo}$

Volume d'air consommé à -20 m :

$3 \text{ bar} \times 20 \text{ litres} / \text{mn} = 360 \text{ litres} / \text{mn}$

Durée maxi avant réserve à -20 m :

$T_{\text{ps}} = 1500 \text{ litres} / 360 \text{ litres mn} = 25 \text{ mn}$

Volume d'air consommé à -40 m :

$5 \text{ bar} \times 20 \text{ litres} / \text{mn} = 100 \text{ litres} / \text{mn}$

Durée maxi avant réserve à -40 m :

$T_{\text{ps}} = 1500 \text{ litres} / 100 \text{ litres mn} = 15 \text{ mn}$

---

## Exercices autres (Même famille)

### Exercice 19 : calcul de durée de plongée

---

#### Sujet

Un plongeur dispose d'un bloc de 12 litres gonflé à 175 bar. Il veut garder une réserve de 35 bar à sa sortie de l'eau.

Il plonge à 25 mètres et sa consommation est de 24 litres par minute.

Questions :

- Quelle est la durée de sa plongée avant qu'il n'entame sa réserve de 35 bar ?
  - Au bout de combien de temps demandera-t-il de l'air à son coéquipier s'il a plongé sans tenir compte de garder une réserve ?
- 

#### Méthodologie

Calcul de la Pabs à -25 m

Calcul de la pression disponible pour sa plongée

Calcul du volume disponible pour sa plongée

Calcul du volume consommé à la Pabs de -25 m par minute

Calcul du temps disponible

Calcul du volume résiduel dans la bouteille à la Pabs de -25 m (c'est-à-dire le volume d'air restant dans la bouteille à -25 m quant il aura consommé l'air à disposition à cette profondeur)

Calcul du volume d'air disponible pour sa consommation à la profondeur de -25 m.

Calcul du volume consommé à la Pabs de -25 m par minute

Calcul du temps disponible

Il demandera de l'air au bout de ce temps disponible.

---

#### Réponse

Calcul de la Pabs à -25 m

$Pabs = (25 \text{ m} / 10) + 1 = 3.5 \text{ bar}$

##### Question 1

Calcul de la pression disponible pour sa plongée

$175 \text{ bar} - 35 \text{ bar} = 140 \text{ bar}$

Calcul du volume disponible pour sa plongée

$140 \text{ bar} \times 12 \text{ litres} = 1680 \text{ litres}$  à la pression de 1 bar

Calcul du volume consommé à la Pabs de -25 m par minute

$3.5 \text{ bar} \times 24 \text{ l/mn} = 84 \text{ litres} / \text{mn}$

Calcul du temps disponible

$1680 \text{ litres} / 84 \text{ litres} = 20 \text{ mn}$

##### Question 2

Calcul du volume résiduel

$3.5 \text{ bar} \times 12 \text{ litres} = 42 \text{ litres}$

Calcul du volume total disponible dans la bouteille gonflé à 175 bar

$175 \text{ bar} \times 12 \text{ litres} = 2100 \text{ litres}$

Calcul du volume d'air disponible pour sa consommation à -25 m (plus de réserve ici)

$2100 \text{ litres} - 42 \text{ litres} = 2058 \text{ litres}$

A -25 m on sait qu'il consomme 84 litres d'air / mn

Calcul du temps disponible

$2058 \text{ litres} / 84 \text{ litres} = 24.5 \text{ mn}$

Il sera en panne d'air à partir de la 24<sup>ème</sup> minute.

---

## Exercices autres (Même famille)

### Exercice 20 : gonflages successifs par tampons

#### Sujet

Successivement sur deux tampons, ayant chacun une contenance égale à 20 litres et gonflés tous les deux à 200 bar, on charge un bloc de 10 litres, dans lequel la pression résiduelle est de 20 bar.

Question :

- A quelle pression ce bloc sera t-il gonflé ?

#### Méthodologie

Gonflage avec le premier bloc à 200 bar

Ecrire la formule de la Loi de Mariotte sous la forme  $P1 \times V1 + P2 \times V2 = P3 \times V3$   
Car la mise en relation des 2 premiers blocs fait l'équivalent d'un nouveau bloc (Cf schéma)

Avec :

- $P1 \times V1$  pour le bloc de 20 litres gonflé à 200 bar
- $P2 \times V2$  pour le bloc de 10 litres gonflé à 20 bar
- $V3$  le nouveau volume de la mise en relation des deux blocs
- $P3$  la pression recherchée

Calcul de  $P1 \times V1$

Calcul de  $P2 \times V2$

Calcul de  $V3$

De la formule de la Loi, écrire l'équation  $P3 = [(P1 \times V1) + (P2 \times V2)] / V3$

Calculer  $P3$

Gonflage avec le deuxième bloc à 200 bar

Ecrire la formule de la Loi de Mariotte sous la forme  $P1 \times V1 + P3 \times V2 = P4 \times V3$   
Car la mise en relation des 2 nouveaux blocs fait l'équivalent d'un nouveau bloc

Avec :

- $P1 \times V1$  pour le bloc de 20 litres gonflé à 200 bar (comme précédemment)
- $P3 \times V2$  pour le bloc de 10 litres gonflé à  $P3$  bar
- $V3$  le volume combinant le bloc de 20 litres avec celui de 10 litres
- $P4$  la pression recherchée, nouvelle pression du bloc de 10 litres

Calcul de  $P1 \times V1$  déjà fait précédemment

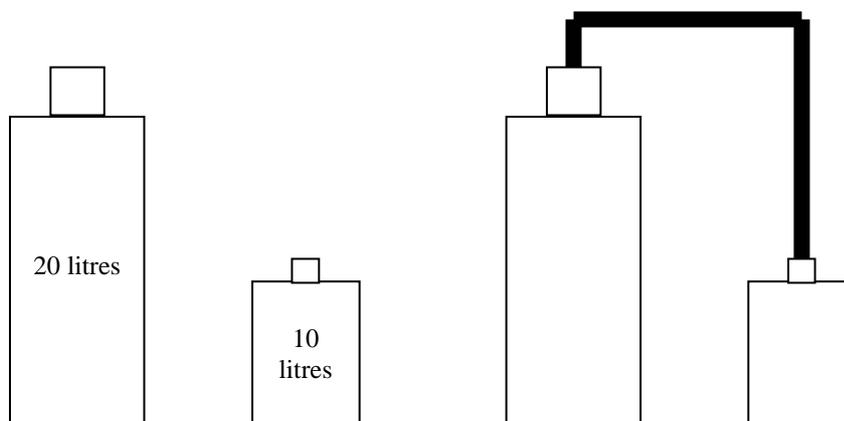
Calcul de  $P3 \times V2$  ( $V2$  car le volume du bloc n'a pas changé, toujours de 10 litres, par contre le bloc est à une nouvelle pression)

Calcul de  $V3$  (la mise en relation du bloc de 20 litres avec celui de 10 litres ne change pas le volume total)

De la formule de la Loi, écrire l'équation  $P4 = [(P1 \times V1) + (P3 \times V2)] / V3$

Calculer  $P4$

#### Schéma



Ce sujet continue page suivante

## Exercices autres (Même famille)

### Exercice 14 : gonflages successifs par tampons, suite

---

#### Réponse

#### Gonflage avec le premier bloc à 200 bar

La mise en relation du bloc de 20 litres avec celui de 10 litres fait que nous avons l'équivalent d'un troisième bloc. Comme la Loi de Mariotte :  $P \times V = Cte$ , nous pouvons écrire :

$(P1 \times V1)$  (bloc de 20 litres) +  $(P2 \times V2)$  (bloc de 10 litres) =  $P3 \times V3$  (équivalent nouveau bloc)

Calcul de  $P1 \times V1$

Soit 200 bar x 20 litres = 4000 litres à la pression atmosphérique

Calcul de  $P2 \times V2$

Soit 20 bar x 10 litres = 200 litres à la pression atmosphérique

Calcul du nouveau volume  $V3$

20 litres + 10 litres = 30 litres

Si  $(P1 \times V1) + (P2 \times V2) = P3 \times V3$  alors :

$P3 = [(P1 \times V1) + (P2 \times V2)] / V3$

$P3 = (4000 \text{ litres} + 200 \text{ litres}) / 30 \text{ litres} = 140 \text{ bar}$

#### Gonflage avec le deuxième bloc à 200 bar

Nous sommes comme dans le premier gonflage. Nous pouvons donc écrire :

$(P1 \times V1)$  (2<sup>ème</sup> bloc de 20 litres) +  $(P3 \times V2)$  (bloc de 10 litres gonflé maintenant à 140 bar) =  $P4 \times V3$  (équivalent nouveau bloc avec un volume toujours égale à 30 litres)

Calcul de  $P1 \times V1$

Soit 200 bar x 20 litres = 4000 litres à la pression atmosphérique

Calcul de  $P3 \times V2$

Soit 140 bar x 10 litres = 1400 litres à la pression atmosphérique

Calcul du volume  $V3$

20 litres + 10 litres = 30 litres

Si  $(P1 \times V1) + (P3 \times V2) = P4 \times V3$  alors :

$P4 = [(P1 \times V1) + (P3 \times V2)] / V3$

$P4 = (4000 \text{ litres} + 1400 \text{ litres}) / 30 \text{ litres} = 180 \text{ bar}$

Successivement à l'aide des deux tampons (blocs) gonflés à 200 bar, le bloc de 10 litres est monté en pression :

- une première fois à 140 bar
  - puis une deuxième fois à 180 bar
-

## Exercices autres (Même famille)

### Exercice 21 : choix du bloc en fonction de la plongée

---

#### Sujet (Hors programme N2)

Un plongeur consomme 20 litres/mn (air) en surface, sa bouteille est gonflée à 200 bar. Il planifie une plongée de 16 mn à 50 m.

Il mettra 2 mn pour descendre à cette profondeur.

Questions :

- Quelle capacité doit avoir son bloc en tenant compte d'une réserve de 50 bar ?
- Avec un bloc de 15 litres, quelle serait la pression dans le bloc à la fin de la plongée ?

Informations :

Répartition du temps lors de la plongée en se servant de la table MN 90 :

- Descente = 2 mn
- Temps au fond pour exploration = 16 mn – 2 mn = 14 mn
- Remontée au premier palier à 6m =  $(50 \text{ m} - 6 \text{ m}) / 15 \text{ m/mn} = 3 \text{ mn}$
- Durée palier à 6 m = 4 mn
- Temps de remontée au palier de 3 m = 0.5 mn
- Durée palier à 3 m = 22 mn
- Temps de sortie de l'eau = 0.5 mn

Le calcul du volume d'air consommé sur un trajet à la descente ou à la montée se fait en prenant la mi profondeur

---

#### Méthodologie

##### Question 1

Formule pour trouver la consommation d'air en fonction d'une Pression absolue :

Nbre de litres consommés =  $P_{abs} \times \text{Volume consommé par mn} \times \text{Temps}$

Calcul des volumes qui seront consommés pour chaque partie de la plongée :

- descente
- fond
- remontée à 6 m
- palier à 6 m
- palier à 3 m
- paliers intermédiaires non significatifs

Calcul de la consommation totale sous la pression atmosphérique

Hypothèse choix de bloc : 18 litres

Le plongeur doit avoir une réserve de 50 bar en sortie de l'eau.

Calcul du volume disponible réserve bloc de 18 litres

Calcul volume consommé + volume réserve bloc 18 litres

Valider le choix du bloc de 18 litres

##### Question 2

On demande la pression dans le bloc de 15 litres en fin de plongée :

Pression bloc gonflé – Pression consommée = Pression restante dans le bloc fin de plongée

Pour calculer la pression du bloc en fin de plongée, il faut calculer la pression consommée au cours de la plongée

Formule de calcul du nombre de litres consommés

Nbre de litres consommés = Pression consommée x Volume disponible dans le bloc

Donc Pression dans le bloc = Volume disponible dans le bloc / Nbre de litres consommés

Calcul de la Pression consommée

Calcul de la Pression restante dans le bloc fin de plongée

---

[Ce sujet continue page suivante](#)

## Exercices autres (Même famille)

### Exercice 21 : choix du bloc en fonction de la plongée, suite

---

#### Réponse

##### Question 1 :

Formule pour trouver la consommation d'air en fonction d'une Pression absolue :  
Nbre de litres consommés = Pabs x Volume consommé par mn x Temps

##### Consommation à la descente :

Le calcul prend en compte la mi-profondeur soit -25 m

$$\text{Pabs -25 m} = (25 \text{ m} / 10) + 1 = 3.5 \text{ bar}$$

$$3.5 \text{ bar} \times 20 \text{ litres/mn} \times 2 \text{ mn} = 140 \text{ litres}$$

##### Consommation au fond :

$$\text{Pabs -50 m} = (50 \text{ m} / 10) + 1 = 6 \text{ bar}$$

$$6 \text{ bar} \times 20 \text{ litres/mn} \times 14 \text{ mn} = 1680 \text{ litres}$$

##### Consommation remontée au palier de 6 m :

Le calcul prend en compte la mi-profondeur soit -22 m :

$$\text{Pabs -22 m} = (22 \text{ m} / 10) + 1 = 3.2 \text{ bar}$$

$$3.2 \text{ bar} \times 20 \text{ litres/mn} \times 3 \text{ mn} = 192 \text{ litres}$$

##### Consommation au palier de -6 m :

$$\text{Pabs -6 m} = (6 \text{ m} / 10) + 1 = 1.6 \text{ bar}$$

$$1.6 \text{ bar} \times 20 \text{ litres/mn} \times 4 \text{ mn} = 128 \text{ litres}$$

##### Consommation au palier de -3 m :

$$\text{Pabs -3 m} = (3 \text{ m} / 10) + 1 = 1.3 \text{ bar}$$

$$1.3 \text{ bar} \times 20 \text{ litres/mn} \times 22 \text{ mn} = 572 \text{ litres}$$

$$\text{Consommation totale} = 140 + 1680 + 192 + 128 + 572 = 2712 \text{ litres d'air à 1 bar}$$

Hypothèse bloc de 18 litres

$$\text{Capacité réserve de 50 bar} : 50 \text{ bar} \times 18 \text{ litres} = 900 \text{ litres}$$

$$\text{Il faut donc une capacité de } 2712 + 900 = 3612 \text{ litres}$$

Ce qui correspond à un bloc de :

$$3612 \text{ litres} / 200 \text{ bar} = 18.06 \text{ litres}$$

##### Question 2 :

Avec un bloc de 15 litres :

$$\text{Pression bloc gonflée} - \text{Pression consommée} = \text{Pression restante dans le bloc de 15 l}$$

Formule pour trouver une consommation :

$$\text{Nombre de litres à consommés} = \text{Pression consommée} \times \text{Volume disponible dans le bloc}$$

$$\text{Pression consommée} = \text{Nbre de litres consommés} / \text{Volume disponible dans le bloc}$$

$$\text{Pression consommée} = 2712 \text{ litres} / 15 \text{ litres} = 180.8 \text{ bar}$$

On arrondi à 181 bar

Pression restante dans le bloc de 15 litres après la plongée :

$$200 \text{ bar} - (2712 \text{ litres} / 15 \text{ litres}) = 200 - 181 = 19 \text{ bar (ici pas de réserve)}$$

Si le plongeur utilise un bloc de 15 litres, il n'a aucune marge de manœuvre pour sa remontée.

---