Exercices

► p. 301 à 307 du manuel

QCM

Un QCM supplémentaire interactif est disponible dans le manuel numérique enrichi (enseignant et élève).

1 **1.** B ; **2.** A ; **3.** C.

2 **1.** C ; **2.** B ; **3.** B.

3 **1.** B ; **2.** A.

Application immédiate

Une version diaporama de l'exercice résolu est disponible dans le manuel numérique enrichi (enseignant et élève).

5 **1.** $P = \frac{F}{S}$ soit $P = \frac{2{,}5 \times 10^3}{1{,}0 \times 10^{-2}} = 2{,}5 \times 10^5$ Pa

La pression de l'eau au contact du hublot du masque et de ce fait autour du plongeur est $2{,}5 \times 10^5$ Pa.

2. $P = P_{atm} + \rho \times g \times z$

donc $z = \frac{P - P_{atm}}{\rho \times g} = \frac{2{,}5 \times 10^5 - 1{,}000 \times 10^5}{1{,}03 \times 10^3 \times 9{,}81} \approx 15$ m

Le plongeur est à une profondeur de 15 m environ.

Corrigés des exercices

Grille d'évaluation des compétences spécifiques du chapitre : voir www.hachette-education.com (fiche du manuel).

6 Les molécules de dioxygène et de diazote qui constituent l'air ont un mouvement désordonné.

7 Les molécules d'eau qui entourent un nageur ont un mouvement désordonné.

8 $F = P \times S$

$F = 1{,}013 \times 10^5 \times 1{,}5 \times 10^{-2} \approx 1{,}5 \times 10^3$ N

La valeur de la force pressante exercée par l'air sur le hublot est $1{,}5 \times 10^3$ N environ.

9 $P = \frac{F}{S}$ soit $P = \frac{8{,}9 \times 10^2}{1{,}2 \times 10^{-2}} \approx 7{,}4 \times 10^4$ Pa

La pression atmosphérique au départ de la descente de Lake Louise est $7{,}4 \times 10^4$ Pa le jour de la course.

10 **1.** $\Delta P = \rho_{eau} \times g \times \Delta z$

La variation de pression ΔP s'exprime en Pa ; la masse volumique de l'eau ρ_{eau} en $kg \cdot m^{-3}$; l'intensité de la pesanteur g en $N \cdot kg^{-1}$; la variation de profondeur Δz en m.

2. $\Delta P = 1{,}03 \times 10^3 \times 9{,}81 \times 25 \approx 2{,}5 \times 10^5$ Pa

La variation de pression entre 25 m de profondeur et la surface vaut environ $2{,}5 \times 10^5$ Pa.

À 25 m de profondeur, la pression est :

$$2{,}5 \times 10^5 + 1{,}013 \times 10^5 \approx 3{,}5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

11 **1.** $\Delta z = \frac{\Delta P}{\rho_{eau} \times g}$

La variation de pression ΔP s'exprime en Pa ; la masse volumique de l'eau ρ_{eau} en $kg \cdot m^{-3}$; l'intensité de la pesanteur g en $N \cdot kg^{-1}$; la variation de profondeur Δz en m.

2. Si on calcule cette variation entre la position du capteur de pression du plongeur et la surface de l'eau, la relation précédente s'écrit :

$z - 0 = \frac{P - P_{atm}}{\rho_{eau} \times g}$

$z = \frac{4{,}6 \times 10^5 - 1{,}013 \times 10^5}{1{,}0 \times 10^3 \times 9{,}81} \approx 37$ m

Le plongeur se trouve à 37 m de profondeur.

12 **1.** L'expression de la variation de pression est :

$$\Delta P = \rho_{eau} \times g \times \Delta z$$

2. $\Delta P = 1{,}03 \times 10^3 \times 9{,}81 \times (13{,}0 - 5{,}0) \approx 8{,}1 \times 10^4$ Pa

La variation de la pression de l'eau entre ces deux profondeurs vaut $8{,}1 \times 10^4$ Pa.

13 **1.** La solubilité d'un gaz dans un liquide est son aptitude à se dissoudre dans ce liquide.

2. La solubilité d'un gaz dans un liquide augmente avec la pression.

14 La quantité de dioxygène dissous dans le sang d'une personne est plus importante lorsque cette dernière est au repos au bord de la mer, car la pression dans le sang est plus élevée au niveau de la mer qu'à 3 000 m d'altitude.

15 **1.** À pression et température données, un nombre donné de molécules occupe un volume indépendant de la nature du gaz. Les volumes de dioxygène et de diazote sont identiques.

2. a. Si on augmente la pression, d'après la loi de Boyle-Mariotte, le volume de ces gaz diminue.

b. Ces deux volumes ont diminué mais sont toujours égaux entre eux.

16 La quantité d'air expiré par la plongeuse ne varie pas au cours de la remontée ainsi que sa température.

D'après la loi de Boyle-Mariotte :

$$P_1 \times V_1 = P_{atm} \times V_2$$

Ce qui conduit à $P_1 = \frac{P_{atm} \times V_2}{V_1}$

$P_1 = \frac{1{,}013 \times 10^5 \times 7{,}5}{3{,}2} \approx 2{,}4 \times 10^5$ Pa

La plongeuse expire de l'air à la pression $P_1 \approx 2{,}4 \times 10^5$ Pa.

17 D'après la loi de Boyle-Mariotte :

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

Ce qui conduit à $V_2 = \frac{P_1 \times V_1}{P_2}$

$V_2 = \frac{180 \times 10^5 \times 12{,}0}{1{,}0 \times 10^5} \approx 2{,}2 \times 10^3$ L

L'air contenu dans la bouteille occuperait un volume de $2{,}2 \times 10^3$ L à la pression de $1{,}0 \times 10^5$ Pa.

18 **1.** $P = \frac{F}{S}$

$P = \frac{600}{0{,}20} = 3{,}0 \times 10^3$ Pa

La pression correspondant à la force pressante exercée par les raquettes sur la neige est $3{,}0 \times 10^3$ Pa.

2. $P' = \dfrac{F}{2S'}$

$P' = \dfrac{600}{2 \times 0{,}045} \approx 6{,}7 \times 10^3$ Pa

La pression correspondant à la force pressante exercée par les semelles des chaussures sur la neige est $6{,}7 \times 10^3$ Pa.

19 **1.** $F_1 = P_{air} \times S$

$F_1 = 2{,}0 \times 10^2 \times 9{,}0 \times 10^{-2} = 18$ N

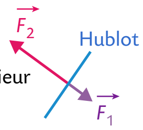
La valeur de la force pressante exercée par l'air extérieur sur le hublot est 18 N.

2. $F_2 = P_{int} \times S$

$F_2 = 0{,}60 \times 10^5 \times 9{,}0 \times 10^{-2} = 5{,}4 \times 10^3$ N

La valeur de la force pressante exercée par l'air intérieur sur le hublot est $5{,}4 \times 10^3$ N.

3.



4. Si le hublot était souple, il se déformerait vers l'extérieur car la force pressante exercée par l'air intérieur a une plus grande valeur que celle exercée par l'air extérieur.

20 **1. a.** Lorsque le plongeur remonte, la pression dans l'eau diminue donc la solubilité du diazote dans le sang diminue.

b. La quantité maximale de gaz dissous dans un volume donné de liquide diminue quand la pression diminue. Si la pression diminue trop, une partie du diazote dissous reprend sa forme gazeuse.

2. a. Loi de Boyle-Mariotte : à température constante, une quantité de matière donnée de gaz à la pression P, occupe un volume V tel que $P \times V =$ constante.

b. À température et nombre de molécules fixés, le produit $P \times V$ est constant. Si P diminue, alors V augmente : les bulles grossissent.

21 Réponses aux pistes de résolution (p. 337)

1. D'après la loi de Boyle-Mariotte, le produit $P \times V$ d'un gaz est constant si sa température et sa quantité de matière ne varient pas. Connaissant la pression P_1 d'un gaz et le volume V_1 qu'il occupe, on peut calculer le produit $P_1 \times V_1$ qui est constant. Connaissant le volume V_2 occupé par ce même gaz, on peut en déduire sa pression P_2 en écrivant $P_2 \times V_2 = P_1 \times V_1$.

2. D'après la loi de Boyle-Mariotte :

$$P_{début} = \frac{P_{atm} \times V_1}{V}$$

avec $V_1 = 3\,000$ L et $P_{atm} = 1{,}013 \times 10^5$ Pa.

$$P_{début} = \frac{1{,}013 \times 10^5 \times 3\,000}{15} \approx 2{,}0 \times 10^7 \text{ Pa}$$

La pression de l'air dans la bouteille avant la plongée est environ $2{,}0 \times 10^7$ Pa.

3. À la fin de la plongée, il reste $V_2 = 3\,000 - 1\,800$, soit $V_2 = 1\,200$ L d'air sous pression atmosphérique.

4. D'après la loi de Boyle-Mariotte :

$$P_{fin} = \frac{P_{atm} \times V_2}{V}$$

avec $V_2 = 1\,200$ L et $P_{atm} = 1{,}013 \times 10^5$ Pa.

$$P_{fin} = \frac{1{,}013 \times 10^5 \times 1\,200}{15} \approx 8{,}0 \times 10^6 \text{ Pa}$$

La pression de l'air dans la bouteille à la fin de la plongée est environ $8{,}0 \times 10^6$ Pa.

La variation de pression de l'air à l'intérieur de la bouteille vaut $\Delta P = P_{fin} - P_{début} \approx -1{,}2 \times 10^7$ Pa.

Cette variation de pression est négative. Cela signifie que la pression à la fin de la plongée est inférieure à la pression au début. C'est normal, car lors de la plongée la pression de l'air contenu dans la bouteille diminue.

Une réponse possible

• Introduction présentant la problématique :

Une bouteille de plongée contient un volume V d'air comprimé, qui occupe un volume de 3 000 L mesuré à la pression atmosphérique. Cet air vérifie la loi de Boyle-Mariotte. On cherche à calculer la variation de pression de cet air à l'intérieur de la bouteille connaissant le volume d'air consommé, mesuré à la pression atmosphérique. Pour calculer cette variation, il faut calculer la pression de l'air contenu dans la bouteille au début de la plongée et à la fin de la plongée.

• Mise en forme de la réponse :

En début de plongée, l'air contenu dans la bouteille occuperait un volume V_1 de 3 000 L à la pression atmosphérique P_1.

On peut calculer le produit $P_1 \times V_1$ qui est constant d'après la loi de Boyle-Mariotte et en déduire la pression à laquelle se trouve le volume V d'air comprimé avant la plongée.

$P_{début} = \dfrac{P_{atm} \times V_1}{V}$ avec $V_1 = 3\,000$ L, $V = 15$ L et

$P_{atm} = 1{,}013 \times 10^5$ Pa.

$P_{début} = \dfrac{1{,}013 \times 10^5 \times 3\,000}{15} \approx 2{,}0 \times 10^7$ Pa

La pression de l'air dans la bouteille au début de la plongée est environ $2{,}0 \times 10^7$ Pa.

À la fin de la plongée, il reste un volume $V_2 = 3000 - 1800 = 1\,200$ L d'air mesuré à la pression atmosphérique.

Le volume d'air comprimé dans la bouteille restant constant, en appliquant à nouveau, la loi de Boyle-Mariotte, on peut déterminer la pression de l'air dans la bouteille à la fin de la plongée :

$P_{fin} = \dfrac{P_{atm} \times V_2}{V}$

$P_{fin} = \dfrac{1{,}013 \times 10^5 \times 1\,200}{15} \approx 8{,}0 \times 10^6$ Pa

La pression de l'air dans la bouteille à la fin de la plongée est environ $8{,}0 \times 10^6$ Pa.

La variation de pression de l'air à l'intérieur de la bouteille vaut donc $\Delta P = P_{fin} - P_{début} \approx -1{,}2 \times 10^7$ Pa.

• Conclusion revenant sur la problématique :

La variation de pression de l'air à l'intérieur de la bouteille pendant la plongée vaut $-1{,}2 \times 10^7$ Pa. Cette variation de pression est négative. Cela signifie que la pression à la fin de la plongée est inférieure à la pression au début. C'est normal, car lors de la plongée la pression de l'air contenu dans la bouteille diminue.

Grille d'évaluation pour le professeur : voir p. 147.

22 **1.** L'expression de la variation de pression est :

$$\Delta P = \rho_{eau} \times g \times \Delta z$$

2. $P - P_{atm} = \rho_{eau} \times g \times (z - 0)$

$P = P_{atm} + \rho_{eau} \times g \times z$

$P = 1{,}013 \times 10^5 + 1{,}03 \times 10^3 \times 9{,}81 \times 6\,000 \approx 6{,}1 \times 10^7$ Pa

La pression à 6 000 m de profondeur est $6{,}1 \times 10^7$ Pa environ.

3. $F = P \times S$, avec S la surface d'un hublot ($S = \pi \times R^2$, surface d'un disque)

$F \approx 6,1 \times 10^7 \times \pi \times (6,0 \times 10^{-2})^2 \approx 6,9 \times 10^5$ N

La force pressante exercée par l'eau sur un hublot à 6 000 m de profondeur a pour valeur $6,9 \times 10^5$ N environ.

23 La variation d'altitude vaut 803 – 1 665 = – 862 m.

L'altitude diminue de 862 m. Cela correspond à une diminution de pression de 86 hPa

$\Delta F = \Delta P \times S = -86 \times 10^2 \times 150 \times 10^{-4} \approx -1,3 \times 10^2$ N

Entre les lignes de départ et d'arrivée, la valeur de la force pressante diminue d'environ $1,3 \times 10^2$ N.

24 **Traduction :** *La plongée sous-marine peut présenter des risques*

Un barotraumatisme renvoie à des problèmes médicaux qui proviennent de la différence de pression entre des zones du corps et de l'environnement. C'est un élément préoccupant pour les plongeurs.

La loi de Boyle-Mariotte affirme que le produit de la pression par le volume reste constant. Comme la pression augmente, le volume diminue et vice versa. Plus vous plongez profondément, plus la pression augmente et ce changement de volume explique les distorsions et les dommages des tissus environnants.

Un accident de décompression est davantage lié à la loi de Henry qui affirme que les gaz seront d'autant plus dissous dans un liquide que la pression est élevée. À cause de la pression de l'eau, les tissus du corps absorbent le diazote plus rapidement lorsque le plongeur descend. Cependant, si un plongeur remonte trop rapidement, des bulles de diazote vont se former dans les tissus du corps plutôt que d'être expirées.

1. a. Les deux lois citées dans le texte sont les lois de Boyle-Mariotte et de Henry.

b. Loi de Boyle-Mariotte : à température constante, une quantité de matière donnée de gaz à la pression P, occupe un volume V tel que $P \times V$ = constante.

2. Lors de la remontée, la pression diminue et le diazote se retrouve sous forme gazeuse. Si la remontée est trop rapide, le diazote n'a pas le temps d'être évacué du sang par la respiration au niveau des alvéoles pulmonaires. Des bulles de diazote se forment dans le corps humain et peuvent être dangereuses pour le plongeur.

25 **1.** Quand la pression du sang augmente, la solubilité du dioxygène augmente.

2. a. $P_{60} = P_{atm} + \rho_{eau} \times g \times z$

$P_{60} = 1,013 \times 10^5 + 1,03 \times 10^3 \times 9,81 \times 60$

$P_{60} \approx 7,1 \times 10^5$ Pa = 7,1 bar

La pression à 60 m de profondeur est environ 7,1 bar.

b. $P(O_2) = P_{60} \times \%(O_2) \approx 7,1 \times 0,21 \approx 1,5$ bar

La pression du dioxygène inspiré par le plongeur est environ 1,5 bar.

c. La limite de toxicité (1,6 bar) n'est pas atteinte.

3. Avec du nitrox 40, à 60 m, la pression de dioxygène serait de $7,1 \times 0,40 \approx 2,8$ bar, donc bien au-delà de la limite de toxicité.

4. $P = \dfrac{P(O_2)_{max}}{\%(O_2)} = \dfrac{1,6}{0,40} = 4,0$ bar

$$z = \frac{P - P_{atm}}{\rho_{eau} \times g}$$

$$z = \frac{4,0 \times 10^5 - 1,013 \times 10^5}{1,03 \times 10^3 \times 9,81} \approx 30 \text{ m}$$

Avec du nitrox 40, on ne peut pas plonger au-delà de 30 m de profondeur.

26 **1.** D'après la loi de Boyle-Mariotte, $V_2 = \dfrac{P_1 \times V_1}{P_2}$

$$V_2 = \frac{200 \times 15,0}{1,0} = 3,0 \times 10^3 \text{ L}$$

L'air contenu dans la bouteille occuperait un volume de $3,0 \times 10^3$ L sous une pression de 1,0 bar.

2. a. D'après la loi de Boyle-Mariotte, $V_4 = \dfrac{P_3 \times V_3}{P_2}$

$$V_4 = \frac{3,0 \times 20}{1,0} = 60 \text{ L}$$

À 20 m de profondeur, ce plongeur consomme par minute de l'air dont le volume serait de 60 L à la pression atmosphérique.

b. Au bout de 37 min de plongée à 20 m de profondeur, le plongeur a consommé $60 \times 37 = 2,2 \times 10^3$ L d'air mesurés à une pression de 1 bar.

Il lui reste donc $V_5 = 3,0 \times 10^3 - 2,2 \times 10^3 = 8 \times 10^2$ L mesurés à pression atmosphérique à la fin de la plongée.

c. D'après la loi de Boyle-Mariotte, la pression de l'air dans la bouteille au bout de 37 min de plongée est :

$$P_4 = \frac{P_2 \times V_5}{V_1}$$

$$P_4 = \frac{1,0 \times 8 \times 10^2}{15,0} = 5 \times 10^1 \text{ bar}$$

En négligeant la consommation d'air lors de la remontée, la consigne de sécurité est respectée puisqu'elle préconise de faire surface avec une pression d'au moins 50 bar.

3. $P = P_{atm} + \rho_{eau} \times g \times z$

$P = 1,013 \times 10^5 + 1,03 \times 10^3 \times 9,81 \times 50$

$P \approx 6,1 \times 10^5$ Pa = 6,1 bar

La pression à 50 m de profondeur est environ 6,1 bar.

D'après la loi de Boyle-Mariotte, à cette profondeur le plongeur consomme $V = \dfrac{P_5 \times V_3}{P_2} = \dfrac{6,1 \times 20}{1,0} = 1,2 \times 10^2$ L d'air par minute à la pression de 1 bar.

Au début de la plongée, le plongeur dispose de $3,0 \times 10^3$ L mesurés à la pression atmosphérique.

À la fin de la plongée, la pression dans la bouteille doit être au minimum de 50 bar. Le volume minimal restant, mesuré à la pression atmosphérique sera $\dfrac{50 \times 15,0}{1,0} = 7,5 \times 10^2$ L.

Le plongeur peut consommer au maximum

$3,0 \times 10^3 - 7,5 \times 10^2 \approx 2,3 \times 10^3$ L mesurés à la pression atmosphérique.

La durée correspondante est donc de $\dfrac{2,3 \times 10^3}{1,2 \times 10^2} \approx 19$ min.

On retrouve bien un résultat proche des 18 minutes annoncées dans le texte.

27 **1. a.** $\Delta P = \rho_{eau} \times g \times \Delta z$

$\Delta P = 1,03 \times 10^3 \times 9,81 \times 4 \approx 4 \times 10^4$ Pa

Le plongeur subit une variation de pression égale à 4×10^4 Pa, soit 0,4 bar. Comme le plongeur remonte, cette variation est une diminution de la pression.

b. À 16 m de profondeur, la pression vaut 3,0 – 0,4 = 2,6 bar.

D'après la loi de Boyle-Mariotte, $V_2 = \dfrac{P_1 \times V_1}{P_2}$

$$V_2 = \frac{3,0 \times 5,0}{2,6} \approx 5,8 \text{ L}$$

L'air contenu dans les poumons occuperait un volume de 5,8 L à 16 m de profondeur.

c. L'augmentation du volume est de 5,8 – 5,0 = 0,8 L.

$$\frac{V_2 - V_1}{V_1} = \frac{5,8 - 5,0}{5,0} = 0,16 \text{ ou } 16\ \%$$

En bloquant sa respiration, le volume de l'air contenu dans les poumons du plongeur aurait augmenté de 16 %.

2. a. $\Delta P = \rho_{eau} \times g \times \Delta z$

$\Delta P = 1{,}03 \times 10^3 \times 9{,}81 \times 4 \approx 4 \times 10^4$ Pa

Le plongeur subit la même variation de pression.

b. La variation de pression est de 0,4 bar et la pression P_{atm} à la surface est 1 bar. La pression P_4 à 4 m de profondeur est donc 1,4 bar.

D'après la loi de Boyle-Mariotte, $V_3 = \dfrac{P_4 \times V_1}{P_{atm}}$

$V_3 = \dfrac{1{,}4 \times 5{,}0}{1{,}0} = 7{,}0$ L

L'air contenu dans les poumons occuperait un volume de 7,0 L à la surface.

c. Cette fois l'augmentation de volume est de $7{,}0 - 5{,}0 = 2{,}0$ L.

$$\frac{V_3 - V_1}{V_1} = \frac{7{,}0 - 5{,}0}{5{,}0} = 0{,}40 \text{ ou } 40\,\%$$

En bloquant sa respiration, l'air contenu dans les poumons du plongeur aurait augmenté son volume de 40 %.

3. Un plongeur ne doit jamais bloquer sa respiration à la remontée, mais le danger croît lorsqu'on se rapproche de la surface.

Grille d'évaluation pour le professeur :

Compétences	A	B	C	D	Capacités attendues	Indicateurs de réussite permettant d'attribuer le niveau de maîtrise « A »
S'approprier					Extraire des informations des documents.	• Les informations importantes sont extraites : – À pression atmosphérique, le volume d'air contenu dans la bouteille est connu. – L'air comprimé vérifie la loi de Boyle-Mariotte. – Le volume d'air consommé lors de la plongée, mesuré à la pression atmosphérique, est connu. – Au cours de la plongée, le volume de l'air comprimé dans la bouteille ne change pas.
					Mobiliser et organiser ses connaissances, introduire des arguments issus des connaissances personnelles	• Les connaissance nécessaires à la résolution sont maîtrisées et restituées : la loi de Boyle-Mariotte est connue.
					Reformuler, dégager la problématique principale.	• La problématique est dégagée et correctement formulée. Par exemple : *Quelle est la pression de l'air contenu dans la bouteille au début de la plongée et à la fin de la plongée ? De combien cette pression a-t-elle varié lors de la plongée ?*
Analyser					Conduire un raisonnement : – proposer une stratégie de réponse ; – identifier et retenir uniquement les idées essentielles (tri, organisation) ; – regrouper et relier les arguments des divers documents ; – s'appuyer sur ses connaissances pour enrichir.	• Le raisonnement suivi est correct. Par exemple : *– à partir de la loi de Boyle-Mariotte, donner l'expression de la pression de l'air dans la bouteille au début de la plongée ;* *– déterminer le volume d'air disponible à la fin de la plongée sous pression atmosphérique ;* *– en déduire l'expression de la pression de l'air comprimé dans la bouteille à la fin de la plongée ;* *– donner l'expression de la variation de pression.*
Réaliser					Effectuer des calculs littéraux et numériques.	• Les relations littérales, ainsi que les applications numériques, sont correctes. • L'écriture de la variation de pression est correcte (d'unité, nombre limité de chiffres significatifs).
Valider					Revenir sur la question de départ. Éventuellement, faire preuve d'esprit critique en : – commentant, repérant les points faibles de l'argumentation (contradiction, partialité, incomplétude, etc.) ; – confrontant le contenu des documents avec ses connaissances.	• La réponse est donnée et revient sur la question de départ. • La présence d'un signe moins dans le résultat du calcul est notée et interprétée.
Communiquer					Rendre compte à l'écrit.	• Un vocabulaire scientifique adapté et rigoureux est utilisé. • La rédaction fait apparaître une maîtrise satisfaisante des compétences langagières de base. • La présentation est soignée.