Devoir n°4 — chapitre P2 — 1h00

À partir du 16e siècle, les hommes commencent à s'intéresser à la récupération d'épaves et notamment aux trésors qu'elles renferment. Ils imaginent de nouvelles techniques pour respirer sous l'eau tout en résistant à la pression. Parmi les engins inventés : la cloche de plongée.

Il s'agit d'un simple tonneau ouvert vers le bas et lourdement lesté, pouvant contenir plusieurs plongeurs. Elle est descendue à la verticale et posée sur ou près du fond.

En 1690, le physicien anglais Edmund HALLEY, qui a également découvert la célèbre comète de Halley, améliore le principe de la cloche de plongée.

Elle est actuellement encore utilisée pour véhiculer du matériel et du personnel entre la surface et des zones de travail subaquatiques.

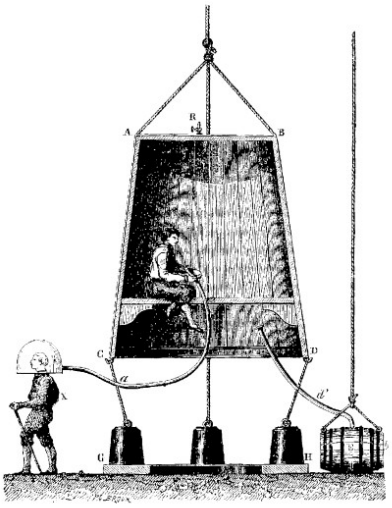


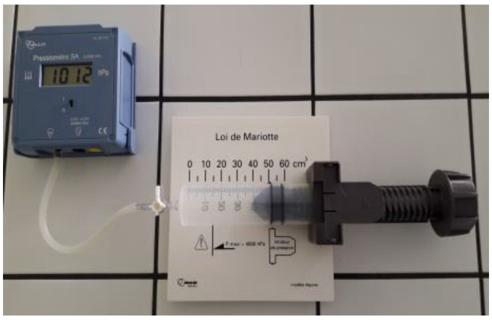
Schéma de la cloche de Halley

On modélise une cloche de plongée par un cylindre sans plancher dont la surface de la base S est égale à 1,0 m² et la hauteur H à 2,4 m.

Avant d'être immergée dans l'eau, la cloche est entièrement remplie d'air à la pression atmosphérique p_{atm} = 1,013×10^5 Pa. On considère que la quantité d'air, ainsi que la température, restent constantes au cours de l'immersion de la cloche.

Données :
- masse volumique de l'eau de mer dans laquelle la cloche est immergée : ρ = 1,02·10^3 kg·m^{-3} ;
- intensité de la pesanteur : g = 9,81 m·s^{-2}.

1. Étude expérimentale de la loi de Mariotte



Pour modéliser le comportement de l'air dans la cloche, on utilise le matériel photographié ci-contre. La pression P de l'air emprisonné dans la seringue est relevée pour différentes valeurs du volume V du corps de la seringue. On suppose que la température de l'air reste constante.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

P (hPa)	1011	1127	1261	1419	1633	1932
V (cm^3)	50	45	40	35	30	25

1.1. Énoncer la loi de Mariotte relative au produit de la pression P par le volume V d'un gaz pour une quantité de matière donnée et une température constante.

1.2. On utilise un tableur pour tracer la courbe donnant la pression P en fonction de l'inverse du volume V. Quel est l'allure du graphique attendu ? Justifier.

1.3. Exploiter, par une méthode au choix, les résultats expérimentaux obtenus afin de tester la loi de Mariotte.

2. Fonctionnement de la cloche de plongée

La loi fondamentale de la statique des fluides reliant la différence de pression $p_A - p_B$ entre deux points A et B d'un fluide incompressible à ρ, g, et $z_B - z_A$ s'écrit :

$$p_A - p_B = \rho g (z_B - z_A)$$

z_A et z_B étant les ordonnées des points A et B sur un axe des z orienté suivant la verticale ascendant.

2.1.1. Décrire, en le justifiant, l'évolution de la pression en fonction de la profondeur.

2.1.2. Montrer que la pression p_{18} de l'eau de mer à 18 m de profondeur est égale à $2{,}8 \cdot 10^5$ Pa.

2.1.3. En déduire la valeur de la force pressante F qui modélise l'action exercée par l'eau de mer sur la surface horizontale supérieure d'aire S de la cloche immergée à 18 m de profondeur.

2.1.4. Montrer que la valeur de cette force pressante est égale à celle du poids d'une masse environ égale à 29 t. Commenter.

On considère que la quantité d'air, ainsi que la température, restent constantes au cours de l'immersion de la cloche.
2.2. En comparant qualitativement la pression de l'air dans la cloche immergée et la pression atmosphérique, expliquer pourquoi le niveau de l'eau à l'intérieur de la cloche augmente lorsque celle-ci est immergée.

On néglige la variation de la pression de l'eau sur la hauteur de la cloche.
2.3.1. Déterminer la valeur du volume d'air V_0 contenu initialement dans la cloche cylindrique de section S et de hauteur H.

2.3.2. Déterminer, en utilisant la loi de Mariotte, le volume V_{18} d'air contenu dans la cloche à 18 m de profondeur.

2.3.3. En déduire de quelle hauteur h_{18} est montée l'eau dans la cloche.

Correction

1.1. PV = constante **[1]**

Inutile de préciser qdm constante et température constante car l'énoncé le dit.

Si deux expressions sont données, dont l'une est fausse → 0

$P_1V_1 = P_2V_2$ est écrite sans aucune explication → C

1.2. $PV = constante$ → $P = constante \times \frac{1}{V}$. Le graphique $P = f\left(\frac{1}{V}\right)$ sera donc une droite passant par l'origine (fonction linéaire). **[1]**

Tout bla bla ne prenant pas en compte le fait qu'on utilise $\frac{1}{V}$ ne vaut rien.

1.3. Toutes les vérifications proposées doivent utiliser l'ensemble des valeurs et discuter des écarts relatifs des différentes vérifications. **[1,5]**

Argumentation basé sur deux valeurs seulement : C

Simple série de calculs sans analyse des écarts des résultats : C

2.1.1. Soit un point B situé à une profondeur plus important qu'un point A.

$z_B < z_A$ et donc $z_B - z_A < 0$.

On a alors $p_A - p_B = \rho g (z_B - z_A) < 0$ ce qui signifie que $p_A < p_B$.

Donc si B est plus profond que A, la pression p_B est plus grande que la pression p_A **[1,5]**

Pas de justification basée sur la loi fondamentale de l'hydrostatique → 0

2.1.2. $p_{18} = 1020 \times 9{,}81 \times 18 + 1{,}013 \times 10^5$ = $2{,}81 \cdot 10^5$ Pa → $2{,}8 \cdot 10^5$ Pa **[1]**

Accepter un calcul avec l'expression $p = 0{,}1\,h + 1$

2.1.3. *F* = *PS* = $2{,}81 \cdot 10^5$ N → $2{,}8 \cdot 10^5$ N **[1]**

N si mauvaise unité

2.1.4. *P* = $29 \cdot 10^3 \times 9{,}81$ = $2{,}84 \cdot 10^5$ N. C'est bôcoup… (que dire d'autre ?) **[0,5]**

Accepter n'importe quel commentaire pas idiot.

A^- si pas de commentaire

2.2. La pression dans la cloche augmente, donc le volume d'air diminue (loi de Mariotte). Ainsi, l'eau monte à l'intérieur de la cloche. **[1,5]**

Si seulement mention de la pression plus forte → D

2.3.1. *V* = *Sh* = 2,4×1,0 = 2,4 m³ **[0,5]**

B si mauvaise unité

2.3.2. $V_{18} = \frac{P_0 V_0}{P_{18}} = \frac{1{,}013 \times 2{,}4}{2{,}81}$ = 0,865 m³, arrondi à 0,87 m³ **[1]**

2.3.3. $h_{18} = \frac{V_{18}}{S}$ = 0,87 m. La hauteur du volume d'air est de 0,87 m. L'eau est donc montée de 2,4 – 0,87 = 1,5 m. **[1,5]**

C si confusion 0,87 m ↔ 1,5 m