

TERMINALE SPÉCIALITÉ · PHYSIQUE-CHIMIE · MOUVEMENT ET INTERACTIONS · CHAPITRE 16



R. RINGUET · 2026 – 2027

Contrôle B Écoulement d'un fluide

Poussée d'Archimède dans l'air, Bernoulli avec dénivelé, siphon

Durée : 1 h · calculatrice autorisée · 4 exercices indépendants · barème sur 20

Nom : Prénom : Classe : Note : /20

★ CONSIGNES

Toute réponse doit être justifiée ; une expression littérale est attendue avant chaque application numérique, et les résultats sont donnés avec leur unité et un nombre adapté de chiffres significatifs. Les fluides sont supposés parfaits et incompressibles, les écoulements permanents.

Exercice 1 Questions de cours

4 pts ●●●○

- 1.1 Expliquer, à partir des forces pressantes exercées par le fluide, pourquoi la poussée d'Archimède est verticale et dirigée vers le haut. De quels paramètres sa valeur dépend-elle ?
- 1.2 De l'eau circule dans une canalisation horizontale dont la section diminue. En utilisant la conservation du débit puis la relation de Bernoulli, justifier *sans calcul* que la pression y diminue. Comment ce phénomène s'appelle-t-il ?
- 1.3 Deux récipients de formes très différentes, ouverts à l'air libre, contiennent de l'eau jusqu'à la même hauteur. Comparer les pressions au fond de chacun d'eux. Justifier.
- 1.4 Le modèle du fluide parfait néglige toute viscosité. Citer deux observations courantes qui montrent qu'un liquide réel s'en écarte, et préciser dans quel sens l'erreur est commise lorsqu'on prévoit une vitesse d'écoulement.

Exercice 2 Le ballon-sonde météorologique

6 pts ●●●●

Un ballon-sonde est une enveloppe souple gonflée d'hélium, emportant une nacelle d'instruments. Au sol, son volume est $V_0 = 3,00 \text{ m}^3$; l'ensemble {enveloppe + nacelle}, sans l'hélium, a une masse $m_e = 1,20 \text{ kg}$.

■ **DONNÉES** $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ • $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$ • masse volumique de l'air au sol : $\rho_{\text{air}} = 1,22 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ • de l'hélium au sol : $\rho_{\text{He}} = 0,169 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ • force de frottement de l'air sur le ballon en mouvement : $f = k v^2$ avec $k = 0,30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$ • pression atmosphérique à l'altitude z : $P(z) = P_{\text{atm}} e^{-z/H}$ avec $H = 7,4 \text{ km}$ • l'enveloppe éclate lorsque le volume du ballon atteint $V_{\text{max}} = 30,0 \text{ m}^3$.

- 2.1 Calculer la valeur de la poussée d'Archimède exercée par l'air sur le ballon au moment du lâcher.
- 2.2 Calculer la masse d'hélium contenue dans l'enveloppe, puis la masse totale du système et la valeur de son poids.
- 2.3 Faire le bilan des forces (frottements négligés au départ) et calculer la valeur de l'accélération du ballon au lâcher. Commenter.
- 2.4 Le ballon atteint rapidement une vitesse constante. Montrer que $v_{\text{lim}} = \sqrt{\frac{\Pi - P}{k}}$ et calculer cette vitesse, en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ puis en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.
- 2.5 L'hélium reste à température quasi constante et l'enveloppe est souple : la pression de l'hélium est à chaque instant égale à celle de l'air extérieur. À l'aide de la loi de Mariotte, calculer la pression atmosphérique pour laquelle le ballon éclate.
- 2.6 En déduire l'altitude d'éclatement. Citer une hypothèse discutable de ce modèle.

Exercice 3 L'eau au quatrième étage

6 pts ●●●●

Dans un immeuble, l'eau arrive au sous-sol en un point A, à l'altitude $z_A = 0$, dans une conduite de section $S_A = 12,0 \text{ cm}^2$ où la pression vaut $P_A = 4,50 \text{ bar}$ et la vitesse $v_A = 1,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Une colonne montante alimente un robinet ouvert B situé au quatrième étage, à l'altitude $z_B = 15,0 \text{ m}$, dans une conduite de section $S_B = 4,00 \text{ cm}^2$.

- 3.1 Calculer le débit volumique de l'installation, en $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ puis en $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$.
- 3.2 Calculer la vitesse v_B de l'eau dans la conduite du quatrième étage.
- 3.3 Écrire la relation de Bernoulli entre A et B, en conservant cette fois le terme d'altitude. Établir l'expression littérale de P_B .
- 3.4 Calculer P_B en pascals puis en bars. Quelle est la part du dénivelé dans la chute de pression ?
- 3.5 L'immeuble est surélevé. Déterminer l'altitude maximale z_{max} à laquelle l'eau peut encore arriver, en supposant sa vitesse négligeable à cette altitude et sa pression égale à P_{atm} . Combien d'étages de $3,0 \text{ m}$ cela représente-t-il ?
- 3.6 En pratique, l'eau n'atteint pas cette altitude. Expliquer pourquoi et citer une solution technique employée dans les tours d'habitation.

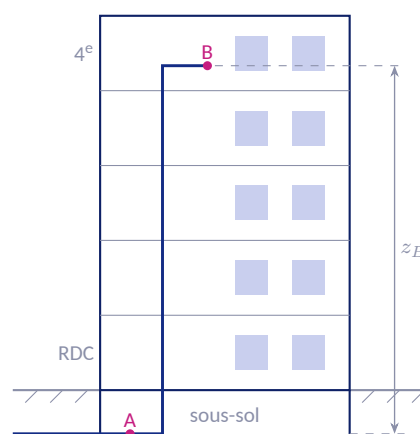


Figure 1 — La colonne montante

■ **DONNÉES** $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ • $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ • $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$

Exercice 4 Le siphon

4 pts ●●●●

Pour vider un aquarium sans le soulever, on utilise un siphon : un tube souple de section constante $s = 1,50 \text{ cm}^2$, entièrement rempli d'eau, dont une extrémité plonge dans l'aquarium et l'autre débouche à l'air libre plus bas. Le point le plus haut C du tube est à $h_C = 1,20 \text{ m}$ au-dessus de la surface libre A, et la sortie S est à $h_S = 0,80 \text{ m}$ en dessous de A (figure 2). La surface libre de l'aquarium est très grande devant s .

- 4.1 En appliquant la relation de Bernoulli entre A et S, montrer que la vitesse de sortie vaut $v_S = \sqrt{2gh_S}$. La calculer, puis en déduire le débit volumique du siphon en $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$.
- 4.2 Justifier que la vitesse de l'eau au sommet C est égale à v_S , puis établir l'expression de la pression P_C en fonction de P_{atm} , ρ_{eau} , g , h_C et v_S . Calculer P_C .
- 4.3 Le siphon ne peut fonctionner que si P_C reste positive. Déterminer la hauteur maximale $h_{C,\text{max}}$ du sommet au-dessus de la surface libre.
- 4.4 Un élève affirme qu'un siphon permettrait de faire passer de l'eau par-dessus un mur de 11 m . Répondre en s'appuyant sur un calcul, puis expliquer pourquoi la limite réelle est encore plus basse.

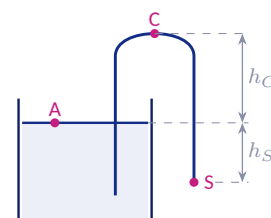


Figure 2 — Le siphon de vidange

■ **DONNÉES** $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ • $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ • $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$