

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

Sujet type bac Écoulement d'un fluide

Deux exercices indépendants : la distribution d'eau potable, le renfouement d'une amphore

Durée : 1 h 30 · calculatrice autorisée · 2 exercices indépendants · barème sur 20



R. RINGUET · 2026 – 2027

Nom : Prénom : Classe : Note : /20

★ CONSIGNES

Les deux exercices sont indépendants et peuvent être traités dans l'ordre choisi par le candidat. La qualité de la rédaction, la rigueur scientifique et le respect des unités et des chiffres significatifs entrent pour une part importante dans l'appréciation des copies. Toute expression littérale est établie avant l'application numérique; toute démarche, même partielle, est valorisée. Sauf indication contraire, l'eau est assimilée à un fluide parfait incompressible en écoulement permanent.

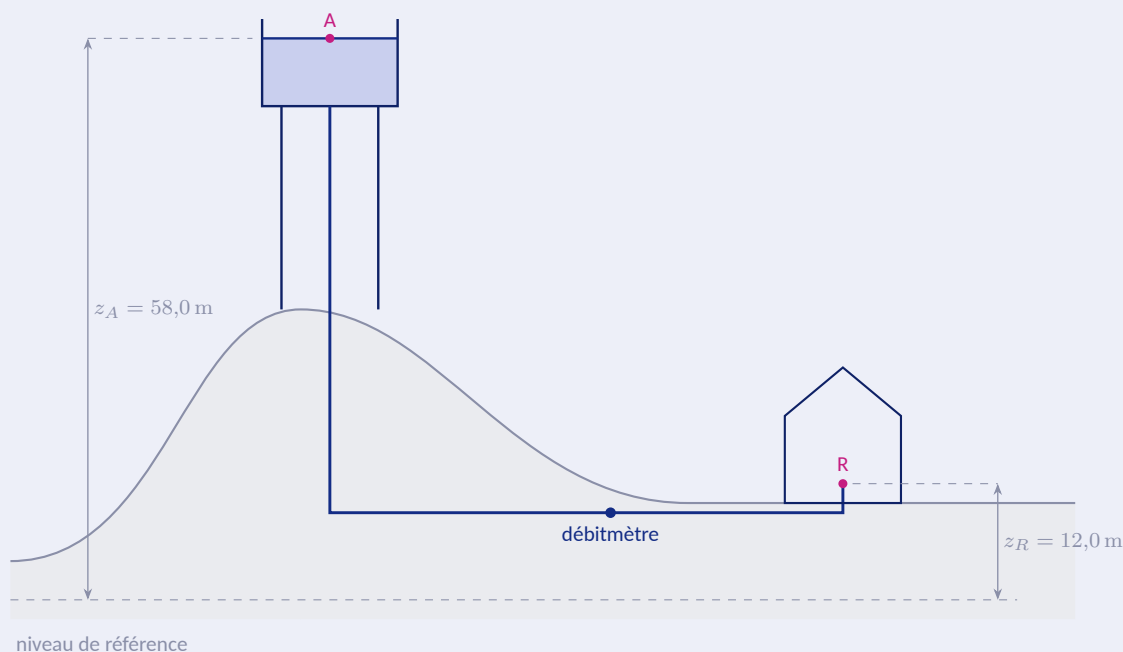
Exercice 1 De l'eau potable jusqu'au robinet

12 pts ●●●

Le réseau d'eau potable d'une commune rurale de 4200 habitants comporte un château d'eau, une conduite principale et un réseau de distribution. Cet exercice étudie le stockage et la pression disponible, la mesure du débit par un débitmètre à Venturi, puis la validité du modèle du fluide parfait.

■ DONNÉES $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ • $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$ • $1 \text{ bar} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$

■ DOCUMENT 1 — Le réseau de distribution



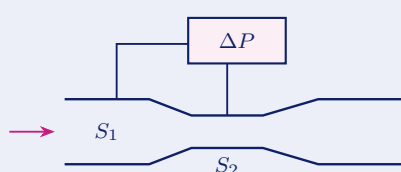
Le réservoir du château d'eau est un cylindre de diamètre 14,0 m, ouvert à l'air libre, rempli d'eau sur une hauteur de 7,00 m; sa surface libre A est à l'altitude $z_A = 58,0 \text{ m}$. Un robinet R d'un pavillon est à l'altitude $z_R = 12,0 \text{ m}$. Consommation moyenne : 145 L par habitant et par jour. Masse volumique de l'eau : $\rho = 1,00 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Partie A — Le stockage et la pression du réseau

- 1.1 Calculer le volume d'eau stocké dans le réservoir, puis l'autonomie de la commune en cas d'arrêt du pompage.
- 1.2 Le robinet R est fermé : l'eau du réseau est au repos. Calculer la pression de l'eau en R, en pascals puis en bars, et en déduire la pression relative (surpression par rapport à l'atmosphère).
- 1.3 Retrouver ce résultat en appliquant la relation de Bernoulli entre A et R, toutes les vitesses étant nulles. Quel terme de la relation est ici seul en jeu ?
- 1.4 La réglementation impose, chez l'utilisateur, une pression relative comprise entre 1,0 bar et 4,0 bar. Déterminer l'intervalle des altitudes desservies directement par ce château d'eau, puis dire si le robinet R respecte cette contrainte et, sinon, ce qu'il faut prévoir.

Partie B — La mesure du débit par un débitmètre à Venturi

■ DOCUMENT 2 — Le débitmètre à Venturi de la conduite principale



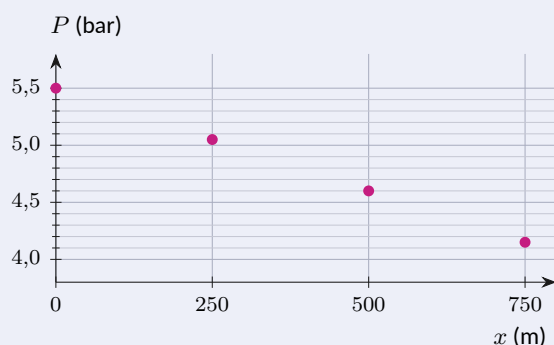
La conduite principale, horizontale, a un diamètre $D_1 = 150$ mm ; elle se rétrécit progressivement jusqu'à un col de diamètre $D_2 = 75,0$ mm. Un capteur différentiel mesure $\Delta P = P_1 - P_2 = 1,69 \times 10^4$ Pa, avec une incertitude-type $u(\Delta P) = 3,0 \times 10^2$ Pa. On admet que l'incertitude-type sur le débit vérifie $\frac{u(D_v)}{D_v} = \frac{1}{2} \frac{u(\Delta P)}{\Delta P}$. Le compteur général de la commune a totalisé $V = 2\,280$ m³ pendant les 24 h de la mesure.

- 1.5 Calculer les aires S_1 et S_2 des deux sections, puis exprimer v_2 en fonction de v_1 .
- 1.6 En appliquant la relation de Bernoulli entre un point de la conduite et le col, montrer que $\Delta P = \frac{15}{2} \rho v_1^2$, puis calculer v_1 et v_2 .
- 1.7 En déduire le débit volumique D_v de la conduite, en m³·s⁻¹ puis en m³·h⁻¹.
- 1.8 Calculer le débit moyen indiqué par le compteur général, puis l'écart normalisé $z = \frac{|D_v - D_{\text{compteur}}|}{u(D_v)}$. Les deux mesures sont-elles compatibles (on admet la compatibilité si $z < 2$) ?
- 1.9 Le programme Python ci-dessous calcule le débit à partir de la mesure de pression, dans le cas général où l'on ne néglige pas S_2/S_1 . Compléter la ligne 5.

```
1 from math import pi, sqrt
2 rho, dP = 1000.0, 1.69e4
3 D1, D2 = 0.150, 0.0750
4 S1, S2 = pi * D1**2 / 4, pi * D2**2 / 4
5 Dv = ... # ligne à compléter
6 print(round(Dv * 3600, 1), "m3/h")
```

Partie C — Ce que le modèle du fluide parfait ne prévoit pas

■ DOCUMENT 3 — Pression mesurée le long de la conduite principale



La conduite principale est *horizontale* et de *section constante* sur les 750 m qui séparent le pied du château d'eau du débitmètre. Quatre capteurs y mesurent la pression de l'eau en fonction de la distance x , pour le débit de la partie B.

- 1.10** Que prévoit la relation de Bernoulli pour la pression le long de cette portion de conduite ? Justifier en examinant chacun des trois termes.
- 1.11** À l'aide du document 3, déterminer la perte de pression par mètre de conduite, puis la perte de pression totale sur les 750 m.
- 1.12** Exprimer cette perte totale en hauteur d'eau équivalente, c'est-à-dire en mètres de dénivelé qui produiraient la même différence de pression.
- 1.13** Cette perte étant proportionnelle à la longueur, déterminer la longueur de conduite au bout de laquelle la pression relative de la question 1.2 serait entièrement perdue. Commenter.
- 1.14** Quelle hypothèse du modèle du fluide parfait le document 3 met-il en défaut ? Le modèle surestime-t-il ou sous-estime-t-il la pression disponible chez l'utilisateur ? Proposer une modification du réseau limitant ce phénomène.

Exercice 2 Renflouer une amphore

8 pts ●●●

Des archéologues remontent une amphore posée sur le fond, à la profondeur $h = 30,0 \text{ m}$, dans une mer de masse volumique $\rho_{\text{mer}} = 1,025 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$; elle a une masse $m = 45,0 \text{ kg}$ et un volume $V = 18,0 \text{ L}$. Un plongeur fixe sous l'anse un *parachute de levage* : une enveloppe souple ouverte vers le bas, de masse négligeable, qu'il gonfle avec l'air de sa bouteille (figure 1). L'air emprisonné est à la pression de l'eau qui l'entoure, à température constante.

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

- 2.1** Calculer la masse volumique du matériau de l'amphore et vérifier qu'elle est compatible avec de la terre cuite ($\rho \approx 2,5 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$).
- 2.2** Faire le bilan des forces s'exerçant sur l'amphore posée sur le fond, sans parachute, et les représenter sur un schéma. Calculer le poids et la poussée d'Archimède.
- 2.3** En déduire la force verticale minimale à exercer pour décoller l'amphore. Pourquoi un objet « pèse-t-il moins lourd » sous l'eau ?
- 2.4** Le parachute contient un volume d'air V_a . Établir l'expression de V_a permettant tout juste d'équilibrer l'ensemble {amphore + parachute}, puis calculer V_a en litres.
- 2.5** Calculer la pression de l'eau à la profondeur h , en pascals puis en bars.
- 2.6** À l'aide de la loi de Mariotte, déterminer le volume que cet air occuperait à la pression atmosphérique. Commenter le volume d'air que le plongeur doit prélever dans sa bouteille.
- 2.7** L'ensemble s'élève. Arrivé à la profondeur 10,0 m, le parachute, toujours ouvert vers le bas, contient la même quantité d'air. Calculer le nouveau volume de l'air, la nouvelle poussée d'Archimède qu'il exerce, puis la valeur de la résultante des forces appliquées à l'ensemble.
- 2.8** En déduire l'accélération de l'ensemble à cette profondeur. Expliquer pourquoi la remontée « s'emballe » et pourquoi les plongeurs purgent régulièrement le parachute. Citer enfin deux hypothèses du modèle utilisé dans cet exercice qui mériteraient d'être discutées.

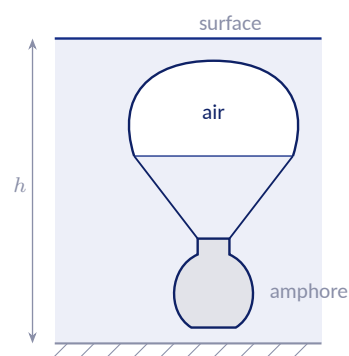


Figure 1 — Le parachute de levage