

QCM

Choisir la ou les bonnes réponses. En cas d'erreur, revoir le paragraphe du cours associé.

QCM interactif
hottier-clac.fr/pct413

Poussée d'Archimède

► Cours 1 p. 408

	A	B	C
BC 9 La poussée d'Archimède subie par un objet totalement immergé dans un fluide incompressible est proportionnelle :	à la masse volumique de l'objet.	à la masse volumique du fluide.	au volume de l'objet.
B 10 Une bille (sphérique et pleine) flotte en équilibre à la surface d'un fluide incompressible. Exactement la moitié de la bille est immergée.	La masse volumique de la bille est supérieure à celle du fluide.	La masse volumique de la bille est inférieure à celle du fluide.	La masse volumique de la bille est égale à celle du fluide.

Description de l'écoulement d'un fluide

► Cours 2 p. 409

	A	B	C
B 11 Un fluide incompressible s'écoule en régime permanent dans une canalisation cylindrique de révolution d'axe (Oz). M est un point de cet axe.	La section droite en M est un cercle.	La section droite en M est un disque.	La section droite en M est un rectangle.
AB 12 Pour doubler le débit volumique d'un fluide incompressible dans une canalisation cylindrique, il suffit de :	doubler la vitesse en gardant la section constante.	doubler la section en gardant la vitesse constante.	doubler la longueur de la canalisation.
C 13 En 1 min, une lance à incendie de débit volumique $D_V = 5,0 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ projette :	un volume d'eau $V = 12 \text{ L}$.	un volume d'eau $V = 83 \text{ mL}$.	un volume d'eau $V = 300 \text{ L}$.

Écoulement permanent d'un fluide incompressible

► Cours 3 p. 410

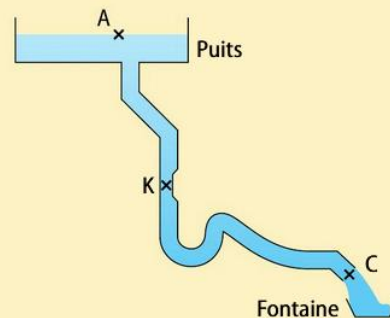
	A	B	C
A 14 Sous un pont de Paris, la Seine a une largeur $d = 100 \text{ m}$, une profondeur $h = 5,0 \text{ m}$ et un débit $D_V = 500 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.	La vitesse de l'eau vaut : $v = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.	La vitesse de l'eau vaut : $v = 5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.	La vitesse de l'eau vaut : $v = 25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
C 15 Dans l'écoulement permanent d'un fluide incompressible et non visqueux, une ligne de courant joint A ($P_A = P_0$, $v_A = v_0$, $z_A = H$) et B ($P_B = P_0$, $z_B = 0$).	$v_B = v_0 - H$	$v_B = v_0 + \sqrt{2gH}$	$v_B = \sqrt{v_0^2 + 2gH}$
A 16 Un fluide incompressible et non visqueux s'écoule en régime permanent dans une canalisation horizontale dont l'aire de la section augmente progressivement.	La vitesse du fluide diminue et sa pression augmente progressivement.	La vitesse du fluide diminue et sa pression diminue progressivement.	La vitesse du fluide augmente et sa pression diminue progressivement.

- 17** Une conduite dont la section a pour aire $S = 30 \text{ cm}^2$ apporte l'eau du fond d'un puits jusqu'à une fontaine. A est un point à la surface de l'eau du puits ; C, le point au centre de la conduite au niveau de la sortie de l'eau. Un mouvement du sol provoque un écrasement de la conduite sur quelques centimètres, sa section en K a pour aire $s = 20 \text{ cm}^2$.

Un ensemble de relevés permet de donner les valeurs de quelques altitudes, pressions et vitesses de l'eau :

Point	A	K	C
Altitude (en m)	15	6	0
Vitesse (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	0		
Pression (en Pa)	$P_0 = 1,0 \times 10^5$		$P_0 = 1,0 \times 10^5$

- Par application de la relation de Bernoulli entre A et C, calculer la vitesse v_C de l'eau sortant en C.
- En déduire le débit volumique de l'eau sortant en C.
- Calculer la vitesse v_K au point K. Pourquoi la pression en K est-elle plus petite que la pression atmosphérique P_0 ?



Données

- Masse volumique de l'eau : $\rho_e = 1,00 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- Norme du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$
- Débit volumique : $D_v = \text{vitesse} \times \text{aire de la section droite}$
- Relation de Bernoulli sur la ligne de courant (EF) : $P_E + \frac{\rho v_E^2}{2} + \rho g z_E = P_F + \frac{\rho v_F^2}{2} + \rho g z_F$

Analyser SES ERREURS

Littéral
On fait l'application numérique à la fin.

Unités
L'unité de l'aire est le mètre carré.

Rédaction (a et c)
Il faut citer la loi utilisée et vérifier les hypothèses de validité de cette loi.



Un exemple de mauvaise réponse

$$\begin{aligned} \text{a} \quad 10^5 + \frac{10^3 v_c^2}{2} + 0 &= 10^5 + 0 + 10^3 \times 9,81 \times 15 \\ \text{donc } v_c &= \sqrt{2 \times 10^3 \times 9,81 \times \frac{15}{10^3}} = 17,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \\ \text{b} \quad D_v &= v_c \times S = 17,15 \times 30 = 514 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1} \\ \text{c} \quad v_K s &= v_c S \text{ donc } v_K = \frac{v_c S}{s} = 20,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \\ &\text{Effet Venturi.} \end{aligned}$$

Chiffres significatifs

Les calculs sont présentés avec 1 chiffre significatif et le résultat avec 4 chiffres, alors que l'énoncé en donne 2.

Cohérence

Un tel débit est inimaginable à la sortie d'une conduite alimentant une fontaine !

Acquérir LES BONS RÉFLEXES



Un exemple de bonne réponse

- Pour un fluide incompressible et non visqueux en écoulement permanent, la relation de Bernoulli sur la ligne de courant (AC) donne : $P_0 + \rho \frac{0^2}{2} + \rho g z_A = P_0 + \frac{\rho v_c^2}{2} + \rho g \times 0$
donc : $v_c = \sqrt{2 g z_A} = \sqrt{2 \times 9,8 \times 15} = 17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- Le débit volumique vaut : $D_v = v_c S = 17 \times 30 \times 10^{-4} = 51 \times 10^{-3} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (soit $51 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$)
- Il y a conservation du débit volumique car le fluide est incompressible et en écoulement permanent.
On a donc : $v_K s = v_c S$ et $v_K = \frac{v_c S}{s} = 20,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
On a simultanément $v_K > v_c$ et $z_K > z_c$
donc la relation de Bernoulli prouve que $P_K < P_c$ soit $P_K < P_0$.

Astuce
On retrouve cette question dans de nombreux exercices. La relation établie ici s'appelle la loi de Torricelli.

- Exercices 27, 35 et 42
- Activité 3 p. 406

Connaissance du cours

On demande dans cette question de reproduire le raisonnement du cours qui prouve l'effet Venturi.

Astuce

Pour l'application numérique, comme on divise les aires des deux sections, il est inutile de les convertir en mètres carrés.

18 Plongée et remontée d'un sous-marin

Un sous-marin est modélisé par une coque étanche de masse m_c et de volume extérieur V_c .

À l'intérieur, deux compartiments distincts sont aménagés :

- l'**habitable** de volume V_h contient les passagers, les meubles et les machines du sous-marin, de masse totale m_0 ;
- le **ballast**, un espace de volume V_b initialement rempli d'air, dont la masse est négligeable devant m_c et m_0 , peut être rempli d'eau de mer grâce à une pompe.

Lors de l'embarquement de l'équipage, le ballast est rempli d'air (figure 1). La masse de la coque et de son contenu vaut $m_c + m_0 = 4\,650$ t.



Figure 1



Figure 2



Figure 3



Le sous-marin français Suffren, long de presque 100 m, avant sa mise à l'eau prévue pour 2020.

Données

- Masse volumique de l'eau de mer : $\rho_{\text{mer}} = 1,03 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Norme du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

- a** Lorsque le sous-marin est en plongée, le ballast est totalement rempli d'eau (figure 3) et la masse totale du sous-marin vaut $m_{\text{totale}} = 5\,300$ t. En déduire la valeur de V_b .
- b** Dans cette situation de plongée, le sous-marin est en équilibre sous l'action de son poids et de la poussée d'Archimède. En déduire le volume V_c de la coque.
- c** On vide entièrement l'eau du ballast grâce aux pompes (figure 2). Pourquoi cette action entraîne-t-elle la remontée du sous-marin à la surface de l'eau ?
- d** Après cette opération, lorsque le sous-marin sera à l'équilibre de flottaison, quelles seront les valeurs du volume immergé V_i et du volume émergé V_e ?

► Ouverture de chapitre p. 401

- a** La masse totale du sous-marin est la somme des masses de la coque, de son contenu et de la masse m_b de l'eau dans le ballast :
- $$m_{\text{totale}} = m_b + m_c + m_0 \quad \text{et} \quad m_b = m_{\text{totale}} - m_c - m_0 \quad \text{soit} \quad m_b = 650 \text{ t.}$$
- On en déduit : $V_b = \frac{m_b}{\rho_{\text{mer}}} = 631 \text{ m}^3$

Aide n° 1

On peut calculer la masse du ballast à partir de la masse totale du sous-marin et en déduire le volume qu'il occupe grâce à la masse volumique de l'eau de mer.

► Cours 1 p. 408

- b** La poussée d'Archimède est verticale et opposée au poids du volume d'eau de mer déplacée : $\vec{A} = -\rho_{\text{mer}} V_c \vec{g}$
- Dans le référentiel terrestre galiléen, le sous-marin est à l'équilibre, donc la somme des forces qu'il subit est nulle. La somme de son poids et de la poussée d'Archimède est nulle, soit : $m_{\text{totale}} \vec{g} - \rho_{\text{mer}} V_c \vec{g} = \vec{0}$
- donc : $V_c = \frac{m_{\text{totale}}}{\rho_{\text{mer}}} = 5,15 \times 10^3 \text{ m}^3$

Aide n° 2

L'équilibre du sous-marin sous l'action de son poids et de la poussée d'Archimède permet de déterminer le volume immergé, égal à celui de la coque.

► Cours 1 p. 408

- c** La masse totale du sous-marin diminue, la norme de son poids devient inférieure à celle de la poussée d'Archimède, la somme des forces est donc dirigée vers le haut. Le sous-marin était à l'équilibre. Cette opération le met donc en mouvement en direction de la surface.
- d** À l'équilibre de flottaison, la norme du poids du sous-marin, dont le ballast est vide, est égale à celle de la poussée d'Archimède lorsque le volume immergé vaut V_i :

$$(m_c + m_0)g = \rho_{\text{mer}} V_i g \quad \text{donc} \quad V_i = \frac{m_c + m_0}{\rho_{\text{mer}}} = 4,51 \times 10^3 \text{ m}^3$$

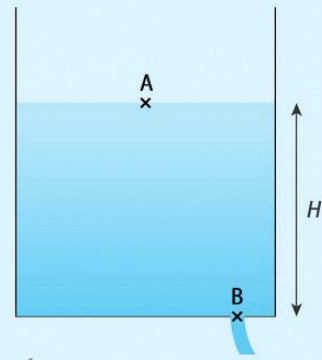
Par différence, on en déduit : $V_e = V_c - V_i = 640 \text{ m}^3$

À votre tour

► Exercice 33 p. 419

19 Vidange d'un réservoir par une fuite

Dans un réservoir cylindrique de rayon $R = 5,0$ m, la hauteur d'eau initiale vaut $H_{10} = 10$ m. À sa base, une fuite est modélisée par un petit trou en forme de disque de rayon $r = 1,0$ cm par lequel l'eau s'échappe. L'ensemble baigne dans l'air à la pression atmosphérique donc $P_A = P_B = P_0$.



- Montrer que $R^2 v_A = r^2 v_B$. En déduire le rapport $\frac{v_A}{v_B}$ et expliquer pourquoi on peut considérer que l'écoulement est permanent.
- Par application de la relation de Bernoulli le long de la ligne de courant qui relie A et B, calculer la vitesse de sortie de l'eau $v_{B,10}$ lorsque la hauteur dans le réservoir vaut $H_{10} = 10$ m.
- En déduire le débit volumique d'eau D_{10} sortant en B quand la hauteur dans le réservoir vaut $H_{10} = 10$ m.
- Le niveau de l'eau dans le réservoir baisse doucement. On suppose que, tant que H reste compris entre 10 m et 9 m, le débit volumique de l'eau sortant en B reste à peu près égal à D_{10} .
En déduire la durée τ_{10} du passage de $H = 10$ m à $H = 9,0$ m.
- Calculer de même $v_{B,9}$ quand $H = 9,0$ m, le débit D_9 et la durée τ_9 du passage de $H = 9,0$ m à $H = 8,0$ m, puis $\tau_8, \tau_7, \dots$ et τ_1 .
- En déduire une estimation de la durée totale de la vidange du réservoir.

Données

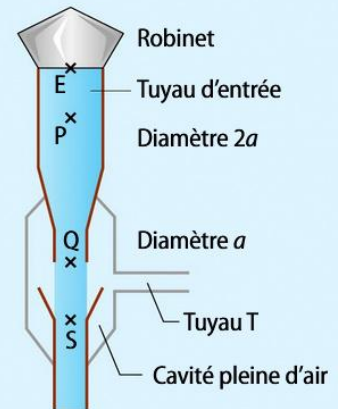
- Relation de Bernoulli sur la ligne de courant (EF) :
 $P_E + \frac{\rho v_E^2}{2} + \rho g z_E = P_F + \frac{\rho v_F^2}{2} + \rho g z_F$
- Eau : fluide incompressible et non visqueux de masse volumique $\rho_e = 1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Aire d'un disque de rayon a :
 $A = \pi a^2$
- Norme du champ de pesanteur :
 $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

- La loi de conservation du débit volumique entre A et B s'écrit :
 $v_B \times \pi r^2 = v_A \times \pi R^2$ donc on obtient bien $R^2 v_A = r^2 v_B$.
On en déduit $v_A = \frac{r^2}{R^2} v_B = 4,0 \times 10^{-6} v_B$ et $\frac{v_A}{v_B} = 4,0 \times 10^{-6}$. v_A est très petite devant v_B donc H varie très lentement et on est en régime permanent.
 - L'eau est incompressible, non visqueuse et on est en régime permanent.
La relation de Bernoulli donne : $\rho_0 + \frac{\rho v_A^2}{2} + \rho g z_A = \rho_0 + \frac{\rho v_B^2}{2} + \rho g z_B$ ←
On a $v_A^2 = 16 \times 10^{-12} v_B^2$. On peut donc négliger $\frac{\rho v_A^2}{2}$ devant $\frac{\rho v_B^2}{2}$
et $\rho_0 + \rho g H_{10} = \rho_0 + \frac{\rho v_{B,10}^2}{2} + \rho g \times 0$ donc $v_{B,10} = \sqrt{2gH_{10}} = 14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
 - Le débit volumique est égal au produit de la vitesse par l'aire de la section de sortie : $D_{10} = v_{B,10} \pi r^2 = 4,4 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
 - Lorsque H passe de 10 m à 9,0 m, le volume d'eau dans le réservoir diminue de $V = \pi R^2 (10 - 9,0) = 79 \text{ m}^3$. Ce volume est celui de l'eau qui est sortie. ↗
Par définition du débit volumique, $D_{10} = \frac{V}{\tau_{10}}$ donc $\tau_{10} = \frac{V}{D_{10}} = 1,8 \times 10^4 \text{ s}$.
 - Par le même raisonnement, la vitesse de sortie de l'eau lorsque sa hauteur est comprise entre H_k et $H_k - 1$ m (k est un entier compris entre 1 et 10) vaut environ $v_{B,k} = \sqrt{2gH_k}$ et le débit vaut donc $D_k = \pi r^2 \sqrt{2gH_k}$
donc $\tau_k = \frac{V}{\pi r^2 \sqrt{2gH_k}}$. On obtient ainsi avec un tableur :
- | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| k | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| H_k (en m) | 10 | 9,0 | 8,0 | 7,0 | 6,0 | 5,0 | 4,0 | 3,0 | 2,0 | 1,0 |
| τ_k ($\times 10^3$ s) | 18 | 19 | 20 | 21 | 23 | 25 | 28 | 33 | 40 | 57 |
- La durée totale de la vidange est la somme de ces durées :
 $\tau = 284 \times 10^3 \text{ s}$ soit 3 jours et 7 heures.

20 Principe de la trompe à eau

Une trompe à eau utilisée en chimie pour une filtration sous pression réduite est formée d'un tuyau d'entrée E, relié à l'extrémité d'un robinet, guidant l'eau vers une canalisation dont le diamètre diminue progressivement, de $2a = 2,0$ cm en P à $a = 1,0$ cm en Q. Entre Q et S, le jet d'eau est au contact de l'air dans une cavité reliée au tuyau T.

La pression de l'eau au point P vaut $P_P = 1,1 \times 10^5$ Pa. La pression de l'air dans la cavité et dans le tuyau T est égale à la pression P_Q de l'eau en Q. Le débit volumique de l'eau sortant du robinet et traversant le dispositif vaut $D_V = 0,75$ L·s⁻¹.



Données

- Relation de Bernoulli sur la ligne de courant (EF) :

$$P_E + \frac{\rho v_E^2}{2} + \rho g z_E = P_F + \frac{\rho v_F^2}{2} + \rho g z_F$$
- Eau : fluide incompressible et non visqueux de masse volumique $\rho_e = 1,00 \times 10^3$ kg·m⁻³
- Aire d'un disque de diamètre d :

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$
- Norme du champ de pesanteur :

$$g = 9,81$$
 N·kg⁻¹

a Les vitesses valent $v_P = \frac{D_V}{S_P} = 2,4$ m·s⁻¹ et $v_Q = \frac{D_V}{S_Q} = 9,6$ m·s⁻¹.

b Par application de la relation de Bernoulli :

$$P_P + \frac{1}{2} \rho v_P^2 + \rho g z_P = P_Q + \frac{1}{2} \rho v_Q^2 + \rho g z_Q$$

donc : $P_Q = P_P + \frac{1}{2} \rho (v_P^2 - v_Q^2) + \rho g (z_P - z_Q) = 6,7 \times 10^4$ Pa

c On compare $\rho g (z_P - z_Q) = 196$ J·m⁻³ et $\frac{1}{2} \rho (v_P^2 - v_Q^2) = -43,2$ kJ·m⁻³.

Le premier terme est négligeable devant le second.

Les effets de la pesanteur sont négligeables devant les effets de mouvement dans la relation de Bernoulli.

L'hypothèse d'horizontalité est donc valable de façon approchée. P_Q est nettement inférieur à P_P . Cette dépression est obtenue par effet Venturi.

d Sous l'effet de la dépression dans la fiole surmontée par le filtre, l'eau est aspirée, on recueille le dépôt solide dans un papier filtre.