

Loi de Bernoulli

Exercices de sciences physiques - niveau Terminale

Vingt exercices progressifs sur l'écoulement d'un fluide et la loi de Bernoulli : conversions de débits, conservation du débit, effet Venturi, formule de Torricelli, Pitot, portance et problèmes ouverts. Sauf indication contraire : $g = 9,81 \text{ N/kg}$; eau $\rho = 1,00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$; air $\rho = 1,20 \text{ kg/m}^3$; $P_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$. Cherche seul(e) avant de consulter le corrigé séparé.

Cette fiche d'exercices est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Les exercices sur la loi de Bernoulli

Exercice 1 : Questions de cours

1. Définis le débit volumique et donne son unité SI.
2. Que traduit la conservation du débit pour un fluide incompressible ?
3. Énonce la loi de Bernoulli en précisant ses conditions d'application.
4. Dans l'expression $P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g z$, quelle est l'unité de chacun des trois termes ?
5. Explique en une phrase l'effet Venturi.

Exercice 2 : Vrai ou faux ?

Dis si chaque affirmation est vraie ou fausse et justifie.

- a. Pour un fluide incompressible en écoulement permanent, le débit est le même dans toutes les sections d'un tube.
- b. Dans une conduite qui se rétrécit, la vitesse du fluide diminue.
- c. La loi de Bernoulli s'applique sans précaution à tout fluide, même très visqueux.
- d. Dans un tube de Venturi horizontal, la pression est minimale au col.
- e. Pour un fluide au repos, la loi de Bernoulli redonne la relation fondamentale de la statique des fluides.
- f. La vitesse de sortie donnée par la formule de Torricelli dépend de la masse volumique du liquide.

Exercice 3 : Conversions de débits

1. Exprime en m^3/s : $0,50 \text{ L/s}$; $18 \text{ m}^3/\text{h}$; 90 L/min .
2. Exprime en L/min : $3,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$; $0,25 \text{ L/s}$.

3. Exprime en m^2 : $1,2 \text{ cm}^2$; 80 mm^2 .

Exercice 4 : Le débit d'un robinet

Un robinet remplit un seau de $10,0 \text{ L}$ en 25 s . La section de sortie est $S = 1,2 \text{ cm}^2$.

1. Calcule le débit volumique en L/s puis en m^3/s .
2. Calcule la vitesse moyenne de l'eau à la sortie.
3. Déduis le diamètre de la section de sortie en cm .

Exercice 5 : Un rétrécissement de tuyau

Une conduite de diamètre 30 mm véhicule de l'eau à la vitesse $v_1 = 1,5 \text{ m/s}$. Elle se rétrécit en un tuyau de diamètre 15 mm .

1. Calcule le débit volumique.
2. Calcule la vitesse dans la partie étroite.
3. Comment varie la vitesse quand le diamètre est divisé par deux ? Généralise.

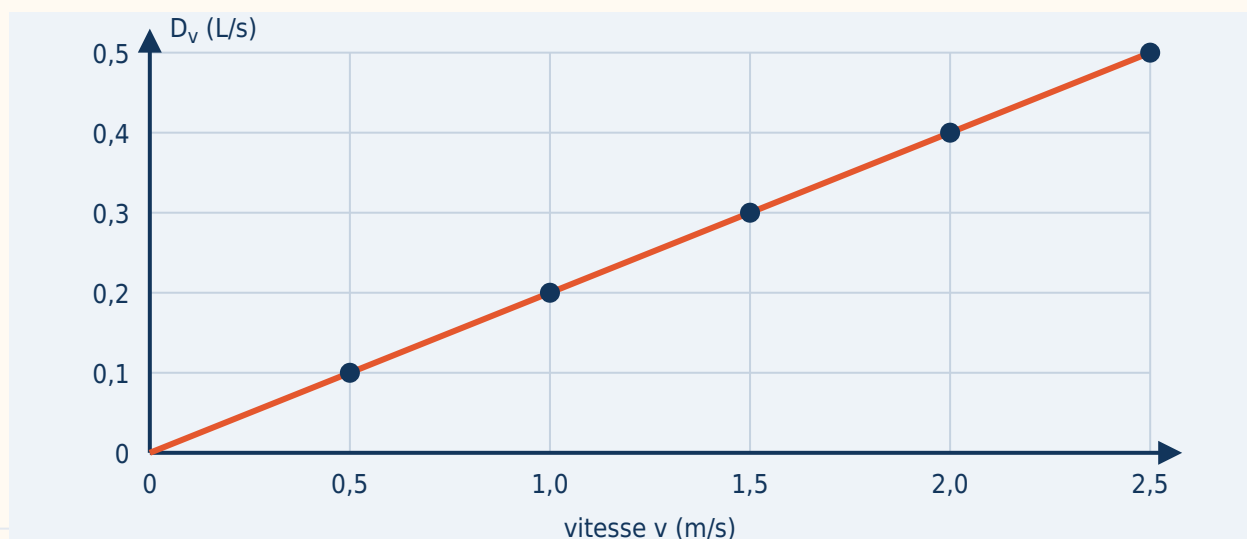
Exercice 6 : Le sang dans l'aorte et les capillaires

Le cœur éjecte $5,0 \text{ L}$ de sang par minute (débit constant supposé). L'aorte a un diamètre de $2,5 \text{ cm}$. L'ensemble des capillaires a une section totale cumulée d'environ $0,25 \text{ m}^2$.

1. Convertis le débit en m^3/s .
2. Calcule la vitesse moyenne du sang dans l'aorte.
3. Calcule la vitesse dans les capillaires. Quel avantage physiologique présente-t-elle ?

Exercice 7 : Débit et vitesse dans une conduite

On mesure le débit volumique d'une conduite pour plusieurs vitesses d'écoulement.



1. Quelle est la nature de la courbe ? Quelle relation cela traduit-il ?
2. Lis le débit pour $v = 1,5 \text{ m/s}$.
3. Calcule le coefficient directeur de la droite en L/s par m/s, puis en m^3 . Que représente-t-il ?
4. Déduis le diamètre de la conduite en cm.

Exercice 8 : Pression dans un réservoir au repos

Un réservoir ouvert contient de l'eau au repos. On applique la loi de Bernoulli entre un point A de la surface libre et un point B situé 3,0 m plus bas.

1. Que valent les vitesses en A et en B ?
2. Écris la loi de Bernoulli entre A et B.
3. Calcule la pression en B.
4. Quelle relation connue retrouves-tu ?

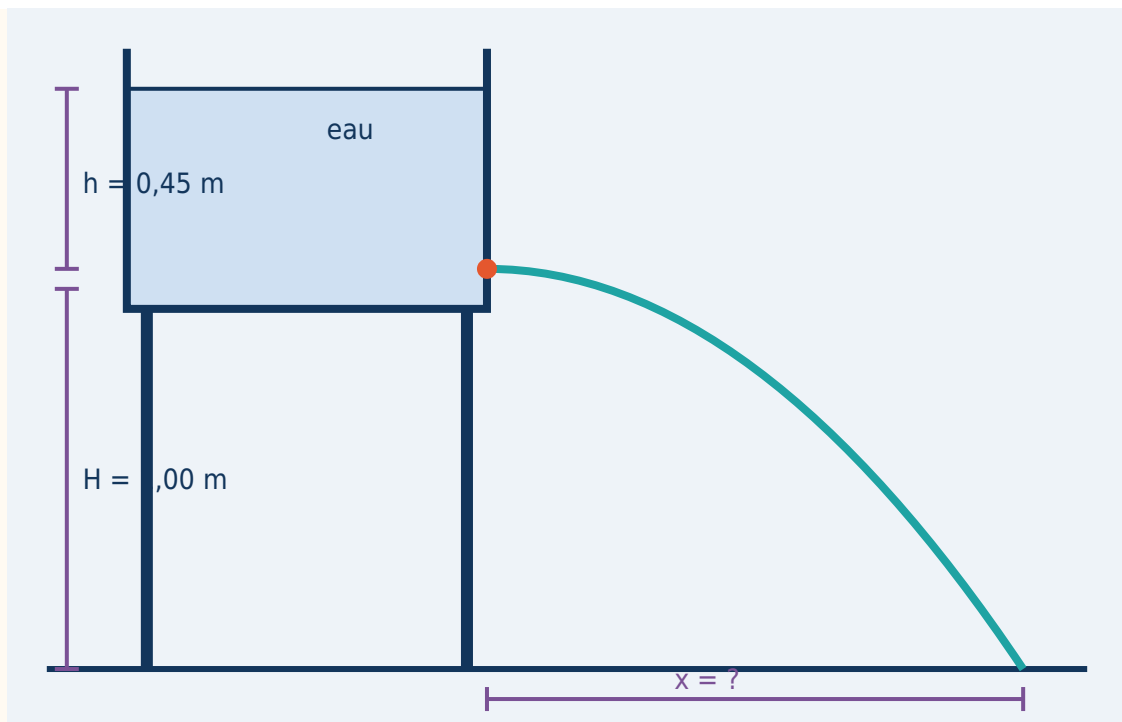
Exercice 9 : Vidange d'un seau percé

Un seau percé d'un petit orifice de section $0,50 \text{ cm}^2$ contient de l'eau sur une hauteur $h = 80 \text{ cm}$ au-dessus de l'orifice. On suppose h constante.

1. Calcule la vitesse de sortie de l'eau.
2. Calcule le débit volumique.
3. Combien de temps faut-il pour recueillir 1,0 L ?

Exercice 10 : Portée d'un jet

Un réservoir est percé d'un orifice situé à 0,45 m sous la surface libre et à $H = 1,00 \text{ m}$ au-dessus du sol. Le jet sort horizontalement.



Jet horizontal issu d'un orifice : la portée x se mesure à partir de la verticale de l'orifice.

1. Calcule la vitesse de sortie de l'eau.
2. Calcule la durée de chute du jet jusqu'au sol (chute libre sans vitesse initiale verticale).
3. Déduis la portée x . Vérifie qu'elle vaut aussi $2\sqrt{hH}$.
4. À quelle hauteur h faudrait-il percer pour doubler la portée, H restant fixe ?

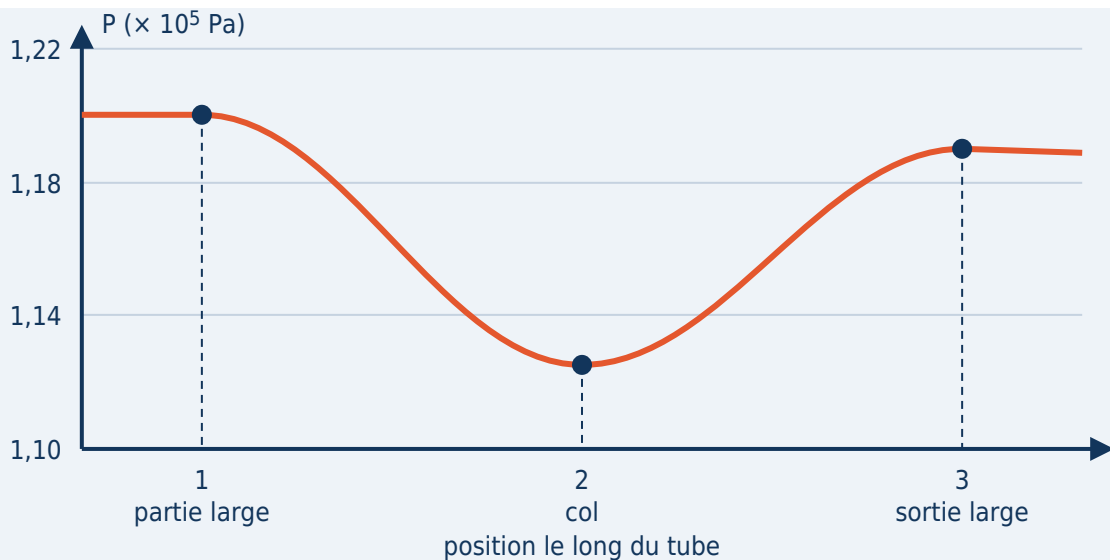
Exercice 11 : Un tube de Venturi horizontal

Un tube de Venturi horizontal a un diamètre $d_1 = 40$ mm dans la partie large et $d_2 = 20$ mm au col. L'eau y circule à la vitesse $v_1 = 1,0$ m/s dans la partie large.

1. Calcule le débit volumique en L/s.
2. Calcule la vitesse v_2 au col.
3. Calcule la différence de pression $P_1 - P_2$.
4. Quelle hauteur de colonne d'eau cette différence représente-t-elle ?

Exercice 12 : Profil de pression d'un Venturi

Un capteur mesure la pression le long du tube de Venturi de l'exercice précédent ($v_1 = 1,0$ m/s dans la partie large, rapport des diamètres 2).



Pression mesurée en trois points du tube de Venturi (axe vertical gradué de 1,10 à $1,22 \times 10^5 \text{ Pa}$).

1. Lis les pressions P_1 , P_2 et P_3 , en pascals.
2. Dédus-en la vitesse v_2 au col grâce à la loi de Bernoulli.
3. Compare à la valeur donnée par la conservation du débit.
4. Pourquoi P_3 est-elle légèrement inférieure à P_1 ?

Exercice 13 : Le tube de Pitot d'un avion

Un tube de Pitot mesure une différence entre la pression totale et la pression statique de $2,16 \times 10^3 \text{ Pa}$. À cette altitude, la masse volumique de l'air vaut $1,20 \text{ kg/m}^3$.

1. Explique pourquoi cette différence vaut $\frac{1}{2} \rho v^2$, la vitesse de l'air étant nulle au point d'arrêt.
2. Calcule la vitesse de l'avion en m/s puis en km/h.
3. Quelle serait la vitesse déduite si la masse volumique de l'air était $1,00 \text{ kg/m}^3$ pour la même différence de pression ?

Exercice 14 : Le château d'eau

Le niveau d'eau d'un château d'eau est 30 m au-dessus d'un robinet situé dans une maison. Le château d'eau est ouvert à l'air libre.

1. Calcule la pression de l'eau au robinet fermé, relative puis absolue.
2. Calcule la vitesse de l'eau à la sortie du robinet ouvert, dans le modèle de Bernoulli sans frottement.
3. Pourquoi la vitesse réelle est-elle nettement plus faible ?

Exercice 15 : Le flacon pulvérisateur

Dans un pulvérisateur, de l'air passe très vite au-dessus de l'extrémité d'un tube plongé dans un liquide de masse volumique $1,00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. L'air a une vitesse de 15 m/s au-

dessus du tube ; l'air loin du tube est au repos à la pression atmosphérique.

1. Calcule la différence de pression $\frac{1}{2} \rho_{\text{air}} v^2$ entre l'air au repos et l'air rapide.
2. De quelle hauteur le liquide monte-t-il dans le tube ?
3. Que se passe-t-il si la vitesse de l'air double ?

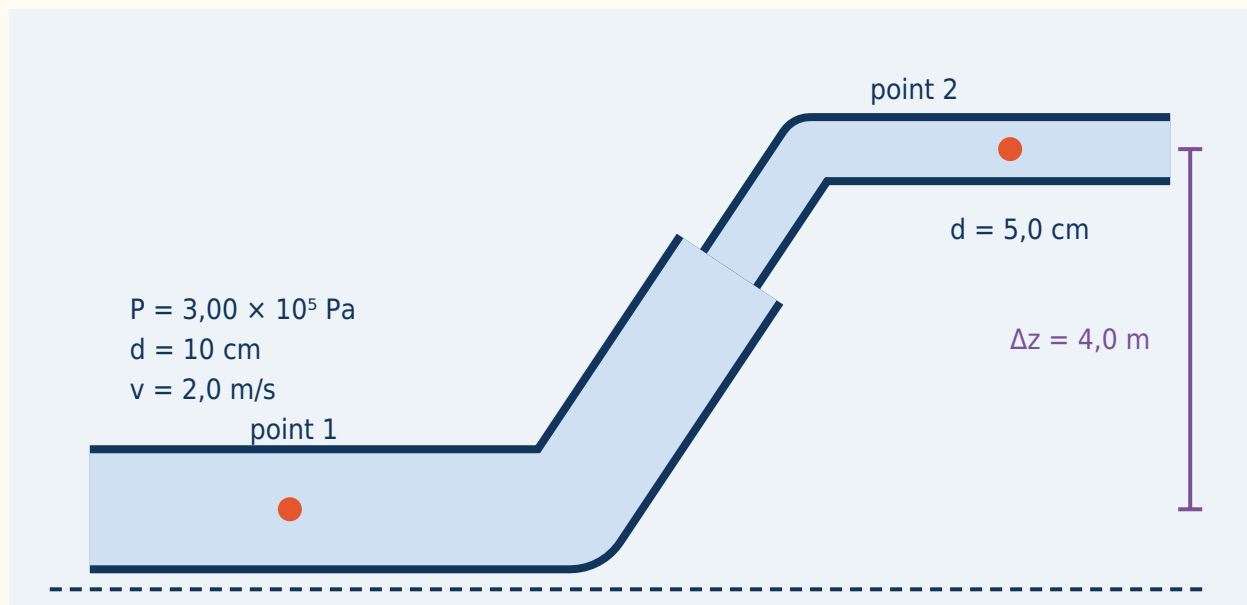
Exercice 16 : La portance d'une aile

Sur un petit avion, l'air passe à 80 m/s au-dessus de l'aile et à 70 m/s en dessous. La surface portante est de 16 m². On suppose les points à altitude presque égale.

1. Calcule la différence de pression entre le dessous et le dessus.
2. Calcule la force verticale résultante sur l'aile.
3. Quelle masse cette force peut-elle soutenir ?
4. Quelle limite ce modèle simple présente-t-il ?

Exercice 17 : Conduite montante et rétrécie

Une conduite d'eau passe d'un diamètre de 10 cm à 5,0 cm tout en montant de 4,0 m. En bas (point 1) : $P_1 = 3,00 \times 10^5$ Pa et $v_1 = 2,0$ m/s.



L'eau monte de 4,0 m et passe d'un diamètre de 10 cm à 5,0 cm.

1. Calcule le débit volumique en L/s.
2. Calcule la vitesse v_2 au point 2.
3. Écris la loi de Bernoulli et calcule la pression P_2 .
4. Quelle part de la baisse de pression vient de la montée ? Quelle part vient de la vitesse ?

Exercice 18 : Peut-on négliger la vitesse de la surface ?

Un réservoir cylindrique de section $S_R = 1,0$ m² est percé d'un orifice de section $s = 1,0$

cm^2 , situé 1,00 m sous la surface libre.

1. Calcule la vitesse de sortie en utilisant l'approximation $v_A \approx 0$.
2. Calcule le débit puis la vitesse de descente du niveau dans le réservoir.
3. Compare cette vitesse de descente à la vitesse de sortie : l'approximation est-elle justifiée ?
4. Estime la durée nécessaire pour que le niveau baisse de 1,0 cm (on prend h constant).

Exercice 19 : Confronter le modèle à la mesure

Un élève perce un orifice de section $1,0 \text{ cm}^2$ à 1,00 m sous la surface d'un grand réservoir maintenu plein. En 60 s, il recueille 21,0 L d'eau.

1. Calcule le débit théorique prévu par la formule de Torricelli, puis le volume attendu en 60 s.
2. Calcule le rapport entre le volume mesuré et le volume attendu.
3. Propose deux raisons physiques expliquant cet écart.
4. Comment réduire cet écart expérimentalement ?

Exercice 20 : Dimensionner un jet d'arrosage

Un tuyau d'arrosage de diamètre intérieur 16 mm, relié à une buse de diamètre 4,0 mm, débite 0,25 L/s. On néglige les frottements.

1. Calcule la vitesse de l'eau dans le tuyau puis à la sortie de la buse.
2. Calcule la pression relative ($P - P_{\text{atm}}$) dans le tuyau, juste avant la buse.
3. Le jet est dirigé verticalement vers le haut : quelle hauteur maximale atteint-il (formule de Torricelli inversée) ?
4. Discute de façon critique ce résultat : que se passe-t-il réellement ?