

<u>Thème 2</u> <u>Analyser et diagnostiquer.</u> <u>Exercice</u>	<u>Écoulement d'un liquide : débit et vitesse</u> <u>Correction</u>	<u>1^{ère} ST2S</u>
--	--	-----------------------------

Dans tous les exercices, les fluides considérés seront incompressibles.

Débit volumique et vitesse d'écoulement.

Exercice 1 : Conversions.

Convertir, dans le système international des unités, les différentes grandeurs figurant dans les formules du débit volumique :

- | | | |
|---|--|--|
| 1. 8 mm^2 en m^2 | 8 mm = $8 \cdot 10^{-3}$ m | 8 mm ² = $8 \cdot 10^{-6}$ m ² . |
| 2. 15 cm^2 en m^2 | 15 cm = $15 \cdot 10^{-2}$ m | 15 cm ² = $15 \cdot 10^{-4}$ m ² . |
| 3. $25 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ | 25 mm/s = $25 \cdot 10^{-3}$ m/s. | |
| 4. $30 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ | 30 cm/s = $30 \cdot 10^{-2}$ m/s. | |
| 5. $5 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ | 5 L/s = $5 \cdot 10^{-3}$ m ³ /s. | |
| 6. $18 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ | 18 L/min = $18 \cdot 10^{-3}$ m ³ /s = $\frac{18 \cdot 10^{-3}}{60} = 3,0 \cdot 10^{-4}$ m ³ /s. | |

Exercice 2 : Calcul d'un débit volumique.

- Donner la formule permettant de calculer le débit volumique d'un écoulement en fonction du volume de fluide écoulé. Préciser les unités SI pour chaque grandeur.
- Vérifier que le débit volumique d'un robinet mitigeur qui fournit 8,5 L d'eau par minute est de $1,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.
- Le diamètre du mitigeur est de 16 mm. Quelle est la section de l'écoulement de l'eau ?
- L'écoulement à la sortie de ce mitigeur est laminaire. Vérifier que la vitesse de l'eau en sortie de mitigeur est de $0,70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

1. Formule permettant de calculer le débit volumique d'un écoulement en fonction du volume de fluide écoulé.

$$D = \frac{V}{\Delta t} \quad \text{avec } D \text{ en } \text{m}^3/\text{s}, V \text{ en } \text{m}^3 \text{ et } \Delta t \text{ en } \text{s}.$$

2. Calcul du débit volumique d'un robinet mitigeur.

$$V = 8,5 \text{ L} = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 ; \Delta t = 60 \text{ s}$$

$$D = \frac{V}{\Delta t} = \frac{8,5 \cdot 10^{-3}}{60} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}.$$

3. Calcul de la section de l'écoulement de l'eau.

$$\text{Diamètre} = 16 \text{ mm} \Rightarrow \text{rayon } R = 8 \text{ mm} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$S = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (8 \cdot 10^{-3})^2 = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2.$$

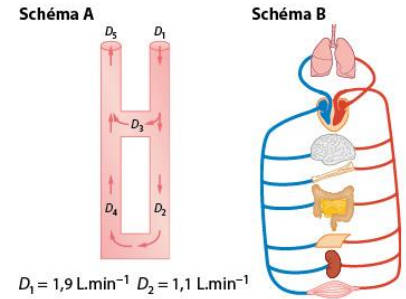
4. Calcul de la vitesse de l'eau en sortie de mitigeur.

$$D = v \times S \text{ d'où } v = \frac{D}{S} = \frac{1,4 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-4}} = 0,70 \text{ m/s}.$$

Exercice 3 : La circulation sanguine.

Le schéma A peut représenter une portion de la circulation sanguine du schéma B.

1. Par comparaison des deux schémas du **document**, identifier l'organe qui se trouverait dans chaque vaisseau horizontal du schéma A.
2. On considère que l'écoulement dans les tuyaux suit un régime laminaire permanent. Il y a alors conservation du débit à chaque bifurcation. En déduire les valeurs de D_3 , D_4 et D_5 .



1. Par analogie entre les schémas A et B.

Tuyau horizontal supérieur (schéma A) : reins.

Tuyau horizontal inférieur (schéma A) : muscles.

Par analogie entre les schémas A et B.

2. Par conservation du débit volumique :

$$D_1 = D_2 + D_3 \text{ d'où } D_3 = D_1 - D_2 = 1,9 - 1,1 = 0,8 \text{ L/min.}$$

$$D_2 = D_4 \text{ car régime laminaire permanent. Donc } D_4 = 1,1 \text{ L/min.}$$

$$D_5 = D_3 + D_4 = 0,8 + 1,1 = 1,9 \text{ L/min} = D_1.$$

Exercice 5 : Des artères saines ou malades ?

Samir vient de pratiquer un examen qui a permis de déterminer son débit sanguin : $D_{\text{Samir}} = 4,8 \text{ L.min}^{-1}$.

1. Montrer que $D_{\text{Samir}} = 8,0 \times 10^{-5} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.
2. Rappeler la relation entre le débit sanguin D , la vitesse d'écoulement du sang v et l'aire S d'une section du circuit sanguin. Préciser les unités SI de ces grandeurs.
3. La vitesse d'écoulement du sang dans les artères coronaires de Samir est égale à $v = 2,5 \text{ m.s}^{-1}$.
En déduire l'aire S d'une section de ses artères coronaires.
4. Des artères coronaires saines ont une section comprise entre $0,3$ et $0,4 \text{ cm}^2$.
Indiquer si Samir souffre d'un rétrécissement ou d'un élargissement des artères. Justifier.

1. Calcul du débit sanguin de Samir

$$D_{\text{samir}} = 4,8 \text{ L/min} = \frac{4,8 \cdot 10^{-3}}{60} = 8,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}.$$

2. Relation entre le débit sanguin D , la vitesse d'écoulement du sang v et l'aire S d'une section du circuit sanguin.

$$D = v \times S \text{ avec } D \text{ en m}^3/\text{s}, v \text{ en m/s et } S \text{ en m}^2.$$

3. Calcul de l'aire S .

$$v = 2,5 \text{ m.s}^{-1}.$$

$$S = \frac{D}{v} = \frac{8,0 \cdot 10^{-5}}{2,5} = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2.$$

4. Rétrécissement ou d'un élargissement des artères.

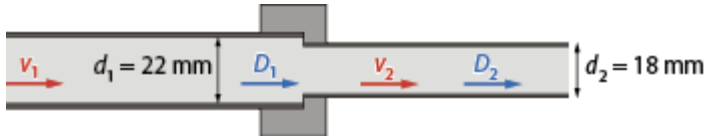
$$3,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 = 3,2 \cdot 10^{-5} \times 10^4 \text{ cm}^2 \text{ soit } S = 3,2 \cdot 10^{-1} \text{ cm}^2 = 0,32 \text{ cm}^2.$$

Cette section est bien comprise entre les valeurs limites de $0,3$ et $0,4 \text{ cm}^2$.

Samir ne souffre ni de rétrécissement, ni d'élargissement.

Exercice 6 : Réduction dans une canalisation.

On considère la réduction de tuyaux suivante.



Données : $v_1 = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$; Fluide s'écoulant : eau ; Type d'écoulement : laminaire permanent

1. Calculer le débit volumique D_1 dans le premier tuyau.
2. Comparer les débits volumiques D_1 et D_2 . Justifier.
3. Déterminer la vitesse d'écoulement v_2 dans le second tuyau.
4. Comparer v_2 à v_1 . La réponse est-elle cohérente avec la relation littérale utilisée ?
5. L'eau coule pendant 2 min 45 s. Déterminer le volume d'eau écoulée correspondant, en m^3 puis en L.

1. Calcul du débit volumique.

$$v_1 = 0,5 \text{ m.s}^{-1} ; d_1 = 22 \text{ mm} ; R_1 = 11 \text{ mm} = 11 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$S_1 = \pi \cdot R_1^2 = \pi \cdot (11 \cdot 10^{-3})^2 = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2.$$

$$D_1 = v_1 \times S_1 = 0,5 \times 3,8 \cdot 10^{-4} = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}.$$

2. L'écoulement étant permanent alors $D_1 = D_2$.

3. Calcul de la vitesse d'écoulement v_2 dans le second tuyau.

$$d_2 = 18 \text{ mm} ; R_2 = 9 \text{ mm} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$S_2 = \pi \cdot R_2^2 = \pi \cdot (9 \cdot 10^{-3})^2 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2.$$

$$v_2 = \frac{D_2}{S_2} = \frac{1,9 \cdot 10^{-4}}{2,5 \cdot 10^{-4}} = 0,75 \text{ m/s}.$$

4. Comparaison de v_2 et v_1 .

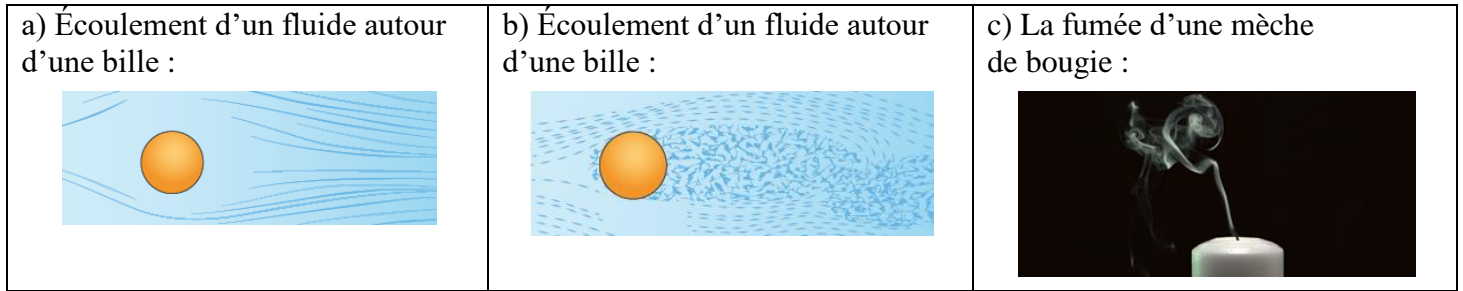
$v_2 > v_1$. Cela est en accord avec la relation littérale utilisée $D = v \times S$; lorsque la section diminue soit lorsque le diamètre du tuyau diminue alors la vitesse moyenne d'écoulement du fluide augmente.

5. Calcul du volume d'eau écoulée.

$$t = 2 \text{ min } 45 \text{ s} = 165 \text{ s}$$

$$D = \frac{V}{\Delta t} \Rightarrow \text{d'où } V = D_1 \times \Delta t = 1,9 \cdot 10^{-4} \times 165 = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ soit } 31 \text{ L}.$$

Exercice 7 : Laminaire ou turbulent ?



1. Définir un écoulement laminaire.
 2. Définir un écoulement turbulent.
 3. Identifier, pour chacune des trois images a), b) et c), le ou les régime(s) d'écoulement représenté(s). Justifier.
 4. Que peut-on dire de la vitesse d'écoulement entre les images a) et b) ?
-
1. **Définition d'un écoulement laminaire.**
Écoulement d'un fluide dont la vitesse des particules est suffisamment faible pour que l'écoulement soit régulier et se fasse sans mélange au sein du fluide.
 2. **Définition d'un écoulement turbulent.**
L'écoulement turbulent s'observe pour des vitesses de déplacement des particules plus élevées et s'accompagne de mélange au sein de l'écoulement.
 3. **Régime(s) d'écoulement représenté(s).**
Régime laminaire : figure a et figure c (juste au-dessus de la mèche de bougie, l'écoulement est laminaire avant de devenir turbulent).
Régime turbulent : Figure b et figure c (dans la partie supérieure des fumées).
 4. **Vitesse d'écoulement entre les images a) et b).**
La vitesse d'écoulement d'abord faible dans le cas de la figure a (écoulement laminaire) a ensuite augmenté (obtention d'un écoulement turbulent).

Débit cardiaque, fréquence cardiaque et volume d'éjection systolique.

Exercice 8 : Un patient agité.

Voici l'ECG d'un patient.



Sur cet enregistrement, le papier défile à la vitesse de $2,5 \text{ cm.s}^{-1}$.

1. Vérifier que l'échelle horizontale correspond à $0,40 \text{ s}$ pour 1 cm .
2. Calculer la période T_1 du signal en début d'enregistrement. En déduire la fréquence cardiaque f_{C1} du patient.
3. Calculer la période T_2 du signal en fin d'enregistrement. En déduire la fréquence cardiaque f_{C2} du patient.
4. Proposer une explication permettant de justifier cette différence de fréquence cardiaque.

1. Echelle horizontale.

D'après la vitesse de défilement du papier, on peut établir le tableau suivant :

Distance parcourue (cm)	Durée du défilement (s)
2,5	1
1,0	Δt

$\Delta t = 1,0 \times 1/2,5 = 0,40 \text{ s}$ pour $1,0 \text{ cm}$ de défilement. Ainsi, sur l'ECG, 1 cm horizontalement correspond à $0,4 \text{ s}$.

2. Calcule de la période T_1 du signal en début d'enregistrement puis de la fréquence cardiaque f_{C1} du patient.
Sur l'ECG, T_1 correspond à $2,6 \text{ cm}$ en début d'enregistrement soit :

$$T_1 = 2,6 \times 0,40 = 1,0 \text{ s.} \quad f_{C1} = \frac{60}{T_1} = 60 \text{ bpm.}$$

3. Calcule de la période T_2 du signal en fin d'enregistrement puis de la fréquence cardiaque f_{C2} du patient.
En fin d'enregistrement, 2 périodes correspondent environ à $2,0 \text{ cm}$, donc :

$$T_2 = 2,0 \times 0,40 / 2 = 0,40 \text{ s.} \quad f_{C2} = \frac{60}{T_2} = 1,5 \cdot 10^2 \text{ bpm} \approx 150 \text{ bpm.}$$

4. Justification de la différence de fréquence cardiaque.

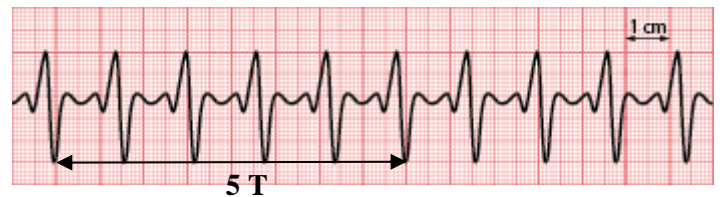
Le patient a bougé durant l'ECG.

Exercice 9 : Exploitation d'un électrocardiogramme.

On dispose de l'ECG d'un patient.

Sur l'enregistrement du document, l'échelle horizontale est de $0,40 \text{ s}$ par cm .

1. Calculer la période d'un battement de cœur.
2. En déduire la fréquence cardiaque du patient.
3. Sachant que le volume d'éjection systolique chez ce patient est de 70 mL par battement, calculer son débit cardiaque.



1. Calcul de la période d'un battement de Cœur.

Pour une meilleure précision, on considère 5 périodes.

Durée (s)	Nombre de divisions horizontales (cm)
0,40	1
5 T	8,0

$$5T \text{ représentent } 8,0 \text{ cm. Donc } T = \frac{0,40 \times 8,0}{5} = 0,64 \text{ s.}$$

2. Fréquence cardiaque.

$$f_C = \frac{60}{T} = \frac{60}{0,64} = 94 \text{ bpm.}$$

3. Débit cardiaque.

Volume d'éjection systolique = 70 mL par battement

$$D_C = V_{ES} \times f_C \text{ soit } D_C = 70 \times 94 = 6,6 \cdot 10^3 \text{ mL.min}^{-1} \text{ soit } 6,6 \text{ L.min}^{-1}.$$