

Décrire le transport de masse et de volume par un fluide en mouvement

Terminale Bac Pro ICCER (Grpt 1) | Physique – Mécanique des fluides

ICCER — Mise en situation

Dimensionner un réseau de distribution d'eau chaude sanitaire

Dans un bâtiment tertiaire, vous devez dimensionner le réseau ECS (Eau Chaude Sanitaire). La chaudière produit un débit volumique $Q_v = 1,8 \text{ m}^3/\text{h}$. Le réseau se divise en deux branches : une canalisation principale (DN40) et une dérivation (DN25). Pour chaque tronçon, il faut calculer la vitesse d'écoulement afin de vérifier qu'elle reste entre 0,5 et 1,5 m/s (règle de bonne pratique pour limiter les bruits et l'érosion). Les notions de **débit volumique**, **débit massique** et **équation de continuité** vous permettront d'effectuer ces calculs avec méthode.

Je vais apprendre à :

- Mesurer expérimentalement le débit en masse ou en volume d'un fluide en mouvement
- Calculer une vitesse moyenne d'écoulement à partir du débit volumique et de la section
- Exploiter la conservation du débit en masse pour comparer les vitesses d'écoulement en différents points d'une canalisation
- Distinguer débit volumique et débit massique, et savoir les relier via la masse volumique

1. Débit volumique Q_v

DÉFINITION

Le **débit volumique** Q_v d'un fluide en mouvement est le **volume de fluide qui traverse une section droite de la canalisation par unité de temps**.

- Plus le débit est grand, plus le fluide s'écoule vite ou en grande quantité.
- Le débit volumique se mesure à l'aide d'un **débitmètre** ou par la méthode **volumétrique** (mesure du volume recueilli pendant une durée t).

$$Q_v = \frac{V}{t}$$

Q_v en m^3/s | V en m^3 (volume écoulé) | t en s (durée d'écoulement)

APPLICATION

Un technicien CVC mesure que 360 L d'eau s'écoulent en 2 minutes dans une canalisation. Calculer le débit volumique en m^3/s , puis en L/min.

LIEN AVEC LA SECTION ET LA VITESSE

Si le fluide s'écoule avec une vitesse moyenne v dans une canalisation de section droite S , le volume qui traverse la section pendant Δt est le **cylindre** de base S et de longueur $v \cdot \Delta t$:

$$\Delta V = S \times v \times \Delta t$$

D'où :

$$Q_v = S \times v$$

Q_v en m^3/s | S en m^2 (section droite de passage) | v en m/s (vitesse moyenne d'écoulement)

UNITÉS USUELLES DU DÉBIT VOLUMIQUE

Unité	Symbole	Conversion
Mètre cube par seconde	m ³ /s	unité SI
Litre par seconde	L/s	1 L/s = 10 ⁻³ m ³ /s
Litre par minute	L/min	1 L/min = 1/60 L/s ≈ 1,67 × 10 ⁻⁵ m ³ /s
Mètre cube par heure	m ³ /h	1 m ³ /h ≈ 2,78 × 10 ⁻⁴ m ³ /s

ATTENTION AUX UNITÉS

Avant tout calcul, convertir les volumes en m³ et les durées en secondes pour obtenir Q_v en m³/s. Pour passer de L à m³ : diviser par 1 000.

2. Débit massique Q_m

DÉFINITION

Le **débit massique Q_m** est la **masse de fluide qui traverse une section par unité de temps**. Il est utilisé notamment lorsque la masse du fluide transporté est importante (carburant, gaz, matière première...).

$$Q_m = \frac{m}{t}$$

Q_m en kg/s | m en kg (masse transportée) | t en s (durée d'écoulement)

LIEN ENTRE Q_M ET Q_V

La masse volumique ρ (en kg/m^3) relie la masse au volume : $m = \rho \times V$. En divisant par la durée :

$$Q_m = \rho \times Q_v$$

ρ en kg/m^3 | Q_v en m^3/s | Q_m en kg/s

Exemples de masses volumiques : eau : $1\,000\text{ kg/m}^3$; eau glycolée 30 % (PAC) : $\approx 1\,040\text{ kg/m}^3$; huile hydraulique : $\approx 870\text{ kg/m}^3$; air à $20\text{ }^\circ\text{C}$: $\approx 1,2\text{ kg/m}^3$.

APPLICATION

Un circuit de pompe à chaleur a un débit volumique $Q_v = 1,5 \times 10^{-3}\text{ m}^3/\text{s}$ d'eau glycolée ($\rho = 1\,040\text{ kg/m}^3$). Calculer le débit massique Q_m .

EXEMPLE - CIRCUIT D'EAU GLYCOLÉE (PAC)

Une pompe à chaleur utilise un circuit primaire contenant de l'eau glycolée ($\rho = 1040\text{ kg/m}^3$) avec un débit volumique $Q_v = 2,0 \times 10^{-3}\text{ m}^3/\text{s}$.

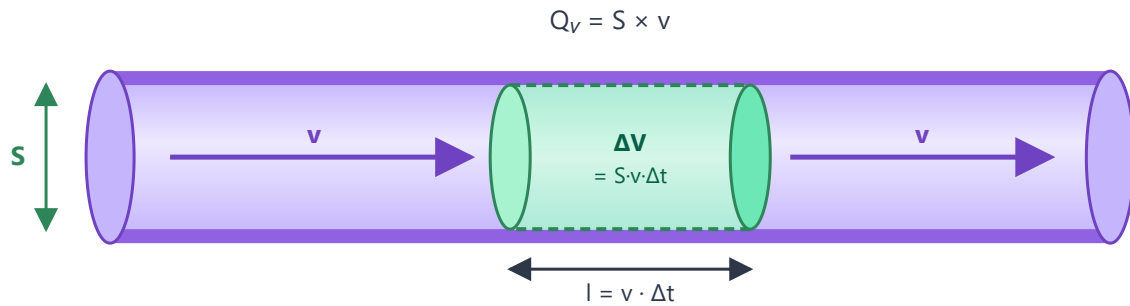
$$Q_m = 1040 \times 2,0 \times 10^{-3} = \mathbf{2,08\text{ kg/s}}$$

En 1 heure : masse transportée = $2,08 \times 3\,600 = 7\,488\text{ kg} \approx 7,5\text{ tonnes}$.

3. Représentation du volume élémentaire écoulé

Pendant un intervalle de temps Δt , un fluide de vitesse moyenne v dans une canalisation de section S parcourt une distance $l = v \cdot \Delta t$. Le volume élémentaire qui traverse la section est donc :

$$\Delta V = S \times v \times \Delta t$$



En un temps Δt , le volume de fluide traversant la section S est $\Delta V = S \times v \times \Delta t$, d'où $Q_v = \Delta V / \Delta t = S \times v$.

4. Conservation du débit – équation de continuité

DÉBIT EN MASSE CONSTANT EN TOUT POINT

Dans un **écoulement permanent** (régime établi, sans accumulation ni vidange), le débit en masse est **le même en tout point de la canalisation**, quelle que soit la section :

$$Q_{m,1} = Q_{m,2}$$

Pour un fluide **incompressible** (liquide : eau, huile), la masse volumique est constante ($\rho = \text{cst}$), donc le débit volumique est également conservé :

$$Q_v = S_1 \times v_1 = S_2 \times v_2$$

C'est l'**équation de continuité**.

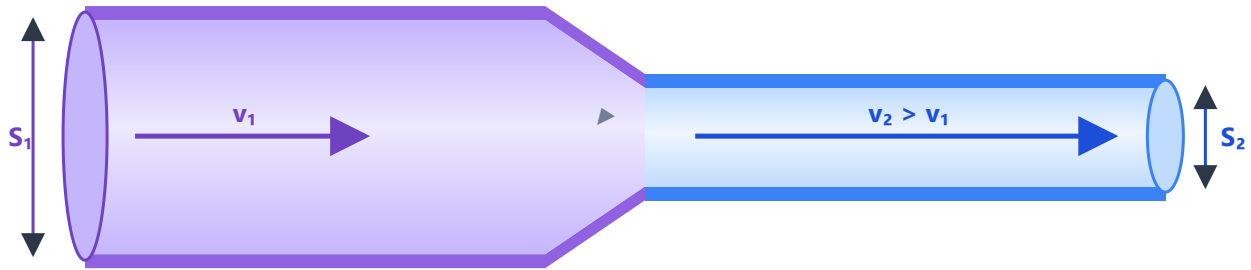
CONSÉQUENCE IMPORTANTE

Si la section de la canalisation **diminue** ($S_2 < S_1$), alors la vitesse **augmente** ($v_2 > v_1$). Si la section **augmente**, la vitesse **diminue**.

C'est le phénomène que l'on observe en pinçant un tuyau d'arrosage : le jet est plus rapide à la sortie rétrécie.

APPLICATION

Un réseau ECS passe d'un tronçon de diamètre $D_1 = 40 \text{ mm}$ à $D_2 = 20 \text{ mm}$. Le débit volumique est $Q_v = 1,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$. Calculer la vitesse dans chaque tronçon.



$$S_2 < S_1 \Rightarrow v_2 > v_1 \quad (Q_v \text{ conservé})$$

Le fluide accélère dans la section rétrécie : $S_1 \times v_1 = S_2 \times v_2$. Si $S_2 < S_1$, alors $v_2 > v_1$.

$$Q_v = S_1 \times v_1 = S_2 \times v_2$$

Équation de continuité – valable pour un fluide incompressible en écoulement permanent

EXEMPLE - TUYAU QUI SE RÉTRÉCIT

Un circuit hydraulique a une section $S_1 = 4,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ où le fluide circule à $v_1 = 0,5 \text{ m/s}$. La canalisation se rétrécit à $S_2 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$.

Conservation du débit volumique :

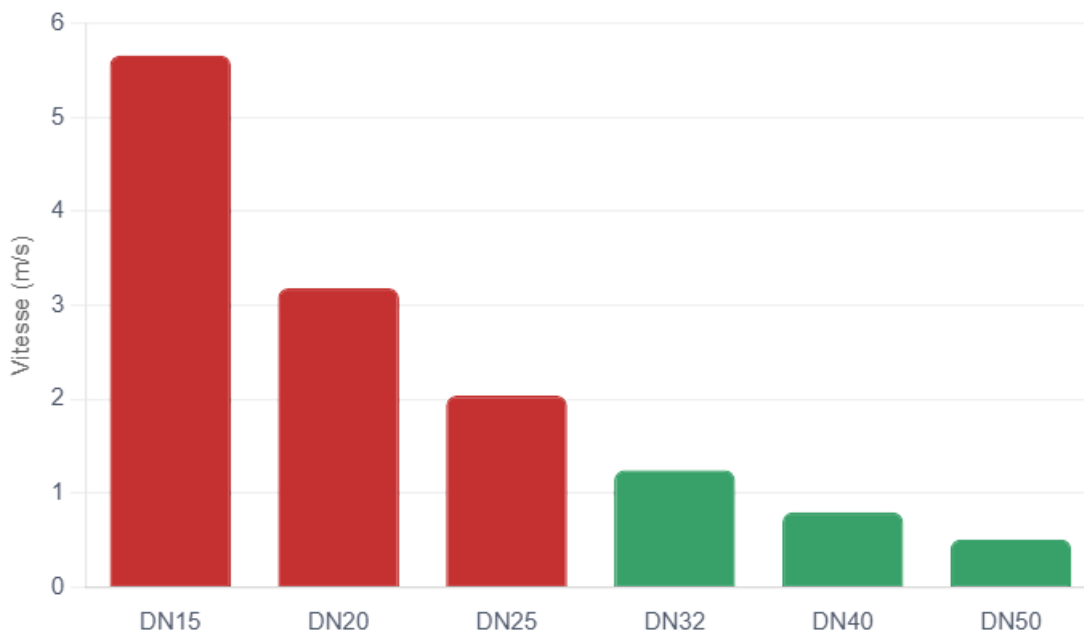
$$Q_v = S_1 \times v_1 = 4,0 \times 10^{-3} \times 0,5 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_2 = \frac{Q_v}{S_2} = \frac{2,0 \times 10^{-3}}{1,0 \times 10^{-3}} = \mathbf{2,0 \text{ m/s}}$$

La vitesse est multipliée par 4 quand la section est divisée par 4.

5. Simulateur – Vitesse en fonction du débit et du diamètre

Pour un débit volumique donné, la vitesse d'écoulement dépend de la section (donc du diamètre) de la canalisation. Ajustez le débit et observez comment varie la vitesse dans différentes DN (diamètres nominaux) utilisées en installation thermique.



$1.00e-3 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_v \text{ (m}^3/\text{s)}$

0.51 m/s

v min (plus grande DN)

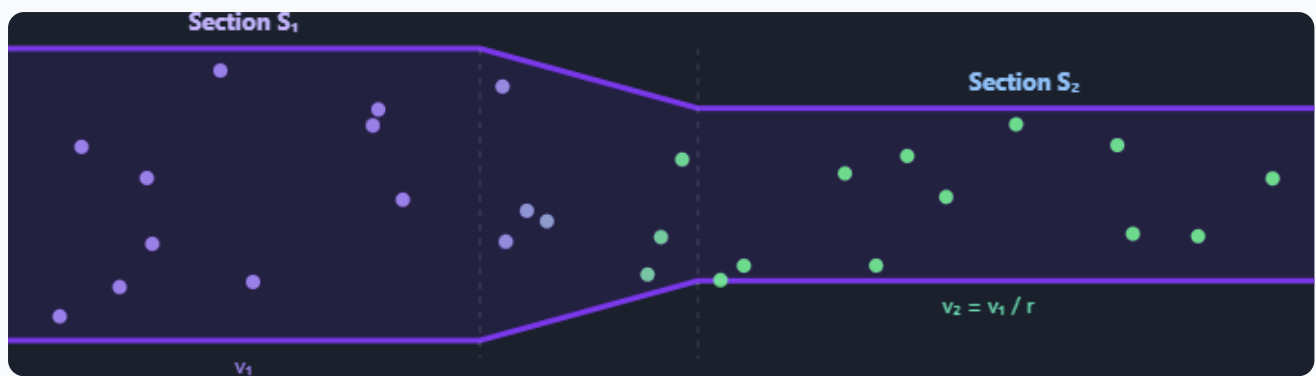
5.66 m/s

v max (plus petite DN)

Zone verte : vitesse recommandée 0,5–1,5 m/s. Zone rouge : vitesse trop élevée (bruit, érosion).

6. Animation – Équation de continuité (visualisation des particules)

L'animation ci-dessous représente des particules de fluide s'écoulant dans une canalisation qui se rétrécit. Observez l'accélération des particules dans la section plus étroite : c'est la conséquence directe de l'équation de continuité.



1,0×

Vitesse section 1

2.9×

Vitesse section 2

× 2.9

Accélération

7. Applications industrielles en installation thermique

ICCER

RÉSEAU ECS ET CHAUFFAGE

Dans un bâtiment tertiaire, le réseau d'eau chaude sanitaire ou de chauffage est dimensionné pour que la vitesse de l'eau reste entre **0,5 et 1,5 m/s**.

- En dessous de 0,5 m/s : risque de dépôts calcaires et développement de légionelles.
- Au-dessus de 1,5 m/s : bruits d'écoulement (chasse d'eau), érosion des parois, pertes de charge élevées.
- Formule de dimensionnement : $d = \sqrt{\frac{4 Q_v}{\pi v_{\text{cible}}}}$

ICCER

CIRCUIT PRIMAIRE DE POMPE À CHALEUR

Le circuit primaire (capteurs géothermiques ou aérothermiques) transporte de l'eau glycolée. Le débit massique est utilisé pour calculer la puissance thermique échangée :

$$P_{\text{th}} = Q_m \times c_p \times \Delta T$$

avec $c_p \approx 3,9 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ pour l'eau glycolée à 30 %.

VENTILATION ET CLIMATISATION (CTA)

Dans les installations de **ventilation** (CVC – chauffage, ventilation, climatisation), les gaines de distribution d'air ont des sections variées. L'équation de continuité permet de calculer la vitesse de l'air dans chaque tronçon et d'éviter les bruits d'écoulement ou les pertes de charge excessives. Vitesse recommandée dans les gaines principales : **4–8 m/s**.

HYDRAULIQUE - VÉRINS ET POMPES

Dans un **circuit hydraulique** (machines-outils, presses, grues), une pompe impose un débit volumique constant. La vitesse du piston d'un vérin est directement liée au débit :

$$v_{\text{piston}} = \frac{Q_v}{S_{\text{piston}}}$$

8. Méthode de résolution d'un problème de débit

DÉMARCHE TYPE

1. **Identifier les données** : relever toutes les grandeurs numériques avec leurs unités (V , m , t , S , v , ρ , Q_v , Q_m).
2. **Convertir les unités** : tout mettre en unités SI (m^3 , kg , s , m^2 , m/s) avant de calculer.
3. **Choisir la formule** :
 - Si on connaît V et $t \rightarrow Q_v = V/t$
 - Si on connaît S et $v \rightarrow Q_v = S \times v$
 - Si on veut v à partir de Q_v et $S \rightarrow v = Q_v/S$
 - Si on veut $Q_m \rightarrow Q_m = \rho \times Q_v$
 - Équation de continuité $\rightarrow S_1 v_1 = S_2 v_2$
4. **Poser et effectuer le calcul** avec les valeurs numériques.
5. **Vérifier l'unité** du résultat (analyse dimensionnelle).
6. **Rédiger la réponse** avec le bon nombre de chiffres significatifs et l'unité.

9. Exemples numériques

EXEMPLE 1 - POMPE HYDRAULIQUE (MESURE EXPÉRIMENTALE)

Une pompe hydraulique remplit une cuve en recueillant $V = 120 \text{ L}$ d'huile en $t = 4 \text{ min}$.
Calculer le débit volumique Q_v .

Conversion : $V = 120 \text{ L} = 0,120 \text{ m}^3$; $t = 4 \times 60 = 240 \text{ s}$

$$Q_v = \frac{V}{t} = \frac{0,120}{240} = 5,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Soit $Q_v = 0,50 \text{ L/s} = 30 \text{ L/min}$.

EXEMPLE 2 - TUYAU D'ARROSAGE (SECTION ET VITESSE)

Un tuyau d'arrosage a un diamètre intérieur $d = 16 \text{ mm}$. Le débit volumique mesuré est $Q_v = 0,80 \text{ L/s}$. Calculer la vitesse moyenne v de l'eau dans le tuyau.

Section : rayon $r = 8 \text{ mm} = 0,008 \text{ m}$

$$S = \pi r^2 = \pi \times (0,008)^2 \approx 2,01 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Conversion du débit : $Q_v = 0,80 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

$$v = \frac{Q_v}{S} = \frac{0,80 \times 10^{-3}}{2,01 \times 10^{-4}} \approx \mathbf{3,98 \text{ m/s}} \approx 4,0 \text{ m/s}$$

EXEMPLE 3 - DÉBIT MASSIQUE D'UNE CONDUITE D'EAU

Une canalisation transporte de l'eau ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) avec un débit volumique $Q_v = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$. Calculer le débit massique Q_m .

$$Q_m = \rho \times Q_v = 1000 \times 2,5 \times 10^{-3} = \mathbf{2,5 \text{ kg/s}}$$

En 1 heure : masse transportée = $2,5 \times 3\,600 = 9\,000 \text{ kg} = \mathbf{9 \text{ tonnes}}$.

EXEMPLE 4 - ÉQUATION DE CONTINUITÉ (CIRCUIT HYDRAULIQUE)

Dans une installation hydraulique, l'huile passe d'une canalisation de **diamètre $d_1 = 40$ mm** où elle circule à **$v_1 = 1,2$ m/s**, dans une canalisation de **diamètre $d_2 = 20$ mm**.
Calculer la vitesse **v_2** dans la deuxième canalisation.

Sections :

$$S_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\pi \times (0,040)^2}{4} \approx 1,257 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$S_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{\pi \times (0,020)^2}{4} \approx 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Équation de continuité :

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{S_1 \times v_1}{S_2} = \frac{1,257 \times 10^{-3} \times 1,2}{3,14 \times 10^{-4}} \approx 4,8 \text{ m/s}$$

Vérification rapide : le diamètre est divisé par 2, donc la section est divisée par 4 et la vitesse est multipliée par 4 : $1,2 \times 4 = 4,8$ m/s. Cohérent.

10. Tableau récapitulatif des formules

Grandeur	Symbole	Unité SI	Formule(s)
Débit volumique	Q_v	m^3/s	$Q_v = \frac{V}{t} = S \times v$
Débit massique	Q_m	kg/s	$Q_m = \frac{m}{t} = \rho \times Q_v$
Vitesse moyenne d'écoulement	v	m/s	$v = \frac{Q_v}{S}$
Section droite de passage	S	m^2	$S = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$ (section circulaire)
Équation de continuité	–	–	$S_1 v_1 = S_2 v_2$
Volume écoulé	V	m^3	$V = Q_v \times t$
Masse transportée	m	kg	$m = Q_m \times t = \rho \times V$

RAPPELS DE CONVERSIONS UTILES

- $1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$; $1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ L}$
- $1 \text{ L/s} = 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$; $1 \text{ L/min} \approx 1,667 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
- $1 \text{ m}^3/\text{h} \approx 2,778 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
- Section d'un tube circulaire de diamètre d : $S = \frac{\pi d^2}{4}$

💡 À retenir absolument

- Le débit volumique $Q_v = V/t = S \times v$ exprime le **volume de fluide écoulé par seconde**.
- Le débit massique $Q_m = \rho \times Q_v$ tient compte de la **masse volumique** du fluide.
- L'équation de continuité $S_1 v_1 = S_2 v_2$ traduit la **conservation du débit** : section petite $\Rightarrow$ vitesse grande.
- En installation thermique, les vitesses recommandées sont : eau ECS **0,5–1,5 m/s**, air en gaines CTA **4–8 m/s**.
- Toujours **convertir en unités SI** avant de calculer (m^3 , m^2 , m/s , kg/m^3).

11. Bilan – Synthèse du chapitre

Formules essentielles

- $Q_v = V/t = S \times v$ [m^3/s]
- $Q_m = m/t = \rho \times Q_v$ [kg/s]
- $S_1 v_1 = S_2 v_2$ (équation de continuité)
- $v = Q_v/S$; $S = \pi d^2/4$

Applications professionnelles

- Dimensionnement réseau ECS / chauffage
- Débit massique circuit primaire PAC
- Vitesse d'air dans gaines CTA
- Vitesse piston vérin hydraulique
- Mesure expérimentale par débitmètre

12. Mini-exercices corrigés

► Exercice 1 – Débit volumique ECS (méthode volumétrique)

Lors d'une mise en service d'un réseau ECS, un plombier chauffagiste recueille **50 L** d'eau en **2 min 30 s** à l'aide d'un seau et d'un chronomètre.

1. Convertir le volume et la durée en unités SI.
2. Calculer le débit volumique Q_v en m^3/s puis en L/min .
3. Le cahier des charges impose $Q_v \geq 1,2 \text{ L/s}$. La pompe est-elle conforme ?

► Exercice 2 – Vitesse dans une gaine de CTA

Une centrale de traitement d'air (CTA) distribue de l'air avec un débit volumique de $Q_v = 3\,600 \text{ m}^3/\text{h}$. La gaine principale est rectangulaire de dimensions **600 mm** $\times$ **400 mm**.

1. Calculer la section S de la gaine en m^2 .
2. Convertir Q_v en m^3/s .
3. Calculer la vitesse v de l'air dans la gaine principale.
4. Cette vitesse est-elle dans la plage recommandée (4–8 m/s) pour éviter les bruits ?

► Exercice 3 – Débit massique circuit PAC (eau glycolée)

Le circuit primaire d'une pompe à chaleur géothermique contient de l'eau glycolée à 30 % ($\rho = 1040 \text{ kg}/\text{m}^3$, $c_p = 3,9 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$). Le débit volumique est $Q_v = 1,8 \text{ m}^3/\text{h}$. La température passe de -3°C à $+3^\circ\text{C}$ entre l'entrée et la sortie du capteur géothermique.

1. Convertir Q_v en m^3/s .
2. Calculer le débit massique Q_m .
3. Calculer la puissance thermique prélevée au sol : $P = Q_m \times c_p \times \Delta T$.

► Exercice 4 – Équation de continuité dans un réseau ECS (réducteur de pression)

Une canalisation ECS de diamètre $d_1 = 40 \text{ mm}$ alimente une tuyauterie de diamètre $d_2 = 20 \text{ mm}$ après un réducteur de section. L'eau circule à $v_1 = 0,8 \text{ m/s}$ dans la canalisation principale.

1. Calculer les sections S_1 et S_2 .
2. Calculer le débit volumique Q_v .
3. Calculer la vitesse v_2 après le réducteur.
4. La vitesse v_2 est-elle acceptable pour un réseau ECS (0,5–1,5 m/s) ?

Erreurs fréquentes

✗ Confondre débit volumique et débit massique

Q_v est un volume par unité de temps (m^3/s) ; Q_m est une masse par unité de temps (kg/s). La relation est $Q_m = \rho \times Q_v$. Pour l'eau, $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$ donc $Q_m (\text{kg/s}) = 1\,000 \times Q_v (\text{m}^3/\text{s})$.

Conseil : toujours préciser l'unité et vérifier que le résultat est cohérent avec la grandeur demandée.

✗ Utiliser le diamètre à la place du rayon pour la section

La section d'un tube circulaire est $S = \pi \times r^2 = \pi \times (d/2)^2$. Utiliser le diamètre d directement dans $\pi \times d^2$ donne une section 4 fois trop grande.

Conseil : toujours diviser le diamètre par 2 avant de calculer la section.

✗ Oublier de convertir les unités de débit

$1 \text{ m}^3/\text{h} \neq 1 \text{ m}^3/\text{s}$. La conversion est : $1 \text{ m}^3/\text{h} = 1/3600 \text{ m}^3/\text{s} \approx 2,78 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. Ne pas confondre dans les calculs de vitesse $v = Q_v/S$.

Conseil : toujours exprimer Q_v en m^3/s et S en m^2 avant de calculer v en m/s .

✗ Additionner les vitesses au lieu des débits

À une bifurcation, c'est le débit massique qui se conserve ($Q_{m_entrée} = \Sigma$

$Q_{m_sorties}$), pas la vitesse. La vitesse dépend aussi de la section.

Conseil : appliquer d'abord la conservation du débit, puis calculer les vitesses dans chaque tronçon.

Simulation interactive

[Débit d'un fluide](#)

[Mécanique des fluides — Débit \$Q = Sv\$](#)

Décrire le transport de masse et de volume par un fluide en mouvement

Exercices | Terminale Bac Pro ICCER (Grpt 1) – Fluides en mouvement

Socle

Standard

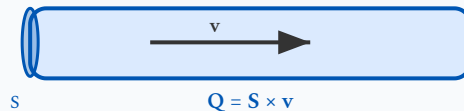
Approfondissement

Tout voir

 Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)

Rappels du cours



Un fluide en mouvement transporte de la masse et du volume. Les grandeurs clés sont les débits et les vitesses d'écoulement.

- Section d'un tuyau circulaire : $S = \pi r^2 = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2$ (m²)
- Débit volumique : $Q_v = v \cdot S$ (m³/s) — aussi exprimé en L/s ou L/h
- Débit massique : $Q_m = \rho \cdot Q_v$ (kg/s) avec ρ en kg/m³
- Continuité (conservation du débit) : $v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2 = Q_v = \text{cste}$
- Bernoulli (horizontal, fluide parfait) : $P + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{cste}$ — si v augmente, P diminue
- Puissance thermique transportée : $P_{\text{th}} = Q_m \cdot c \cdot \Delta T$ (W) avec $c_{\text{eau}} = 4\,186 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

SOCLE

EXERCICE 1 QCM – Grandeurs et unités

Pour chaque question, entourer la bonne réponse.

1. L'unité du débit volumique dans le système international est :

- a) L/h b) m^3/s c) kg/s

2. La formule du débit volumique est :

- a) $Q_v = \rho \cdot v$ b) $Q_v = v \cdot S$ c) $Q_v = P \cdot S$

3. Si le diamètre d'un tuyau double, la section est multipliée par :

- a) 2 b) 4 c) 8

4. D'après la conservation du débit, quand la section diminue, la vitesse :

- a) diminue b) reste constante c) augmente

5. L'effet Venturi décrit le fait que quand la vitesse augmente, la pression :

- a) augmente b) diminue c) reste constante

Mes calculs :

SOCLE**EXERCICE 2** Calcul guidé — Section et débit volumique

Un plombier chauffagiste installe un tuyau de diamètre $D = 20 \text{ mm} = 0,020 \text{ m}$. L'eau y circule à la vitesse $v = 1,5 \text{ m/s}$.

1. Calculer le rayon du tuyau :

$$r = \frac{D}{2} = \frac{0,020}{2} = \boxed{} \text{ m}$$

2. Calculer la section du tuyau. Compléter :

$$S = \pi \times r^2 = \pi \times (\boxed{})^2 = \pi \times \boxed{} \approx \boxed{} \text{ m}^2$$

3. Calculer le débit volumique. Compléter :

$$Q_v = v \times S = \boxed{} \times \boxed{} \approx \boxed{} \text{ m}^3/\text{s}$$

4. Convertir en L/s (rappel : $1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ L}$) :

$$Q_v = \boxed{} \times 1\,000 \approx \boxed{} \text{ L/s}$$

Mes calculs :

SOCLE**EXERCICE 3** Débit massique guidé

Un circuit de chauffage transporte de l'eau ($\rho = 1\,000\text{ kg/m}^3$) avec un débit volumique $Q_v = 0,5\text{ L/s}$.

1. Quelle formule relie le débit massique au débit volumique ? Compléter :

$$Q_m = \square \times \square$$

2. Convertir le débit volumique en m^3/s . Compléter :

$$Q_v = 0,5\text{ L/s} = 0,5 \times \square\text{ m}^3/\text{s} = \square\text{ m}^3/\text{s}$$

3. Calculer le débit massique. Compléter :

$$Q_m = 1\,000 \times \square = \square\text{ kg/s}$$

Mes calculs :

SOCLE**EXERCICE 4** Conservation du débit — étape par étape

Un technicien CVC observe une conduite qui se rétrécit : le diamètre passe de $D_1 = 30 \text{ mm}$ à $D_2 = 15 \text{ mm}$. La vitesse en amont est $v_1 = 1,0 \text{ m/s}$.

1. Calculer la section S_1 . Compléter :

$$S_1 = \pi \times \left(\frac{0,030}{2} \right)^2 = \pi \times (0,015)^2 \approx \boxed{} \text{ m}^2$$

2. Calculer la section S_2 . Compléter :

$$S_2 = \pi \times \left(\frac{0,015}{2} \right)^2 = \pi \times (\boxed{})^2 \approx \boxed{} \text{ m}^2$$

3. Écrire l'équation de continuité :

$$\boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \times \boxed{}$$

4. Calculer v_2 . Compléter :

$$v_2 = \frac{v_1 \times S_1}{S_2} = \frac{1,0 \times 7,07 \times 10^{-4}}{1,77 \times 10^{-4}} \approx \boxed{} \text{ m/s}$$

5. Compléter la phrase : « La section est divisée par $\boxed{}$, donc la vitesse est multipliée par $\boxed{}$. »

Mes calculs :

SOCLE**EXERCICE 5** Conversions guidées — Débits

Compléter les conversions suivantes.

1. Convertir $Q_v = 720 \text{ L/h}$ en L/s :

$$Q_v = \frac{720}{3\,600} = \boxed{} \text{ L/s}$$

2. Convertir $Q_v = 0,2 \text{ L/s}$ en m^3/s :

$$Q_v = 0,2 \times \boxed{} = \boxed{} \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Convertir $Q_v = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ en L/h :

$$Q_v = 5 \times 10^{-4} \times 1\,000 \times 3\,600 = \boxed{} \text{ L/h}$$

4. Le diamètre d'un tuyau est $D = 25 \text{ mm}$. Convertir en mètres :

$$D = 25 \times \boxed{} = \boxed{} \text{ m}$$

Mes calculs :

SOCLE**EXERCICE 6** Calcul guidé — Puissance thermique

Un technicien chauffagiste mesure un débit d'eau de $Q_v = 360 \text{ L/h}$ dans un circuit de chauffage. L'eau entre dans le radiateur à $T_1 = 60^\circ\text{C}$ et en sort à $T_2 = 50^\circ\text{C}$. On donne $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$ et $c = 4\,186 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

1. Calculer l'écart de température. Compléter :

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 60 - 50 = \boxed{}^\circ\text{C}$$

2. Convertir le débit volumique en m^3/s . Compléter :

$$Q_v = \frac{360}{3\,600} \times 10^{-3} = \boxed{} \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Calculer le débit massique. Compléter :

$$Q_m = \rho \times Q_v = 1\,000 \times \boxed{} = \boxed{} \text{ kg/s}$$

4. Calculer la puissance thermique. Compléter :

$$P_{\text{th}} = Q_m \times c \times \Delta T = 0,1 \times 4\,186 \times \boxed{} = \boxed{} \text{ W}$$

Mes calculs :

SOCLE

EXERCICE 7 Vrai ou faux — Fluides en mouvement

Pour chaque affirmation, indiquer si elle est **vraie** ou **fausse** et corriger si nécessaire.

1. Le débit volumique s'exprime en kg/s dans le système international.
2. Quand la section d'une conduite diminue, la vitesse du fluide augmente.
3. Le débit massique est le produit du débit volumique par la vitesse.
4. D'après l'effet Venturi, quand la vitesse augmente, la pression diminue.
5. Doubler le diamètre d'un tuyau multiplie la section par 2.

Mes calculs :

SOCLE**EXERCICE 8** Lecture d'un schéma — Identifier les grandeurs

Un installateur thermique observe le schéma suivant d'un circuit de chauffage :

- Tuyau aller : diamètre $D = 22 \text{ mm}$, eau à $T_1 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$
- Tuyau retour : même diamètre, eau à $T_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$
- Débit volumique mesuré : $Q_v = 500 \text{ L/h}$

1. Quel est l'écart de température ΔT entre l'aller et le retour ?

$$\Delta T = T_1 - T_2 = \boxed{} - \boxed{} = \boxed{} \text{ }^\circ\text{C}$$

2. Convertir le diamètre en mètres :

$$D = \boxed{} \text{ m}$$

3. Calculer le rayon :

$$r = \frac{D}{2} = \frac{0,022}{2} = \boxed{} \text{ m}$$

4. Quel appareil permet de mesurer le débit dans un circuit de chauffage ?

Mes calculs :

SOCLE

EXERCICE 9 Calcul guidé — Vitesse à partir du débit

Un plombier chauffagiste vérifie la vitesse de l'eau dans un tuyau de diamètre $D = 16 \text{ mm}$. Le débit volumique mesuré est $Q_v = 180 \text{ L/h}$.

1. Convertir Q_v en m^3/s . Compléter :

$$Q_v = \frac{180}{3\,600} \times 10^{-3} = \boxed{} \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Calculer la section du tuyau. Compléter :

$$S = \pi \times \left(\frac{0,016}{2} \right)^2 = \pi \times (0,008)^2 \approx \boxed{} \text{ m}^2$$

3. En déduire la vitesse. Compléter :

$$v = \frac{Q_v}{S} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} \approx \boxed{} \text{ m/s}$$

4. La vitesse recommandée est comprise entre 0,3 et 1,5 m/s. La vitesse est-elle conforme ?

Mes calculs :

Exercices d'application

STANDARD

EXERCICE 10 Débit volumique dans un tuyau de chauffage

Un installateur thermique raccorde un radiateur avec un tuyau de diamètre $D = 20 \text{ mm}$. L'eau y circule à $v = 1,5 \text{ m/s}$.

1. Calculer la section S du tuyau en m^2 .
2. Calculer le débit volumique $Q_v = v \cdot S$ en m^3/s .
3. Convertir Q_v en L/s puis en L/h .

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 11** Débit massique et puissance thermique

Une pompe de circulation alimente un circuit de chauffage avec un débit volumique $Q_v = 200 \text{ L/h}$ dans un tuyau de diamètre $D = 20 \text{ mm}$. L'eau a une masse volumique $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$ et une capacité thermique $c = 4\,186 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. L'écart de température entre l'aller et le retour est $\Delta T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$.

1. Convertir $Q_v = 200 \text{ L/h}$ en m^3/s .
2. Calculer la section S du tuyau, puis la vitesse v de l'eau.
3. Calculer le débit massique Q_m en kg/s .
4. Calculer la puissance thermique transportée $P_{\text{th}} = Q_m \cdot c \cdot \Delta T$ en W .

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 12** Effet Venturi dans une conduite

Dans une conduite horizontale, l'eau circule avec une section $S_1 = 100 \text{ cm}^2$, une vitesse $v_1 = 2 \text{ m/s}$ et une pression $P_1 = 3 \text{ bar}$. La conduite se réduit à $S_2 = 25 \text{ cm}^2$. On prend $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$.

1. Appliquer la continuité pour calculer v_2 .
2. Calculer les termes de pression dynamique $\frac{1}{2}\rho v_1^2$ et $\frac{1}{2}\rho v_2^2$ en Pa.
3. Appliquer l'équation de Bernoulli pour calculer P_2 en Pa, puis en bar.
4. La pression augmente ou diminue quand la vitesse augmente ? Quel est le nom de cet effet ?

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 13** Dimensionnement d'un réseau de VMC

Un technicien CVC pose une VMC dans un bâtiment. La gaine principale a un diamètre $D = 200 \text{ mm}$ et l'air y circule à $v = 3 \text{ m/s}$ ($\rho_{\text{air}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$). La gaine se divise en 4 branches identiques de diamètre $D_{\text{br}} = 100 \text{ mm}$.

1. Calculer la section de la gaine principale S en m^2 .
2. Calculer le débit volumique principal $Q_{v,\text{total}}$ en m^3/s , puis en L/s .
3. Calculer le débit volumique par branche $Q_{v,\text{br}}$ en L/s .
4. Calculer la section d'une branche S_{br} , puis la vitesse de l'air dans chaque branche.
Commenter.

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 14** Dimensionnement du diamètre d'une conduite

Un installateur thermique doit transporter un débit volumique $Q_v = 300 \text{ L/h}$ d'eau dans un circuit de chauffage. La vitesse maximale recommandée est $v_{\max} = 1,5 \text{ m/s}$.

1. Convertir Q_v en m^3/s .
2. Calculer la section minimale $S_{\min} = Q_v / v_{\max}$.
3. En déduire le diamètre minimal $D_{\min}$ à partir de $S = \pi(D/2)^2$.
4. Choisir le diamètre commercial parmi : 15 mm, 20 mm, 25 mm. Justifier et vérifier que la vitesse est conforme.

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 15** Circulation sanguine

Le sang ($\rho = 1\,060 \text{ kg/m}^3$) circule dans l'aorte de diamètre $D = 25 \text{ mm}$ à la vitesse $v = 0,30 \text{ m/s}$.

1. Calculer la section de l'aorte.
2. Calculer le débit volumique en m^3/s puis en L/min .
3. Calculer le débit massique en kg/s .
4. L'aorte se ramifie en artères plus petites dont la section totale est $S_{\text{art}} = 20 \text{ cm}^2$. Quelle est la vitesse du sang dans ces artères ?

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 16** Circuit de chauffage — Choix de pompe

Un installateur thermique dimensionne le circulateur d'un circuit de chauffage. Le réseau comporte 120 m de tuyauterie en cuivre de diamètre $D = 22$ mm avec une perte de charge linéaire de 15 Pa/m. Le débit volumique est $Q_v = 400$ L/h.

1. Calculer la perte de charge totale ΔP en Pa, puis en bar.
2. Convertir Q_v en m^3/s et calculer la section du tuyau.
3. Calculer la vitesse de l'eau dans la conduite. Est-elle conforme à la recommandation (entre 0,3 et 1,5 m/s) ?
4. Calculer la hauteur manométrique $h = \frac{\Delta P}{\rho g}$ que la pompe doit vaincre ($\rho = 1\,000$ kg/m³, $g = 9,81$ m/s²).

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 17 Remplissage d'un ballon d'eau chaude**

Un plombier chauffagiste installe un ballon d'eau chaude sanitaire de capacité $V = 200 \text{ L}$. L'arrivée d'eau froide se fait par un tuyau de diamètre $D = 15 \text{ mm}$ avec une vitesse $v = 1,2 \text{ m/s}$.

1. Calculer la section du tuyau d'arrivée en m^2 .
2. Calculer le débit volumique Q_v en m^3/s , puis en L/s .
3. Calculer le temps nécessaire pour remplir le ballon de 200 L. Donner le résultat en secondes puis en minutes.
4. Calculer le débit massique en kg/s ($\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$) et la masse totale d'eau dans le ballon plein.

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 18 Réduction de conduite — Continuité et Bernoulli**

Dans une installation de climatisation, une conduite horizontale transporte de l'eau glacée ($\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$). La conduite passe d'un diamètre $D_1 = 40 \text{ mm}$ à $D_2 = 20 \text{ mm}$. En amont, la vitesse est $v_1 = 1,0 \text{ m/s}$ et la pression $P_1 = 2,0 \text{ bar}$.

1. Calculer les sections S_1 et S_2 en m^2 .
2. Calculer le rapport S_1/S_2 . En déduire la vitesse v_2 dans la partie rétrécie.
3. Appliquer le théorème de Bernoulli pour calculer P_2 . Exprimer en Pa et en bar.
4. La pression a-t-elle augmenté ou diminué ? Nommer cet effet.

Mes calculs :

STANDARD

EXERCICE 19 Pompe à chaleur — Débit et puissance

Un technicien de maintenance énergétique vérifie le bon fonctionnement d'une pompe à chaleur air-eau. Le circuit d'eau chaude a un débit volumique $Q_v = 600 \text{ L/h}$. L'eau entre dans le condenseur à $T_1 = 30 \text{ °C}$ et en sort à $T_2 = 40 \text{ °C}$. La conduite a un diamètre $D = 25 \text{ mm}$.

Données : $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$, $c = 4\,186 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

1. Convertir Q_v en m^3/s .
2. Calculer le débit massique Q_m en kg/s .
3. Calculer la puissance thermique fournie par le condenseur.
4. Le COP de la pompe à chaleur est 4. Calculer la puissance électrique absorbée $P_{\text{elec}} = P_{\text{th}}/\text{COP}$.

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 20** Distribution d'eau — Réseau en dérivation

Un installateur thermique raccorde un collecteur de chauffage qui alimente 3 radiateurs identiques. La conduite principale a un diamètre $D = 25$ mm et transporte un débit $Q_{v,\text{total}} = 900$ L/h. Chaque branche de radiateur a un diamètre $D_{\text{br}} = 12$ mm.

1. Calculer le débit volumique dans chaque branche (répartition uniforme).
2. Convertir ce débit en m^3/s .
3. Calculer la section d'une branche et la vitesse de l'eau dans chaque branche.
4. Calculer la vitesse de l'eau dans la conduite principale. Comparer avec la vitesse dans les branches.

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 21** Transport de gaz — Conduite de gaz naturel

Un technicien chauffagiste vérifie l'alimentation en gaz naturel d'une chaudière. Le gaz ($\rho = 0,72 \text{ kg/m}^3$) circule dans une conduite de diamètre $D = 30 \text{ mm}$ à la vitesse $v = 2,5 \text{ m/s}$.

1. Calculer la section de la conduite en m^2 .
2. Calculer le débit volumique en m^3/s , puis en m^3/h .
3. Calculer le débit massique en kg/s , puis en kg/h .
4. Le pouvoir calorifique du gaz est $\text{PCI} = 10,5 \text{ kWh/m}^3$. Calculer la puissance thermique maximale de la chaudière $P = Q_v \times \text{PCI}$.

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 22 Dimensionnement complet d'un circuit de plancher chauffant

Un plombier chauffagiste dimensionne un circuit de plancher chauffant pour une pièce de 25 m^2 . Le tube PER utilisé a un diamètre intérieur $D = 16 \text{ mm}$. L'eau entre à $T_{\text{aller}} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ et ressort à $T_{\text{retour}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$. La longueur totale du circuit est $L = 100 \text{ m}$ et la perte de charge linéaire est $\Delta P_{\text{lin}} = 10 \text{ Pa/m}$.

Données : $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$, $c = 4\,186 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

1. Le cahier des charges impose une puissance de chauffage $P_{\text{th}} = 2\,500 \text{ W}$. Déterminer le débit massique Q_m nécessaire.
2. En déduire le débit volumique Q_v en m^3/s puis en L/h .
3. Calculer la vitesse de l'eau dans le tube. La recommandation pour un plancher chauffant est $v < 0,8 \text{ m/s}$. Le dimensionnement est-il conforme ?
4. Calculer la perte de charge totale ΔP_{total} en Pa et en bar. Quelle hauteur manométrique la pompe doit-elle vaincre ?
5. Calculer la puissance surfacique de chauffage en W/m^2 . Comparer à la norme (environ 100 W/m^2 max pour un plancher chauffant basse température).

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 23 Chauffe-eau solaire — rendement et cohérence des données

Un installateur en énergies renouvelables dimensionne un chauffe-eau solaire. Le capteur de surface $S_c = 4 \text{ m}^2$ reçoit une irradiance solaire $E = 850 \text{ W/m}^2$. L'eau entre à $T_1 = 15 \text{ °C}$ et doit sortir à $T_2 = 50 \text{ °C}$. Le rendement annoncé par le fabricant est $\eta = 0,65$.

Données : $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$, $c = 4\,186 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

1. Calculer la puissance solaire reçue $P_{\text{sol}} = E \times S_c$.
2. En déduire la puissance utile $P_{\text{utile}} = \eta \times P_{\text{sol}}$.
3. Déterminer le débit massique maximal Q_m permettant d'atteindre $\Delta T = 35 \text{ °C}$.
4. En déduire le débit volumique en L/h. Commenter : est-ce un débit réaliste pour un chauffe-eau solaire domestique ?
5. Si le technicien augmente le débit à $Q_v = 150 \text{ L/h}$, quel sera le nouvel écart de température ΔT ? Commenter l'intérêt d'augmenter le débit.

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 24 Problème ouvert — Bernoulli et continuité dans une installation CVC

Un technicien climaticien vérifie une installation de climatisation. L'eau glacée ($\rho = 1\,000\text{ kg/m}^3$) circule horizontalement dans une conduite dont la section passe de $S_1 = 80\text{ cm}^2$ à $S_2 = 20\text{ cm}^2$ (venturi). En amont : $v_1 = 1,5\text{ m/s}$, $P_1 = 2,5\text{ bar}$.

1. Calculer le débit volumique Q_v et le débit massique Q_m .
2. Calculer la vitesse v_2 dans le venturi.
3. Appliquer le théorème de Bernoulli pour déterminer la pression P_2 dans le venturi. Exprimer en Pa et en bar.
4. La pression de vapeur saturante de l'eau à 5 °C est $P_{\text{vap}} \approx 872\text{ Pa}$. Y a-t-il un risque de cavitation ? Justifier.
5. Proposer une modification de l'installation pour réduire ce risque.

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 25 Étude comparative — Deux circuits de chauffage (type BTS)

Un bureau d'études compare deux configurations de circuit de chauffage pour un bâtiment nécessitant $P_{\text{th}} = 10 \text{ kW}$.

	Circuit A (haute température)	Circuit B (basse température)
ΔT	20 °C	5 °C
Diamètre D	20 mm	25 mm

Données : $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$, $c = 4\,186 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

1. Pour chaque circuit, calculer le débit massique Q_m nécessaire.
2. Pour chaque circuit, calculer le débit volumique Q_v en L/h.
3. Pour chaque circuit, calculer la vitesse de l'eau dans la conduite.
4. Comparer les deux circuits. Quel est l'avantage et l'inconvénient de chaque configuration ?
5. La vitesse maximale recommandée est 1,5 m/s. Le circuit B est-il conforme ? Si non, quel diamètre minimal faudrait-il utiliser ?

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 26 Réseau de distribution ECS — Bilan complet

Un technicien en énergies renouvelables dimensionne le réseau d'eau chaude sanitaire (ECS) d'un petit immeuble. La chaudière à condensation fournit un débit $Q_v = 1\,200 \text{ L/h}$. Le réseau se divise en deux branches :

- Branche A (cuisine collective) : diamètre $D_A = 25 \text{ mm}$, débit $Q_{v,A} = 800 \text{ L/h}$
- Branche B (sanitaires) : diamètre $D_B = 20 \text{ mm}$, débit $Q_{v,B} = 400 \text{ L/h}$

L'eau entre à $T_1 = 60^\circ \text{C}$, la température de retour est $T_2 = 45^\circ \text{C}$. Données : $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$, $c = 4\,186 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

1. Vérifier que $Q_{v,A} + Q_{v,B} = Q_{v,\text{total}}$ (conservation du débit).
2. Calculer la vitesse de l'eau dans chaque branche. Les vitesses sont-elles conformes (entre 0,5 et 1,5 m/s) ?
3. Calculer la puissance thermique totale fournie par la chaudière.
4. La chaudière a un rendement $\eta = 0,95$. Calculer la puissance de combustion nécessaire $P_{\text{comb}} = P_{\text{th}}/\eta$.
5. Quel diamètre minimal devrait avoir la conduite principale pour que la vitesse reste inférieure à 1,5 m/s ?

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 27 Panneau solaire thermique — Optimisation du débit

Un installateur de panneaux solaires thermiques étudie l'influence du débit sur les performances d'un capteur de surface $S_c = 5 \text{ m}^2$. L'irradiance solaire est $E = 900 \text{ W/m}^2$, le rendement optique du capteur est $\eta_0 = 0,72$. L'eau entre à $T_{\text{entrée}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Données : $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$, $c = 4\,186 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

1. Calculer la puissance solaire reçue P_{sol} et la puissance utile P_{utile} .
2. Pour un débit $Q_v = 60 \text{ L/h}$, calculer la température de sortie T_{sortie} .
3. Pour un débit $Q_v = 120 \text{ L/h}$, calculer la nouvelle température de sortie.
4. Pour un débit $Q_v = 240 \text{ L/h}$, calculer la température de sortie.
5. Tracer (ou décrire) la courbe T_{sortie} en fonction du débit. Quel compromis faut-il trouver entre débit et température ?

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 28 Problème ouvert — Dimensionnement d'un réseau géothermique

Un bureau d'études dimensionne un réseau de géothermie. La pompe à chaleur nécessite une puissance thermique côté source froide de $P_{\text{géo}} = 8 \text{ kW}$. L'eau glycolée ($\rho = 1\,040 \text{ kg/m}^3$, $c = 3\,800 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) circule dans un tube de diamètre $D = 32 \text{ mm}$ avec un écart de température $\Delta T = 4 \text{ }^\circ\text{C}$ entre l'aller et le retour.

1. Calculer le débit massique Q_m nécessaire.
2. Calculer le débit volumique en m^3/s puis en L/h.
3. Calculer la vitesse du fluide dans la conduite. Est-elle dans la plage recommandée (0,5 à 1,5 m/s) ?
4. La longueur totale du réseau enterré est $L = 200 \text{ m}$ avec une perte de charge linéaire de 8 Pa/m . Calculer la perte de charge totale et la hauteur manométrique correspondante.
5. La puissance de la pompe de circulation est $P_{\text{pompe}} = Q_v \times \Delta P / \eta_{\text{pompe}}$ avec $\eta_{\text{pompe}} = 0,60$. Calculer cette puissance en W.

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 29 Centrale de traitement d'air — Débit d'air et puissance

Un technicien climaticien vérifie une centrale de traitement d'air (CTA). L'air ($\rho_{\text{air}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$, $c_{\text{air}} = 1\,006 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) circule dans une gaine rectangulaire de section $40 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ à la vitesse $v = 4 \text{ m/s}$. L'air est refroidi de $T_1 = 32 \text{ }^\circ\text{C}$ à $T_2 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$.

1. Calculer la section de la gaine en m^2 .
2. Calculer le débit volumique en m^3/s et en m^3/h .
3. Calculer le débit massique d'air en kg/s .
4. Calculer la puissance frigorifique de la CTA $P_{\text{froid}} = Q_m \times c_{\text{air}} \times \Delta T$.
5. L'échangeur de la CTA est alimenté en eau glacée ($c = 4\,186 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) avec un $\Delta T_{\text{eau}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$. Quel débit massique d'eau glacée est nécessaire ?

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 30 Étude énergétique — Réseau de chaleur urbain (type BTS)

Un ingénieur thermicien étudie un réseau de chaleur urbain. L'eau surchauffée ($\rho = 960 \text{ kg/m}^3$, $c = 4\,200 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) circule dans une conduite de diamètre $D = 150 \text{ mm}$ à la vitesse $v = 2,0 \text{ m/s}$. L'eau part de la chaufferie à $T_1 = 110^\circ\text{C}$ et revient à $T_2 = 70^\circ\text{C}$. Le réseau mesure $L = 2 \text{ km}$.

1. Calculer la section de la conduite et le débit volumique en m^3/s puis en m^3/h .
2. Calculer le débit massique en kg/s .
3. Calculer la puissance thermique transportée par le réseau.
4. La perte de charge linéaire est 250 Pa/m . Calculer la perte de charge totale en Pa et en bar. Calculer la hauteur manométrique correspondante.
5. Exprimer l'énergie thermique transportée en une heure en kWh, puis en MWh. Combien de logements ce réseau peut-il alimenter si chaque logement consomme en moyenne 5 kW de chauffage ?

Mes calculs :

À retenir – Transport de masse et de volume par un fluide

- Section d'un tuyau circulaire : $S = \pi r^2 = \pi(D/2)^2$. Doubler le diamètre multiplie la section par 4.
 - Débit volumique : $Q_v = v \cdot S$ (m³/s). Débit massique : $Q_m = \rho \cdot Q_v$ (kg/s).
 - Conservation du débit (continuité) : $v_1 S_1 = v_2 S_2$. Si la section diminue, la vitesse augmente.
 - Bernoulli (horizontal) : $P + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{cste}$. Quand v augmente, P diminue (effet Venturi).
 - Puissance thermique transportée : $P_{\text{th}} = Q_m \cdot c \cdot \Delta T$. Pour l'eau, $c = 4\,186 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.
 - Perte de charge totale = perte de charge linéaire $\times$ longueur du circuit. Elle détermine la puissance de la pompe nécessaire.
-

06

Décrire le transport de masse et de volume par un fluide en mouvement

Décrire un fluide en mouvement | Terminale Bac Pro ICCER (Grpt 1)

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)**Durée**

55 minutes

Barème

20 points

Documents

Non autorisés (sauf fiche de formules fournie)

Calculatrice

Autorisée

SOCLE**EXERCICE 1** QCM – Fluides en mouvement **5 points**

Pour chaque question, entourer la bonne réponse. (1 pt par question)

1. La formule du débit volumique est :

a) $Q_v = \rho \times v$ b) $Q_v = v \times S$ c) $Q_v = m \times v$

2. L'unité du débit massique dans le système international est :

a) L/s b) m³/s c) kg/s

3. Si la section d'un tuyau diminue et que le débit est conservé, la vitesse du fluide :

a) diminue b) reste constante c) augmente

4. Pour convertir 720 L/h en L/s, on divise par :

a) 60 b) 3 600 c) 1 000

5. La section d'un tuyau circulaire se calcule avec :

a) $S = 2\pi r$ b) $S = \pi r^2$ c) $S = \pi D$

EXERCICE 2 Circuit de chauffage — calculs guidés

8 points

Un plombier chauffagiste installe un circuit de chauffage. La conduite a un diamètre $D = 20 \text{ mm} = 0,020 \text{ m}$. L'eau ($\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$) circule avec un débit volumique $Q_v = 360 \text{ L/h}$.

1. Convertir le débit volumique en m^3/s . Compléter : (1 pt)

$$Q_v = \frac{360}{1\,000} \div \boxed{} = \boxed{} \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Calculer le rayon puis la section du tuyau. Compléter : (1,5 pt)

$$r = \frac{D}{2} = \frac{0,020}{2} = \boxed{} \text{ m}$$

$$S = \pi \times r^2 = \pi \times (\boxed{})^2 \approx \boxed{} \text{ m}^2$$

3. Calculer la vitesse de l'eau. Compléter : (1,5 pt)

$$v = \frac{Q_v}{S} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} \approx \boxed{} \text{ m/s}$$

4. Calculer le débit massique. Compléter : (1 pt)

$$Q_m = \rho \times Q_v = \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ kg/s}$$

5. L'écart de température est $\Delta T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ et $c = 4\,186 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Calculer la puissance thermique. Compléter : (2 pts)

$$P_{\text{th}} = Q_m \times c \times \Delta T = \boxed{} \times \boxed{} \times \boxed{} \approx \boxed{} \text{ W}$$

6. Cette puissance est-elle suffisante pour chauffer une pièce de 20 m^2 (besoin estimé : $2\,000 \text{ W}$) ? (1 pt)

SOCLE**EXERCICE 3** Conservation du débit — rétrécissement **7 points**

Une conduite de diamètre $D_1 = 40$ mm se rétrécit en une conduite de diamètre $D_2 = 20$ mm. L'eau circule à $v_1 = 0,5$ m/s dans la grosse conduite.

1. Calculer la section S_1 . Compléter : (1,5 pt)

$$S_1 = \pi \times \left(\frac{0,040}{2} \right)^2 = \pi \times (\boxed{})^2 \approx \boxed{} \text{ m}^2$$

2. Calculer la section S_2 . Compléter : (1,5 pt)

$$S_2 = \pi \times \left(\frac{0,020}{2} \right)^2 = \pi \times (\boxed{})^2 \approx \boxed{} \text{ m}^2$$

3. Écrire l'équation de continuité. (1 pt)

4. Calculer la vitesse v_2 . Compléter : (2 pts)

$$v_2 = \frac{v_1 \times S_1}{S_2} = \frac{\boxed{} \times \boxed{}}{\boxed{}} \approx \boxed{} \text{ m/s}$$

5. Compléter : « Le diamètre est divisé par $\boxed{}$, la section est divisée par $\boxed{}$, la vitesse est multipliée par $\boxed{}$. » (1 pt)

TOTAL SOCLE : 20 points

STANDARD**EXERCICE 1** Station de pompage agricole **8 points**

Une station de pompage irrigue des terres agricoles. La conduite principale (diamètre $D_1 = 60$ mm) se divise en deux conduites secondaires (diamètre $D_2 = 40$ mm chacune). La pompe délivre un débit $Q_v = 18 \text{ m}^3/\text{h}$ d'eau ($\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$).

1. Convertir Q_v en m^3/s . (0,5 pt)
2. Calculer la section S_1 de la conduite principale. (1 pt)
3. Calculer la vitesse v_1 dans la conduite principale. (1,5 pt)
4. Calculer la section S_2 d'une conduite secondaire. (1 pt)
5. Quel est le débit dans chaque conduite secondaire (par symétrie) ? (0,5 pt)
6. Calculer la vitesse v_2 dans chaque conduite secondaire. (1,5 pt)
7. Calculer le débit massique total Q_m . (1 pt)
8. Pourquoi est-il important que la vitesse ne soit pas trop élevée dans les conduites ? (1 pt)

STANDARD**EXERCICE 2 Installation de climatisation – Bernoulli****7 points**

Un technicien climaticien vérifie une installation. L'eau glacée ($\rho = 1\,000\text{ kg/m}^3$) circule horizontalement. En A (grosse conduite) : $v_A = 1\text{ m/s}$, $P_A = 180\,000\text{ Pa}$. En B (zone rétrécie) : $v_B = 5\text{ m/s}$.

1. Écrire l'équation de Bernoulli simplifiée entre A et B (même altitude, fluide parfait). (1,5 pt)
2. Calculer P_B . (2,5 pts)
3. Comparer P_A et P_B . Quel phénomène illustre ce résultat ? (1 pt)
4. Dans la réalité, la pression P_B mesurée est légèrement inférieure à la valeur calculée. Pourquoi ? (1 pt)
5. Calculer le débit volumique si la section en A est $S_A = 15\text{ cm}^2$. (1 pt)

STANDARD**EXERCICE 3 Puissance thermique d'un circuit de chauffage****5 points**

Un installateur thermique dimensionne un circuit de chauffage. Le débit volumique est $Q_v = 500\text{ L/h}$. L'eau entre à $T_1 = 60\text{ °C}$ et ressort à $T_2 = 45\text{ °C}$.
Données : $\rho = 1\,000\text{ kg/m}^3$, $c = 4\,186\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

1. Convertir Q_v en m^3/s . (0,5 pt)
2. Calculer le débit massique Q_m . (1 pt)
3. Calculer l'écart de température ΔT . (0,5 pt)
4. Calculer la puissance thermique transportée P_{th} en W puis en kW. (2 pts)
5. Cette puissance peut-elle chauffer un appartement de 60 m^2 (besoin estimé : 60 W/m^2) ? Justifier. (1 pt)

TOTAL STANDARD : 20 points

APPROFONDISSEMENT**EXERCICE 1 Réseau hydraulique ramifié** 8 points

Un technicien CVC dimensionne le réseau hydraulique d'un immeuble. La conduite principale ($D_1 = 50 \text{ mm}$) se divise en trois branches : deux branches identiques ($D_2 = 25 \text{ mm}$) et une branche plus grosse ($D_3 = 32 \text{ mm}$). La pompe délivre $Q_v = 2\,500 \text{ L/h}$ d'eau ($\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$). Les deux petites branches desservent chacune 20 % du débit total, la grosse branche dessert le reste.

1. Convertir Q_v en m^3/s et calculer la vitesse v_1 dans la conduite principale. (2 pts)
2. Déterminer le débit volumique dans chaque branche (en m^3/s et en L/h). (1,5 pt)
3. Calculer la vitesse dans chaque type de branche. (2 pts)
4. La vitesse maximale recommandée est 1,5 m/s. Toutes les branches sont-elles conformes ? Si non, proposer un diamètre adapté. (1,5 pt)
5. Vérifier que la somme des débits des branches est bien égale au débit total (conservation). (1 pt)

APPROFONDISSEMENT**EXERCICE 2 Bernoulli et débitmètre venturi** 7 points

Un débitmètre à venturi est installé sur un circuit d'eau glacée ($\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$). La conduite a une section $S_1 = 50 \text{ cm}^2$ et le col du venturi a une section $S_2 = 10 \text{ cm}^2$. Un manomètre différentiel mesure $\Delta P = P_1 - P_2 = 24\,000 \text{ Pa}$.

1. Exprimer v_2 en fonction de v_1 à l'aide de l'équation de continuité. (1 pt)
2. Écrire l'équation de Bernoulli (même altitude) et montrer que $\Delta P = \frac{1}{2} \rho v_1^2 \left[\left(\frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1 \right]$. (2 pts)
3. En déduire v_1 puis v_2 . (2 pts)
4. Calculer le débit volumique en m^3/h . (1 pt)
5. Expliquer pourquoi ce type de débitmètre ne nécessite aucune pièce mobile. (1 pt)

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 3 Comparaison de deux régimes de chauffage 5 points

Un bureau d'études compare deux configurations pour délivrer $P_{th} = 8 \text{ kW}$:

Config. A (haute température) : $\Delta T = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, tube $D = 20 \text{ mm}$.

Config. B (basse température) : $\Delta T = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, tube $D = 25 \text{ mm}$.

Données : $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$, $c = 4\,186 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

1. Pour chaque configuration, calculer Q_m , Q_v (en L/h) et la vitesse dans le tube. (3 pts)
2. Les deux configurations respectent-elles la limite $v < 1,5 \text{ m/s}$? (0,5 pt)
3. Rédiger un paragraphe comparatif analysant avantages et inconvénients de chaque configuration (confort, pertes, dimensionnement pompe, type d'émetteur). (1,5 pt)

TOTAL APPROFONDISSEMENT : 20 points