

BILAN 4 : Les écoulements

CORRECTION!



I) LES DIFFERENTS TYPES D'ECOULEMENT

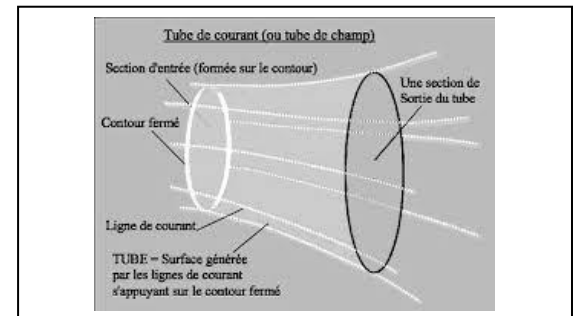
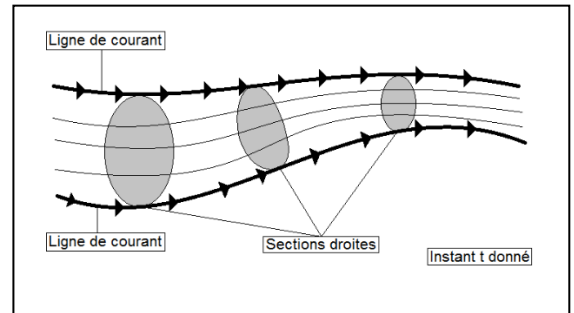
1 L'ECOULEMENT du point de vue d'UNE PARTICULE de FLUIDE

Lors de l'écoulement d'un fluide, une particule de fluide suit une certaine **TRAJECTOIRE** que l'on appelle **LIGNE DE COURANT**

Une ligne de courant est donc une courbe imaginaire représentant le mouvement d'une particule de fluide.

Un **TUBE DE COURANT** est l'ensemble des **LIGNES DE COURANT** s'appuyant sur un contour fermé.

Un tube de courant est donc une canalisation (imaginaire ou non) qui permet de montrer l'écoulement du fluide.



2 L'ECOULEMENT d'un FLUIDE du point de vue GLOBAL

a- ECOULEMENT PERMANENT (STATIONNAIRE)

Bon à Savoir

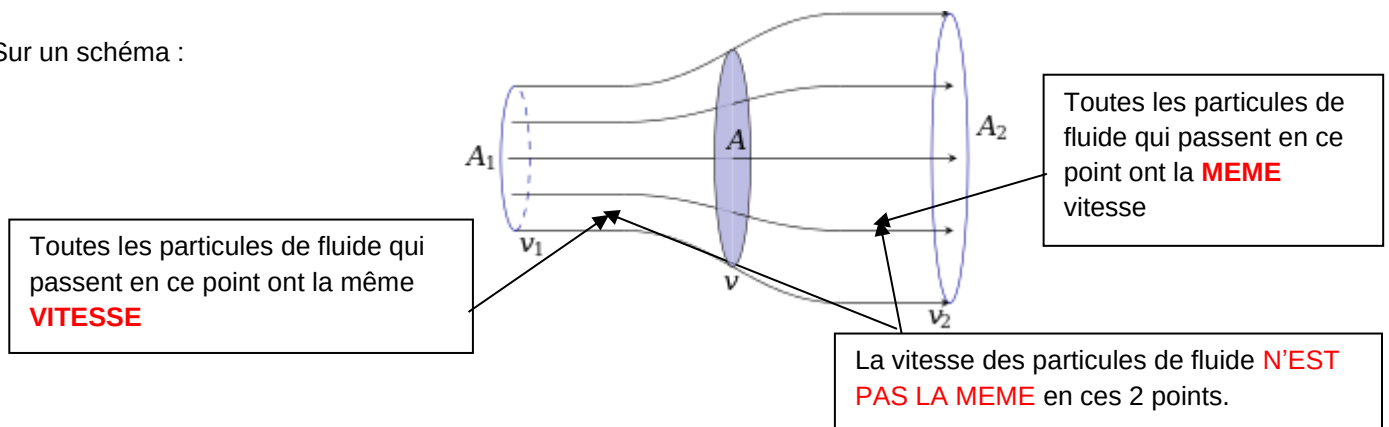
On dit qu'un fluide s'écoule en régime **PERMANENT** ou **STATIONNAIRE** lorsque l'écoulement est **ETABLI** : alors la vitesse en un point quelconque de la canalisation ne dépend pas du **TEMPS** mais uniquement de la **POSITION DU POINT CONSIDERE**

Donc toutes les particules de fluide qui passent au même point de la canalisation auront toujours la **MEME** vitesse v .

Cette vitesse ne sera pas forcément la même en un autre point de la canalisation.

MAIS au cours de son trajet, la vitesse d'une particule de fluide peut varier !

Sur un schéma :

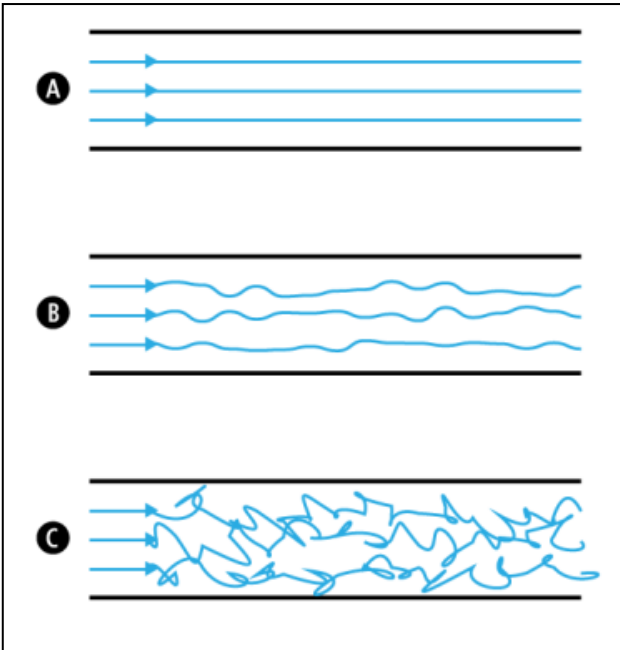


<https://www.youtube.com/watch?v=qQwldZuKDOU>

<https://www.youtube.com/watch?v=nl75BGg9qdA&app=desktop>



Bon à Savoir!



× L'écoulement est **laminaire** lorsque les lignes de courant sont **régulières** et approximativement **parallèles** (elles ne se coupent pas)

× L'écoulement est intermédiaire lorsque les lignes de courant sont **moins** parallèles, avec des petits tourbillons

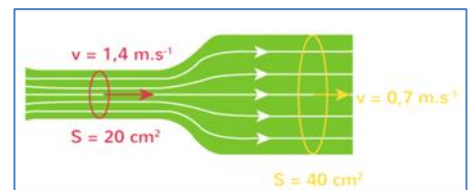
× L'écoulement est **turbulent** lorsque les lignes de courant **s'enchevêtrent** et forment des **tourbillons** (par conséquent, elles se coupent)

II) DEBITS D'UN FLUIDE A TRAVERS UNE SECTION DROITE DE CANALISATION

1 SECTION DROITE d'une CANALISATION

- ✓ Un tube de courant permet de définir les **SECTIONS DROITES** de l'écoulement, qui sont des surfaces **PERPENDICULAIRES** à l'écoulement et intersectées par le tube de courant.
- ✓ Dans le cas d'une canalisation cylindrique, la section droite est :

$$S = \pi \times d^2 / 4$$

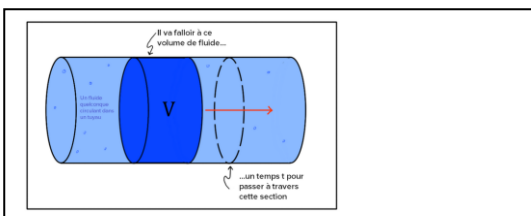


2 DEBITS d'un fluide à travers une section de canalisation

Il est essentiel de pouvoir connaître la quantité de fluide qui circule à l'intérieur de différents éléments (gainés, pompes, tuyauteries ...).

D'où la définition de **DEBITS**

Considérons, par exemple, une conduite dans laquelle circule un fluide.



Le débit d'un fluide est la **QUANTITE** (exprimée par une **MASSE**, ou un **VOLUME**, ou une **QUANTITE DE MATIERE** qui traverse une **SECTION DROITE DE CANALISATION** par unité de temps.

Il existe 3 types de débit :

DEBIT MASSIQUE d'un fluide à travers une section droite de canalisation	DEBIT VOLUMIQUE d'un fluide à travers une section droite de canalisation	DEBIT MOLAIRE d'un fluide à travers une section droite de canalisation
La valeur moyenne du DEBIT MASSIQUE d'un fluide à travers une section droite de canalisation correspond à la MASSE MOYENNE DE FLUIDE traversant la section droite de canalisation par unité de temps. Ce qui se traduit par : $Q_m = \frac{m}{\Delta t}$ Q_m : en kg/s Masse : en kg Temps : en seconde.	La valeur moyenne du DEBIT VOLUMIQUE d'un fluide à travers une section droite de canalisation correspond au VOLUME MOYEN traversant la section droite de canalisation par unité de temps. Ce qui se traduit par : $Q_v = \frac{V}{\Delta t}$ Q_v : en m³/s Volume : en m³ Temps : en seconde	La valeur moyenne du DEBIT MOLAIRE d'un fluide à travers une section droite de canalisation correspond à la QUANTITE DE MATIERE MOYENNE traversant la section droite de canalisation par unité de temps. Ce qui se traduit par : $Q = \frac{n}{\Delta t}$ Q : en mol/s Quantité de matière : en mol Temps : en seconde

REMARQUE

Rappel sur les conversions de volumes :

- ✓ Relation entre débit massique et débit volumique :

m ³			dm ³			cm ³		
		kL	hL	daL	L	dL	cL	mL

$$Q_m = \rho \times Q_v$$

$$Q_v = \frac{Q_m}{\rho}$$

Bon à Savoir!

Q_m : en kg/s

ρ : en kg /m³

Q_v : en m³/s

EXE=PLE

Pendant 1 minute et 17 secondes, on prélève de l'eau d'un robinet à l'aide d'un récipient.

On récupère une masse d'eau $m = 12,33$ kg.

Calculer le débit massique de l'eau à travers le robinet.

$$Q_m = \text{masse} / \text{temps} = 12,33 / (60 + 17) = 0,160 \text{ kg.s}^{-1}$$

On remplit un seau d'eau de 20 L en 10 secondes.

Calculer le débit volumique correspondant en m³.s⁻¹.

$$Q_v = \text{volume} / \text{temps} = (20 \times 10^{-3}) / 10 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$$

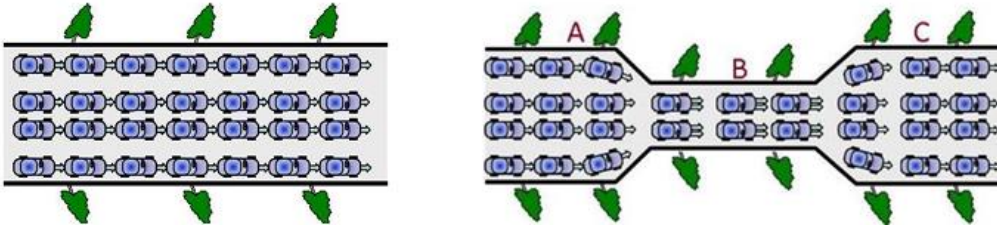
III) RELATION entre VITESSE et DEBIT VOLUMIQUE d'un FLUIDE

Vous savez par expérience que le volume de circulation routière varie selon la rapidité du trafic et le type de route emprunté par les automobilistes.

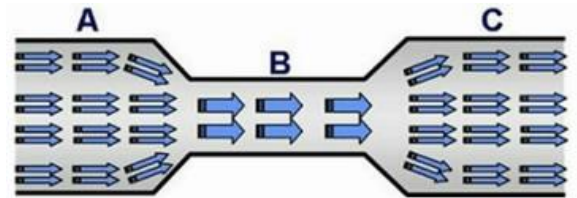
Ainsi, plus l'espace pour rouler est important, plus la circulation en est facilitée.

On peut donc dire que le débit des automobiles dépend directement

- de la **vitesse** linéaire des véhicules
- de la grandeur (**section**) de la route.



Si les voitures utilisent les routes pour circuler, en hydraulique, les fluides utilisent des conduites étanches indéformables.



<https://www.youtube.com/watch?v=KLIUaJTRwpl>



Soit une portion de fluide de volume V

→ **Exprimer** V en fonction de la longueur notée d et la section notée S longueur d et de section S ?

$$V = S \times d$$

→ **Rappeler** la définition du débit volumique Q_v moyen d'un fluide à travers la section S :

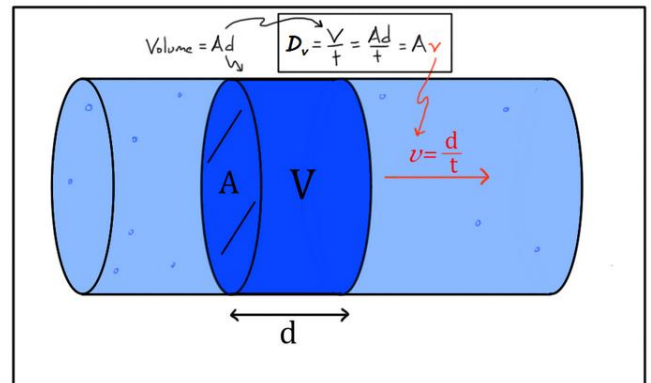
$$Q_v = V / \Delta t$$

→ En **déduire** l'expression du débit volumique en fonction de la section S et la vitesse moyenne d'écoulement v_{moy}

$$Q_v = V / \Delta t$$

$$= S \times d / \Delta t$$

$$= S \times v_{moy}$$

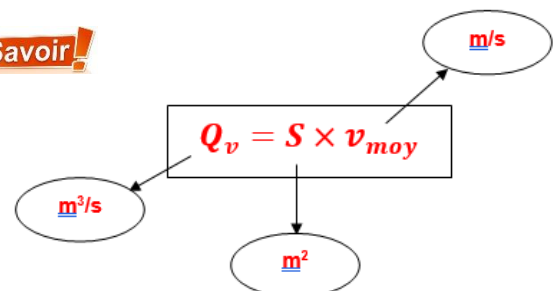


Bon à Savoir!

Le débit volumique moyen Q_v d'un fluide à travers une section droite de canalisation dépend :

- De la **SECTION** S de canalisation
- De la **VITESSE MOYENNE** du fluide dans la canalisation

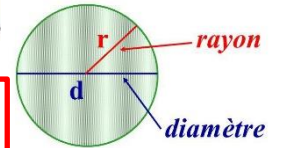
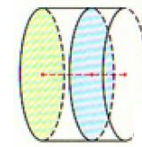
La relation entre débit volumique, vitesse et section est donc :



! IMPORTANT

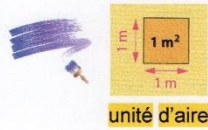
Les canalisations étant le plus souvent **CYLINDRIQUES**, la section est un cercle.

La section droite de la canalisation cylindrique s'exprime donc par :



$$S = \pi \times R^2$$

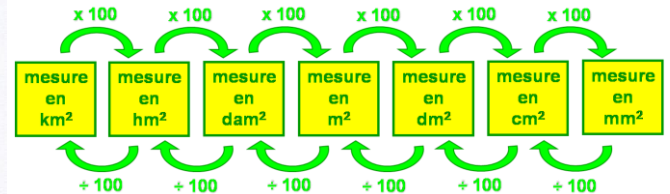
$$S = \pi \times (d^2/4)$$



1 m² c'est l'aire d'un carré d'1 m de côté

unité d'aire

km²	hm² ha	dam² a	m²	dm²	cm²	mm²



EXEMPLE

Quel serait le débit d'un fluide (en L/min) qui circule dans une conduite de 50 mm de diamètre à une vitesse de 100 mm/s ?

$$Q_v = \frac{196\,350 \times 10^{-6} \text{ l}}{\frac{1}{60} \text{ min}}$$

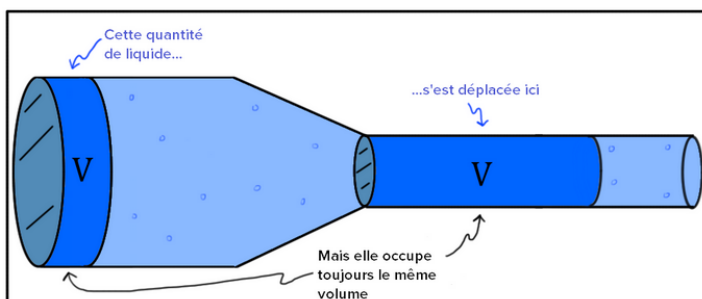
$$Q_v = 196\,350 \text{ mm}^3/\text{s.}$$

$$1 \text{ L} = 1\,000\,000 \text{ mm}^3$$

$$1 \text{ min} = 60 \text{ secondes}$$

$$Q_v = 196\,350 \times 10^{-6} \times 60 \text{ L/min} = 11,781 \text{ //min}$$

IV) CONSERVATION de la MASSE dans une CANLISATION FERMEE

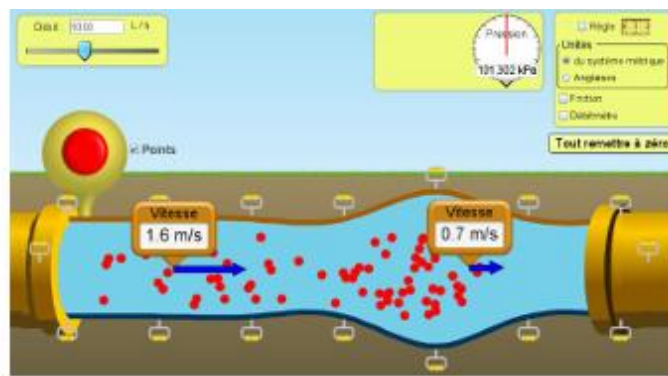
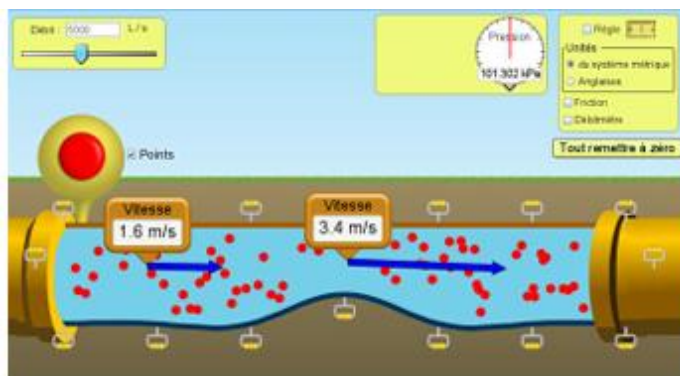


Dans le cas d'une canalisation fermée, il n'y a ni **ENTREE** de matière, ni **SORTIE** de matière.

Il y a donc la même quantité de matière, et plus particulièrement la même **MASSE** dans les 2 portions de canalisation, et donc le même **DEBIT MASSIQUE**

V) EQUATION de CONTINUITE

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/fluid-pressure-and-flow/latest/fluid-pressure-and-flow.html?simulation=fluid-pressure-and-flow&locale=fr>



On observe que pour un **MEME** débit (ici, 5000 L/s), quand la **SECTION** de la canalisation **DIMINUE**, la **VITESSE** d'écoulement du fluide **AUGMENTE**

Ce qui amène à **l'équation de continuité**.

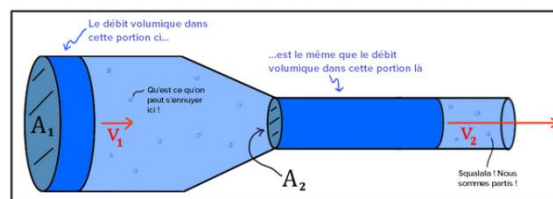
Puis que le débit d'écoulement du fluide reste le même, on peut donc écrire :

$$Q_v \text{ (en 1)} = Q_v \text{ (en 2)}$$

$$S_1 \times v_{\text{moy1}} = S_2 \times v_{\text{moy2}}$$

Ceci est l'équation de continuité.

ATTENTION !!! Ne pas confondre « v de vitesse » et « V de volume » !



REMARQUE

Dans le cas d'un fluide incompressible (masse volumique constante), cela traduit aussi la **CONSERVATION DU DEBIT MASSIQUE** entre les différents points de la canalisation.

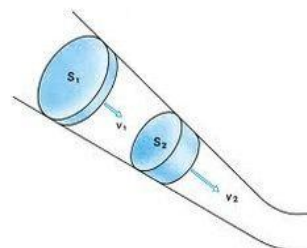
On en déduit donc : $Q_m \text{ (en 1)} = Q_m \text{ (en 2)}$

CONSEQUENCE

La section S_1 est plus **GRANDE** que la section S_2 .

D'après l'équation de continuité, on déduit donc que la vitesse moyenne d'écoulement du fluide au point 1 v_1 est plus **PETITE** que la vitesse moyenne d'écoulement du fluide au point 2 v_2 .

Donc pour un fluide incompressible, pour un débit donné, plus la section de la conduite est **GRANDE** et plus la vitesse d'écoulement du fluide est **PETITE**



De l'eau s'écoule dans une conduite de 30,0 cm de diamètre à la vitesse de 0,50 m.s⁻¹.

- 1- **Calculer** le débit volumique en m³.s⁻¹ et L/min.
- 2- **Calculer** la valeur numérique du débit massique.
- 3- **Calculer** la nouvelle vitesse moyenne d'écoulement lorsque le diamètre de la canalisation se rétrécit à 20,0 cm.

On sait que

$$d_1 = 30,0 \text{ cm} = 30 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$v_{\text{moy1}} = 0,50 \text{ m/s}$$

1) On cherche Q_v

$$\begin{aligned} Q_v &= S \times v_{\text{moy}} \\ &= \pi \times d^2 / 4 \times v_{\text{moy}} \\ &= \pi \times (30 \times 10^{-2})^2 / 4 \times 0,50 \\ &= 3,5 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

Conversions

$$\begin{aligned} Q_v &= 3,5 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \\ &= 35 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \\ &= 35 \times 60 \text{ L/min} \\ &= 2100 \text{ L/min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad Q_m &= Q_v \times \rho \\ &= 3,5 \times 10^{-2} \times 1000 \\ &= 35 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \end{aligned}$$

$$3) \text{ Equation de continuité : } S_1 \times v_{\text{moy1}} = S_2 \times v_{\text{moy2}}$$

$$\begin{aligned} v_{\text{moy2}} &= S_1 \times v_{\text{moy1}} / S_2 \\ &= d_1^2 \times v_{\text{moy1}} / d_2^2 \\ &= (30 \times 10^{-2})^2 \times 0,50 / (20 \times 10^{-2})^2 \\ &= 1,125 \text{ m/s} \end{aligned}$$