

# Description d'un fluide en écoulement stationnaire dans une conduite

---

## Extrait du programme

La partie 1.4 « Description d'un fluide en écoulement stationnaire dans une conduite » introduit le point de vue eulérien pour l'étude des écoulements. Il s'agit de décrire simplement un écoulement en identifiant des tubes de courant sur lesquels des bilans peuvent ensuite être effectués.

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>4. Description d'un fluide en écoulement stationnaire dans une conduite.</b>	
Grandeurs eulériennes. Régime stationnaire.	Décrire localement les propriétés thermodynamiques et mécaniques d'un fluide à l'aide des grandeurs intensives pertinentes.
Lignes et tubes de courant. Débit massique.	Exprimer le débit massique en fonction de la vitesse d'écoulement. Exploiter la conservation du débit massique le long d'un tube de courant.
Débit volumique.	Justifier l'intérêt d'utiliser le débit volumique pour l'étude d'un fluide incompressible en écoulement.

# Sommaire

<b>1</b>	<b>DESCRIPTION EULERIENNE D'UN FLUIDE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>VISUALISATION D'UN ECOULEMENT .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DEBIT MASSIQUE .....</b>	<b>4</b>
3.1	DEFINITION .....	4
3.2	RELATION AVEC LA VITESSE D'ECOULEMENT .....	4
3.3	CONSERVATION DU DEBIT MASSIQUE .....	4
<b>4</b>	<b>DEBIT VOLUMIQUE .....</b>	<b>4</b>
4.1	DEFINITION .....	4
4.2	CAS D'UN FLUIDE INCOMPRESSIBLE EN ECOULEMENT STATIONNAIRE .....	4
<b>5</b>	<b>QUESTIONS DE COURS .....</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>EXERCICES D'APPLICATION DU COURS .....</b>	<b>6</b>
6.1	CONSERVATION DU DEBIT.....	6
6.2	ECOULEMENT SANGUIN .....	6

# 1 Description eulérienne d'un fluide

Etude du fluide à l'échelle mésoscopique.

Grandeurs intensives thermodynamiques :

- 
- 

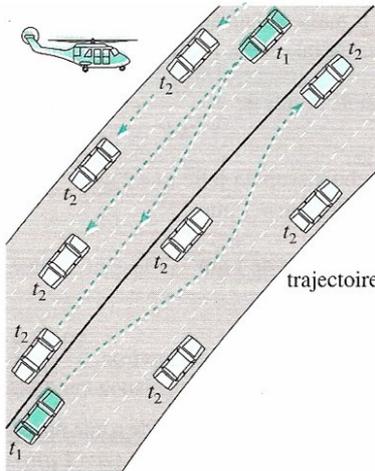
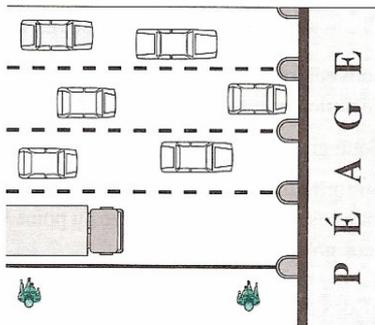
Système : particule de fluide désignée par le point  $M$ , de volume  $dV$  et de masse  $\delta m$ , en un instant  $t$ .

Description de l'écoulement du fluide à l'aide de 2 grandeurs intensives mécaniques :

- 
- 

**Description Eulérienne :**

Exemple :

Description Lagrangienne	⇔	Description Eulérienne
		
<p>On observe les trajectoires des divers véhicules (entre <math>t = t_1</math> et <math>t = t_2</math>)</p>		<p>Les deux gendarmes observant les vitesses des véhicules se sont placés en formalisme eulérien pour décrire l'écoulement du trafic. A la même date <math>t</math>, ils n'observent pas les mêmes véhicules.</p>

**Hypothèse du cours :** Ecoulement **stationnaire**

La pression, la masse volumique ou encore la vitesse ne dépendront plus du temps et s'écriront respectivement :

$$P(M), \mu(M), \vec{v}(M)$$

Liens :

<https://www.youtube.com/watch?v=mdN80Okx2ko#t=311>

<https://www.youtube.com/watch?v=zUaD-GMARrA>

## 2 Visualisation d'un écoulement

**Carte de champ** : représentation graphique plane où on va représenter le vecteur vitesse en un certain nombre de points. La direction indiquée par une flèche sur la carte sera celle de la vitesse en ce point et la longueur de la flèche sera proportionnelle à la norme de la vitesse.

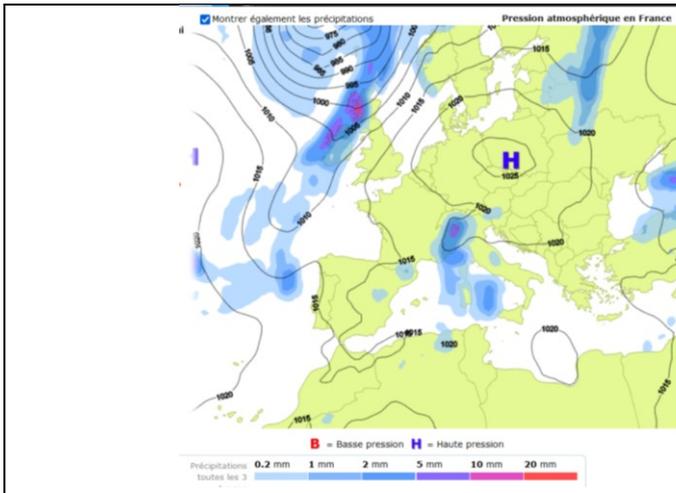
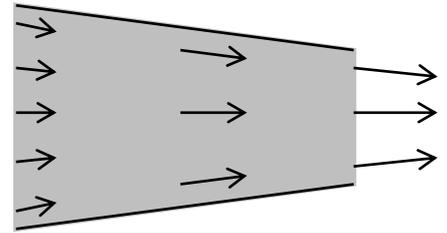
Exemple :

Carte de champ pour une conduite dont la section diminue

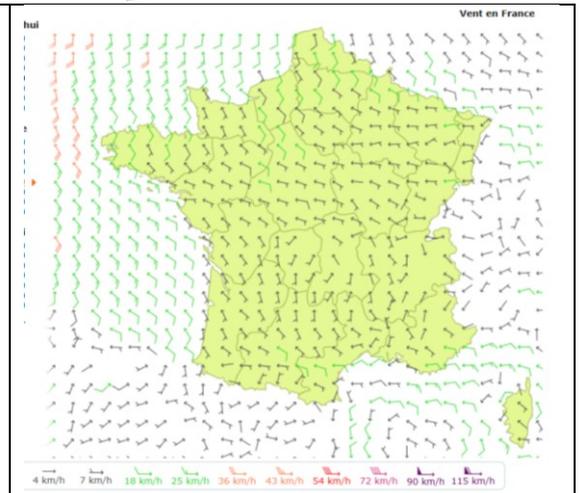
Liens :

[http://www.femto-physique.fr/simulations/mecaflu\\_simu1.php](http://www.femto-physique.fr/simulations/mecaflu_simu1.php)

[http://www.femto-physique.fr/mecanique\\_des\\_fluides/mecaflu\\_C1.php](http://www.femto-physique.fr/mecanique_des_fluides/mecaflu_C1.php)

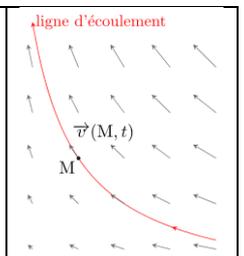


Pression atmosphérique en France le 09/10/22 à 14h

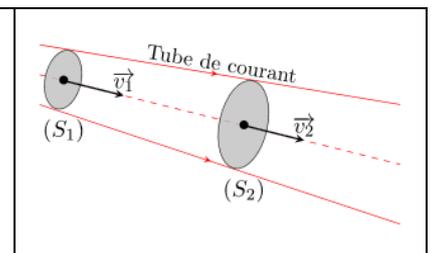


Vitesse du vent en France le 09/10/22 à 14h

Définition : Ligne de courant



Définition : Tube de courant



Remarque :

Lors de l'étude d'une conduite, le tube de courant pourra souvent être confondu avec les bords de la conduite.

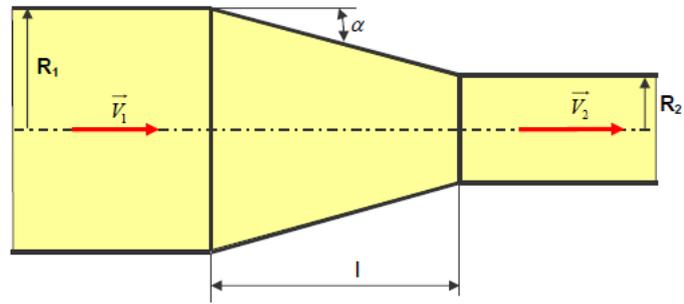
## 5 Questions de cours

- 1) Expliquer ce que représente la description eulérienne d'un fluide.
- 2) Définir la notion de ligne de courant et de tube de courant.
- 3) Définir les débits massiques et volumiques. Donner leurs expressions en fonction de la vitesse d'écoulement du fluide pour un écoulement unidimensionnel ou un écoulement quelconque. Comment peut-on relier ces deux débits ?
- 4) Démontrer qu'il y a conservation du débit massique en régime stationnaire. Que se passe-t-il si le fluide est de plus incompressible ?

## 6 Exercices d'application du cours

### 6.1 Conservation du débit

On veut accélérer la circulation d'un fluide incompressible en écoulement stationnaire dans une conduite de telle sorte que sa vitesse soit multipliée par 4. Pour cela, la conduite comporte un convergent caractérisé par l'angle  $\alpha$ .



1) Calculer le rapport des rayons  $\left(\frac{R_1}{R_2}\right)$ .

2) En déduire la longueur  $l$ .

Données :  $R_1 = 50\text{mm}$  et  $\alpha = 15^\circ$

### 6.2 Écoulement sanguin

A la sortie du cœur, l'aorte peut être considérée comme une conduite cylindrique de rayon  $a_0 = 1\text{cm}$ . Le débit volumique est  $D_V = 6\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$  et on suppose que l'écoulement peut être considéré comme stationnaire. Sa masse volumique vaut  $\mu = 1,0\cdot 10^3\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

1) Quelle est la vitesse  $v$  du sang dans l'aorte ? On supposera que le champ des vitesses est uniforme sur une section. Le sang est évacué du cœur d'abord au niveau de l'aorte, qui se divise en  $N_a$  artères de rayon  $a_a$ , puis en  $N'_a$  artérioles de rayon  $a'_a = 20\mu\text{m}$ . Le débit volumique au travers d'une artère est  $D_{V,a} = 2\cdot 10^{-6}\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ .

2) Calculer le nombre  $N_a$  d'artères.

3) Faire de même le nombre total d'artérioles  $N'_a$  sachant que la vitesse du sang dans une artériole est  $v'_a = 5\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ .