

Description d'un fluide en écoulement stationnaire dans une conduite

Description eulérienne d'un fluide

La **description eulérienne** du fluide consiste à étudier le fluide en un point donné M et en un instant donné t .

Visualisation d'un écoulement

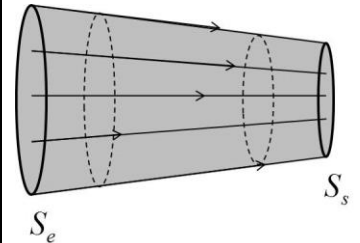
Carte de champ : représentation graphique plane où apparaît le vecteur vitesse en un certain nombre de points.

Définition :

Ligne de courant : ligne, qui en chacun de ses points, est tangente à la vitesse de l'écoulement.

Définition :

Tube de courant : surface formée par l'ensemble des lignes de courant s'appuyant sur un contour fermé.



Exemples d'écoulements

Écoulement **uniforme** : la vitesse de l'écoulement est la même en tout point

Écoulement **divergent** : le volume de la particule de fluide varie au cours du mouvement ($\text{div} \vec{v} \neq 0$).

Écoulement **rotationnel** : certaines lignes de courant se referment sur elles-mêmes ($\text{rot} \vec{v} \neq \vec{0}$).

Opérateur divergence en coordonnées cartésiennes : $\text{div} \vec{v} = \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} \right) + \left(\frac{\partial v_y}{\partial y} \right) + \left(\frac{\partial v_z}{\partial z} \right)$

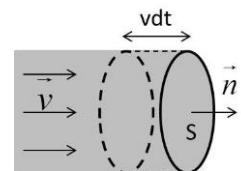
Opérateur rotationnel en coordonnées cartésiennes : $\text{rot} \vec{v} = \left(\frac{\partial v_z}{\partial y} - \frac{\partial v_y}{\partial z} \right) \vec{u}_x + \left(\frac{\partial v_x}{\partial z} - \frac{\partial v_z}{\partial x} \right) \vec{u}_y + \left(\frac{\partial v_y}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y} \right) \vec{u}_z$

Débit massique

Définition :

Soit une surface S dans un fluide avec $\vec{n}$ le vecteur normal à cette surface. Débit massique D_m ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$) au travers de la surface S = masse de fluide δm la

traversant par unité de temps : $D_m = \frac{\delta m}{dt}$



Soit un écoulement homogène (masse volumique μ constante) et uniforme (vitesse v constante), S une surface perpendiculaire à l'écoulement : $D_m = \mu S v$

Cas d'un écoulement quelconque : $D_m = \iint_S \mu(M) \vec{v}(M) \cdot \vec{dS}$

En régime stationnaire, le débit massique se conserve le long d'un tube de courant.

Débit volumique

Définition :

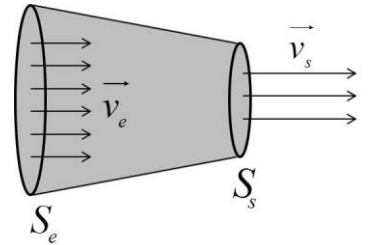
Débit volumique D_V ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) = volume du fluide dV traversant une surface S par unité de temps : $D_V = \frac{dV}{dt}$

Soit un écoulement homogène et uniforme : $D_V = S v$

Relation entre débit massique et volumique : $D_m = \mu D_V$

Cas d'un écoulement quelconque : $D_V = \iint_S \vec{v}(M) \cdot \vec{dS}$

Pour un fluide incompressible et homogène en écoulement stationnaire, il y a conservation du débit volumique sur un tube de courant.



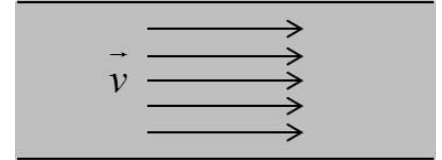
Conséquence :

Augmentation de la vitesse du fluide quand les lignes de courant se rapprochent.

Fluide parfait

Définition :

Fluide parfait s'il est possible de choisir un profil de vitesse uniforme au sein d'une section du fluide. Le fluide glisse sur les parois de la conduite, il n'y a aucune adhérence.



Fluide newtonien

Mais l'immobilité de la paroi impose celle du fluide à son contact. Si le fluide n'est pas parfait, il est dit **visqueux**.

Force de cisaillement :

La force élémentaire $\overrightarrow{dF}$, appelée **force de cisaillement**, qu'exerce une couche de fluide de surface élémentaire dS sur une couche de fluide située juste au-dessous de même surface se met sous la forme :

$$\overrightarrow{dF} = \eta \frac{\partial v_x}{\partial z} dS \vec{u}_x \quad \text{avec } \eta \text{ la viscosité du fluide en PI (poiseuille).}$$

Ordres de grandeur de viscosité :

$$\eta(\text{air à } 15^\circ\text{C}) = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ PI}$$

$$\eta(\text{eau à } 20^\circ\text{C}) = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ PI}$$

$$\eta(\text{huile pour moteur à } 40^\circ\text{C}) \approx 0,1 \text{ PI}$$

Point de vue thermodynamique : viscosité implique irréversibilité

Point de vue énergétique : dissipation de l'énergie cinétique en thermique

