

Écoulements de fluides

Biographies succinctes

I – Écoulements visqueux

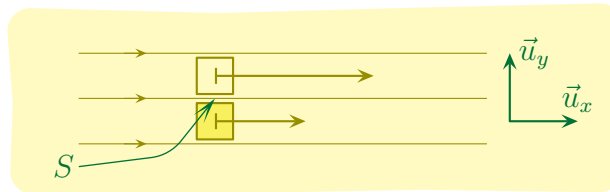
Dans la situation représentée ci-dessous, la force que la particule du haut exerce sur celle du bas s'écrit

$$\vec{f}_{h \rightarrow b} = +\eta \frac{\partial v_x}{\partial y} S \vec{u}_x \quad \text{où :}$$

→ η est la *viscosité dynamique* (en Pl) ;

→ S est la surface de contact entre les deux particules de fluide.

LOI



Un fluide tel que les forces tangentielles qui s'exercent entre particules de fluide

DÉF s'écrivent « $\eta S \frac{\partial v_x}{\partial y}$ » est dit *newtonien*.

DÉF η est appelé la *viscosité dynamique*.

LOI L'unité de la viscosité dynamique η est le *poiseuille*, noté Pl ou, parfois, le Pa.s.

La résultante des forces de viscosité qui s'exerce sur une particule de fluide de volume $d\tau$ dans un écoulement incompressible s'écrit

LOI

$$d\vec{f}_{\text{visc}} = \eta \vec{\Delta} \vec{v} d\tau$$

ÉQUATION DE NAVIER – STOKES

Dans un fluide newtonien, pour un écoulement incompressible, le champ de vitesse obéit aux équations (équivalentes) suivantes :

$$\begin{aligned} \mu \frac{d\vec{v}}{dt} &= -\overrightarrow{\text{grad}} P + \vec{f}_{v,\text{tot}} + \eta \vec{\Delta} \vec{v} \\ \text{LOI} \quad \mu \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \left(\vec{v} \cdot \overrightarrow{\text{grad}} \right) \vec{v} \right) &= -\overrightarrow{\text{grad}} P + \vec{f}_{v,\text{tot}} + \eta \vec{\Delta} \vec{v} \\ \mu \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \overrightarrow{\text{grad}} \frac{v^2}{2} + \left(\overrightarrow{\text{rot}} \vec{v} \right) \wedge \vec{v} \right) &= -\overrightarrow{\text{grad}} P + \vec{f}_{v,\text{tot}} + \eta \vec{\Delta} \vec{v} \end{aligned}$$

→ μ est la masse volumique ;

→ $\vec{f}_{v,\text{tot}}$ est la densité volumique de force à distance (poids, électromagnétisme, inertie) ;

→ η est la viscosité dynamique.

LOI Les particules de fluide d'un fluide newtonien adhèrent aux parois.

LOI Pour un fluide newtonien, en un point I au niveau d'une paroi

$$\vec{v}(I \in \text{fluide})|_{\mathcal{A}} = \vec{v}(I \in \text{paroi})|_{\mathcal{A}}$$

LOI Pour un fluide newtonien, en un point I au niveau d'une paroi immobile

$$\vec{v}(I \in \text{fluide})|_{\mathcal{A}} = \vec{0}$$

LOI Le nombre de REYNOLDS peut s'écrire

$$\text{Re} = \frac{\text{accélération convective}}{\text{action de viscosité}}$$

DÉF La *viscosité cinématique* ν est définie par

$$\mu \triangleq \frac{\eta}{\rho}$$

DÉF Le nombre de REYNOLDS s'écrit

$$\text{Re} = \frac{V L}{\nu}$$

LOI L'épaisseur de la couche limite est en $\frac{L}{\sqrt{\text{Re}}}$ où L est la longueur parcourue sur l'obstacle.

DÉF Le *transport convectif* de quantité de mouvement correspond à la quantité de mouvement emportée avec une particule de fluide lors de son mouvement.

DÉF Le *transport diffusif* de quantité de mouvement correspond à la quantité de mouvement transférée entre particules de fluide par viscosité.

LOI Le nombre de REYNOLDS représente le rapport des termes de transport convectif sur le transport diffusif de quantité de mouvement.

II – Écoulements parfaits

DÉF Un écoulement est dit *parfait* quand tous les phénomènes de diffusion peuvent être négligés.

ÉQUATION D'EULER

Dans un écoulement parfait, le champ de vitesse obéit aux équations (équivalentes) suivantes :

$$\mu \frac{d\vec{v}}{dt} = -\overrightarrow{\text{grad}} P + \vec{f}_{v,\text{tot}}$$

$$\mu \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \left(\vec{v} \cdot \overrightarrow{\text{grad}} \right) \vec{v} \right) = -\overrightarrow{\text{grad}} P + \vec{f}_{v,\text{tot}}$$

$$\mu \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \overrightarrow{\text{grad}} \frac{v^2}{2} + \left(\overrightarrow{\text{rot}} \vec{v} \right) \wedge \vec{v} \right) = -\overrightarrow{\text{grad}} P + \vec{f}_{v,\text{tot}}$$

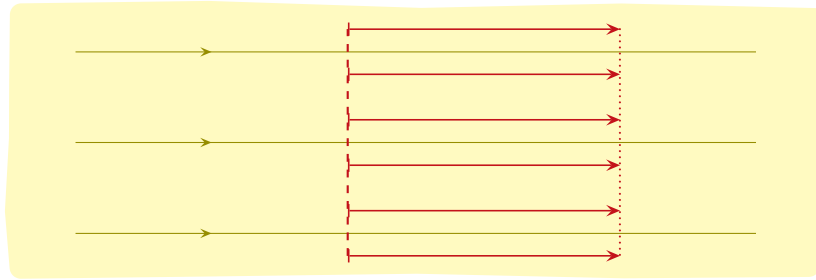
→ μ est la masse volumique ;

→ $\vec{f}_{v,\text{tot}}$ est la densité volumique de force à distance (poids, électromagnétisme, inertie) ;

LOI La pression est plus faible au niveau de la concavité des lignes de courant.

Un *jet* est un écoulement à lignes de courant parallèles où la vitesse ne dépend pas de la ligne de courant.

DÉF



LOI

Dans un jet, la répartition de pression orthogonalement aux lignes de courant est hydrostatique.

DÉF

Un *jet libre* est un jet à l'intérieur d'un autre fluide.

LOI

Dans tout jet libre à l'intérieur de l'atmosphère, la pression n'est autre que la pression atmosphérique.

LOI

Dans un écoulement **P**arfait **H**omogène **I**rrotationnel **S**tationnaire **I**ncompressible (PHISic), nous pouvons écrire

$$\frac{P}{\mu} + g h + \frac{v^2}{2} = C^{\text{te}} \text{ dans tout le fluide}$$

LOI

Dans un écoulement **P**arfait **S**tationnaire **I**ncompressible et **H**omogène (PSIcH), nous pouvons écrire

$$\frac{P}{\mu} + g h + \frac{v^2}{2} = C^{\text{te}} \text{ sur une ligne de courant}$$

LOI

Suivant les hypothèses, les relations de BERNOULLI peuvent s'écrire sous la forme

$$\frac{P}{\mu} + e_p + \frac{v^2}{2} = C^{\text{te}}$$

La relation n'est valable que là où les hypothèses l'autorisent avec e_p l'énergie potentielle massique.

LOI

Un écoulement ne peut être considéré comme incompressible que si les vitesses particulières sont très inférieures à celle du son.