

Mécanique des fluides - Chap. II : Cinématique des fluides

Le but sera de présenter les outils qui permettent de décrire les écoulements de fluides car nous ne sommes plus en statique!

1 Champ de vitesse et ligne de courant

Le fluide n'est plus au repos : on introduit donc le *champ de vitesse*, défini en chaque point M à un instant t comme la vitesse de la particule fluide centrée en ce point en cet instant. On la note $\vec{v}(M, t)$.

On peut représenter le champ de vitesse comme sur la figure 1

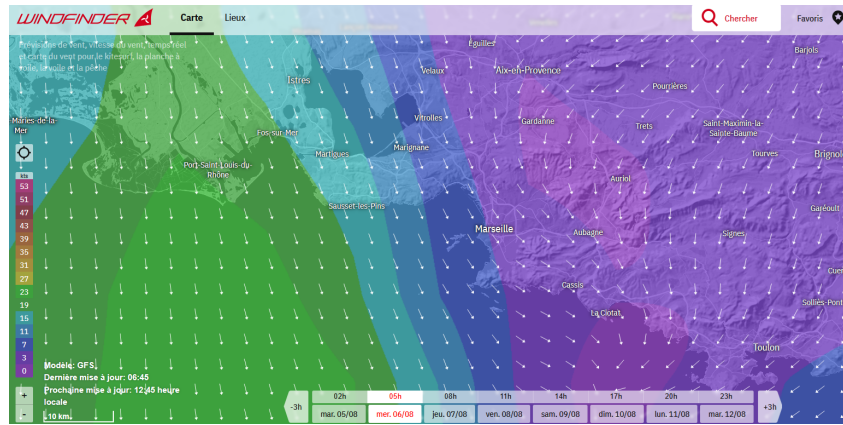


FIGURE 1 – Carte des vents, la direction est indiquée par les flèches et la norme par le code couleur. Source : windfinder.com

Déf : une ligne de courant est une ligne tangente au champ de vitesse en tout point, et orientée dans son sens.

Schéma effet Venturi. À priori ces lignes indiquent seulement la direction et le sens du champ de vitesse et non sa norme.

2 Tube de courant et débit

Un tube de courant est un tube dont les parois sont constituées de lignes de courant (figure 2).

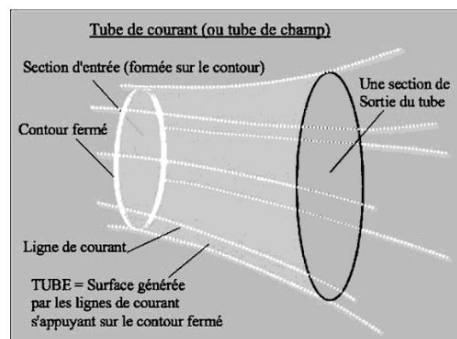


FIGURE 2 – Schéma d'un tube de courant.

Déf : soient dV le volume et dm la masse qui traversent une surface S entre t et $t + dt$. Le débit volumique D_v est $D_v = dV/dt$, le débit massique D_m est $D_m = dm/dt$.

Unités : débit volumique en m^3/s , débit massique en kg/s .

Soit U la vitesse moyenne en sortie de notre tube de courant de surface S . On a alors $D_v = US$ (d'après la figure 3). On vérifie les unités.

On a également, pour un fluide homogène $D_m = \rho US$.

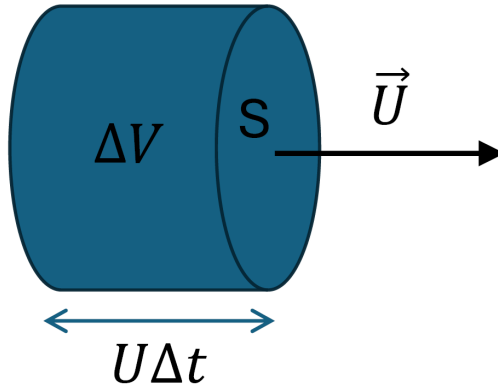


FIGURE 3 – Calcul du débit volumique en sortie d'un tube de surface S où la vitesse moyenne est U .

Remarque (Hors Programme) : On peut définir $\vec{j} = \rho \vec{v}$ le vecteur *densité de courant* tel que

$$D_m = \iint \vec{j} \cdot d\vec{S}. \quad (1)$$

La masse qui traverse la surface infinitésimale $d\vec{S}$ pendant dt est $\vec{j} \cdot d\vec{S}dt$. On peut voir $\vec{j}$ comme le "flux de masse local".

Exercice : Bilan de masse infinitésimal pour trouver l'équation de conservation de la masse

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial j}{\partial x} = 0. \quad (2)$$

Ordres de grandeur :

Phénomène	Débit volumique D_v (m^3/s)
Robinet	3×10^{-4}
Ventilateur Dyson	0,28
Rhône	600 (source)
Gulf Stream	18×10^6 (source)

TABLE 1 – Différents débits volumiques

3 Écoulements et conservation

- Un écoulement est *stationnaire* si ses propriétés (vitesse, pression...) ne dépendent pas du temps.
- Un écoulement est *uniforme* si ses propriétés ne dépendent pas de la position.
- Un écoulement est *laminaire* si les lignes de courants sont "lisses", en opposition à un écoulement *turbulent* (chaotique) où de nombreux tourbillons sont présents (figure 4).
- Pour un écoulement *incompressible et homogène* la masse volumique est constante.

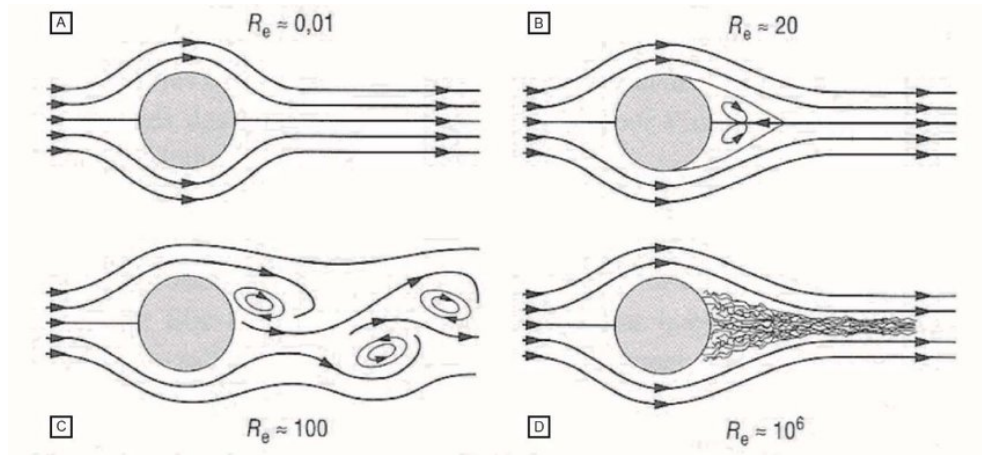


FIGURE 4 – Écoulement autour d'une sphère, la vitesse de l'écoulement augmentant progressivement de A à D. L'écoulement est laminaire en A et turbulent en D. Source : [Olivier Granier](#)

Dans un écoulement stationnaire le débit massique se conserve le long d'un tube de courant. En effet la masse entre deux points ne peut pas changer donc à tout temps la masse entrante est la même que la masse sortante.
 Conséquence : Dans un écoulement incompressible et homogène le débit volumique se conserve.

Application : Dans un tube de courant, si les lignes de courants se resserrent, la section du tube diminue. Si l'écoulement est stationnaire, incompressible et homogène le débit volumique se conserve et ainsi une diminution de surface traduit une augmentation de vitesse. En résumé lorsque les lignes de courant se rapprochent la vitesse augmente (et inversement).