

CINÉMATIQUE DES FLUIDES

I Description d'un fluide en mouvement

1. Particule fluide
2. Champs eulériens dans l'écoulement
3. Visualisation du champ de vitesse
4. Écoulement instationnaire
5. Dérivée particulaire
 - a. Variation sur place dans un écoulement variable
 - b. Variation convective dans un écoulement uniforme
 - c. Cas général

II Masse et volume en écoulement

1. Transport de masse et transport de volume
2. Conservation de la masse : aspect local
3. Conservation de la masse : aspect intégral
4. Dérivée particulaire de la masse volumique
5. Écoulement incompressible

III Vorticité

1. Rotationnel du champ de vitesse
2. Vecteur tourbillon
3. Circulation du champ de vitesse
4. Cas d'une courbe fermée et lien avec la vorticité
5. Vortex de Rankine
6. Écoulements irrotationnels
 - a. Définition et conséquence
 - b. Écoulement irrotationnel et incompressible
 - c. Exemple : écoulement autour d'une boule

Définition d'un champ eulérien dans un écoulement

$F(M, t)$ = grandeur physique F pour la particule fluide qui se trouve en M à l'instant t

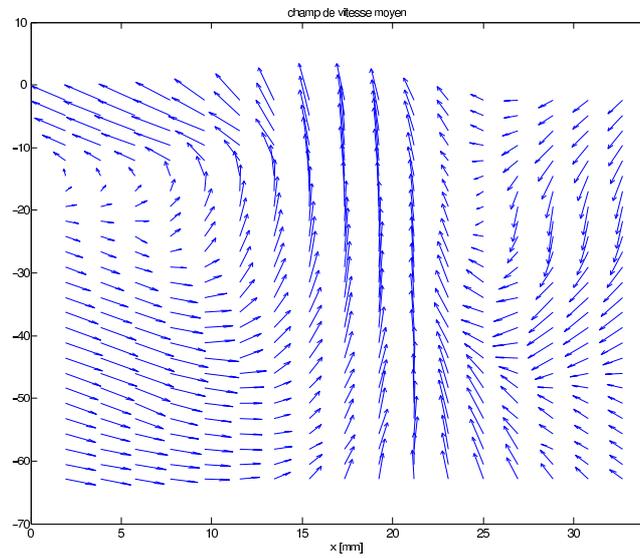


FIGURE 1 – Champ de vitesse dans un panache de convection thermique.

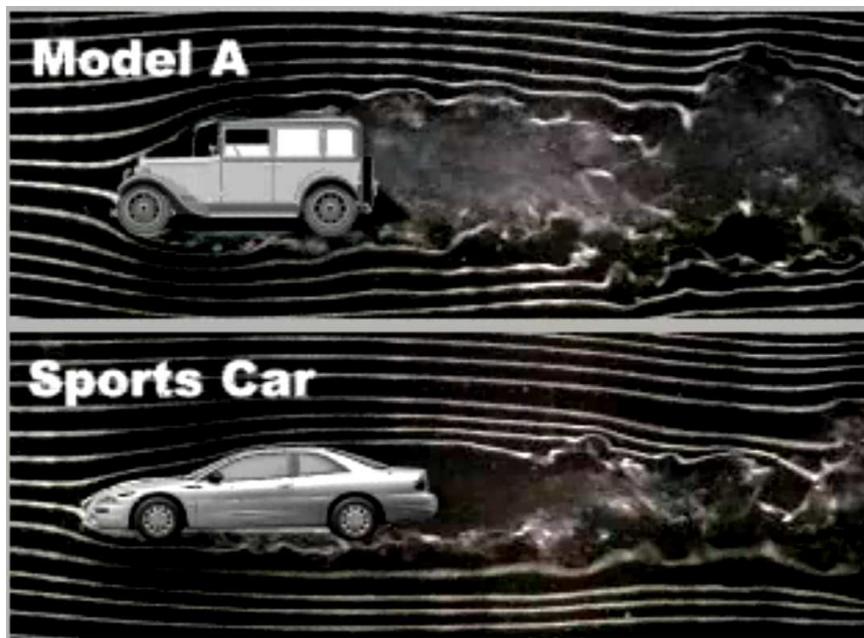


FIGURE 2 –

Définition de la dérivée particulaire

On appelle **dérivée particulaire** de la grandeur F en M à l'instant t la dérivée temporelle de $F_P(t)$, où P est la particule fluide qui passe en M à l'instant t . On la note $\frac{DF(M,t)}{Dt}$.

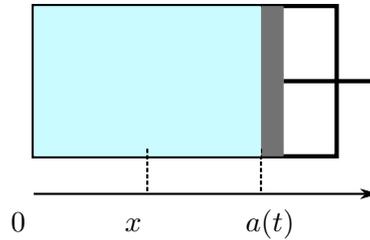


FIGURE 3 – Pompe à vélo.

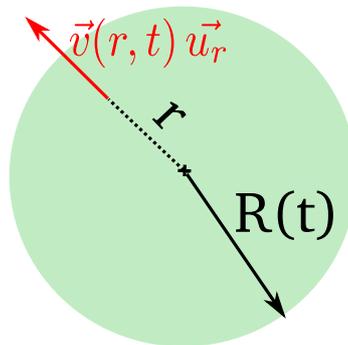


FIGURE 4 – Boule en expansion homogène

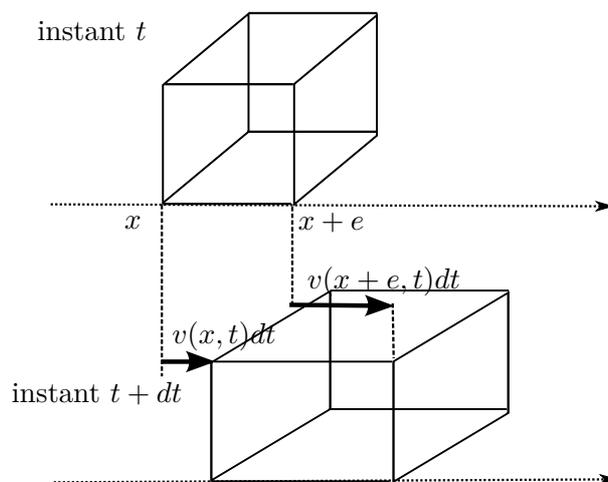


FIGURE 5 – Analyse de la dilatation d'une particule fluide en une dimension.

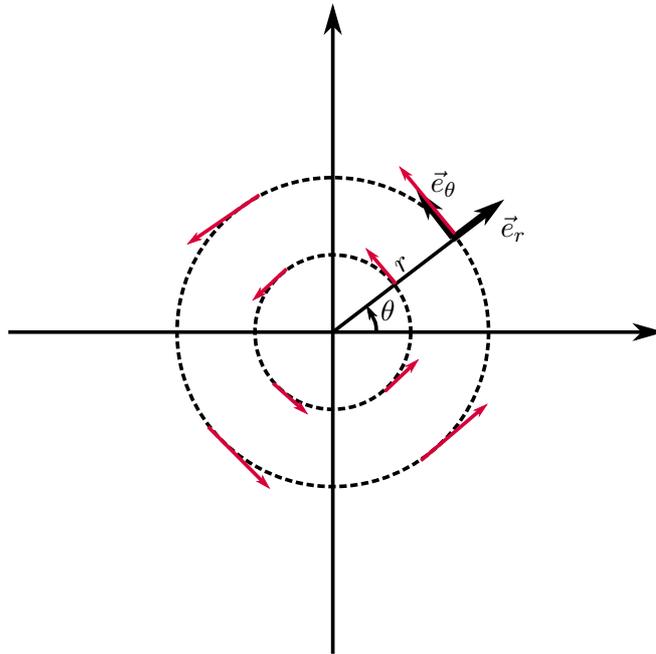
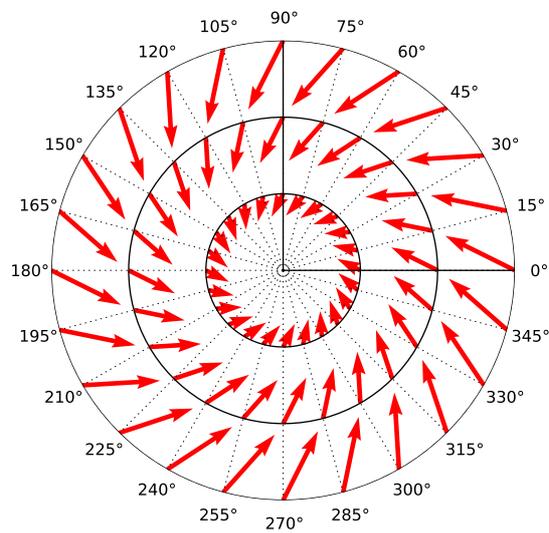
FIGURE 6 – Champ de vitesse de la forme $\vec{v} = r\omega\vec{u}_\theta$ 

FIGURE 7 – Champ de vitesse dans un vortex de Burgers.

Définition de la circulation du vecteur \vec{v}

Soit Γ une courbe orientée et \vec{v} un champ de vecteur. On appelle circulation de \vec{v} le long de Γ la quantité scalaire

$$C = \int_{\Gamma} v(\vec{M}).d\vec{\ell} \quad .$$



FIGURE 8 – Tourbillon marginal au bord d'une aile d'avion

Proposition

Dans un écoulement tourbillonnaire, il existe au moins une courbe fermée de long de laquelle la circulation de la vitesse est non nulle.

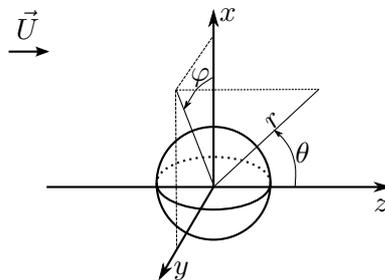


FIGURE 9 – Coordonnées sphériques pour l'étude de l'écoulement potentiel incompressible autour d'une boule

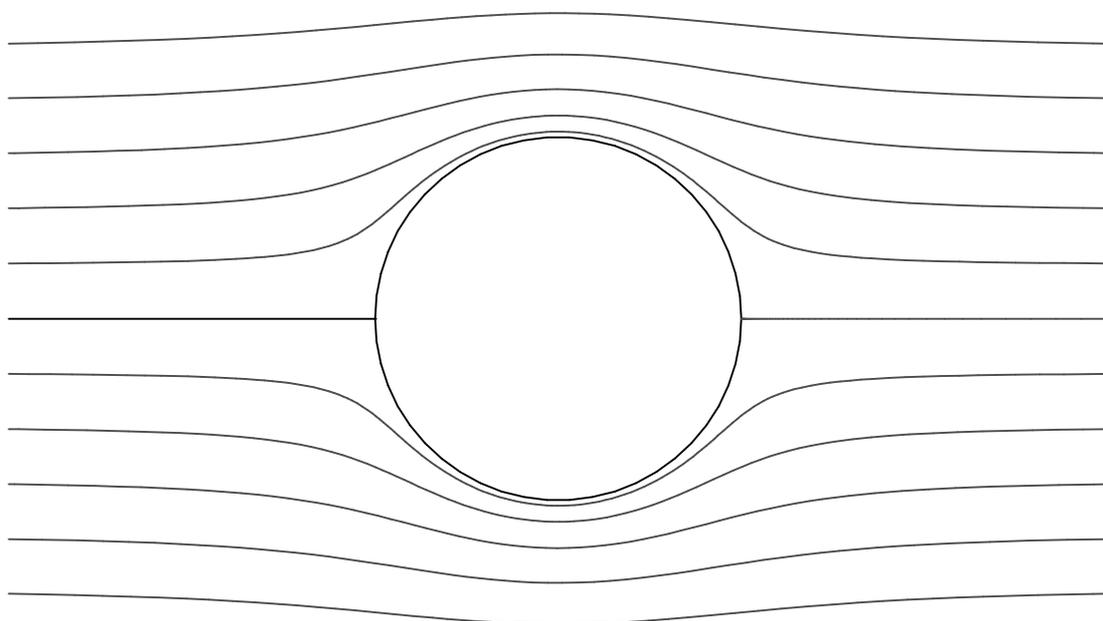


FIGURE 10 – Lignes de courant d'un écoulement potentiel autour d'une boule.