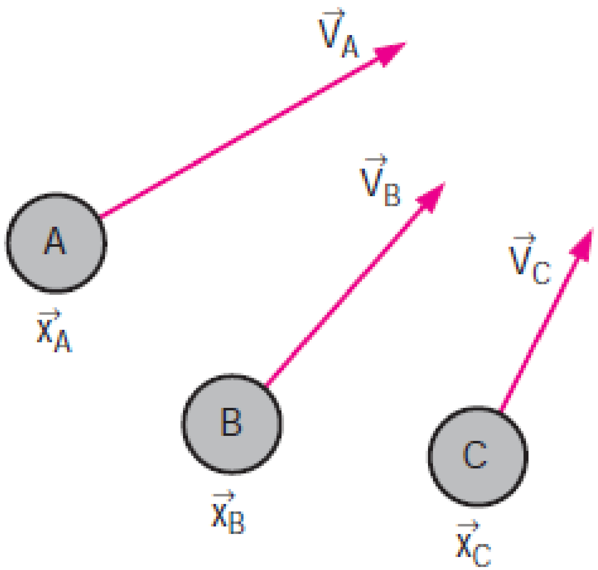
Chapitre 4

Cinétique des Fluides

4.1 DÉFINITIONS

- Cinétique des Fluides : description du mouvement des fluides sans considérer les forces & moments causant ce mouvement
- Particule fluide = entité élémentaire permettant une description complète des écoulements
- Particule fluide caractérisée par sa masse volumique (ρ), sa pression (p) & sa température (T)
- Introduction de la position & vitesse de la particule qui se translate, tourne sur elle-même & se déforme quand elle s'écoule

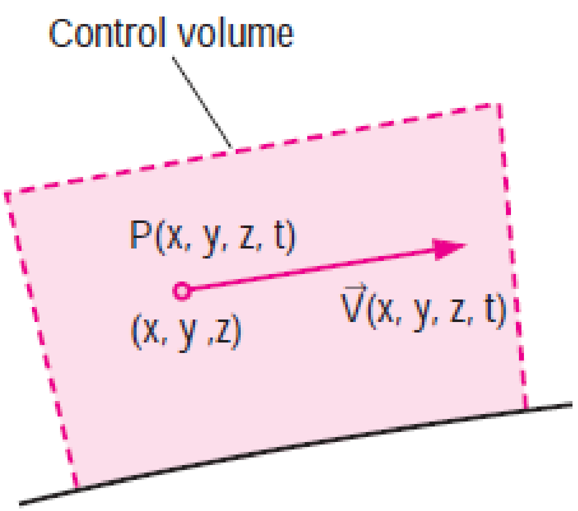
4.2 DESCRIPTION LAGRANGIENNE & TRAJECTOIRE



- Description de l'écoulement consiste à suivre une particule donnée au cours de son mouvement au sein du fluide
- Évolution de position des particules permet de décrire le mouvement
- À chaque instant correspond une position de la particule
- Coordonnées de position sont appelées **variables de Lagrange** (Joseph Louis Lagrange : 1736–1813)
- Lieu géométrique des positions successives occupées par une particule, lorsque t varie, constitue la trajectoire de cette particule

4.3 DESCRIPTION EULERIENNE & LIGNES DE COURANT

- Définition d'un volume fini appelé domaine d'écoulement ou volume de contrôle à travers lequel le fluide entre et sort
- À la place de position & vitesse, on définit les variables du champ, fonctions de l'espace et temps à l'intérieur du volume de contrôle
  - Champ de pression (grandeur scalaire) : $P = P(x, y, z, t)$
  - Champ de vitesse (grandeur vectorielle) : $\vec{V} = \vec{V}(x, y, z, t)$
  - Champ de l'accélération (grandeur vectorielle) :$\vec{a} = \vec{a}(x, y, z, t)$



- Ces variables de champ, avec d'autres, définissent le champ d'écoulement

$$\vec{V} = (u, v, w) = u(x, y, z, t)\vec{i} + v(x, y, z, t)\vec{j} + w(x, y, z, t)\vec{k}$$

4.3 DESCRIPTION EULERIENNE & LIGNES DE COURANT

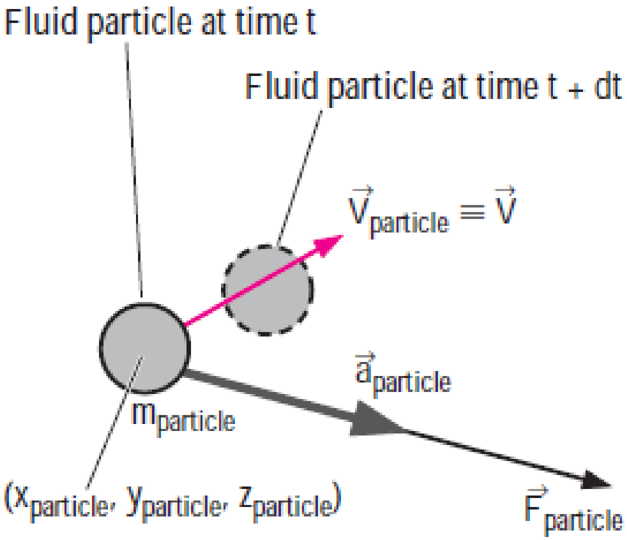
Exemple 1

Un champ permanent et incompressible de vitesse en 2D est donné par :

$$\vec{V} = (u, v) = (0.5 + 0.8x)\,\vec{i} + (1.5 - 0.8y)\,\vec{j}$$

où les coordonnés x et y sont en mètres. Un point de stagnation est défini comme un point dans le champ d'écoulement où la vitesse est nulle. (a) Déterminer s'il existe un point de stagnation dans ce champ d'écoulement; si oui, où ? (b) Représenter les vecteurs vitesses à plusieurs localisations dans le domaine x = -2 m à 2 m et y = 0 m à 5 m ; et décrire le champ d'écoulement qualitativement.

4.3 CHAMP DE L'ACCÉLÉRATION

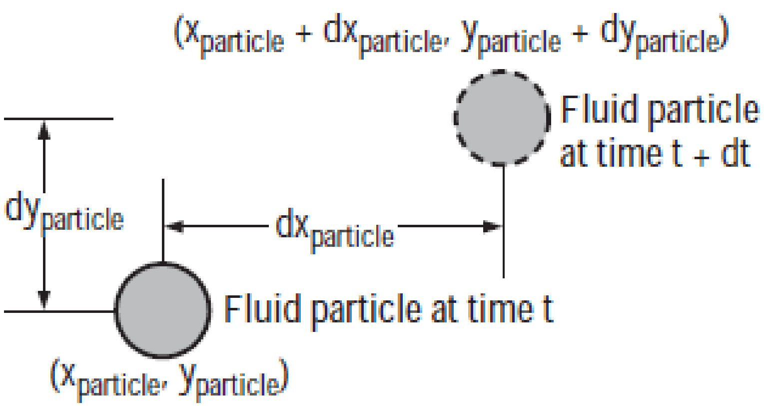


Loi de Newton : $\vec{F}_{particle} = m_{particle}\vec{a}_{particle}$

Accélération : $\vec{a}_{particle} = \dfrac{d\vec{V}_{particle}}{dt}$

$$\vec{a}_{particle} = \frac{d\vec{V}_{particle}}{dt} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d\vec{V}(x_{particle}, y_{particle}, z_{particle}, t)}{dt}$$

$$= \frac{\partial \vec{V}}{\partial t}\frac{dt}{dt} + \frac{\partial \vec{V}}{\partial x_{particle}}\frac{dx_{particle}}{dt} + \frac{\partial \vec{V}}{\partial y_{particle}}\frac{dy_{particle}}{dt} + \frac{\partial \vec{V}}{\partial z_{particle}}\frac{dz_{particle}}{dt}$$



$$\vec{a}_{particle}(x, y, z, t) = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + u\frac{\partial \vec{V}}{\partial x} + \upsilon\frac{\partial \vec{V}}{\partial y} + w\frac{\partial \vec{V}}{\partial z}$$

$$\vec{a}(x, y, z, t) = \frac{d\vec{V}}{dt} = \boxed{\frac{\partial \vec{V}}{\partial t}} + \boxed{(\vec{V} \cdot \vec{\nabla})\vec{V}}$$

Accélération locale

Accélération advective/convective

Accélération locale différente de zéro pour écoulements non permanents

Accélération advective différente de zéro même pour écoulements permanents

4.3 CHAMP DE L'ACCÉLÉRATION

Exemple 2

Si les composantes de vitesse d'une particule de fluide dans un champ d'écoulement sont : $v_x = kx, v_y = -ky, v_z = 0$, quelle est l'accélération de cette particule ?