

# Le fluide en écoulement

Document annexe

## Objectifs :

- Notion de dérivée particulaire
- Nature d'écoulements
- Calculs de débits

## Révision 1ère année :

- Echelle mésoscopique et force volumique
- Statique des fluides : PFD sur une particule fluide

## I - Dérivée particulaire

Soit un fluide en écoulement, les grandeurs physiques comme vitesse, accélération, masse volumique, énergies etc ... varient en fonction de la position mais éventuellement aussi au cours du temps. Elles sont ainsi décrites par des fonctions de 4 variables :  $\rho(t, x, y, z)$

Il y a deux points de vue pour décrire l'évolution de la particule fluide.

### 1 - Point de vue « Lagrangien »

On suit la particule fluide comme un point matériel, ce qui permet de faire de la mécanique du point en particulier d'appliquer le PFD sur une particule fluide de masse  $dm = \rho(M)d\tau$

Expérimentalement on suit des paillettes ou micro-bulles avec une caméra ultra-rapide.

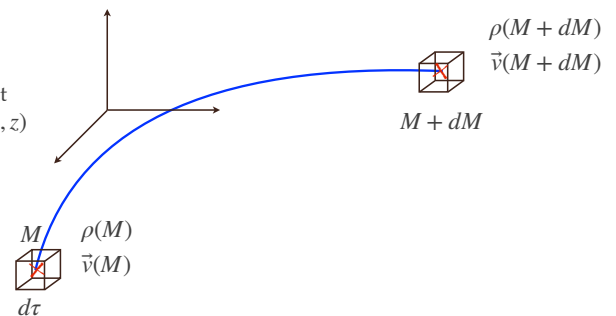
### 2 - Point de vue « Eulérien »

On se place en un point M fixe et on y mesure chaque grandeur au cours du temps. On parle alors de « champ » : champ de densité  $\rho(t, x, y, z)$  champ de vitesse  $\vec{v}(t, x, y, z)$

Expérimentalement on place en M un tube de Pitot ou un capteur à fil chaud.

## Définition :

La dérivée particulaire permet d'exprimer la dérivée temporelle du point de vue lagrangien, mais dans le formalisme de champ du point de vue eulérien.

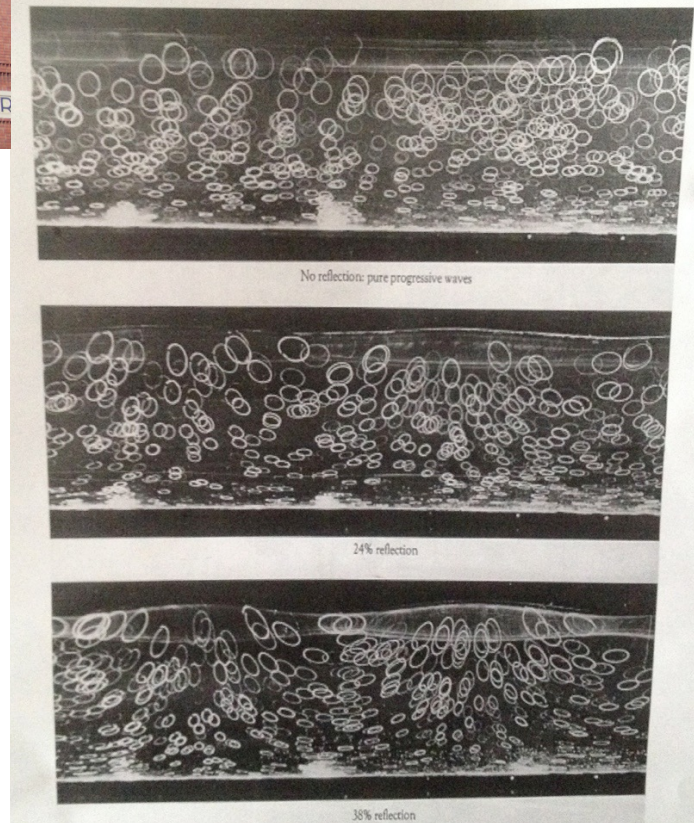




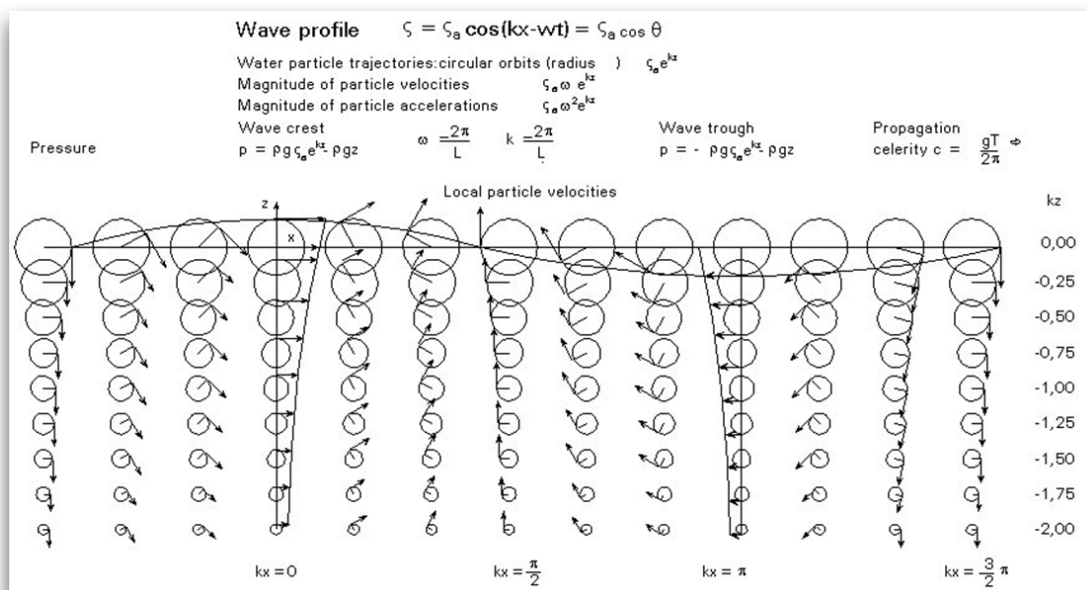
## Approche lagrangienne : écoulement sous les vagues

On éclaire des paillettes dans une « cuve à onde » [aquarium à vague] :

- On photographie avec un temps de pose ajusté pour visualiser les trajectoires.
- Une caméra ultra-rapide [ $10^3$  à  $10^4$  images par secondes] permet de suivre les paillettes au cours du temps. Relevé point à point.



## Les profils de vitesse théorique sans limite de fond



### 3 - Trajectoire de la particule fluide

Dans le cas général la vitesse en tout point  $M$  évolue au cours du temps :  $\vec{v}(t, M)$

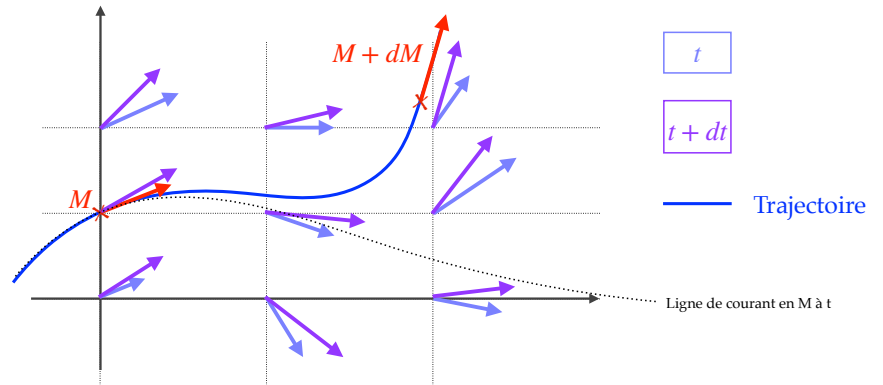
On distinguera bien :

- la trajectoire  $\overrightarrow{OM}(t)$  de la particule fluide
- des lignes de champ instantanées du vecteur vitesse appelée **ligne de courant**.

La ligne de courant passant par  $M$  est une fonction de  $t$ .

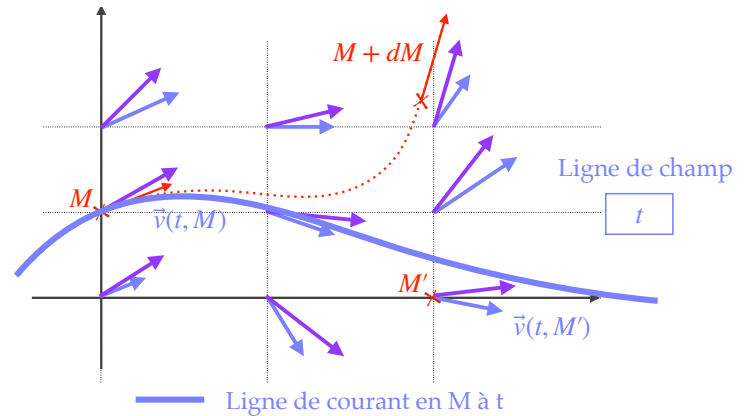
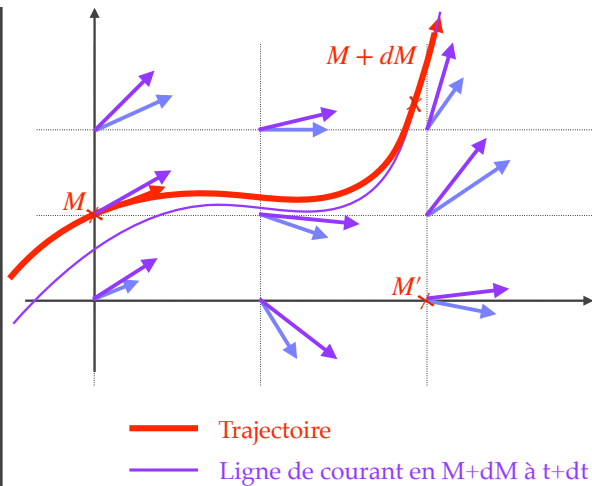
Propriété :

En régime permanent  $\vec{v}(M) = \vec{v}(M)$  la vitesse ne dépend pas du temps donc **ligne de courant et trajectoire se confondent**.



Remarques :

- La trajectoire est unique, et la trajectoire d'une autre particule passant en  $M$  à tout autre instant sera a priori différente.
- La ligne de courant passant au point  $M$  à l'instant  $t$  est unique
- Les lignes de courant à un instant  $t$  ne peuvent se croiser.



Définition :

La **ligne de champ** ou **ligne de courant** est une courbe instantanée :

- Passant en  $t$  au point  $M$ .
- Telle que le vecteur vitesse lui est tangent en tout point.

La ligne de champ passant au point  $M$  à l'instant  $t$  est unique.

