

# Description de l'écoulement d'un fluide

## I - Deux approches pour décrire l'écoulement

### I.A - Descriptions lagrangienne et eulérienne



#### Description lagrangienne



#### Description eulérienne

### I.B - Écoulement stationnaire

#### Définition (Écoulement stationnaire)

Un écoulement est stationnaire si ses grandeurs **eulériennes** sont indépendantes du temps.

### Remarques

- ★ Au programme en PT, tous les écoulements seront stationnaires
- ★ Dans un écoulement stationnaire, il est tout à fait possible que les grandeurs lagrangiennes dépendent du temps.
- ★ Stationnaire  $\neq$  uniforme
- ★ On peut aussi parler d'écoulement *permanent*

## I.C - Approche eulérienne : carte de champ

### Définition (Carte de champ et ligne de champ)

Une carte de champ est la représentation du champ à un instant donné en quelques points régulièrement répartis.

Les lignes tangentes au vecteur du champ en tout point sont appelées lignes de champ ou ligne de courant.

Remarque 

### Définition (Tube de courant)

On appelle tube de courant une surface fictive définie par la réunion de l'ensemble des lignes de champ s'appuyant sur un contour fermé (= qui définit une surface).

## II - Débits massique et volumique

### II.A - Débit massique

#### Définition (Débit massique)

#### Lien entre débit et vitesse d'écoulement

#### Démonstration



#### Application

On considère une conduite cylindrique, d'axe  $x$ , de rayon  $R$  et de section constante  $\mathcal{S}$ .

1. Calculer le débit massique si le fluide est incompressible et si  $\forall M \in \mathcal{S}, \vec{v}(M) = v_0 \vec{u}_x$ .
2. Calculer le débit massique si le fluide est incompressible et le champ des vitesses est donné par  $\vec{v}(M) = v_0 \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) \vec{u}_x$

## II.B - Débit volumique

### Définition (Débit volumique)

### Lien entre débit et vitesse d'écoulement

### Démonstration



### Définition (Vitesse débitante)

## II.C - Ecoulement incompressible et homogène

### Définition (Ecoulement incompressible et homogène)

Un écoulement est incompressible et homogène si

Remarque 

Lien entre les débits pour un écoulement incompressible homogène

Dans un écoulement incompressible et homogène, on a

$$D_m = \rho_0 D_v$$

Démonstration

## II.D - Conservation du débit

Définition (Volume de contrôle)

On appelle **volume de contrôle** un volume **fixe**, délimité par une surface fictive fermée (= qui définit un volume), au travers duquel a lieu l'écoulement.

Conservation du débit en régime stationnaire ★★

**Démonstration**

**Corollaire 1 - Système à plusieurs entrées et sorties**

**Corollaire 2 - Modification de vitesse débitante par modification de section**

**Démonstration**

## III - Notion de viscosité

### III.A - Force surfacique de viscosité

#### Définition (Force visqueuse et force surfacique de viscosité)

#### Remarque

La viscosité dynamique  $\eta$  s'exprime en Pa.s ou en Poiseuille (Pl) :  $1 \text{ Pa.s} = 1 \text{ Pl}$

ODG

eau :  $\eta = 10^{-3} \text{ Pl}$

huile :  $\eta = 0,1 \text{ Pl}$

air à  $0^\circ\text{C}$  et  $1 \text{ bar}$  :  $\eta = 10^{-5} \text{ Pl}$

### III.B - Fluide parfait et écoulement parfait

#### Définition (Ecoulement parfait)



Il y a deux possibilités pour qu'un écoulement soit parfait :

- ▷ Soit le fluide est parfait

#### Définition (Fluide parfait)

▷ soit le profil de vitesse est uniforme sur toute section

### III.C - Vitesse d'un fluide au contact d'une paroi solide

#### Vitesse d'un fluide au contact d'une paroi solide

En tout point  $P$  d'une paroi de normale  $\vec{n}$ , la vitesse du fluide par rapport à la paroi ne peut pas avoir de composante normale :

$$\vec{v}(P) \cdot \vec{n} = 0$$

En tout point  $P$  d'une paroi, la vitesse d'un fluide en écoulement visqueux est égale à la vitesse de la paroi

$$\vec{v}(P) = \vec{v}_{\text{paroi}}$$

Fréquemment, la paroi sera immobile et donc la vitesse du fluide sera nulle.

### III.D - Ecoulement laminaire vs turbulent

#### Définition (Ecoulements laminaire et turbulent)

Un écoulement est dit **laminaire** si les lignes de champ sont régulières et dépendent peu du temps (compatible avec régime stationnaire)

Un écoulement est dit **turbulent** si les lignes de champ sont très irrégulières et dépendent beaucoup du temps.



Comment différencier ?

#### Définition (Nombre de Reynolds)

#### Critère de caractérisation laminaire/turbulent