



Modélisation de la Particule fluide

FIA2020Particule200315



Avant de commencer quelques conseils

Vous allez suivre un module de cours en vidéo.
Il est loin d'être optimal.

ATTENTION: C'est un module de cours, ce n'est pas une conférence.

L'objectif est d'apprendre

Vous devez rester actif. Je vous conseille de

- Faire un tirage papier des supports
- Suivre la vidéo en prenant des notes sur ces tirages pour faire un document de cours
- Faire une liste de questions au fur et à mesure auxquelles vous chercherez à répondre lors de votre apprentissage

Bon apprentissage





ÉCOLE
CENTRALE LYON

Gilles Robert

Modélisation de la particule fluide



Qu'est-ce qu'un écoulement?

C'est l'évolution d'un fluide au cours du temps

C'est l'évolution de l'ensemble des particules fluides qui le constituent

Comment décrire un écoulement?

Décrire un écoulement, c'est répondre aux deux questions: à chaque instant

Où se trouve la particule?

Dans quel état est la particule ?

Pour cela, on introduit

Des variables de position gérées par la mécanique

Des variables d'état gérées par la thermodynamique

Mettre en place les éléments de description d'un fluide, d'un écoulement.

Définir la notion de particule

Définir à l'aide de la mécanique les variables de position

On verra qu'il y a deux représentations complémentaires

Définir à l'aide de la thermodynamique les variables d'état

On verra que ces variables sont liées par des équations d'état

Définir les variables de flux qui permettent de décrire les échanges entre particules

Efforts Chaleur

On verra que ces variables sont liées aux autres grandeurs par des équations: les lois de comportement



ÉCOLE
CENTRALE LYON

Gilles Robert

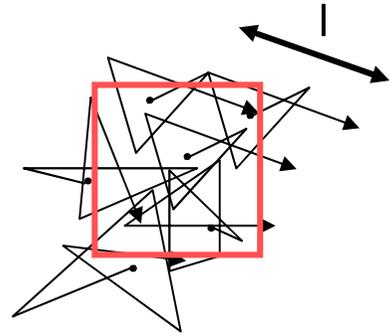
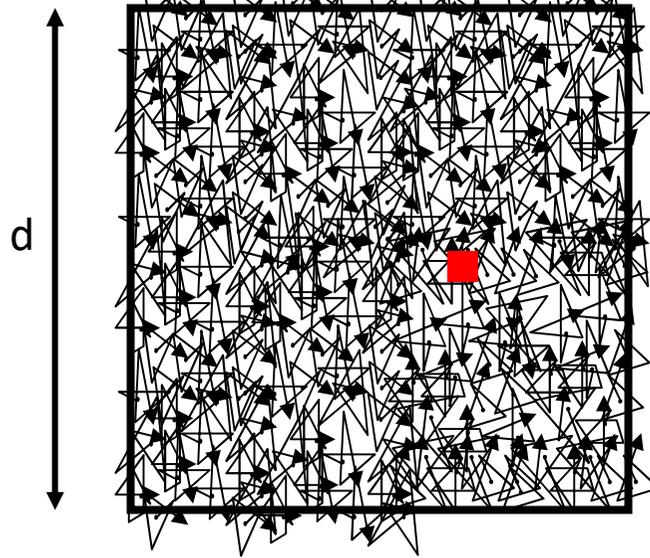
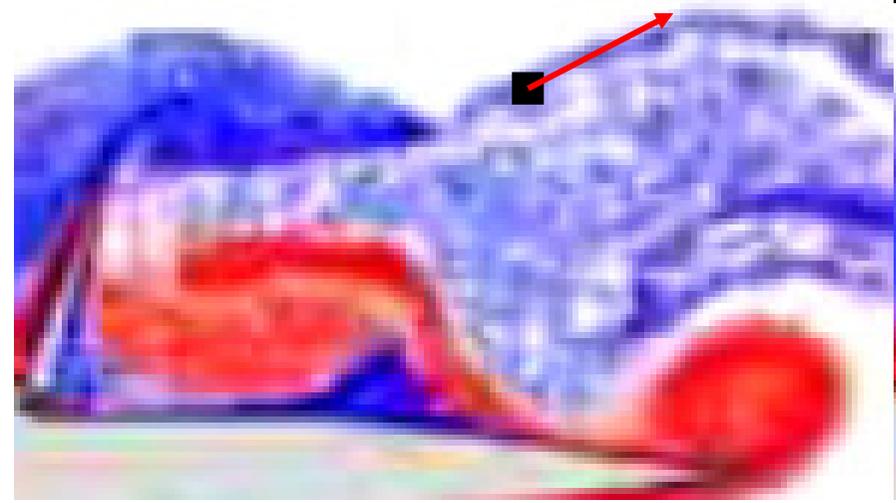
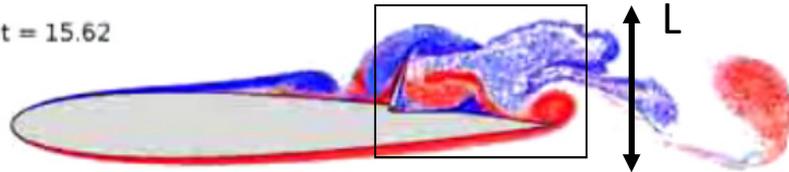
Qu'est-ce qu'un fluide ?

Je vous laisse compléter

Qu'est-ce qu'une particule?

Dimension caractéristique de l'écoulement

$t = 15.62$



Libre parcours moyen
Distance intermoléculaire

$$l \ll d \ll L$$

Particule:
Suffisamment petite pour être homogène
Suffisamment grande pour constituer un système macroscopique avec un grand nombre de molécules



Pour un fluide simple

Grand nombre de molécules α

Homogène

Caractéristiques moyennes

L'état de la particule

Thermodynamique

Variables d'état

Comment décrire l'état la particule?

Volume ou sa
masse volumique

$$\rho(\vec{a}; t) = \frac{\sum_{\alpha} m_{\alpha}}{v}$$

Son énergie
interne

$$u(\vec{a}; t) = \frac{\sum_{\alpha} u_{\alpha}}{v}$$

Thermodynamique

Équations d'état

Autres
paramètres d'état

pression

température

entropie

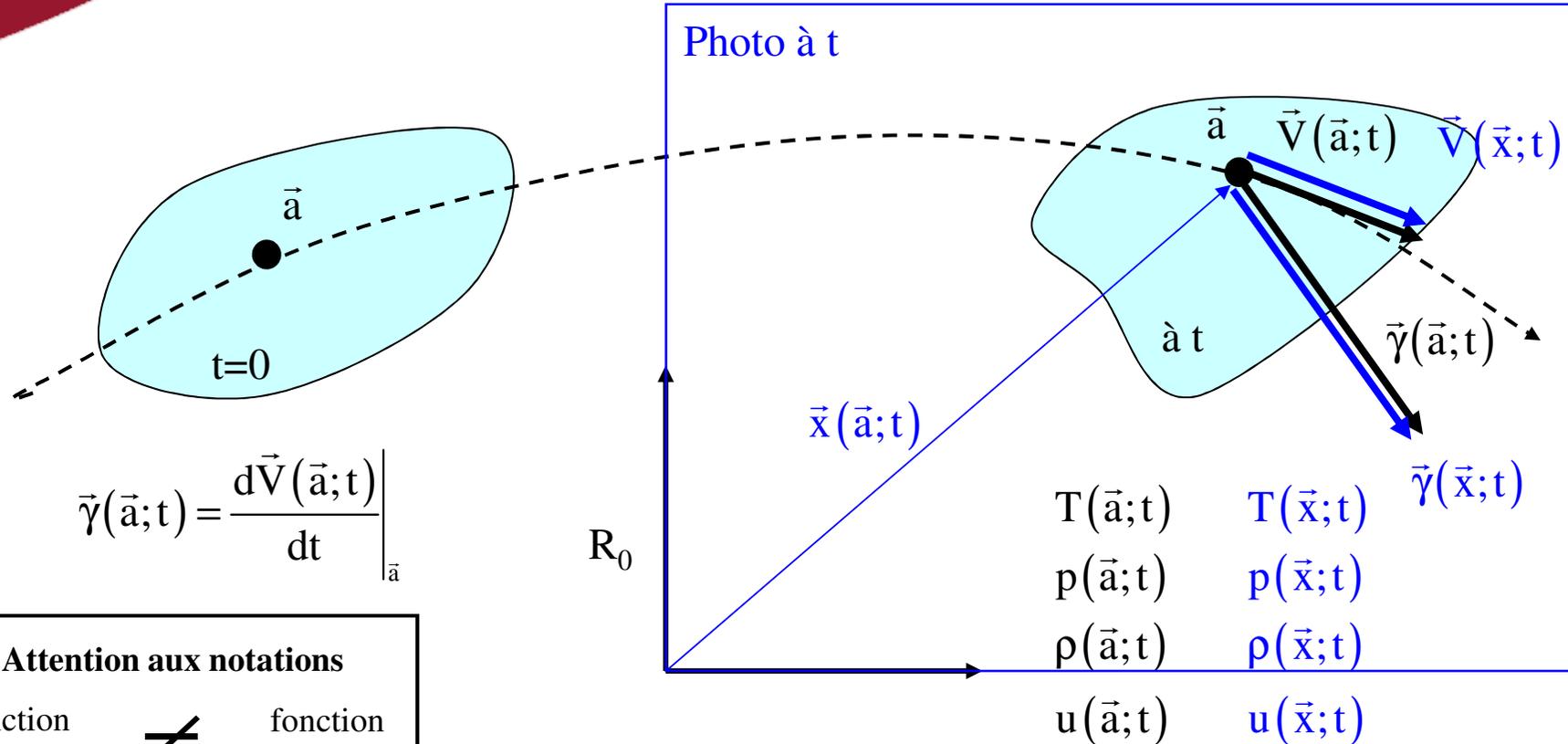
La particule est considérée comme un micro système macroscopique

Son état est caractérisé par deux variables d'état ρ et u

Les autres paramètres d'état sont obtenus par les équations d'état de la thermodynamique

Le mouvement de la particule: deux descriptions

Description Lagrangienne, description Eulérienne



$$\vec{\gamma}(\vec{a};t) = \left. \frac{d\vec{V}(\vec{a};t)}{dt} \right|_{\vec{a}}$$

Attention aux notations

fonction $T(\vec{a};t)$ \neq fonction $T(\vec{x};t)$

$T(\vec{a};t) \longrightarrow \tilde{T}(\vec{a};t)$

$$\tilde{T}(\vec{a};t) = T(\vec{x};t) = T(\vec{x}(\vec{a};t);t)$$

Il y a deux façons équivalentes de voir le mouvement

La description Lagrangienne qui suit la particule dans son mouvement

La description Eulérienne qui regarde passer les particules

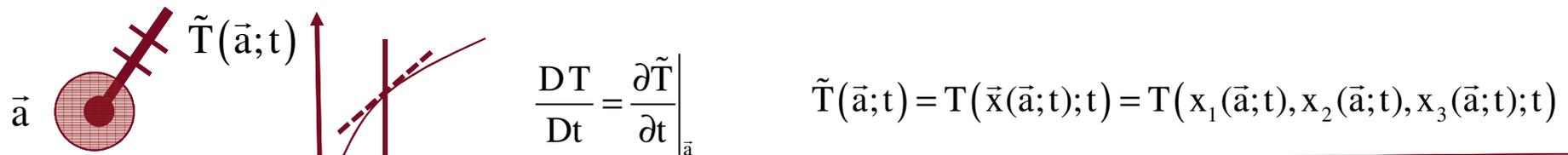
La mécanique des fluides utilise la description Eulérienne

Le mouvement de la particule

La dérivée particulaire ou dérivée lagrangienne

Souvent les lois physiques s'expriment naturellement dans la représentation lagrangienne.
Elles traduisent généralement l'évolution de certaines grandeurs.
Or la mécanique des fluides utilise la description eulérienne.
Comment exprimer l'évolution de grandeurs lagrangiennes en représentation eulérienne?

Par exemple: on cherche à mesurer l'évolution de la température de la particule en la suivant dans son mouvement. On est assis sur la particule, on bouge avec elle. On met un thermomètre dans la particule et on regarde l'évolution de la température au cours du mvt.



$$\tilde{T}(\vec{a}; t) = T(\vec{x}(\vec{a}; t); t) = T(x_1(\vec{a}; t), x_2(\vec{a}; t), x_3(\vec{a}; t); t)$$

$$\frac{DT}{Dt} = \frac{\partial \tilde{T}}{\partial t} \Big|_{\vec{a}} = \frac{\partial T(\vec{x}(\vec{a}; t); t)}{\partial t} \Big|_{\vec{a}} = \frac{\partial T}{\partial x_1} \Big|_{x_2, x_3, t} \frac{\partial x_1}{\partial t} \Big|_{\vec{a}} + \frac{\partial T}{\partial x_2} \Big|_{x_1, x_3, t} \frac{\partial x_2}{\partial t} \Big|_{\vec{a}} + \frac{\partial T}{\partial x_3} \Big|_{x_1, x_2, t} \frac{\partial x_3}{\partial t} \Big|_{\vec{a}} + \frac{\partial T}{\partial t} \Big|_{x_1, x_2, x_3}$$

$$\frac{\partial \bullet}{\partial t} \Big|_{\vec{a}} = \frac{D\bullet}{Dt} = \frac{\partial \bullet}{\partial t} \Big|_{\vec{x}} + \sum_j V_j \frac{\partial \bullet}{\partial x_j} \Big|_{x_k, t}$$

$$\vec{\gamma} = \frac{D\vec{V}}{Dt} = \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} \Big|_{\vec{x}} + \sum_j \frac{\partial \vec{V}}{\partial x_j} \Big|_{\vec{x}} V_j$$

En description eulérienne les dérivées temporelles (en suivant le mouvement) présentent deux termes : dérivée particulaire

Le mouvement de la particule

Lignes de courant, trajectoires

Lignes de courant

Notion Eulérienne

Déf Ligne à l'instant t tangente au champ de vitesse

$\vec{\tau} // \vec{V}$ $\vec{\tau} = \lambda \vec{V}$ $\frac{dx}{V_x} = \frac{dy}{V_y} = \frac{dz}{V_z} = \lambda$

Trajectoires

Notion Lagrangienne

Déf La trajectoire d'une particule a est l'ensemble des positions qu'elle prend au cours du temps

$$\vec{x} = \vec{x}(\vec{a}; t) \quad t \text{ varie}$$

Si l'écoulement est stationnaire les trajectoires et les lignes de courant sont confondues

La particule: Ce qu'il faut retenir.

La particule

Ni trop grande, ni trop petite!

Micro système macroscopique

Grand nombre de molécules, description moyenne macroscopique

Évolution de la particule, 2 questions:

Où se trouve la particule?

La méca répond avec des variables de position

Il y a deux descriptions

Dans quel état est la particule?

La thermo répond avec des variables d'état.

Ces variables sont liées par les équations d'état

Pour un fluide simple il y a 2 variables d'état indépendantes.

Gilles.robert@ec-lyon.fr



ÉCOLE
CENTRALE LYON

36 av. Guy de Collongue
69134 Écully cedex
T + 33 (0)4 72 18 60 00
www.ec-lyon.fr

Pour conclure quelques conseils pour apprendre

- **Compléter** les supports par des notes personnelles, chercher à faire un document de cours personnel.
- **Répondre** aux questions en suspend que vous avez identifiées.
 - Chercher sur internet
 - Regarder dans les ressources sur moodle
- **Apprendre**
- **S'entraîner et s'évaluer** avec les fiches de travail en autonomie : Wauto.
- **Partager** vos travaux et vos questionnements avec les autres sur les forums dédiés. Je regarderai régulièrement.

Bon apprentissage

