

Introduction à la Mécanique des fluides



Introduction à la Mécanique des fluides



Cours

- qui?
- pourquoi?
- quoi?
- comment?

L'équipe pédagogique



Laurent Duchemin



Mathilde Reyssat



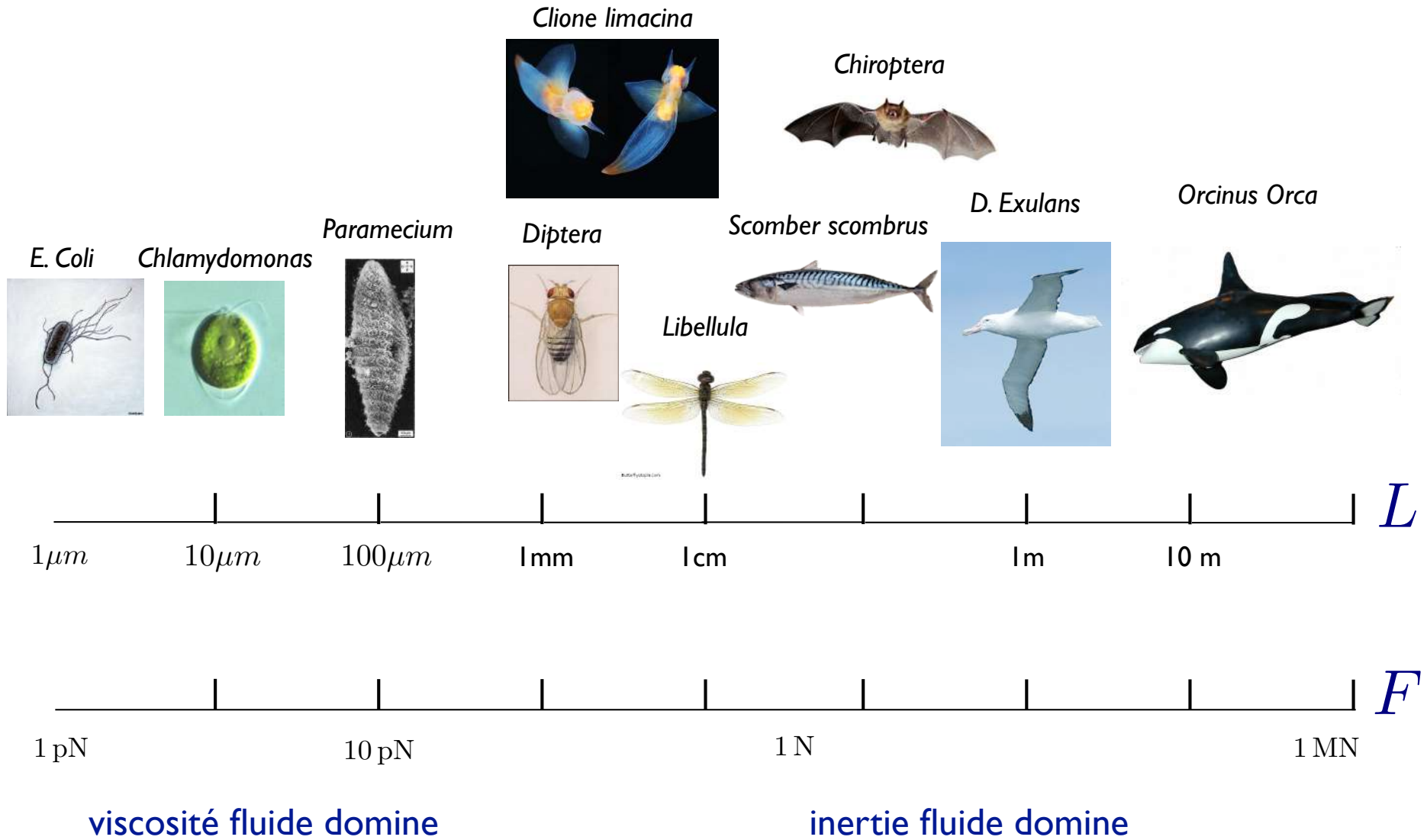
José Bico

Pourquoi la mécanique des fluides dans le tronc commun ?

- Pour l'ingénieur traditionnel:
chemical engineering, production d'énergie, transports ...
- Phénomènes environnementaux:
dynamique de l'atmosphère et des océans, cycle de l'eau, propulsion des animaux, échanges thermiques et de matière dans les organismes vivants...
- Santé:
circulation sanguine, respiration, vectorisation de médicaments, transmission de maladies (Covid...)

Quelques échelles

Mécanique des fluides et propulsion animale



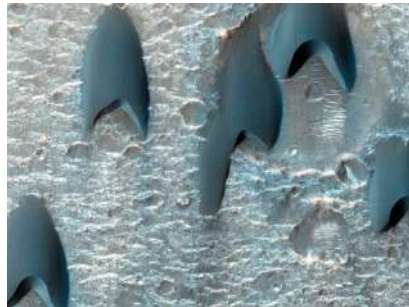
Quelques échelles

Mécanique des fluides et environnement

Pluie



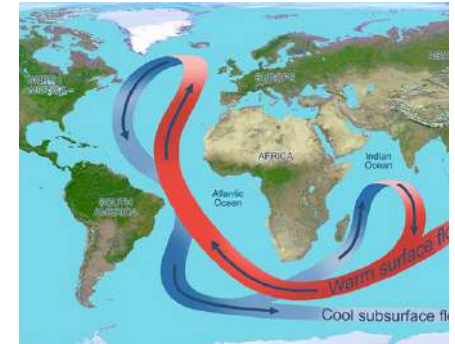
Transport du sable



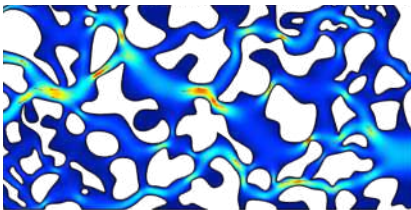
Transport de sédiments



Circulation océanique



Ecoulement dans les roches poreuses



Pissenlit



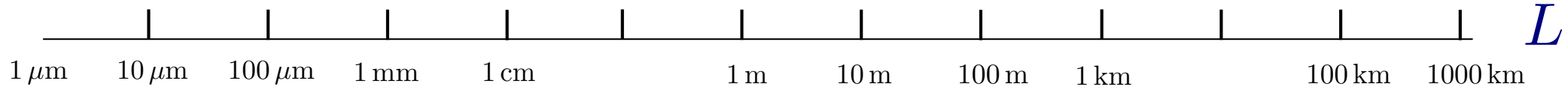
Érosion



Tornades



Cyclones



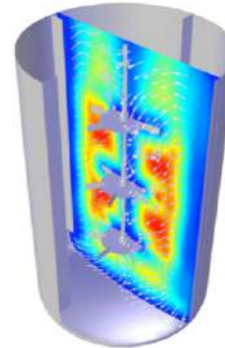
Quelques échelles

Mécanique des fluides et technologie

Aéronautique



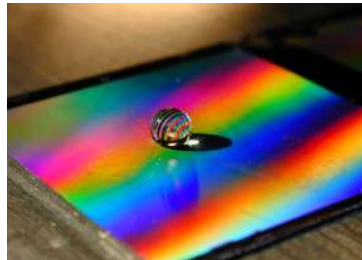
Mélangeur



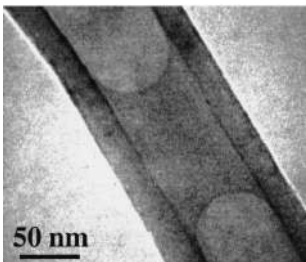
Voile



Surfaces superhydrophobes



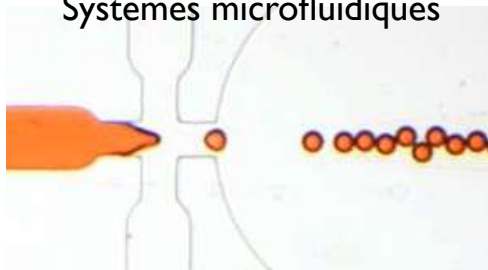
Nanotubes



Flammes



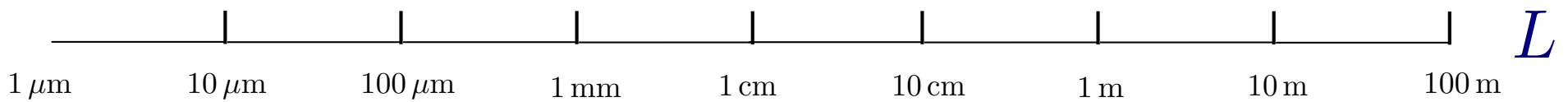
Systèmes microfluidiques



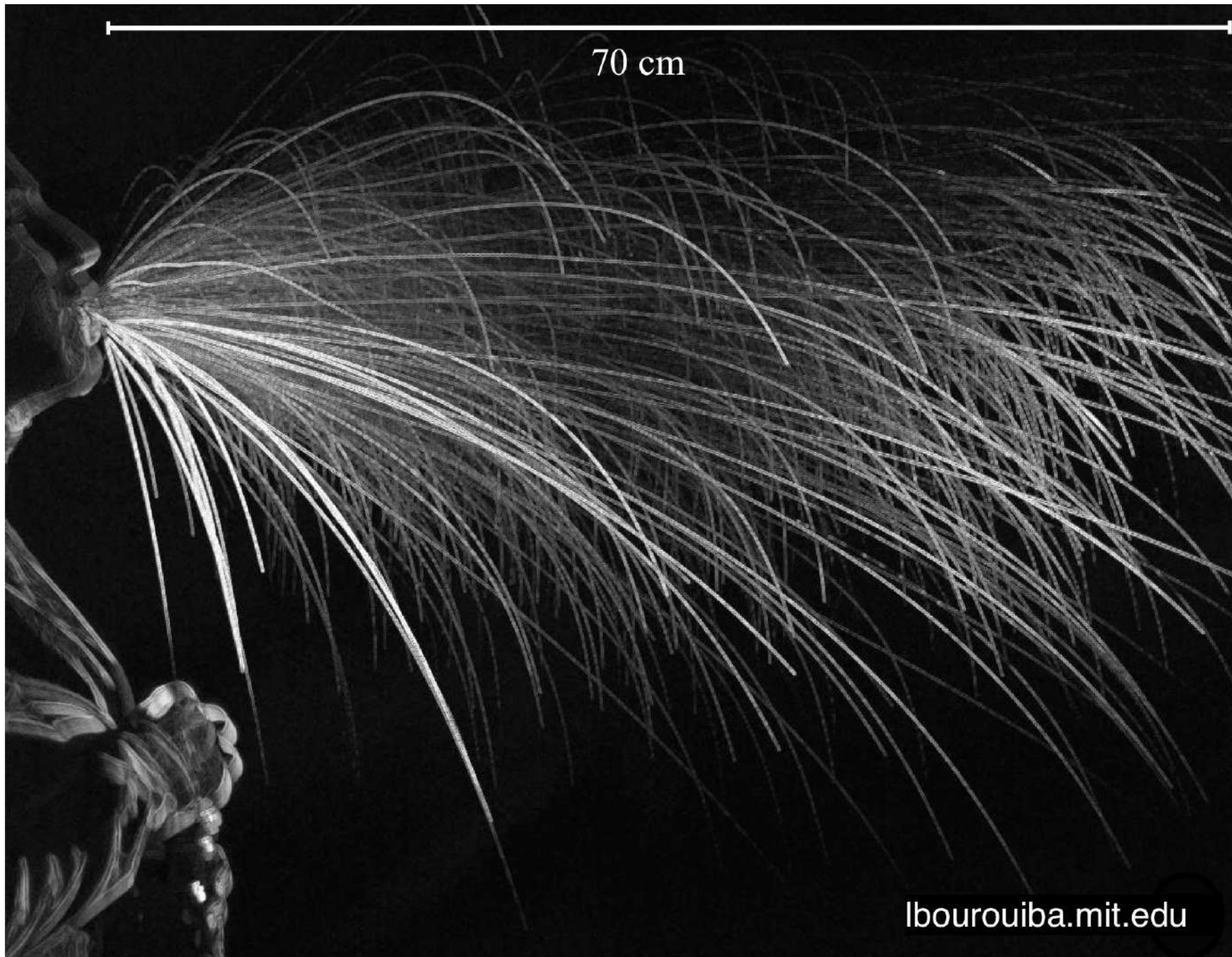
Automobile



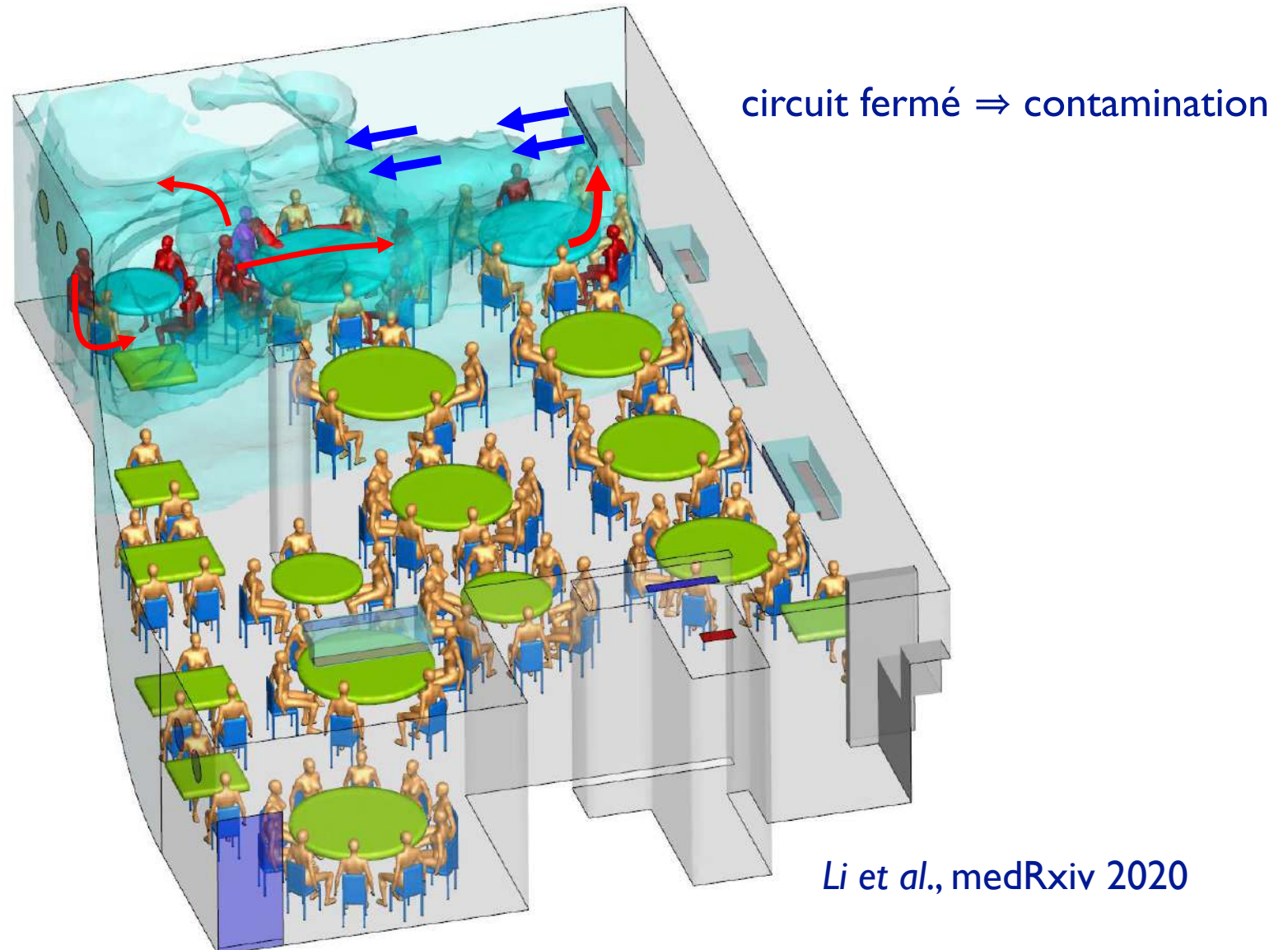
Hydraulique



Mécanique des fluides à l'ère du COVID



Mécanique des fluides à l'ère du COVID



contre le COVID:Ventilez!

Plan du cours

contraintes
visqueuses

+ loi de Newton



eq. Navier & Stokes

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = -\nabla P + \eta \Delta \mathbf{u} + \rho \mathbf{f}$$

Plan du cours

contraintes
visqueuses

+ loi de Newton

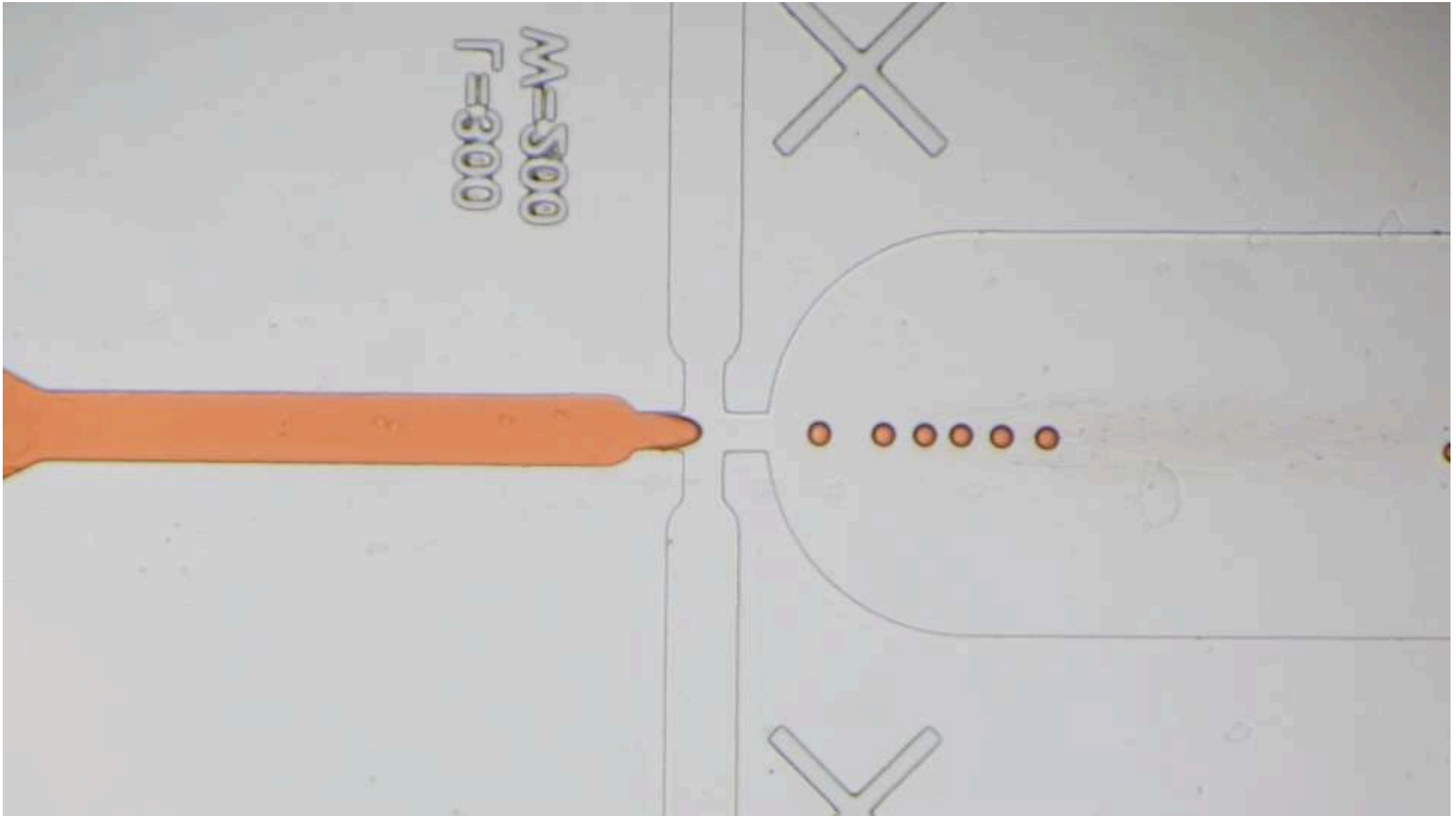


eq. Navier & Stokes

interfaces:
fluide/solide
fluide/fluide

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = -\nabla P + \eta \Delta \mathbf{u} + \rho \mathbf{f}$$

Interfaces



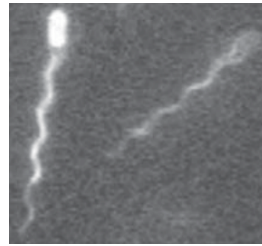
www.espci.fr/fr/actualites/2018/un-mooc-sur-la-dynamique-des-interfaces-fluides

M. Fermigier, D. Quéré & C. Clanet, film M. Reyssat

Plan du cours



lubrification



locomotion

contraintes
visqueuses

écoulements
visqueux



+ loi de Newton



eq. Navier & Stokes

interfaces:
fluide/solide
fluide/fluide

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = -\nabla P + \eta \Delta \mathbf{u} + \rho \mathbf{f}$$

Écoulements visqueux

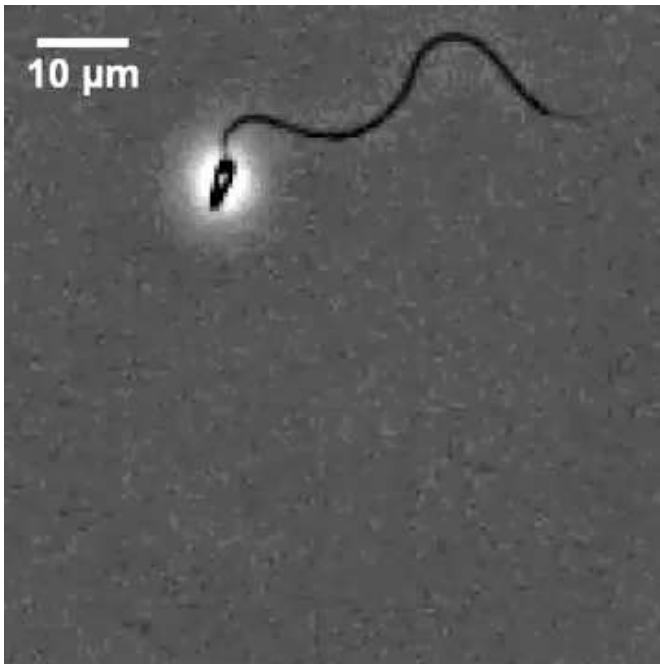


<https://youtu.be/zz5IGkDdk78>

Nage à petite échelle

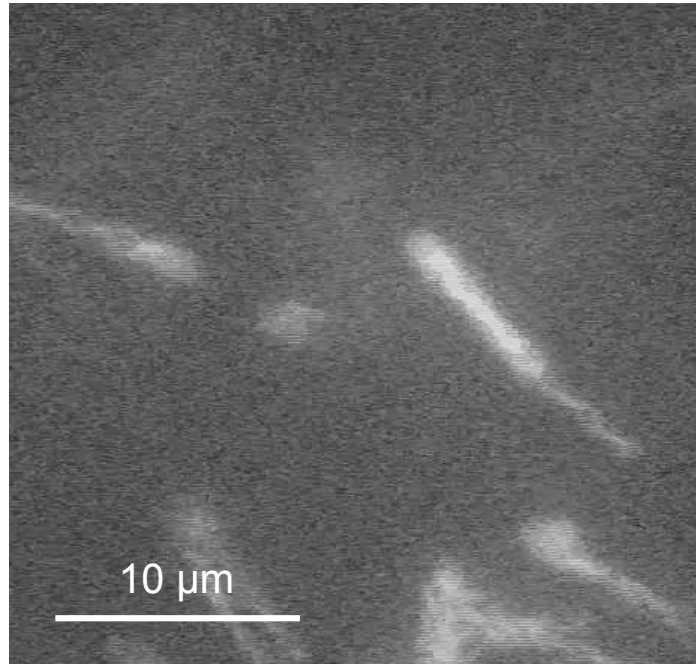
Ondulatoire

Spermatozoïde d'oursin



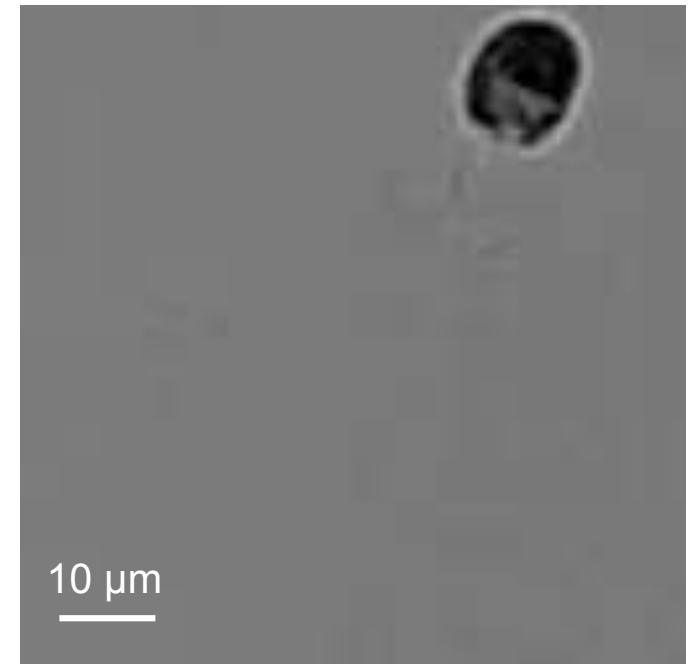
Tire-bouchon

Bactérie *Escherichia Coli*



Brasse

Algue *Chlamydomonas*



www.rowland.harvard.edu/labs/bacteria/projects/filament.php

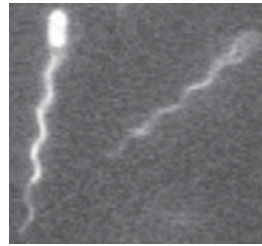
<https://youtu.be/Gs7ku8xA5so>

J.S. Guasto *et al.*,
Phys. Rev. Lett. **105**, 168102 (2010)

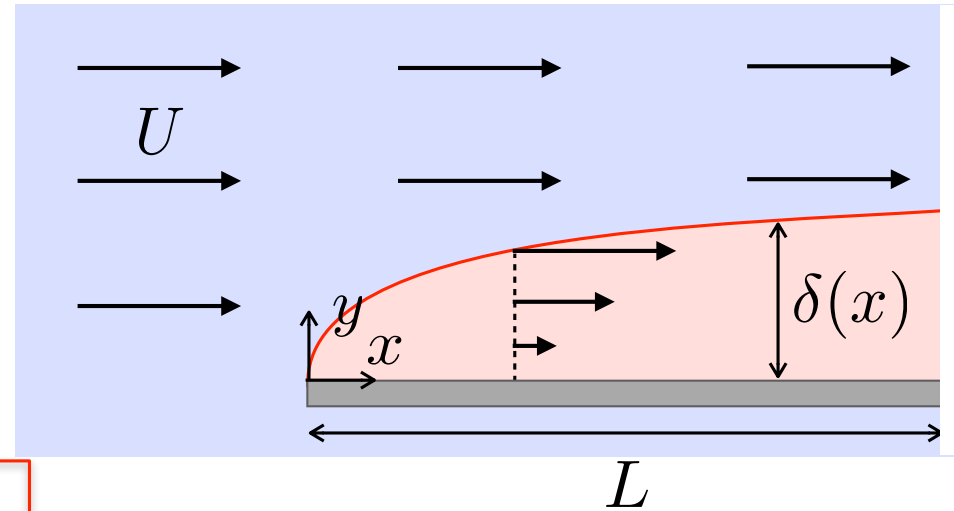
Plan du cours



lubrification



locomotion



contraintes
visqueuses

écoulements
visqueux

couches
limites

+ loi de Newton



eq. Navier & Stokes

interfaces:
fluide/solide
fluide/fluide

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = -\nabla P + \eta \Delta \mathbf{u} + \rho \mathbf{f}$$

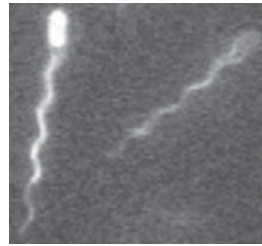
Écoulements à grands Re



Plan du cours



lubrification



locomotion



vagues



tourbillons

contraintes
visqueuses

écoulements
visqueux

couches
limites

écoulements
inertiels

+ loi de Newton



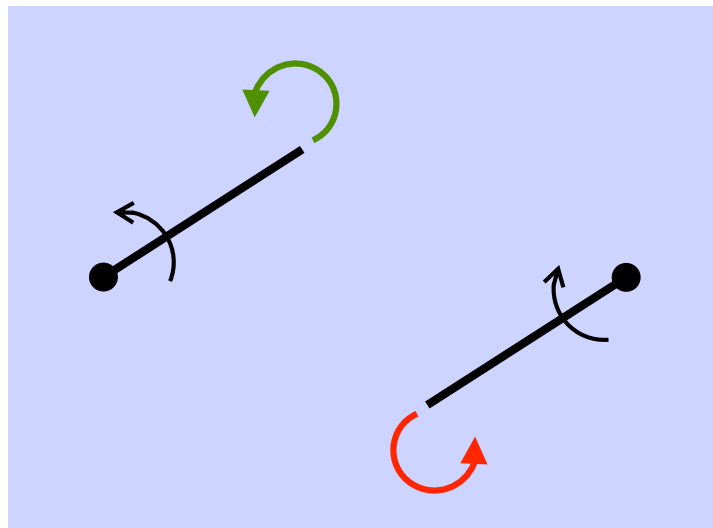
eq. Navier & Stokes

interfaces:
fluide/solide
fluide/fluide

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = -\nabla P + \eta \Delta \mathbf{u} + \rho \mathbf{f}$$

Vorticité

Tourbillons de laboratoire



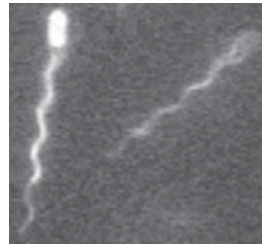
www.irphe.fr/~meunier/



Plan du cours



lubrification



locomotion



vagues



tourbillons



traînée & portance

contraintes
visqueuses

écoulements
visqueux

couches
limites

écoulements
inertiels

+ loi de Newton

eq. Navier & Stokes

interfaces:
fluide/solide
fluide/fluide

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = -\nabla P + \eta \Delta \mathbf{u} + \rho \mathbf{f}$$

Traînée à grande échelle



<https://youtu.be/sqF7abOYCNY>

Portance



Voler sur l'eau



<https://youtu.be/bE65VtlkcY8>

Voler sur l'eau

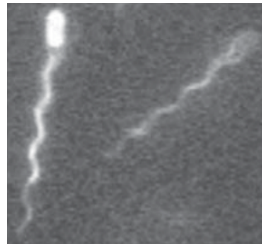


<https://youtu.be/QjUbbtSNR3Q>

Plan du cours



lubrification



locomotion



vagues



tourbillons



traînée & portance

contraintes
visqueuses

écoulements
visqueux

couches
limites

écoulements
inertiels

+ loi de Newton



eq. Navier & Stokes

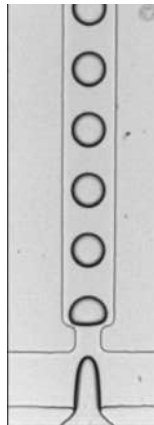
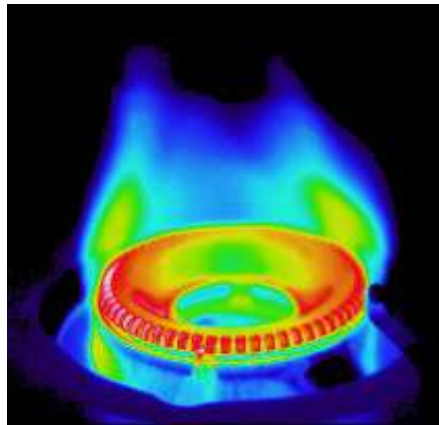
interfaces:
fluide/solide
fluide/fluide

$$Re = \frac{\text{inertie}}{\text{viscosité}}$$

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = -\nabla P + \eta \Delta \mathbf{u} + \rho \mathbf{f}$$

Ce que nous ne présentons pas :

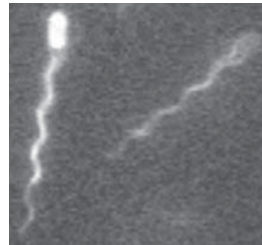
- Instabilités & turbulence (cours 3A, *L. Duchemin*)
- Transport de matière et de chaleur (cours 3A, *J. Bico*)
- Microfluidique (cours 3A, *N. Bremond*)
- Fluides non-newtoniens (cours 3A Soft Matter, *M. Cloitre*)
- Écoulements tournants (manque de temps!)



Méthode pédagogique



lubrification



locomotion



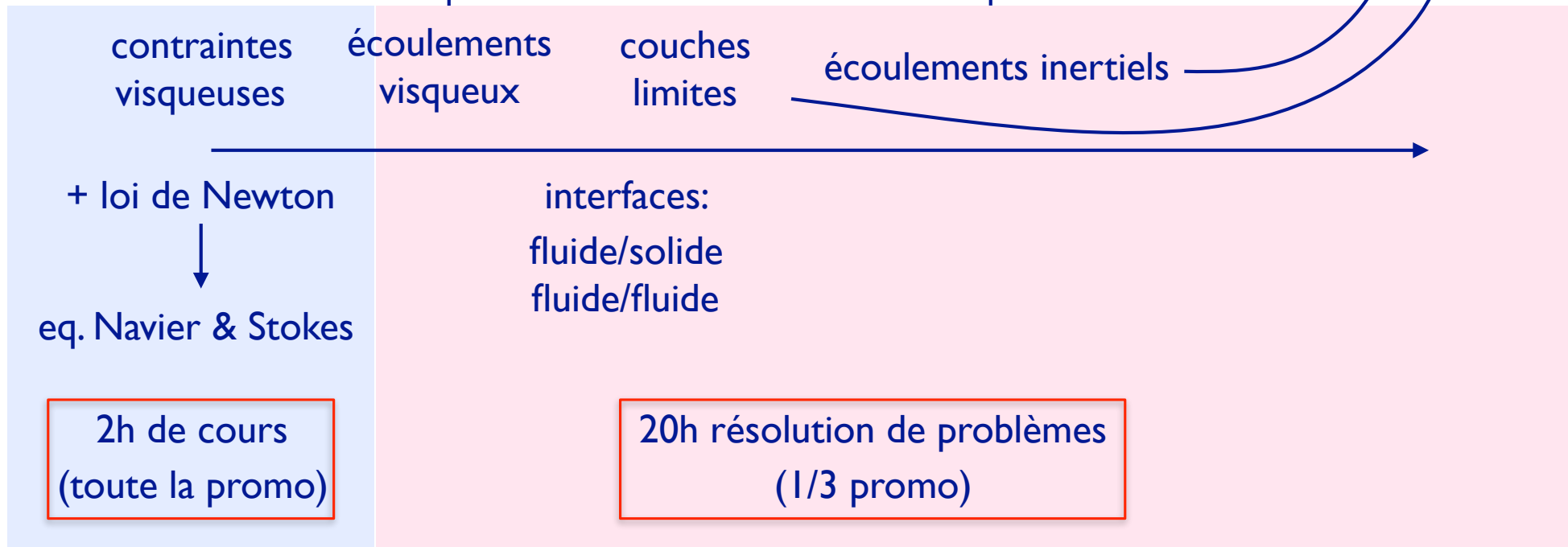
vagues



tourbillons



traînée & portance





Pour que ça marche... vole!

Lire notes et problèmes en avance:

blog.espci.fr/mecaflu

Participer / poser des questions!