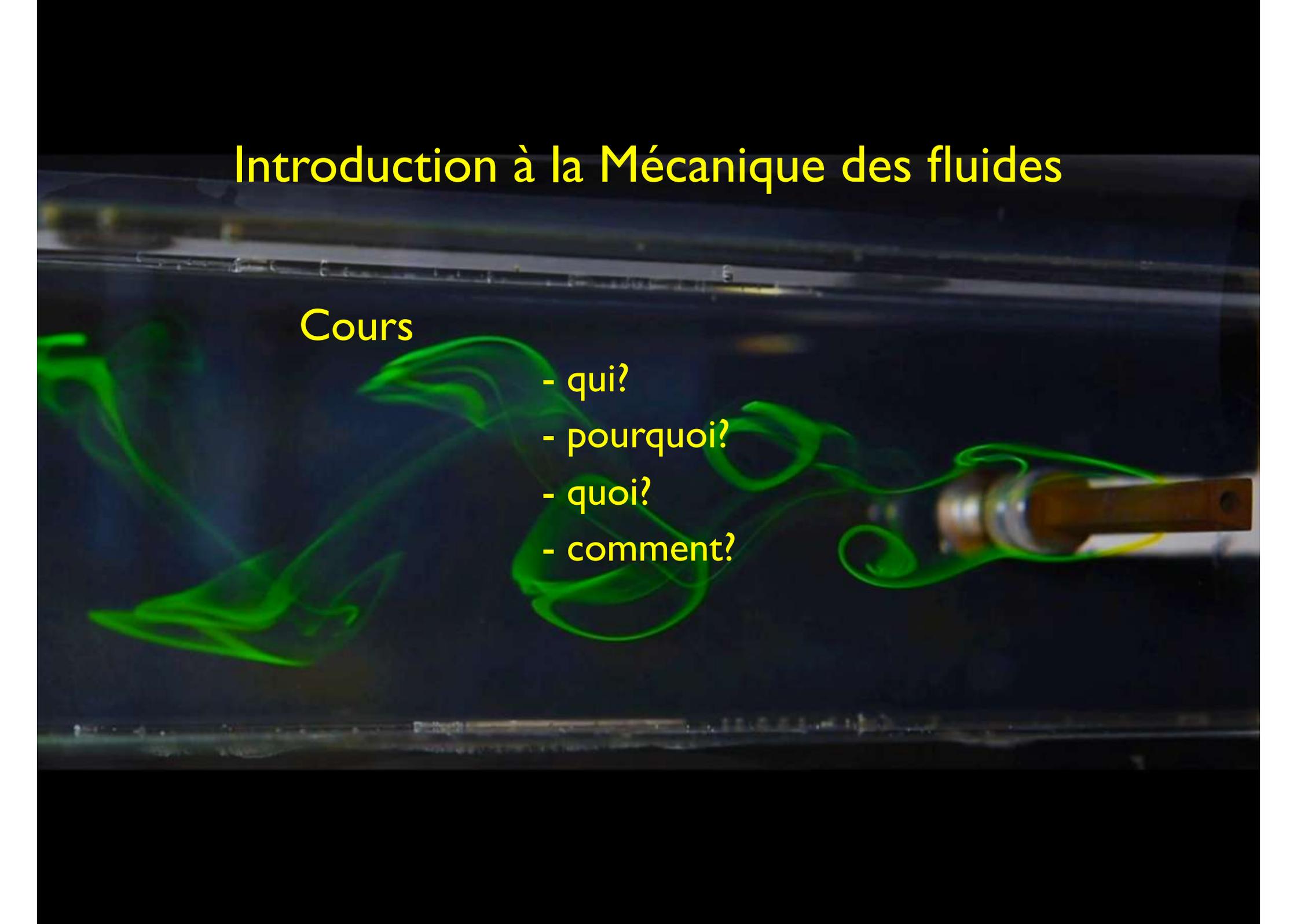


# Introduction à la Mécanique des fluides



# Introduction à la Mécanique des fluides



## Cours

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

# L'équipe pédagogique



Laurent Duchemin



Mathilde Reyssat



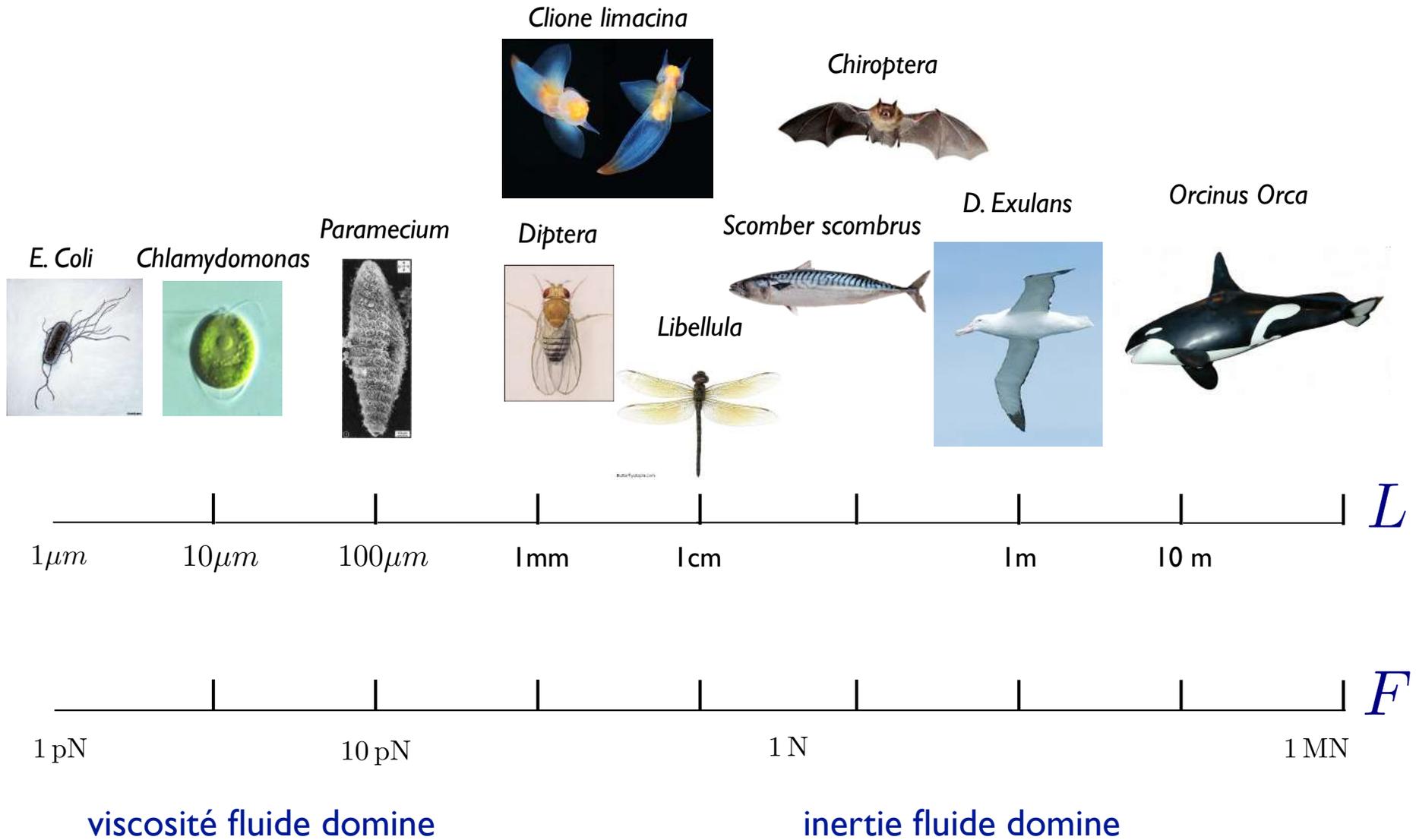
José Bico

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



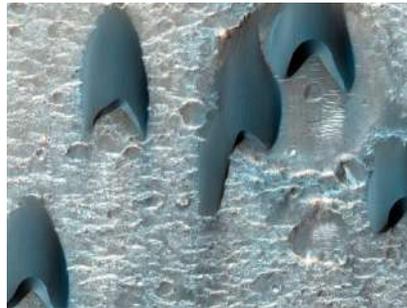
# Quelques échelles

## Mécanique des fluides et environnement

Pluie



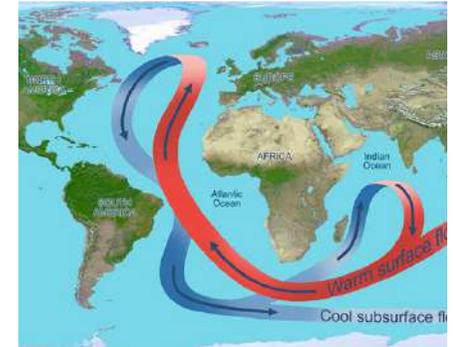
Transport du sable



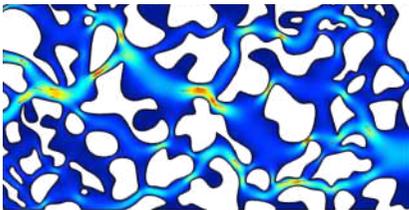
Transport de sédiments



Circulation océanique



Ecoulement dans les roches poreuses



Pissenlit



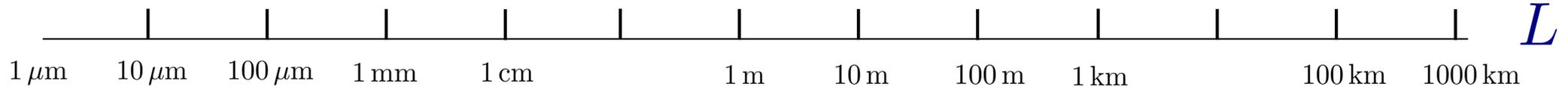
Érosion



Tornades



Cyclones



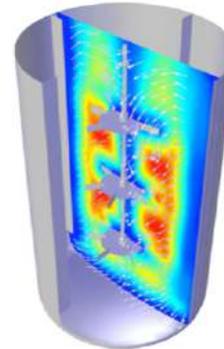
# Quelques échelles

## Mécanique des fluides et technologie

Aéronautique



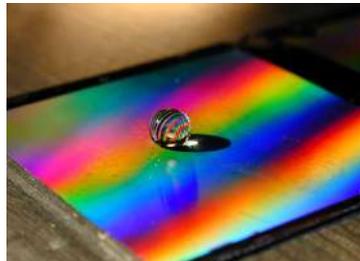
Mélangeur



Voile



Surfaces superhydrophobes



Flammes



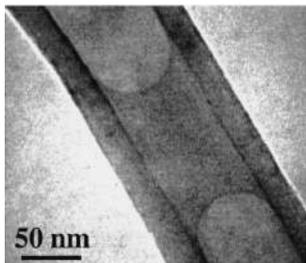
Automobile



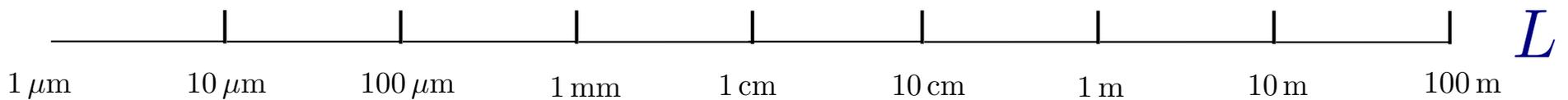
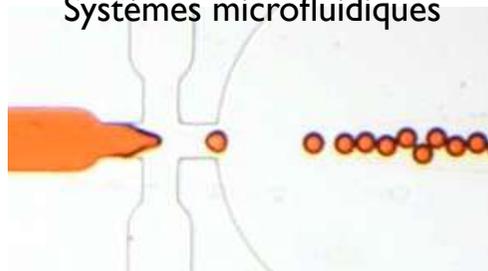
Hydraulique



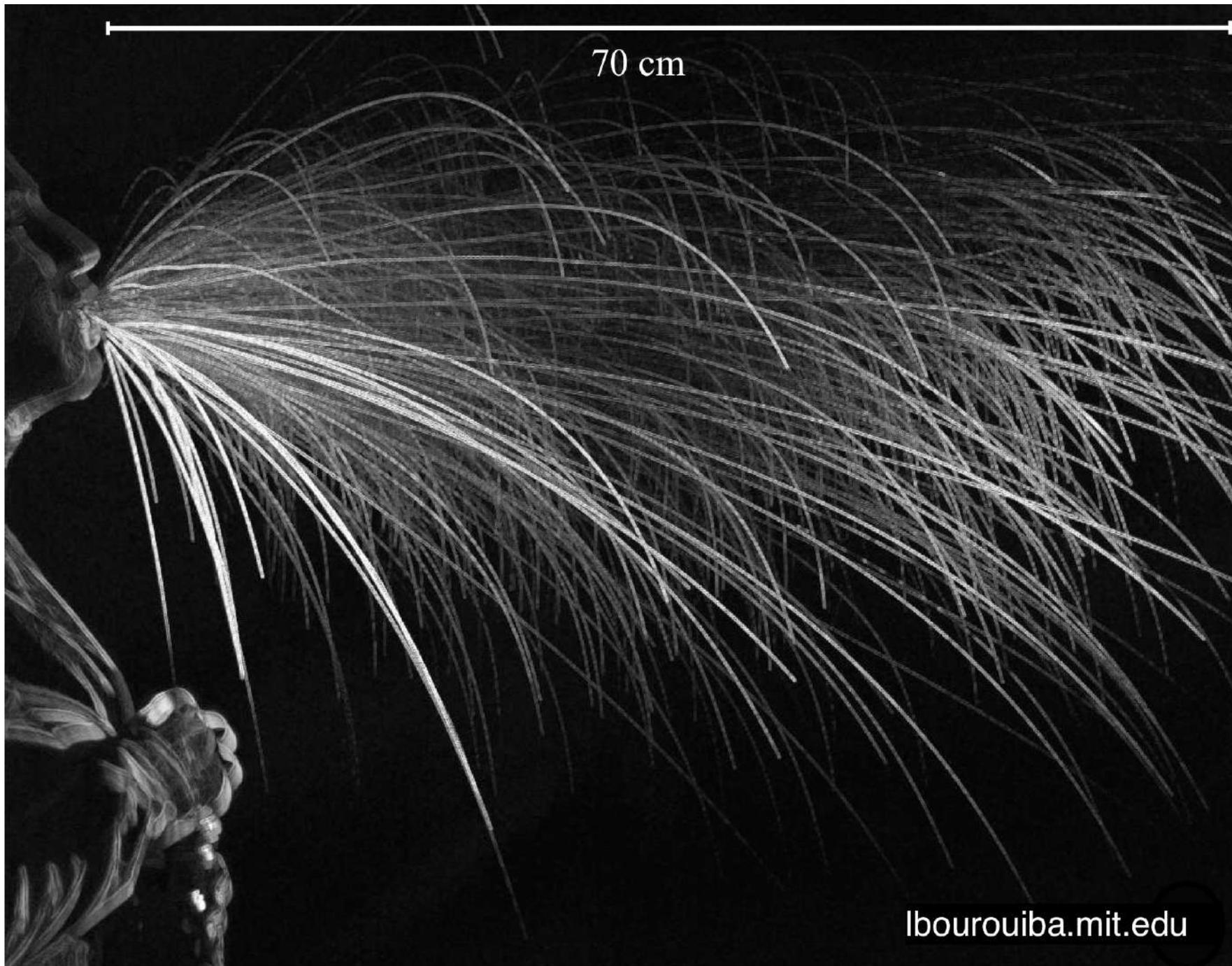
Nanotubes



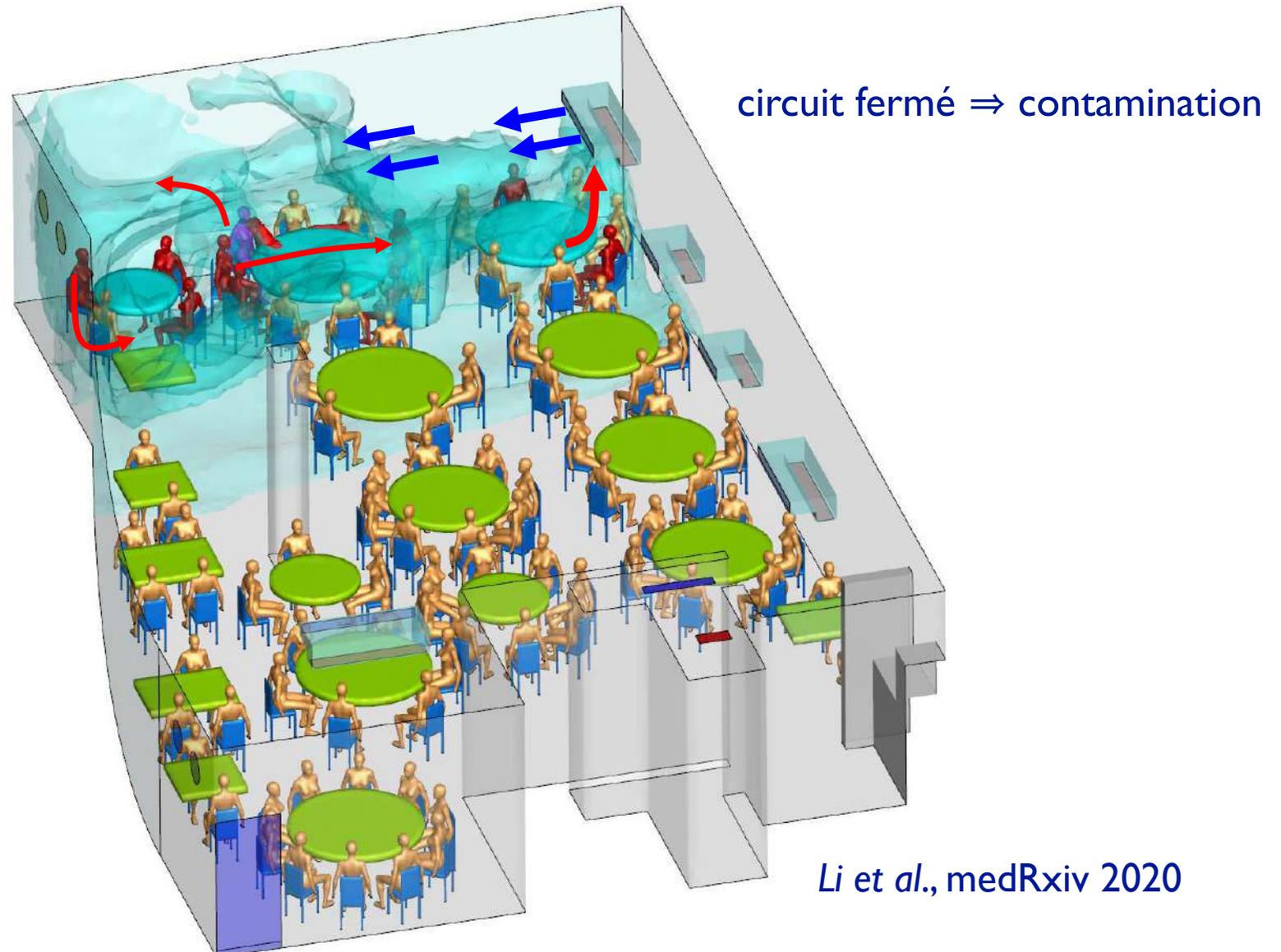
Systèmes microfluidiques



# 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

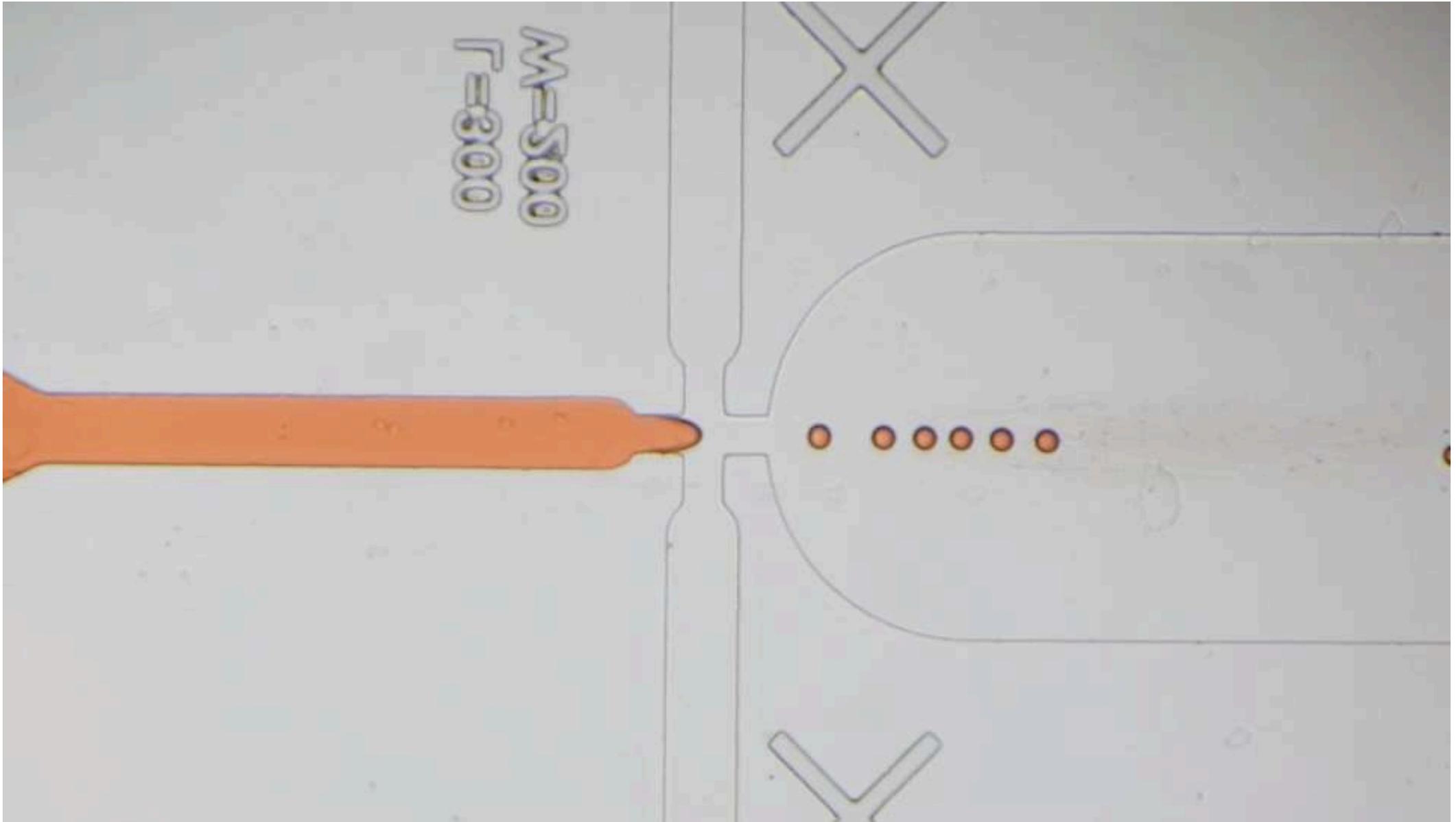


eq. Navier & Stokes

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



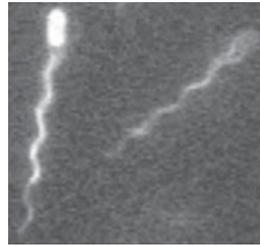
[www.espci.fr/fr/actualites/2018/un-mooc-sur-la-dynamique-des-interfaces-fluides](http://www.espci.fr/fr/actualites/2018/un-mooc-sur-la-dynamique-des-interfaces-fluides)

*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

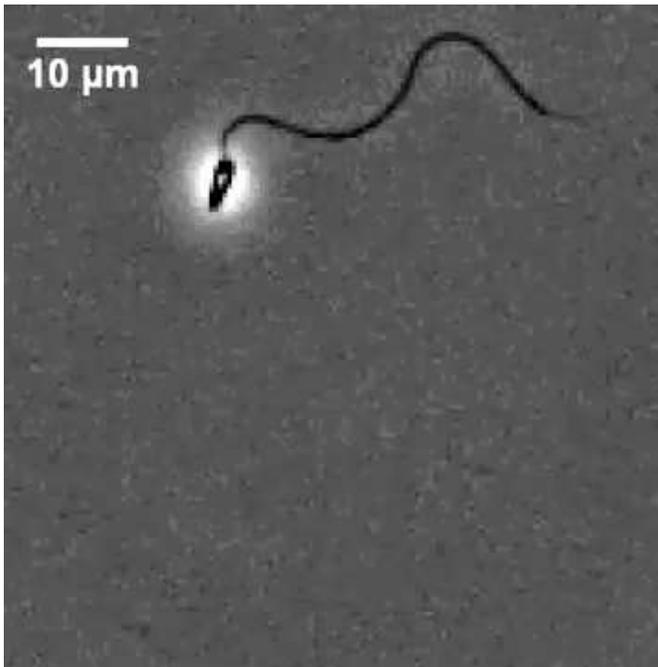


<https://youtu.be/zz5IGkDdk78>

# Nage à petite échelle

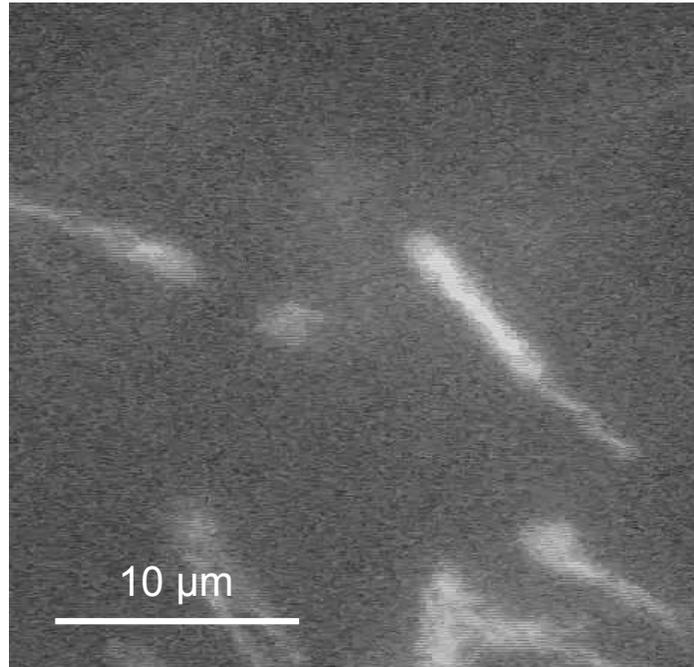
Ondulatoire

Spermatozoïde d'oursin



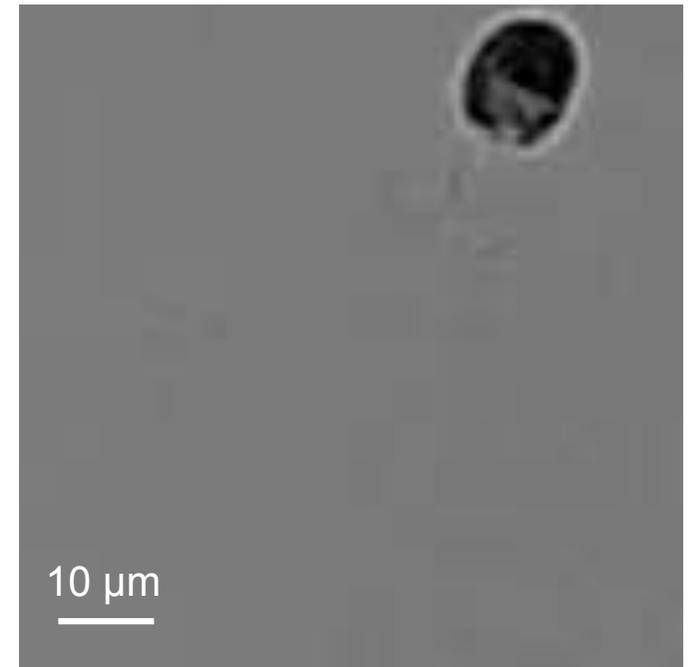
Tire-bouchon

Bactérie *Escherichia Coli*



Brasse

Algue *Chlamydomonas*



[www.rowland.harvard.edu/labs/bacteria/projects/filament.php](http://www.rowland.harvard.edu/labs/bacteria/projects/filament.php)

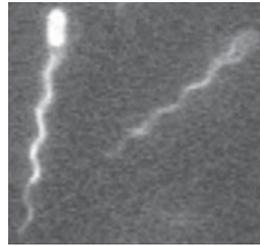
<https://youtu.be/Gs7ku8xA5so>

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

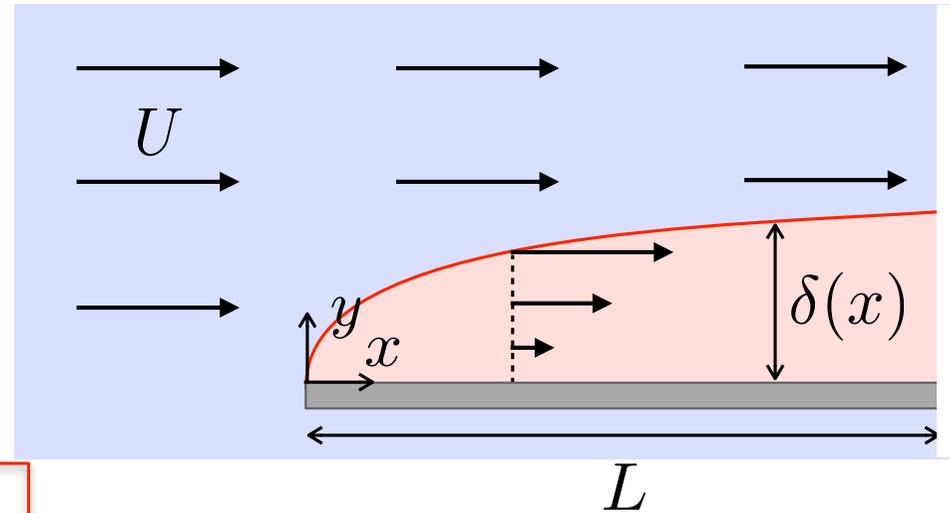
# Plan du cours



lubrification



locomotion



contraintes  
visqueuses

écoulements  
visqueux

couches  
limites

+ loi de Newton



eq. Navier & Stokes

interfaces:  
fluide/solide  
fluide/fluide

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

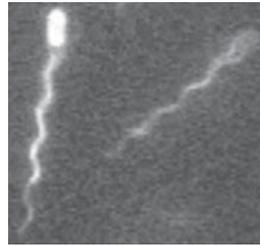
# Écoulements à grands $Re$



# Plan du cours



lubrification



locomotion



vagues



tourbillons

contraintes  
visqueuses

écoulements  
visqueux

couches  
limites

écoulements  
inertiels

+ loi de Newton



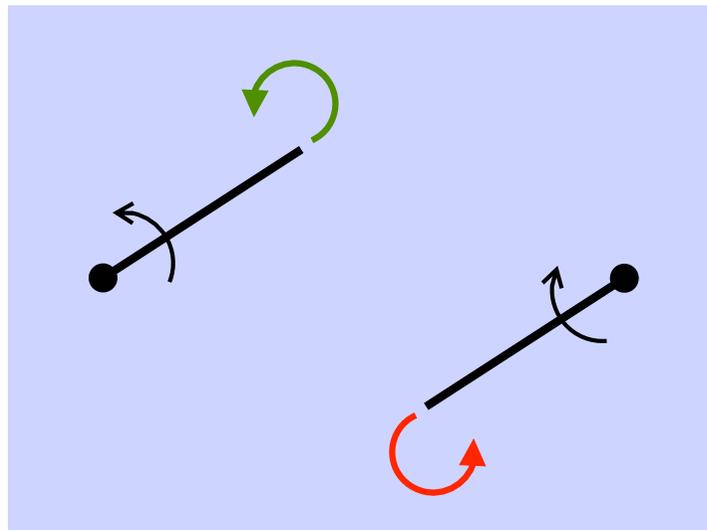
eq. Navier & Stokes

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



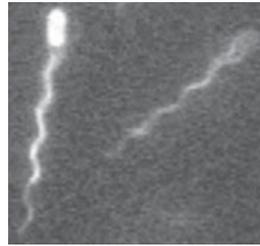
[www.irphe.fr/~meunier/](http://www.irphe.fr/~meunier/)



# Plan du cours



lubrification



locomotion



vagues



tourbillons



traînée & portance

contraintes  
visqueuses

écoulements  
visqueux

couches  
limites

écoulements  
inertiels

+ loi de Newton

interfaces:  
fluide/solide  
fluide/fluide

eq. Navier & Stokes

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

# Traînée à grande échelle



<https://youtu.be/sqF7abOYCNY>

# Portance



Youtube.com/Lev1saHD

<https://youtu.be/qarXYD3Kf3E>

# Voler sur l'eau



<https://youtu.be/bE65VtlkcY8>

# Voler sur l'eau

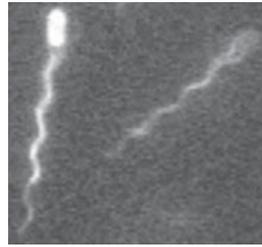


<https://youtu.be/QjUbbtSNR3Q>

# Plan du cours



lubrification



locomotion



vagues



tourbillons



traînée & portance

contraintes  
visqueuses

écoulements  
visqueux

couches  
limites

écoulements inertiels

+ loi de Newton



eq. Navier & Stokes

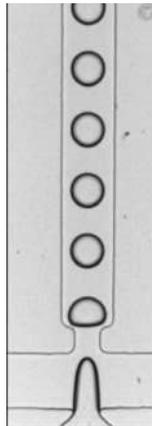
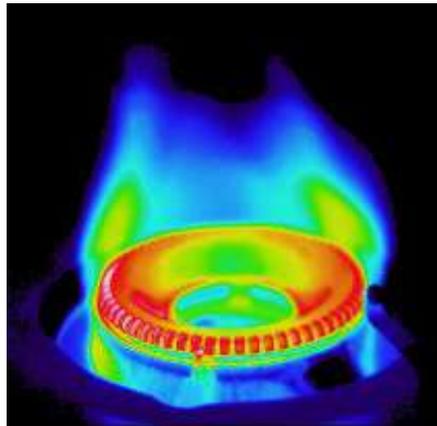
interfaces:  
fluide/solide  
fluide/fluide

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

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

Ce que nous ne présentons pas :

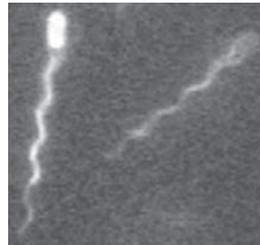
- Instabilités & turbulence (cours 3A, *L. Duchemin*)
- Transport de matière et de chaleur (cours 3A, *J. Bico*)
- Microfluidique (cours 3A, *N. Bremond*)
- Fluides non-newtoniens (cours 3A Soft Matter, *M. Cloitre*)
- Écoulements tournants (manque de temps!)



# Méthode pédagogique



lubrification



locomotion



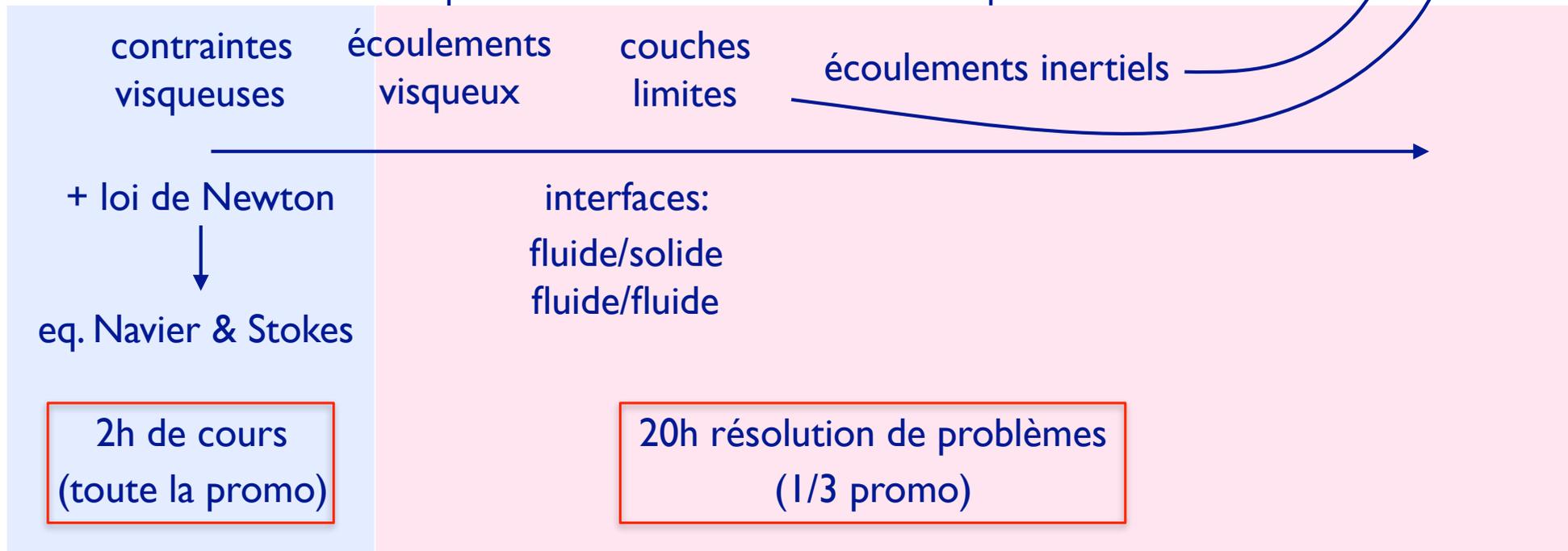
vagues



tourbillons



traînée & portance





**Pour que ça marche... vole!**

**Lire notes et problèmes en avance:**

**[blog.espci.fr/mecaflu](http://blog.espci.fr/mecaflu)**

**Participer / poser des questions!**