

Développement de microcapteurs pour la caractérisation de matériaux complexes.

Martinus Werts

Florence Razan

Plan

- Introduction
- Problématique
- Applications



Introduction

- Pourquoi caractérise-t-on un matériau ?
 - Pour connaître ses propriétés



Introduction

- Comment caractérise-t-on un matériau ?
 - Essais mécaniques
 - Analyses physico-chimiques
 - Interaction rayonnement-matière



Interaction rayonnement-matériau

- En envoyant des ondes lumineuses sur le matériau
- En lui envoyant des ondes acoustiques
- Laboratoire



SATiE

Problématique : matériaux complexes

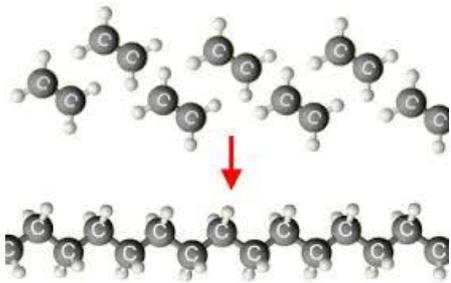
- Etats classiques de la matière : solide, liquide, gaz
- Et des états intermédiaires comme les plasmas, la matière molle....
- Objets constituant la matière molle

Solides

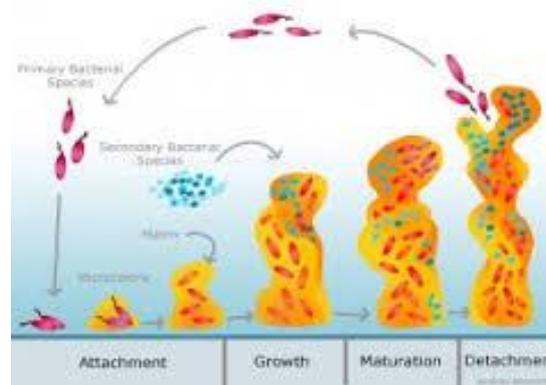
Matière molle

Liquides

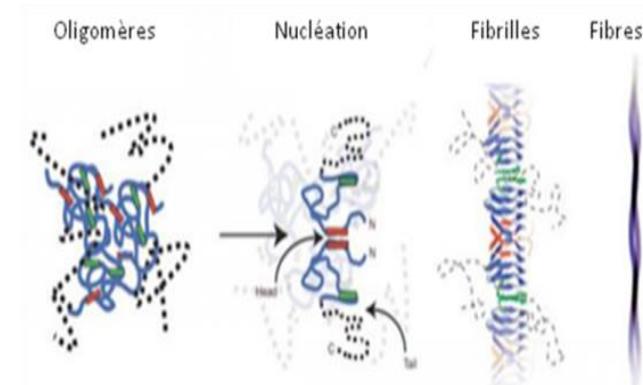
Molécules chimiques



Bactéries



Protéines

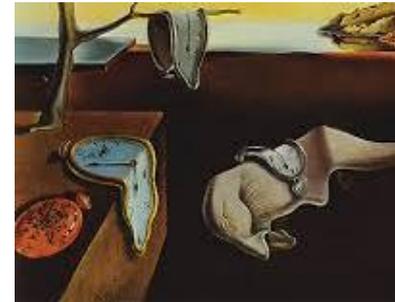


- Assemblage d'objets = polymérisation



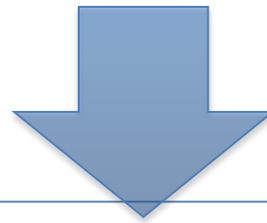
Matière molle : comment la caractériser expérimentalement ?

- Propriétés morphologique : microscopie électronique MEB, microscopie champ proche AFM ou par rayonnements (rayon X, neutrons)
- Propriétés mécaniques : étude de la déformation et de l'écoulement d'un fluide sous l'effet d'une contrainte = rhéologie



Microcapteurs

- Rhéologie classique : forte amplitude, basse fréquence
- Rhéologie petite amplitude, haute fréquence adaptée aux matériaux viscoélastiques, entre liquide et solide
- Quel outil ?



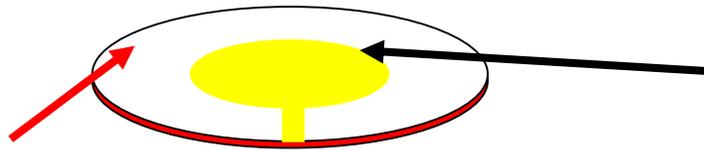
Développement de microcapteurs
électromécaniques

Présentation du capteur

- Le capteur : quartz piézoélectrique coupe AT

- Quartz

- Diamètre : 14 mm
- Épaisseur h : 270 μm



- Électrode Ti/Au

- Diamètre : 5 mm
- Épaisseur : 0,5 μm

- Fréquence fondamentale : 5 MHz

$$f_0 = \frac{N}{2h} \sqrt{\frac{\mu_q}{\rho_q}}$$

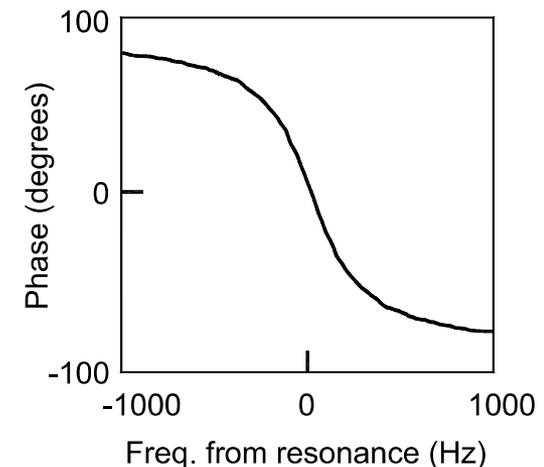
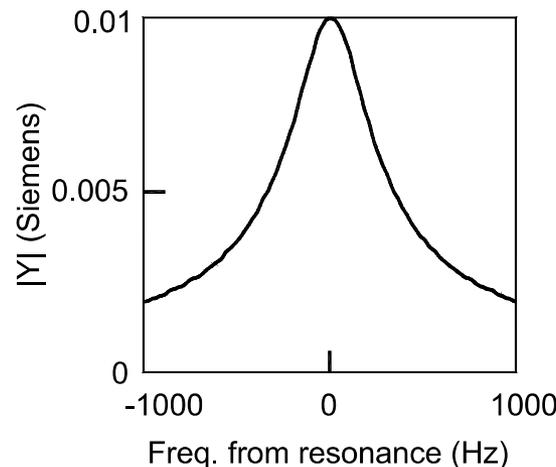
h : épaisseur de la plaque (m)

λ_0 : longueur d'onde (m)

N : nombre entier naturel

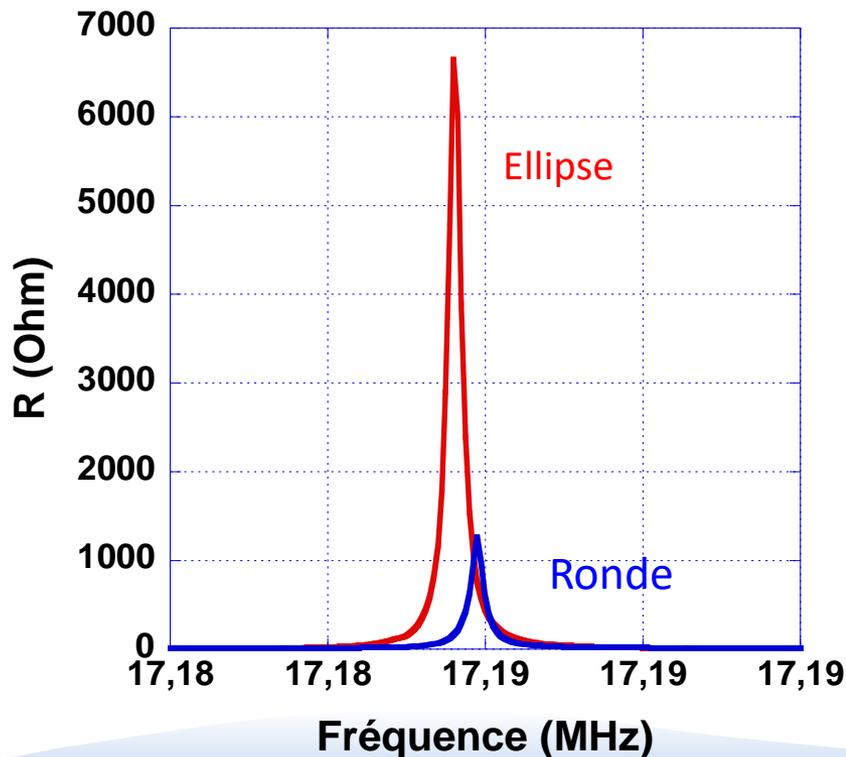
μ_q : module de rigidité transverse du quartz ($\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$)

ρ_q : masse volumique du quartz ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)



Fréquence de résonance

- dépend des caractéristiques du quartz et des électrodes (nombre, taille, forme)

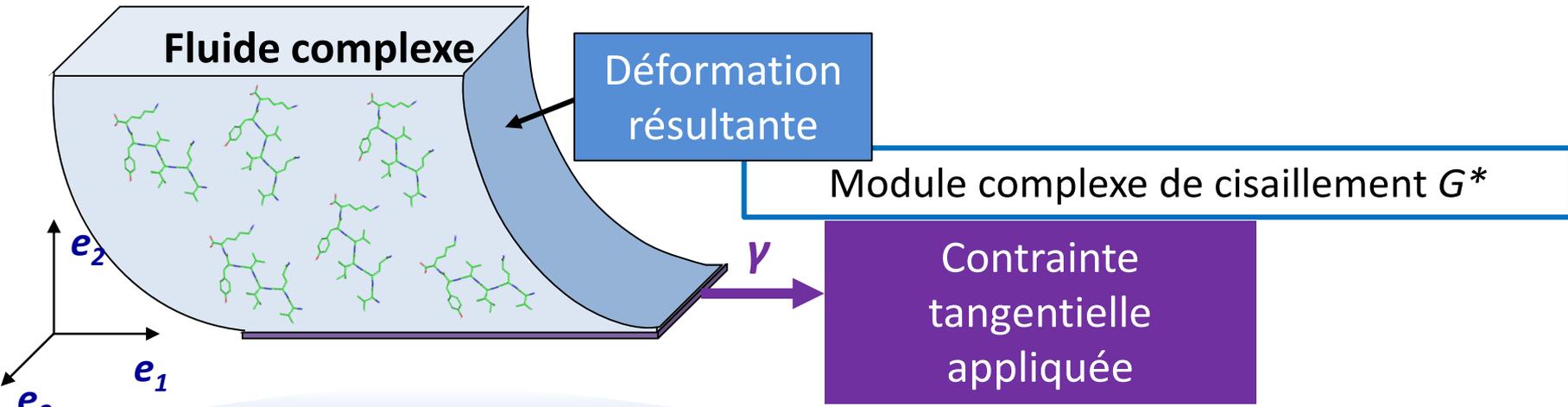
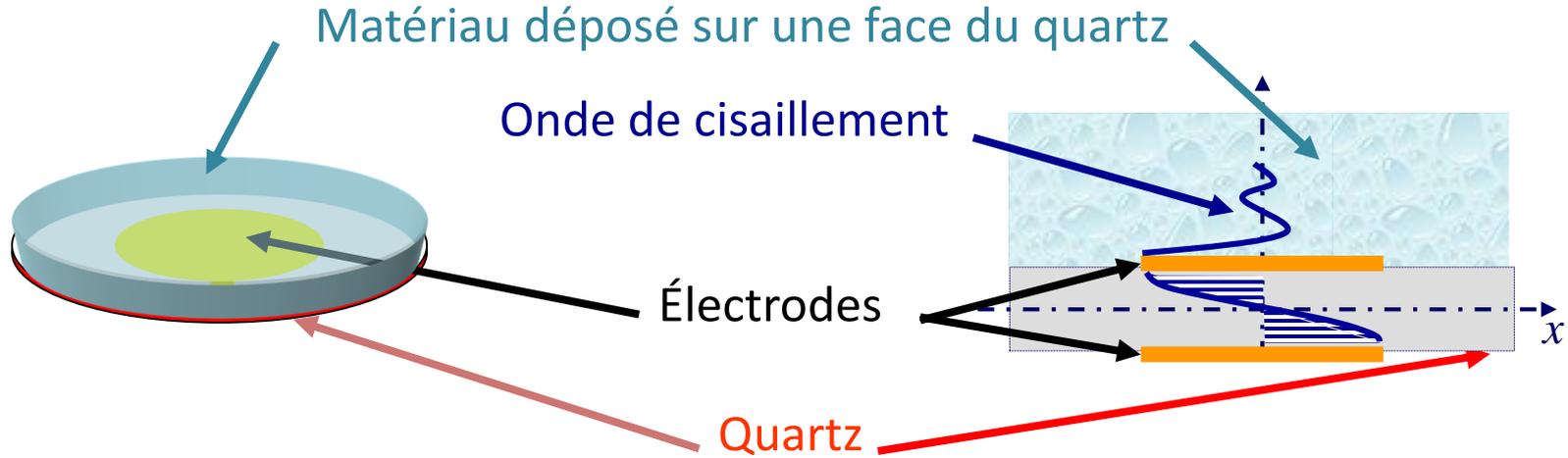


Stage Alyssia Dong, L3 2016

Pierre Didier, PhD 2013-2017

Amaury Dalla Monta, PhD 2015-2018

Principe du capteur



Relation entre la contrainte γ et la déformation σ

$$\tilde{\sigma}(t, \omega) = G^*(\omega) \tilde{\gamma}(t, \omega)$$

Chaine d'instrumentation

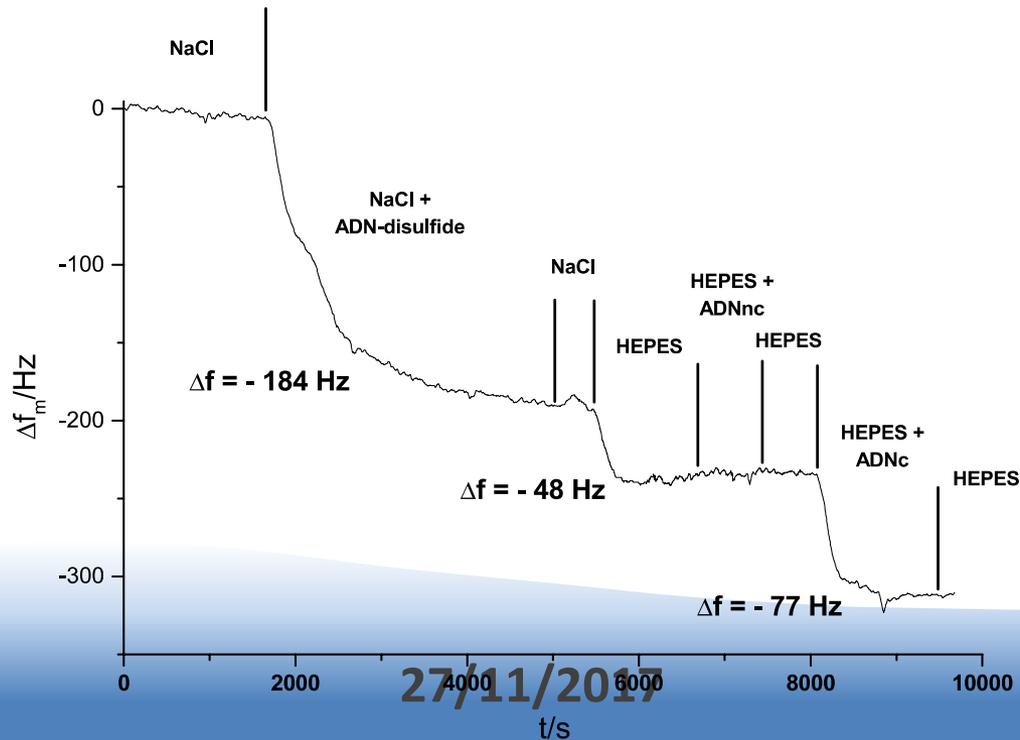
- Interrogation du quartz avec un **oscillateur**
- Lien entre variation de fréquence et variation de masse

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{-2f_0 \Delta m_s}{\sqrt{\mu_q \rho_q}}$$

Δf : variation de fréquence due à l'effet de masse (Hz)

m_s : masse surfacique (g/m^2)

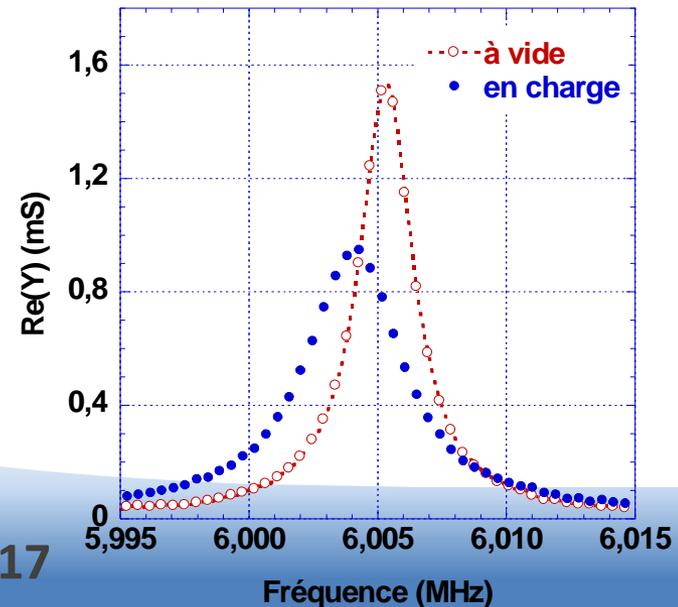
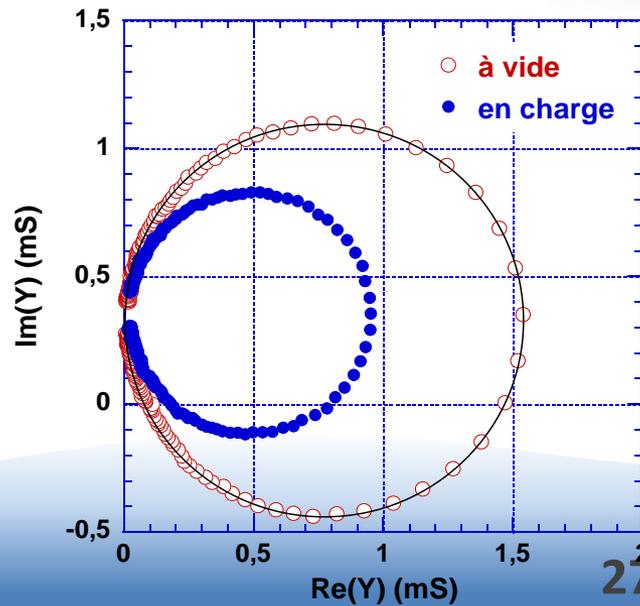
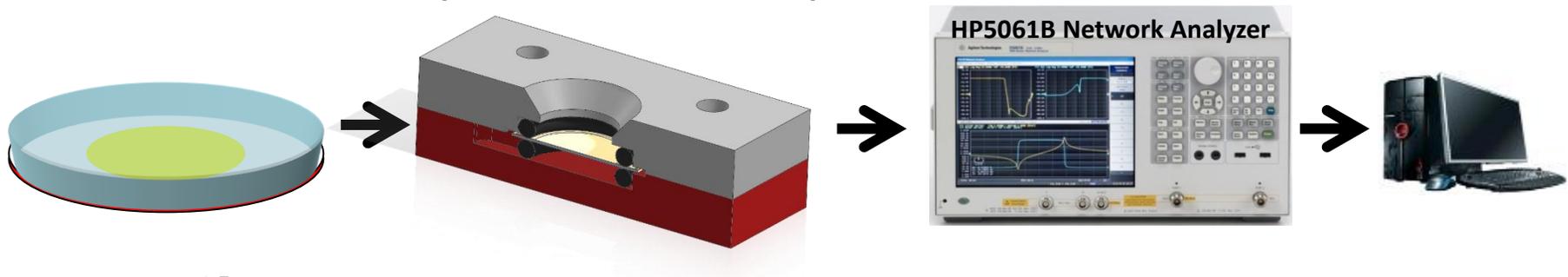
Δm_s : variation de masse surfacique modélisant l'effet de masse (g/m^2)



27/11/2017

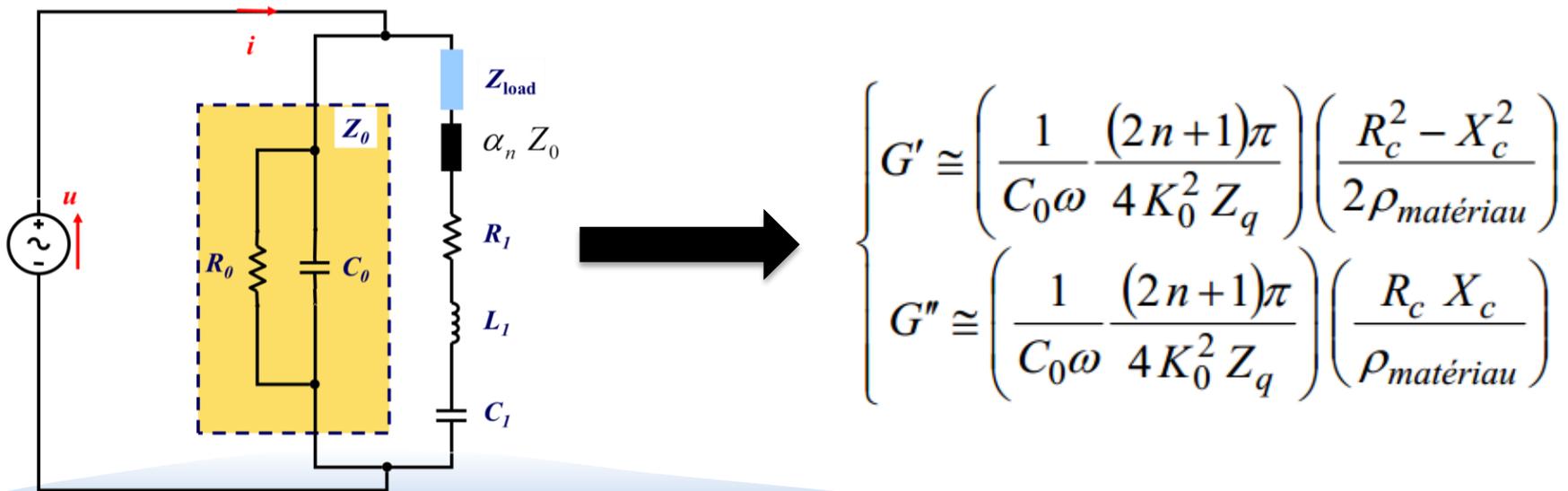
Autre chaine d'instrumentation

- Interrogation du quartz avec un **analyseur de réseau**
- Mesure de l'impédance du quartz



Chaîne d'instrumentation avec analyseur de réseau

- Modélisation du quartz permet de remonter au module élastique G' et au module visqueux G'' du matériau





Démarche pour le développement de capteurs innovants

- Modélisation des matériaux et des interactions onde-matière
- Conception, fabrication et caractérisation du capteur (microtechnologies)
- Développement de l'instrumentation
- Tests

Verrous scientifiques pour des capteurs innovants



- ① Modélisation des matériaux et des interactions onde-matière
- ② Miniaturisation
- ③ Instrumentation

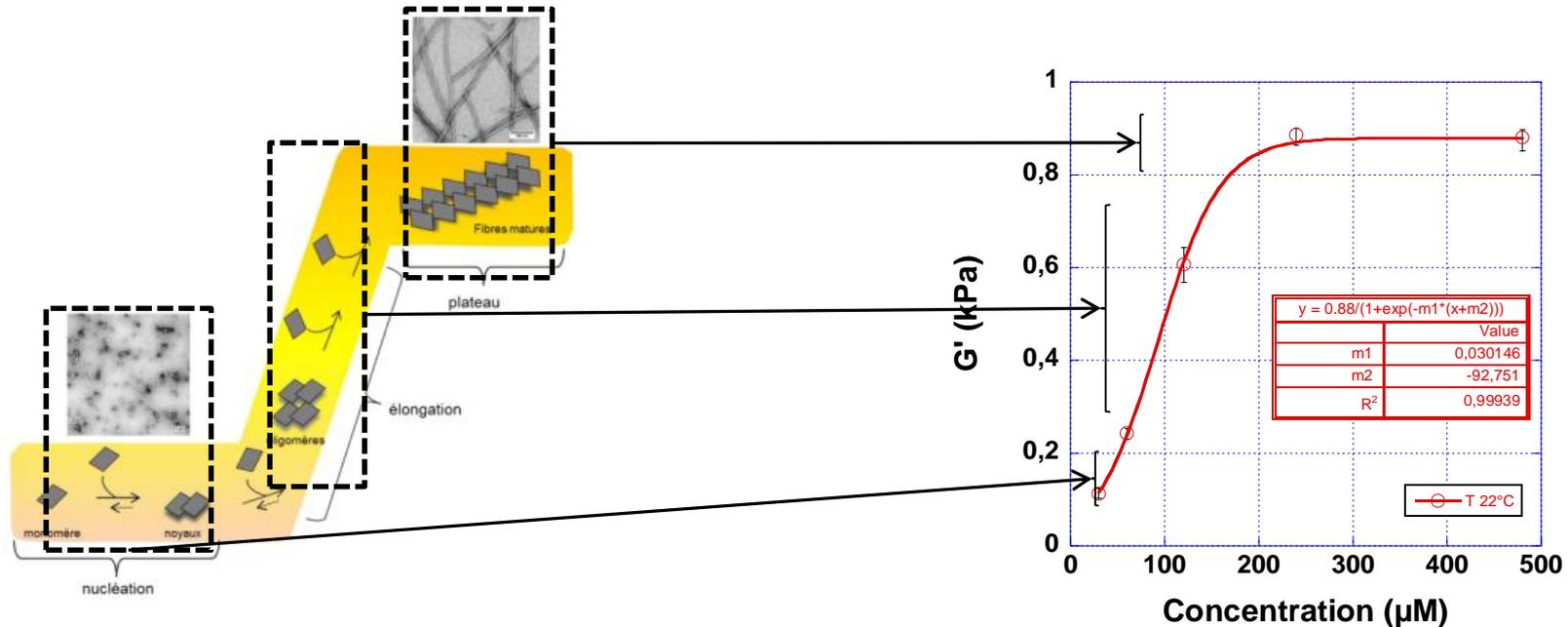
Applications : Détection de légionelles



Projet 2A Loic Mosser 2017

Suivi de la polymérisation de protéines

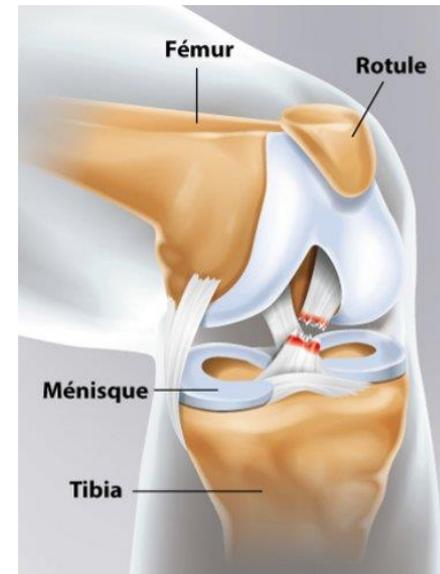
- Assemblages de protéines -> maladie d'Alzheimer
- Mesure en continu de la polymérisation de protéines



Pierre Didier, PhD 2013-2017

Mise au point de nouveaux matériaux

- Les tissus mous du vivant ont une structure fibreuse anisotrope
- Matériaux implantables : Poly(acétate de vinyle) PVA
- Les propriétés mécaniques doivent être maîtrisées et connues
- Suivi de la polymérisation du PVA



Projet 2A Damien Hoareau 2017

Amaury Dalla Monta, PhD 2015-2018

Savoir-faire pluridisciplinaire

Modélisation

Informatique

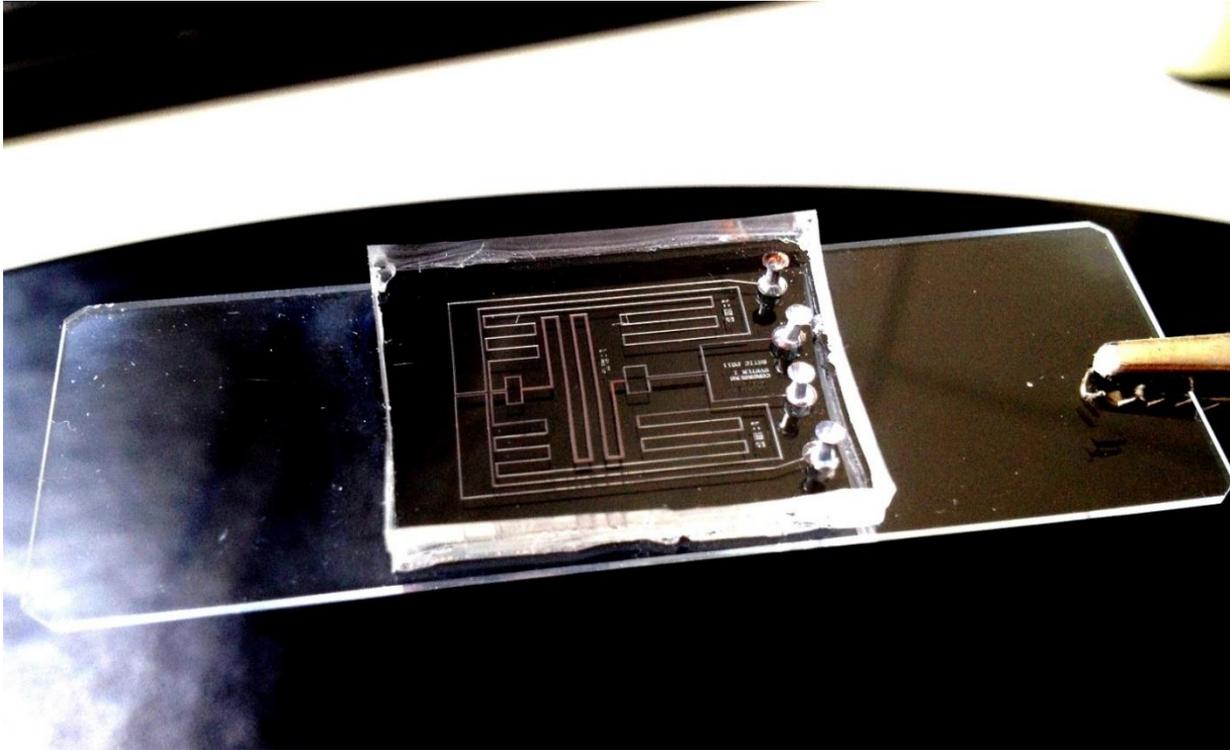
Electronique

Instrumentation

Biologie, chimie

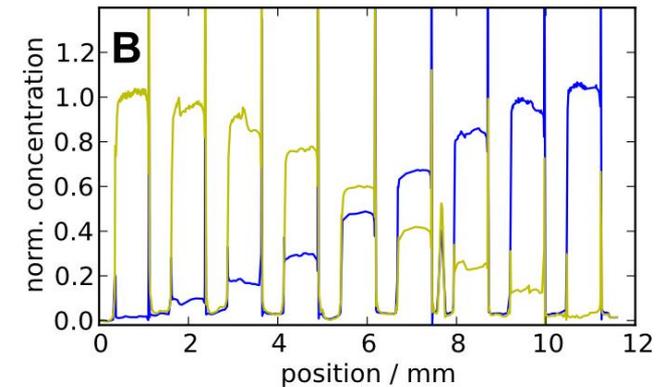
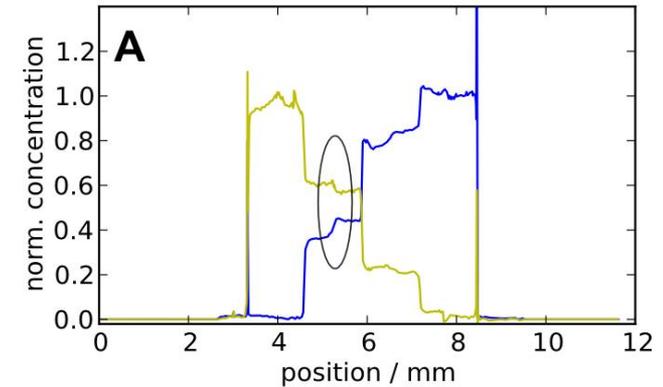
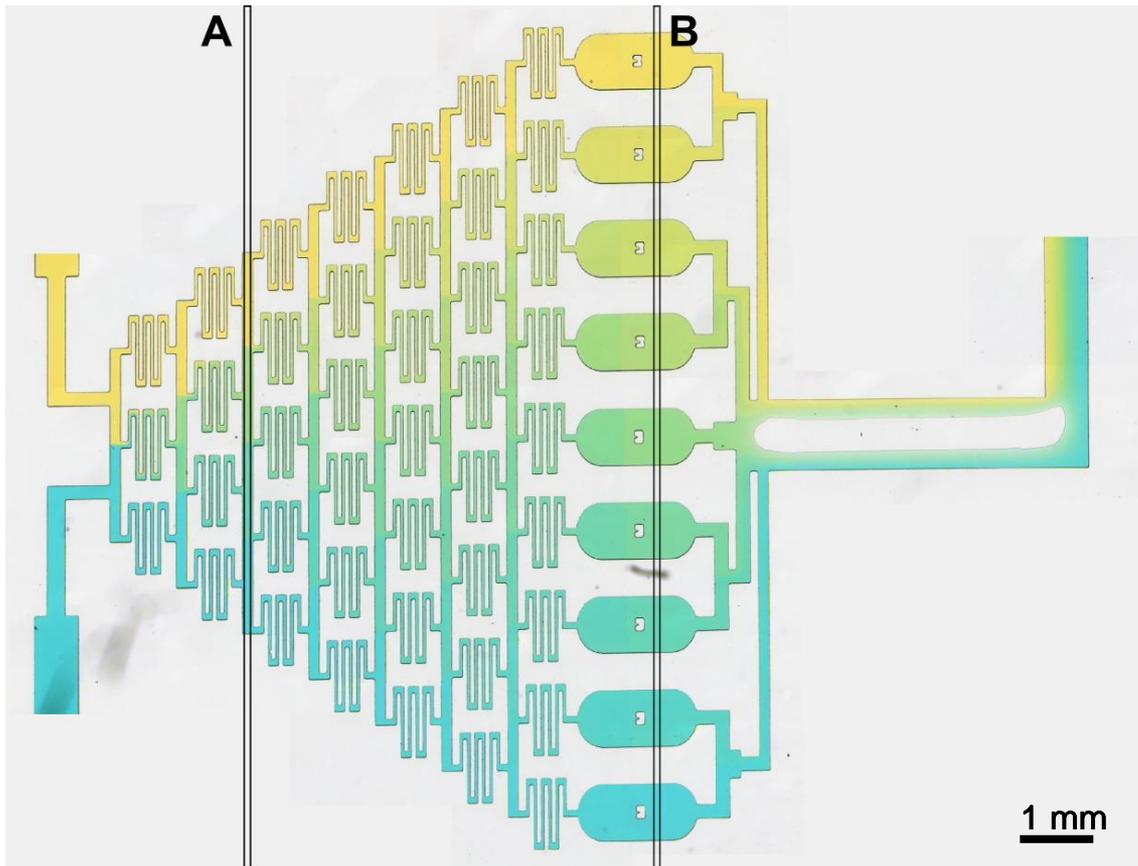
Mécanique, mécanique des fluides, matériaux

Analyse optique en microsysteme



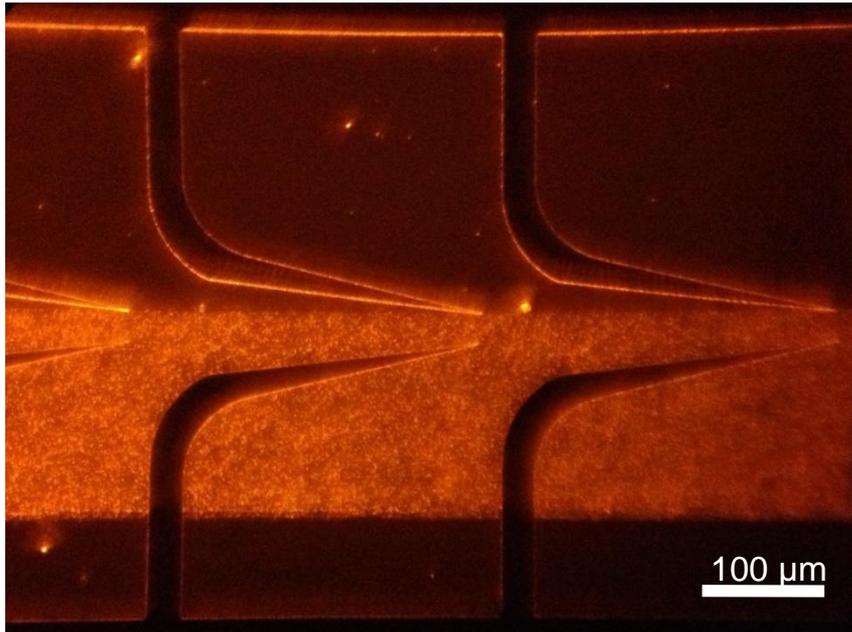
optically transparent microsystems can be coupled to optical microscopes and spectrometers

Caractérisation spectrométrique de gradients de molécules

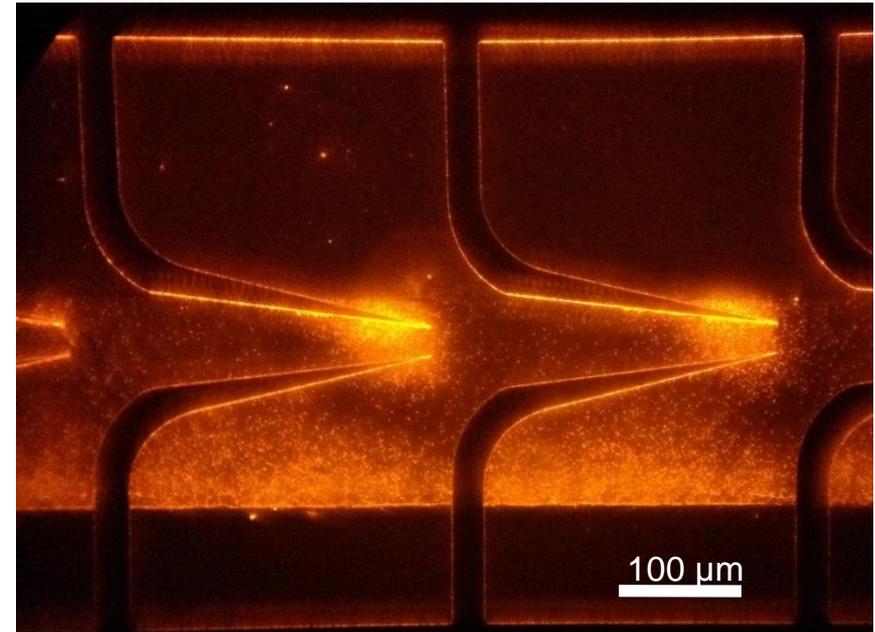


Nanoparticules comme capteurs en microsystème

electric field off



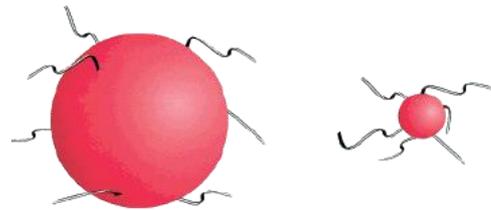
electric field on



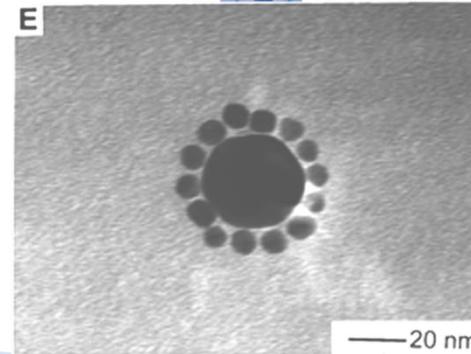
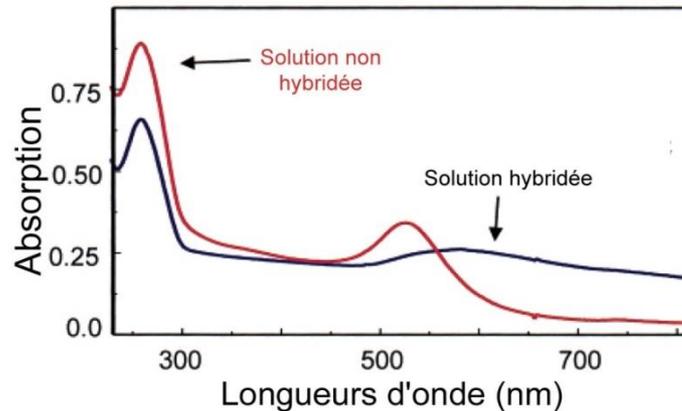
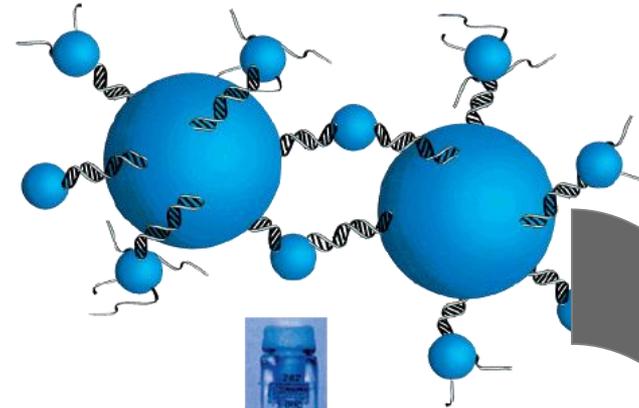
sample: 150 nm gold colloids, water 0.04 S m^{-1}
LED dark field, 580 nm

Nanoparticules d'or pour la détection d'ADN

Color change by DNA hybridization



Brins d'ADN
complémentaires





Je vous remercie pour votre attention