



HAL
open science

Séchage de protéines animales et/ou végétales par lévitation acoustique

Denis Renard, L. Pauchard, Cécile Le Floch-Fouéré

► **To cite this version:**

Denis Renard, L. Pauchard, Cécile Le Floch-Fouéré. Séchage de protéines animales et/ou végétales par lévitation acoustique. 3^{ème} journée scientifique rennaise Sciences des Aliments, Jan 2022, Rennes (en distanciel), France. hal-03541108

HAL Id: hal-03541108

<https://hal.inrae.fr/hal-03541108>

Submitted on 24 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

3^{ème} journée scientifique rennaise

Sciences des Aliments



Séchage de protéines animales et/ou végétales par lévitation acoustique

Denis Renard (BIA)

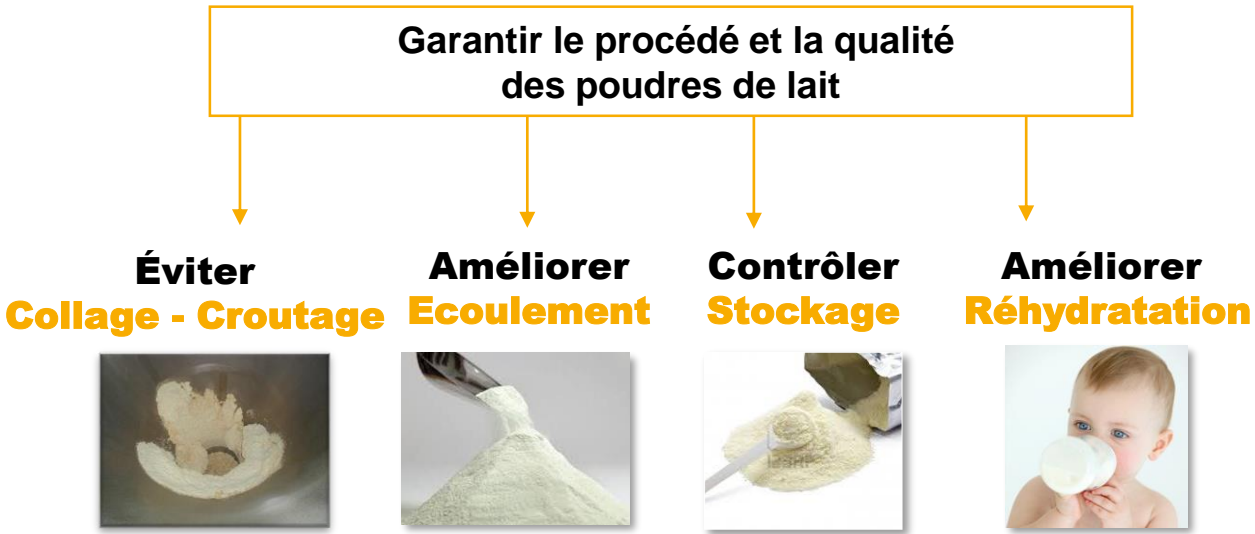
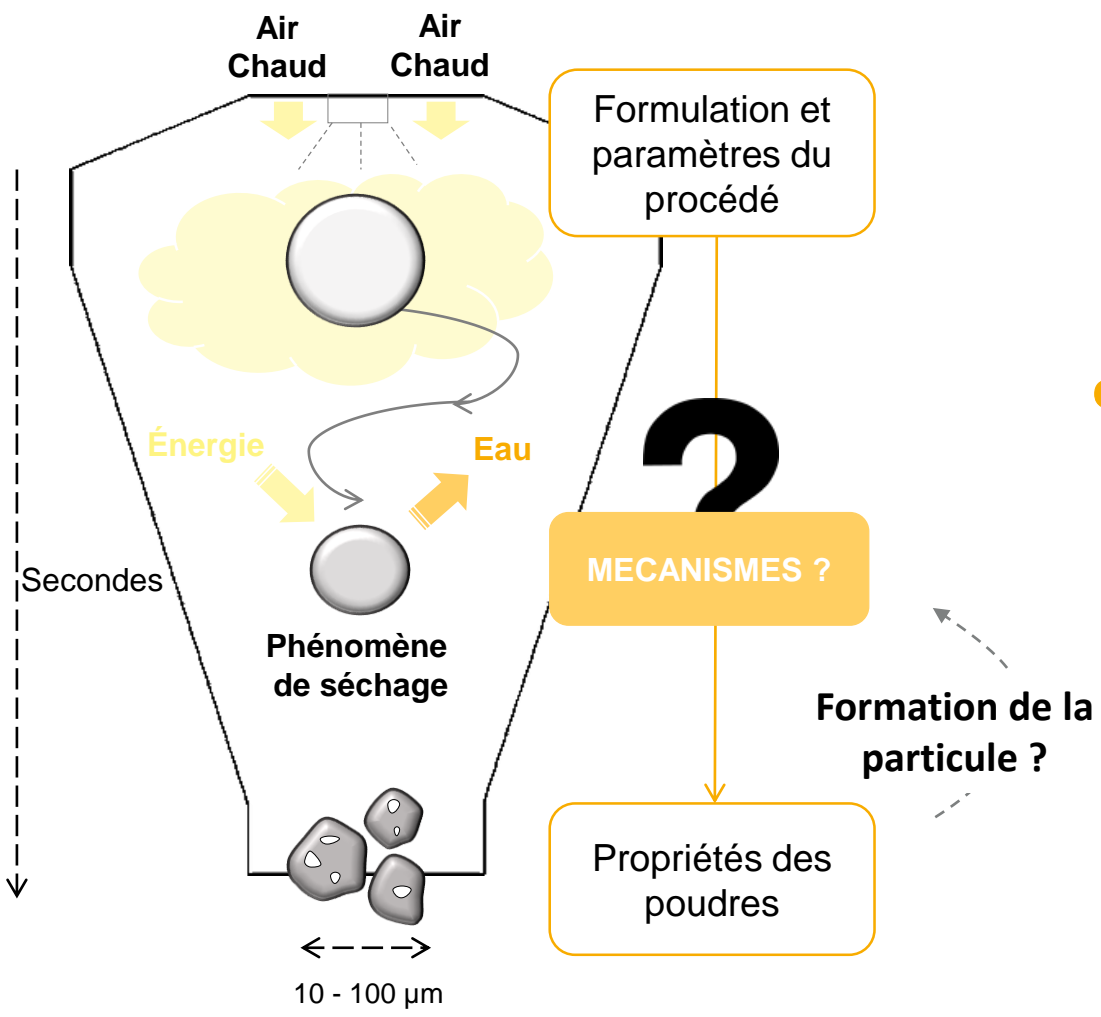
Ludovic Pauchard (Orsay)

Cécile Le Floch-Fouéré (Institut Agro, STLO)

21 Janvier 2022

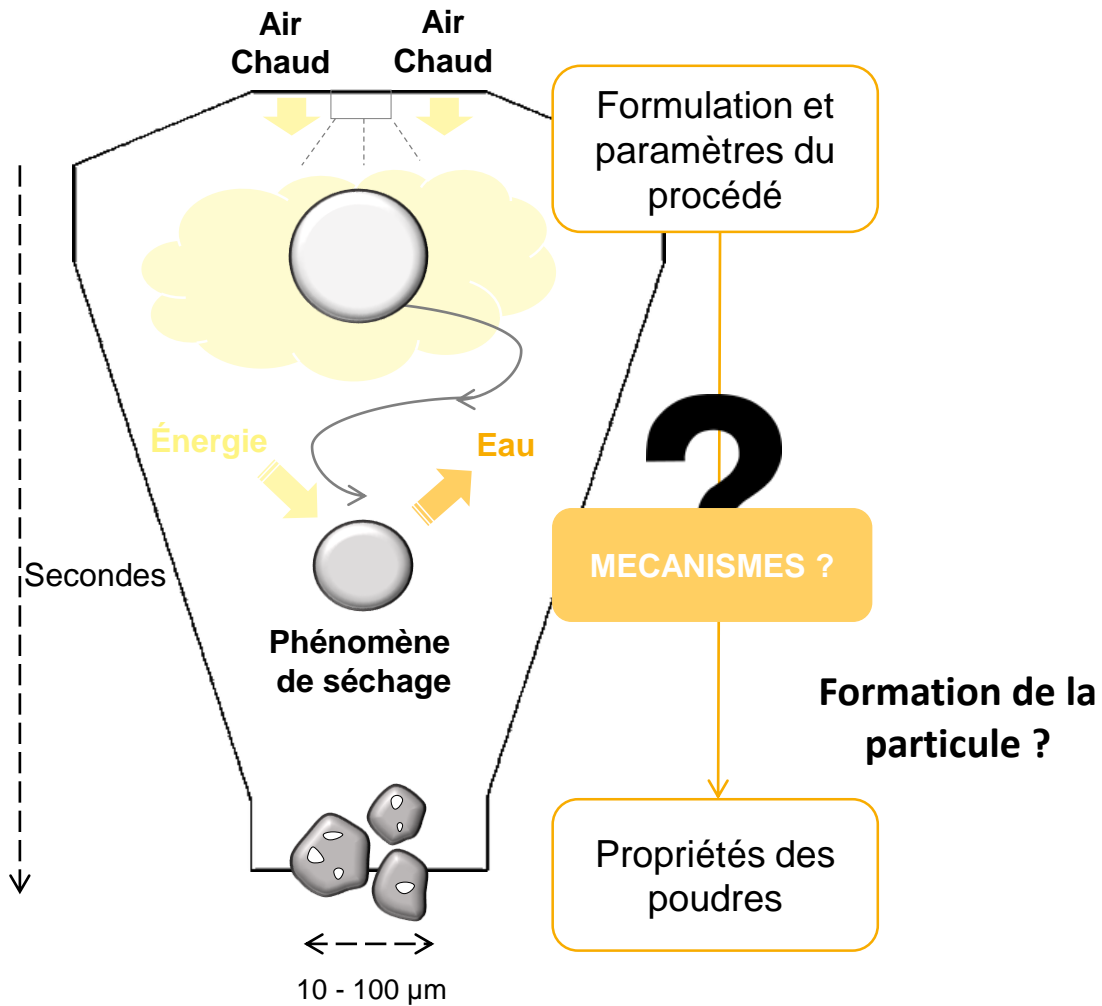


Contexte Scientifique



De nombreuses recherches scientifiques

Contexte Scientifique



LIMITES à l'échelle industrielle:

- *Cinétiques rapides de séchage*
- *Hétérogénéité des échantillons*
- *Complexité du process*
- *Complexité des formules*
- *Coûts des essais industriels*

Approche multi-échelles du processus de séchage

➤ Dans quelle mesure la formation des particules est affectée par le type de protéines et les **paramètres de séchage** ?

➤ Quel est l'impact potentiel des **propriétés mécaniques** des protéines sur les propriétés physiques des particules ?

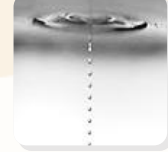
Qualité industrielle

➤ Intégration des connaissances

Propriétés des particules



Pulvérisation de gouttes



Gouttes mono-disperses

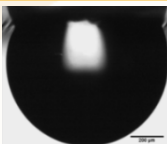
➤ Quel est l'impact de la morphologie des particules sur les **fonctionnalités des poudres** ?

Formation de la peau



Goutte confinée

Dynamique de séchage



Goutte pendante

Protéines du lait

- ✓ Seules ou en mélange
- ✓ C = 100 g.L⁻¹

➤ Quels sont les **mécanismes** physicochimiques impliqués dans la **transition goutte particule** ?

Nouvelle approche originale : la lévitation acoustique

Instabilités mécaniques type “buckling” sont dépendantes de la méthode de séchage et du type de support utilisé : Comment peut-on s'affranchir de l'influence du support ?



*Approche
Sépcifique*

**la lévitation
acoustique**

Principe

La lévitation acoustique est une méthode qui consiste à faire léviter des objets à distance, compensant ainsi la force gravitationnelle grâce à des ondes sonores stationnaires, le plus couramment des ultrasons.

La **lévitation acoustique** consiste ainsi à piéger les objets lévités dans des nœuds de pression. Les nœuds de pression correspondent à des puits de potentiel d'énergie acoustique.

Couplage méthodes analytiques

Microscopie optique

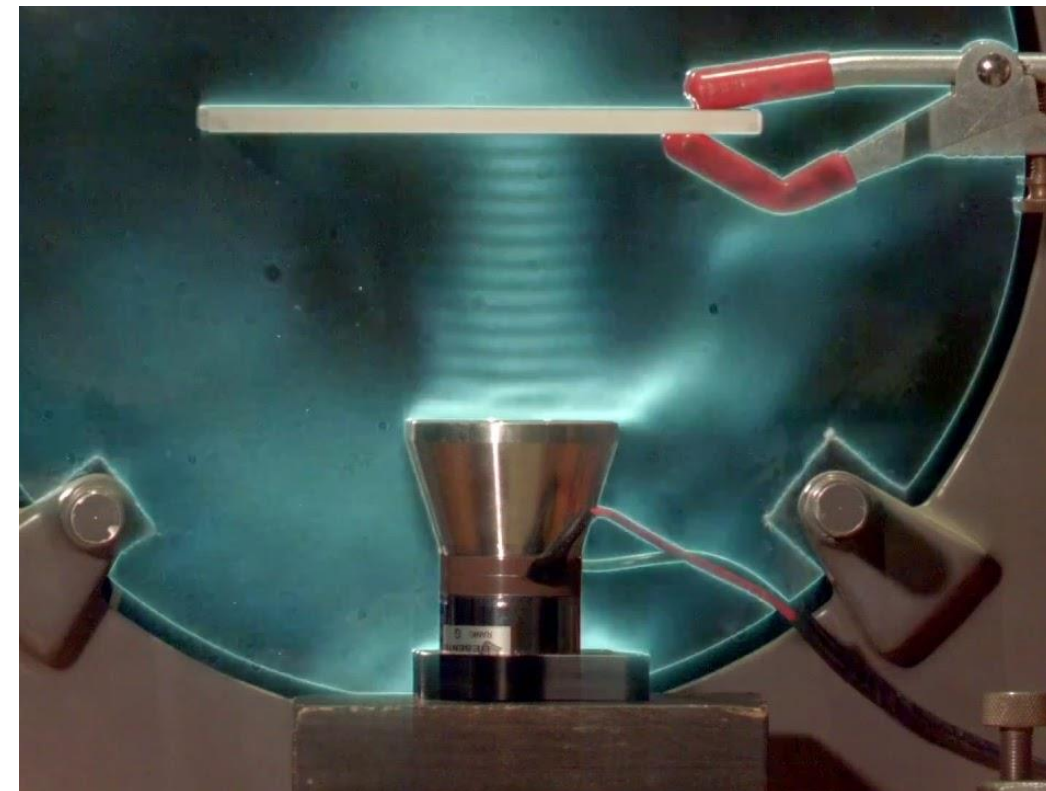
Microscopie DUV (i.e. DISCO)

Microscopie / spectroscopie Raman

Dichroïsme circulaire (i.e. DISCO)

SAXS/WAXS (SOLEIL, ESRF-EBS, PSI), SANS (ILL)

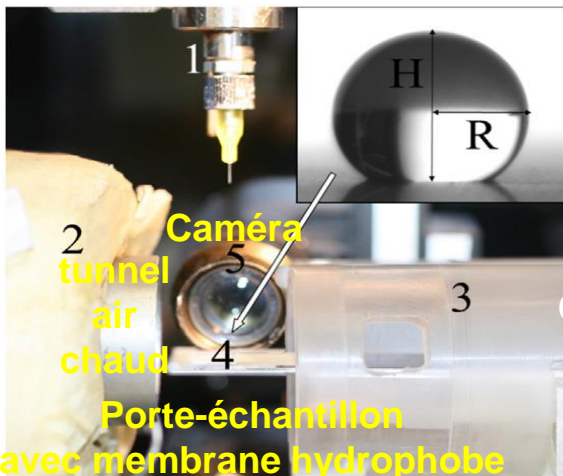
Visualisation d'une onde stationnaire produite par un transducteur et un réflecteur



Biblio : Séchage de gouttes de lait : comparaison de deux méthodes

Both et al. Food Res. Int. 109 448 (2018)

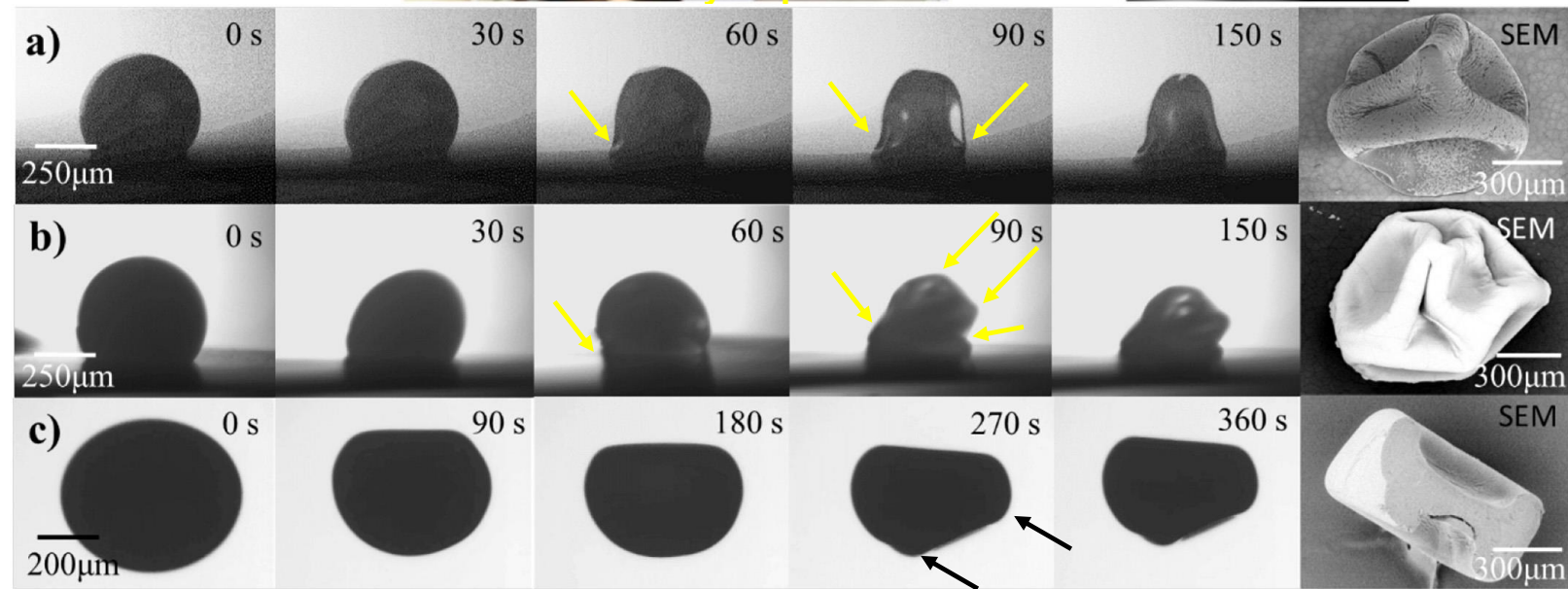
Goutte unique Sessile (SSD)
 Porte-échantillon fixe ou rotatif



Lévitation Acoustique (DKA)

DKA (commercial) : Drying Kinetics Analyser

Φ_{air}
 0.4 m/s
 80°C



Indentations en surface
 -> déformation rapide
 -> forme triangulaire

Indentations en surface
 -> déformation plus lente
 -> forme triangulaire

Indentation partout
 -> déformation la plus rapide
 -> forme rectangulaire

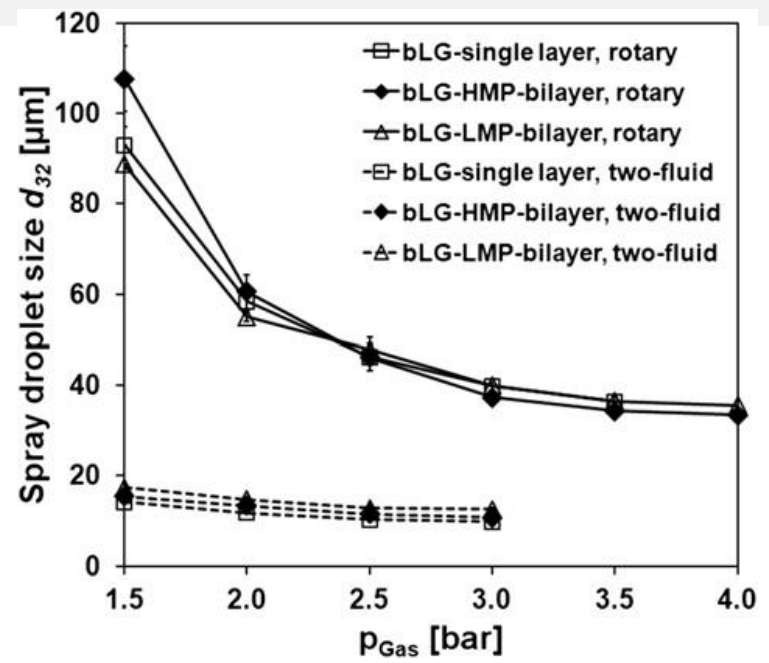
SSD Fixe

SSD Rotatif

DKA

Biblio : Séchage d'émulsions stabilisées par des complexes protéine-polysaccharide

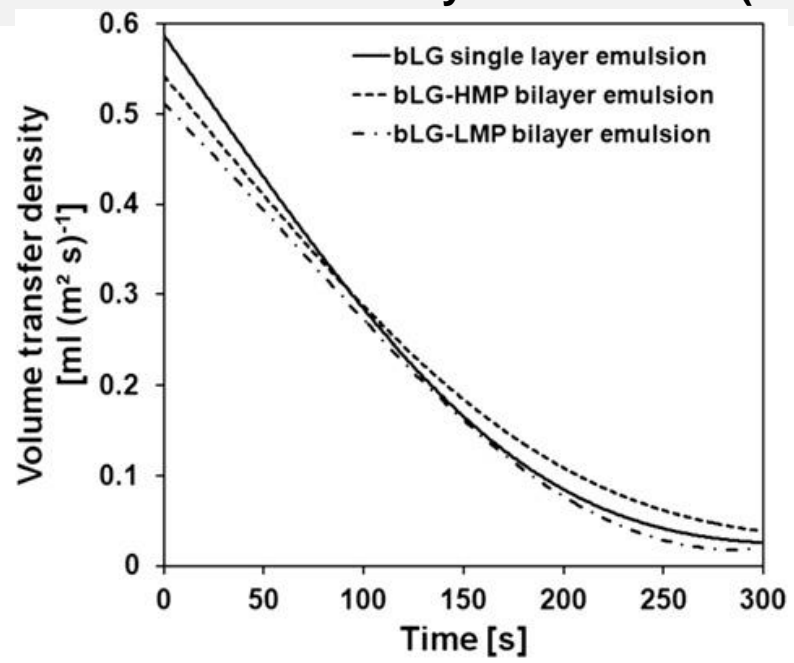
Serfert et al. Food Hydrocoll 3 438 (2013)



Séchage par atomisation



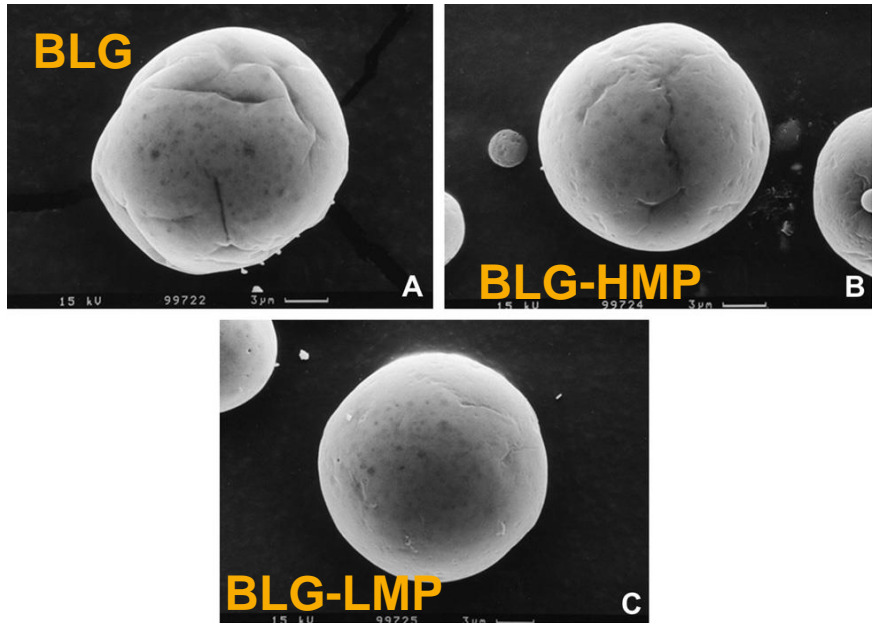
Baisse de la taille des gouttes dépend du système de séchage (atomisation rotative vs atomisation buse à deux-fluide)



Séchage par lévitation acoustique



Séchage similaire émulsion mono- ou bi-couche

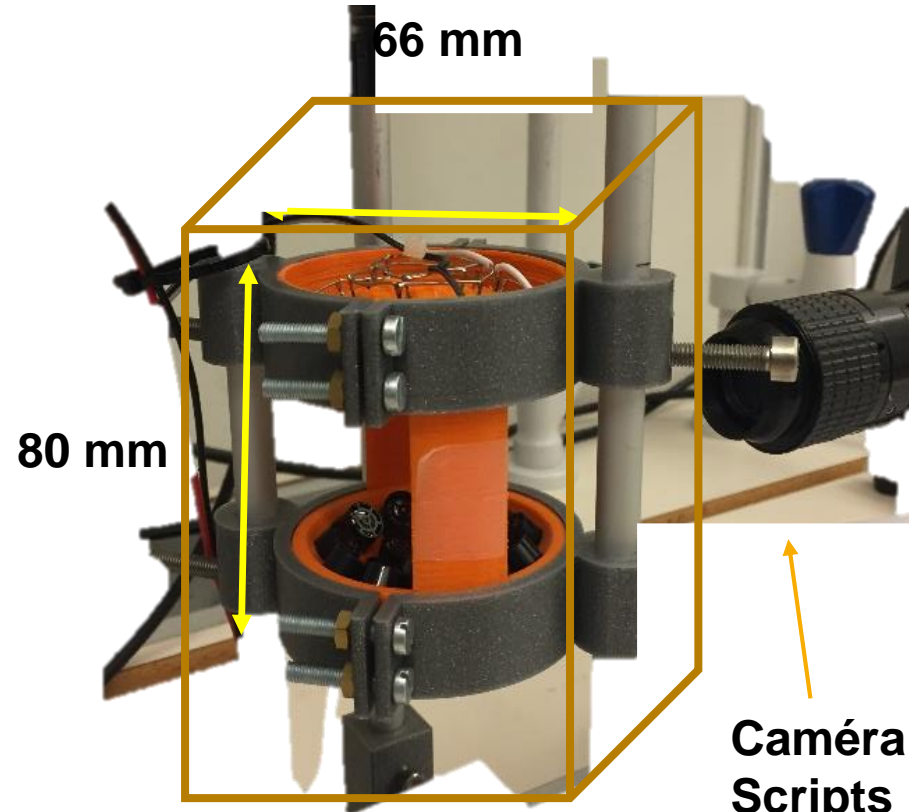
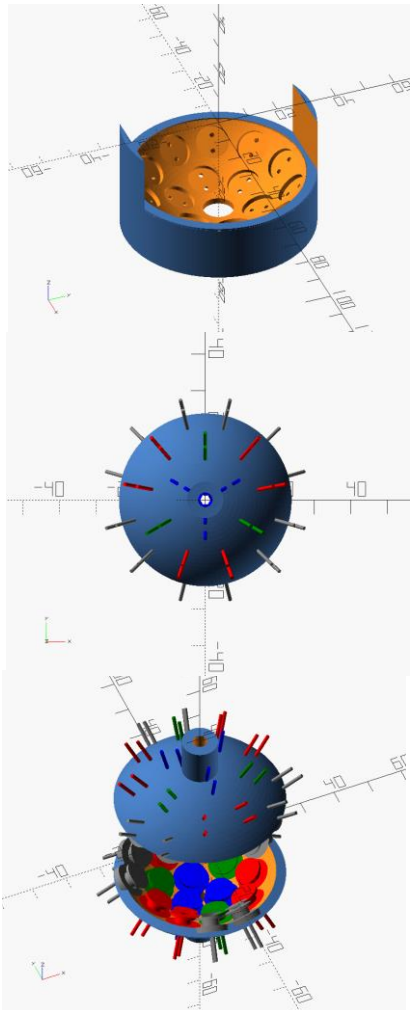


Microcapsules (MEB)

low (38%) methylated pectin (LMP) and high (71%) methylated pectin (HMP)

SETUP Expérimental

Lévitateur Université Chalmers (Romain Bordes)



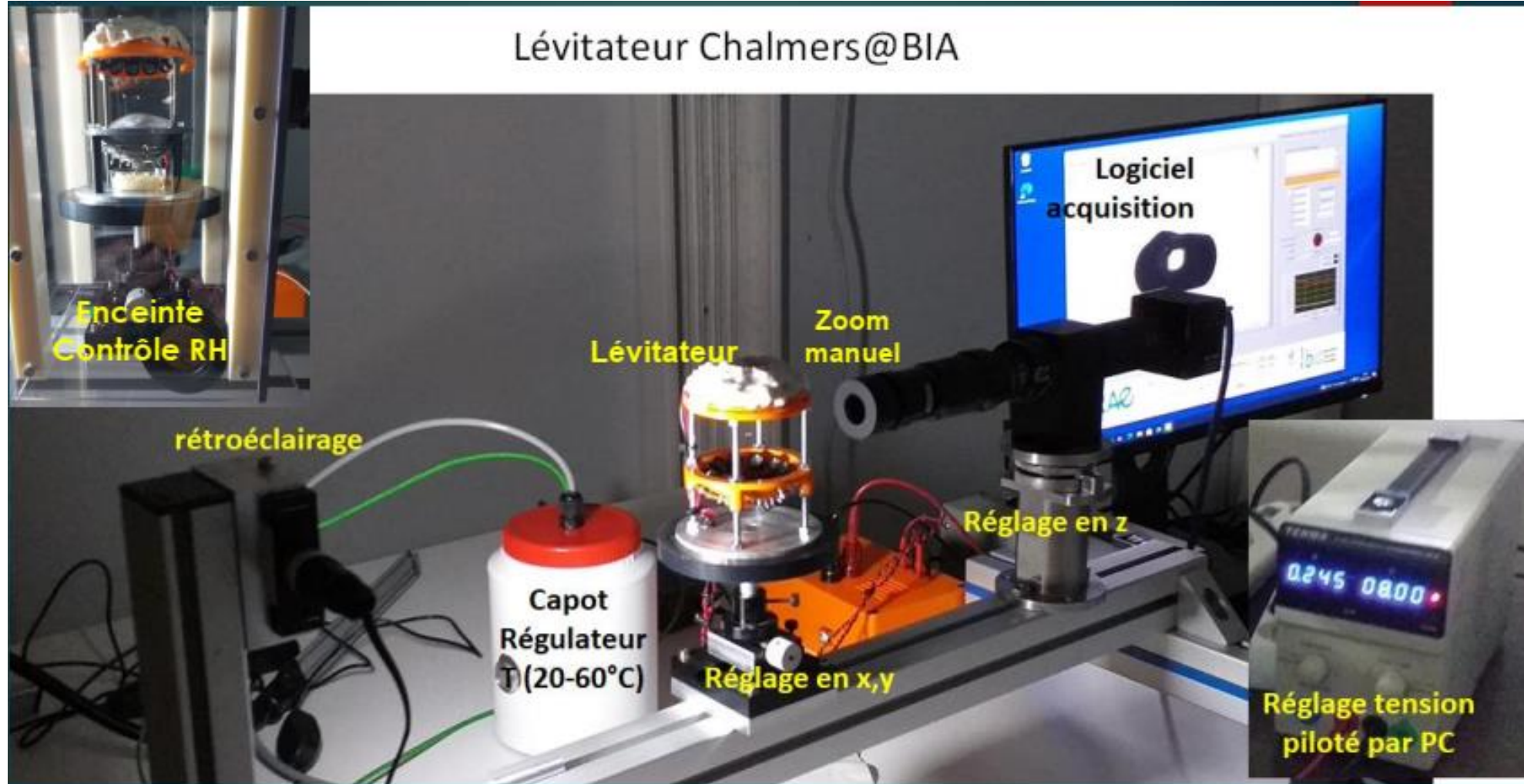
Rail déplacement caméra x, y, z



Caméra + zoom relié PC USB
Scripts LabView ou Python
Options : deux points de vues figés de la goutte, pilotage par l'ordinateur OU zoom manuel

SETUP Expérimental

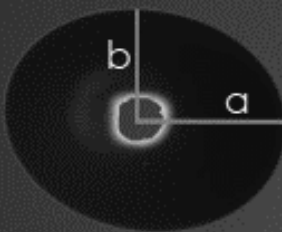
Lévitateur Université Chalmers (Romain Bordes)



LOGICIEL D'ACQUISITION

mesures du contour et de la superficie en pixels (conversion en mm)

Contour
nombre de pixels à l'intérieur de la goutte (méthode de partage des eaux)



Superficie (aire) (S)

$$S = 2\pi a^2 + \frac{\pi b^2}{e} \ln\left(\frac{1+e}{1-e}\right)$$

Avec $e = \frac{\sqrt{a^2-b^2}}{a}$

Diamètre sphère équivalente (δ^2)
(diamètre au carré d'une sphère ayant la même superficie qu'une goutte ellipsoïdale)
(Munier et al. (2019) Soft Matter)

$$\delta^2 = \frac{S}{\pi}$$

Volume sphère équivalente (V)
(Munier et al. (2019) Soft Matter)

$$V = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{\delta^2}{4}\right)^{1.5}$$

Fraction volumique (Φ)

$$\Phi = \frac{C_0 V_0}{\rho V}$$

avec ρ masse volumique du soluté
 C_0 concentration initiale en soluté

Normalisation des cinétiques de séchage

Densité de transfert de volume
(volume transfer density) (VTD)

$$VTD = \frac{\text{volume}}{\text{superficie} \cdot \text{temps}}$$

Cinétique de séchage
Loi en d^2

$(d/d_0)^2 = 1 - K^*t$

Avec K constante de vitesse d'évaporation

PREMIERS TESTS

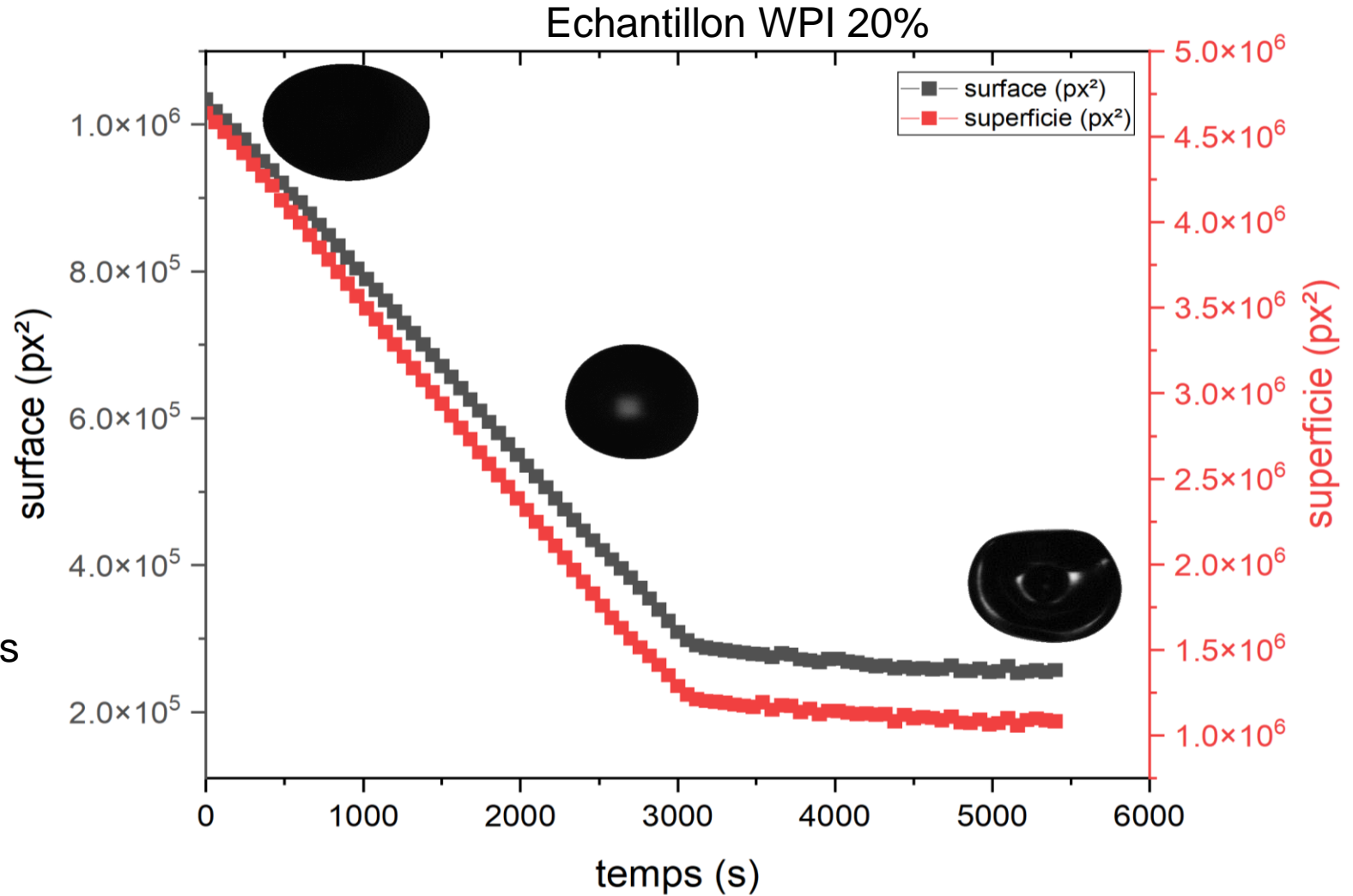
Surface : nombre de pixels à l'intérieur de la goutte

Superficie : prend en compte la hauteur et la largeur de la goutte

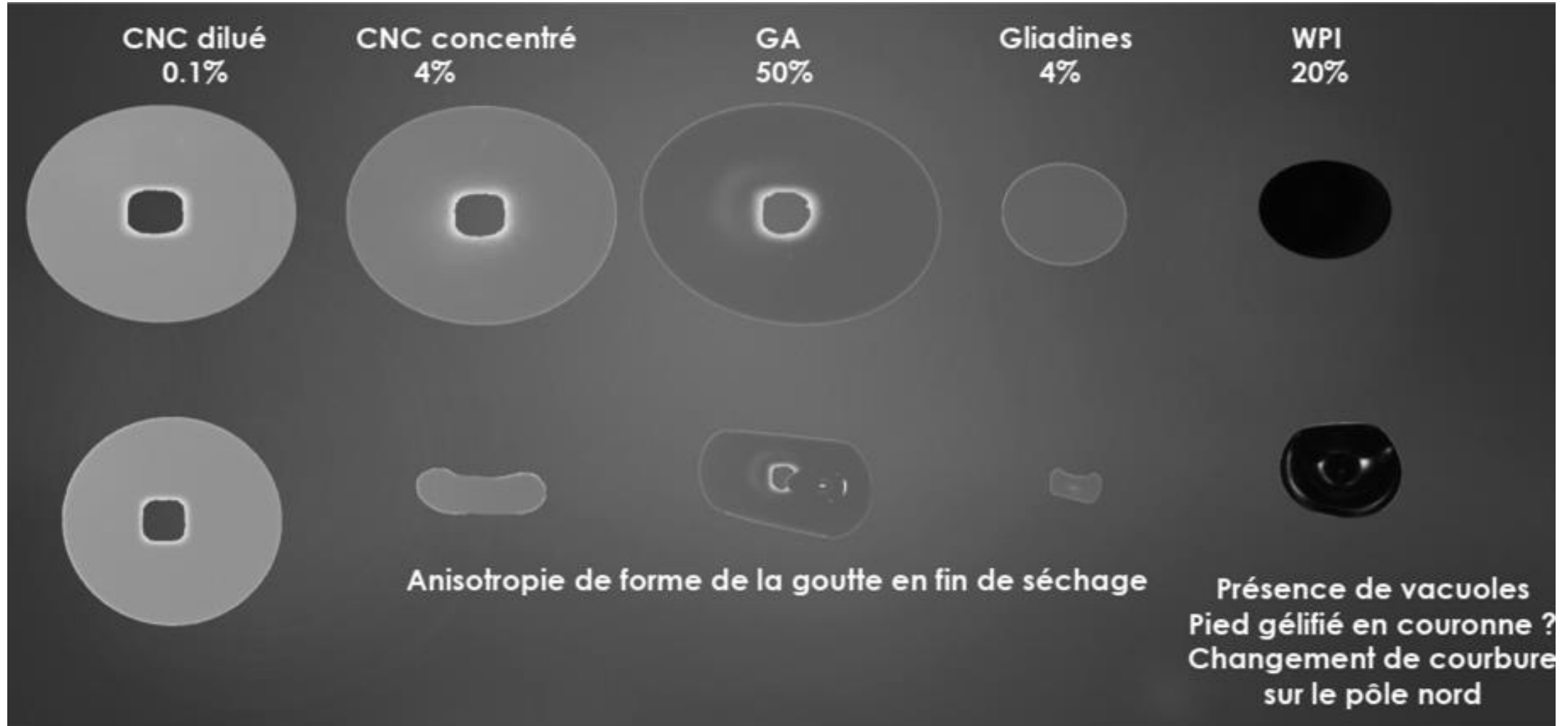
$$A = 2\pi a^2 + \frac{\pi b^2}{e} \ln\left(\frac{1+e}{1-e}\right)$$

Séchage de la goutte en 60 minutes

Problème avec le calcul de fraction volumique



MORPHOLOGIE DES GOUTTES



PROCHAINES ETAPES



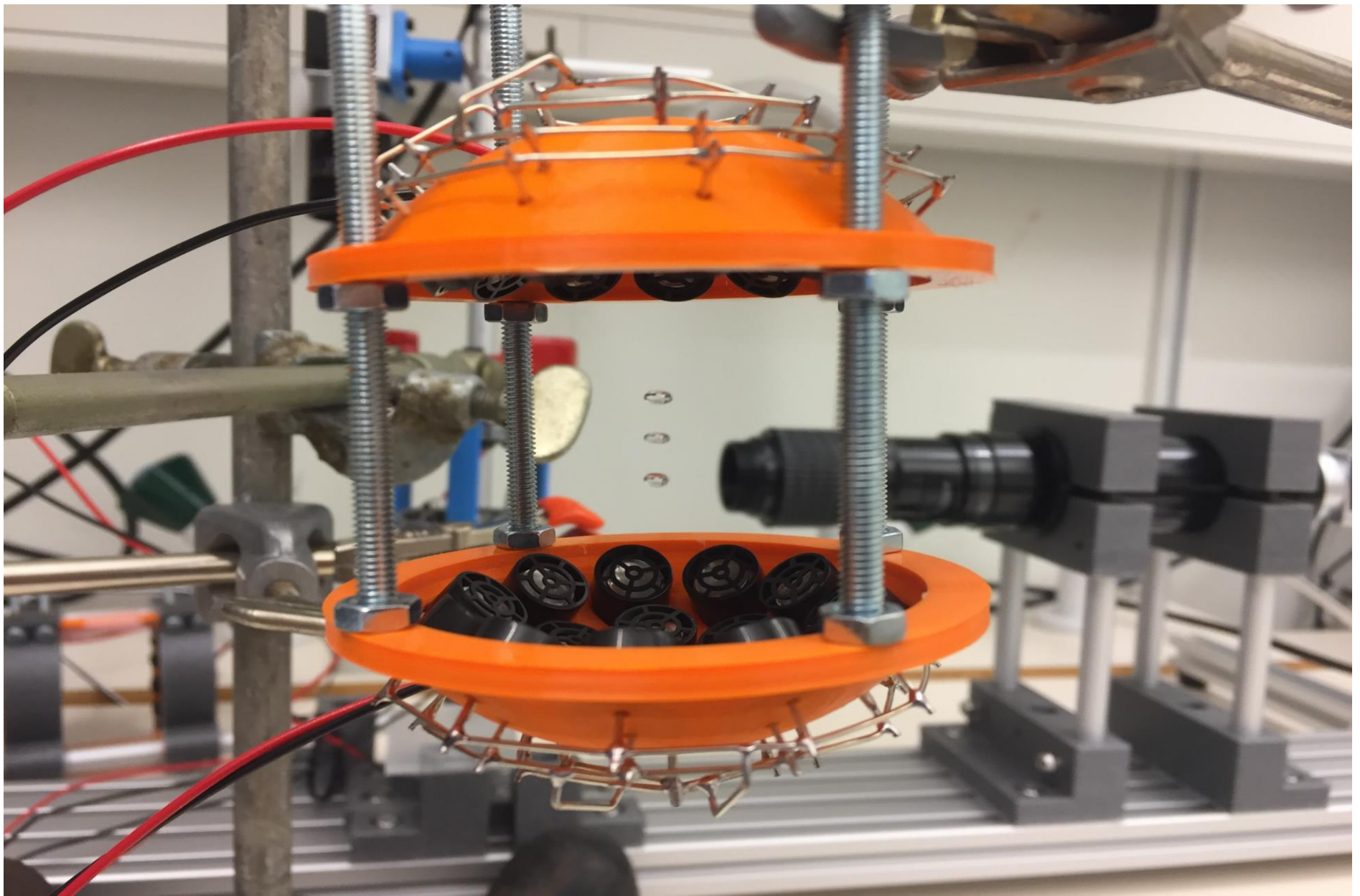
Améliorer le banc expérimental (HR, T°C, taille de gouttes ...) : stage IUT



Tests sur des protéines seules puis en mélanges dans différentes conditions expérimentales



Couplage SOLEIL (dichroïsme circulaire et/ou SAXS-WAXS)



MERCI POUR VOTRE ATTENTION