

**Journées de Promotion Procédés Produits – J3P**

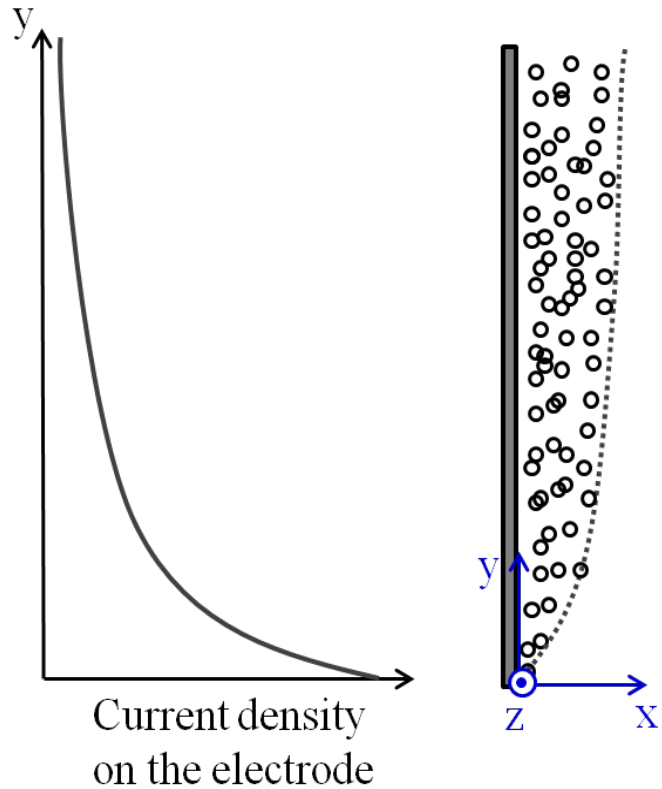
**Nancy – ENSIC – 25 Novembre 2014**

**Simulation Lagrangienne de procédés  
incluant une nucléation hétérogène :  
cas d'un réacteur électrochimique avec  
génération de gaz aux électrodes**

**Rainier HREIZ**



# Bulles électro-générées

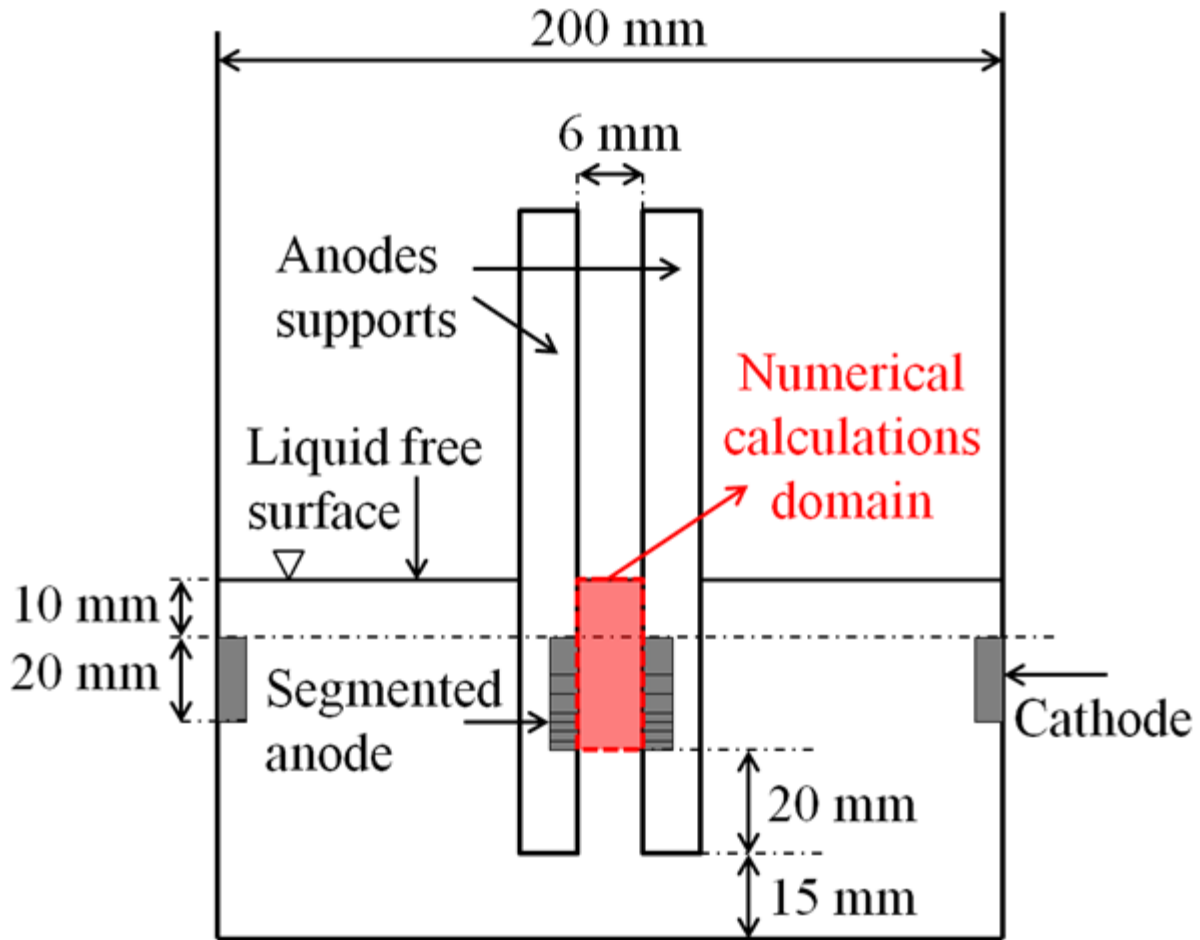


- ▶ Génération d'une 'convection naturelle'
- ▶ Augmentation de la chute ohmique
- ▶ Amélioration du transfert de masse près des électrodes

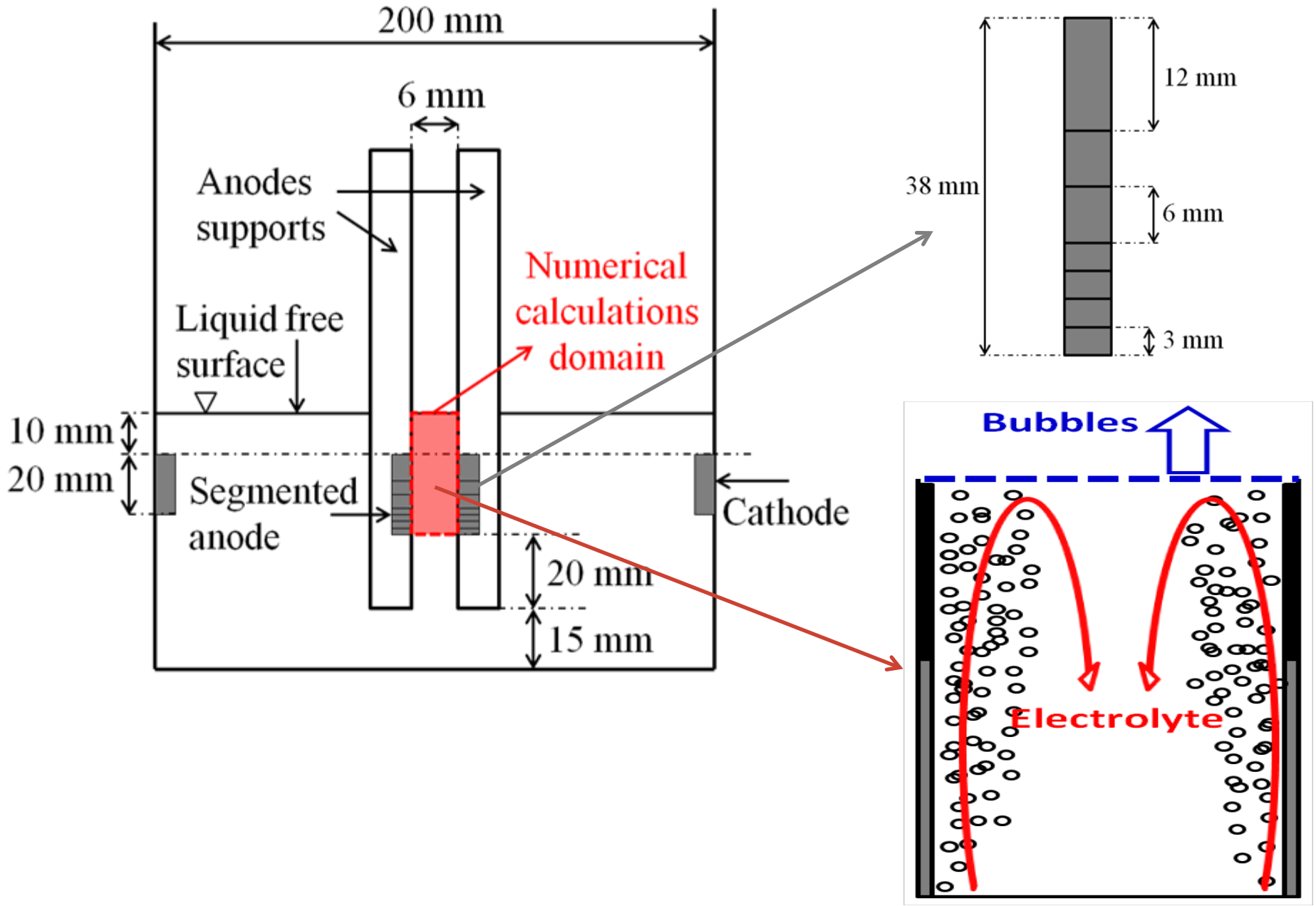
Complémentarité entre approches expérimentale et numérique:

- ▶ Caractéristiques de l'écoulement difficilement accessibles expérimentalement
- ▶ Modèles CFD à leur limite de validité

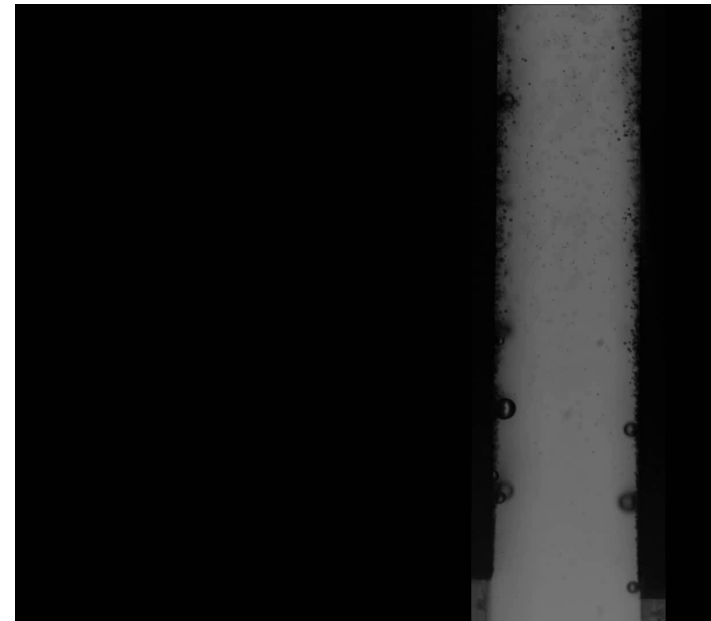
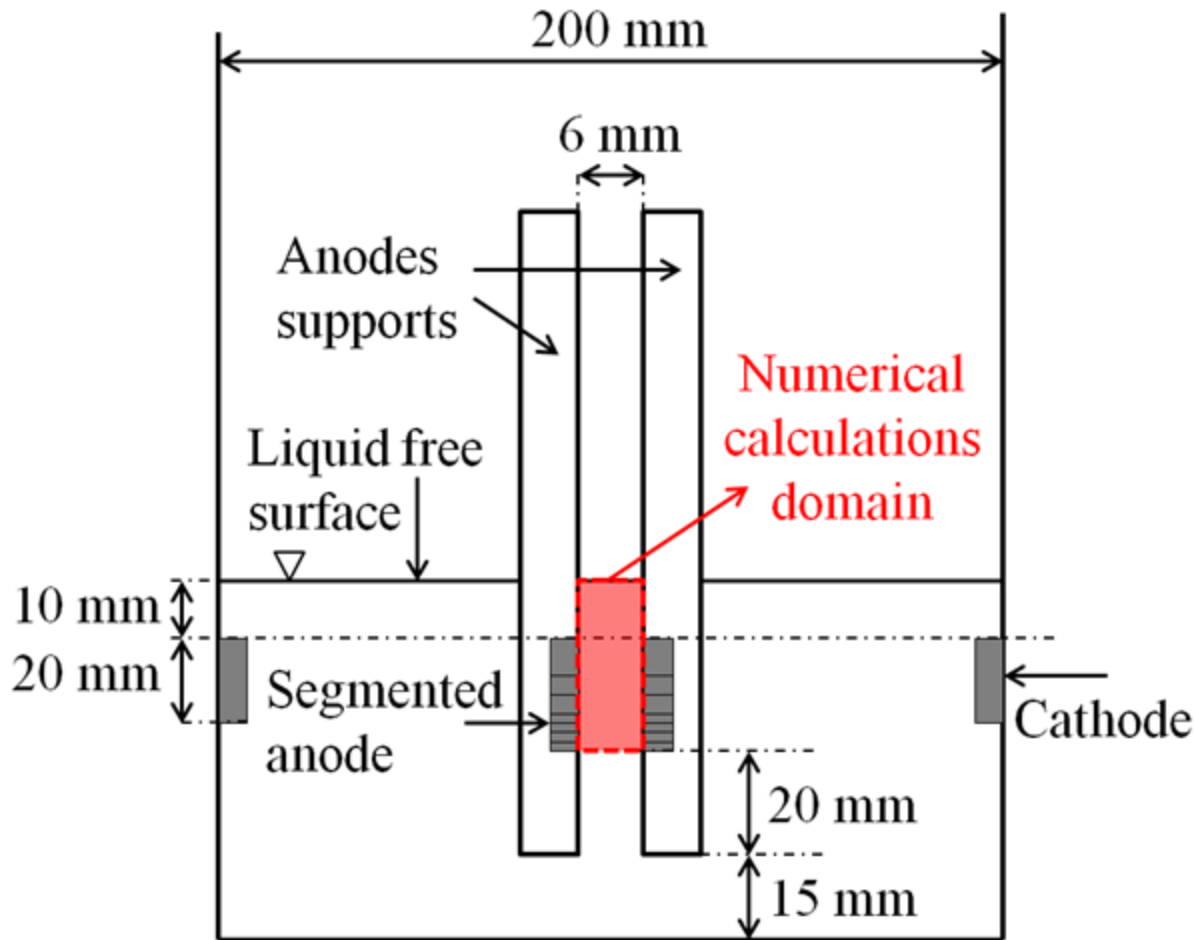
# Pilote expérimental



# Pilote expérimental

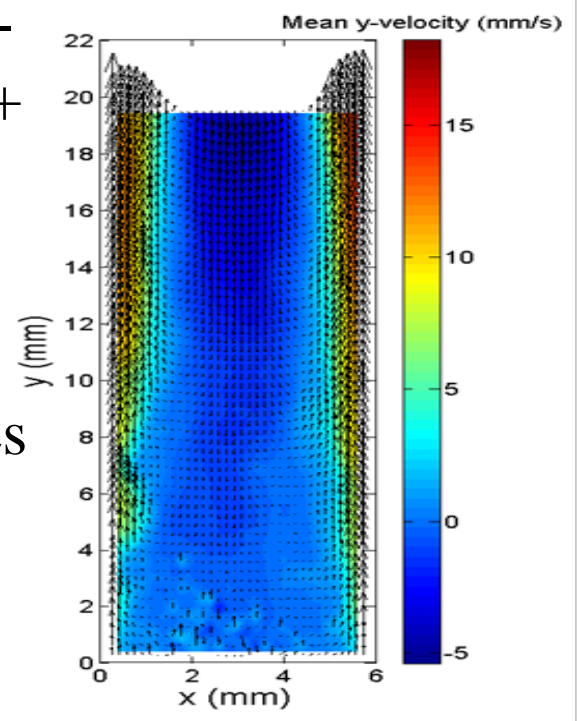
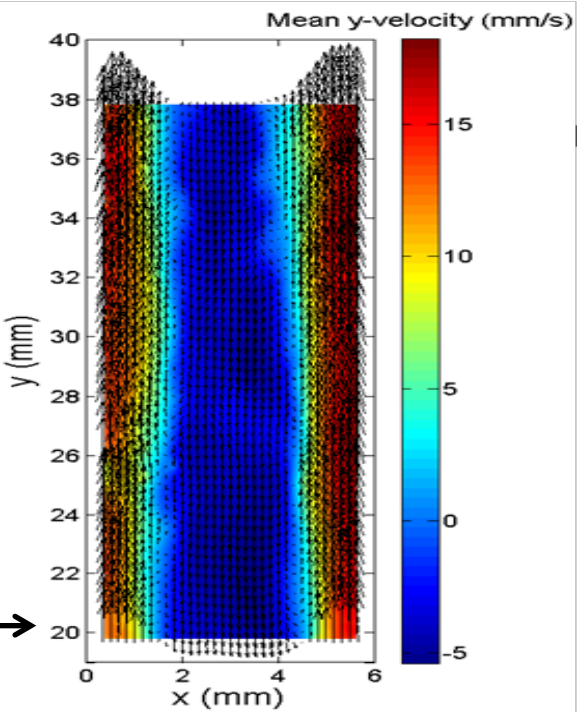
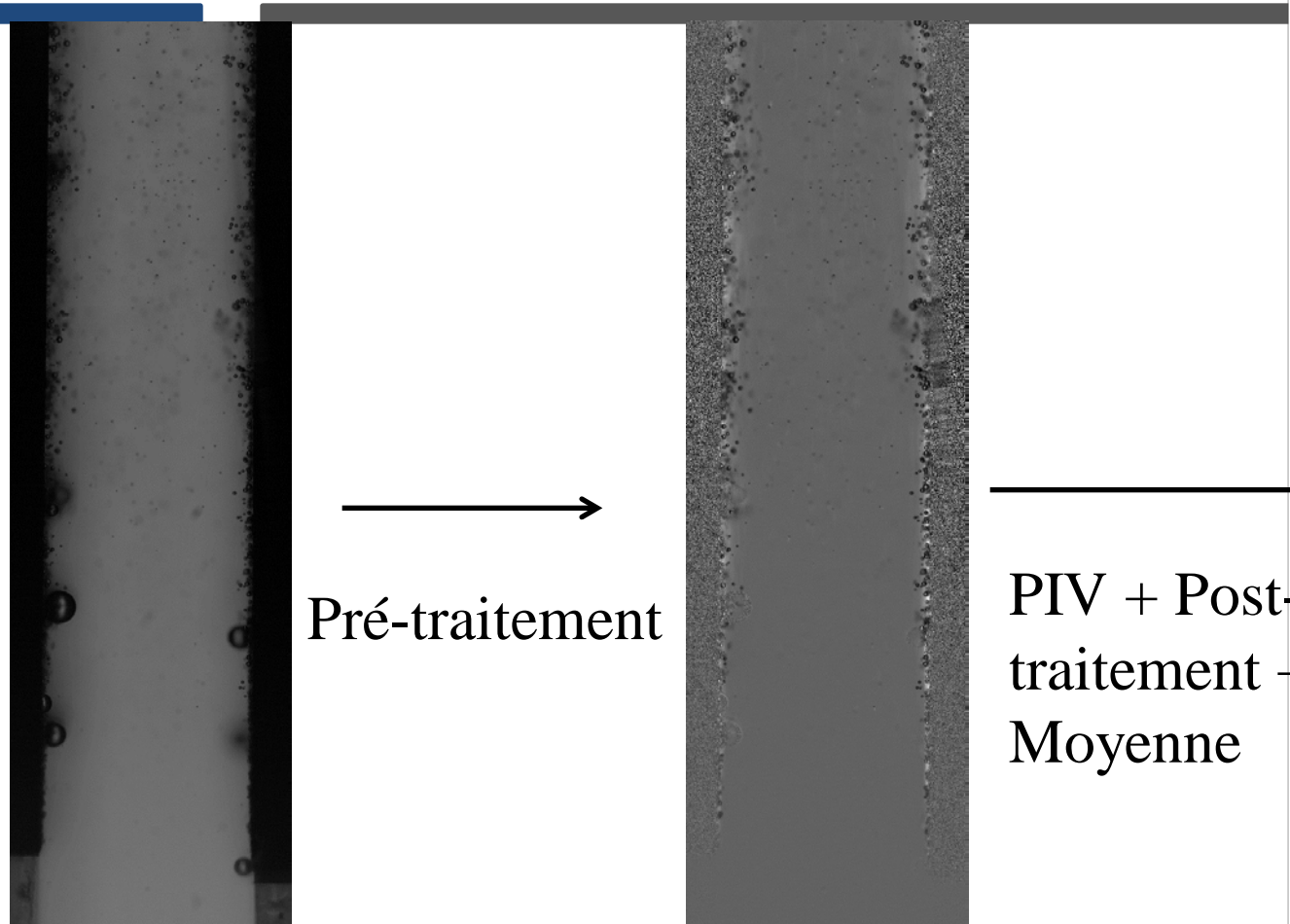


# Mesures expérimentales



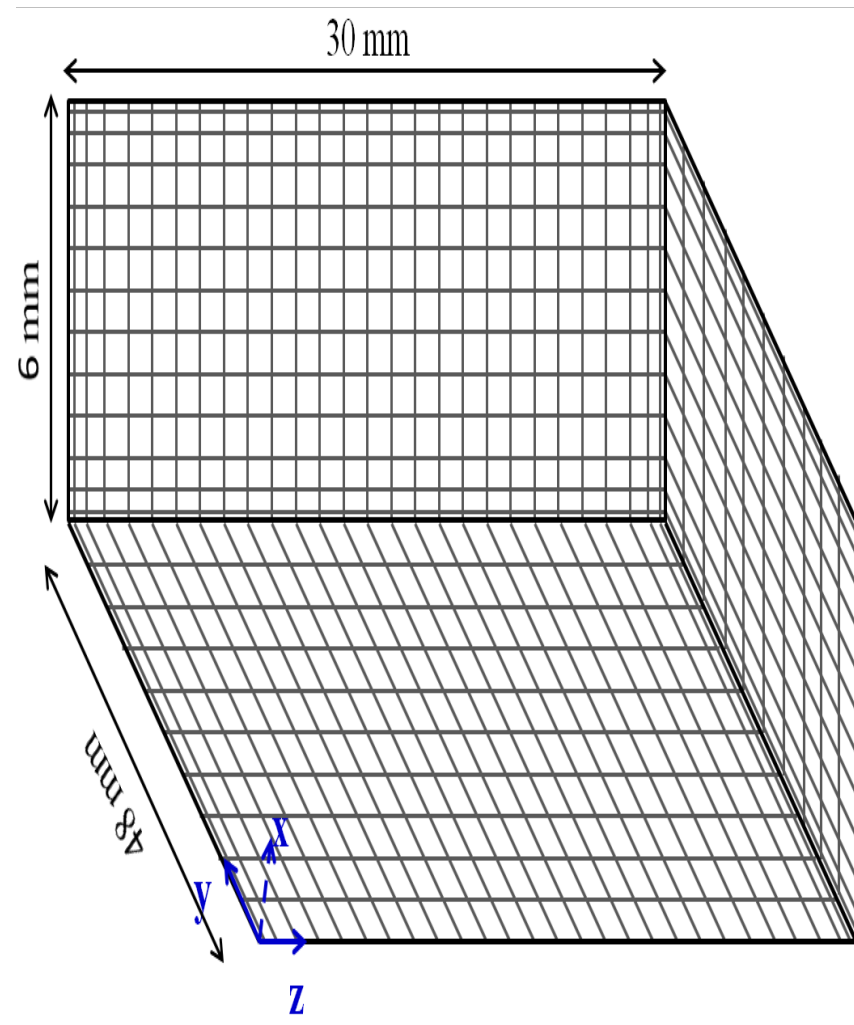
- ▶ Mesure du courant sur chaque segment
- ▶ Mesure de la taille moyenne des bulles

# Mesures PIV



- ▶ Champ de vitesses satisfaisant (comparaison à des mesures PTV)
- ▶ Erreurs de mesures => on se contentera d'une comparaison globale avec les résultats numériques





## Approche Euler-Euler:

- Suppose que les phases sont uniformément réparties dans chaque maille

## Approche Euler-Lagrange:

- Approprié pour des taux de vide ne dépassant pas les 10-15%.
- Solution numérique dépendante du maillage



## Modèle

### Bulles

$$m_B \frac{d\vec{v}_B}{dt} = (m_B - \rho_L V_B) \vec{g} + \vec{D}$$

$$\frac{d\vec{x}_B}{dt} = \vec{v}_B$$

### Electrolyte (phase liquide)

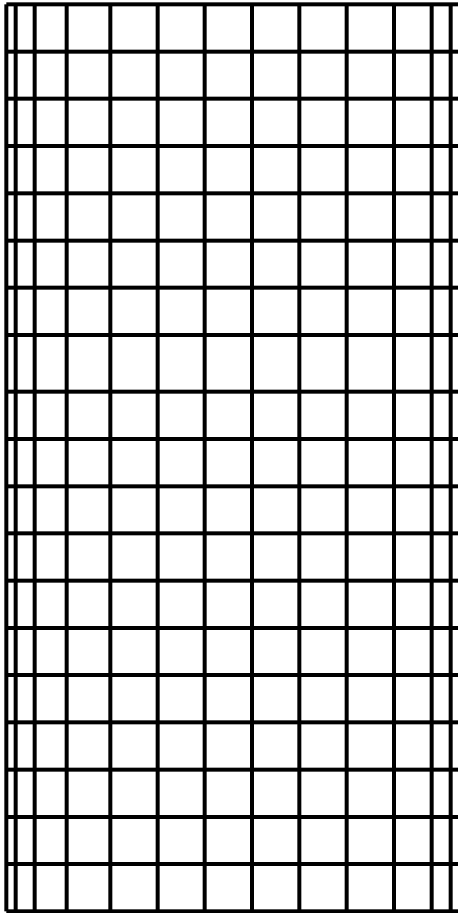
$$\text{div}(\vec{v}_L) = 0$$

$$\rho_L \left[ \frac{\partial \vec{v}_L}{\partial t} + \text{div}(\vec{v}_L \otimes \vec{v}_L) \right] = -\nabla p_L + \rho_L \vec{g} + \mu_L \Delta \vec{v}_L + \vec{F}$$

Lissage

## Maillage

- ▶ Mailles cubiques au centre
- ▶ Maillage ne couche limite au voisinage des électrodes



## Entrées du modèle

Intensité du courant

⇒ Loi de Faraday

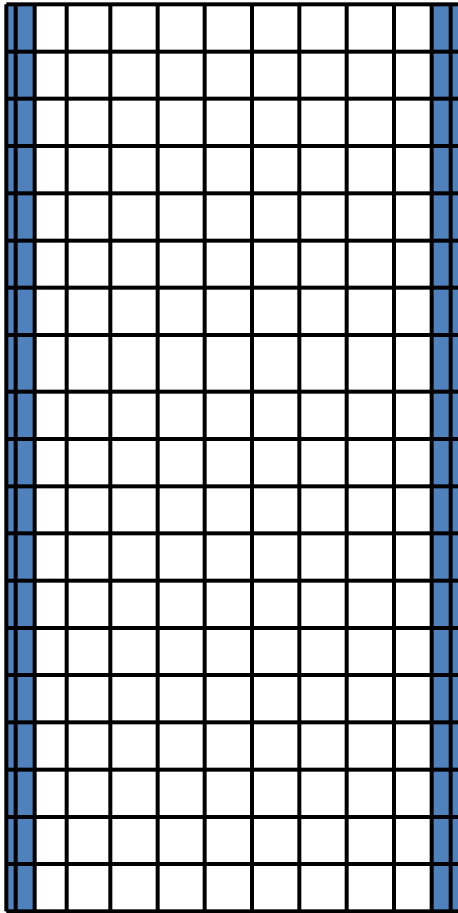
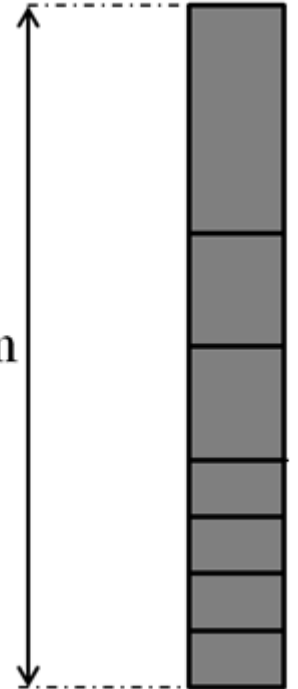
⇒ Débit de gaz sur chaque segment

► Analyse d'images

⇒ taille des bulles

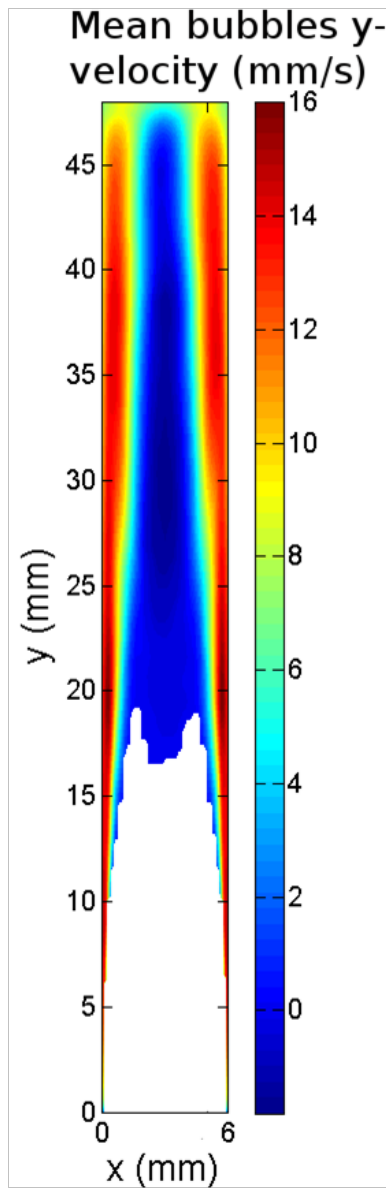
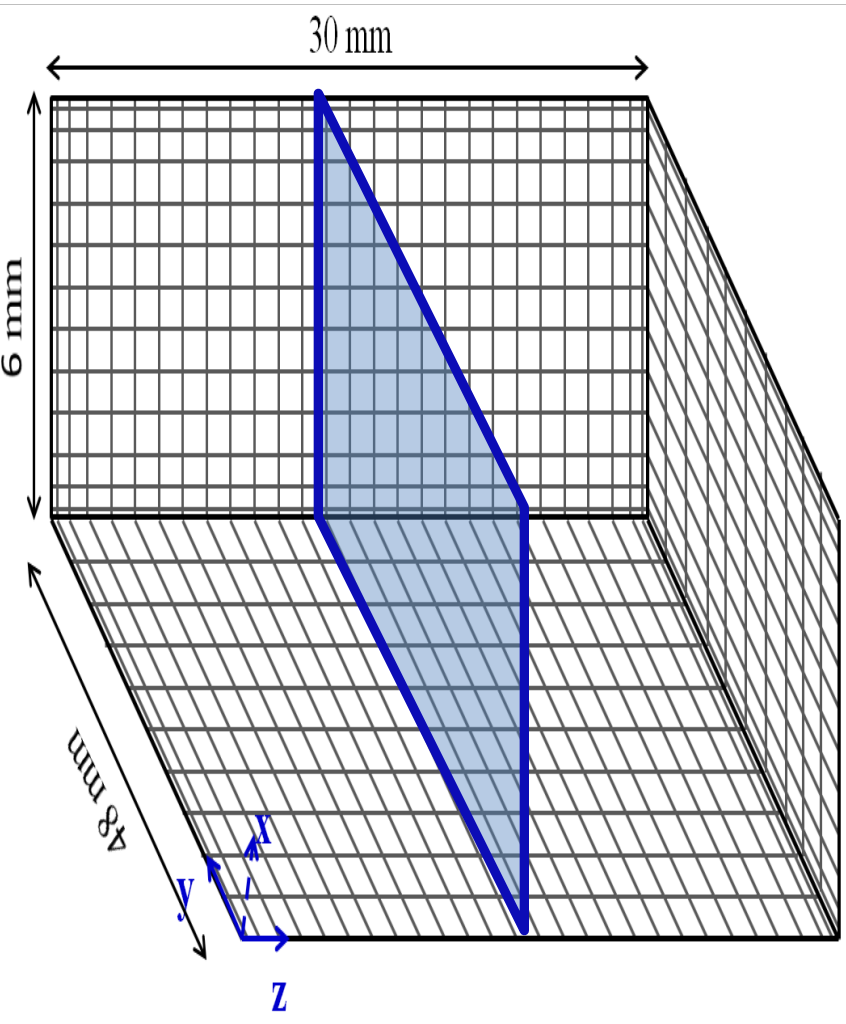
► Distance entre les sites de nucléation:  
500  $\mu\text{m}$  dans un premier temps

38 mm

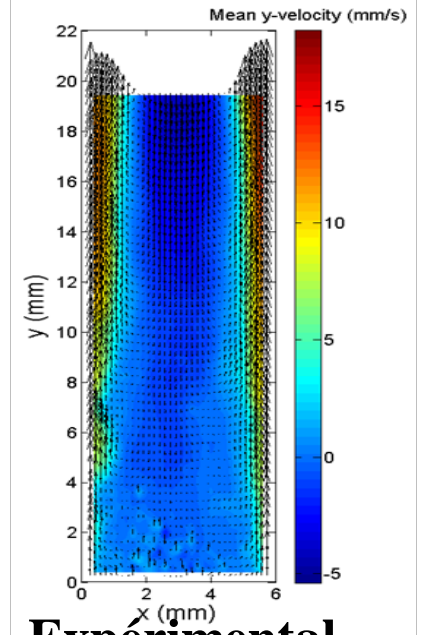
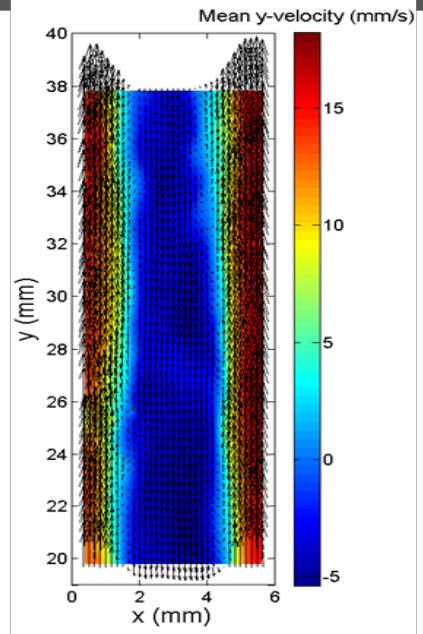


**Décaler les points d'injection de la surface des électrodes**

# Vitesses de bulles: expérimental VS CFD

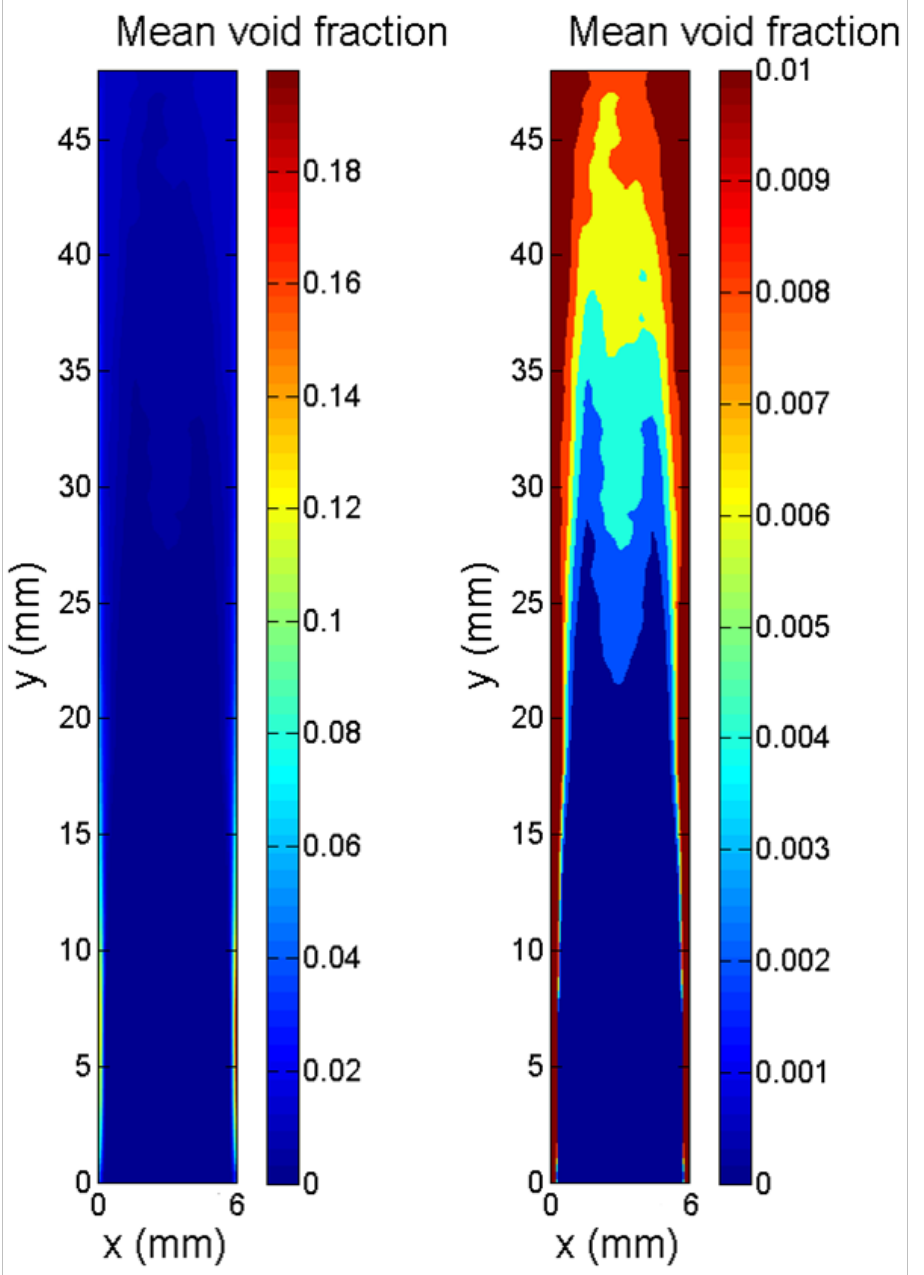
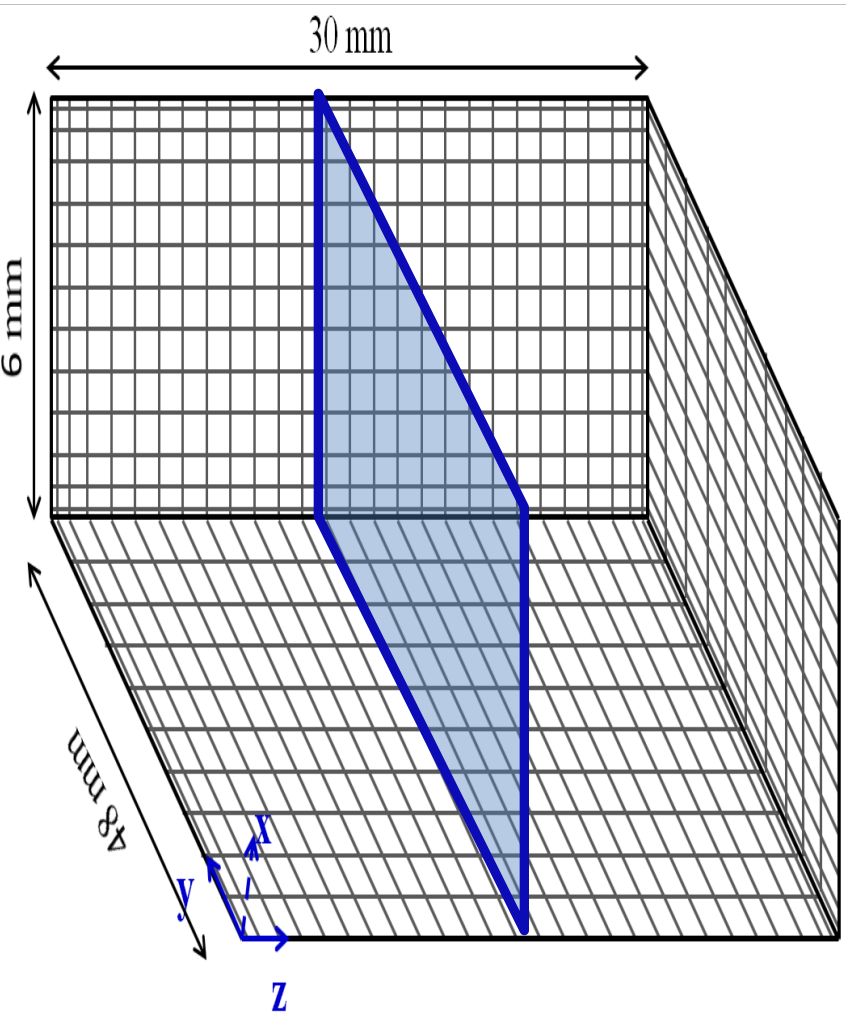


CFD

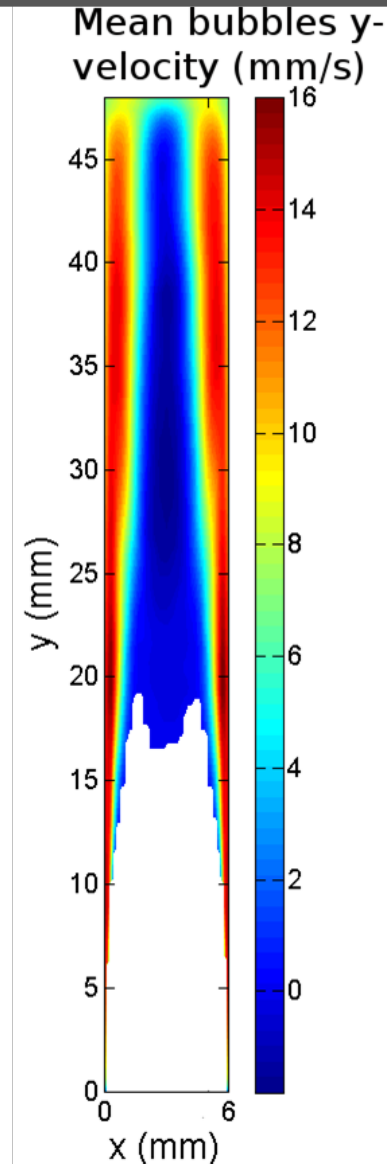
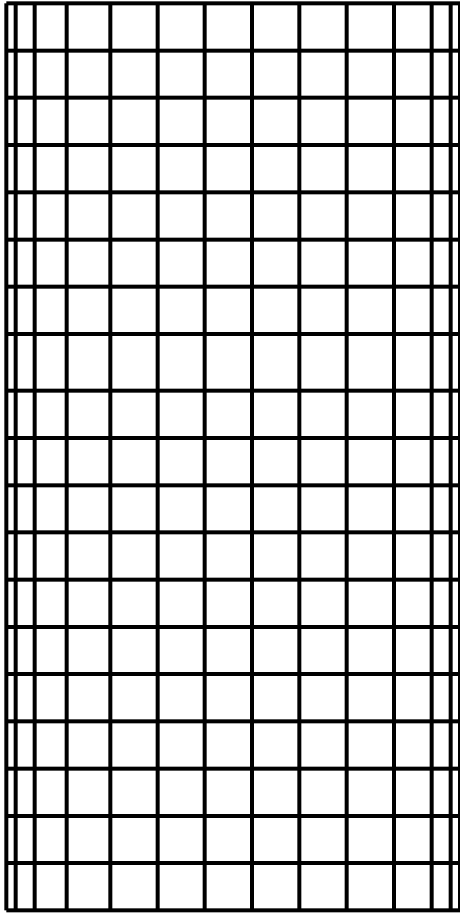


Experimental

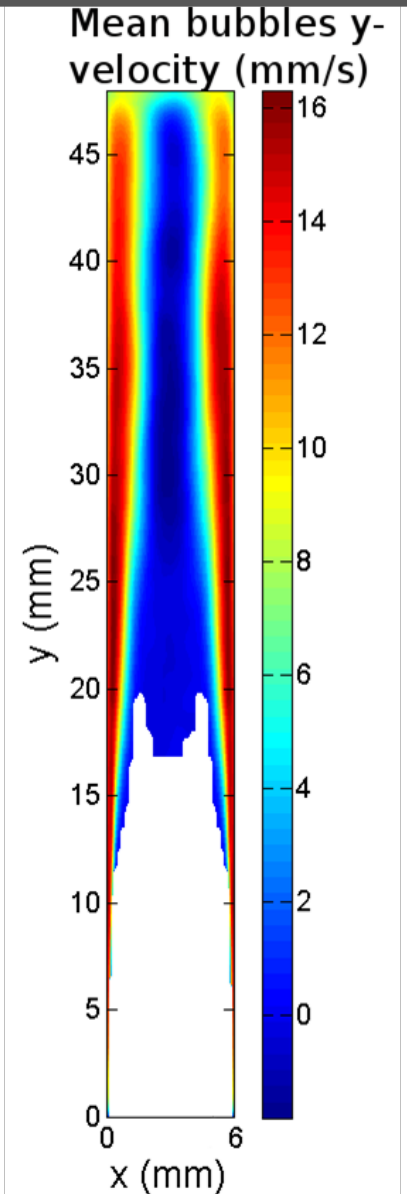
# Taux de vide moyen



# Simulation avec le maillage fin

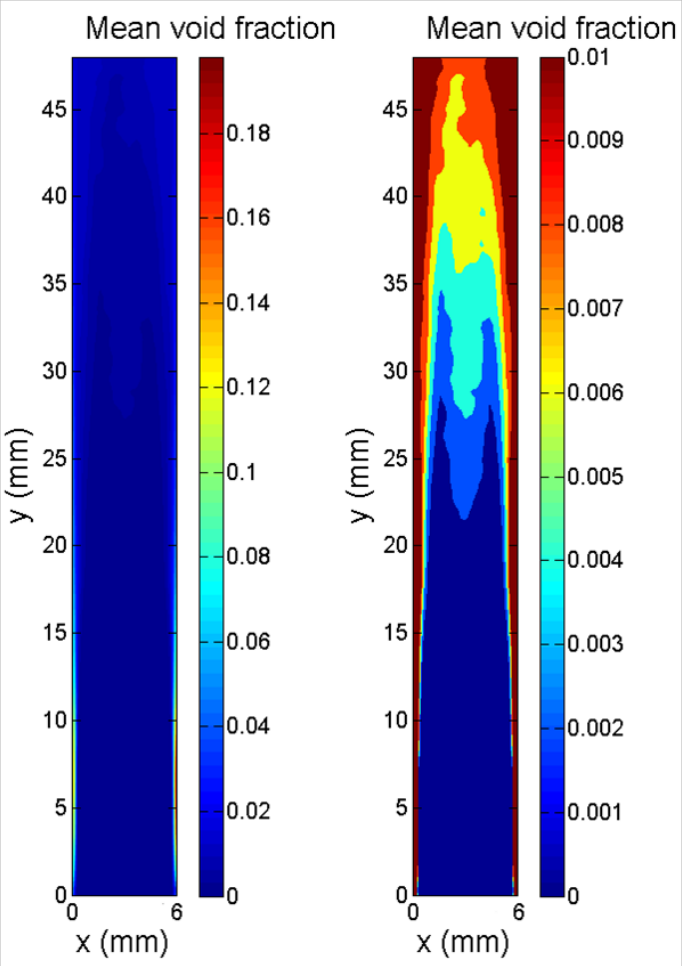
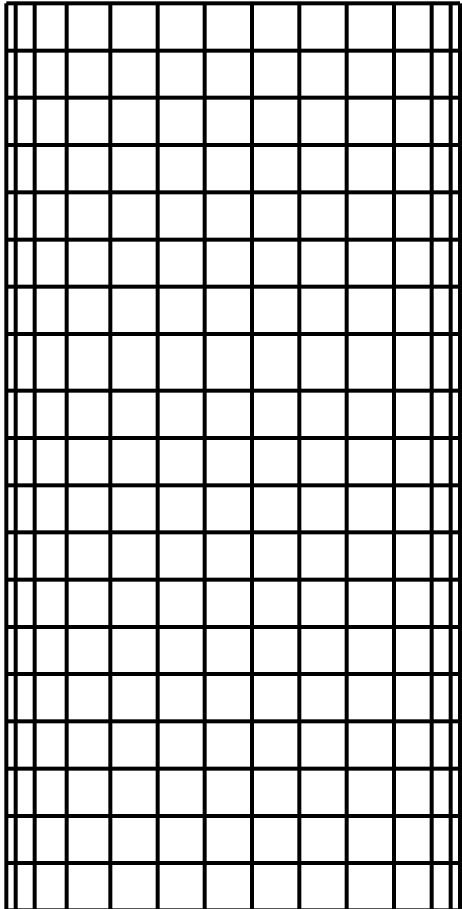


**Maillage 'grossier'**

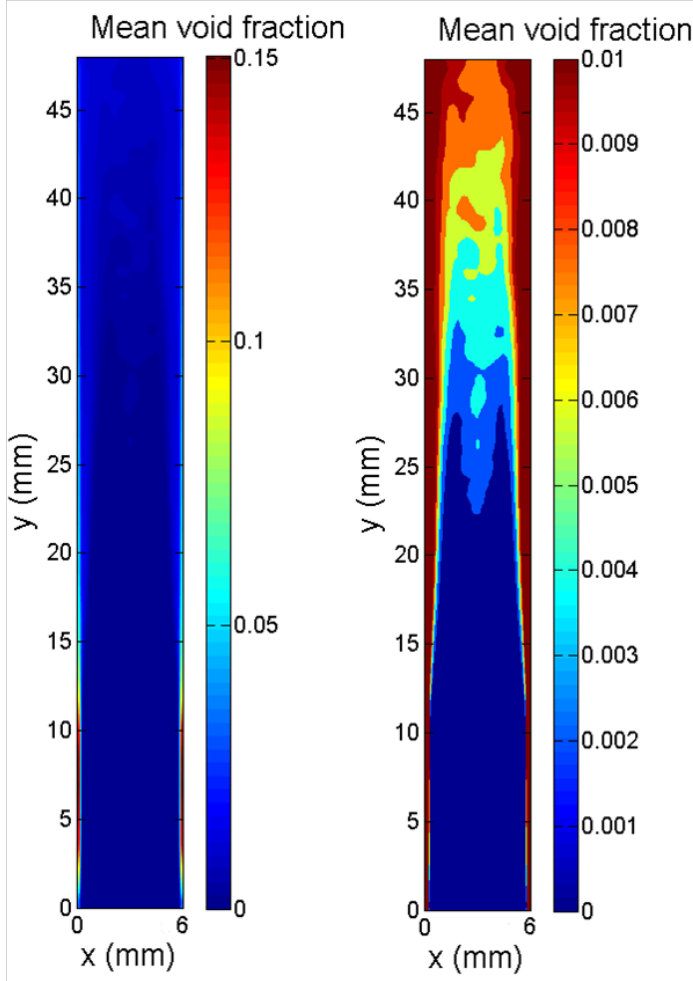


**Maillage 'fin'**

# Taux de vide moyen

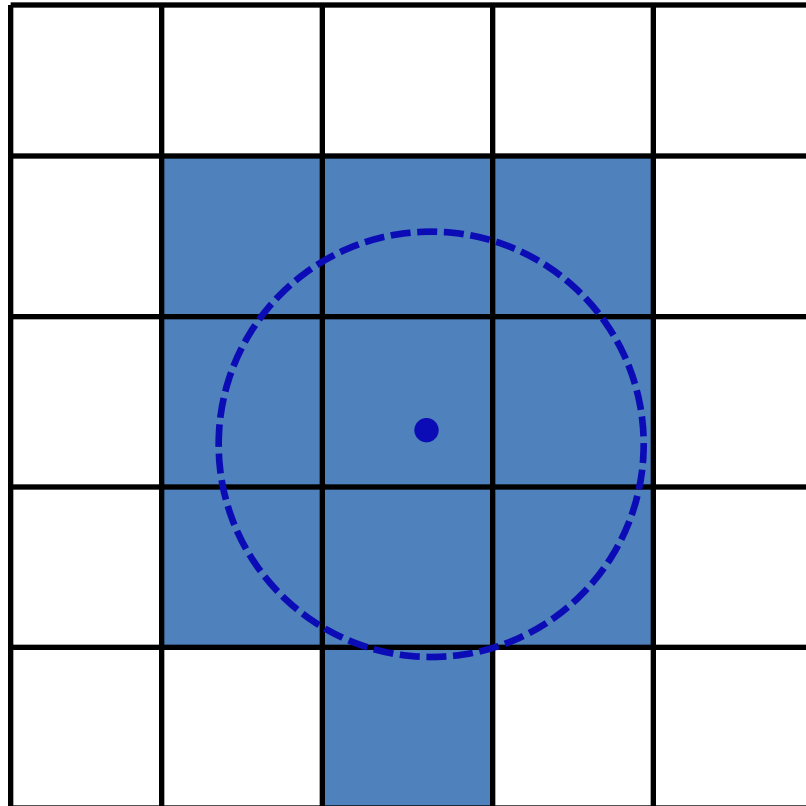


**Maillage 'grossier'**



**Maillage 'fin'**

- ▶ Tenir compte de la polydispersité des bulles
- ▶ Développer des ‘fonctions de lissage’ plus générales



# Merci pour votre attention

Remerciements aux collègues impliqués  
dans cette étude:

L. Abdelouahed, D. Fünfschilling,  
F. Lopicque, S. Poncin