

**Projet : MICROCOND PR1.2-24**

**Intensification et optimisation énergétique des transferts  
lors de la condensation en micro-canaux par des surfaces  
nanostructurées et d'autres considérations architecturales.**

**Partenaires :**

- FEMTO-ST, Franche Comté Électronique Mécanique Thermique Optique
- LEGI, Laboratoire des Écoulements Géophysiques et Industriels
- LAPLACE, Laboratoire PLAsmas et Conversion d'Énergie



## Rôle de chaque partenaire :

**FEMTO-ST : Hasna Gualous**

Transfert thermique local : microcanal à surface lisse ou microstructurée.

**LAPLACE : Marc Miscevic**

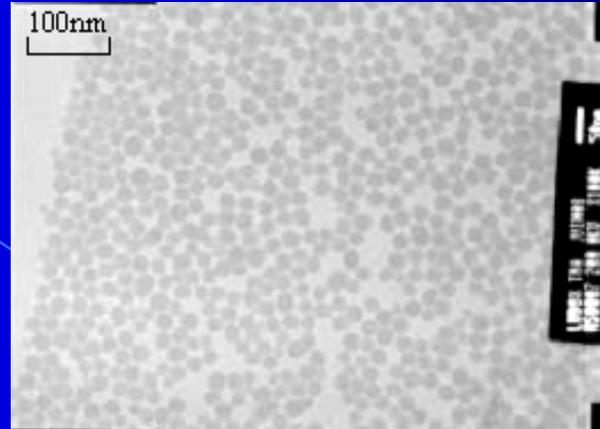
Régimes d'écoulements et instabilités : un microcanal ou multi-microcanaux.

**LEGI : André Bontemps**

Transfert thermique et perte de charge en utilisant des nanofluides.

# Performances thermiques des nanofluides

$\text{SiO}_2$  (5, 16 et 34 %) + eau



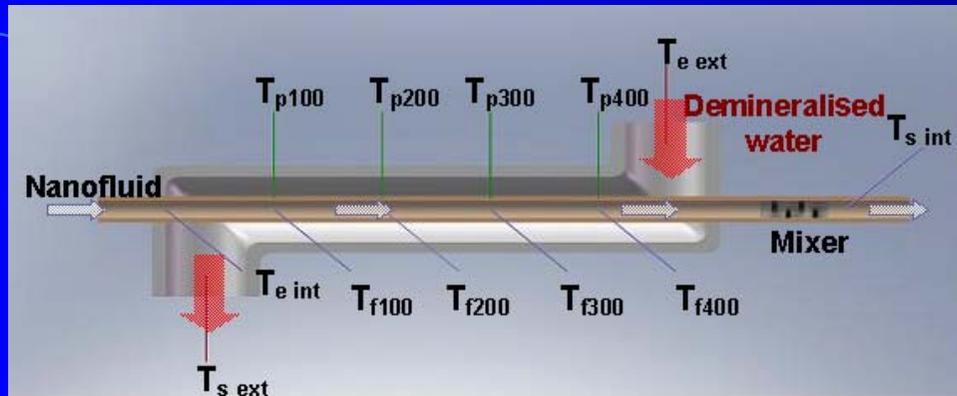
**Mesure des propriétés physiques :**

**masse volumique. Capacité thermique massique: Loi des mélanges vérifiée,**

**conductivité thermique: bien représentée par la théorie de Maxwell,**

**viscosité dynamique: ne correspond pas à la théorie d'Einstein**

## Section d'essais : nanofluide sans changement de phase

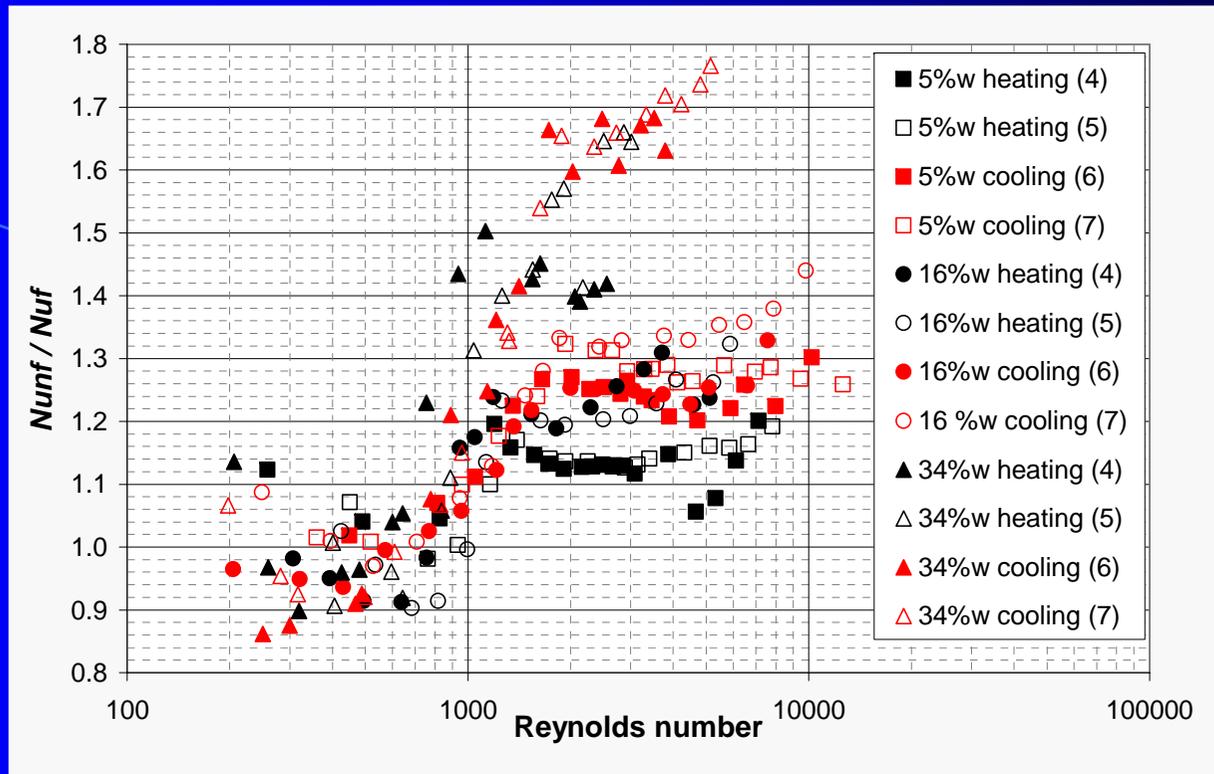


Nanofluide: tube intérieur de l'échangeur coaxial

Essais en monophasique :

- pertes de pression,
- coefficients d'échange thermique

## Exemple de résultats: nanofluide sans changement de phase



Étude en cours:

Réalisation d'une section d'essais pour l'étude de la condensation  
des nanofluides

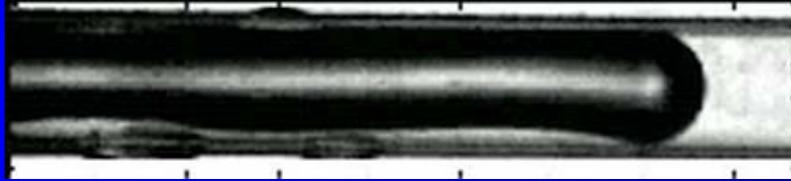
# Condensation en microcanal ( $D = 560\mu\text{m}$ )



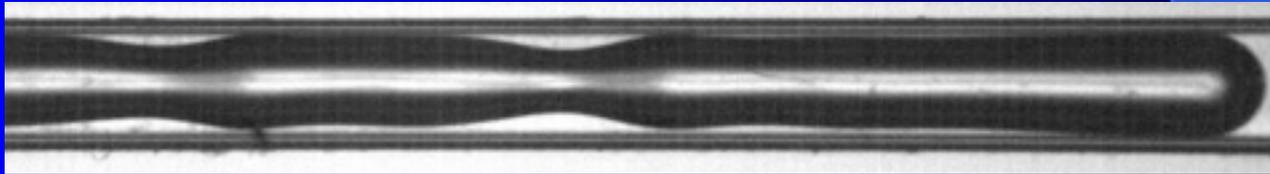
*Vitesses massiques croissantes*



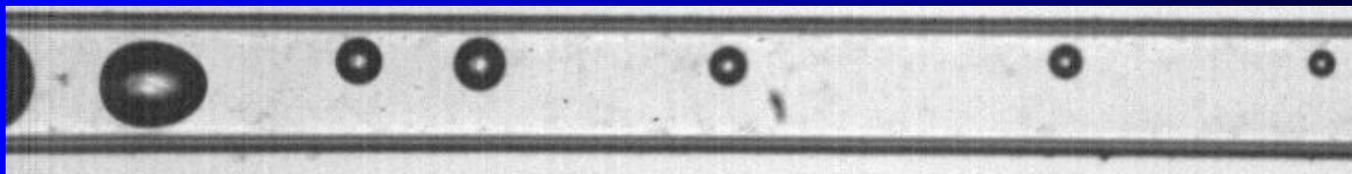
□ Régime capillaire (stable)



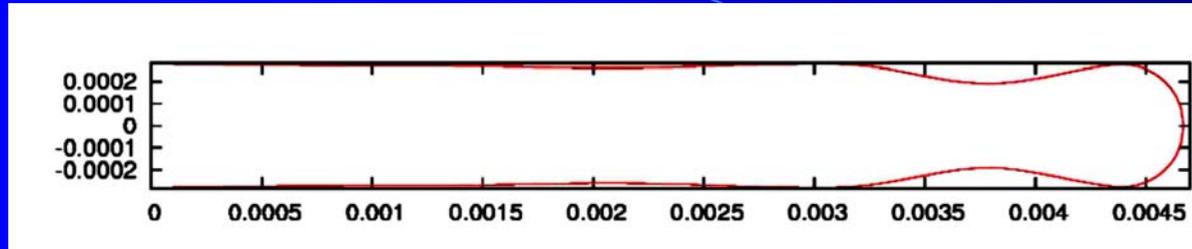
□ Régime capillaire à vagues (instabilité convective ou absolue)



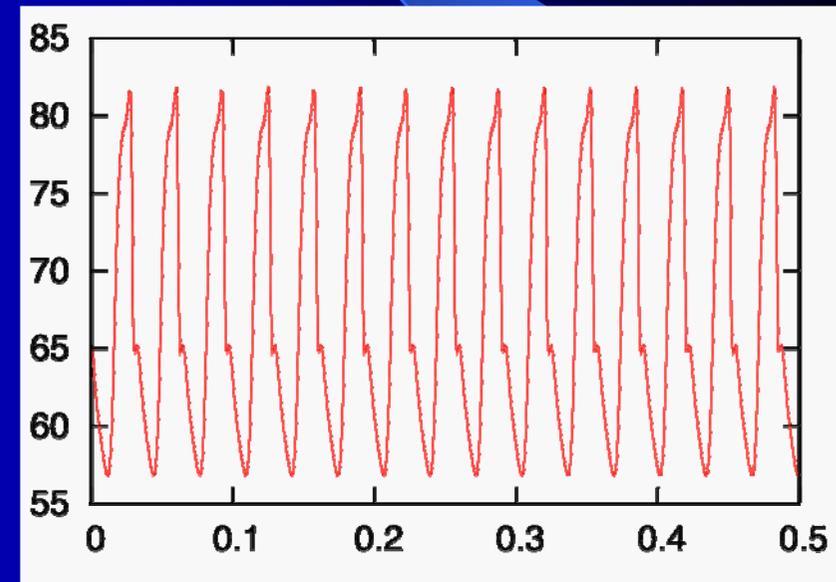
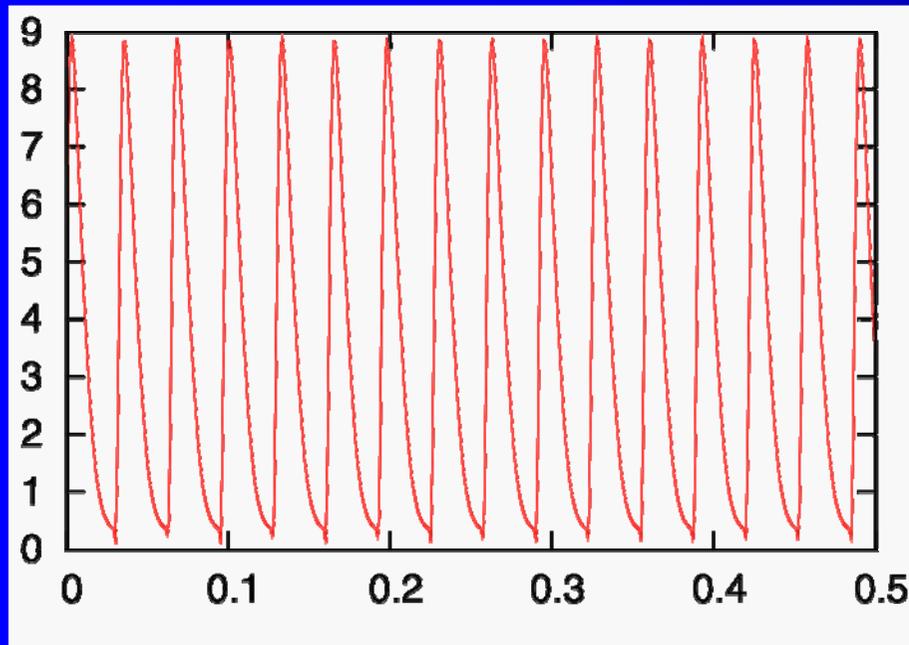
□ Régime à bulles (suite à l'instabilité absolue)



# Exemple d'oscillation périodique

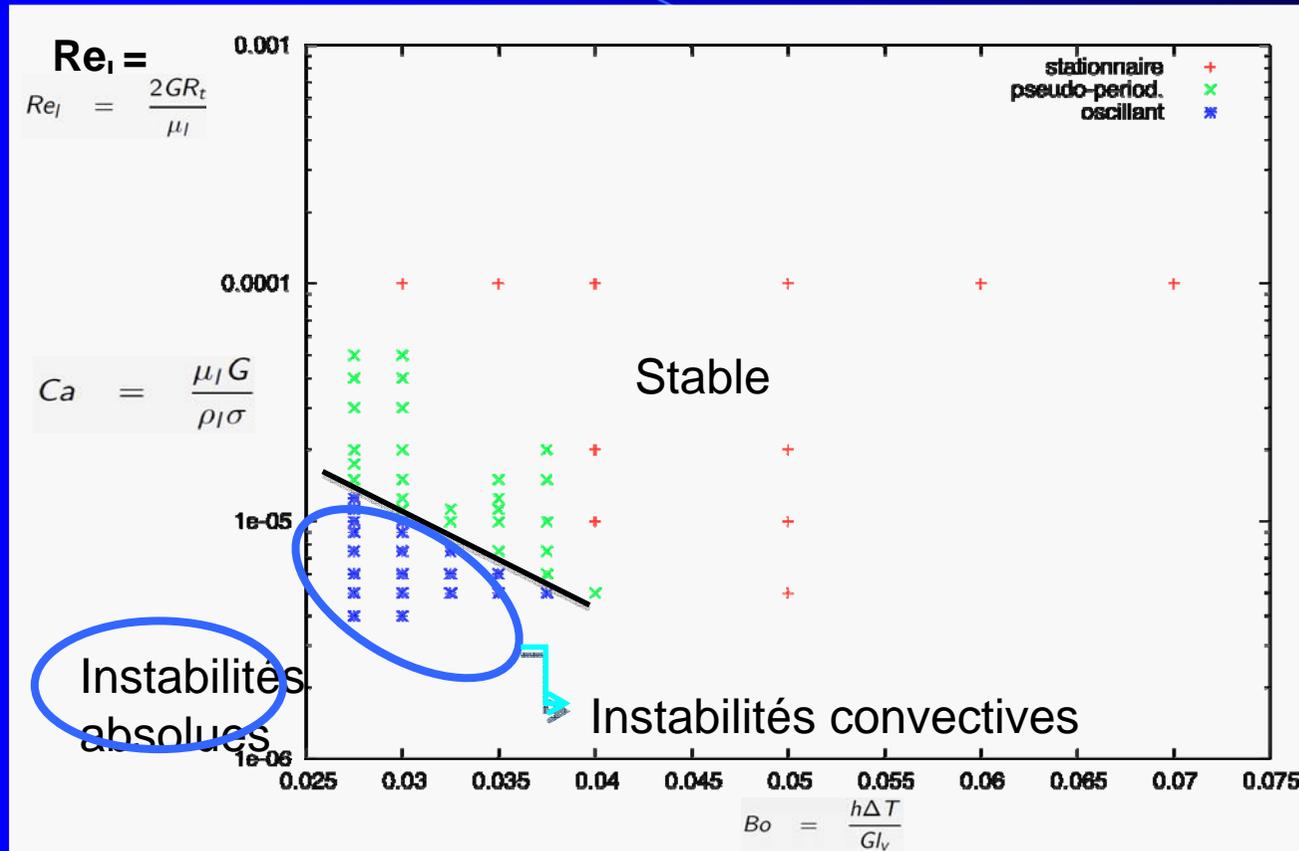


Evolution temporelle de la vitesse massique en sortie ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) du canal



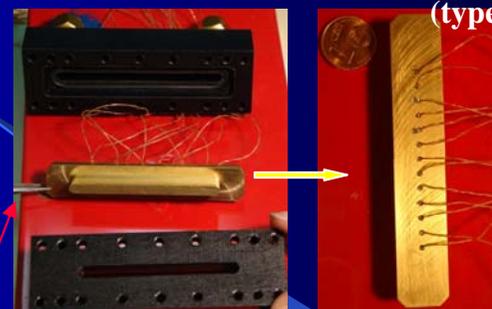
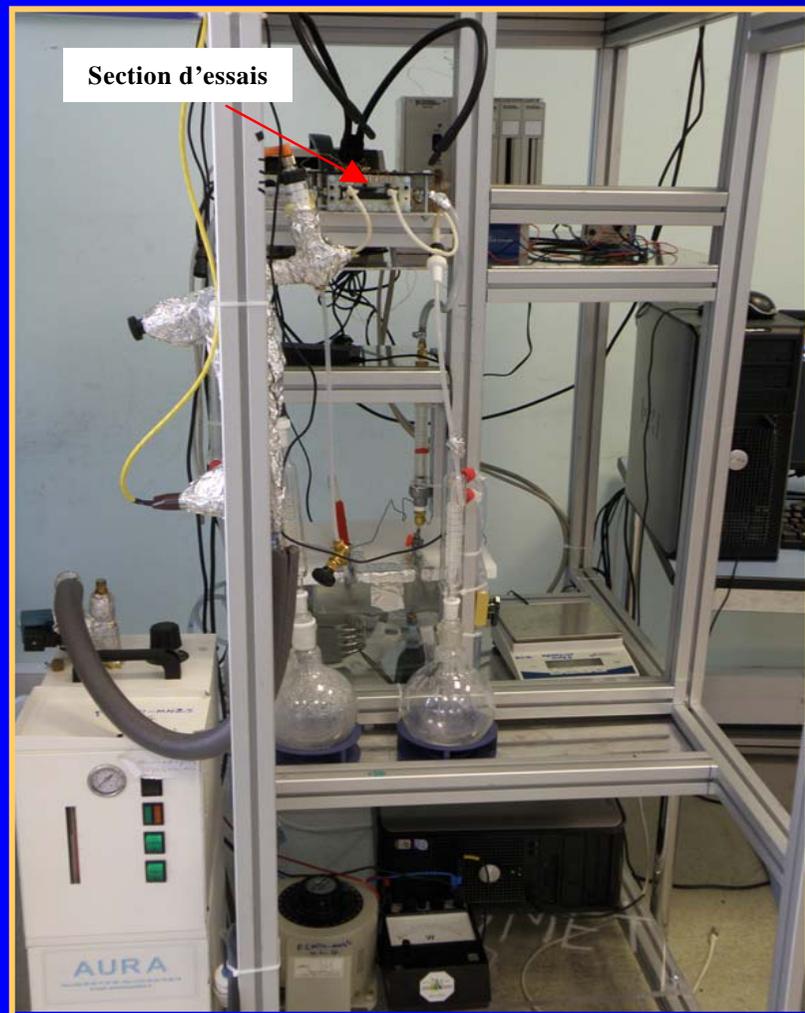
Evolution temporelle du nombre de Nusselt

# Exemple de résultats : diagramme de stabilité : Ca-Bo



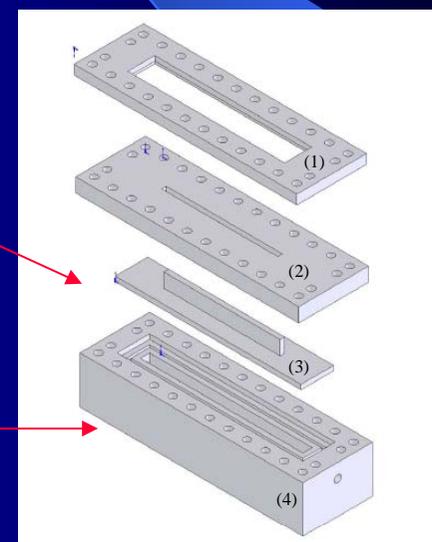
Études en cours :  
condensation et instabilité en multi-microcanaux

# Condensation dans un seul microcanal lisse ou $\mu$ structuré

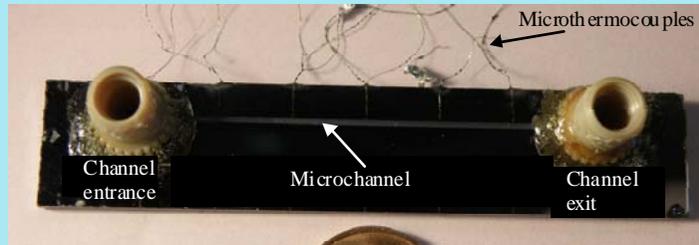


Ailette en laiton

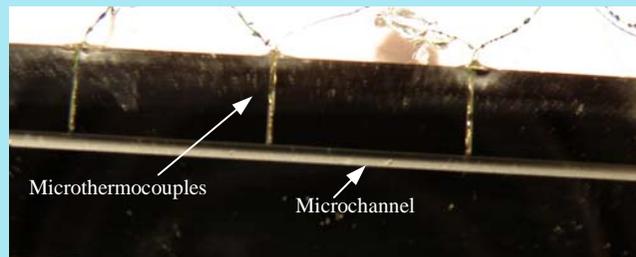
Canal d'eau de refroidissement



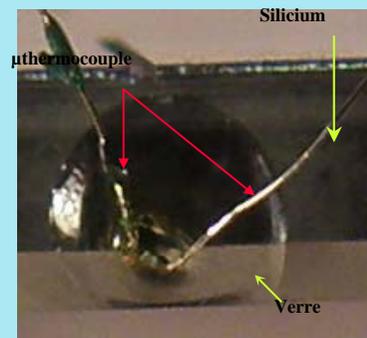
# Prototypes d'essais et instrumentation



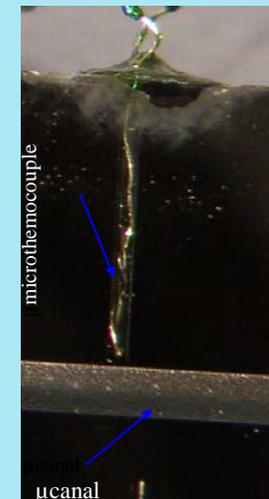
*Instrumentation par des  $\mu$ thermocouples (type K, 20 $\mu$ m ou 50 $\mu$ m).*



*Locations des  $\mu$ thermocouples dans le  $\mu$ canal*

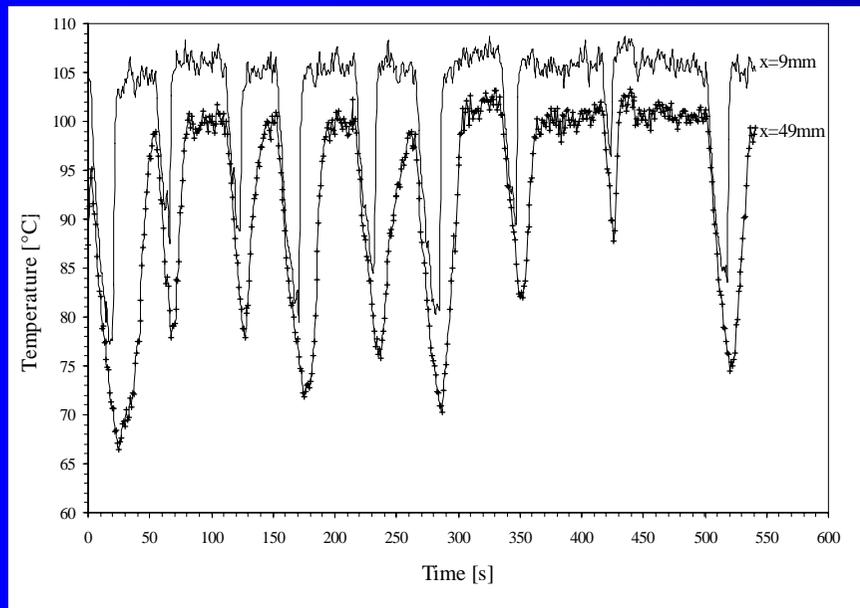
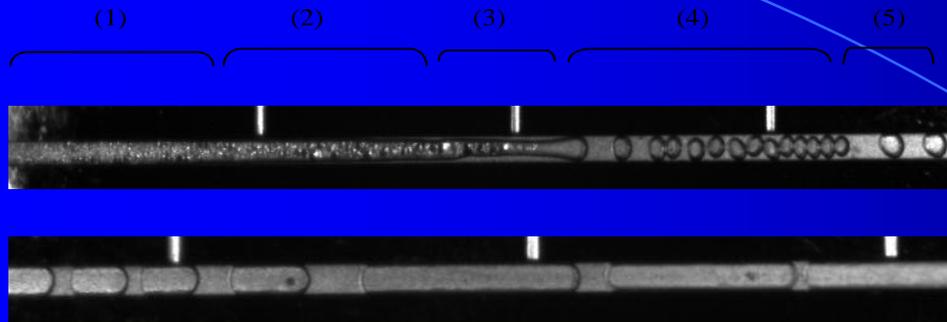


*Placement du  $\mu$ thermocouple dans le  $\mu$ canal.*

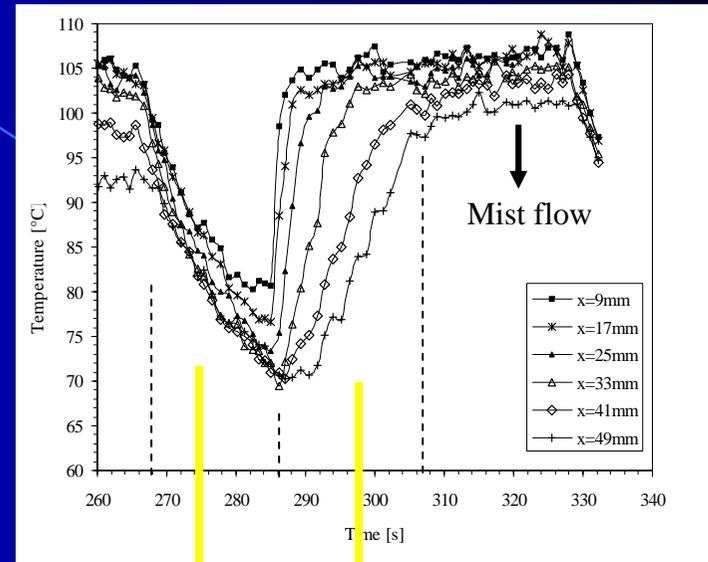


*Mesure de la température du  $\mu$ canal*

# Exemple de résultats:



Réponse des microthermocouples insérés dans le silicium pour un écoulement cyclique en condensation.

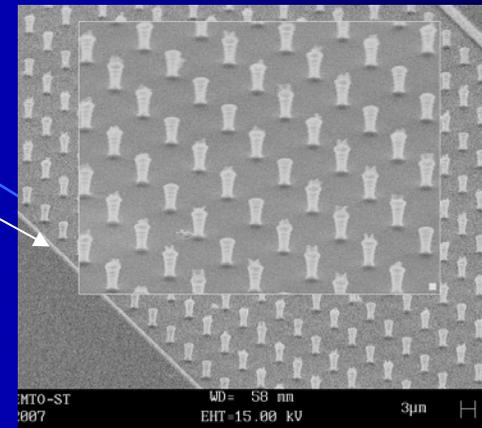
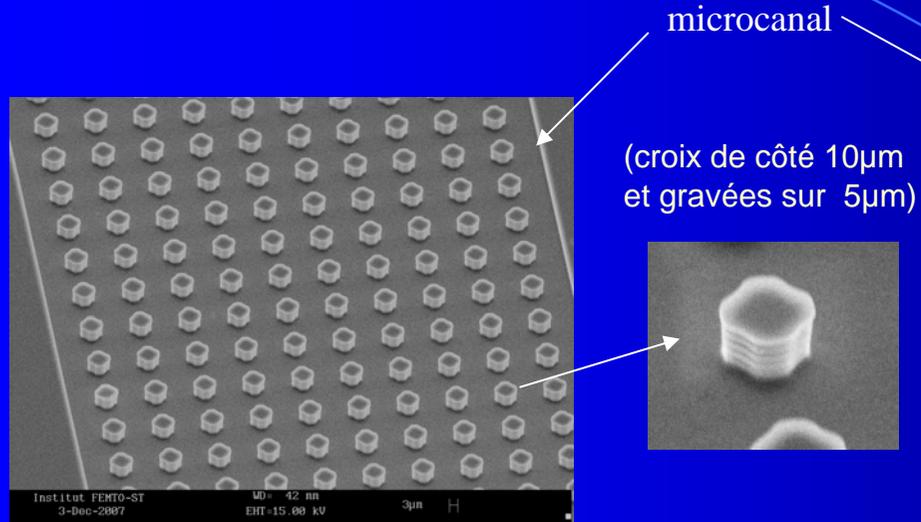


Eclt à bulles

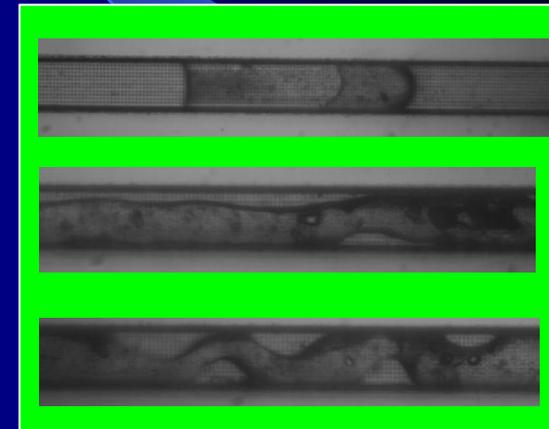
Eclt annulaire

**Canaux étudiés :**  
surface d'échange lisse,  
section rectangulaire,  
Diamètre hydraulique 56 à 410µm

# Étude en cours :



(côté  $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$   
et gravées sur  $5\mu\text{m}$ )



*Microstructuration de la surface d'un  
microcanal de  $133\mu\text{m}$  de diamètre hydraulique.*

