

# Les microréacteurs : Quelles opportunités pour les industries chimiques

Expérience IFP

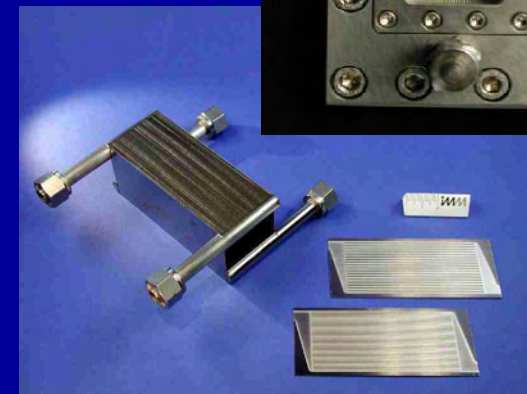
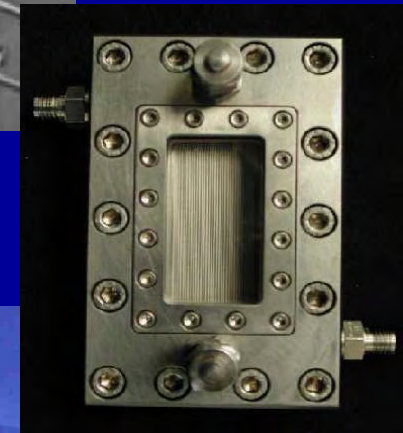
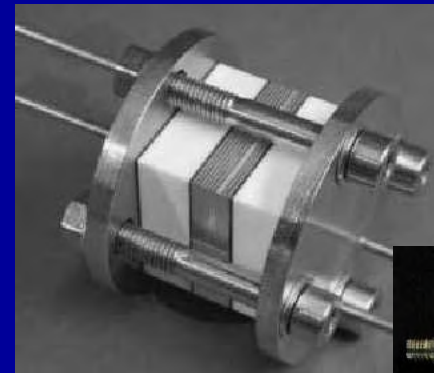
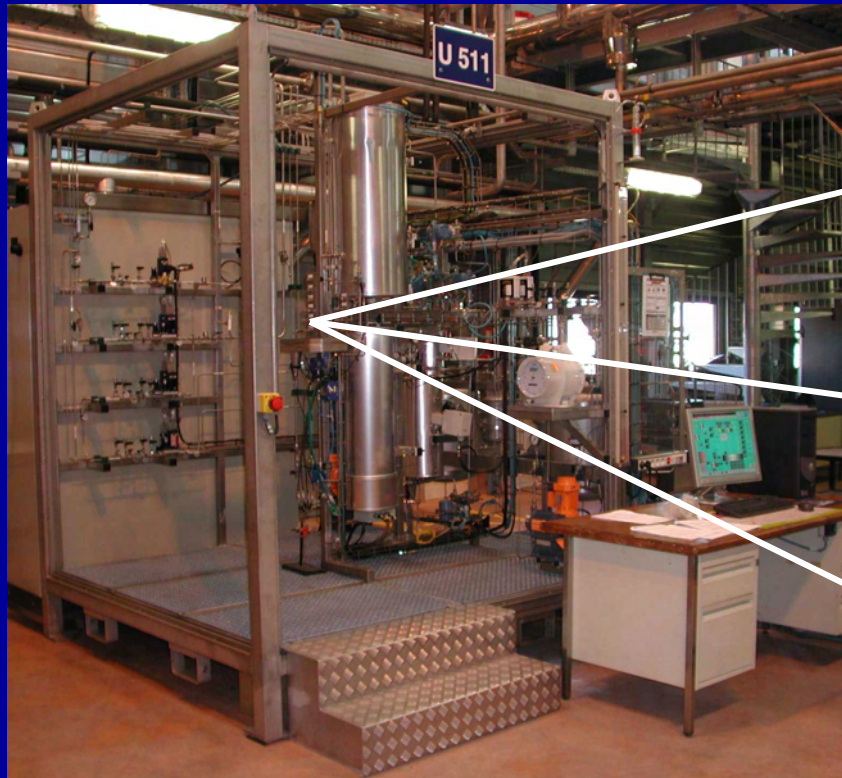
C. Boyer – P. Font

IFP-Lyon

14 mars 2007

- **Actions IFP**
  - Bilan bibliographique des travaux R&D en microfluidique
  - Caractérisation de microsystèmes :
    - Réalisation d'un banc test micro-systèmes
    - Caractérisation de micro-réacteur, micro-échangeurs, monolithes (hydrodynamique, transferts de matière, de chaleur)
  - Étude d'applications
    - Outils pilote
    - Intensification de procédés industriels

- Caractérisation de microsystèmes



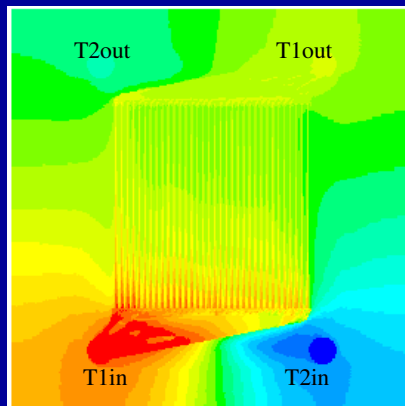
Banc test instrumenté

- **Caractérisation de microsystèmes**

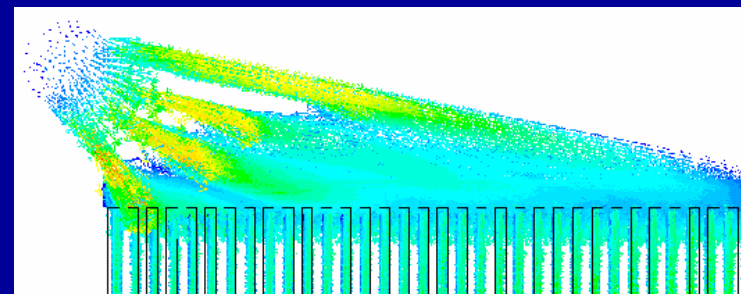
- Expérimentation :

- $\Delta P$ , traçage
- Transfert de matière par méthodes chimiques
- Transfert de chaleur en convection/ébullition
- $\mu$ -PIV, tomographie gamma

- Modélisation par CFD



Thermique



Hydrodynamique

- **Caractérisation de microsystèmes**
  - Mesure des profils de vitesse à l'échelle des  $\mu$ -canaux par  $\mu$ -PIV

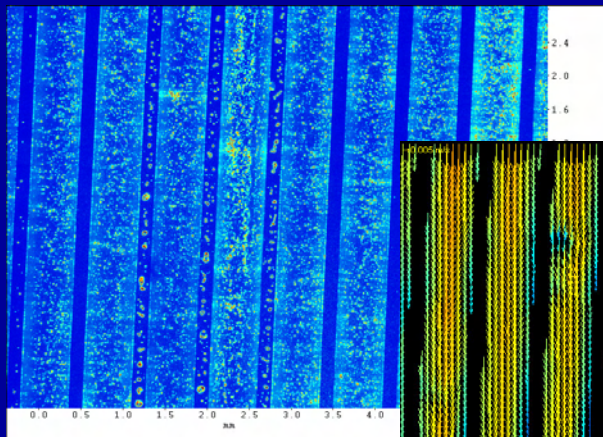
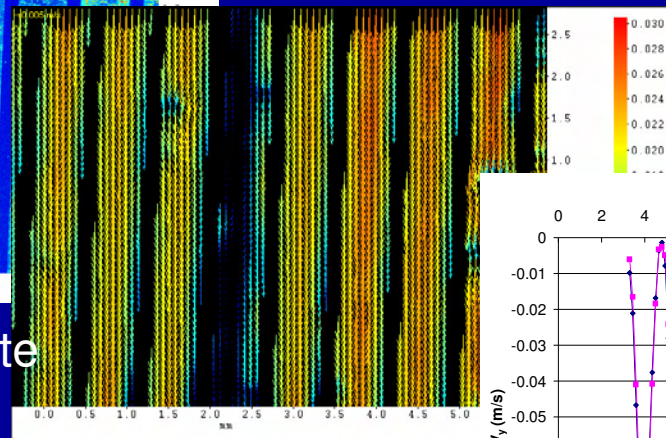
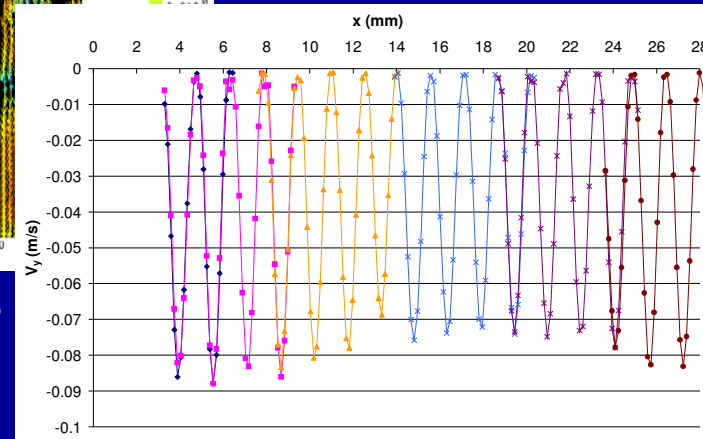


image brute



vecteurs vitesses

Profils moyennés



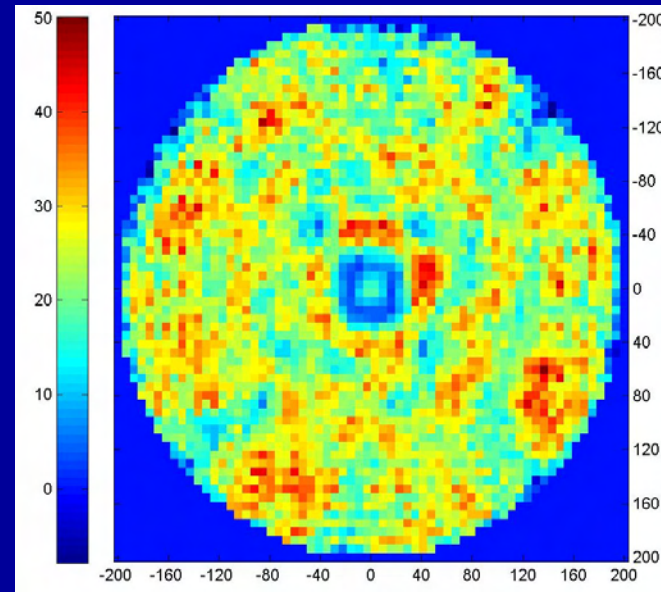
⇒ **Définition du domaine opératoire du microréacteur**



- **Caractérisation de microsystèmes**
  - Mesure de la distribution G/L à l'échelle d'un réseau de canaux par tomographie  $\gamma$



monolithe

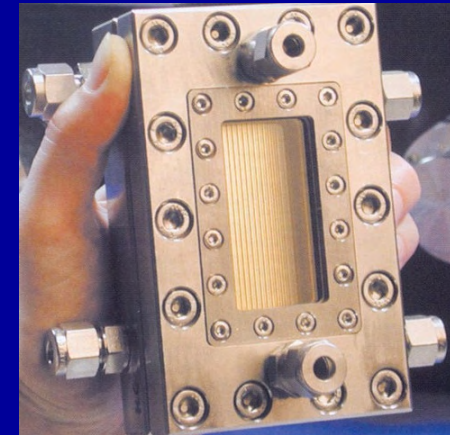


Cartographie de la rétention liquide

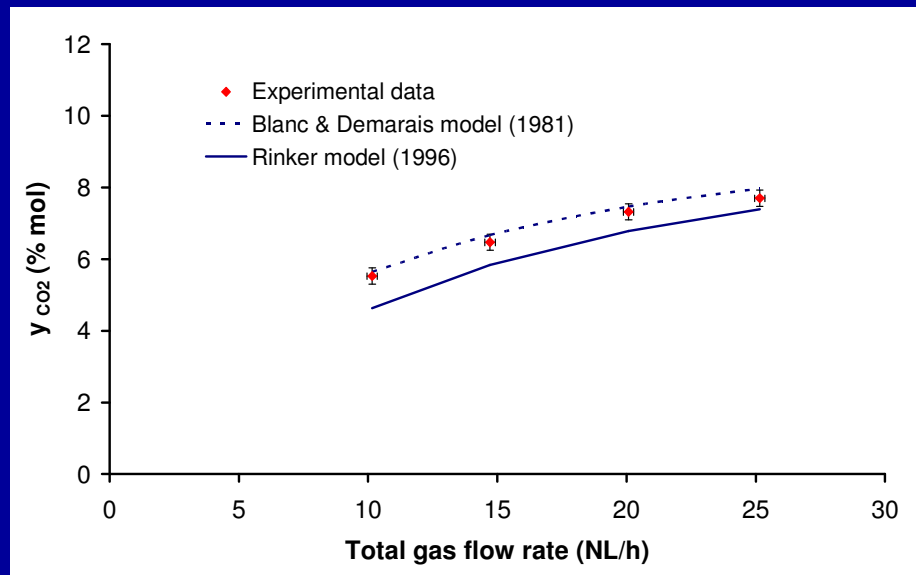
⇒ **Optimisation de l'alimentation de mini canaux à grande échelle**

- **Application de microsystèmes au processus d'extrapolation**
  - Définition des outils adaptés aux étapes clefs de l'extrapolation
    - Micro-réacteur pour le test de solvants en traitement de gaz
    - Réacteur capillaire pour le test de catalyseur solide
    - Optimisation des outils pilotes existants
      - mélange des réactifs à l'amont du réacteur
      - vaporisation de la charge
      - Stripage H<sub>2</sub>S à l'aval du réacteur

- **Application de microsystemes au processus d'extrapolation**
  - Micro-réacteur à film tombant pour l'étude cinétique de solvants liquides (application traitement de gaz)
    - Aire interfaciale contrôlée et stable
    - Contrôle du temps de séjour avec le débit gaz



*Application  
au système  
CO<sub>2</sub>/DEA*



⇒ **Outil valide pour déterminer la cinétique de réaction d'un solvant**



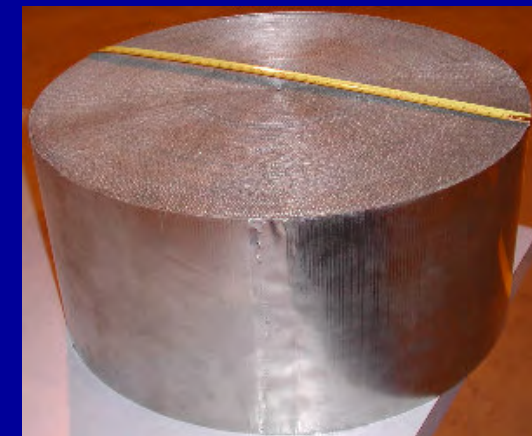
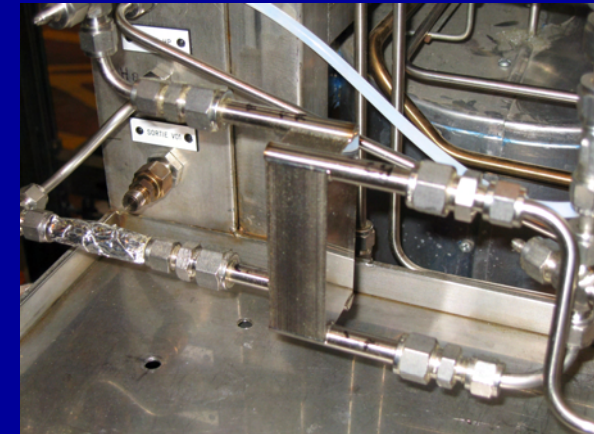
- **Application de microsystemes au processus d'extrapolation**
  - Réacteur capillaire pour le test de catalyseurs industriels

- H/D élevé
  - ⇒ *vitesses proches des réacteurs industriels*
- Fonctionnement en régime de Taylor
  - ⇒ *intensification du transfert de matière G/L*
- Faible diamètre
  - ⇒ *meilleur contrôle thermique*
- Particule catalytique réelle
  - ⇒ *représentativité des limitations internes*



⇒ **Application aux réactions rapides et exothermiques (*hydrogénations*)**

- Application de microsystemes à l'intensification des procédés
  - Échangeurs compacts / microstructurés
    - Générateur d'H<sub>2</sub>
      - ⇒ Intensification de l'intégration thermique du système
  - Monolithes
    - Applications catalytiques
      - ⇒ Intensification des transferts de matière
  - Contacteurs microstructurés
    - Procédés de traitement de gaz
      - ⇒ Intensification des transferts G/L



- **Conclusions**

Quelles opportunités pour les microréacteurs à l'IFP ?

- Optimisation des outils d'extrapolation

- Contrôler les conditions de réaction
- Fonctionner en régime chimique
- Réduire les quantités d'effluents/catalyseur

- Intensification des procédés

- Réduire les tailles caractéristiques pour les phénomènes limitants
- Intégrer des sections microstructurés au sein de systèmes macro
  - ⇒ Améliorer les performances globales
  - ⇒ Réduire le coût énergétique à iso performance