

# ULTRASOLID: MESURE DE FRACTION SOLIDE DANS UN COULIS PAR L'UTILISATION DES ULTRASONS

L. Fournaison  
L. Royon  
X. Jia

# MESURE DE FRACTION SOLIDE

## Concentration en glace

- Quantifier la capacité énergétique du coulis
- Contrôle et optimisation du système



**Economie d'énergie  
Meilleure efficacité**

## Systemes existants

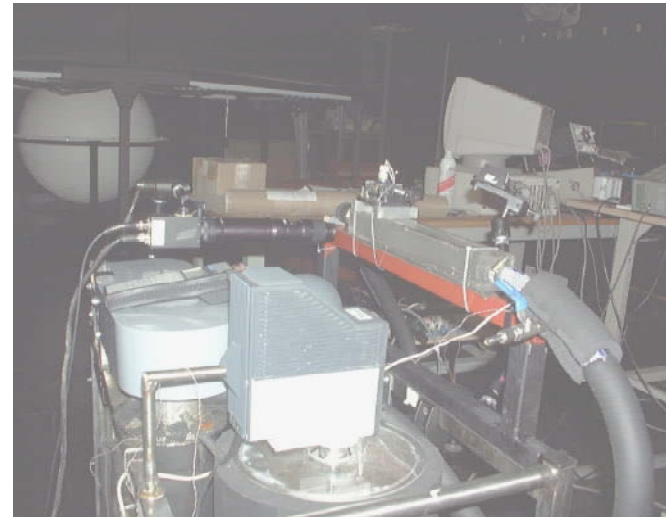
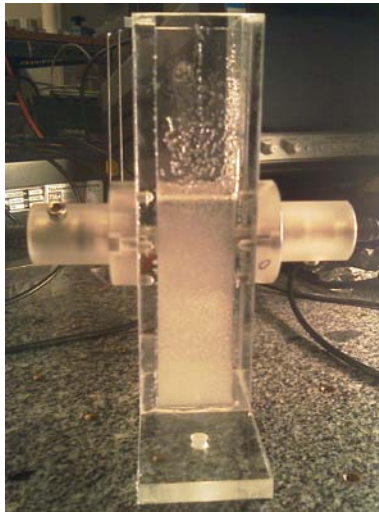
	Précision	En ligne
Calorimétrie	++	Non
Densité	+	oui
Conductimétrie	+	oui
Résonance Magnétique Nucléaire	+++	Non

**système  
Ultrasonique**

# MESURE ULTRASONIQUE

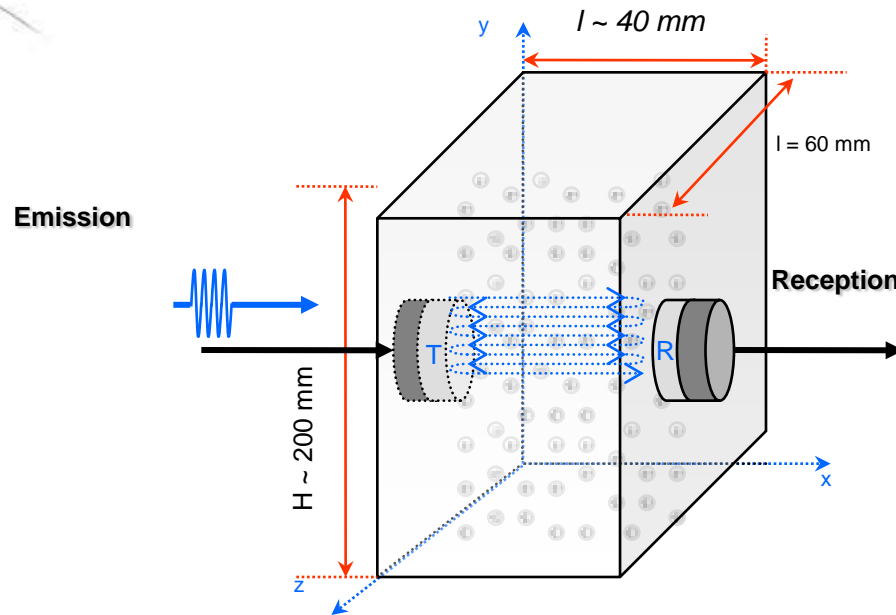
Effet de la fraction solide sur la vitesse du son  
Condition statique  
Condition dynamique

2 dispositifs expérimentaux



# DISPOSITIF EXPERIMENTAL STATIQUE

Billes (PMMA)  $400 \mu\text{m}$   
Polyethylene glycol (PEG 300)  
isodense



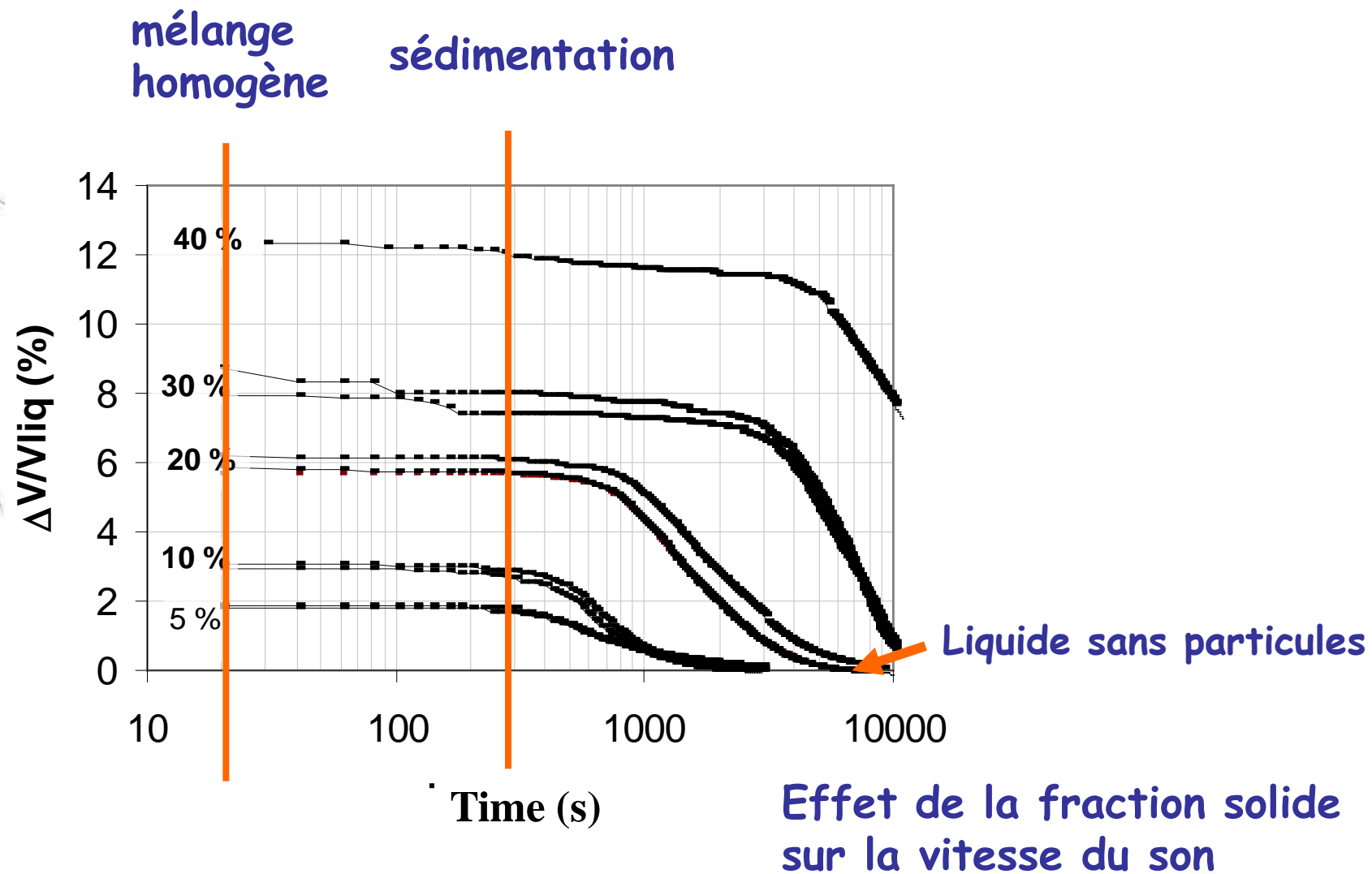
Fraction solide  
0-40%

Protocole Expérimental

- agitation
- sédimentation lente

Vitesse du son  
Temps de vol de l'onde

# RESULTATS EXPERIMENTAUX



# MODELE DE PROPAGATION D'ONDE

Hypothèses:

$$\lambda \gg d$$

$$V = \left( \frac{K_{eff}}{\rho_{eff}} \right)^{1/2}$$

$K$  : module milieu effectif

$\rho$  : densité effective

$$\frac{1}{K_{eff}} = \frac{1-\phi}{K_{fl}} + \frac{\phi}{K_p}$$

$K_{fl}$  : module élastique du fluide

$K_p$  : module élastique de la particule

Couche limite  $\gg d$   
régime visqueux

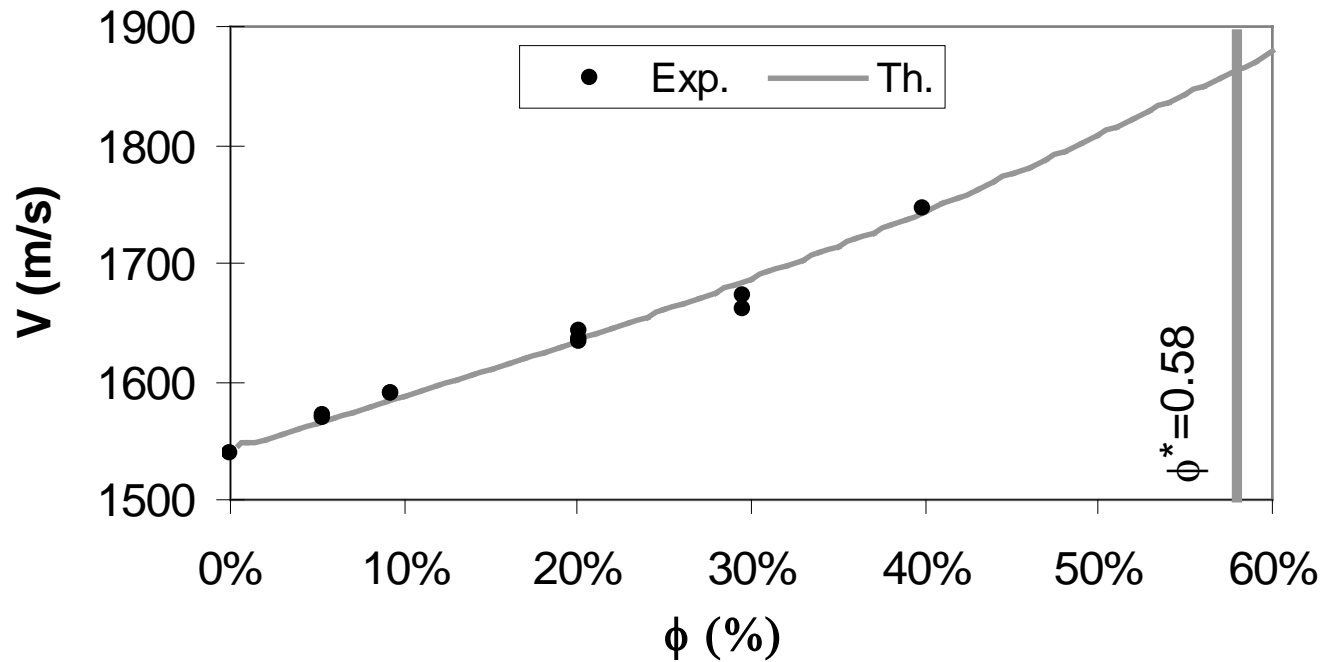
$$\rho_{eff} = (1-\phi) \cdot \rho_{fl} + \phi \cdot \rho_p$$

Couche limite  $< d$   
régime inertiel

$$\rho_{eff} = \rho_{fl} \frac{(2-\phi) \cdot \rho_p + (1-\phi) \cdot \rho_{fl}}{2 \cdot (1-\phi)^2 \cdot \rho_p + [1 + 2\phi(1-\phi)] \cdot \rho_{fl}}$$

= quand  $\rho_p \sim \rho_{fl}$

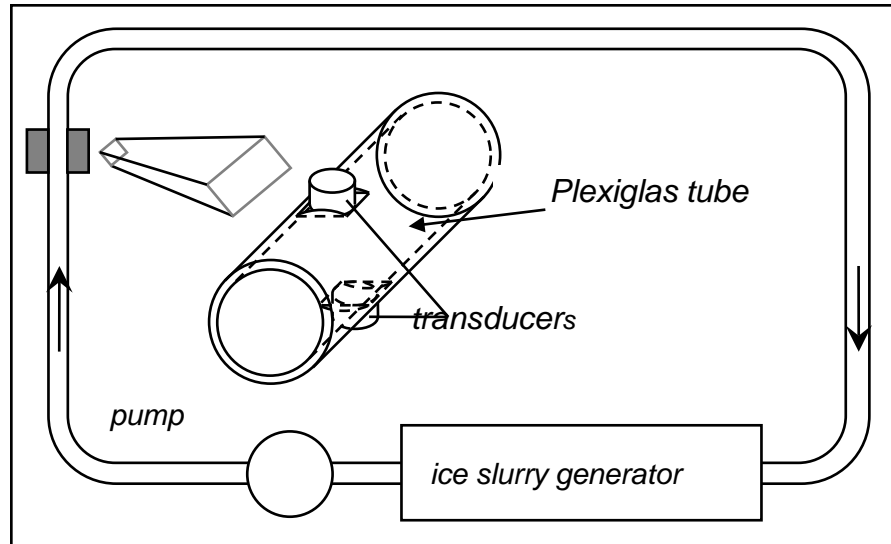
## COMPARAISON ENTRE LE MODELE ET L'EXPERIENCE



**Bon accord**  
conditions adiabatiques, sans variation de température,  
pas d'écoulement

# ▶ DISPOSITIF EXPERIMENTAL EN DYNAMIQUE

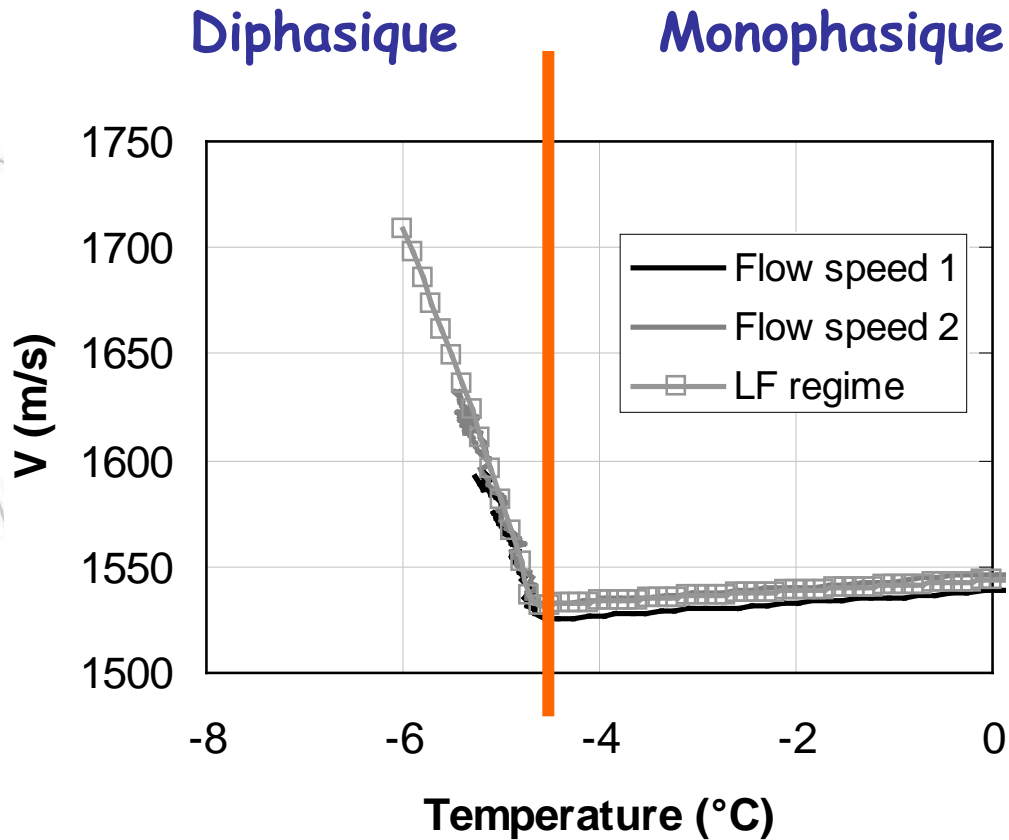
Coulis de glace : 14 % MPG,  $T_{PC} = -4.8 \text{ } ^\circ\text{C}$



générateur à surface brossée, 2 débits  
fraction massique de glace de 0 to 20 %



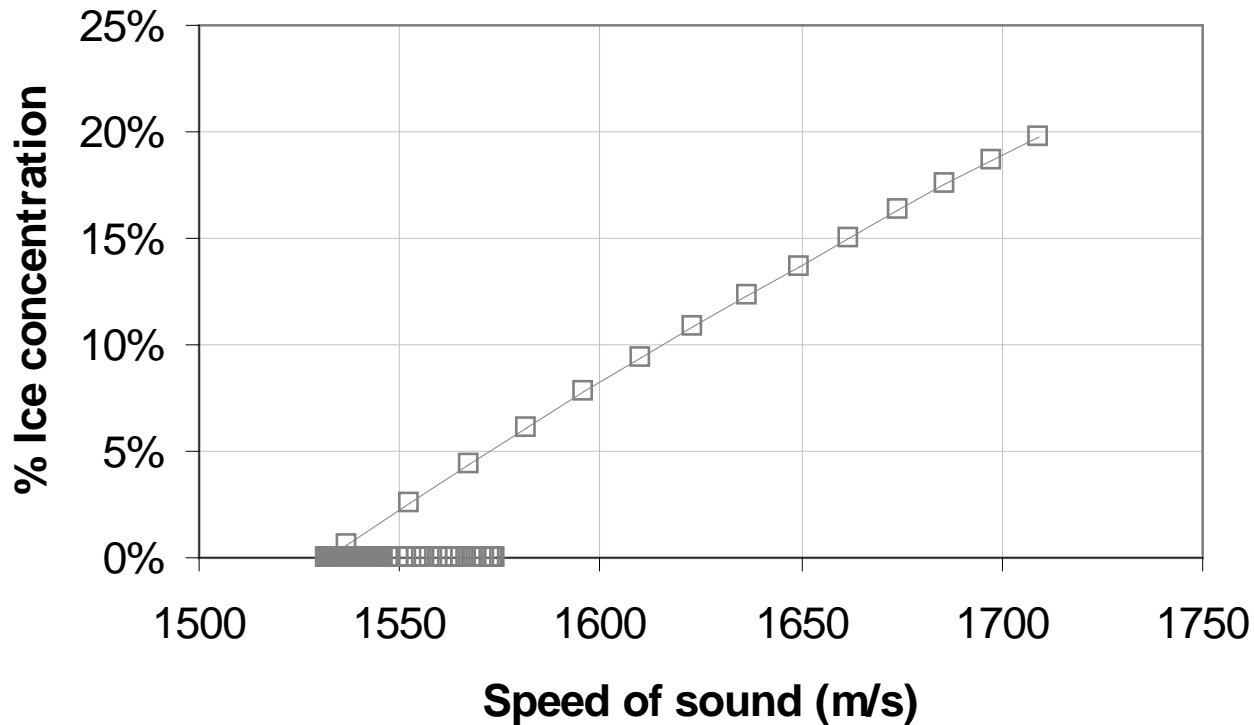
# VITESSE DU SON DANS UN COULIS EN ECOULEMENT



Influence des cristaux  
Influence de la température

# RESULTATS

En connaissant le diagramme de phase du MPG/eau



Relation directe et simple entre la fraction solide and la vitesse

## ▶ CONCLUSIONS

La technique ultrasonique permet de mesurer une fraction solide

Débits

Taille des particules

Températures

Relation directe entre la vitesse et la fraction solide

Le modèle des milieux effectifs est bien adapté

Influence du fluide

Comportement avec d'autres coulis, PCM, Hydrates.....

Précision

Information sur la distribution de taille des particules