

Écoulements géophysiques

- Avalanches de neige
- Laves torrentielles
- Coulées pyroclastiques



Photo SLF

Écoulements géophysiques

- Avalanches de neige
- Laves torrentielles
- Coulées pyroclastiques



Écoulements géophysiques

- Avalanches de neige
- Laves torrentielles
- Coulées pyroclastiques

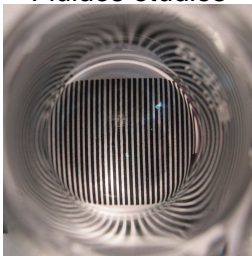


Écoulements géophysiques

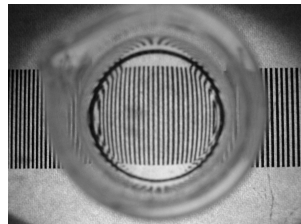
Comment étudier ces fluides complexes ?



Fluides étudiés



Méthodes optiques

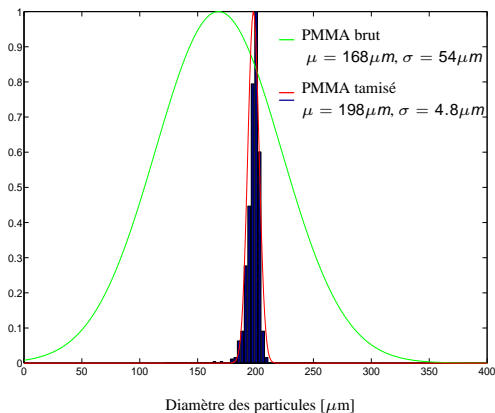


Suspension concentrée
de particules
(25mm d'épaisseur)

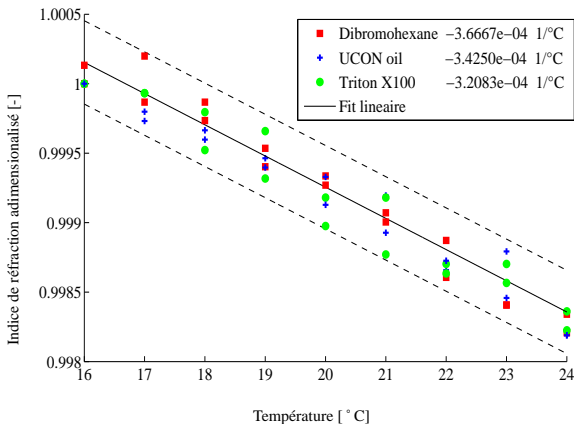


FPIV / FPTV

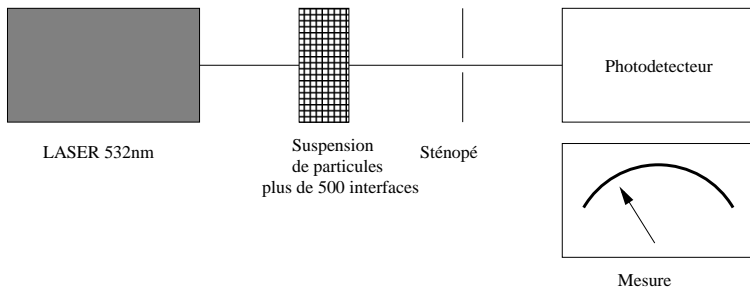
Tamisage humide



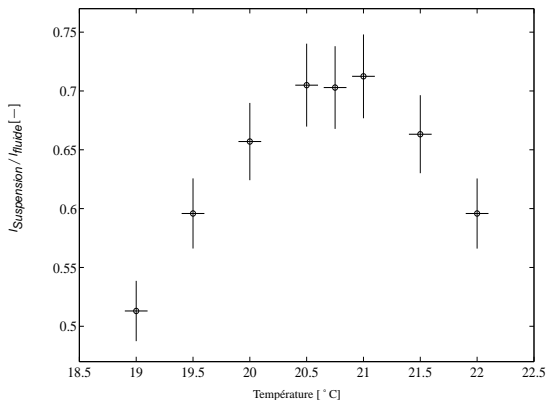
Iso-indice : effets de la température



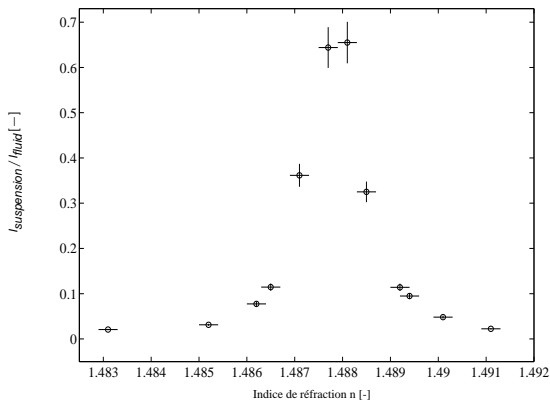
Iso-indice : effets de la température



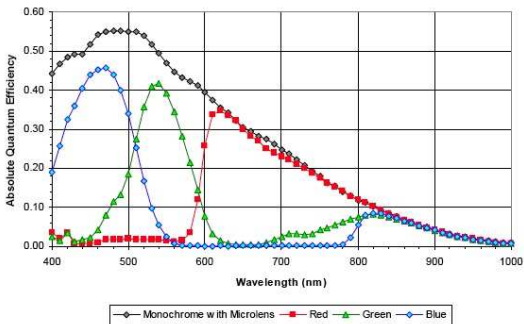
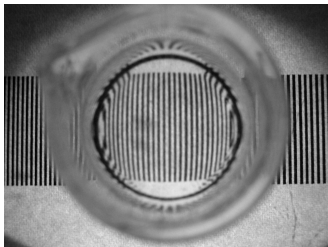
Iso-indice : effets de la température



Iso-indice : effets de la longueur d'onde

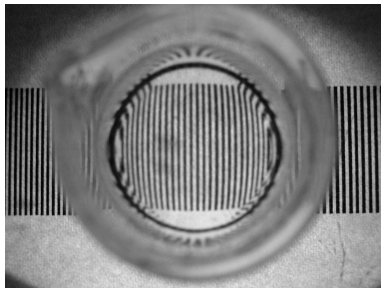


Iso-indice : effets de la longueur d'onde

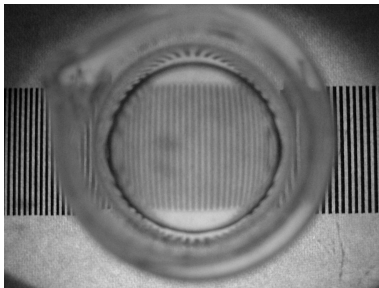


Iso-indice : effets de la longueur d'onde

Images couleurs (RGB) d'une suspension de particules :



Composante bleue



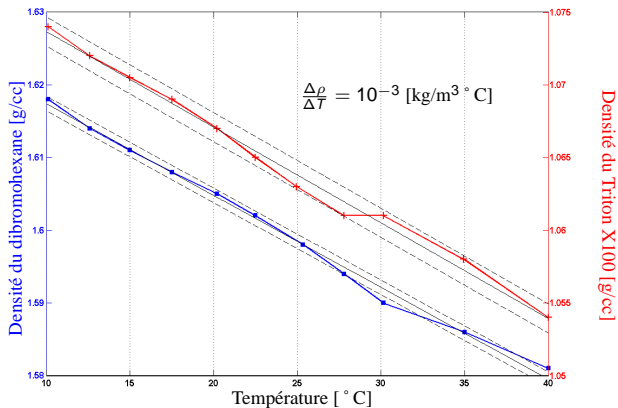
Composante rouge

Densité

- Trois Fluides →
 { Iso-indice ⇒ Transparence
 { **Densité contrôlable** ⇒ **Effet de la gravité**

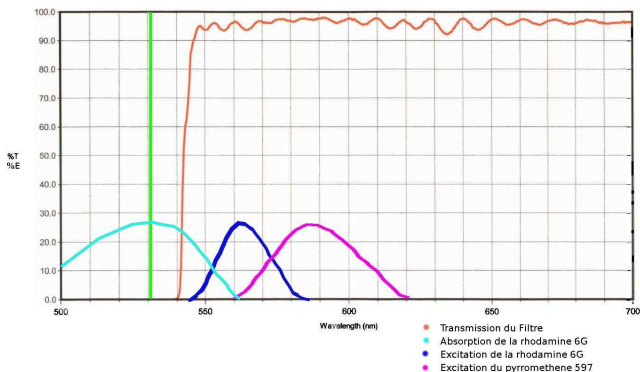


Densité



Marqueur fluorescent : la rhodamine 6G

- Trois Fluides → $\left\{ \begin{array}{l} \text{Iso-indice} \\ \text{Densité contrôlable} \end{array} \right. \Rightarrow \text{Transparence}$
 $\Rightarrow \text{Effet de la gravité}$
- **Marqueur fluorescent** \Rightarrow **Visualisation**

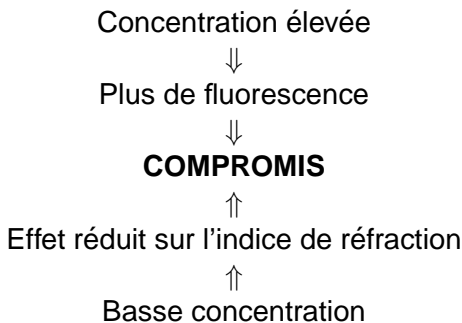


Choix de la Rhodamine 6G

- Trois Fluides → $\left\{ \begin{array}{l} \text{Iso-indice} \Rightarrow \text{Transparence} \\ \text{Densité contrôlable} \Rightarrow \text{Effet de la gravité} \end{array} \right.$
- **Marqueur fluorescent** ⇒ **Visualisation**
 - Excellent efficacité
 - suffisamment faible "Stokes shift"

Combien de rhodamine 6G ?

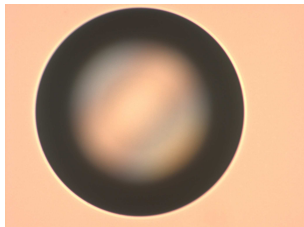
- Trois Fluides → $\left\{ \begin{array}{l} \text{Iso-indice} \\ \text{Densité contrôlable} \end{array} \right. \Rightarrow \begin{array}{l} \text{Transparence} \\ \text{Effet de la gravité} \end{array}$
- **Marqueur fluorescent** \Rightarrow **Visualisation**



- Trois Fluides → $\left\{ \begin{array}{l} \text{Iso-indice} \Rightarrow \text{Transparence} \\ \text{Densité contrôlable} \Rightarrow \text{Effet de la gravité} \end{array} \right.$
- Marqueur fluorescent \Rightarrow Visualisation

Particules

- **Sphéricité**
- Qualité optique



- Trois Fluides → $\left\{ \begin{array}{l} \text{Iso-indice} \Rightarrow \text{Transparence} \\ \text{Densité contrôlable} \Rightarrow \text{Effet de la gravité} \end{array} \right.$
- Marqueur fluorescent \Rightarrow Visualisation

Particules

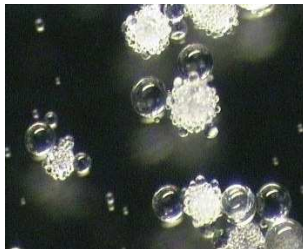
- Sphéricité
- **Qualité optique**



- Trois Fluides → $\left\{ \begin{array}{l} \text{Iso-indice} \Rightarrow \text{Transparence} \\ \text{Densité contrôlable} \Rightarrow \text{Effet de la gravité} \end{array} \right.$
- Marqueur fluorescent \Rightarrow Visualisation

Particules

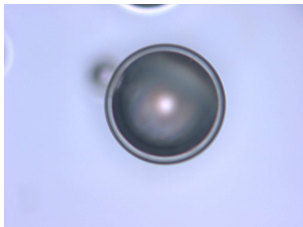
- Sphéricité
- **Qualité optique**



- Trois Fluides → $\left\{ \begin{array}{l} \text{Iso-indice} \Rightarrow \text{Transparence} \\ \text{Densité contrôlable} \Rightarrow \text{Effet de la gravité} \end{array} \right.$
- Marqueur fluorescent \Rightarrow Visualisation

Particules

- Sphéricité
- **Qualité optique**



- Trois Fluides →

{	Iso-indice	⇒	Transparence
	Densité contrôlable	⇒	Effet de la gravité
- Marqueur fluorescent ⇒ Visualisation

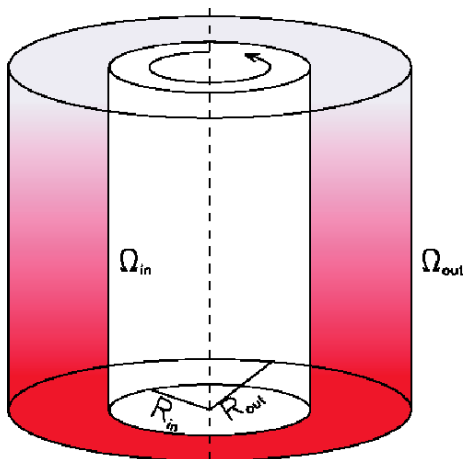
Particules

- Sphéricité
- Qualité optique
- Granulométrie

Fluide

- Faible évaporation
- Bon "mouillant du PMMA"
- Pas solvant du PMMA
- Faible absorption
- Pas excitable
- Viscosité variable (4^{ème} fluide)

La géométrie



Conséquence pour les mesures rhéologiques

1 $\left(\begin{matrix} T \\ \Omega \end{matrix} \right) \dashrightarrow \left(\begin{matrix} \tau \\ \dot{\gamma} \end{matrix} \right)$

2 **LARGE
ENTREFER**
(granulométrie)

⇒

Résoudre le problème
inverse de Couette

$$\tau(r) = \frac{T}{2\pi r^2 h}$$

$$\Omega = \int_{R_{in}}^{R_{out}} \frac{\dot{\gamma}(r)}{r} dr$$

T : Couple total

Ω : Vitesse angulaire

τ : contrainte de cisaillement

$\dot{\gamma}$: taux de cisaillement

r : Rayon

h : Hauteur de fluide

$R_{in/out}$: Rayon du cylindre intérieur/extérieur

Conséquence pour les mesures rhéologiques

Méthodes de résolution du problème inverse de Couette :

- Mooney (1931)
- Krieger & Maron (1952)
- Krieger & Elrod (1953)
- Krieger (1968)
- Yang & Krieger (1978)
- Mac Sporrán (1986)(1989)
- Nguyen (1992)
- Yeow (2000)
- Ancey (2005)
- De Hoog & Anderssen (2005)(2006)

Rhéométrie classique et optique

Approche par la
mécanique des
milieux continus



Rhéométrie
classique



T and Ω



Résoudre le
problème inverse de
Couette



τ and $\dot{\gamma}$



Approche
rhéophysique



Suspensions
transparentes



Déplacement des
particules
(FPIV / FPTV)

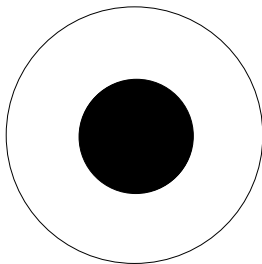


Différentiation du
profil de vitesse

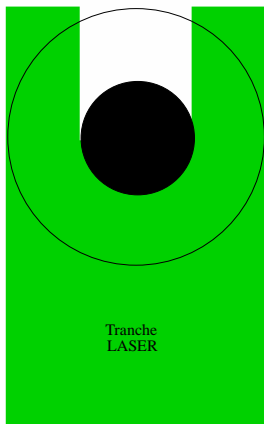


τ and $\dot{\gamma}$

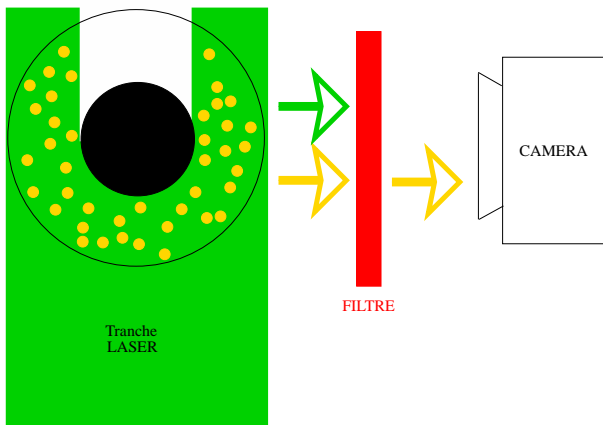
Technique de mesure



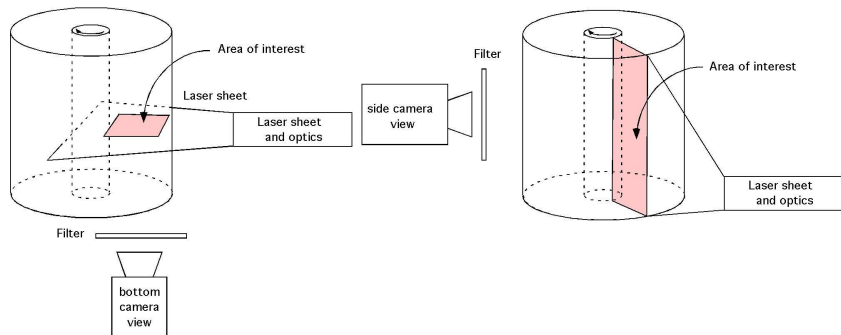
Technique de mesure



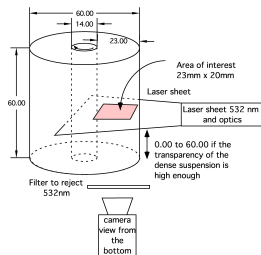
Technique de mesure



Technique de mesure

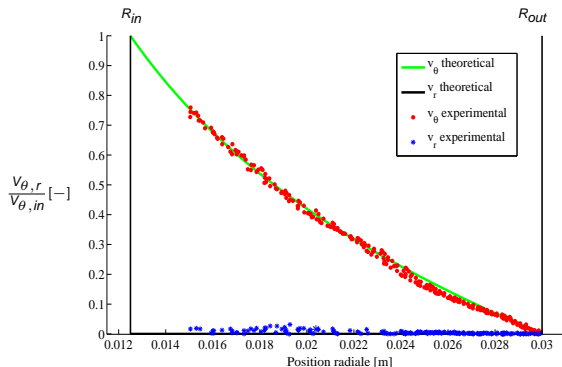


Images FPIV



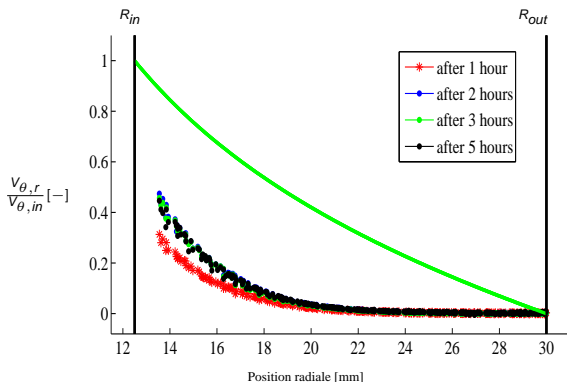
Mesure de validation

$$V_{\theta}(r) = \frac{A}{r} + Br \text{ with } A = \frac{R_{in}^2 R_{out}^2 \Omega}{R_{out}^2 - R_{in}^2}, \quad B = \frac{R_{in}^2 \Omega}{R_{in}^2 - R_{out}^2}$$



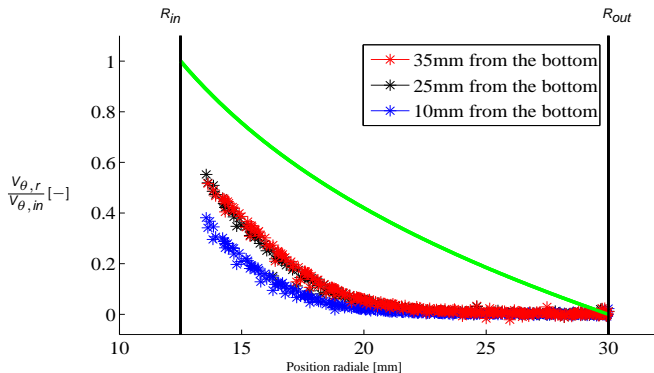
Profils de vitesse de suspensions concentrées de particules (fraction solide de 50%)

Evolution temporelle de la suspension

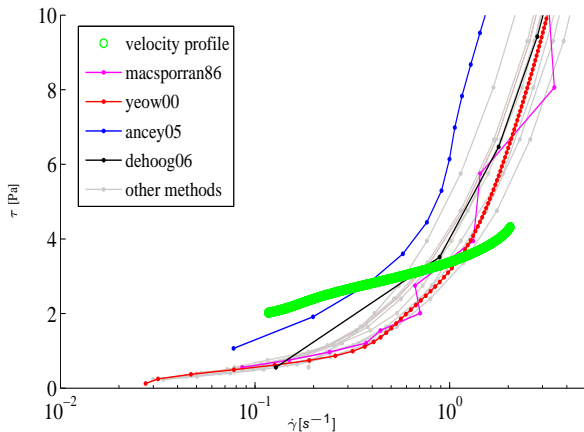


Profils de vitesse de suspensions concentrées de particules (fraction solide de 50%)

Effet du fond



Comparaison



Conclusion

- Nouvelle technique de mesure du champs de vitesse dans des suspensions très concentrées
- Applicable à un grand nombre de géométrie

Travaux futurs

- Mesurer le profil de concentration
- Nous souhaitons maintenant utiliser la même technique pour étudier le problème dit de rupture de barrage (lâcher d'un volume fini de fluide, puis de son écoulement le long d'une surface) et mesurer le profile de vitesse au coeur de la suspension dans le front de l'écoulement.

Remerciements

- Christophe Ancey
- Nicolas Andreini, Martin Rentschler
- Le Fond National Suisse de la recherche scientifique

Écoulements géophysiques

Fluides complexes

- Particules
 - Matériaux
 - Forme
 - Granulométrie
 - Rugosité
- Fluide interstitiel
 - Viscosité

⇒

Comment mesurer les propriétés rhéologiques de ces fluides ?

- Seuil de contrainte
- Comportement rhéoamincissant
- Thixotropie
- Dilatance
- ...

Écoulements géophysiques

Fluides complexes

- Particules
 - Matériaux
 - Forme
 - Granulométrie
 - Rugosité
- Fluide interstitiel
 - Viscosité

⇒

Comment mesurer les propriétés rhéologiques de ces fluides ?

- Seuil de contrainte
- Comportement rhéoamincissant
- Thixotropie
- Dilatance
- ...

Consequences for the rheologist

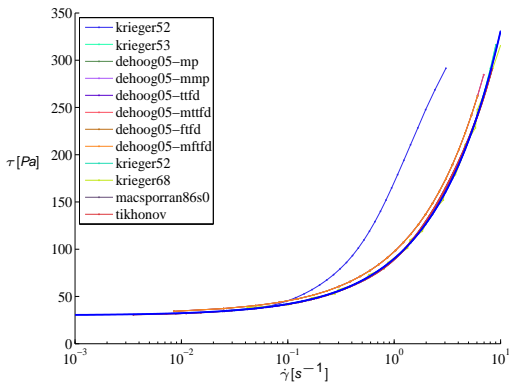
Solving methods :

- Infinite series approach
- Least square approach
- Projection approach
- Adjoint operator approach

Consequences for the rheologist

Example : an artificial Herschel-Bulkley fluid $\tau = \tau_y + K\dot{\gamma}^n$

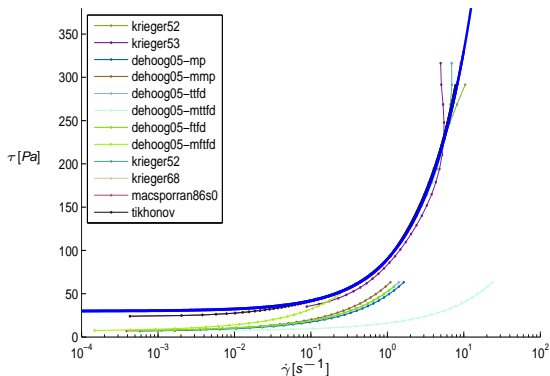
$$s = \frac{R_{in}}{R_{out}} = 0.9$$



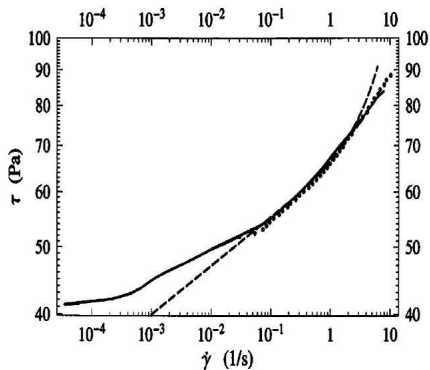
Consequences for the rheologist

The same fluid with a wide-gap geometry

$$s = \frac{R_{in}}{R_{out}} = 0.2$$

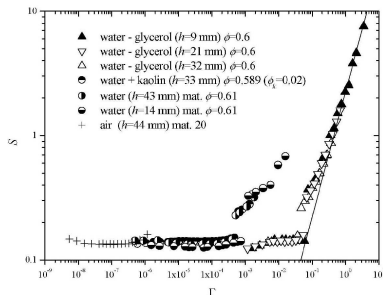


Exemple : a polymeric gel



Ancey, *J.Rheology* **49** (2005) 441-460

Example : a particle suspensions

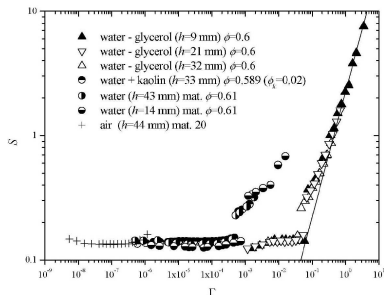


Anczy, *J. Rheol.* **45** (2001)1421-1439

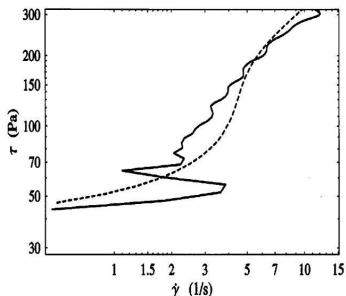
S : adimensionalized shear stress

Γ : adimensionalized angular velocity

Example : a particle suspensions



Ancely, *J. Rheol.* **45** (2001)1421-1439



Ancely, *J. Rheology* **49** (2005) 441-460

S : adimensionalized shear stress

Γ : adimensionalized angular velocity

- Shear localization ?
- Particle segregation ?
- Particle migration ?
- Ordering ?
- Particle roughness ?
- Particle Shape ?
- Slipping ?

Do we measure material's physical properties...

... or disturbing effects ?