



**HAL**  
open science

# Caractérisation ultrasonore de suspensions solides dans un fluide visqueux

Moustafa Eid, Pierre Marechal, Ahmed Benamar

► **To cite this version:**

Moustafa Eid, Pierre Marechal, Ahmed Benamar. Caractérisation ultrasonore de suspensions solides dans un fluide visqueux. Journées Acoustique & Instrumentation, JAI2023 : evolution et applications, Journées Thématiques de la section Electronique du Club EEA, Oct 2023, Cergy - Paris, France. hal-04254544

**HAL Id: hal-04254544**

**<https://hal.science/hal-04254544>**

Submitted on 24 Oct 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Moustafa Eid, Pierre Maréchal, Ahmed Benamar

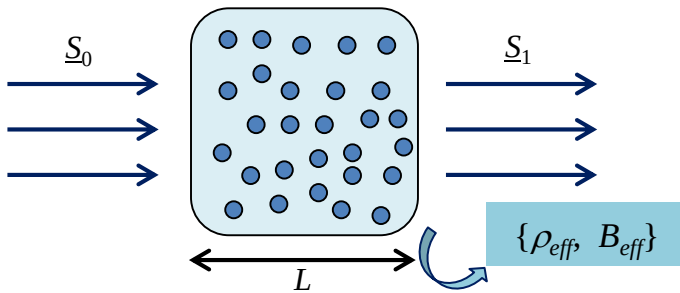
LOMC, UMR 6294 CNRS, Université Le Havre Normandie, 75 Rue de Bellot, 76600 Le Havre, France  
[moustafa.eid@etu.univ-lehavre.fr](mailto:moustafa.eid@etu.univ-lehavre.fr)

Cette recherche porte sur la propagation ultrasonore dans une distribution aléatoire de particules solides en suspension dans un liquide visqueux. Les propriétés effectives des suspensions solides sont très liées à la longueur d'onde, aux propriétés des particules, à la viscosité du fluide hôte, et aux conditions environnementales (température, débit), d'où une instrumentation spécifique. Ici, les paramètres effectifs sont évalués via des ondes ultrasonores dans la gamme du MHz:  $k_c a \ll 1$ .

## A. Caractérisation ultrasonore

Ces particules en suspension peuvent être caractérisées selon de nombreux critères : composition, géométrie, concentration, distribution (composition, taille, spatiale), suivant 2 étapes :

- ➔ Mesure des propriétés effectives: atténuation  $\alpha_{eff}$  et vitesse  $c_{eff}$
- ➔ Modélisation numérique statistique: ajustement avec les résultats expérimentaux



Loi de mélange

$$\begin{cases} \rho_{eff} = \rho_w \cdot (1 - V_f) + \rho_g \cdot V_f \\ B_{eff}^{-1} = B_w^{-1} \cdot (1 - V_f) + B_g^{-1} \cdot V_f \end{cases}$$

Ordre 0

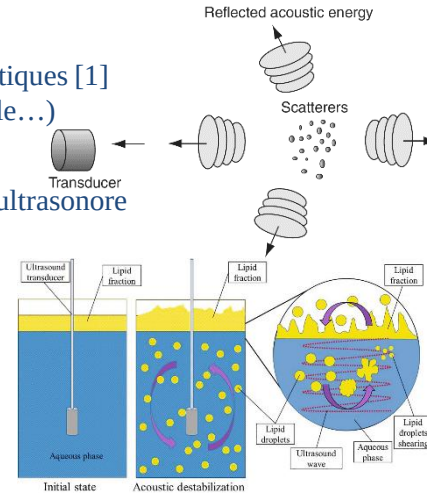
Mesures ultrasonores

$$\begin{cases} \alpha_{eff}(f) = \frac{1}{L} \ln \left( \frac{S_1(f)}{S_0(f)} \right) \\ c_{eff}(f) = \frac{2\pi f L}{\theta_{10}(f) - n\pi} \end{cases}$$

Dépendance en fréquence

## B. Applications

- **Sédimentation:** Evaluation des caractéristiques [1] (concentration, PSD, taille...)
- **Fluides pollués:** Régulation et traitement ultrasonore des eaux usées
- **Produits alimentaires:** Caractérisation ultrasonore des lipides, protéines... [2]



## C. Partie Théorique

[Forester & Pinfield, CERD, 2016] [3]

[Lloyd & Berry, PPS, 1967]

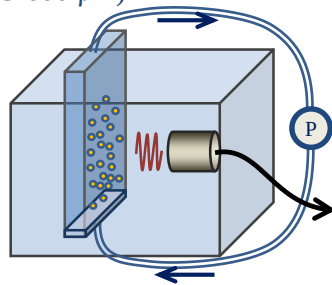
Contributions Conversions Compression / Cisaillement

$$\left( \frac{K^2}{k_c^2} \right)_{FP} = \left( \frac{K^2}{k_c^2} \right)_{LB} + \Delta_{CS}^{(2)} + \Delta_{CS}^{(3)}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{CS}^{(2)} &= -\frac{27i\phi^2}{(k_c R)^6} \times \frac{k_c^3 b}{(k_c^2 - k_s^2)} T_1^{CS} T_1^{SC} Y_0 \\ \Delta_{CS}^{(3)} &= \frac{3\phi}{(k_c R)^3} \times \frac{k_c^3 b}{(k_c^2 - k_s^2)} T_1^{SS} Y_0 \Delta_{CS}^{(2)} \end{aligned}$$

## D. Partie Expérimentale

- Ajustement de la configuration expérimentale
- Mise en place d'un dispositif expérimental
- Particules Billes de verre (425-600  $\mu\text{m}$ )
- Transducteur de 5 MHz
- Émission ultrasonore
- Etude en Réflexion
- Cas de suspension
- Acquisition (Python) des signaux
- Instrumentation : Transducteurs, GBF, amplificateur, pompe, filtre, sonde Pt100, pont de Wheatstone, débitmètre, conv.f/U, oscilloscope, PC.

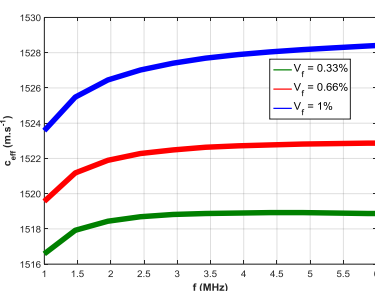
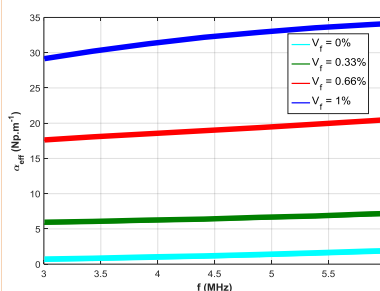


## E. Résultats

- Etude paramétrique: **Concentration**, Température, Débit

$$\alpha_{eff}(f) = \frac{1}{2L} \ln \left( \frac{1}{(R_{21}^2 - 1)} \frac{S_2(f)}{S_1(f)} \right)$$

$$c_{eff}(f) = \frac{4\pi f L}{\theta_{21}(f) - n\pi}$$



Références: [1] Gray et al, "Measuring Suspended Sediment", vol. 1, pp. 157-204, December 2014

[2] Carillo-Lopez et al, "Recent advances in the application of ultrasound in dairy products", 105467, May 2021.

[3] Forrester, Huang and Pinfield, "Characterization of colloidal dispersions using ultrasound spectroscopy and multiple-scattering theory inclusive of shear-wave effects", Chem. Eng. Res. Des. 114 69-78, 2016