

Simulation de sono-réacteurs et prédiction des zones de cavitation

Parties prenantes



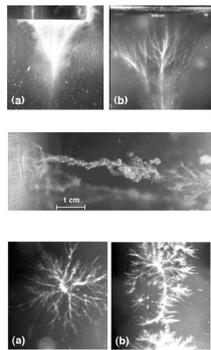
Auteurs

Olivier Louisnard
Igor Garcia-Vargas
Laurie Barthe

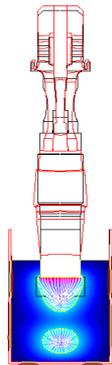
Partenaires



Détails du modèle, animations, etc :



Structures de bulles de cavitation (Mettin, 2007)



Simulation Transducteur SinapTec
Champ acoustique et zones de cavitation prédites par le modèle RAPSODEE

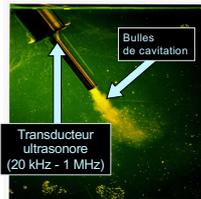


Modélisation des transducteurs piézo-électriques.

Le phénomène

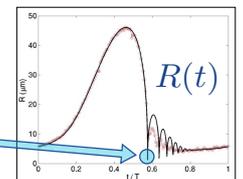
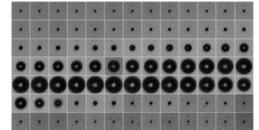
Cavitation acoustique

► un phénomène complexe



- ✓ L'onde ultrasonore (= onde acoustique) crée, multiplie, et fait osciller des micro-bulles de gaz
- ✓ Physique très complexe, nombreuses échelles spatiales (100 nm → 10 cm, temporelles 100 ns → 1 s)
- ✓ Auto-organisation spatiale des bulles en structures variées

Dynamique radiale d'une bulle

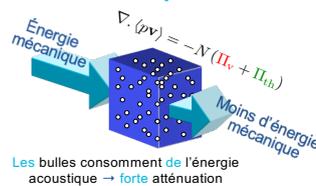


$T_{max} \approx 10000 \text{ K}$
 $p_{max} \approx 0.1 \text{ GPa}$
Sonochimie :
 $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{OH}^\bullet + \text{H}^\bullet$

La problématique

Modélisation des sono procédés

► Le verrou théorique : modèle de liquide cavitant



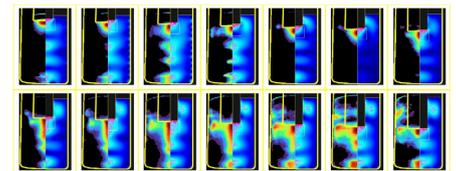
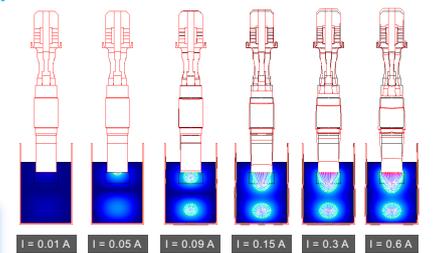
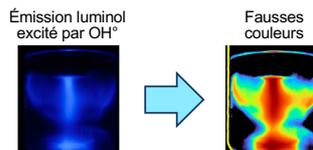
Equation de Helmholtz non-linéaire

$$\nabla^2 P + k^2(|P|)P = 0$$

$$\text{Im } k^2(|P|) = -2\rho_l \omega N \frac{\Pi_v(|P|) + \Pi_{th}(|P|)}{|P|^2}$$

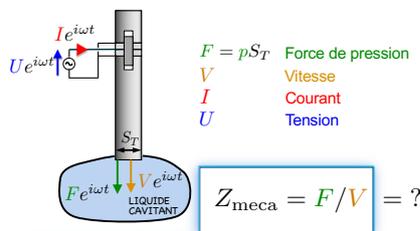
Π_v, Π_{th} puissance dissipée par une bulle

► Comparaison expérience



Un jumeau numérique du transducteur pour reconstruire...

Impédance acoustique d'un liquide cavitant



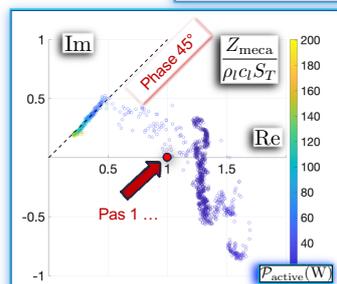
$P_{active} = \frac{1}{2}|F|^2 / \text{Re}(Z_{meca}) = \frac{1}{2}|p|^2 S_T^2 / \text{Re}(Z_{meca})$

Relie la puissance transmise au liquide (mesurable) à la pression acoustique

$\begin{bmatrix} F \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{11}(\omega) & T_{12}(\omega) \\ T_{21}(\omega) & T_{22}(\omega) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ I \end{bmatrix}$

Non mesurable La matrice [T] : Mesurable

- indépendante de la charge
- spécifique du transducteur
- calculable par COMSOL



- Puissance transmise ssi $\langle Z_{meca} \rangle = 45^\circ$
- Condamne l'hypothèse classique

WRONG

$Z_{meca} = \rho_l c_l S_T$
 $|p| = (2\rho_l c_l P_{active} / S_T)^{1/2}$

► Valide notre modèle de liquide cavitant