

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique  
Université de Constantine 3  
Faculté de Génie des procédés Pharmaceutiques  
Département de Génie Chimique

## **Mémoire de fin d'Etude**

En vue de l'obtention du diplôme de Master

**Option : Génie Chimique**

### **Thème**

**Modélisation de la Sonochimie à Bulle Unique**

Par

**Badreddine MAADADI B**

**Khaled TENNACHE**

Encadré par

**Dr. Slimane MEROUANI**

**Année Universitaire  
2013 /2014**

## LISTE DES FIGURES

### CHAPITRE I

**Figure I.1:** Classification des ultrasons en fonction de leur fréquence et de leur puissance

**Figure I.2 :** Dynamique d'une bulle de cavitation acoustique

**Figure I.3 :** Zones de réactivité sonochimique

**Figure I.4 :** Bac à ultrasons

**Figure I.5 :** Réacteur Cup-Horn.

**Figure I.6 :** Sonde immergeable

### CHAPITRE II

**Figure II.1 :** Variation du rayon de la bulle en fonction du temps pour un cycle acoustique

**Figure II.2 :** Variation de la vitesse de dynamique de la paroi de la bulle ( $dR/dt$ ) en fonction du temps pour un cycle acoustique ( $1 \mu s$ )

**Figure II.3 :** Variations de la température et de la pression à l'intérieur de la bulle en fonction du temps durant l'implosion

**Figure II.4 :** Variations des nombres de moles de toutes les espèces chimiques présentes dans la bulle en fonction du temps autour de la fin de l'implosion

### CHAPITRE III

**Figure III.1 :** vitesses de production des oxydants en fonction de l'intensité acoustique

**Figure III.2 :** Amplitude acoustique (a), taux d'expansion ( $R_{max}/R_0$ ) et de compression ( $R_{max}/R_{min}$ ) (b) et fraction de vapeur d'eau piégée à l'implosion et température maximale atteinte lors de l'implosion (c) en fonction de l'intensité acoustique

**Figure III.3 :** vitesses de production des oxydants en fonction de la pression statique

**Figure III.4 :** Température et pression maximales atteintes à l'intérieur de la bulle en fonction de pression statique, pour les mêmes conditions que celles de la Figure III.3

**Figure III.5 :** vitesses de production des oxydants en fonction de la température du liquide

**Figure III.6 :** Température et pression maximales atteintes à l'intérieur de la bulle en fonction de pression statique

**Figure III.7 :** Taux d'expansion ( $R_{max}/R_0$ ) et de compression ( $R_{max}/R_{min}$ ) (a) et température et pression maximales atteinte lors de l'implosion (b) en fonction de la fréquence

**Figure III.8 :** Vitesses de production des oxydants en fonction du rayon ambiant de la bulle pour (a) 500 kHz et (b) 1000 kHz

**Figure III.9 :** Vitesses globales normalisées en fonction du rayon ambiant de la bulle pour plusieurs pressions statiques

## LISTE DE TABLEAUX

I

### CHAPITRE II

TABLEAU II.1 : Mécanisme réactionnel proposé dans une bulle initialement remplie d'air et de vapeur d'eau

TABLEAU II.2 : Equations des propriétés physiques de l'eau

### CHAPITRE III

TABLEAU III.1 : Vitesses de production des oxydants pour différentes fréquences

## NOMENCLATURE

$c$	Vitesse du son dans le liquide ( $\text{ms}^{-1}$ ).
$c_p$	Chaleur spécifique à pression constante du mélange gazeux ( $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ )
$c_v$	Chaleur spécifique à volume constant du mélange gazeux ( $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ )
$f$	fréquence de l'onde ultrasonore (Hz).
$I_a$	Intensité acoustique ( $\text{W m}^{-2}$ ).
$M = R/c$	Nombre de Much (adimensionnel).
$p$	Pression à l'intérieur de la bulle ( $\text{N m}^{-2}$ ).
$P_A$	Amplitude de la pression acoustique ( $\text{N m}^{-2}$ ).
$P_g$	Pression du gaz incondensable à l'intérieur de la bulle ( $\text{N m}^{-2}$ ).
$P_{g0}$	Pression initiale du gaz incondensable à l'intérieur de la bulle ( $\text{N m}^{-2}$ ).
$P_{\max}$	Pression maximale à l'intérieur de la bulle ( $\text{N m}^{-2}$ ).
$P_{\min}$	Pression minimale à l'intérieur de la bulle ( $\text{N m}^{-2}$ ).
$P_v$	Pression de la vapeur d'eau ( $\text{N m}^{-2}$ ).
$P_\infty$	Pression statique externe ( $\text{N m}^{-2}$ ).
$R$	Rayon de la bulle (m).
$R_{\max}$	Rayon maximal de la bulle (m).
$R_{\min}$	Rayon minimal de la bulle (m).
$R_0$	Rayon ambiant de la bulle (m).
$t$	Temps (s).
$T$	Température à l'intérieur de la bulle (K)
$T_c$	Température critique de l'eau (K).
$T_{\max}$	Température maximale à l'intérieur de la bulle (K).
$T_\infty$	Température ambiante du liquide (K).
$V_{\max}$	Volume maximal de la bulle ( $\text{m}^3$ ).
$\rho_l$	Masse volumique du liquide ( $\text{Kg m}^{-3}$ ).
$\sigma$	Tension superficielle du liquide (N s).
$\mu$	Viscosité du liquide (Pa s).
$\gamma = c_p/c_v$	Rapports des chaleurs spécifiques du mélange gazeux (adimensionnel).