

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



UNIVERSITE CONSTANTINE 3

**FACULTE DE GENIE DES PROCEDES PHARMACEUTIQUES
DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE**

N^o d'ordre :

Série :

Mémoire de Master

Filière : **Génie des Procédés**

Spécialité : **Génie Chimique**

Thème

**MODELISATION ET SIMULATION DE LA PRODUCTION
SONOCHIMIQUE DE L'HYDROGENE**

Dirigé par :

Dr. MEROUANI Slimane

Grade : **MCA**

Présenté par :

AZOUZA Rachid

MERZOUK Houssam

BENACHOUR Sara

Année Universitaire 2014/2015

Session : Juin

TABLE DES MATIERES

Liste des figures.....	1
Liste des tableaux.....	3
Nomenclature.....	4
INTRODUCTION GENERALE	5

CHAPITRE 1

L'Hydrogène : Intérêt Industriel et Technique de Production

Introduction.....	7
1.1. Historique.....	8
1.2. Utilisation	8
1.3. Production mondiale.....	8
1.4. Source de la production de l'hydrogène.....	9
1.4.1. La biomasse.....	9
1.4.2. Les combustibles fossiles.....	10
1.4.3. L'eau.....	10
1.5. Techniques de production de l'hydrogène.....	10
1.5.1. Le vaporeformage.....	10
1.5.2. L'oxydation partielle.....	11
1.5.3. L'électrolyse de l'eau.....	11
1.5.4. La gazéification du charbon.....	11
1.5.5. La thermochimie.....	12
1.5.6. Production Biologique.....	12
1.5.7. La Sonolyse.....	13
1.6. Rôle des énergies renouvelables dans la production de l'hydrogène.....	13
1.6.1. Géothermie.....	13
1.6.2. Solaire thermique.....	13
1.7. Rôle de l'énergie nucléaire dans la production de l'hydrogène.....	14
1.8. Conclusion.....	15

CHAPITRE 2

Généralités sur les Ultrasons et la Sonochimie

Introduction.....	16
2.1. Ultrasons.....	17
2.1.1. Historique.....	17
2.1.2. Définition.....	17
2.2. Cavitation acoustique.....	18
2.2.1. Types de cavitation acoustique.....	20
a) Cavités stables.....	20
b) Cavités transitoires.....	20
2.2.2. Seuil de cavitation.....	20
2.3. Formulation mathématique de la cavitation acoustique.....	21
2.4. Facteurs influençant le phénomène de cavitation.....	22
a) Fréquence.....	22
b) Intensité.....	23
c) Température du liquide.....	23
d) Présence de gaz.....	23
2.5. Sonochimie.....	23
2.5.1. Généralités.....	23
2.5.2. Zones de réactivité sonochimique.....	24
2.5.3. Influence de quelques paramètres sur la sonochimie.....	25
a) Nature des gaz dissous.....	25
b) Fréquence.....	25
2.5.4. Effets chimiques des ultrasons en solution.....	26
a) Sonolyse de l'eau.....	26
b) Sonoréacteurs.....	27
2.6. Conclusion.....	30

Résumé

Ce travail de mémoire porte la modélisation et la simulation de la production de l'hydrogène lors de la Sonolyse de l'eau. Un modèle de sonochimie à bulle unique a été utilisé pour expliquer le mécanisme de la formation de l'hydrogène par ultrasons. Le modèle combine la dynamique d'oscillation d'une bulle de cavitation acoustique avec une cinétique chimique consistant en une série de 25 réactions chimiques réversibles se produisant dans la bulle au moment de son implosion. L'influence de plusieurs paramètres opératoires tels que la fréquence des ultrasons (20–1100 kHz), l'intensité acoustique (0,5–1 W cm⁻²), le type de gaz saturant le liquide (O₂ et Ar) et la température du liquide (20–50 °C) sur la vitesse de production de l'hydrogène a été également étudiée. Les résultats des simulations supportent l'expérimentation et prouvent la formation de H₂ lors de la sonolyse de l'eau. Il a été observé que l'hydrogène est le produit réactionnel le plus abondant dans la bulle lors de l'implosion. Il se forme principalement à partir de la recombinaison des radicaux H[•] et [•]OH. La vitesse de production de l'hydrogène augmente avec l'augmentation de l'intensité acoustique et diminue lorsque la fréquence augmente. Une température optimale du liquide (~30 °C) a été observée pour une production maximale de l'hydrogène. La saturation de l'eau par l'argon lors de la sonolyse présente une efficacité de production plus importante que la saturation par l'oxygène, particulièrement pour des fréquences supérieures à 140 kHz.

Mots clés : Hydrogène, Sonolyse de l'eau, modélisation, Cavitation acoustique, Cinétique chimique, paramètres opératoires.

ملخص

(20–50 °C) kHz (0,5–1 W cm⁻²)
ت
(~30 °C) :