

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



UNIVERSITE DE CONSTANTINE 3

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

N° d'ordre :

Série :

Mémoire de Master

Filière : **Génie des Procédés**

Spécialité : **Génie Chimique**

Thème

**ETUDE THEORIQUE DE LA TAILLE DES BULLES ACTIVES POUR
LA PRODUCTION DE L'HYDROGENE DANS UN CHAMP DE
CAVITATION ACOUSTIQUE**

Dirigé par :

Dr. Slimane MEROUANI
Grade: MCA

Présenté par :

Ahmed Amine FARES
Nasr Eddine BENHAMADI
Bilal FEZZANI

Année Universitaire 2014 /2015
Session juin

Table des matières

Liste des Figures.....	1
Liste de Tableaux	2
Nomenclature	3
Introduction	4
Références Bibliographiques	6

CHAPITRE 1

GENERALITES SUR L'HYDROGENE, LES ULTRASONS ET LA SONOCHIMIE

Introduction	7
1.1. L'HYDROGENE (H ₂)	9
1.1.1 Aperçu historique	9
1.2. Techniques de production	10
1.2.1. Vaporeformage	10
1.2.2. Oxydation partielle	10
1.2.3. Electrolyse de l'eau	10
1.2.4. Décomposition de l'eau par cycle thermochimique	11
1.2.5. Photo-électrolyse de l'eau	12
1.2.6. Transformation thermochimique de la biomasse	12
1.2.7. Bioproduction d'hydrogène par des micro-organismes photosynthétiques	13
1.2.8. Sonolyse de l'eau	13
I.3. Ultrasons	13
I.3.1. Définition	13
I.3.2. Cavitation	14
I.3.2.1. Origine de la cavitation	14
I.3.2.2. Cavitation acoustique	15
I.3.2.3. Seuil de cavitation	16
I.3.2.4. Types de cavitation acoustique	17
a) Cavités stables	17
b) Cavités transitoires	18
I.3.2.5. Formulation mathématique de la cavitation acoustique	19
I.3.2.6. Paramètres influençant la cavitation	20
a) Fréquence des ultrasons	20

b) Température du liquide	20
c) Intensité	21
d) Pression extérieure	21
I.4.Sonochimie	21
I.4.1. Effets chimiques des ultrasons en solution (Sonolyse de l'eau)	23
I.4.2. Sonoréacteurs	23
a) Les bacs	24
b) Les sondes	25
c) Autres	26
Conclusion	27
Références Bibliographiques	28

CHAPITRE II

GAMME DE RAYONS DES BULLES ACTIVES POUR LA PRODUCTION DE L'HYDROGENE DANS UN CHAMP DE CAVITATION ACOUSTIQUE

Introduction	33
II.1. Modèle	34
II.1.1. Modèle de la dynamique	34
II.1.2. Modèle de la cinétique chimique	35
II.1.3. Procédure de la simulation numérique	37
II.2. Résultats et discussion	40
II.2.1. Dynamique de la bulle	40
II.2.2. Chimie à l'intérieur de la bulle	43
II.2.3. Effet du rayon ambiant de la bulle sur la production de l'hydrogène	45
II.2.4. Effet de la fréquence sur la taille des bulles actives pour la production de l'hydrogène	47
II.2.5. Effet de la l'intensité acoustique sur la taille des bulles actives pour la production de l'hydrogène	49
II.2.6. Effet de la température du liquide sur la taille des bulles actives pour la production de l'hydrogène	49
Conclusion	51
Références Bibliographiques	52
Conclusion	55

Résumé

Les ultrasons, via le phénomène de cavitation acoustique qu'ils engendrent dans l'eau, sont susceptibles de produire de l'hydrogène (H_2) selon une série de réactions chimiques dans les bulles (sonochimie). Dans la présente étude, la taille des bulles acoustiques capables de produire du H_2 a été théoriquement étudiée. Des simulations numériques des réactions chimiques se déroulant dans une bulle remplie d'argon et de vapeur d'eau ont été effectuées pour plusieurs rayons ambiants de bulles à différentes fréquences, intensités acoustiques et températures du liquide dans l'objectif d'examiner l'effet de ces paramètres sur la taille des bulles actives en terme de produit d'hydrogène. Le modèle employé combine la dynamique d'implosion d'une bulle de cavitation acoustique avec un modèle de cinétique chimique adoptée. Les résultats numériques ont montré que, dans toutes les conditions, il existe un rayon ambiant optimal pour une production maximale de H_2 dans la bulle. La gamme des rayons de la population active pour la production de H_2 diminue avec l'augmentation de la fréquence et la température du liquide et augmente pour une élévation de l'intensité acoustique.

Mots clés : Ultrasons ; Sonochimie ; Hydrogène ; Taille des bulles ; Simulations numériques.

ملخص

الموجات فوق الصوتية، عن طريق ظاهرة التجويف الصوتي التي تنتج في الماء قابلة لإنتاج الهيدروجين من خلال سلسلة من التفاعلات الكيميائية في الفقاعات (النشاط الصوتي الكيميائي)، في هذه الدراسة حجم الفقاعات الصوتية القادرة على إنتاج الهيدروجين قد درست نظريا، المحاكاة العددية للتفاعلات الكيميائية المحدثة في الفقاعات الممتلئة بالأرجون و بخار الماء قد تحققت داخل فقاعات ذات انصاف اقطار ابتدائية مختلفة و ذلك عند ترددات موجية مختلفة، ساعات صوتية مختلفة، حرارة متغيرة و الهدف من ذلك إيجاد تأثير هذه العوامل على حجم الفقاعات النشطة لمدى انتاج الهيدروجين. النموذج المستعمل يربط ديناميكية انهيار فقاعات التجويف الصوتي مع نموذج التفاعل الكيميائي المتبني. النتائج العددية بينت أنه في كل الظروف يوجد دوما نصف قطر أمثل لإنتاج أقصى كمية من الهيدروجين داخل الفقاعة. مجموعة من انصاف أقطار من القوى العاملة لإنتاج الهيدروجين تتناقص مع تزايد التردد و حرارة السائل وتزايد مع الكثافة الصوتية.

الكلمات المفتاحية : الموجات فوق الصوتية، الكيمياء الصوتية، الهيدروجين، حجم الفقاعات، المحاكاة

العددية