

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



جامعة صالح بونيدر
قسنطينة 3
Université
Salah Bounider
Constantine 3

UNIVERSITE DE CONSTANTINE 3

FACULTE DE GENIE DES PROCEDES
DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE

N° d'ordre :
Série :

Mémoire de Master

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

Thème

**Effet de la pression statique externe
sur la production sonochimique de l'hydrogène**

Dirigé par :

Dr. Slimane MEROUANI
Grade: MCA

Présenté par :

Roumaissa BENCHIKH
Salsabila BENMADANI

Année Universitaire 2016/2017
Session juin

TABLE DES MATIERES

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

CHAPITRE 1

L'HYDROGÈNE : UNE SOURCE D'ENERGIE POUR LE FUTURE

1.1 Introduction	7
1.2 Définition Et Historique	8
1.3 Propriétés physiques et chimiques	9
1.4. Intérêt de l'hydrogène	10
1.5. Source de production de l'hydrogène	10
1.5.1. La biomasse	10
1.5.2. Les combustibles fossiles	11
1.5.3. L'eau	11
1.6. Méthodes de production de l'hydrogène	11
1.6.1. Le vaporeformage	11
1.6.2. L'oxydation partielle	12
1.6.3. L'électrolyse de l'eau	13
1.6.4. En utilisant la biomasse	13
1.6.5. Photo-électrolyse de l'eau	14
1.6.6. Décomposition de l'eau par cycle thermochimique	14
1.6.7. Sonolyse de l'eau	15
1.7. Conclusion	15
1.8. Références	16

CHAPITRE 2

ULTRASONS ET SONOCHIMIE : GENERALITE

2.1. Introduction.....	18
2.2. Généralité sur les ultrasons	19
2.2.1. Historique.....	19
2.2.2. Définition.....	19
2.3. Cavitation acoustique.....	20
2.3.1. Types de cavitation acoustique.....	21
a) Cavités transitoires	21
b) Cavités stables	23
2.3.2. Formulation mathématique de la cavitation acoustique	23
2.3.3. Facteurs influençant le phénomène de cavitation.....	25
a) La puissance acoustique.....	25
b) La fréquence	25
c) La température	25
d) Les gaz dissous	25
e) Le type de liquide.....	26
f) La pression.....	26
2.4. Sonochimie.....	26
2.4.1. Histoire de la sonochimie	26
2.4.2. C'est quoi la sonochimie ?.....	27
2.4.3. La Sonolyse de l'eau.....	27
2.4.4. Réacteurs sonochimiques.....	29
a) Les bacs	29
b) Les sondes	30
2.4.5. Applications sonochimiques.....	30
a) Le nettoyage.....	30
b) La dispersion.....	31
2.5. Conclusion.....	32
Référence	33

CHAPITRE 3

SIMULATION DE L'EFFET DE LA PRESSION STATIQUE SUR LA PRODUCTION SONOCHIMIQUE DE L'HYDROGENE

3.1. Introduction.....	35
3.2. Modèle.....	36
3.2.1. Modèle de la dynamique.....	36
3.2.2. Modèle de la cinétique chimique.....	37
3.2.3. Procédure de la simulation numérique.....	39
3.3. Résultats et discussion.....	41
3.3.1. Effet de la pression sur la dynamique de la bulle	41
3.3.2. Effet de la pression statique sur la réaction chimique dans la bulle	43
3.3.3. Influence de la fréquence ultrasonore sur l'effet de la pression statique.....	46
3.3.4. Influence de la pression statique externe sur la taille des bulles actives	47
3.4. Conclusion.....	53
Références	54
Conclusion générale	56

RESUME

Malgré qu'il existe des études examinant la modélisation de la production sonochimique de l'hydrogène, l'effet de la pression externe sur ce processus n'a jamais été modélisé. Ainsi, l'objectif de ce mémoire est d'étudier l'effet de la pression externe sur la production de l'hydrogène par une seule bulle acoustique. Le modèle employé 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 la pression statique sur la production de H₂ a été examinée pour plusieurs fréquences ultrasonores. De plus, l'effet de la pression sur la taille des bulles actives pour la production de H₂ a été étudié. Les résultats des simulations ont montré que l'hydrogène (H₂) est le constituant moléculaire le plus abondant dans la bulle. La vitesse de production de cette espèce diminue avec l'augmentation de la pression statique dans l'intervalle 0.3–1.8 atm, et ce pour des fréquences de 355, 515 et 1000 kHz. Dans l'autre côté, les résultats montrent que la population active est décalée vers de petites tailles lorsqu'on diminue la pression statique au-dessous de 1 atm

Mots-clés : Sonochimie, Cavitation, production sonochimique de H₂, pression externe

ملخص

على الرغم من وجود العديد من الدراسات التي ناقشت انتاج الهيدروجين باستعمال الامواج الفوق صوتية، فان تأثير الضغط الخارجي على هذه العملية لم يسبق دراسته لا تجريبيا ولا نظريا. بناء على هذا فان الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الضغط الخارجي على انتاج الهيدروجين عن طريق الفقاعات الصوتية، و هو ما يسمى بالانتاج الصوتوكيميائي للهيدروجين. النموذج المستعمل يربط ديناميك تذبذب فقاعة واحدة مع حركية كيميائية تتألف من سلسلة تتكون من 25 تفاعل كيميائي عكوس تنتج في الفقاعة خلال انهيارها الداخلي. و لقد تم دراسة تأثير الضغط الخارجي على انتاج الهيدروجين من اجل العديد من الترددات، وكذلك ايضا تأثير الضغط الخارجي على حجم الفقاعات النشطة كيميائيا لإنتاج الهيدروجين. نتائج المحاكاة اظهرت ان الهيدروجين هو العنصر الجزئي الاكثر وجودا في الفقاعة وسرعة انتاج هذا العنصر تتناقص مع ارتفاع الضغط الخارجي في المجال 0,3–1,8 جوي وذلك من اجل الترددات الصوتية التالية: 355, 515, و 1000 كيلو هرتز. من جهة أخرى، اظهرت النتائج ان كثافة الفقاعات النشطة تتجه نحو الاحجام الصغيرة حين ينقص الضغط الخارجي تحت 1 جوي.

الكلمات المفتاحية: الامواج الفوق صوتية، الإنتاج الصوتوكيميائي للهيدروجين، تأثير الضغط الخارجي