



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Larbi Tébessi - Tébessa-
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Sciences de la matière



N° d'ordre :

Série :

Thèse

Présenté par:

Mohammed El Hadi ATTIA

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de

Doctorat en Sciences

Spécialité : Physique

Option : Physique Énergétique

Thème:

**Etude de l'Effet d'Injection de H_2 sur une Flamme
Non-Prémélangée**

Soutenu le : 19/01/2017

Devant le jury:

Mohammed Lotfi BENKHEDIR	Professeur	U. Tébessa	Président
Fethi BOURAS	Maître de conférence	U. El Oued	Rapporteur
Abdelmalek BOUMALI	Professeur	U. Tébessa	Co-rapporteur
Fayçal CHEMAM	Professeur	U. Tébessa	Examineur
Younes MOUSSAOUI	Maître de conférence	U. Gafsa-Tunisie	Examineur
Mohammed SI AMEUR	Professeur	U. Batna2	Examineur
Fouad KHALDI	Professeur	U. Batna1	Membre invité

Table des matières

ملخص.....	I
Abstract.....	II
Résumé.....	III
Dédicace.....	IV
Remerciements.....	V
Table des matières.....	VI
Liste des figures.....	IV
Nomenclature.....	V
Introduction	1
1. Motivation.....	1
2. Étude bibliographique.....	2
3. Objectifs de la thèse.....	6
4. Contenu du mémoire	6
Chapitre 1: Simulation aux Grandes Échelles « LES » pour la	8
Combustion	
1.1 La combustion turbulente	8
1.2 Modes de combustion et leurs applications industrielles	9
1.3 La simulation numérique de la combustion turbulente.....	10
1.3.1 RANS.....	11
1.3.2 DNS.....	11
1.3.3 LES.....	11
1.4 Description statistique sur l'écoulement turbulent.....	12
1.4.1 Nombre de Reynolds élevé.....	12
1.4.2 La valeur moyenne de Reynolds.....	13
1.4.3 Dissipation de l'énergie cinétique.....	14
1.4.4 Équations de Navier- Stokes compressibles.....	14
1.5 Echelles caractéristiques de la turbulence.....	16
1.5.1 La théorie de la turbulence de Kolmogorov	17
1.6 Modèle dynamique de turbulent.....	18



1.6.1 Généralité sur le modèle de la simulation aux grandes échelles LES	18
1.6.2 Les équations de LES.....	20
1.6.3 Modèles de sous-maille.....	21
1.6.4 Le modèle de Smagorinsky.....	22
1.6.5 Le modèle WALE.....	23
Conclusion.....	24
 Chapitre 2 : Présentation du Modèle de la Combustion « PDF »	26
2.1 Les modèles de simulation de la combustion non prémélangé	27
2.1.1 Le modèle des « flammlettes ».....	27
2.1.2 Le modèle Lagrangien MIL	28
2.1.3 Le modèle à La fonction de densité de probabilité PDF	28
2.1.3.1 La Fraction de mélange.....	29
2.1.3.2 La variable d'avancement.....	31
2.2 Généralité du modèle PDF.....	33
2.3 Types de l'approche PDF.....	35
2.3.1 Les modèles à PDF présumée.....	35
2.3.2 Les modèles à PDF transportée.....	36
2.4 Application de LES.....	38
Conclusion.....	40
 Chapitre 3 : Validation Numérique du Couplage LES/PDF	41
3.1 Mise en équations.....	41
3.2 Modélisation dynamique de la turbulence.....	42
3.3 La configuration de la chambre de combustion	44
3.4 Validation des modèles numériques	45
3.4.1 Vitesse axiale.....	45
3.4.2 Température.....	47
3.4.3 Fraction massique de monoxyde de carbone CO.....	48
3.4.4 Fraction de mélange Z.....	50
3.4.5 Variable d'avancement C.....	51
Conclusion.....	52

Chapitre 4 : Effet de l'Injection d'Hydrogène sur une Flamme de Méthane	53
4.1 Formulation mathématique du problème	54
4.2 Maillage.....	56
4.3 Effet de l'injection d'Hydrogène sur une flamme de Méthane	57
4.3.1 Vitesse axiale	58
4.3.2 Température	59
4.3.3 Fraction massique de monoxyde de carbone CO.....	60
4.3.4 Fraction de mélange Z	61
4.3.5 Variable d'avancement C.....	63
Conclusion.....	64
Conclusion générale.....	65
Annexe A : Analyse Paramétrique de la Pile à Combustible: Application au PEMFC et au SOFC	67
A.1 Description du mécanisme	70
A.2 Équations générales	72
A.3 Résultats et discussion	73
A.3.1 PEMFC.....	73
A.3.1.1 Fraction massique de H ₂ O.....	73
A.3.1.2 La densité actuelle.....	74
A.3.2 SOFC.....	74
A.3.2.1 Fraction massique de H ₂ O.....	74
A.3.2.2 Température.....	75
Conclusion.....	76
Annexe B : Tutorial et Testes en Utilisant FLUENT-CFD	77
B.1 Dynamique des fluides computationnelle (CFD).....	77
B.2 La modélisation FLUENT-CFD.....	77

B.2.1 Les étapes principales de la simulation dans FLUENT-CFD.....	78
B.2.2 Les étapes pour travailler directement.....	87
Conclusion.....	91
Références	92
Figure 1.1	Illustration des paramètres d'écoulement de la turbulence
Figure 1.2	Le spectre d'énergie d'une turbulence isotrope homogène
Figure 1.3	Exemple de l'injection non-préallumée.....
Figure 1.4	Définition de la variable d'avancement.....
Figure 1.5	Schéma du brûleur
Figure 1.6	Visualisation 3D de la distribution de température pour la combustion du
Figure 1.7	CH ₄
Figure 1.7.a	Profil de vitesse axiale moyenne
Figure 1.7.b	Les surfaces de la vitesse axiale
Figure 1.7.c	Profil de vitesse axiale moyenne
Figure 1.7.d	Les surfaces de la vitesse axiale
Figure 1.7.e	Profil de la température moyenne
Figure 1.7.f	Les surfaces de la température
Figure 1.7.g	Profil de la fraction massique moyenne de carbone monoxyde
Figure 1.7.h	Les surfaces de la fraction massique de carbone monoxyde
Figure 1.7.i	Profil de la fraction de mélange moyenne
Figure 1.7.j	Les surfaces de la fraction de mélange
Figure 1.7.k	Profil de la variable d'avancement moyenne
Figure 1.8	Le brûleur de la chambre de combustion.....
Figure 1.9	Visualisation 3D de la distribution de température pour la combustion du H ₂
Figure 1.9.a	Profil des vitesses axiales moyennes considérées l'injection de l'hydrogène.....
Figure 1.9.b	Les surfaces de la vitesse axiale de l'injection de l'hydrogène à 100%
Figure 1.9.c	Profil des températures moyennes considérées l'injection de l'hydrogène.....
Figure 1.9.d	Les surfaces de température de l'injection de l'hydrogène à 100%
Figure 1.9.e	Profil des fractions massiques moyennes de carbone monoxyde de combustion
Figure 1.9.f	l'injection de l'hydrogène