REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINSTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université YAHIA FARES de MEDEA

Faculté de technologie

Département de génie mécanique



Projet de fin d'étude pour l'obtention de diplôme de master en génie mécanique

Option : Energétique

Thème

Analyse par EF/VOF de l`Influence des Paramètre Géométrique de L`injecteur Sur la Dispersion d`un Jet Liquide Injecter Dans un Cylindre

Réalisé par :

- BENZIDOUN RANIA

- BADAOUI SAMIHA

Proposé et diriger par :

Dr. ZIRARI MOUNIR

Dr.LAABADLIA OMAR

2021- 2022

Remerciement

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science et de la connaissance.

Nous adressons notre vif remerciement à notre encadreur Mr. ZIRARI monir pour son compréhension et son conseil et son aide. Pour son gentillesse et son orientation efficace.

Nous adressons également notre profonde gratitude à tous les professeurs de l'université YAHIA FARES en particulier ceux du département GENIE MECANIQUE. Votre enseignement a porté ses fruits.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à L'élaboration de ce mémoire.

Dédicas

Grâce à dieu tout puissant, nous dédions ce modeste travail à toutes les personnes qui nous ont aidés de prés ou de loin à la réalisation de ce mémoire plus particulièrement :

Un grande merci à la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non àmes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse: mon adorable mère et mon père(رحمه الله)

pour leur amour ,ainsi que leur soutien inconditionnel, à la fois moral et économique,qui m'a permis de réaliser les études que je voulais et par conséquentce mémoire.

A toute nos familles et nos très chers frères : Bilel ,Amine,Hamza et sa fille Taline et Mohamed et ma seul sœurs Nassima .

Une dédicace très spéciale à mon binôme BADAOUI SAMIHA.

Travailler à ces cotés fut un réel plaisir.

A tous nos enseignants et à notre promotion de génie mécanique.

A tous mes amis NAIMA, NESRINE, MERIEM, ATIKA, NADJET, DOUNIA.

BENZIDOUN RANIA

Dédicace

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère

A ma très chère sœur Imane et son fils Sami et son mari,Chahinez

A mes très chers frères Fayssel,Yasser.

A mes grands-mères, mes oncles et mes tantes. Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A tous les cousins. Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

A tous ceux qui me sont chers.

A mon binôme BENZIDOUN RANIA, mes remerciements ne pourront jamais égaler ta profonde compréhension, ton grand cœur qui m'a apporté du soutien au moment où j'avais besoin d'aide.

A tous mes amis NESRINE, NADJET, SOUHILA, MOUNIA. LILA, LEILA, DALILA, SIHEM, WAHIDA, HAYET, ZOUZOU, SARA, WASILA, SOUAD, NADIA.

A tous nos enseignants et à notre promotion de génie mécanique.

BADAOUI SAMIHA

Résume :

Les contraintes actuel, écologiques et économique imposent aux constructeurs automobiles de réduire la consommation et la pollution des moteurs diesel. En effet, les normes de pollution sont le plus en plus draconiennes.

Les attentes des conducteurs en termes d'agrément de conduite et de performances sont elle aussi très importantes. Afin de favoriser le meilleur échange entre le carburant et comburant, une taille de goutte la plus fine possible est recherchée, dans le but l'augmenter. D'autres part l'interaction des phases et des champs magnétique un intérêt croissant depuis quelque dernières années.

Dans cette étude nous proposons d'analysé par voie numérique, la dynamique de jets liquides en interaction avec les paramètres géométrique dans l'intérêt d'optimiser la dispersion du jet pour une meilleur combustion de carburant.

Mots clés : Injection liquide, Dispersion, paramètres géométrique, simulation numérique, élément finis, écoulement turbulent, modélisation.

Abstract:

Current, ecological and economic constraints require car manufacturers to reduce the consumption and pollution of diesel engines. Indeed, pollution standards are more and more draconian. Drivers' expectations in terms of driving pleasure and performance are also very high.

In order to promote the best exchange between fuel and oxidizer, the finest possible drop size is sought, with the aim of increasing.

On the other hand, the interaction of phases and magnetic fields has been of growing interest for some recent years.

In this study, we propose to analyze numerically the dynamics of liquid jets in interaction with geometric parameters in the interest of `optimize jet dispersion for better fuel combustion.

Key words: Liquid injection, Dispersion, geometric parameters, numerical simulation, finite element, turbulent flow, modelling.

الملخص:

تتطلب القيود الحالية والبيئية والاقتصادية من مصنعي السيارات تقليل استهلاك وتلوث محركات الديزل. في الواقع، أصبحت معايير التلوث صارمة أكثر فأكثر.

كما أن توقعات السائق من حيث متعة القيادة والأداء مرتفعة عالية جدا. من أجل تعزيز أفضل تبادل بين الوقود والمؤكسد، يتم البحث عن أفضل حجم قطرة ممكن، بهدف الزيادة.من ناحية أخرى، كان تفاعل المراحل والمجالات المغناطيسية ذا أهمية متزايدة في بعض السنوات الأخيرة.

نقترح في هذه الدراسة التحليل العددي لديناميكيات النفاثات السائلة في التفاعل مع المعلمات الهندسية من اجل تحسين تشتت الطائرة من اجل احتراق افضل للوقود.

الكلمات المفتاحية: حقن سائل ، تشتت ، معاملات هندسية ، محاكاة عددية ، عنصر محدود ، تدفق مضطرب ، نمذجة.

SOMMAIRE

Dédicaces

Remerciements

Résumé

Sommaire

Liste Des Figures

Liste Des Tables

Nomenclature

Introduction générale 1

Chapitre I: Généralité sur l'injecteur diesel « liquide »

I.1-Introduction 3

I.2-Injection liquide 3

I.2.1-Injection 3

I.3.Le type d'injection.....3

I.3.1-Injection direct 3

I.3.2-Injection indirect 4

I.4-Injecteurs.....5

I.4.1-Injecteur de type Common Rail 5

I.4.2- Injecteur à sac et injecteur VCO.....6

I.5- Les combustibles 8

I.5.1. Combustibles liquides et gazeux.....8

a) Produits de distillation 8

b) Huiles végétales et diester 9

I.6.l'état de l'art 9

Conclusion 11

Chapitre II: Modèles mathémathique

II.1.Introduction 12

SOMMAIRE

II.1-Modélisation de L'écoulement des Fluides 12

II.1.1-Equation de Navier-Stokes 12

II.2 Équations gouvernantes de la dynamique de la chaleur : 12

a. Equation de continuité 13

b.Equation de quantité de mouvement 13

c.Equation de conservation d'énergie 14

II.3.Modélisation de la turbulence 14

II.4.Bilan d'énergie : 15

II.5-Les différents modes de transfert de chaleur 15

II.5.1.Transfert de chaleur par conduction 16

II.5.2.Transfert de chaleur par convection 16

II.5.3.Transfert de chaleur par rayonnement 17

II.6.Le nombre de Reynolds : 18

II.7.Le nombre de Prandtl 18

Conclusion 19

ChapitreIII:Méthode numérique

III.1.Introduction 20

III.2-Les trois grandes familes de méthodes 20

III.2.1.Méthode des différences finies 20

III.2.2.Méthode des éléments finis 20

III.2.3.Méthode des volume finis 20

III.3. Méthodes numériques de discrétisation 21

III.4. Méthode des volumes finis pour la résolution numérique : 21

III.4.1. Présentation de la méthode des volumes finis 21

III.4.2. Maillage dans la méthode des volumes finis 22

III.5-Mise en œuvre de la méthode des éléments finis 22

III.5.1-Formulation variationelle forte 22

III.5.2- Formulation variationelle faible 22

III.6. Forme générale des équations du système.....23

III.7-Discrétisation.....24

III.7.1-Discrétisation de l'équation de chaleur par élément fini.....24

a. Bilan Thermique.....24

III.7.2- Forme discrétisée.....25

III.8-Méthodes de discrétisations.....25

III.9- Choix d'un maillage.....26

III.10-Méthode VOF (Volume Of Fluid) 27

III.10.1- Principe de la méthode VOF 27

Conclusion 28

Chapitre VI Résultat et discutions

VI.I.Introduction 29

IV.2 ANSYS.....29

IV.2.2 Il existe plusieurs niveaux d'outils de simulation.....29

IV.3-Identification 30

IV.4. Analyse des résultats des simulations numériques pour le cas reference :.....33

IV.5: Etude de l'infleuence du changement géométrique dans le col .....37_Toc105418485

IV.6-Comparaison entre les 3 cas : 45

IV.7 :Comparaison entre le cas (0) et les trois cas: 48

Conclusion 50

Conclusion générale.....51

Figure I.1 : Principe d'injection directe dans un moteur diesel [2]. 4

Figure I.2 : Principe d'injection indirecte dans un moteur diesel [02 5

Figure I. 3: Schéma de principe d'un injecteur Common Rail [3]. 6

Figure I. 4: Injecteur à sac (à gauche) et injecteur VCO (à droite) [4].....7

Figure I.5 : Évolution de l'injection Diesel au cours des trente dernières années [5]. 7

Figure II.1 : bilan énergétique 15

Figure II.2 : schéma de transfert de chaleur par conduction 16

Figure II.3 : schéma du transfert de chaleur par convection.....17

Figure II.4 : schéma de transfert de chaleur par rayonnement 18

Figure III-1 :Volume de contrôle 22

Figure III.2: Bilan thermique.....24

Figure III.3 : domaine plan discrétisé en élément relies eux par nœuds. 25

Figure III.4 : (a) élément tétraédrique ;(b) élément hexaédrique.....26

Figure.III.5 : Méthode VOF [27] 28

Figure IV.1 : représentation Spatiale de la configuration géométrique et les conditions limites [30].....31

Figure IV.2 : Dynamique de spray obtenue à l'aide d'une simulation numérique directe de Menard et al.[31].....31

Figure IV.3 :résultat expérimental de Ménard [30]. 32

Figure IV.4 : représentation spatiale de nos résultats de calcul de la dispersion dynamique du jet liquide dans le cylindre 32

La figure IV.5: représentation spatiale de la dynamique de dispersion du jet dans le cylindre 33

Figure IV.6:Représentation de l'enplacement des capteurs pour l'analyse 33

Figure IV.7: la Variation de la pression dans le temps pour les cinq capteurs proposés. 34

Figure IV.8: Représentation des sections transversale pour les captures de vitesse 34

Figure IV.9: la variation de la vitesse transversale pour le cas référence au differentes sections transversale en amont et en aval et à linterieur du col de l'injecteur. 35

Figure IV.10: Représentation des points axial 35

Figure IV.11: La variation de la vitesse axial pour le cas reference 36

Figure IV.12: Les trois schémas du cool proposé pour la perturbation de l'écoulement. 37

La figure IV.13: représentation spatiale de la dynamique de dispersion et le déclanchement de l'atomisation pour le premier cas. 37

Figure IV.14 : représentation spatiale de l'nteraction développé par le jet dynamiquement , pour le premiere cas.....38

Figure IV.15 :la Variation de la pression transversale aux 5 pressions différentes 1è*r* cas.....38

FigureIV.16 : profiles de vitesse radiale dans le 1èr cas. 39

Figure IV.17 : la variation de la vittesse axial dans le 1èr cas.....39

Figure IV.18: représente les résultats de développement de la fraction volumique.....40

Figure IV.19 :développement de la fraction volumique ,vitesse et la pression pour le deuxième cas. 40

Figure IV.20: La Variation de la pression transversale aux 5 pressions différentes.....41

Figure IV.21: Profiles de Vitesse avec la position transversale dans le 2ème cas.....41

Figure IV.22 :la varation de la vitesse axial dans le le 2ème cas.....42

Figure IV.23: représente les résultats de développement de la fraction volumique.....42

Figure IV.24 :développement de la fraction volumique ,vitesse et la pression pour le deuxième cas. 43

Figure IV.25: la Variation de la pression transversale aux 5 position différentes 3è*me* cas. 43

Figure IV.26: profiles de vitesse avec la position transversale dans 3èmecas. 44

Figure IV.27 :la varation de la vitesse axial dans le le 3ème cas.....44

Figure IV.28 : Profil de la pression axiale. 45

Figure IV.29 : Comparaison entre les profils de pression entre les 3 cas. 45

Figure IV.30 :profiles de vitesse avec la position 1dans le 1 2 et 3 cas.....46

Figure IV .31: profile de vitesse avec la position 2 dans 1 2 et 3 cas. 46

Figure IV .32: profile de vitesse avec la position 3 dans 1 2 et 3 cas. 47

FigureIV.33 : profile de vitesse axial avec la position 2 dans le cas (0 1 2 et 3). 48

Figure IV.34: Comparaison entre le cas (0) et les trois cas de développement de la fraction volumique 48

Figure IV.35:profiles de vitesse avec la position 1dans le cas (0)et 1 2 et 3 cas. 48

Figure IV.36:profiles de vitesse avec la position 2 dans le cas (0)et 1 2 et 3 cas. 49

Figure IV.37:profiles de vitesse avec la position 3 dans le cas (0)et 1 2 et 3 cas. 49

Tableau I.1 les caractéristiques moyennes dans les Produits de distillation[6].....8

Tableau III-1. Comparaison des avantages et des inconvénients des différentes méthodes numériques 21

Tableau III.2 : Expression des coefficients d"échange et des termes sources pour les différentes variables. 24

Tableau VI.1 : propriétés thermique et dynamique utilisé pour le calcul 30

Tableau IV.2 : paramètres de calcul de Ménard [30] 30

Nomenclateur

Lettres latines

Notation	Signification	Unité
Cp	Capacité calorifique massique à pression constante	$[m^2.s^{-2}.K^{-1}]$
α	Fraction de volume.	
P	La pression.	[Pa]
P_r	Nombre de Prandtl	
R_e	Nombre de Reynolds	
T	Température	[°K]
W_e	Nombre de Weber	
V	Vitesse	[m/s]
T	Temps	[s]
D	Diamétre	$[\mu m]$
S	La surface	$[m^2]$
V	Volume	$[m^3]$

Lettres grecques

δ	Fonction Dirac ou symbole de Kronecker	
ϵ	Dissipation turbulente	
θ	Angle	
k	Courbure	
μ	Viscosité dynamique	[Pa.s]
ρ	Densité volumique	$[Kg/m^3]$
σ	Tension de surface	
Σ	Densité volumique d'interface (liquide/gaz)	
φ	Richesse	

Nomenclateur

ψ	Fonction indicatrice dense/dilué	
Ω	Densité massique d'interface (liquide/gaz)	
Γ_{ϕ}	Coefficient de diffusion	
C_{ϕ}	Coefficient d'advection transitoire	
λ	Conductivité thermique	[W.m^{-1}.K^{-1}]
S_{ϕ}	Termes source	

Introduction générale

Introduction générale:

Le système d'injection est un des paramètres les plus importants dans le fonctionnement dans les moteurs diesel. Il est d'ailleurs souvent appelé « le cœur du moteur » il contrôle l'apport de carburant en fonction des besoins du moteur, et assure une haute pression d'injection requise pour l'atomisation dans la chambre de combustion. De cette façon, ce système a un impacte direct sur la consommation, les émissions et le bruit des moteurs en générale.

Dernièrement les technologies utilisées dans les systèmes d'injection ont évolué,principalement dans le domaine des véhicules particuliers, des utilitaires légers et du sport.En effet, les contraintes de hautes performances, de faibles consommation et émissions, de bas brut, et de coût font de l'optimisation des systèmes d'injection de recherche particulièrement d'actualité.

Pour améliorer la qualité de la combustion, on s'appuie sur l'homogénéité des pulvérisations et des mélanges, de sorte que les moteurs doivent être équipés de systèmes d'injection capables de mélanger le carburant et l'air ensemble et sous haute pression.

Chapitre I:
Généralité sur l'injecteur diesel « liquide »

I.1-Introduction :

L'injection est un dispositif d'alimentation des moteurs à combustion, permettant d'acheminer le carburant dans la chambre de combustion directement. Préférée au carburateur afin d'améliorer le rendement moteur, l'injection fut à l'origine exclusivement mécanique, puis améliorée par l'électronique en utilisant un calculateur électronique. Dans les moteurs Diesel, la qualité de la combustion dépendra de la pulvérisation du carburant et de l'homogénéité du mélange. Les moteurs devront être équipés de systèmes d'injection capables de réaliser le mélange air carburant ensemble et sous des pressions élevées.

Les moteurs devront être équipés de systèmes d'injection capables de réaliser le mélange air carburant ensemble et sous des pressions élevées. Un jet puissant permet aux gouttelettes traversant l'air d'atteindre des températures suffisantes pour que l'évaporation se réalise et la turbulence évite que les gaz brûlés séjournent à proximité de l'injecteur, empêchant le mélange de l'oxygène et le carburant [01].

I.2-Injection liquide :

I.2.1-Injection : Pour n'importe quel moteur à combustion interne à fonctionner en douceur et de manière efficace, le carburant et besoin d'air pour être correctement mélangés. Les problèmes de mélange de carburant et d'air sont en particulier dans un grand moteur diesel, où l'air et le combustible sont introduits à différents moments au cours du cycle et doivent être mélangés à l'intérieur des cylindres .

I.3.Le type d'injection : On distingue deux catégories de moteurs selon le type d'injection. Deux grands types d'injection existent :

I.3.1-Injection direct: Dans ce cas, l'injecteur débouche directement dans le cylindre. Une distinction de base est faite entre les processus de dispersion du carburant dans l‟air et de dispersion d‟un film sur les parois. La sélection du processus d‟injection a un effet direct sur les émissions et la consommation. La dispersion dans l‟air offre des avantages en termes de consommation de carburant, d‟émission de HC et de fumée. Dans l‟autre cas, le carburant s‟enlève des parois sous l‟action des tourbillons d‟air, et se mélange avec l‟air. Il offre de meilleures caractéristiques d‟émission de NOx, et réduit le bruit de combustion (combustion plus lente à des températures plus basses). Le système d'injection directe est assez commun

entre un moteur diesel et une motrice essence, ce qui n'est pas le cas pour l'injection indirecte dont la conception change en partie.

Ici c'est donc assez simple : le bout de l'injecteur donne directement sur la chambre de combustion (le cylindre), il va donc pulvériser le carburant directement dans cette chambre au moment voulu (temps sur les 4temps). Sur un diesel, il est un peu plus difficile d'injecter le gazole car il est moins fluide que l'essence. En conséquence, l'injection est souvent plus puissante en termes de pression. Notez qu'il ne s'agit pas d'une bougie mais bel et bien d'un injecteur ... Le carburant est ici envoyé sous pression directement dans la chambre de combustion [02]

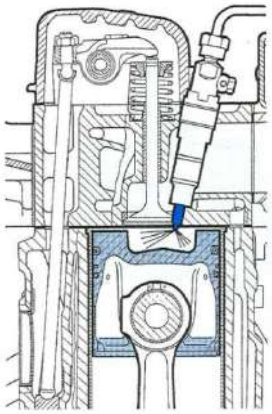


Figure I.1 : Principe d'injection directe dans un moteur diesel [2].

I.3.2-Injection indirect : Dans ce type de moteur, l‟injecteur débouche dans une chambre de précombustion, ou préchambre, communiquant avec le cylindre (chambre principale). Elle a été conçue pour remédier au problème de bruit de combustion. Du fait du manque d‟air dans la préchambre, les quantités de suies émises sont plus grandes que pour l‟injection directe. De plus, la formation des NOx est réduite, du fait que lorsque la préchambre atteint une température élevée, l‟oxygène requis est absent. En effet, ce qui arrive par la soupape d'admission dans un diesel ne se limite qu'à de l'air, alors que dans une essence c'est un mélange air/carburant. En conséquence, le mélange se fait dans une petite chambre à part qui est connectée au cylindre via un conduit, et non pas dans un autre endroit situé ailleurs (dans le circuit d'admission dans le cas d‟une essence). Le mélange sera effectué encore une fois grâce aux "courants d'air" générés par les va et vient du cycle 4 temps (mais aussi par la conception aérodynamique précise de l'intérieur du moteur, qui permet alors les turbulences nécessaires au mélanges air/carburant).

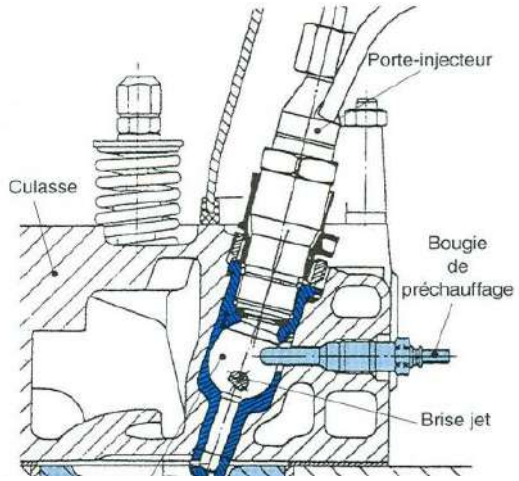


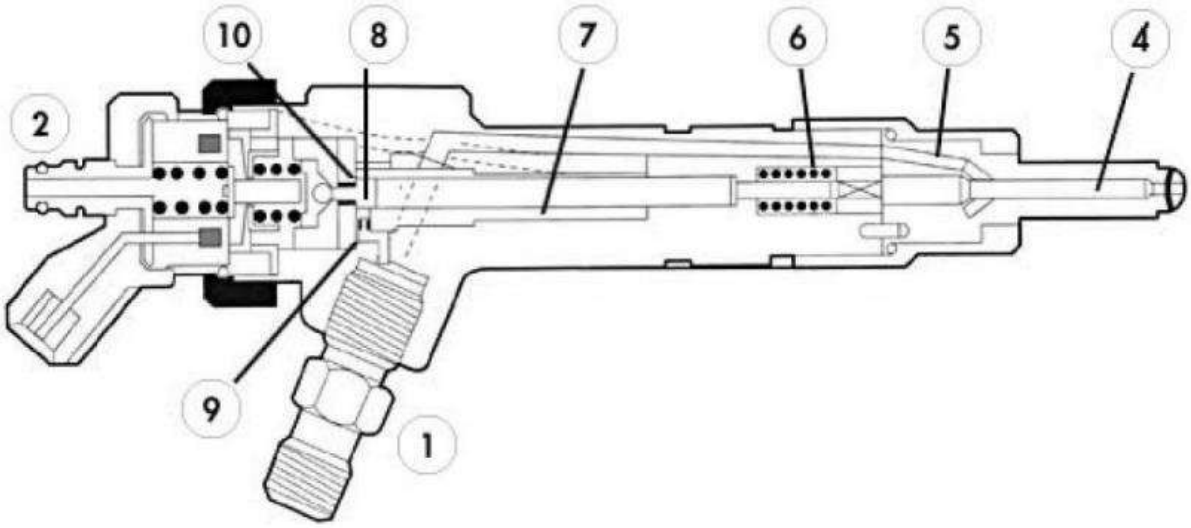
Figure I.2 : Principe d'injection indirecte dans un moteur diesel [02].

I.4-Injecteurs : L'injection est un procédé permettant d'alimenter un moteur à combustion en amenant le carburant dans la chambre de combustion sous pression et avec un dosage parfait remplaçant le carburateur. Il reçoit sous pression le carburant et le libère dans le moteur (de manière directe ou indirecte) sous la forme d'un jet microscopique.

I.4.1-Injecteur de type Common Rail : L'injecteur de type Common Rail permet la pulvérisation du carburant dans la chambre de pression en dosant avec précision le débit et l'instant d'injection. L'injecteur est composé de deux parties (Figure I.3) :

- La partie supérieure est un dispositif à commande électrique qui permet le contrôle de l'aiguille.

- La partie inférieure est un injecteur à trous multiples, semblable aux injecteurs classiques montés sur les moteurs à injection directe



1 - raccord d'entrée de pompe

2 - raccord de retour au réservoir

4 - aiguille d'injecteur

5 - chambre de pression

6 - ressort d'injecteur

7 - tige de liaison

8 - chambre de commande

Figure I. 3: Schéma de principe d'un injecteur Common Rail [3].

Les techniques d'injection Diesel connaissent, depuis la mise sur le marché des moteurs à injection directe, une véritable révolution. Pour ce qui est des systèmes d'injection à rampe commune, la porte injectrice et le nez de l'injecteur ont du être adaptés pour pulvériser au mieux le fuel et limiter les dispersions jet à jet et cycle à cycle ; en effet, ces fluctuations incontrôlées sont des sources de formation de polluants et de surconsommation. Nous détaillons dans la suite quelques unes des évolutions techniques du système d'injection.

I.4.2- Injecteur à sac et injecteur VCO : Les injecteurs à sac possèdent une cavité, appelée sac, à la base de l'aiguille lorsque celle-ci repose sur son siège (Figure I.4). L'augmentation de la contenance de ce sac dégrade les émissions d'hydrocarbures imbrûlés. En effet, à la fin de l'injection, lorsque l'aiguille est retombée, le fuel contenu dans ce volume se déverse dans la chambre de combustion. Ce carburant brûle très lentement et de manière incomplète.

Cela crée des problèmes depollution. Pour pallier ce défaut, les équipementiers proposent l'injecteur VCO (Valve Covered Orifice) qui ne présente pas de sac : l'aiguille vient obstruer directement l'orifice débitant. Dans ce cas, pour des charges faibles et moyennes, l'aiguille

n'est que partiellement levée. Les sprays sont alors très dissymétriques induisant une forte augmentation de formation de particules à l'échappement. En effet, la répartition de carburant dans la chambre étant changée, des zones très riches en fuel apparaissent, entraînant la formation de particules de suies.

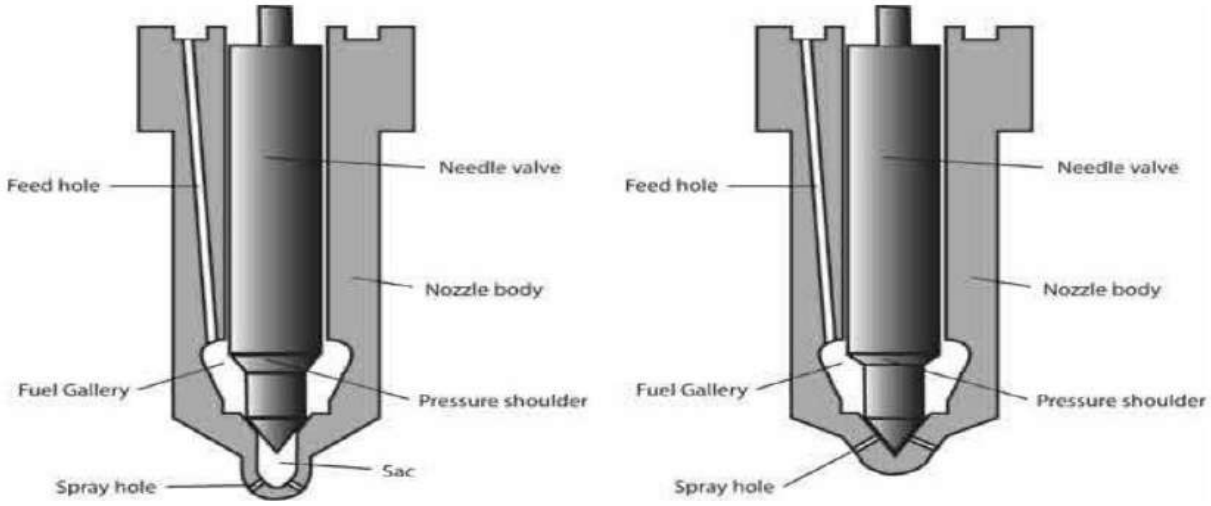


Figure I. 4**: Injecteur à sac (à gauche) et injecteur VCO (à droite) [**4**]**

Différents compromis sont proposés. Ils sont regroupés sous la terminologie de mini et micro sac suivant l'importance de ce dernier. L'augmentation du volume de cette cavité tend à limiter l'émission de suies en charge partielle, mais, en revanche, accroît le niveau d'imbrûlés émis [3].

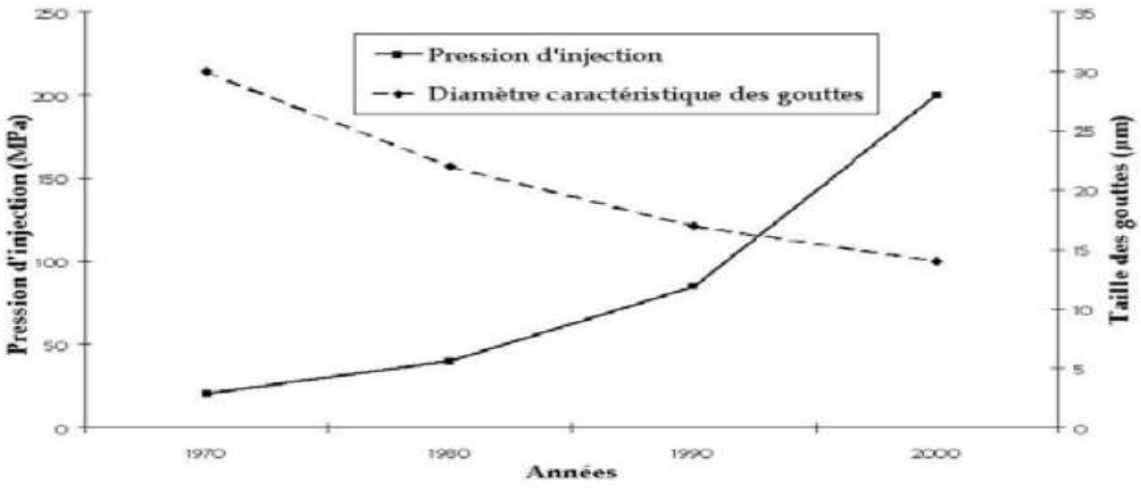


Figure I.5 **: Évolution de l'injection Diesel au cours des trente dernières années [**5**].**

I.5- Les combustibles :

Les combustibles peuvent être de provenance et de nature très variées, ils contiennent en quantités variables des éléments utiles : du carbone et de l'hydrogène et des éléments neutres ou mêmes néfastes : de l'oxygène, de l'azote, du soufre, des minéraux (qui se transforment en cendres) Pour calculer la composition de leurs fumées, il est nécessaire de connaitre leur composition chimique. On les classe ci-après selon leur nature :

I.5.1. Combustibles liquides et gazeux:

Les combustibles gazeux aujourd'hui sont d'origine essentiellement pétrolière. On ne les dissociera pas de ceux-ci.

Le pétrole est d'origine mal connue. Beaucoup plus ancien que les charbons, il est certainement le résultat de la décomposition des microorganismes des mers primitives. La teneur en soufre naturelle (gaz ou liquide) est importante. Ils doivent être d'soufrés.

a) Produits de distillation:

Les hydrocarbures pétroliers de distillation seront plus ou moins volatils selon la hauteur du soutirage dans la colonne de distillation c'est-à-dire de la température de distillation. Cela ira du Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL : mélange butane 65% propane 35%) jusqu'aux fuels lourds pour ce qui concerne les combustibles et d'autres produits plus lourds tel que paraffine ou goudron.[4]

Tableau I.1 les caractéristiques moyennes dans les Produits de distillation[6].

	GPL	Essence	Kérosène	Gasoil	Fuel lourd
C%	82,5	85,5	85,7	86	87
H%	17,5	14,5	14,3	13,3	11,35
S%	0	0	<0,3	0,3	1
N%	0	0	0	0,2	0,25
O%	0	0	0	0,2	0,4
Ma	15,4	15	15	14,3	14
D	0,55	0,75	0,8	0,844	0,99
Ip	46 MJ /kg	44MJ/kg	43,5MJ/kg	42MJ/kg	42MJ/kg

b) Huiles végétales et diester :

Ce sont les carburants de substitution pour moteurs diesels. Les huiles végétales, ayant de mauvaises caractéristiques (viscosité et température d'écoulement élevée, température de craquage et indice de cétane faible), on préfère utiliser ces huiles sous forme diester dont les caractéristiques sont voisines de celles du gasoil. Le diester est une huile végétale estérifiée c'est à dire transformée par réaction d'un acide ou d'une base en présence d'un catalyseur [5].

I.6.l'état de l'art :

Ménard T.al [6] ont été proposés des simulations numériques directes du suivi d'interface et ils sont utilisés ici obtenir des données afin de construire et de valider une deuxième approche, qui se base sur une description moyenne des deux écoulements de phase qui présente un intérêt pratique pour simuler le diesel et la combustion.Ont contribué à la compréhension de la rupture primaire dans le spray diesel au moyen de simulations, par ex. représentant correctement l'influence de la température du gaz. Ont proposé un modèle DNS pour valider et caler finement les équations de transport de la fraction massique moyenne de liquide et de la densité moyenne d'interface liquide et d'amélioration du modèle de spray DNS et de façon plus générale, d'amélioration de la modélisation de l'atomisation des jets diesel. Dans le même axe de recherche nous proposant dans cette étude la réalisation des expériences numériques de l'atomisation et la dispersion de fuel diesel à l'intérieur de chambre de combustion par injecteur en proposant plusieurs configurations géométriquespossible.

FUSTER.D [7] :ont étudié l'influence de l'injecteur et l'effet de la génération de tourbillons et des tourbillons dans des Reynolds élevés nombre de simulations de jets coaxiaux.

BEHZAD [8] : ont démontré la fiabilité des modèles LEIS en simulant le mécanisme physique sous-jacent à la rupture de surface d'un jet de liquide injecté transversalement sur un flux transversal à Re = 1200.

Enfin, les approches de simulation numérique directe (DNS) impliquent des exigences strictes en termes de ressources de calcul, car des nombreuses échelles de longueur impliquées dans le phénomène. Ce inclut la représentation correcte des phénomènes de surface, tels que la croissance des vagues et des filaments, ainsi que la génération de gouttes de taille variable dans les processus d'atomisation primaire et secondaire.

Desjardinsetal [9] ont proposé une méthode numérique robuste et conservatrice de masse pour l'étude de l'atomisation turbulente d'un jet de Diesel liquide.

Lebaset al[10]ont proposé un modèle DNS pour valider et caler finement les équations de transport de la fraction massique moyenne de liquide et de la densité moyenne d'interface liquide et d'amélioration du modèle de spray DNS et de façon plus générale, d'amélioration de la modélisation de l'atomisation des jets Diesel. Dans le même axe de recherche nous proposant dans cette étude la réalisation des expériences numériques de l'atomisation et la dispersion de fuel diesel à l'intérieur de chambre de combustion par injecteur en proposant plusieurs configurations géométriques possible. L'injection d'un liquide à grande vitesse dans une chambre à air calme.

F. PISCAQLIA et al [11] Ils ont fait une comparaison entre les simulations CFD à haute résolution et les visualisations expérimentales. Ils ont utilisé la visualisation d'ombre expérimentale en temps réel de la buse d'imitation claire sur des versions similaires du bus en verre transparent de l'injection de carburant haute pression pour vérifier la précision du cadre de lapin multiphase de l'interférence LES-VOF. Les expériences et les simulations de Solver capturent la formation d'une structure de vapeur instable de la taille du cratère, une cavité dite de chaîne située au cœur des zones de resurfaçage.

Bencherif et al [12] ont mené une étude concernant l‟effet de l'instant d'injection, la durée d'injection, le diamètre du bowl et le taux d'EGR sur les émissions des NOx et des suies ainsi que sur les performances mécaniques. La simulation numérique a indiqué qu‟il y a une grande influence de ces paramètres sur la combustion et la réduction des polluants.

Calimez en 1998[13] a été l'un des premiers a avoir couplé le changement de phase avec la méthode VOF dans le domaine de l'atomisation pour des écoulements diphasiques réactifs. Ce dernier a, lui aussi, été contraint de réaliser des simulations dans des domaines confinés et d'énoncer des hypothèses thermodynamiques fortes, étant donné les moyens de calcul de l'époque.

Ahmed, et al [14] ils ont suggéré un moyen d'étudier la lumière ainsi que de former un cadre numérique cohérent basé sur des techniques de capture l'interface. Dans cette étude, Ils ont simulé la cavité numérique de l'injection de liquide dans le gaz sans condensation. Des simulations numériques du jet du fluide de cavité sont prévues pour deux types de cavité, la cavité et la cavité lumineuse très fine. Et comparé les résultats numériques des mesures

expérimentales trouvées dans la littérature sur le champ de vitesse à l'intérieur de l'injecteur, et qualitativement comparé l'acquisition de portes liquide.

Le Pierre-Arnaud Beau [**15]**à développer, d'implémenter et de valider le modèle ELSA dans le contexte de l'injection Diesel. Ce dernier permet de décrire de façon complète le spray diesel depuis l'intérieur de l'injecteur jusque dans la zone diluée du spray. Il est important de décrire correctement le processus d'atomisation lors de l'injection Diesel, car ce phénomène contrôle la dispersion de la masse liquide et vapeur (vaporisation) dans la chambre de combustion.

Conclusion:

Dans ce chapitre nous donnons une généralité sur l'injection diesele (liquide),description et fonctionnement.Actuellement, avec l'augmentation des émissions polluant Les contractes actuel impose sur les constructeurs de l'automobile diesel de trouver des solutions pour diminue le et pour moins de consommation de carburant. C'est pour cela le système d'injection Common rail se considère comme une meilleure et parmi les premières solutions.

Dans le chapitre suivant nous étudions une présentation des modéles mathémathique de transfert de chaleur et l'écoulement diphasique turbulent de fluide incompressible en régime variable.

Chapitre II

Modèles mathémathique

II.1.Introduction :

Dans ce chapitre nos présentons la modélisation mathématique de transfert de chaleur et l'écoulement d'un fluide incompressible en régime variable, ou les modèles de fermeture abordés.

Pendant quelques décennies, Brandtell, Navier Stocks et Reynolds ont réussi à découvrir les lois fondamentales de la mécanique des fluides, et il restait aux ingénieurs et au monde à exploiter ces lois et compteurs pour servir l'homme.

En général, les mécanismes fluides subissent trois équations de base. Il s'agit de l'équation de continuité, l'équation de la quantité de mouvement et l'équation de l'énergie. Ce chapitre vise à introduire les principales équations qui régissent le problème simultané (dynamique et thermique) ou les lois de base seront développées.

II.1-Modélisation de L'écoulement des Fluides : Tous les problèmes de CFD sont bases sur les lois fondamentales de mécanique des fluides qui sont :

II.1.1-Equation de Navier-Stokes : On considère l'"écoulement de deux fluides incompressibles, newtoniens et nonmiscibles. La dynamique de chaque phase k est déterminée par les équations de Navier- Stokes :

$$\frac{d\rho kv}{dt} + \nabla(\rho k) = \rho kg - \nabla\rho k + \nabla(2\mu Ksk) \qquad \text{(II.1)}$$

II.2 Équations gouvernantes de la dynamique de la chaleur :

Le mouvement d'un fluide est modélisé par les équations de Navier-Stokes qui permet de traiter les fluides classiques comme l'air, l'eau, l'huile ou aussi les métaux fondus. Les équations gouvernantes sont :

- la conservation de la masse ou l'équation de continuité,
- la conservation de la quantité de mouvement,
- la conservation d'énergie (premier principe de la thermodynamique).

La formulation mathématique des lois de la conservation régissant les phénomènes physiques comme les écoulements de fluides, est généralement écrite sous forme d'équations aux dérivées partielles comme suit [16] :

a. Equation de continuité :

C'est l'équation qui exprime la loi de conservation de la masse pour un volume de contrôle matériel. Elle s'exprime mathématiquement sous la forme suivante :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \qquad \text{(II.2)}$$

Ou dans une notation plus compacte :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathrm{div}(\rho u) = 0 \qquad \text{(II.3)}$$

Anisi, l'incompressibilité d'un fluide $(\partial\rho / \partial t = 0)$ se traduit par la relation suivant :

$$\mathrm{div}\, u = 0 \qquad \text{(II.4)}$$

b.Equation de quantité de mouvement :

Le principe de conservation de la quantité de mouvement permet d'établir les relations entre les caractéristiques du fluide lors de son mouvement et les causes qui le produisent. Il indique que le taux de variation de quantité de mouvement contenu dans le volume de contrôle est égal à la somme de toutes les forces extérieures qui lui sont appliquées. Les équations de la quantité de mouvement (ou équations de Navier-Stokes) pour des fluides newtoniens incompressibles en régime laminaire sont données par les expressions suivantes :

Suivant OX :

$$\rho\left(\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z}\right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z}\right) + [\rho - \rho_0]g_x \qquad \text{(II.5)}$$

Suivant OY:

$$\rho\left(\frac{\partial \mathrm{v}}{\partial \mathrm{t}} + \mathrm{u}\frac{\partial \mathrm{v}}{\partial \mathrm{x}} + \mathrm{v}\frac{\partial \mathrm{v}}{\partial \mathrm{y}} + \mathrm{w}\frac{\partial \mathrm{v}}{\partial \mathrm{z}}\right) = -\frac{\partial \mathrm{p}}{\partial \mathrm{y}} + \left(\frac{\partial \tau_{x\gamma}}{\partial \mathrm{x}} + \frac{\partial \tau_{\mathrm{yy}}}{\partial \mathrm{y}} + \frac{\partial \tau_{\mathrm{zy}}}{\partial \mathrm{z}}\right) + [\rho - \rho_0]g_y \qquad \text{(II.6)}$$

Suivant OZ :

$$\rho\left(\frac{\partial \mathrm{w}}{\partial \mathrm{t}} + \mathrm{u}\frac{\partial \mathrm{w}}{\partial \mathrm{x}} + \mathrm{v}\frac{\partial \mathrm{w}}{\partial \mathrm{y}} + \mathrm{w}\frac{\partial \mathrm{w}}{\partial \mathrm{z}}\right) = -\frac{\partial \mathrm{p}}{\partial \mathrm{z}} + \left(\frac{\partial \tau_{\mathrm{xz}}}{\partial \mathrm{x}} + \frac{\partial \tau_{\mathrm{yz}}}{\partial \mathrm{y}} + \frac{\partial \tau_{\mathrm{zz}}}{\partial \mathrm{z}}\right) + [\rho - \rho_0] \qquad \text{(II.7)}$$

Où les composants du tenseur des contraintes visqueuses sont donnés par :

$$\tau_{yx} = \tau_{xy} = \mu\left[\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right]; \qquad \tau_{yz} = \tau_{zy} = \mu\left[\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}\right]; \qquad \tau_{xz} = \tau_{zx} = \mu\left[\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}\right];$$

$$\tau_{xx} = \mu\left[2\frac{\partial u}{\partial x}\right]; \tau_{yy} = \mu\left[2\frac{\partial v}{\partial y}\right]; \tau_{zz} = \mu\left[2\frac{\partial w}{\partial z}\right].$$

c.Equation de conservation d'énergie : L'équation de conservation d'énergie est obtenue à partir du premier principe de la thermodynamique. Ce principe met en relation les différentes formes d'énergie par :

$$\rho C_p \frac{DT}{Dt} + \rho C_p U.\nabla T = \text{div}(\lambda grad) + \emptyset \qquad \text{(II.8)}$$

Ou :

$$\emptyset = \tau_{xx}\frac{\partial u}{\partial x} + \tau_{yx}\frac{\partial u}{\partial y} + \tau_{zx}\frac{\partial u}{\partial z} + \tau_{yy}\frac{\partial v}{\partial y} + \tau_{zy}\frac{\partial v}{\partial z} + \tau_{xz}\frac{\partial w}{\partial x} + \tau_{yz}\frac{\partial w}{\partial y} + \tau_{zz}\frac{\partial w}{\partial z} \qquad \text{(II.9)}$$

Avec :

$\boldsymbol{\rho C_P \frac{DT}{Dt}}$ **:**La variation totale d'énergie.

$\boldsymbol{\rho C_P U \cdot \nabla T}$ **:**La variation d'énergie par convection.

$\textbf{div}(\boldsymbol{\lambda grad})$ **:** La variation d'énergie par conduction.

$\boldsymbol{\emptyset}$: La dissipation irréversible due au frottement visqueux [17]

II.3.Modélisation de la turbulence :

L'application acteuelle a été rendue possiple grâce aux progrès réalisés dans le domaine de l'analyse des équations de la mécanique des fluides, en particulier le développement de méthodes de calcul. Aujourd'hui, la modélisation est un véritable complément à la recherche expérimentale la modélisation de la turbulence est un outil important pour compredre les mécanismes physiques de la conception et du développement industriel.Sa capacité à limiter le nombre d'essais en soufflerie, réduisant ainsi les coûtset les délais de conception, pose un enjeu économique important. Actuellement, les applications impliquant une géométrie complexe réelle dans les domaines de la prévision atmosphérique et de la qualité de l'air de la couche limite urbaine impliquent des phénomène complexes :transition laminaires, turbulence, séparation, etc.

II.4.Bilan d'énergie :

Il faut tout d'abord définir un système (S) par ses limites dans l'espace et il faut ensuite établir l'inventaire des différents flux de chaleur qui influent sur l'état du système et qui peuvent être :

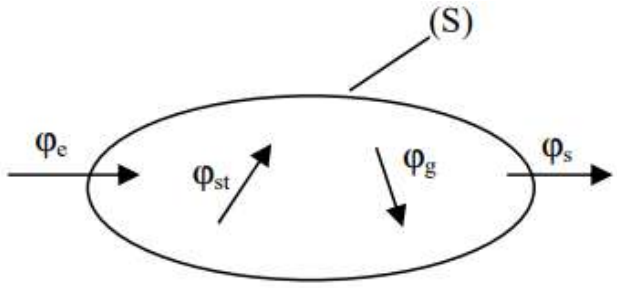


Figure II.1 : bilan énergétique

$\boldsymbol{\varphi_{st}}$ flux de chaleur stocké

$\boldsymbol{\varphi_{g}}$ flux de chaleur généré dans le système (S)

$\boldsymbol{\varphi_{e}}$ flux de chaleur entrant

$\boldsymbol{\varphi_{s}}$ flux de chaleur sortant

On applique alors le 1er principe de la thermodynamique pour établir le bilan d'énergie du système (S) : $\varphi_e + \varphi_s = \varphi_g + \varphi_{st}$(II.10)

II.5-Les différents modes de transfert de chaleur :

Lorsque deux systèmes sont à des températures différentes, le système le plus chaud cède de la chaleur au plus froid. Il y a échange thermique ou encore transfert thermique entre ces deux systèmes. Cette situation se rencontre dans de nombreuse situationsindustrielles (moteurs thermiques ou même électriques, centrales électriques au fuel au gaz, etc…, électronique) ou domestique (chauffage de l'habitat)[18].

Un transfert d'énergie donne lieu à un flux de chaleur qui correspond à un déplacement de l'énergie du plus chaud vers le plus froid. Il existe trois modes essentiels de transferts de chaleur : la conduction, le rayonnement et la convection.

II.5.1.Transfert de chaleur par conduction :

C'est le transfert de chaleur au sein d'un milieu opaque, sans déplacement de matière, sous l'influence de différence de température. La propagation de la chaleur par conduction à l'intérieur d'un corps s'effectue selon deux mécanismes distincts : une transmission par les vibrations des atomes ou molécules et une transmission par les électrons libres.

Le transfert de chaleur par conduction s'appuie sur la loi de Fourier [19]:

la densité de flux est proportionnelle au gradient de températeur :

$$\vec{\varphi} = -\lambda \overrightarrow{\text{grad}}(T) \qquad \text{(II.11)}$$

Ou sous forme algébrique :$\varphi = -\lambda \, S \frac{\partial T}{\partial x}$ (II.12)

Avec :

$\boldsymbol{\varphi}$Flux de chaleur transmis par conduction (W)

$\boldsymbol{\lambda}$Conductivité thermique du milieu $(W\ m^{-1}\ °C^{-1})$

$\boldsymbol{x}$ Variable d'espace dans la direction du flux (m)

S Air de la section de passage du flux de chaleur (m^2)

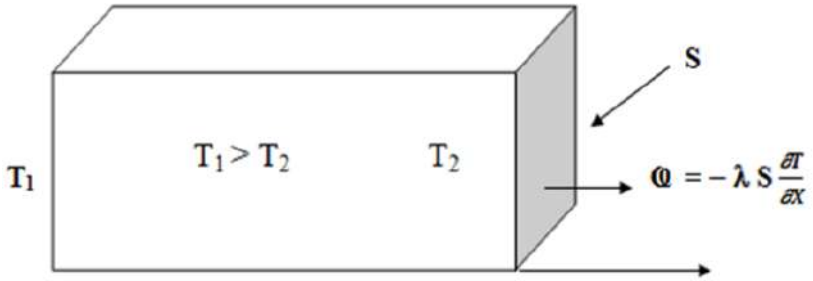


Figure II.2 : schéma de transfert de chaleur par conduction

II.5.2.Transfert de chaleur par convection :

La convection est un transfert de chaleur dans un milieu matériel avec mouvement de matière. Ce mode de transfert ne concerne donc que les fluides ou les échanges entre un solide et un fluide. Ce mécanisme de transfert est régi par la loi de Newton [19]:

$$\varphi = hS(T_P - T_\infty) \qquad \text{(II.13)}$$

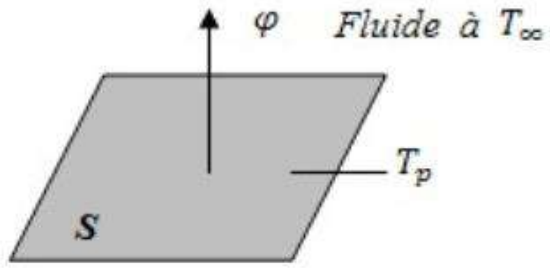


Figure II.3 : schéma du transfert de chaleur par convection

Avec :

$\boldsymbol{\varphi}$ flux de chaleur transmis par convection (W)

$\boldsymbol{h}$ Coefficient de transfert de chaleur par convection (W$m^{-2}°C^{-1}$)

$\boldsymbol{T_p}$ Température de la surface ($°C$)

$\boldsymbol{T_\infty}$ Températeur du milieu environnant la surface ($°C$)

S Aire de la surface de contact solide / fluide (m^2)

Selon la façon dont le fluide s'écoule, le transfert de chaleur par convection est appelé convection libre et convection forcée. La convection est dite naturelle ou libre lorsqu'un courant électrique se produit dans un fluide en raison des seules différences de température. En revanche, si le mouvement du fluide est provoqué par une action extérieure, telle qu'une pompe ou un ventilateur, le processus est appelé convection forcée.

II.5.3Transfert de chaleur par rayonnement :

C'est un transfert d'énergie électromagnétique entre deux surfaces (même dans le vide). Dans les problèmes de conduction, on prend en compte le rayonnement entre un solide et le milieu environnant et dans ce cas, nous avons la relation [19]:

$$\varphi = \sigma\varepsilon_P S\left(T_p^4 - T_\infty^4\right) \qquad \text{(II.14)}$$

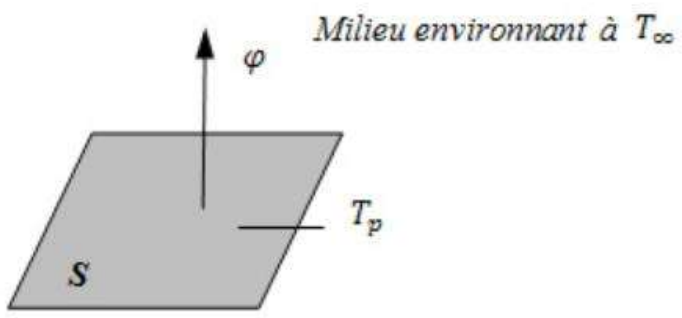


Figure II.4 : schéma de transfert de chaleur par rayonnement .

Avec :

$\boldsymbol{\varphi}$Flux de chaleur transmis pa rayonnement (W)

$\boldsymbol{\sigma}$ Constant de stephan $(5.67 \times 10^{-8} \mathrm{W} m^{-2} K^{-4})$

$\boldsymbol{\varepsilon_p}$Fracteur d'émission de la surface

$\boldsymbol{T_p}$Températeur de la surface (K)

$\boldsymbol{T_\infty}$Températeur de milieu environant la surface (K)

S Air de la surface (m^2)

II.6.Le nombre de Reynolds :

Ce nombre joue un rôle fondamental dans la caractérisation de l'écoulement ,il est définit par l'expression suivante [20] :

$$\mathrm{Re} = \frac{u_m\, d}{v} \qquad \text{(II.15)}$$

Avec v est la viscosité cinématique du fluide.

- Si Re < 2400 on est en régime laminaire.
- Pour des vitesses plus élevées, Re >> 2400, le régime turbulent apparaît

II.7.Le nombre de Prandtl :

Ce nombre est entièrement caractéristique du fluide considéré [20]. L'inverse du nombre de Prandtl est appelé par les « thermiciens » français : le nombre de Stanton (S) .

Dans le cas des gaz, $\boldsymbol{p_r}$est sensiblement constat avec la pression et la temérature et ne varie qu'avec les changements thermique de $\boldsymbol{C_p}$**(T)**

$$p_r = \frac{\mu C_p}{k} \qquad \text{(II.16)}$$

Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre, la formulation mathématique des équations régissant les écoulements des fluides à introduire les principales équations qui régissent le problème simultané (dynamique et thermique) ainsi que les différents modes de transfers de chaleur (conduction, convection et rayonnemet).

Au prochain chapitre on présente les méthodes numériques utilisées (méthode des différences finies,méthode des éléments finis et méthode des volumes finis).

ChapitreIII

Méthode numérique

III.1.Introduction :

Pour passer d'un problème exact continu régit par une EDP au problème approché discret, il existe troix grandes familles de méthodes :

- Méthode des différences finies ;
- Méthode des éléments finis ;
- Méthode des volumes finis ;

la discrétisation est la transposition d'un état continu (fonction, modèle, variable, équation) en un équivalent discret.

III.2-Les trois grandes familes de méthodes :

III.2.1.Méthode des différences finies:

La méthode des différences finies est une technique courante de recherche de solutions approchées d'équations aux dérivées partielles qui consiste à résoudre un système de relations (schéma numérique) liant les valeurs des fonctions inconnues en certains points suffisamment proches les uns des autres. Cette méthode apparaît comme étant la plus simple à mettre en œuvre car elle procède en deux étapes : d'une part la discrétisation par différences finies des opérateurs de dérivation, d'autre part la convergence du schéma numérique ainsi obtenu lorsque la distance entre les points diminue.

III.2.2.Méthode des éléments finis:

La méthode des éléments finis (MEF) est une technique numérique puissante permet de trouver des solutions approximatives aux problèmes de valeurs limites (valeurs aux bords). L'utilité de cette méthode a été reconnue pour la première fois au début des années 1940 par Richard Courant, un mathématicien germano-américain.

III.2.3.Méthode des volume finis :

Est une technique numérique qui permet de transformer les équation aux dérivées partielles, traduisant les lois de conservation de la physique, en des équation algebriquesdicrétes, sur des volume finis.La méthode des volumes finis est essentiellement utilisé en Mécanique des Fluide Numérique (MFN) et Computational Fluid Dynamique (CFD).

III.3. Méthodes numériques de discrétisation :Lés équations qui gouvernes les problèmes de l'écoulement autour d'obstacle en présence d'une rugosité variable se sont des équations différentiels partiels. Trois méthodes classiques sont utilisées pour la discrétisation et la résolution:

Tableau III-1. Comparaison des avantages et des inconvénients des différentes méthodes numériques .

Méthode	Avantages	Inconvénients
Différences finies	Mathématiquement simple Facilité d'avoir des schémas élevés en termes d'espace et de temps.	La conservation de la masse n'est pas assurée.
Éléments finis	Équations indépendantes pour chaque élément	Compliquée en termes de formulation mathématique. Temps de résolution long.
Volume finis	Simple en application pour les fluides. Assure la conservation de la masse.	Exactitude dépendante du maillage. Difficulté de construire des schémas numériques d'ordre élevé.

III.4. Méthode des volumes finis pour la résolution numérique :

III.4.1. Présentation de la méthode des volumes finis :

La méthode des volumes finis consiste à discrétiser le domaine en éléments appelés volumes de contrôle, puis à intégrer l'équation d'évolution sur chaque volume. Chaque équation aux dérivées partielles est intégrée dans un volume de contrôle ou une grille de calcul pour obtenir des équations discrètes qui relient la valeur de la variable centrale aux variables adjacentes.

L'unité de calcul est un volume dont la longueur caractéristique est le pas de discrétisation spatiale. Une fois le problème formulé mathématiquement, cette étape de discrétisation est fixée de manière à assurer la précision des calculs, en tenant compte notamment des conditions de stabilité numérique imposées par les valeurs de gradient.

III.4.2. Maillage dans la méthode des volumes finis :

Le domaine de calcul est subdivisé en un ensemble de volumes de contrôle. Ces volumes englobent tout le domaine de calcul, de sorte que la somme de leurs volumes est exactement égale au volume du domaine de calcul. Un point est situé au centre de chaque volume, appelé centre du volume de contrôle, noté P. Les nœuds des volumes adjacents seront N, S, W, E, T, B selon leurs positions (North, South, West, East, Top, Bottom) Figure III-1 :

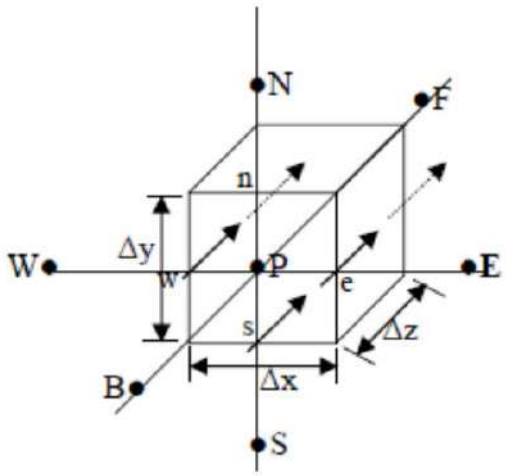


Figure III-1 :Volume de contrôle

III.5-Mise en œuvre de la méthode des éléments finis :

III.5.1-Formulation variationelle forte :

La formulation forte d‟un problème aux conditions aux limites s‟écrit alors comme suit Trouver $U(x)U(x)\epsilon$ espace des solution US tel que [21]

$$\mathcal{L}(u) - F = 0 \; \forall \; \mathrm{x} \; \epsilon \; \Omega B \; (u) = u_0 \forall \; \mathrm{x} \; \epsilon \; \Gamma u 0 \qquad \text{(III.1)}$$

On note que l'espace Us dans lequel nous recherchons la fonction u, doit être défini judicieusement.

III.5.2- Formulation variationelle faible :

La formation vibrationnelle faible peut être obtenue par l'étable suivante :

1- Approcher la solution u. partout dans le domaineΩ, par u tel que

$\bar{u}= \sum_{i=1}^{n} Ni\, \overline{Ui}$ (III-2)

On Ni =Ni (x, y) désignent les fonctions $\bar{U}$ et des valeurs nodales interminées

2- introduire (III-2) dans (III-1) il en résulte une erreur ou un résidu ε tel que

$\varepsilon= \zeta(\bar{U})$ - F≠0 (III-3)

3- obstiner une valeur nulle de ε en introduisant une fonction de point arbitraire w tel que

$\int w\ (\zeta(\bar{U}) - F)\ d\Omega=0$, k= 1, 2, 3……..N (III-4)

On N nombre d'inconnues indépendants du système (III-1)

En formulation de galerkine les fonctions tests sont assimilées aux fonctions de forme.

On pose:

$W_k = N_k \Rightarrow \int Nk\ \zeta(\sum_{i=1}^{n} Ni\bar{ui})\ d\Omega= 0$ (III-5)

On-dit que u εH^1_0 (Ω) est une solution faible de (III-4)

si :

∀ v ϵH_0^1 (Ω) a ($\bar{U}$, V) (III-6)

a ($\bar{U}$, V) est la forme bilinéaire associée à (ζ) soit Ωun ouvert borné R^d et dΩ est réqulier.on considére alors le probléme :

Lu = f sur Ω et u= 0 sur dΩ= 0

III.6. Forme générale des équations du système[22]

Les équations du système sont écrites sous la forme généralisée suivante :

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho c_\phi \phi\right)+\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho V_X C_\phi \phi\right) + \frac{\partial}{\partial t}\left(\rho V_Y C_\phi \phi\right)= \frac{\partial}{\partial x}\left(\Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial y}\right) + S_\phi \quad \text{(III-7)}$$

Ou :

Φ: Variable généralisée

C_ϕ: Coefficient d'advection transitoire.

ΦΓ: Coefficient de diffusion.

S_ϕ: Termes source

Variable∅	Coefficient d'adevection $c_\emptyset$	Diffusivité$\Gamma_\emptyset$	Termes source $S_\emptyset$
V_x	1	μ_t	$-\frac{\partial \mathrm{p}}{\partial \mathrm{x}}+\frac{\partial}{\partial \mathrm{x}}\left(\mu\frac{\partial \mathrm{u}}{\partial \mathrm{x}}\right)+\frac{\partial}{\partial \mathrm{y}}\left(\mu\frac{\partial \mathrm{u}}{\partial \mathrm{y}}\right) - \sigma\nabla\left\lvert\frac{\nabla_c}{\lVert\nabla_c\rVert}\right\rvert\frac{\nabla_c}{\lVert\nabla_c\rVert}$
v_y	1	μ_t	$-\frac{\partial \mathrm{p}}{\partial \mathrm{y}}+\frac{\partial}{\partial \mathrm{y}}\left(\mu\frac{\partial \mathrm{u}}{\partial \mathrm{y}}\right)+\frac{\partial}{\partial \mathrm{x}}\left(\mu\frac{\partial \mathrm{u}}{\partial \mathrm{x}}\right) - \sigma\nabla\left\lvert\frac{\nabla_c}{\lVert\nabla_c\rVert}\right\rvert\frac{\nabla_c}{\lVert\nabla_c\rVert}$
T	1	$\frac{k}{\rho c^{\mathrm{e}}}$	$\frac{\varphi}{\rho \mathrm{C}^{\mathrm{e}}}$
ρ	1	0	0

Tableau III.2 : Expression des coefficients d"échange et des termes sources pour les différentes variables.

III.7-Discrétisation *:*

La discrétisation de ces équations permet de convertir les équations aux dérivées partielles en équations algébriques qui sont alors résolues par les méthodes numériques traditionnelles. Le procédé de discrétisation par EF consiste à écrire, après intégration, l'équation généralisée, sous forme matricielle élémentaire [23].

$$([A_B^{transient}] + [A_e^{Advection}] + [A_e^{transien}])(\phi e) = (S_e^{\phi}) \quad \text{(III-8)}$$

Pour les intégrales élémentaire, La méthode Galerkin des résiduels pesés est employé

III.7.1-Discrétisation de l'équation de chaleur par élément fini*:*

a. Bilan Thermique : Equation De Chaleur

Soit v une partie quelconque de **V** limitée par la surface

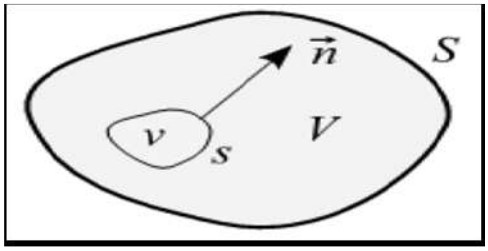


Figure III.2: Bilan thermique

La puissance thermique stockée dans **v** est égale à la somme de la puissance thermique q générée par les sources volumiques contenues dans **V** et de la puissance thermique reçue sous forme de flux a travers la surface **S [22]:**

$$\int \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} dv = \int q dv + \int -n(-\overline{\lambda grad} T)\, ds \qquad \text{(III-9)}$$

Le domaine V étant arbitraire, on en déduit : en tout point du solide :

$$\rho C_p \dot{T} - \text{div}(\overline{\lambda grad} T)\, q = 0 \qquad \text{(III-10)}$$

Pour un matériau homogène et isotrope, l'équation (III-21) s'écrit dans le repère orthonormé (x,y)[24] :

$$\rho C_p \dot{T} = \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + q \qquad \text{(III-11)}$$

III.7.2- Forme discrétisée : éléments finis

Le domaine V est décomposé en sous-domaines Ve de forme géométrique simple (les éléments) relies entre eux en des points appelés nœuds. Cette opération s'appelle maillage**.**[25]

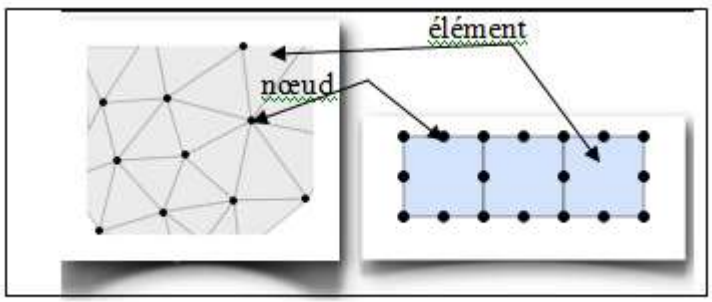


Figure III.3 : domaine plan discrétisé en élément relies eux par nœuds.

III.8-Méthodes de discrétisations :

Un ensemble d'étapes pour résoudre numériquement une équation différentielle est appelé une méthode de discrétisation. La mise en œuvre de méthodes numériques pour le calcul des champs conduit inévitablement à des logiciels qui lui sont associés, un programme pouvant être écrit pour chaque problème qui prend en compte sa géométrie, ses propriétés physiques et ses conditions aux limites. Il existe aujourd'hui des logiciels polyvalents adaptés dits de technologie CAO, dont la structure informatique est adaptée pour traiter un grand nombre de problèmes du même type, tels que PDETOOL sous MATLAB, ANSYS,

- Description du problème (Géométrie, caractéristiques physiques, maillage, limites du domaine d'étude).
- Mise en œuvre de la méthode numérique de simulation (Différences finies, éléments finis, volumes finis, intégrales de frontière) plus une méthode itérative

III.9- Choix d'un maillage :

La méthode des éléments finis est basée sur l'espace divisé par le maillage, on choisit généralement un maillage carré ou triangulaire, mais il n'est pas nécessaire de choisir un maillage plus complexe, et le maillage n'est pas forcément régulier, on a tendance à resserrer le maillage de près à celui des endroits d'intérêt (comme où nous pensons que la solution variera beaucoup), mais nous devons faire attention aux "éléments faiblement déformés (plus proches des polygones réguliers), plus ce maillage est proche, plus la solution du La méthode des éléments finis sera précise et proche de la "vraie" solution de l'équation aux dérivées partielles.

Même ceux géométriquement complexes peuvent être maillés avec des éléments tétraédriques, mais ils nécessitent de nombreux éléments, ce qui peut conduire à un léchage en raison des ressources de calcul simulant même un volume de forme régulière peut nécessiter de nombreux éléments tétraédriques s'il a de très grands rapports d'aspect, où hexaédrique ou angulaire seraient de meilleurs choix, (Figure III-3) "Objets à grands rapports d'aspect", illustre cette différence, qui montre que le nombre d'éléments tétraédriques (a) est supérieur à celui des éléments hexaédriques Le nombre (b) est beaucoup plus grand si des densités de maillage similaires sont maintenues sur toute la section transversale.

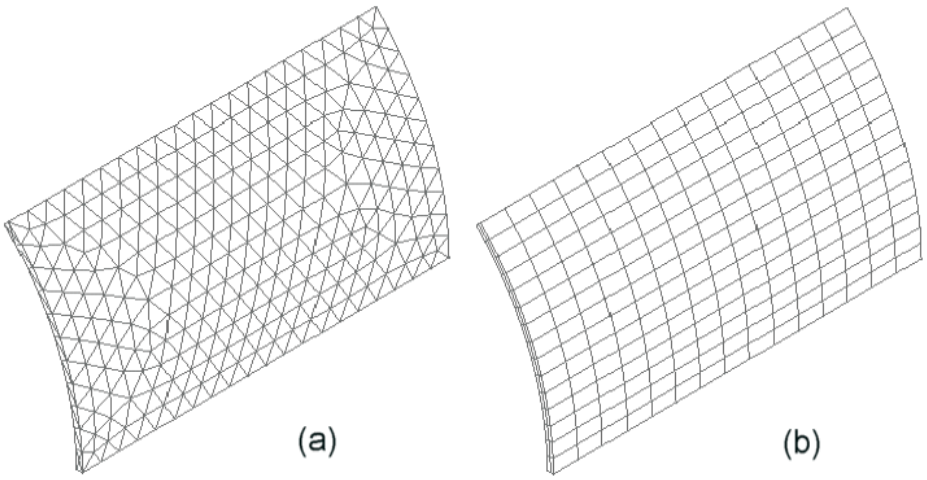


Figure III-4 : (a) élément tétraédrique ;(b) élément hexaédrique.

III.10-Méthode VOF (Volume Of Fluid) :

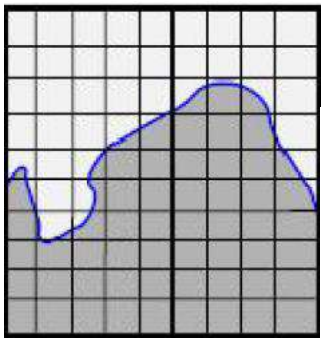
La méthode VOF est une méthode puissante pour un fluide à deux ou plusieurs phases non miscibles (par exemple : liquide et gaz), utilisant le remplissage des cellules de calcul pour déterminer l'évolution temporelle du fluide dans un domaine maillé. Cette méthode a été développée par Hirt et Nichols dans les années 80 [26]. Elle résolve un ensemble simple d'équations de quantité de mouvement en dépistant la fraction volumique de chacun des fluides dans tout le domaine. Les applications typiques incluent la prévision de la rupture du jet, grand mouvement des bulles dans un liquide, mouvement du liquide après une interruption d'un réservoir, et du cheminement régulier ou passager de n'importe quelle interface liquide-gaz. Les limites de ce modèle sont :

- Aucune cellule ne doit être vide (présence obligatoire d'une ou plusieurs phases combinées).
- Une seule phase seulement peut être compressible mais pas les deux.
- Les écoulements périodiques ne peuvent être simulés lorsqu'on active le modèle VOF (incompatibilité).

En régime transitoire, l'utilisation des méthodes VOF implique la donnée du nombre de Courant. C'est un nombre sans dimension qui compare le pas de temps de calcul Δt au temps caractéristique durant lequel un élément fluide transite à travers le volume de contrôl.

III.10.1- Principe de la méthode VOF :

La méthode VOF est particulièrement utile pour modéliser des écoulements aux interfaces fortement déformées, notamment en définissant l'emplacement de la surface libre de l'écoulement à chaque instant. Une fonction discrète est utilisée pour cela, qui représente la fraction volumique de métal liquide dans chaque cellule par rapport au volume total de la cellule. Les éléments liquide et gaz (air) sont définis par Ck = l et Ck = 0, respectivement, et dans l'élément mixte, l'interface liquide-air est représentée par la valeur strictement comprise de Ckcomprise strictement entre 0 et 1 (voir Fig.III.5).



C_k= 0 si x ∉ phase k

$C_k\ (x_i, t)$ =0.5

C_k = 1 si x ∉ phase k

Figure.III.5 : Méthode VOF [27]

Comme les marqueurs, la fonction Ckest advectée par le champ de vitesse u.

Dans le cas des écoulements incompressibles, l'équation d'advection de donne [28]

$$\frac{\partial c_k}{\partial t} + u.\nabla C_k \qquad \text{(III.12)}$$

L'équation d'advection (III.12) possède deux particularités : elle est hyperboliqueet conservative. De nombreux travaux portent sur la discrétisation de ce typed'équation. Ils montrent entreautre qu'une discrétisation conservative de cetteéquation permet d'assurer la conservation de la masse. Malheureusement le transportd'une discontinuité s'avère délicat du fait de la diffusion numérique des schémasnumériques responsables d'un étalement de la fonction C_k Il est en effet impossible detransporter et de conserver au cours du temps une discontinuité. Pour contourner cettedifficulté, des algorithmes de reconstruction géométrique ont été imaginés pour repérerla position de l'interface à l'intérieur des mailles comportant $\nabla C_k \neq 0$. De nombreuxalgorithmes de reconstruction plus ou moins complexes ont été développés cesdernières années. On trouvera une revue des méthodes de reconstruction dans [29].

Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté les trois grands méthodes numériques qui sont utilisées généralement pour la résolution des systèmes d'équations aux drivées partielles, et ont à choisie la méthode des éléments finis pour discrétisé la forme générale des équations du system. Et nous avons donné un aperçu général sur méthode VOF (Volume of Fluid).

Chapitre VI

Résultat et discutions

VI.I.Introduction :

Dans ce chapitre, nous étudions des simulations numérique de la dissolution et de la dispersion du jet liquide injecté dans un cylindre pour une configuration proposé par **Ménard** et Al. [30] .Dans l'objectif d'étudier l'influence de la forme et paramètres géométrique de l'injecteur sur la dispersion d'un jet liquide injecté à haute pression.

Les résultats numerique vont été réalisés à l'"aide du logiciel de simulation ANSYS APDL par la méthode VOF .

IV.2 ANSYS :

Le code de calcul ANSYS (APDL) est un programme d'éléments finis qui autorise les structures 3D dans les domaines suivants : thermique, mécanique, statique et dynamique linéaires et non linéaires, interaction fluide-structure, analyse de fatigue, etc.

Le code fournit une bibliothèque étendue pour modéliser correctement les structures et les différents effets souhaités (poutres, coques, solides, fluides, rigidité, masse, matrices d'amortissement, etc.).

IV.2.2 Il existe plusieurs niveaux d'outils de simulation :

• ANSYS DesignScape est une aide à la conception pour les bureaux d'études dans un environnement Windows standard. Il utilise des méthodes d'éléments finis pour analyser rapidement le comportement mécanique, thermique et vibratoire de vos conceptions. Il gère les assemblages, de sorte qu'un type de contact peut être attribué entre différentes pièces et assemblages.

• ANSYS Professional permet des analyses plus complexes : réponses spectrales et harmoniques, calculs transitoires : mécaniques et thermiques. Il comprend des outils de contrôle avancés tels que visage/visage, options de contact visage/ligne, combinaison de solutions, post-traitement des zones de contact.

• ANSYS Structural and Mechanical donne accès à tous les types de non-linéarité : matériaux, grandes déformations et grands déplacements. Ils sont spécifiquement destinés aux utilisateurs expérimentés connaissant la théorie des éléments finis.

IV.3-Identification :

Pour l'identification, ou l'objective est de justifie le model utilisé, nous proposons pour cette première partie de notre travail de comparer nos résultats de simulation d'atomisation et la dynamique de dispersion de fuel diesel à l'intérieur de chambre de combustion dans les mêmes conditions des travaux numérique et expérimental de **Ménard** [30].

Ménard [31] proposent des résultats issus de simulations numériques directes proches des conditions Diesel. L'approche de Ménard et al. est basée sur une méthode originale de couplage entre les approches **Volume of Fluide** and LEVEL SET

Dans les conditions simulées par Ménard, des concessions sont faites faces aux conditions d'injection haute pression de type Diesel : une vitesse d'injection diminuée à 100m/s.

Les tableaux ci-dessous récapitule les propriétés thermique et dynamique ainsi que les conditions d'injection utilisé.

Propriétés	**Donsité (Kg /m^3)**	**Viscosité (pas)**	**Vitésse (m/s)**	**Températeure (K)**	**Chaleur spécifique (Kj/kg.k)**	**Conductivité Thermique (W/mk)**
Glycérol /eau	696	0.0012	100	293	4.169	0.6
Acier	8100	/	/	/	0.447	48.3

Tableau VI.1 : propriétés thermique et dynamique utilisé pour le calcul [30].

Diamètre d'injecteur (μm)	**Vitessed'injection (m/s)**	**Tension de surface (N/m)**	**Pression d'injection (MPa)**
100	100	0.06	138

Tableau IV.2 : conditions d'injection utilisé pour le calcul numérique [30].

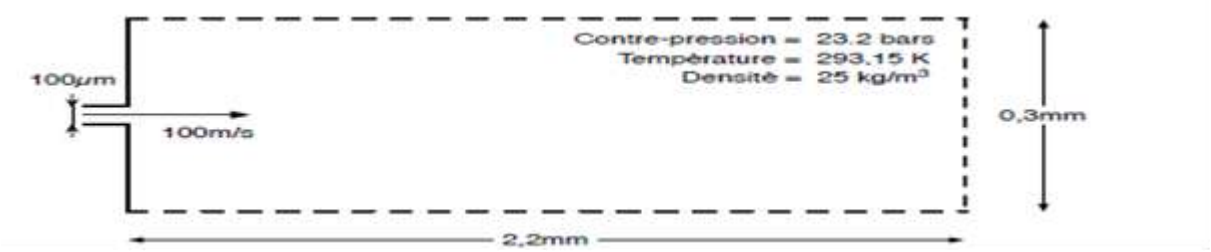


Figure IV.1 : représentation Spatiale de la configuration géométrique et les conditions limites [30]

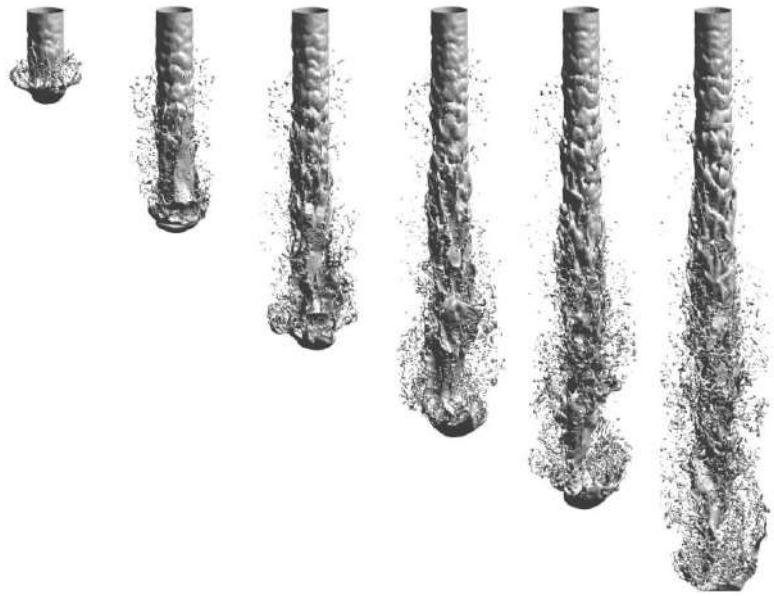


Figure IV.2 : Dynamique de spray obtenue à l'aide d'une simulation numérique directe de Menard et al.[31]

Des gouttes, ne peut qu'entraîner une mauvaise estimation des transferts de quantité de mouvement (Loi de traînée), de masse et d'énergie (loi d'évaporation) par la suite.

Ces observations, qu'elles soient expérimentales ou numériques, permettent ainsi de mettre en évidence plusieurs phénomènes :

- L'écoulement à l'intérieur de l'injecteur a des conséquences directes et significatives sur le processus d'atomisation et donc sur la rupture du jet liquide ; le niveau de turbulence du liquide à l'intérieur de la buse ainsi que la cavitation sont des facteurs déclenchants et il apparaît donc nécessaire de développer un modèle d'atomisation capable de prendre en compte ces phénomènes,
- L'existence d'un dard liquide, d'une zone de liquide intact proche du nez de la buse d'injecteur, nécessite d'être prise en compte lors du développement de ce modèle ;

- Les structures liquides qui se détachent du cœur ont des formes très différentes des sphères(ligaments, surfaces plissées, formes très complexes, etc.) ; il devient de plus en plus délicat demodéliser un spray comme un ensemble de gouttes sphériques isolées dans de telles conditionsd'injection.

Ces considérations permettent ainsi de mettre en place un canevas pour le développement d'un modèled'atomisation[32]

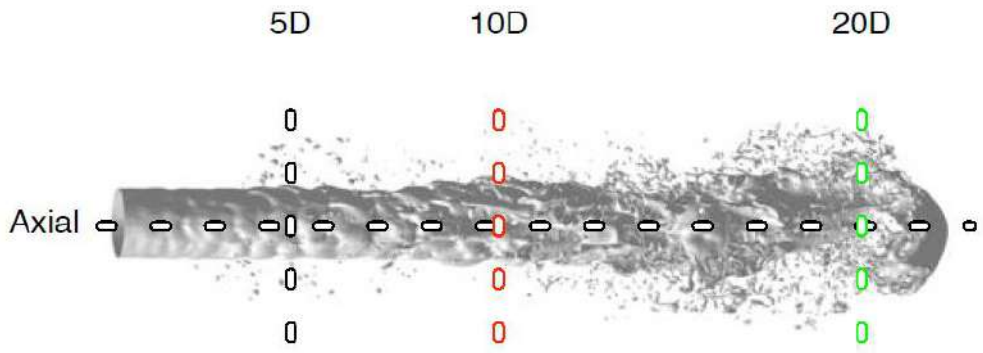


Figure IV.3 :résultat expérimental de Ménard [30].

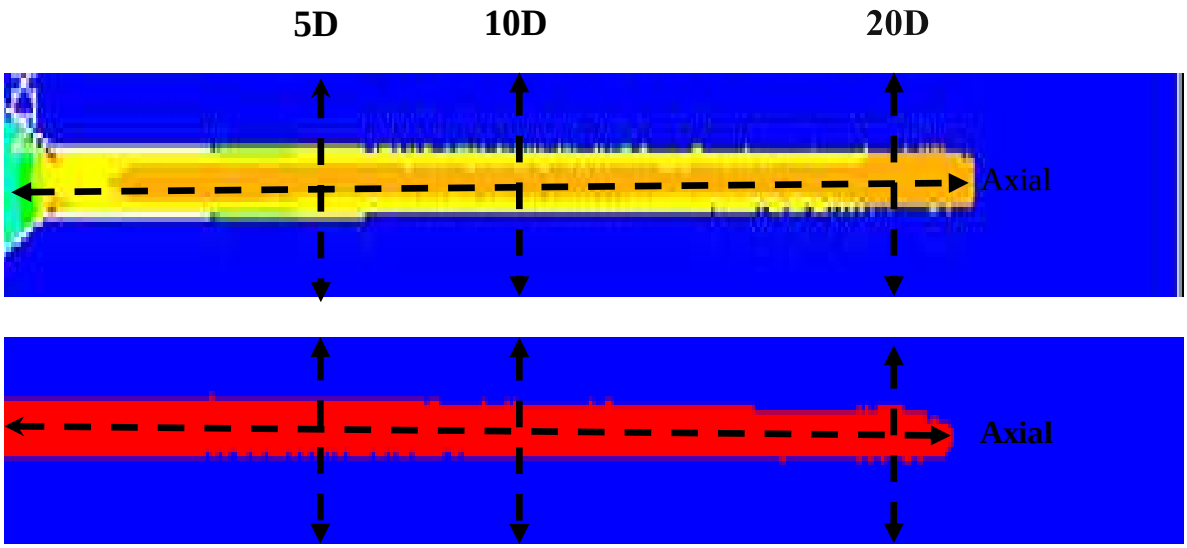


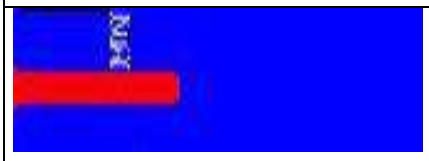
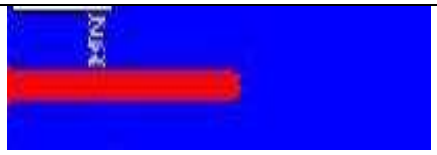
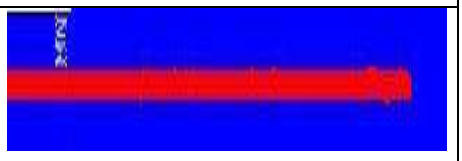
Figure IV.4 : représentation spatiale de nos résultats de calcul de la dispersion dynamique du jet liquide dans le cylindre

Le développement du jet est présenté sur la séquence d'images (Fig **IV.2**) et Fig **IV.3** ainsi la surface calculer et sa dynamique du jet liquide ainsi que la rupture près de la buse du jet sont présentées sur la Fig. **IV.4**. Nous observons que les premières gouttelettes sont générées à travers le rupture à l'avant du jet (forme de champignon). Le noyau liquide principal est ainsi entouré d'un nuage de petites gouttelettes.clairement visible pour les resultats de calcul.

On comparent nos resultats de la dynamique de dispersion et celle obtenue par Menard, Figure IV.3 [30] ;On constates un accord acceptable ,et justifie bien le modèle utilisé.

IV.4. Analyse des résultats des simulations numériques pour le cas reference :

Dans cette premiére partie du travail nous presentons les résultats ainsi que la stratigie d'analyse du jet qui nous permetras la bonne comprehension du phenoméne de dispersion et l'atomisation du jet liquide .

Temps =1.77150E-4 s	Temps=2.07150E-4 s	Temps = 3.27150E-4 s
		

La figure IV.5: représentation spatiale de la dynamique de dispersion du jet dans le cylindre

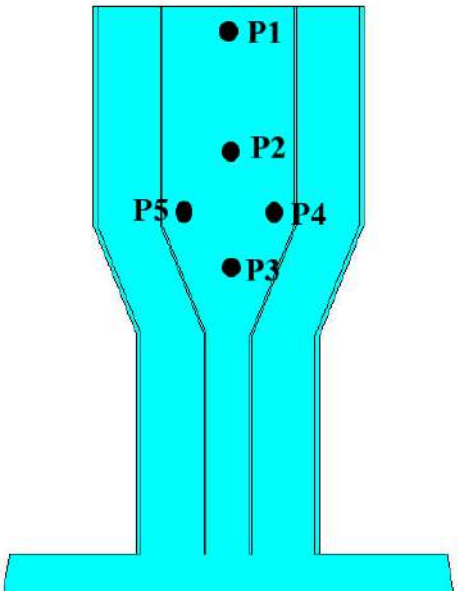


Figure IV.6:Représentation de l'enplacement des capteurs pour l'analyse

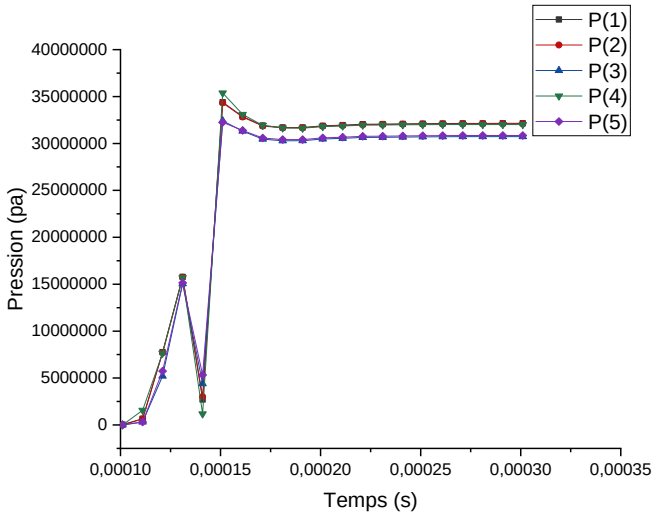


Figure IV.7: la Variation de la pression dans le temps pour les cinq capteurs proposés.

La figure (IV.7) présente la variation de pression (pa) en fonction de temps (s) pour differents positions (P1,P2,P3,P4 et P5) on remarque que la pression pour les capteurs considérés suit une méme allure, où après une perturbation dans un min de temps (5.10^{-5} sec) due à la l'étranglement de jet dans le col la pression augmente et se stabilise à 35 000 KPas.

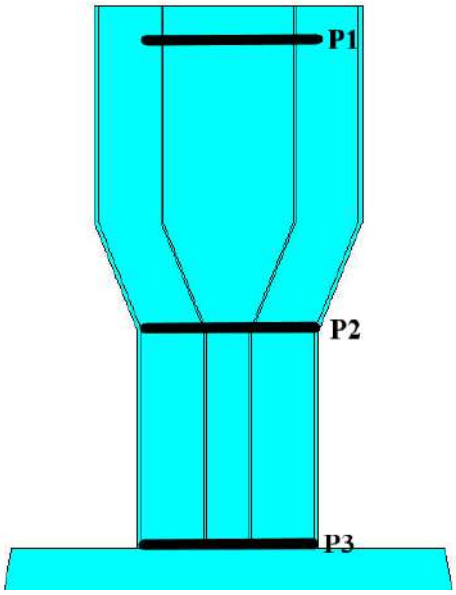


Figure IV.8: Représentation des sections transversale pour les captures de vitesse

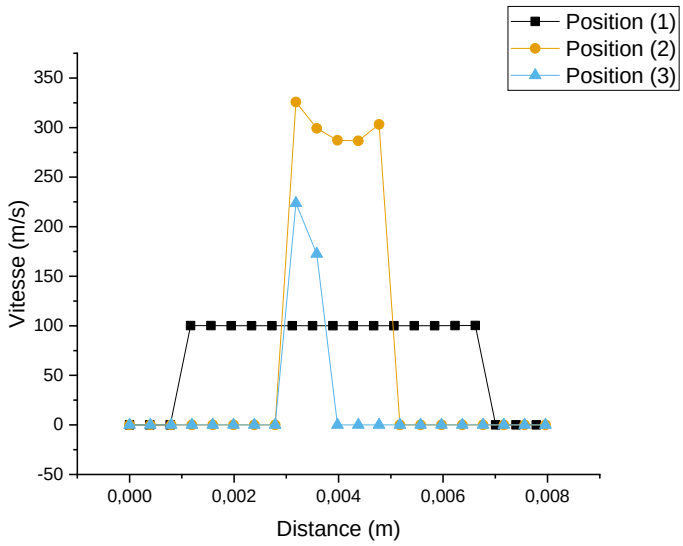


Figure IV.9: la variation de la vitesse transversale pour le cas référence au differentes sections transversale en amont et en aval et à linterieur du col de l'injecteur.

Sur la Figure IV.9 ,la vitesse transverssale pour les trois section est representé, où nos constatant que la vitesse atteint une valeur maximal dans le col (300 m/s), par contre en aval la vitesse dans le cylindre diminue j'usqu'au 200 m/s,du fait de la singularité gémétrique aval.

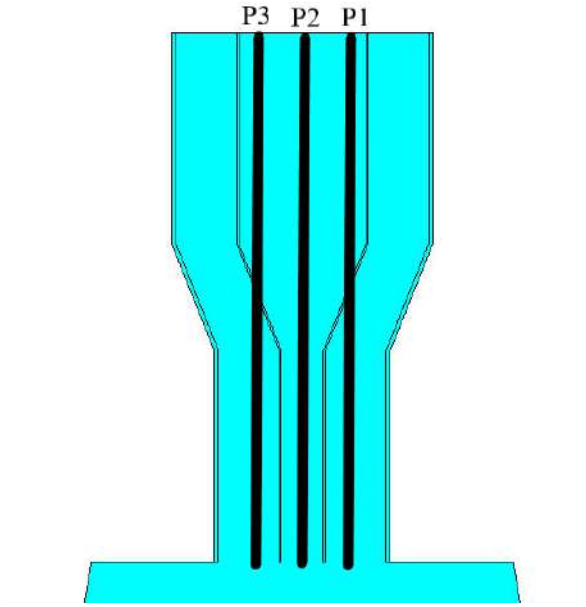


Figure IV.10: Représentation des points axial .

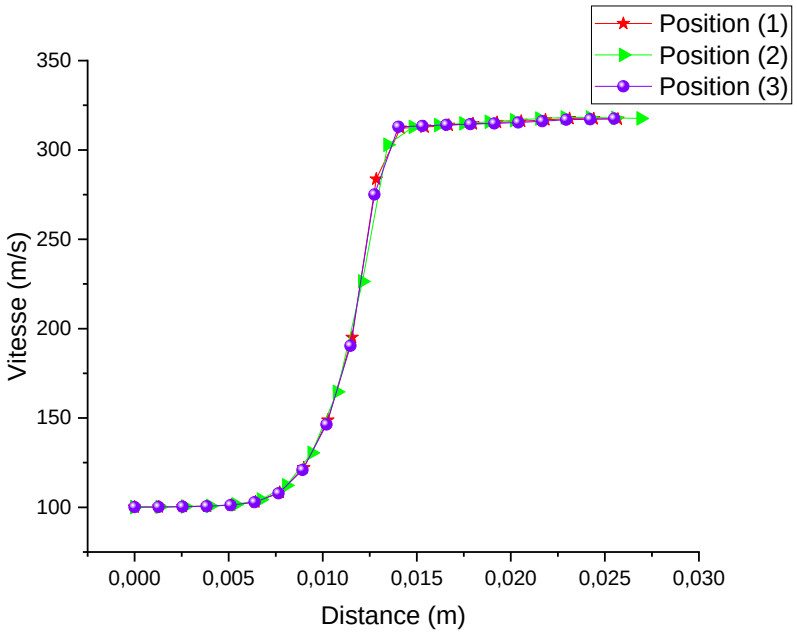
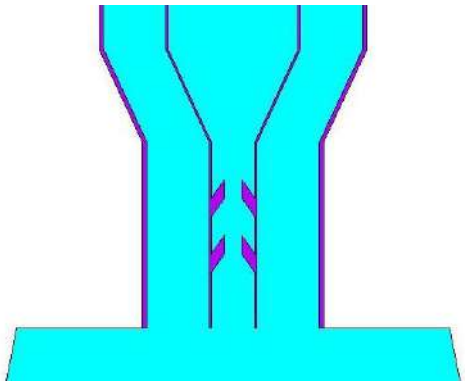


Figure IV.11: La variation de la vitesse axial pour le cas reference **.**

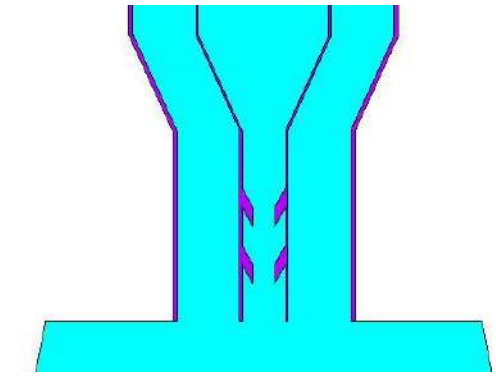
Les profiles de vitesse axiale representé sur la figure **Figure IV.11 confirme les constatations precédente,** où **l'augmentation de l'energie cinétique au niveau du col et augmentée de trois fois, due a la diminution de section provoquant un phénoméne de compression .**

1. **Etude de l'influence de la forme geometrique du col sur la dispersion et l'atomisation** :

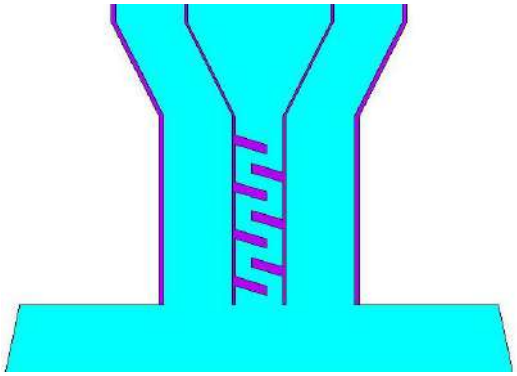
   les résultats montré précedament indique bien l'importance du col sur le comportement dynamique de l'écoulement,pour cette raison nous proposons pour la section suivante de perturbé l'écoulement dans le col géométriquement et controler le comportement du jet d'injection dans le cylindre.



1^{èr}Cas



2ème Cas

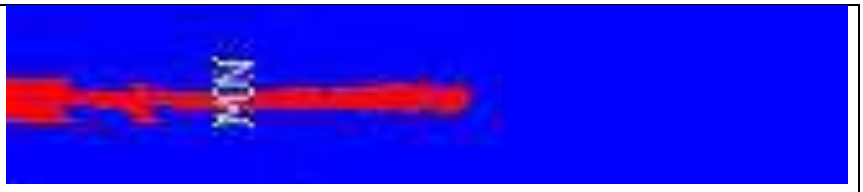
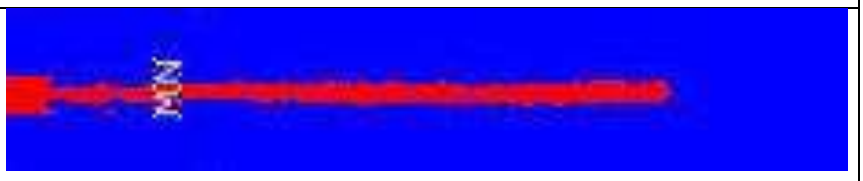
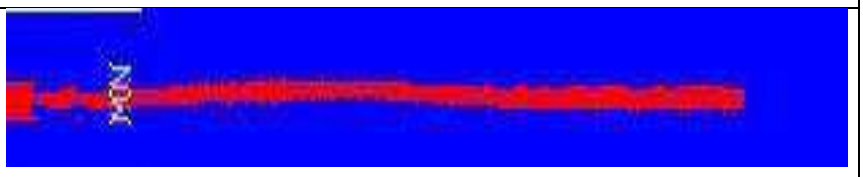


3ème Cas

Figure IV.12: Les trois schémas du cool proposé pour la perturbation de l'écoulement.

IV.5: Etude de l'infleuence du changement géométrique dans le col :

- **Premier cas :** Nous mettons 4 obstacles dans un col de l'injecteur ver le haut comme il est est monté sur la figure IV.12 (1ère Cas) .

Temps =1.69160E-4 s	
Temps=1.99160E-4 s	
Temps =2.29160E-4 s	

La figure IV.13: représentation spatiale de la dynamique de dispersion et le déclanchement de l'atomisation pour le premier cas.

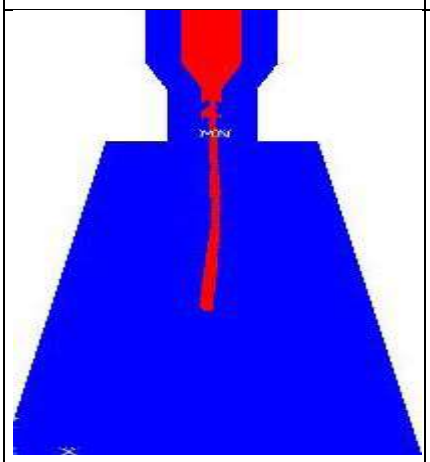
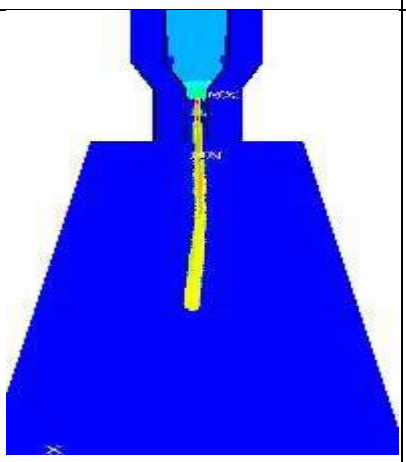
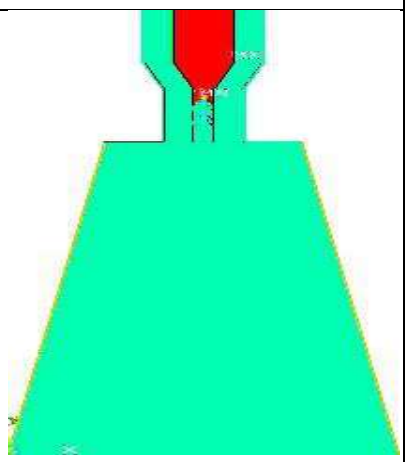
La fraction volumique	Champ de vitesse	La pression
		

Figure IV.14 : représentation spatiale de l'nteraction développé par le jet dynamiquement , pour le premiere cas.

La figure (IV.13) et (IV.14) montres des représentations spatiale de la dynamique de dispersion où la géométrie proposé à permetde à l'écoulement de floté autour de l'axe, où il est clairement visualisé la favorie de l'accelération et le déclanchement de l'atomisation ; sachant que l' apparaîtion des ondes sur l'interface du jet se produisent très près de la sortie du jet. Ces instabilités de surface sont d'une grande importance dans l'atomisation liquide. Comme nous l'observons sur la figure IV.13 et IV.14, le pincement de l'interface est clairement visible et qui peut produire des filaments liquides par la suite, qui se brisent ensuite en gouttelettes ou en divers paquets liquides de différentes tailles.

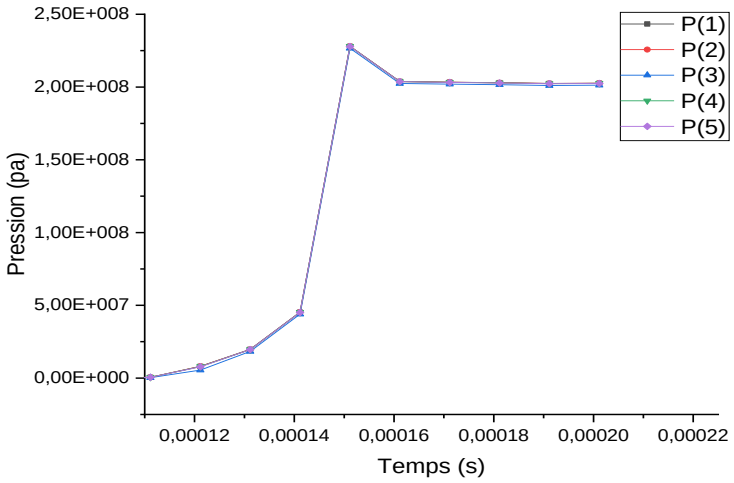
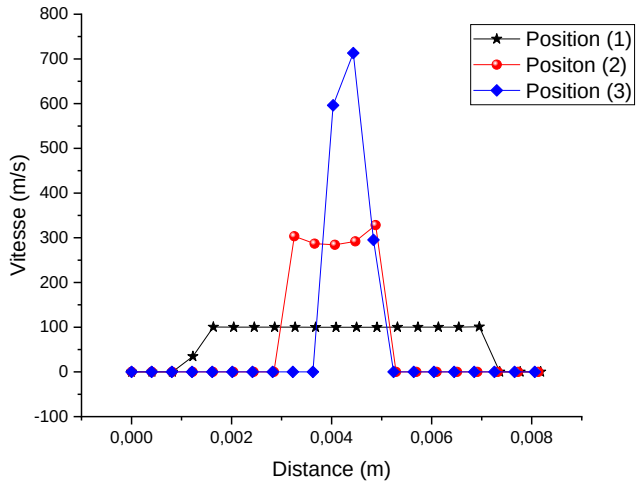


Figure IV.15 :la Variation de la pression transversale aux 5 pressions différentes 1^{èr} cas.



FigureIV.16 : profiles de vitesse radiale dans le 1^{èr} cas.

La vitesse radiale de jet du premier cas (Fig **IV.16**) est reprisenté pour les trois section de l'injecteur ,ouu l'effet du col est toujours confirmé et la vitesse à la sortie de l'injecteur attein les 750 m/s ,une augmentation tres importante relativement au cas reference , ce qui à favorisé le détachement representé sur les figures **IV.13** et **IV.14** , par consequent l'atomisation devien favorable par le fait que la trainé des gaz auposant au jet augmente ,en gardons toujours l'homogéniété du dispersion dans le cylindre.

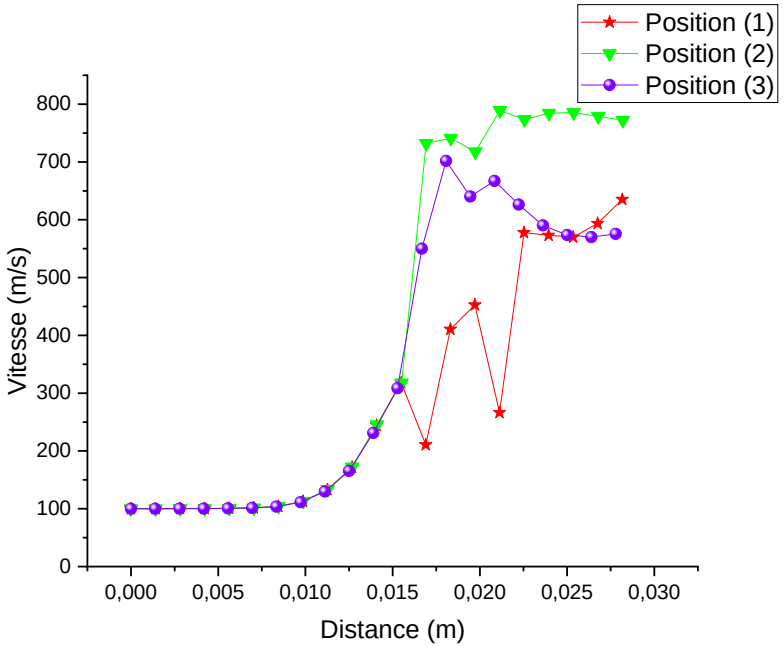


Figure IV.17 : la variation de la vittesse axial dans le 1^{èr} cas.

La vitesse de jet (**Fig IV.17**) montre les profiles de vitesse axiale pour la position 1, et paraléle à l'axe (perifirique du jet), les positions 1 et 3, du jet liquide à l'interieur de l'injecteur ,nous constatons que la viesse pour les trois positions augmente dans la region de convergente j'usqu'à une valeur maximale à l'entréé du col ,ainsi les deux position du perifirique montre une diference sinificative relativement à la region axiale (200m/s) ,qui représente la trainé duu à l'effet des perte de charge lineaire dans l'injecteur.

- **Deuxième cas :**Nous mettons 4 obstacles dans un col de l'injecteur ver le bas .

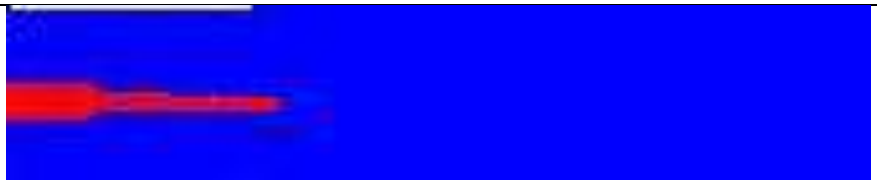
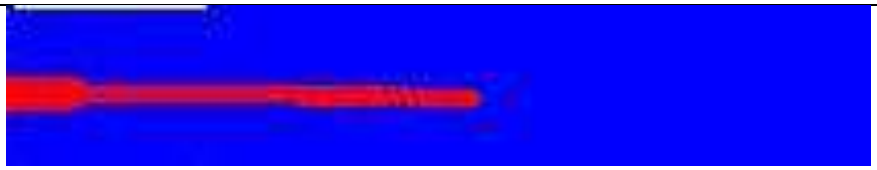
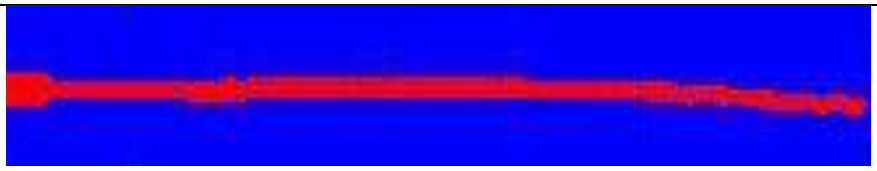
Temps =1.69160E-4 s	
Temps=1.99160E-4 s	
Temps =2.29160E-4 s	

Figure IV.18: représente les résultats de développement de la fraction volumique

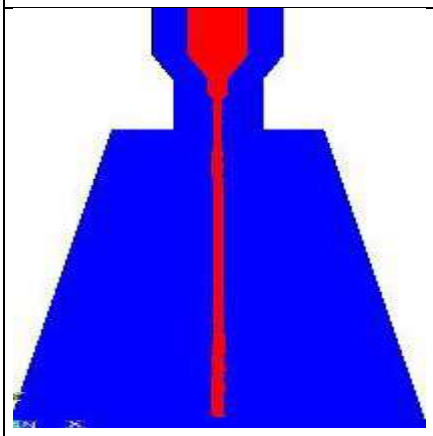
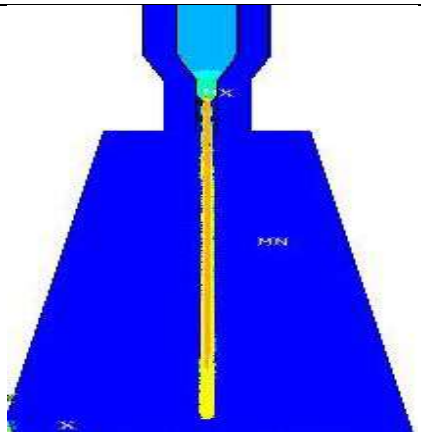
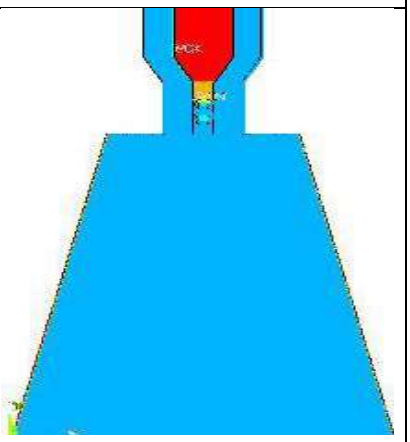
Fraction volumique	Champ de vitesse	La pression
		

Figure IV.19 :développement de la fraction volumique ,vitesse et la pression pour le deuxième cas.

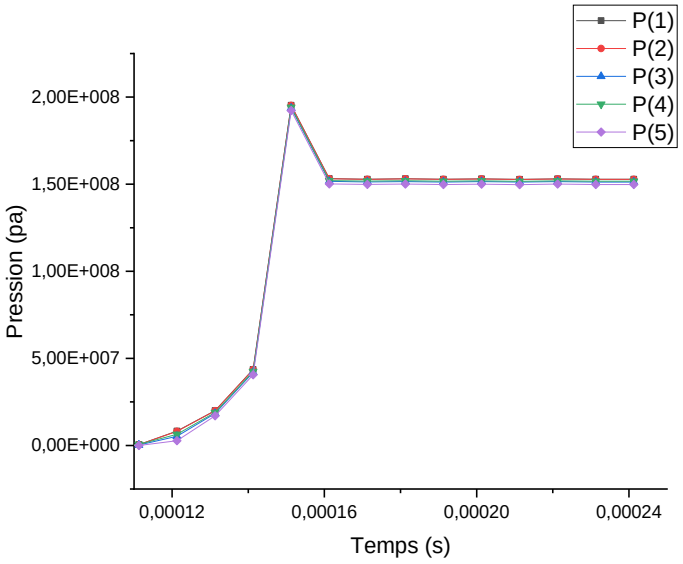


Figure IV.20: La Variation de la pression transversale aux 5 pressions différentes.

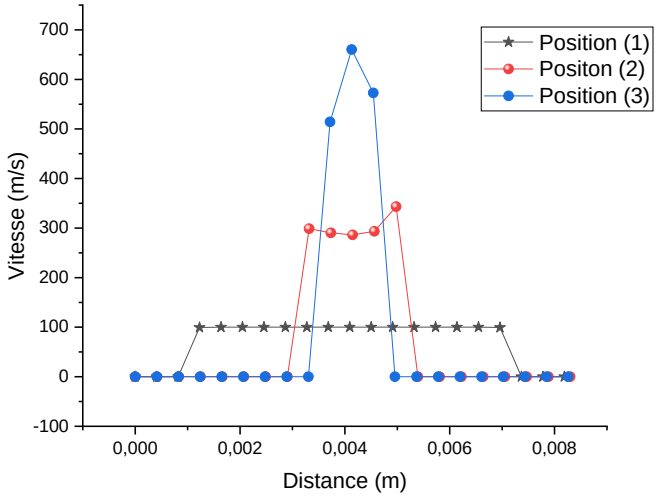


Figure IV.21: Profiles de Vitesse avec la position transversale dans le 2ème cas.

La vitesse radiale de jet du deuxiéme cas (Fig **IV.21**) est reprisenté pour les trois section de l'injecteur ,ouu l'effet du col est toujours confirmé et la vitesse à la sortie de l'injecteur attein les 700 m/s (inferieur au cas precedent 750m/s) ,une augmentation importante relativement au cas reference , il faut noté d'apres les constatations sur les figures **IV.18 IV.19** qu'il y'à toujours la presence des instabilités de surface qui sont d'une grande importance dans l'atomisation liquide mais moins intence relativement au premier cas ,par consequent l'atomisation devien moin favorable par le fait que la trainé des gaz auposant au

jet diminue relativement ,en gardons toujours l'homogéniété du dispersion dans le cylindre qui est favorable pour une combustion homogéne.

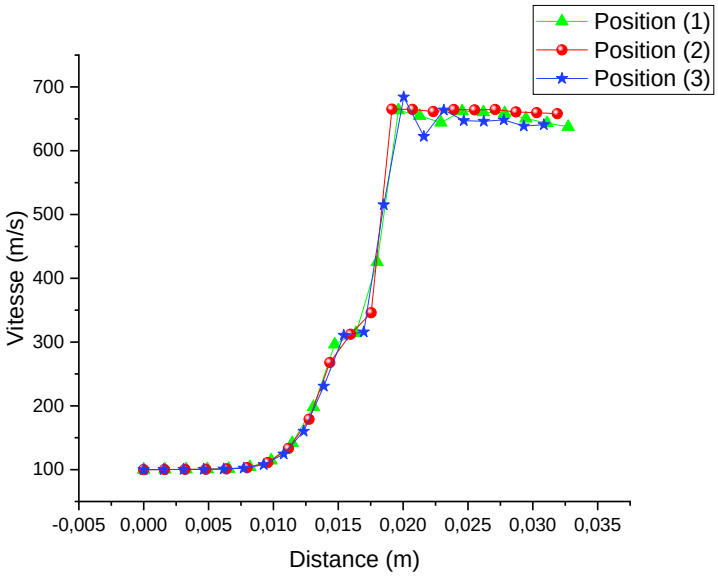


Figure IV.22 :la varation de la vitesse axial dans le le 2ème cas.

La vitesse axial du jet (**Fig IV.22**) montre les profiles de vitesse axiale pour la position 1, et paraléle à l'axe (perifirique du jet), les positions 1 et 3, du jet liquide à l'interieur de l'injecteur ,nous constatons que la viesse pour les trois positions augmente dans la region de convergente j'usqu'à une valeur maximale à l'entréé du col ,et de méme pour les point au perifirique ,conytrairement eu premier cas.

- On peu constaté que la diference de 200m/s dans le premir cas entre le centre de jet et le périfirique qui à favorisé l'augmentation de vitesse axiale dans le premier cas et par conséquant l'augmentation de la trainé ,provocons le détachement.

Troisième cas : Nous mettons 6 obstacles superposés dans le col d'inejcteur .

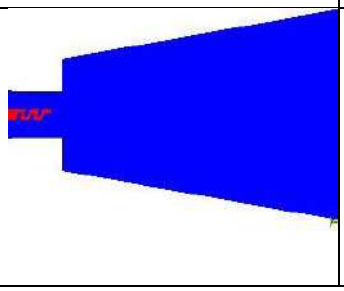
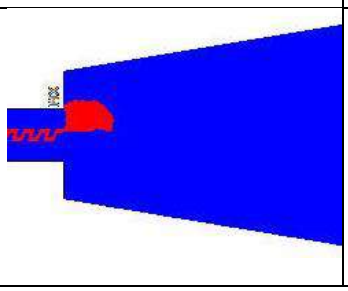
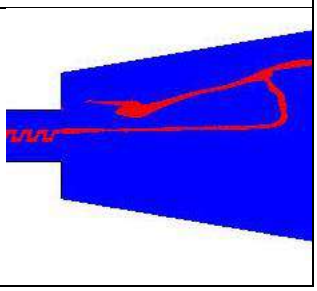
Temps =1.92770E-04 s	Temps =2.12770E-04 s	Temps = 2.70770E-04 s
		

Figure IV.23: représente les résultats de développement de la fraction volumique.

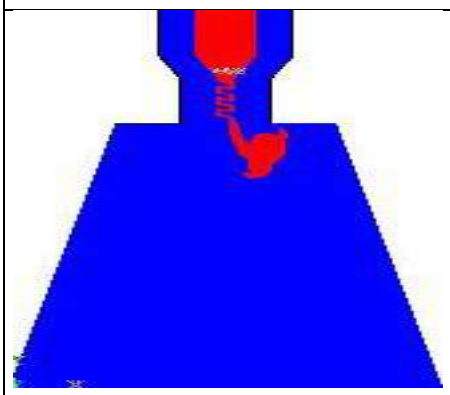
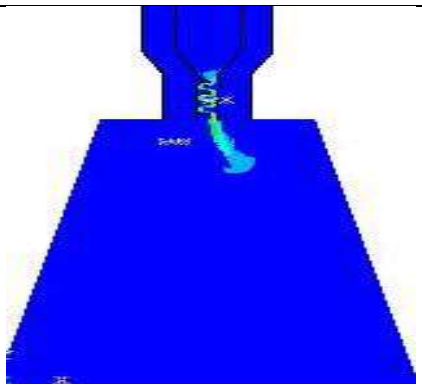
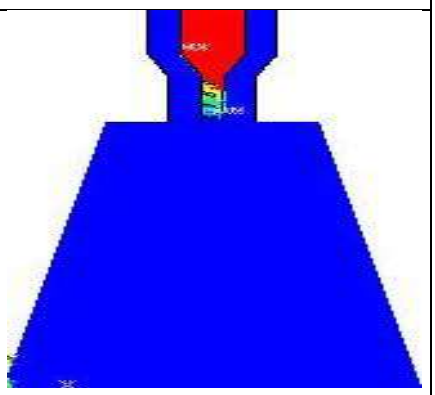
Fraction volumique	Champ de vitesse	La pression
		

Figure IV.24 :développement de la fraction volumique ,vitesse et la pression pour le deuxième cas.

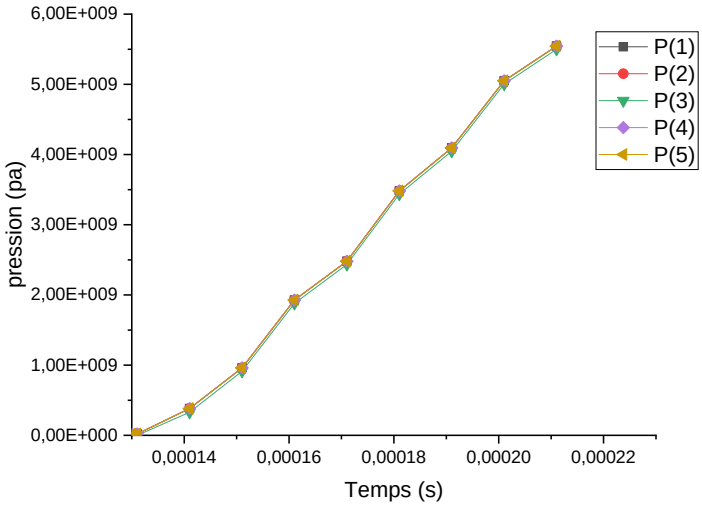


Figure IV.25: la Variation de la pression transversale aux 5 position différentes 3ème cas.

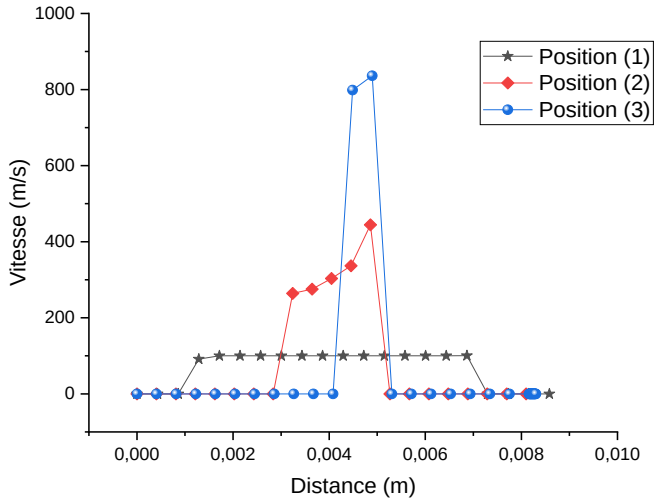


Figure IV.26: profiles de vitesse avec la position transversale dans **3ème** cas**.**

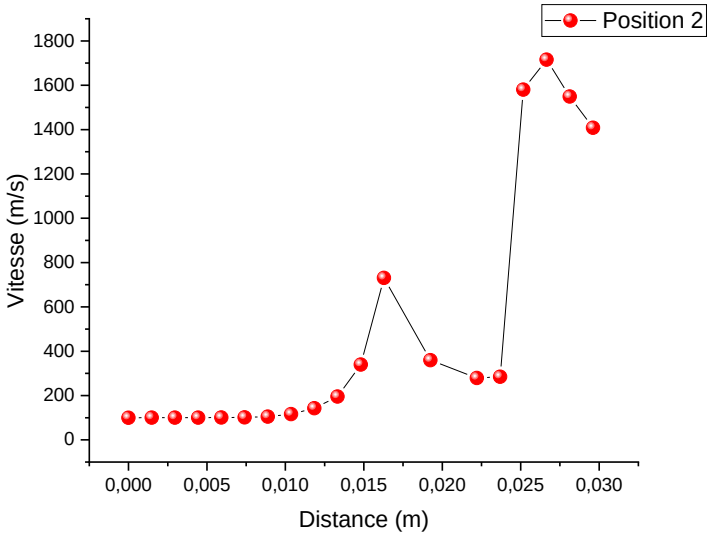


Figure IV.27 :la varation de la vitesse axial dans le le 3ème cas.

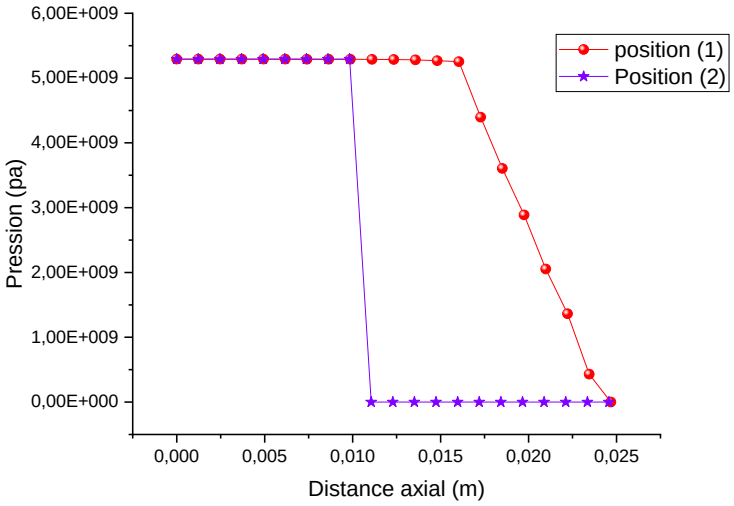


Figure IV.28 : Profil de la pression axiale.

Les résultats obtenues pour le troisiéme cas sont tres difavorable décrivons un développement intence d'instabilité du jet; cette non homogéniété du jet dans le cylindre provoqueras par la suite des conséquence néfaste sur la combustion.

IV.6-Comparaison entre les 3 cas :

- Comparaison de développement de la pression transversaledes trois cas

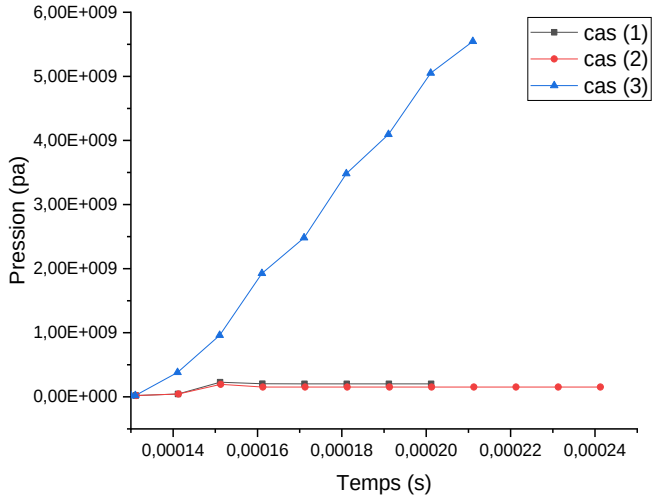


Figure IV.29 : Comparaison entre les profils de pression entre les 3 cas.

Le figure IV.29 représente une comparaison de variation de pression transversale aux trois pressions d"entrainement différent en même position .On paut voir que la pression constant en 1 et 2 cas ne change pas, mais en 3 cas la pression est augment .

- Comparaison de développement de la vitesse transversale des trois cas.

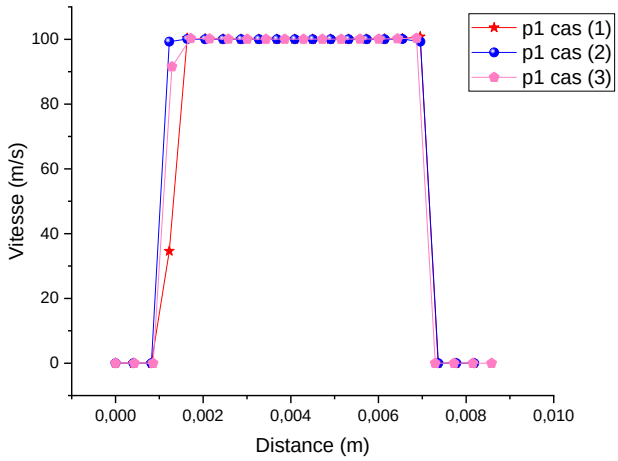


Figure IV.30 :profiles de vitesse avec la position 1dans le 1 2 et 3 cas.

La figure (IV.30) La vitesse transversale avec la position 1 aux les trois cas est identique.

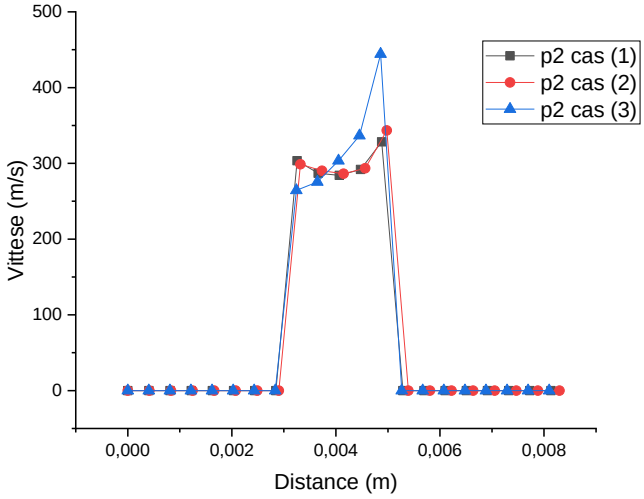


Figure IV .31: profile de vitesse avec la position 2 dans 1 2 et 3 cas.

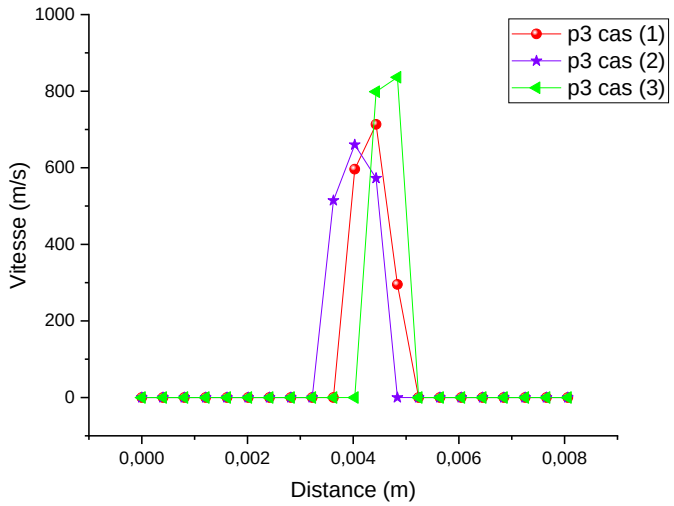
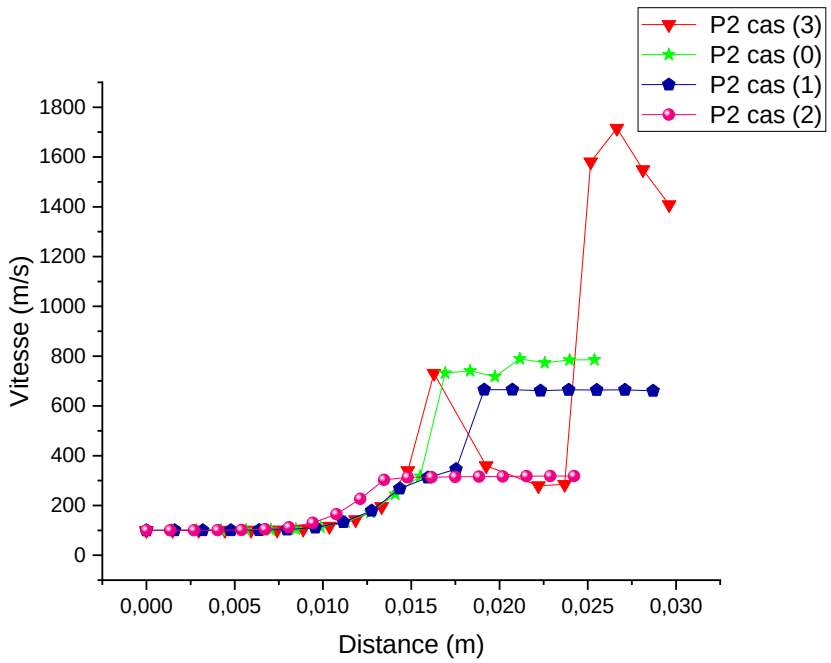


Figure IV .32: profile de vitesse avec la position 3 dans 1 2 et 3 cas.

La figure (IV.31) et (IV.32) montre une représentation de profil de vitesse transversal pour les 3 cas et la même position radiale (P2) et (P3) dans les trois cas La vitesse augmente jusqu'une valeur maximale puis diminue et en remarque que la variation de vitesse dans le 3cas prend une distance radial plus grand par rapport les autre positions, c'est-à-dire il y a une dispersion plus grand dans le 3 cas.

- Comparaison de développement de la vitesse axial des trois cas.



FigureIV.33 : profile de vitesse axial avec la position 2 dans le cas (0 1 2 et 3).

IV.7 :Comparaison entre le cas (0) et les trois cas:

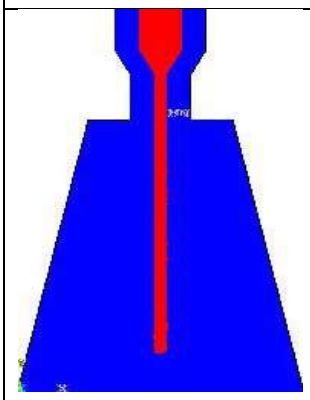
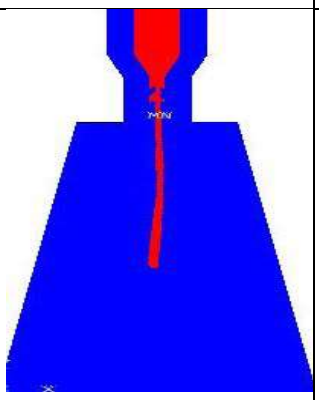
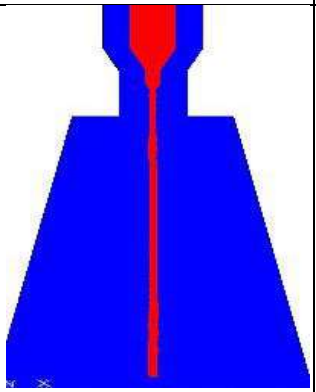
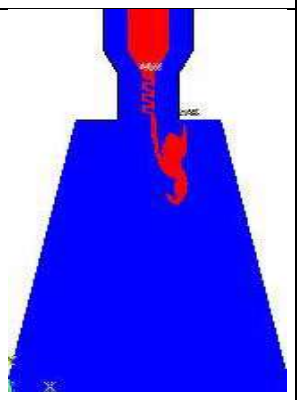
CAS (0)	CAS (1)	CAS (2)	CAS (3)
			

Figure IV.34: Comparaison entre le cas (0) et les trois cas de développement de la fraction volumique .

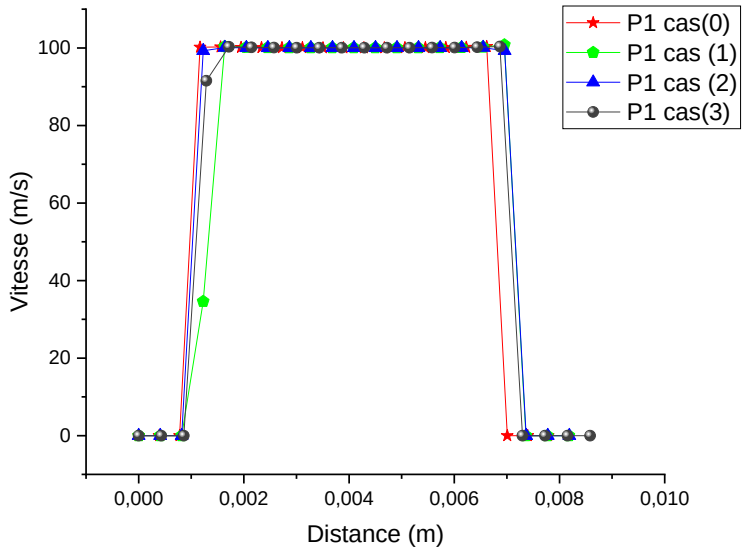


Figure IV.35:profiles de vitesse avec la position 1dans le cas (0)et 1 2 et 3 cas.

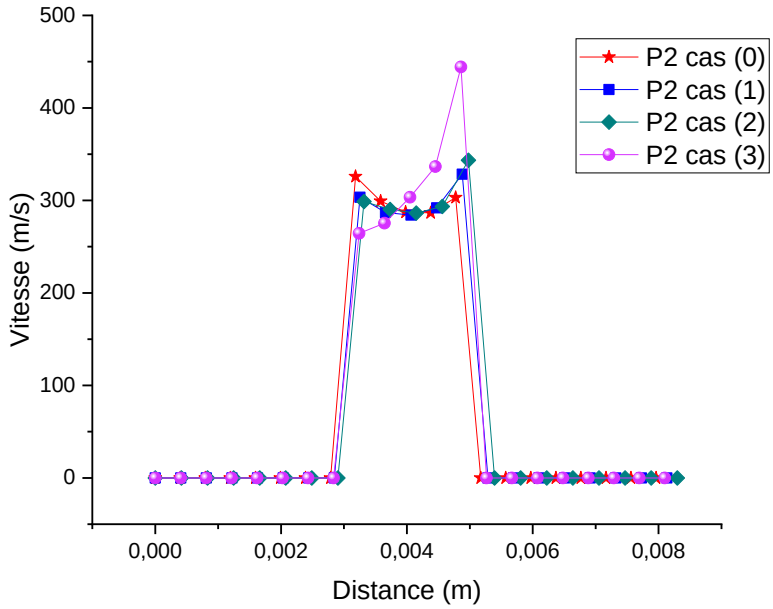


Figure IV.36:profiles de vitesse avec la position 2 dans le cas (0)et 1 2 et 3 cas.

et la même position la vitesse transversale dans le troisième cas plus grand par rapport les autre positions.

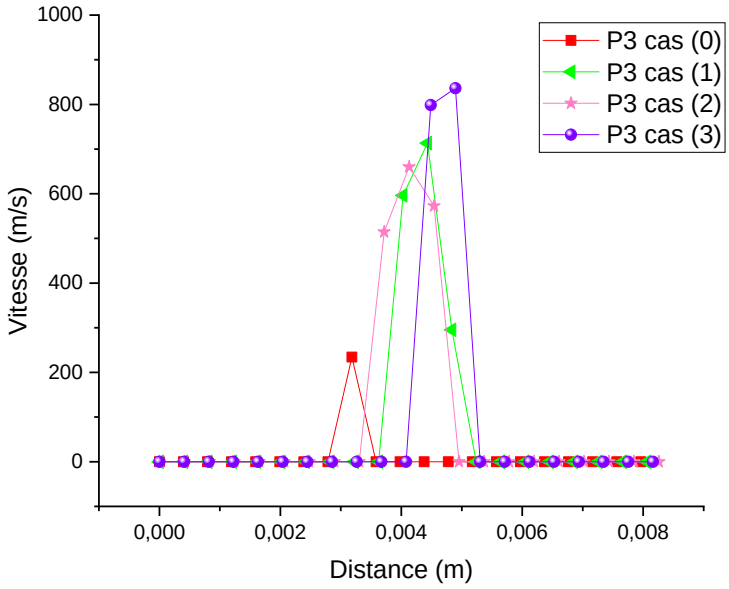


Figure IV.37:profiles de vitesse avec la position 3 dans le cas (0)et 1 2 et 3 cas.

Conclusion :

Dans ce chapitre et apres avoir assuré l'indipendance solution-maillage et validé le modèle utilisé , on à analysé spécifiquement les résultats numériques du problème conjugué d'écoulement diphasique de la dispersion et de l'atomisation du carburant diesel avec la modéfication de la géometrie du col de l'injecteur ,des experiences numérique réalisé par la méthode Euleurienne EF/VOF . Le premier cas (géometrie 01) à permet une meilleure atomisation (déclanchement) ouu la valeur de presion du jet liquide est tres favorable pour une augmentation de trainé par le contre fait des gaz dans le cylindre et qui favorise le détachemlent ,par contre le deuxiéme cas à permet une augmentation d'energie cinétique tres élevé ,ouu les gaz dans le cylidre n'on pas pu frainé le jet et donc la trainé est diminue et par conséquent le détachement ;le dernier cas est tres défavorable du fait que le jet est tres perturbé ce défavorise l'homogénoété de jet et donc la combustion par la suite.

Conclusion générale :

Actuellement, les contraintes écologiques et économiques imposent aux constructeurs automobiles de réduire la consommation et la pollution des moteurs diesel. En effet, les normes de pollution se durcissent.

Le but de notre étude est de simuler numériquement des phénomènes diphasiques (dispersion et atomisation) dans la chambre de combustion d'un moteur diesel. Cet objectif découle de la nécessité de comprendre et de maîtriser des méthodes de simulations numérique. En général, les simulations numériques peuvent simuler et tester différentes situations possibles, ce qui réduit considérablement l'effort de conception et de test des prototypes de moteurs. En conclusion, les simulations sont une source assez flexible d'informations utiles et peu coûteuses.

Dans cette étude, on à proposé une analyse numérique de la dynamique de l'interaction du jet liquide avec des paramètres géométriques du col de l'injecteur, afin d'optimiser la dispersion du jet pour une meilleure combustion du carburant.

- Dans la première chapitre de cette étude, une description générale sur l'injection diesel « liquide »

- Nous avus présenté dans le deusième chapitre, la formulation mathématique des équations régissant les écoulements des fluides à introduire les principales équations qui régissent le problème simultané (dynamique et thermique) ainsi que les différents modes de transfers de chaleur (conduction, convection et rayonnemet).

- En suit la résolution de ces équations nécessite deux méthodes principalement. La première méthode des éléments finis et la deuxième méthode VOF (volume of fluide).
- Le dernier chapitre de cette étude a été consacré aux résultats de simulation. Tout d'abord, une validation des résultats de simulation avec les résultats d **Ménard** [30] qui a été faite en 2006. Ensuite, faites des simulations numériques pour étudier et comprendre le phénomène de la dispersion et l'atomisation dans les moteurs Diesel par l'injecteur.

Référence et bibliographique :

[1] JEAN-BAPTISTE Moreau, Modélisation de l‟écoulement poly phasique à l‟intérieure et en sortie des injecteur diesel, Thèse doctorat de l‟institut national polytechnique de Toulouse 2005.

[2] Marc Julien, performance à 4 temps v3.1, 2009/2012.

[3] PIERRE-ARNAUD BEAU Modélisation de l'atomisation d'un jet liquide Application aux sprays Diesel, thèse doctorat de l'école Doctorale de l'Université de Rouen, CoRIA,le 2008.

[4]Mlle. ABDELLAOUI Amina ET. Mr. BENTAALLAH Yasser, Simulation numérique de combustion dans un moteur Diesel turbocompressée, Mémoire professionnel (niveau M).Génie Mécanique à l‟Université Tlemcen le : 2011

[5]Livre, Cours de combustion 2*iéme* partie combustion réel, combustible complexes, écrie par CHRISTIAN GUILI*E* , 2012.

[6]Menard, T, Tanguy, S., Berlemont, A., 2007. Coupling level set/VOF/ghost fluid

methods: validation and application to 3D simulation of the primary break-up

of a liquid jet. Int. J. Multiphase Flow 33 (5), 510–524.

[7] Fuster D , BaguéA , Boeck T , Le Moyne L , Leboissetier A , Popinet S , et al. Simulation of primary atomization with an octree adaptive mesh refinement and vof method. Int J Multiph Flow 2009;35(6):550–65 .

[8]Behzad M , Ashgriz N , Karney B . Surface breakup of a non-turbulent liq- uid jet injected into a high pressure gaseous crossflow. Int J Multiph Flow 2016;80:100–17 .

[9]Desjardins O , McCaslin J , Owkes M , Brady P . Direct numerical and large-eddy simulation of primary atomization in complex geometries. At Sprays 2013;23(11) .

[10]Lebas. et al, Numerical jet atomisation. Part I: DNS simulation of primary breakup, Proceedings of ASME FEDSM, Miami, 2006

[11]Piscaglia, F., F. Giussani, et al. (2021). "Vortex Flow and Cavitation in Liquid Injection: A Comparison between High-Fidelity CFD Simulations and Experimental Visualizations on Transparent Nozzle Replicas." International Journal of Multiphase Flow 138: 103605.

[12]Bencherif. M, Liazid. A, Taserout. M : Pollution Duality in Turbocharged Heavy Duty Diesel Engine, International Journal Vehicle Design, Vol.50.Nos.1/2/3/4, pp182- 195. 2009.

[13]CALIMEZ**.**Simulation à petite échelle par une méthode VOF d'écoulements diphasiques réactifs, Thèse de doctorat en Energétique Ecole centrale de Paris, 1998.

[14]Ahmed, A., B. Duret, et al. (2020)." Numerical simulation of cavitation for liquid injection in non-condensable gas" International Journal of Multiphase Flow 127: 103269.

[15]Le Pierre-Arnaud Beau, Modélisation de l'atomisation d'un jet liquide Application aux sprays Diesel, Thèse doctorat Université de Rouen CoRIA, décembre 2006

[16]Suhas V. Patankar, « Numerical heat transfer and fluid flow » Edition series in computational methods in mechanics and thermal sciences, 1980.

[17]korti Mohammed Chokri ; (simulation numérique des champs dynamique et thermique durant le moulage par injection à haute pression des métaux). Diplôme de magister université Abou Baker Belkaid Tlemcen, 2011-2012

[18]PHILIPE MARTY cours de transferts thermique cunduction et rayonnement" Université Joseph fourier Grenoble septembre 2001.

[19]YVESJANNOT transfert thermique ecole des mines Nancy 2009

[20]F KREITH "transmission de chaleur et thermodynamique université du colorado 1967

[21]B. E. LAUNDER, D, B. SPALDING, the numerical computation of turbulent transport, Adv. Géophysiques, vo118A, (1974).

[22]Paul FERREY, Modèles aux tensions de REYNOLDS avec prise en compte de l"intermittence de frontière, thèse pour l"obtention du Grade de docteur de l"université de POITIERS.

[23]Chapitre 2 : Modèle D'Etalement Et Traitement Numérique, Discrétisation la forme

[24]S.Chandra,P.FauchaiFormationofsolidsplatsduringthermalspraydeposition.Journal.

[25]M.Vardelle,A.Vardelle,A.C.Léger,P.Fauchais,D.GobinInfluenceof ParticleParameters atImpactonSplatFormationandSolidificationinPlasmaSprayingProcesses.Journalof ThermalSprayTechnology,4(1),1995,pp.50-58.

[26]C. W Hirt, B.D. Nichols, « volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free

boundaries » Journal of Computational Physics 39, 1 (1981), p201-225.

[27]F. Harlow and J.E. Welch, « Numerical calculation of time-dependent viscous incompressible flow of fluid with free surface » Physics of Fluids 8, 1965, p 2182-2189,

[28]J. Lopez, J. Hernandez, P. Gomez, F. Faura, « A volume of fluid method basedonmultidimensional advection and spline interface reconstruction » Journal ofComputational Physics 195 (2004), p 718-742.

[29]J.E. Pilliod, E.G. Puckett « Calculation of two-phase Navier-stokes flows using phase-field modelling » J. COMPUT. Phys., 199, 2004, p 465-502.

[30][Ménard, 2006] Ménard T. et al. 2006, Numerical jet atomisation. Part I: DNS simulation of primary breakup, Proceedings of ASME FEDSM, Miami

[31] Ménard ;T, S. Tanguy, and A. BERLEMONT. Coupling level set / VOF / ghost fluid method Validation coupling level set / VOF / ghost fluid methods: Validation and application to 3d simulation of jet primary break-up. International Journal of Multiphase Flow, in press.

[32]Romain LebasthéseFaculté des Sciences de L'Université de Rouen26 octobre 2007Modélisation Eulérienne de l'Atomisation HautePression - Influences sur la Vaporisation et laCombustion Induite page 12 Fractionnement d'un jet liquide - physique du phénomène.