

Référence de l'article: Th1-047

ÉTUDE NUMERIQUE DE L'EFFET DE LA DILUTION SUR UNE FLAMME NON PREMELANGEE

Auteurs : Rabeb Bougatif, Hazem Touatti, Abdallah Mhimid,
LESTE à l'École Nationale d'Ingénieurs de Monastir Rue Ibn El Jazzar 5000 Monastir Tunisie,
rabeb1407@hotmail.fr, touati_2001@yahoo.fr, abdmhimid@yahoo.fr,

Résumé : La combustion est, aujourd'hui, l'un des principaux moyens de conversion de l'énergie. Elle est utilisée dans de nombreux systèmes, aussi bien pour produire de la chaleur (dans les chaudières ou dans les fours domestiques et industriels) ou de l'électricité (cas des centrales thermiques), que pour le transport (cas des moteurs . . .) ou encore la destruction de déchets. Ceci nécessite le développement de nouveaux types de brûleurs et l'amélioration des techniques de combustion.

Le dimensionnement de ces brûleurs passe par une bonne compréhension des mécanismes contrôlant la stabilisation de la flamme, le dégagement de chaleur et la production des polluants.

La dilution de la combustion a été prouvée efficace en terme de la stabilisation de la flamme et la réduction de production des polluants.

La dilution change les caractéristiques de la flamme tel que la stabilité, les limites d'extinction et la production des polluants et qui ont une grande importance surtout dans les fours, les incendies...

Dans ce cadre plusieurs études ont été élaborées sur l'effet de la dilution de combustion.

Dans ce travail on étudie les effets de la dilution comme: effet sur la dynamique, Effet thermique, Effet chimique, Effet sur les modes de transfert thermiques...

Mots clés : combustion, flamme de diffusion, jets non prémélangés, dilution.

1. Introduction :

De nos jours, le monde souffre des changements climatiques et de la pollution dérivants de l'utilisation des énergies fossiles. Alors, des normes anti-pollution sont mises et qui imposent la recherche de nouvelles modes de combustion plus efficaces et plus propres.

Dans les brûleurs coaxiaux, la zone de réaction est l'interface entre l'oxydant et le combustible dans lequel les réactifs extérieurs sont dilués avec les produits de combustion de sorte qu'ils sont brûlés loin dans le flux de combustion. Ce type de brûleur s'est avéré efficace pour l'homogénéisation de la température de la flamme, pour la limitation des émissions d'oxyde d'azote [1,2,3] et la diminution du bruit. Mais, l'effet de la dilution géométrique liée au taux élevé de recirculation des gaz brûlés causés par cette séparation est limité par l'instabilité de la flamme [4, 5].

La dilution diminue la concentration des réactifs dans la zone de réaction et modifie les transferts thermiques dans la flamme ce qui change l'aérodynamique de la combustion, le taux de réaction. Et la température de flamme.

Le CO₂ est un diluant intéressant vu qu'il est présent dans la combustion comme produit de combustion ou il est issu des biogaz qui sont des combustibles renouvelables provenant de diverses sources de biomasse, comme les déchets agricoles.

Dans cette étude, on cherche à étudier l'effet de l'ajout du CO₂ dans un brûleur non pré mélangé sur la dynamique, la thermique et le mélange de la combustion.

Configuration

C'est une étude d'une combustion non prémélangée diluée dans un brûleur (Figure 1) coaxial : où l'un des jets est le combustible qui est le méthane et l'autre est le comburant qui est l'air avec le diluant.

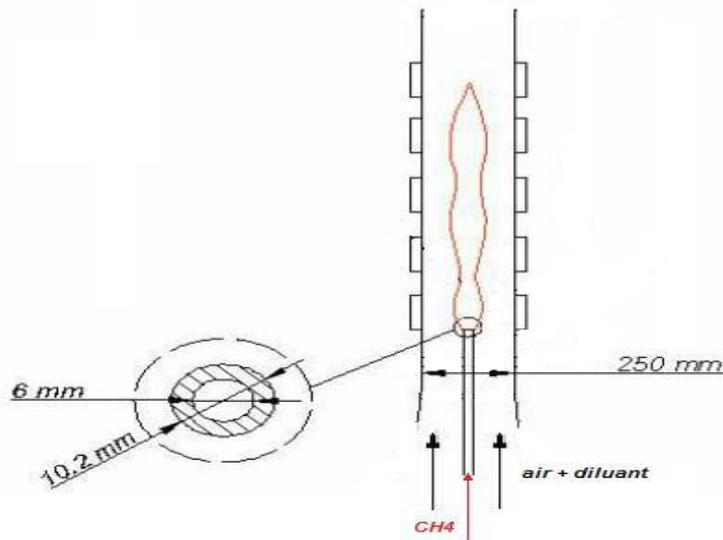


Figure 1. Brûleur à combustion non prémélangée étudié

2. Validation :

La validation des résultats à été faite en comparant la simulation numérique avec l'expérience.

L'allure des courbes de vitesse moyenne obtenues par la simulation numérique sont en bon accord avec l'expérience (Figure 3). Mais, le profil numérique exprime plus les zones de forte turbulence situées sur la partie extérieure du jet et qui sont formées sur les bords de l'injecteur et diffusent ensuite vers l'intérieur du jet en s'éloignant dans l'écoulement. Alors, le jet du CH₄ numérique perd son énergie plus rapidement, vers l'écoulement environnant de vitesse plus faible, que celle expérimentale et ceci est traduit par le pic de la courbe expérimentale supérieur à celle numérique.

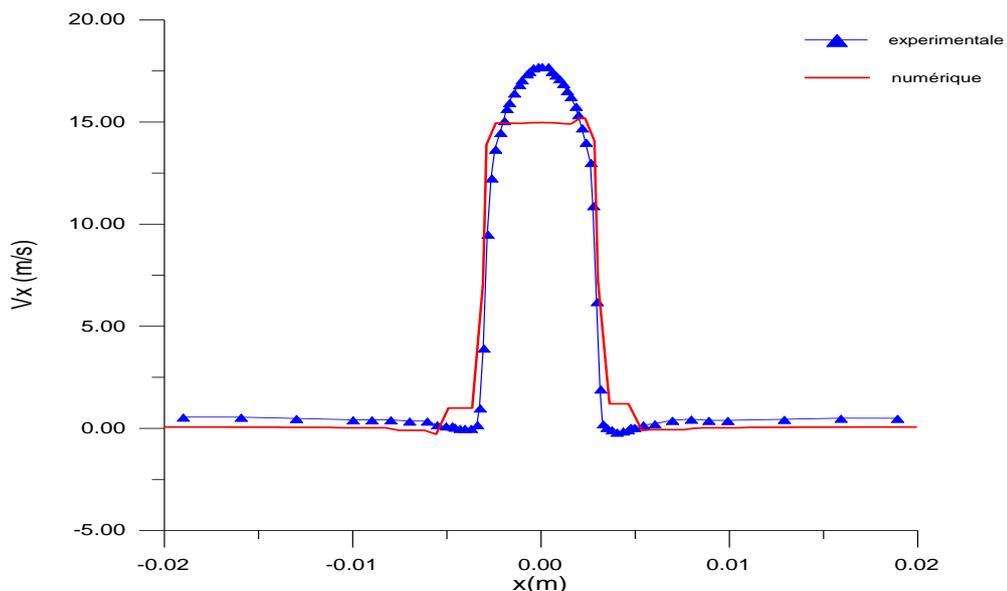


Figure 2. Profils numérique et expérimental de la composante verticale de la vitesse à $z=0.5\text{ mm}$, $U_{\text{oxy}}=0.4\text{ m/s}$ et $U_{\text{fuel}}=12.5\text{ m/s}$ avec 0% CO₂

La simulation de l'évolution des profils de vitesse moyenne (Figure 5) en s'éloignant de la buse sont en accord avec la littérature des jets cylindriques. En effet, tout en s'éloignant de la buse, le jet du méthane de vitesse plus importante est entraîné par le jet de l'oxydant et sa vitesse diminue plus pour des hauteurs z plus importantes.

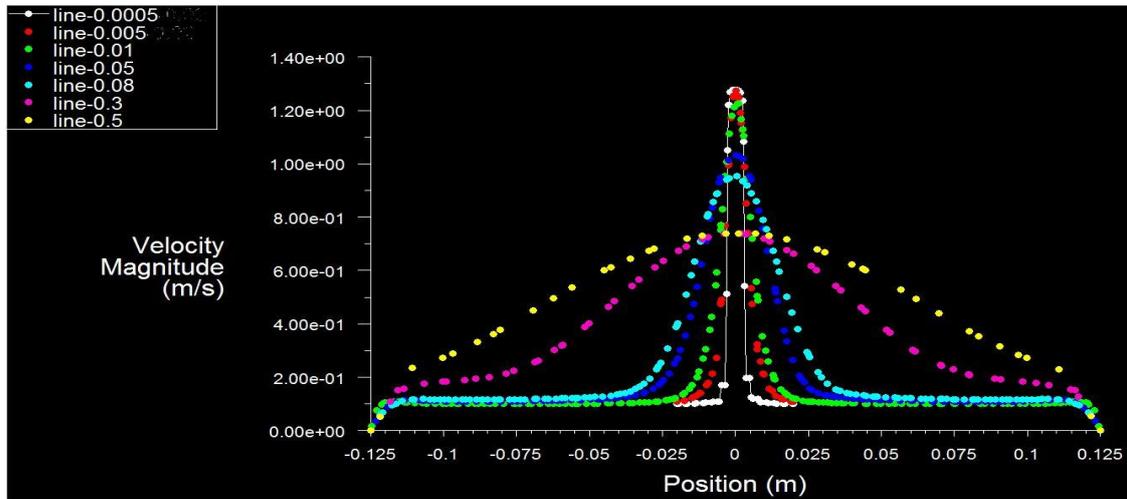


Figure 3. L'évolution des profils de vitesse moyenne en s'éloignant de la buse pour 0% CO2 uch4_1ms-1_uair_0.1

3. Résultats et interprétations :

3.1. Variation du taux du diluant:

La variation du taux du CO2 implique une augmentation de la vitesse moyenne et un élargissement du rayon de flamme ce qui est expliqué par le fait qu'avec la dilution la flamme monte vers l'aval suivant la ligne stœchiométrique imposée par le mélange entre l'oxydant et le fuel [Han and Mungal, 2000]. A ce propos, Des travaux comme ceux de [Chen et al., 2000]; [Ghosal and Vervisch, 2001] ; [Cessou et al., 2004], ont exprimés que cette ligne stœchiométrique dans la zone proche du brûleur, s'évase nettement avec la distance verticale vers l'aval en régime d'écoulement turbulent alors le rayon de flamme augmente.

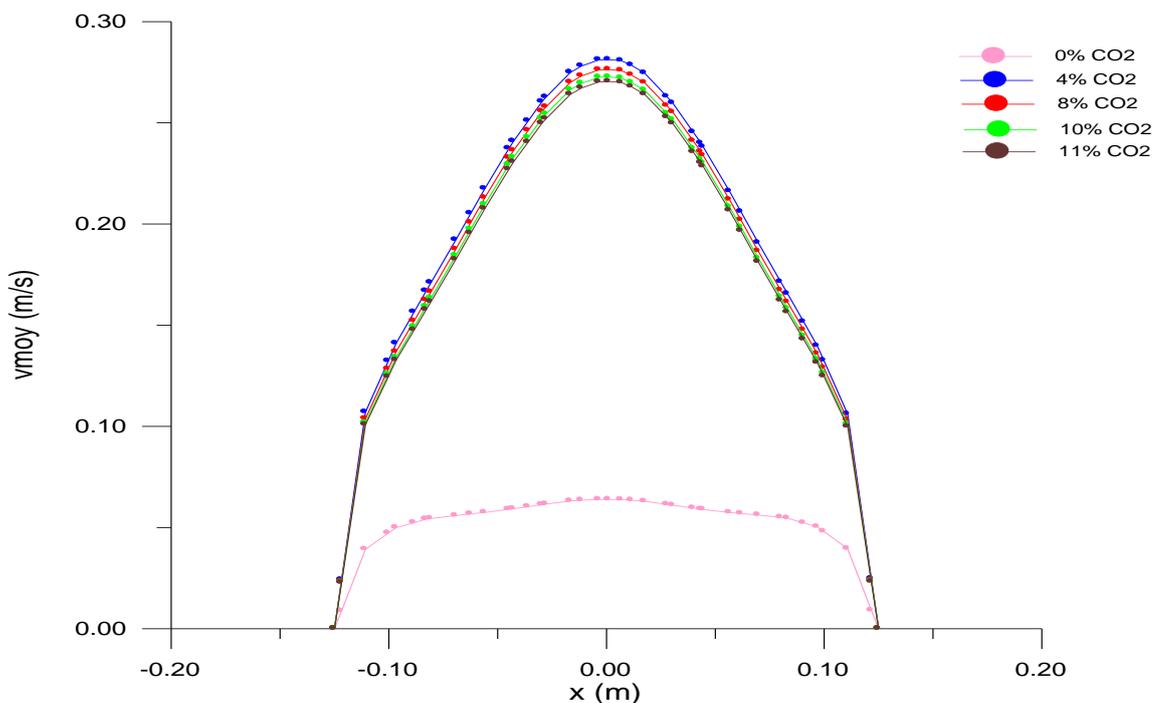


Figure 4. Profils de vitesse pour $U_{oxyd}=0.4\text{m/s}$ et $U_{comb}=0.14\text{m/s}$ a une hauteur $z=0.5\text{m}$ et pour différents pourcentages de diluant dans le comburant

3.2. Variation de la vitesse d'entrée:

Une observation de la variation des profils de vitesse dans le plan du jet (Figure 6) montre qu'avec l'addition du CO₂ au mélange, ces profils augmentent surtout pour des vitesses du combustible et de l'oxydant faible. En effet, lors d'une modification de la vitesse ou du pourcentage du diluant, la flamme devient liftée et adapte sa position de stabilisation pour que les conditions de vitesse et de mélange favorables coexistent simultanément.

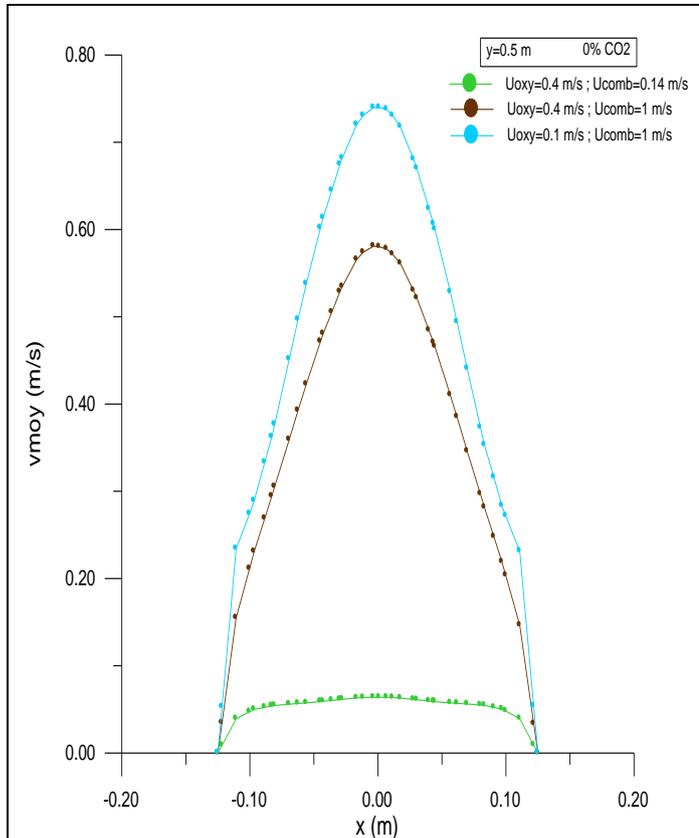


Figure 5. Profils de vitesse pour différents uoxyd et ucomb à une hauteur $z=0.5$ m et 0% CO₂

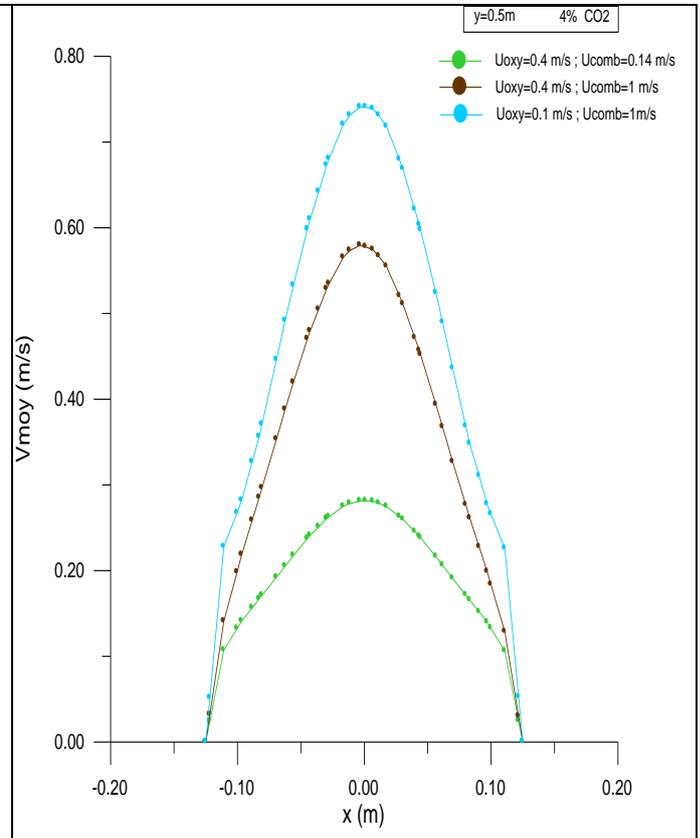


Figure 6. Profils de vitesse pour différents uoxyd et ucomb à une hauteur $z=0.5$ m et 4% CO₂

3.3. Contours de température :

Une analyse des contours de température (Figure 8) montre qu'avec l'addition du CO₂ leurs allures change.

En effet, sans diluant le contour de température est conforme à la littérature des jets coaxiaux et la zone de réaction est l'interface entre le comburant et le combustible, et la faible fraction des réactifs placés à l'extérieur sera diluée par les produits de la flamme que loin dans l'écoulement.

En ajoutant le diluant, la température de la flamme devient plus homogénéisée et la température maximale de la flamme diminue ce qui est favorable pour diminuer la production des NO_x.

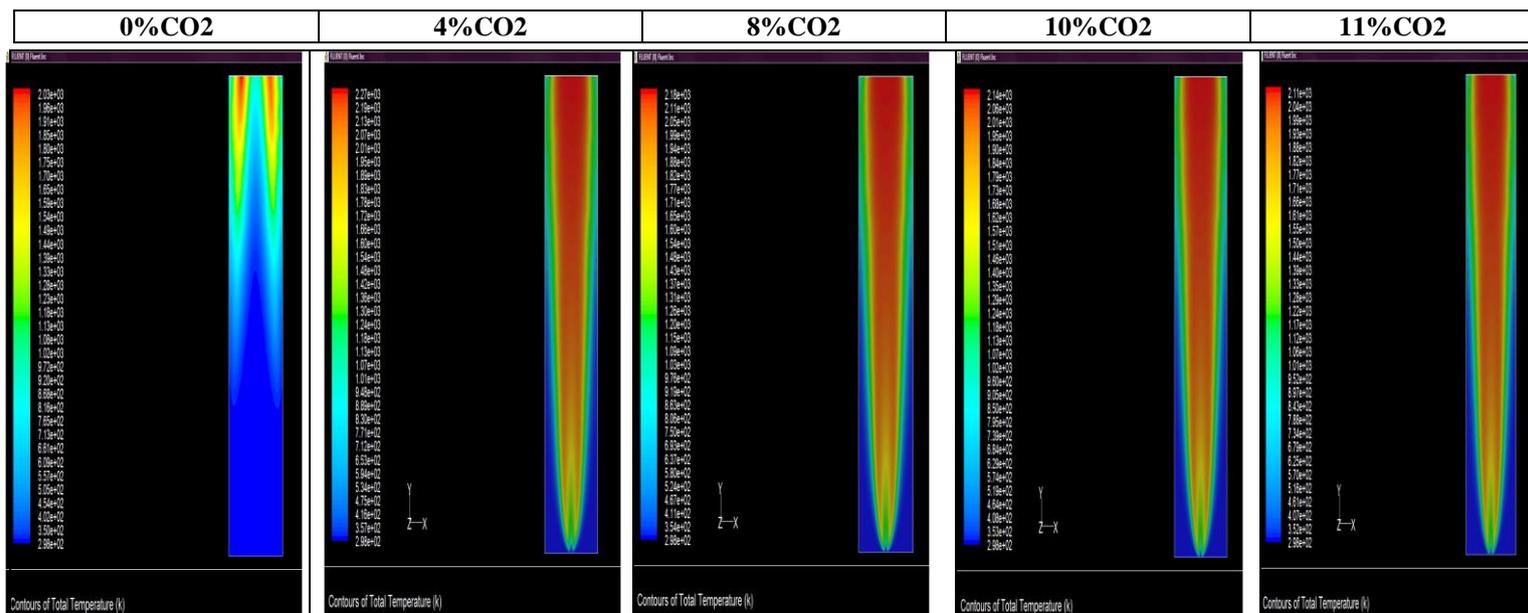


Figure 8. Les contours de température dans le plan jets pour différents pourcentages de CO₂

4. Conclusion

La validation des résultats numériques est faite par comparaison avec les résultats expérimentaux. Ceci a montré qu'il y a une bonne concordance entre le numérique et l'expérimentaux.

La simulation numérique du problème montre que l'ajout du diluant entraîne:

- ✓ Une augmentation de la vitesse moyenne et un élargissement du rayon de flamme qui monte vers l'aval suivant la ligne stœchiométrique imposée par le mélange entre l'oxydant et le fuel .
- ✓ Cette augmentent des profils de vitesse est surtout apparente pour des vitesses faible du combustible et de l'oxydant ou il y a stabilisation de la flamme liftée.
- ✓ La température de la flamme devient plus homogénéisée et diminue ce qui diminue la production des NOx.

Il ressort de cette étude que la dilution de la combustion non prémélangée est intéressante en termes d'amélioration de stabilisation de la flamme et limitation de la production des polluants.

Références

- [1] Sautet J.C., Boushaki T., Salentey L., Labégorre B., Oxy-combustion properties of interacting separated jets, Combustion Science and Technology, 178, 2075-2096, 2006.
- [2] A. Coghe, G. Solero, G. Scribano, Exp. Therm. Fluid Sci. 28 (2004) 709–714.
- [3] P. Schmittel, B. Gunther, B. Lenze, W. Leuckel, H. Bockhorn, Proc. Combust. Inst. 28 (2000) 303–309.
- [4] Kalghatgi GT, Blow-out stability of gaseous jet diffusion flames, Part I: in still air. Combust Sci Technol 1981; 26:233–9
- [5] Karbassi M, Stability limits of non-premixed flames, PhD thesis, Calgary; University of Calgary, 1997.