



Original Paper

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Influence de la variation de la température de combustion dans un moteur Diesel sur les émissions de polluants (NO_x et suies)

Meriem DJEDIANE ¹, Abdelkrim BERROUKCHE ^{2*}, Mohamed TERRAS ² et Abderrahmane LABANI ²

¹Département de Génie Mécanique, ENSET, Université d'Oran, Algérie.

²Laboratoire de Recherche en Ressources Hydriques et Environnement (RHE), Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Dr Tahar Moulay de Saida, Algérie.

*Auteur correspondant ; E-mail : kerroum1967@yahoo.fr; Tél. : 0798520868

RESUME

Le problème majeur du moteur Diesel est la pollution due aux émissions de gaz polluants tels que le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures imbrûlés (HC), les particules (suies) et les oxydes d'azote (NO_x). Ces polluants ont une influence néfaste sur la santé de l'homme et l'environnement. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence de la variation de la température au niveau de la chambre de combustion du moteur Diesel sur les émissions des polluants NO_x et suies. De ce fait, une investigation numérique a été effectuée par l'utilisation du code KIVA-3 –Lite. A un régime de 1400 tpm du moteur Diesel et à une forte charge, il a été constaté une influence de la variation de la température des composants de la chambre de combustion sur les émissions des polluants (NO_x et suies). A la température (T°) de 300 °K au niveau de la culasse, les concentrations du NO_x et des suies étaient respectivement de 9,36 et 0,62 gr/kg-f et à la T° de 900 °K au sein du même composant, les émissions de NO_x ont diminué (3,05 gr/kg-f) mais celles des suies étaient stables (0,75 gr/kg-f). Au niveau de la paroi du cylindre de la chambre de combustion et à une T° de 300 °K, les concentrations de NO_x et suies étaient respectivement de 7,68 et 0,66 gr/kg-f par contre à la T° de 625 °K, les émissions de NO_x et des suies étaient constantes (8,18 et 0,66 gr/kg-f). La performance du moteur Diesel, en cours, et les nouvelles réglementations ont réduit les émissions des polluants (NO_x et suies).

© 2014 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Moteur Diesel, pollution, émissions, suies, oxydes d'azote.

INTRODUCTION

Les moteurs à injection directe (DI) entraînent une réduction de la consommation de carburant et une augmentation des émissions de polluants tandis que le moteur turbo compresseur DI augmente la quantité d'air dans les vérins et la quantité d'injection et de carburant brûlé. La combinaison de ces deux

mécanismes entraîne une performance du moteur en augmentant ainsi la puissance du moteur et une réduction des émissions (Wiedenhoefer and Reitz, 2003).

La réduction des émissions de polluants constitue une problématique pour les spécialistes du moteur Diesel. Dans ce type de moteur DI, d'importantes recherches ont été

© 2014 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i4.55>

entamées afin de comprendre les processus physiques qui régissent le fonctionnement d'un moteur et de réduire les émissions de polluants comme les oxydes d'azote (NO_x), hydrocarbures imbrûlés (HC) et les particules de suie (Gissinger, 2002 ; Hendricks et al., 2014). L'ascension de ces polluants dans les gaz d'échappement, dépend des conditions dans lesquelles se produit la phase de combustion qui dépend de la qualité du mélange air-carburant. L'évolution antagoniste de NO_x et des particules de suie est un véritable problème de pollution. L'objectif de notre étude est d'évaluer l'influence de la température des composants de la chambre de combustion d'un moteur Diesel à injection directe sur les émissions des polluants. Pour cela, une simulation numérique a été effectuée en utilisant le logiciel CFD KIVA-3V-Lite élaboré par Amsden (Lian et al., 2009), en se basant sur une étude paramétrique pour comprendre la formation et les émissions de NO_x et des particules de Suie.

MATERIEL ET METHODES

Moteur de test

Le moteur est un moteur Diesel à ID turbo compressé de type MKdir 620-145. Il possède six cylindres et le diamètre de cylindre est de 12 cm. Les caractéristiques du moteur et le système d'injection sont rapportés dans le Tableau 1. La vitesse du moteur choisie est de 1400 tpm et composée de trois charges différentes (forte, partielle, faible).

Description de KIVA-3V-Lite

Le code CFD (KIVA-3V-Lite) est un outil de calcul, très utilisé pour la réalisation de la simulation numérique des écoulements réactifs turbulents, multidimensionnels et non stationnaires dans les portions fermées du cycle moteur. Il est conçu, en premier lieu, pour la modélisation de la combustion dans

les moteurs thermiques alternatifs. L'appellation *lite* vient du fait qu'il est facile à utiliser sur les machines de calcul ordinaire (600 MHz), avec un temps de calcul réduit (Hessel, 2002).

Le code KIVA-3V_lite contient un générateur de maillage automatique qui permet de créer des maillages en 2D ou en 3D cartésiens avec la possibilité de conversion du début de l'injection, il offre l'opportunité de mettre les informations du maillage de la forme désirée dans un fichier constituant essentiellement la partie donnée. La nouveauté du code est dénotée par la décomposition de sa structure en trois blocs principaux (Hessel, 2002).

Le code KIVA utilise la méthode des volumes finis pour résoudre les équations d'écoulements très variées avec des configurations complexes. Il est composé, comme tout code de type CFD, de trois modules qui sont : le pré-processeur " K3prep", le solveur " Kiva3 " et le post-processeur " K3post ".

K3prep : génération de maillage : Il permet de construire la géométrie du domaine de calcul et de subdiviser ce dernier en cellules. L'ensemble des équations de ces cellules élémentaires permet de construire le maillage. Kiva3 : programme principal de calcul. L'ensemble des équations sont discrétisées et résolues. K3post : post-processeur produit les fichiers de résultat. Le post-processeur permet de visualiser les différents résultats (champs de vitesse, lignes de courant, contours de la surface, etc.).

Les conditions initiales sont les pressions d'air et les températures à l'entrée et l'intérieur des cylindres. Les pressions initiales et les valeurs sont obtenues à partir des températures de pression mesurées à l'entrée et dans les cylindres. Les

températures limites peuvent être ajustées à partir de valeurs proposées par la littérature spécialisée et les développeurs (ou constructeurs) de logiciels (Lian et al., 2009 ; Hendricks et al., 2014).

Calcul mesh

Le maillage numérique utilisé est illustré dans la Figure 1. Il a été créé à l'aide du préprocesseur KIVA, appelé K3-prep, qui est spécialement conçu pour le moteur à géométrie. Compte tenu de la symétrie, le temps de calcul est réduit considérablement et la diminution de mémoire de commande.

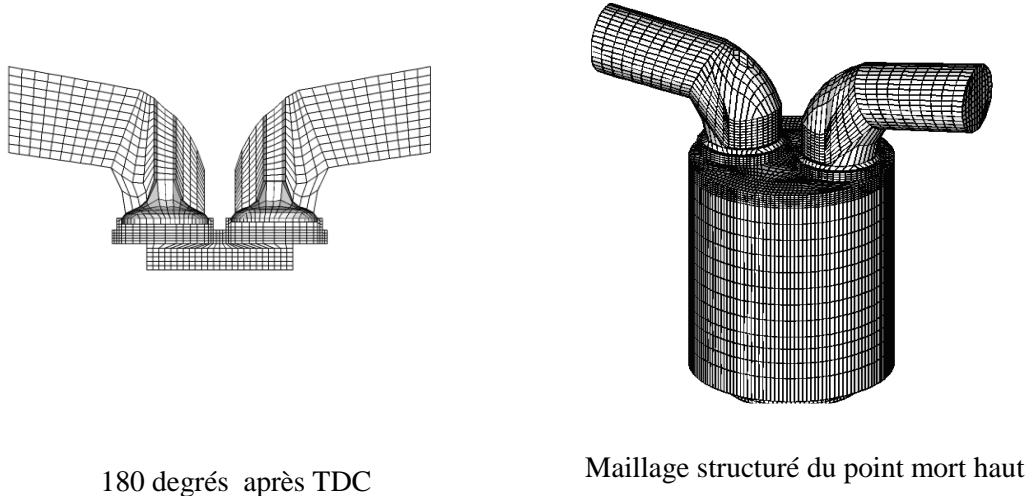
RESULTATS

Il est à noter une évolution antagoniste des taux de NOx et Suies en fonction de la température de culasse pour le régime 1400 tpm à forte charge (Figure 2). Cette étude suggère bien que la température de culasse exerçait une influence sur la concentration des polluants NOx et Suies d'où un antagonisme

flagrant (Figure 2). On n'observe pas un antagonisme entre l'évolution des émissions des polluants NOx et Suies dans le cas de l'augmentation de la température de la surface de contact gaz-piston mais il est à constater que l'élévation des émissions des polluants est proportionnelle à la température de la surface de contact gaz-piston (Figure 3). Dans le cas de la température de la paroi du cylindre de la chambre de combustion, un antagonisme très marquant a été observé (Figure 4). Il s'agit d'une évolution parabolique des NOx et Suies au régime 1400 tpm à forte charge. Le taux de NOx a atteint son maximum dans l'intervalle de température variant entre 350-450 °K, par contre, le taux des Suies a atteint son minimum au même intervalle de température (Figure 4). Donc la température de la paroi de cylindre a exercé son effet sur la formation et les émissions des polluants lors du processus de combustion.

Tableau 1 : Caractéristiques techniques du moteur de test.

Géométrie de Base	
Type de chambre de combustion	Vanne verticale & piston plat
Alésage	12 cm
Coup	14.5 cm
Taux de compression	17
Rapport Swirl	0.5
Equipements d'air et d'injection de carburant	
Pompe à injection	Bosch type P.7100
Diamètre du trou d'injection	2,59E-01mm
Angle des pulvérisations	125 deg
Début d'injection	8c.a.degree BTDC
Couple maximal	158 m daN (ISO) à 1200 tpm
Chargeur Turbo	Schwitzer type S2BV



180 degrés après TDC

Maillage structuré du point mort haut

Figure1 : Maillage d'un Moteur Vertical Valve Mir 620-145 Piston Plat.

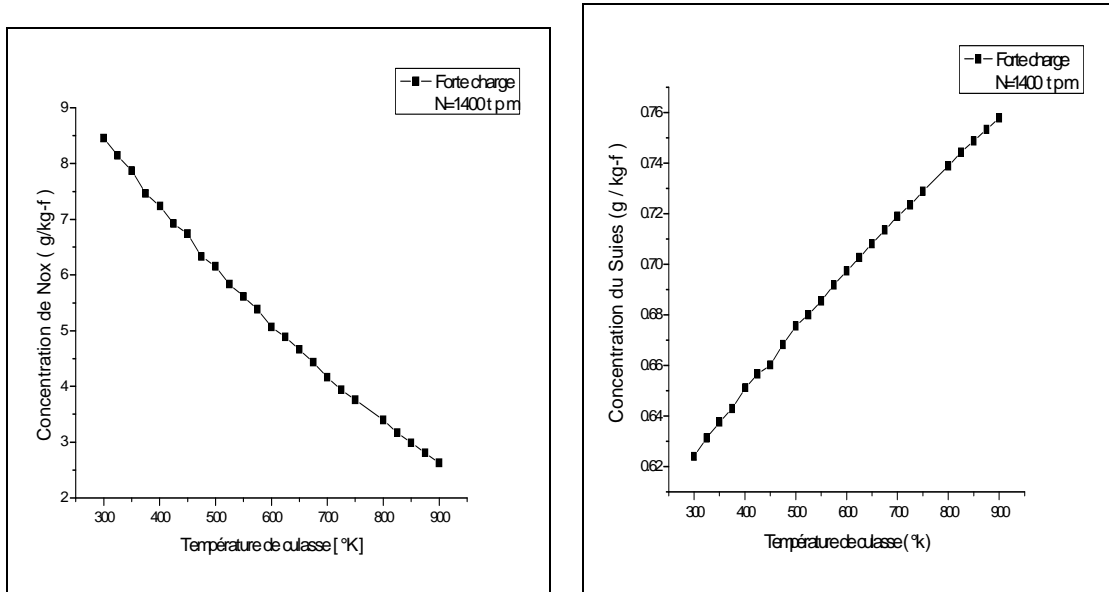


Figure 2 : Evolution des taux de NOx et Suies en fonction de la température de culasse (régime 400 tpm à forte charge).

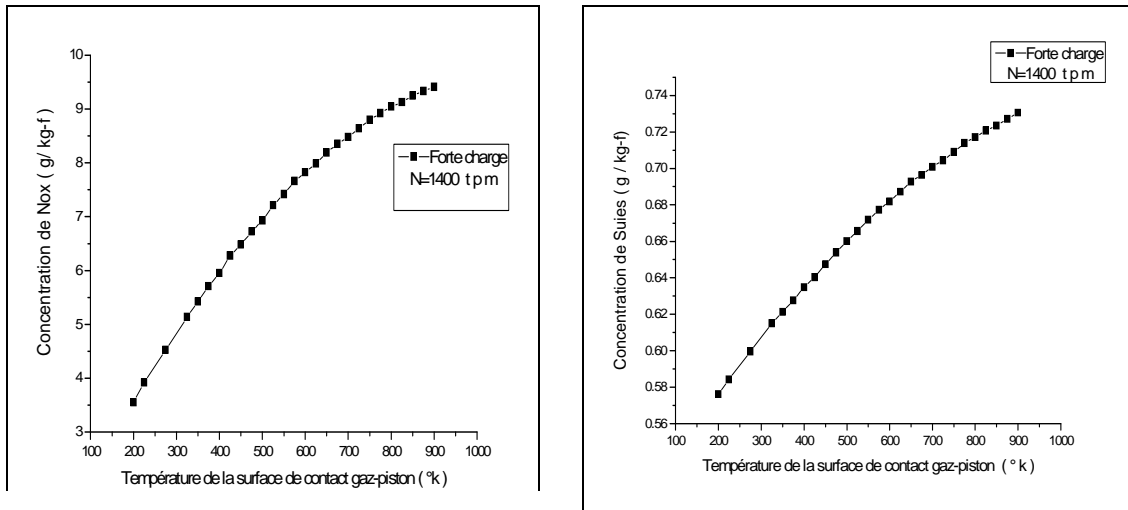


Figure 3 : Evolution des taux de NOx et Suies en fonction de la température de la surface de contact gaz-piston (régime 1400 tpm à forte charge).

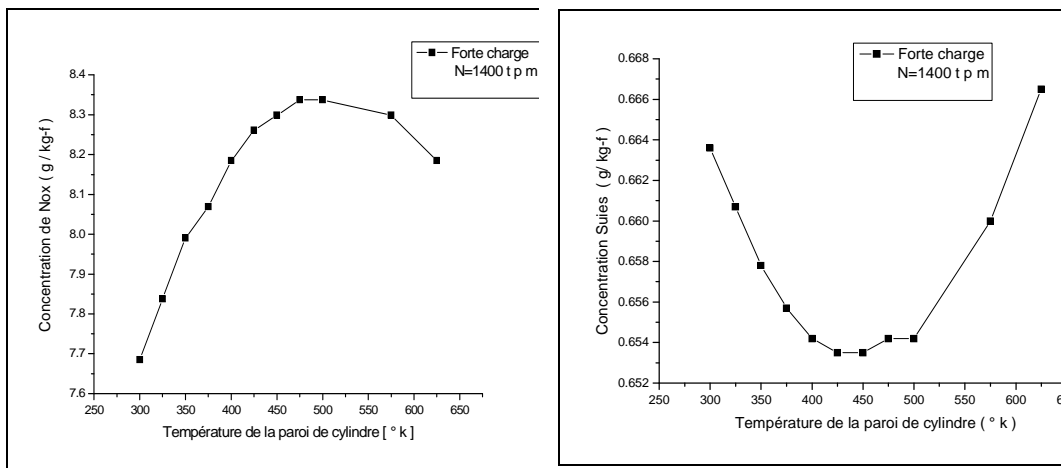


Figure 4 : Evolution des taux de NOx et Suies en fonction de la température de la paroi de cylindre de la chambre de combustion (régime 1400 tpm à forte charge).

DISCUSSION

La composition des gaz d'échappement dépend de l'architecture du moteur, la combustion, la qualité et la composition du mélange (Richesse, homogénéité, carburant).

La concentration de ces espèces gazeuses à l'échappement dépend de multiples paramètres. Les mécanismes de formation des polluants au cours de la combustion Diesel sont fortement influencés par la distribution

spatiale du carburant dans le cylindre (Hendricks et al., 2014). La combustion, en théorie, est complète et elle rejette du dioxyde de carbone, de l'eau et de l'azote mais en réalité, cette combustion ne peut avoir lieu à cause de la présence de certaines contraintes telles que la température, la pression et les additifs dans les carburants. Cela entraînera des recombinaisons chimiques diverses comme la formation des oxydes d'azotes (NOx) et des particules de carbones ou suies. Le gazole, ou fuel, est riche en carbone, ce qui favorise la production des particules ou suies. Ces gaz polluants sont très toxiques et ont fait l'objet d'une législation sévère dans les pays occidentaux (Yoshikawa and Reitz, 2009). Les oxydes d'azote NOx sont sous forme de NO ou NO₂. Le monoxyde d'azote (NO) se combine à l'hémoglobine du sang et provoque une paralysie alors que le dioxyde d'azote NO₂ est d'une odeur forte et piquante qui a des effets néfastes sur la santé de l'homme car il peut détruire les cellules pulmonaires et aussi des effets sur l'environnement en entraînant des pluies acides et du smog (Power, 2003).

La formation de NOx se produit à une température de combustion allant de 2000 à 3000 °C. La composition des particules (ou suies) est complexe. Elle est liée à la nature du carburant Diesel aux conditions de température et de pression (1000 à 2800 °k et 50 à 100 bar) et à la qualité du mélange ou sa richesse. Les accélérations brutales ou le fonctionnement du moteur Diesel, à forte charge conduisent à un déficit en air et à l'augmentation des fumées ou suies.

Les particules émises par le moteur Diesel sont responsables de pathologies respiratoires (allergies, asthme et cancer pulmonaire) (Letellier et al., 2004 ; Bishop et Standman, 2008). La prise de conscience relayée par les pouvoirs politiques s'est rapidement traduite par la mise en place des

mesures de lutte contre la pollution automobile en se basant sur les normes Américaines (Madronich et al., 2011). Les grandes nations industrialisées ont mis en place leur propre système de réglementation pour réduire à grande échelle l'ampleur des émissions des polluants (Mémento de technologie automobile, 2002). Ainsi, avant sa commercialisation, tout nouveau modèle de véhicule doit être conforme aux normes limitant les émissions en vigueur dans son pays de circulation.

Conclusion

Les résultats de la présente étude ont montré un antagonisme flagrant entre les émissions des polluants NOx et les particules de suie à la vitesse de moteur Diesel à injection directe (DI) de 1400 tpm à forte charge ou à une forte accélération dont plusieurs facteurs étaient mises en cause, notamment la variation de la température des différents composants de la chambre de combustion, à savoir les températures de la culasse, de la paroi du cylindre et de la surface de contact gaz-piston. Actuellement, les nouvelles réglementations montrent une certaine rigueur dans le respect des normes contre la pollution, en garantissant un meilleur compromis entre les techniques récentes de postcombustion et de traitement des polluants. Cette étude peut être complétée par d'autres travaux sur les performances du moteur Diesel à injection directe en réduisant au maximum les émissions de polluants par l'introduction de meilleures modélisations mathématiques qui gèrent au bien ces émissions.

REFERENCES

- Bishop GA, Stedman DH. 2008. A Decade of On-Road Emissions Measurements. *Environmental Science & Technology*, **42**(5), 1651-1656.

- Gissinger G. 2002. *Le Fort-Piat, Contrôle-Commande de la Voiture*. Traité IC2, Hermès Science Publication : Paris.
- Hendricks T, Splitter DA, Ghandhi JB. 2014. Experimental investigation of piston heat transfer under conventional diesel and reactivity-controlled compression ignition combustion regimes. *International Journal of Engine Research*, **7**(1): 2-4:15.
- Hessel RP. 2002. How to use the kiva3v_lite Suite.
- Letellier C, Roulin E, Lorient JP, Dionnet F. 2004. Symbolic dynamics for arrhythmia identification from heart variability of rats with cardiac failures, 8th Experimental Chaos Conference (Florence), 14-17.
- Liang L, Steven JG, Farrell JT. 2009. "A dynamic adaptive chemistry scheme for reactive flow computations. *Proc. Combustion Inst.*, **32**: 527-534.
- Madronich S, Wagner M, Groth P. 2011. Influence of Tropospheric Ozone Control on Exposure to UV Radiation at the Surface. *Environmental Science & Technology*, **45**(16): 6919-6923.
- Mémento de technologie automobile. 2002. deuxième ed., BOSCH.
- Power GT. 2003. User's Manual and Tutorial (GT-Suite Version 6.0).
- Yoshikawa T, Reitz RD. 2009. Development of an Improved NO_x Reaction mechanism for Low Temperature Diesel Combustion Modeling. *Int. J. Engines*, **1**: 1105-1117.
- Wiedenhofer JF, Reitz RD. 2003. multidimensional Modeling of the Effects of Radiation and Soot Deposition in Heavy-duty Diesel Engines. *Journal of Engines*, **112**(3): 784-804.