

## Potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules et de réduction de la pollution environnementale via l'ionisation du carburant

Y.Al Ali-M. Hrairi-I.Al Kattan

Reçu : 18 janvier 2011 / Révisé : 26 juillet 2011 / Accepté : 10 septembre 2011 / Publié en ligne : 12 avril 2012  
- CEERS, AIU 2012

Abstrait Afin de réduire le niveau de pollution atmosphérique causée par les émissions des moteurs de véhicules, l'application d'une nouvelle technique basée sur la magnétisation du carburant a été testée dans cette étude visant à améliorer l'efficacité énergétique et à réduire le taux d'émissions de gaz dans l'environnement. Deux expériences ont été menées, chacune utilisant un type différent de dispositif magnétique. Le premier type de dispositif magnétique est installé dans le réservoir de carburant et le second est installé sur la conduite de carburant. Chaque expérience a été réalisée sur dix véhicules distincts de la flotte de Dubai Taxi Corporation. Par rapport aux données de référence, des réductions de 70 % pour les émissions d'hydrocarbures et de monoxyde de carbone, et de 68 % pour les oxydes d'azote ont été enregistrées. Les résultats ont également démontré une réduction moyenne de la consommation de carburant de 18 %.

Mots clés Émission de gaz d'échappement - Consommation de carburant - Ionisation - Dispositif magnétique - Essais sur route

### Introduction

Les véhicules ont apporté de nombreuses améliorations perçues à la vie des gens, mais ils ont également transformé de nombreuses villes en

conurbations tentaculaires, ont développé une énorme soif de pétrole, sont devenus une source majeure de pollution de l'air et sont maintenant le contributeur au changement climatique qui connaît la croissance la plus rapide (Walsh 2009). La décision d'améliorer la qualité de l'air dans les villes du monde entier est rendue encore plus difficile à mesure que le nombre de véhicules produits, possédés et exploités continue d'augmenter. Les émissions de ce nombre croissant de véhicules contribuent non seulement au changement climatique, mais exacerbent également les effets néfastes sur la santé de la population. À Dubaï, les véhicules à moteur sont les plus gros producteurs de gaz à effet de serre et de polluants ; ils représentent plus de la moitié des émissions réglementées (Road and Transportation Authority 2009). Cela devient d'autant plus inquiétant que l'utilisation des véhicules à Dubaï (en kilomètres totaux parcourus) augmente et dépasse même la croissance démographique de Dubaï. Des études ont montré que les véhicules privés émettent environ 95 % plus de monoxyde de carbone, 92 % plus de composés organiques volatils et environ deux fois plus de dioxyde de carbone et d'oxyde d'azote que les véhicules publics pour chaque kilomètre parcouru (Al-Zubaidi et Sabie 2004). Les oxydes d'azote sont considérés comme la principale cause de pollution dans l'émirat de Dubaï (Alkemada et Schumann 2006; Manzie et al. 2007). Déjà, les émissions des véhicules sont liées à la dégradation de la qualité de l'air, à la visibilité réduite, au réchauffement climatique et aux contaminants toxiques qui menacent l'environnement et la santé publique. Depuis de nombreuses années, les chercheurs tentent de concevoir des systèmes de combustion permettant une combustion complète de l'hydrocarbure, afin de réduire la pollution de l'air. Bien que des progrès technologiques aient été réalisés dans des domaines tels que le mélange air-carburant, l'allumage et le contrôle de la température des chambres de combustion et des catalyseurs, le problème de la pollution de l'air n'est toujours pas résolu.

Pour contrer l'augmentation des émissions nocives, de nouveaux systèmes de contrôle des émissions et des progrès dans la propulsion des véhicules qui améliorent le système interne conventionnel

---

Y. Al Ali - M. Hrairi (&) Department of  
Mechanical Engineering, International  
Islamic University Malaysia, PO Box 10, 50728  
Kuala Lumpur, Malaisie e-mail :  
meftah@iiu.edu.my

I.Al Kattan  
Gestion des systèmes d'ingénierie, Université américaine  
de Sharjah, PO Box 26666, Sharjah, Émirats arabes unis



moteur à combustion doivent être explorés. Aksoy (2011) ont indiqué que les moteurs à émissions réduites ou propres dépendent de carburants de haute qualité qui doivent être traités comme faisant partie du système global du véhicule.

Le traitement des carburants concerne la reformulation des carburants conventionnels (Zhu et al.2003; Shi et al.2009), le traitement des carburants (Mushrush et al.2011) et le choix des carburants alternatifs (Rassafi et al.2006). Les améliorations futures, bien que non garanties, dépendront des progrès des technologies des carburants et des véhicules, de manière à promouvoir l'utilisation de carburants alternatifs tels que le gaz naturel (Hassan et al.2009), gaz de pétrole liquéfié (Bayraktar et Durgun2005; Ceviz et Yuksel2006), l'hydrogène (Rahman et al.2009; Genovese et al. 2011) et huiles végétales (Kalam et Masjuki2004; Yavuz et al.2008; Refaat2010). Plusieurs efforts de recherche se sont concentrés sur le contrôle des émissions avec les méthodologies existantes. En effet, la recirculation partielle des gaz d'échappement, qui n'est pas une technique nouvelle, est devenue indispensable, en combinaison avec d'autres techniques, pour atteindre des niveaux d'émission plus faibles (Lapuerta et al.2000; Abd-Alla2002; Zheng et al.2004). Parmi toutes les variables de contrôle du moteur, le rapport air-carburant (AFR) est lié à l'efficacité énergétique, à la réduction de la pollution et à l'amélioration de la maniabilité. Maintenir l'AFR à la valeur stœchiométrique (14,7) permet d'obtenir le meilleur équilibre entre la puissance de sortie et la consommation de carburant. L'AFR peut également influencer l'effet du contrôle des émissions car sa valeur stœchiométrique assure l'efficacité maximale des catalyseurs à trois voies (Wang et al.2006). Des variations de [1 % en dessous de 14,7 peuvent entraîner une augmentation significative des émissions de CO et de HC. Une augmentation de plus de 1 % produira plus de NO<sub>x</sub> jusqu'à 50 % (Manzie et al.2001,2002). Ces techniques étaient généralement capables de réduire les émissions de CO et de HC et de contrôler le NO<sub>x</sub>, mais n'a pas amélioré l'efficacité de la consommation de carburant. Des législations récentes ont veillé à ce que toutes les voitures neuves soient équipées de convertisseurs catalytiques afin de réduire les émissions de polluants. Bien que les convertisseurs catalytiques offrent certaines améliorations, ils ont aussi leurs défauts. Par exemple, les convertisseurs ne fonctionnent pas au premier démarrage du moteur et les pièces sont froides, ce qui coïncide avec la sortie la plus élevée de gaz d'échappement polluants du moteur. De plus, les convertisseurs catalytiques produisent plus de dioxyde de carbone, ce qui favorise les effets de serre et va à l'encontre des promesses politiques de réduction du CO<sub>2</sub> émissions. Le plus problématique avec les convertisseurs catalytiques est peut-être qu'ils réduisent l'efficacité du moteur et augmentent ainsi la consommation de carburant. Une nouvelle technique, basée sur la magnétisation du combustible, a été utilisée pour atténuer les problèmes ci-dessus. La magnétisation du carburant hydrocarboné est capable de casser des amas de molécules d'hydrocarbure et de changer la direction de spin des électrons de l'état para (faible énergie) en état ortho (haute énergie). Ils deviennent normalisés et indépendants, distancés

les uns des autres, ayant plus de surface disponible pour la liaison (attraction) avec plus d'oxygène (meilleure oxydation) (Saksono2005). Le concept d'exposition des molécules de carburant au champ magnétique remonte à JD Van der Waals et à ses expériences sur le terrain (Okoronkwo et al.2010). Les molécules de carburant soumises à un champ magnétique externe conduiront à plus de réorientation afin de s'adapter au champ magnétique externe appliqué (Song et al.2003). Pour réduire le réchauffement climatique, il est logique de se pencher sur le traitement du carburant avant sa combustion par un champ magnétique à impulsions courtes. Le traitement du carburant par un champ magnétique à impulsions courtes avant la combustion peut affecter les changements dans la structure moléculaire du pétrole brut et des carburants dérivés, augmentant ainsi l'efficacité thermique du kérosène sous pression (Saksono2005). Sauvage (1992) ont effectué des tests pour déterminer l'effet de l'installation d'un dispositif magnétique pour réduire les émissions des tuyaux d'échappement. Le dispositif était installé autour de la conduite de carburant en amont du carburateur. Le véhicule utilisé pour ces tests était un break à aspiration naturelle Vauxhall Cavalier 1.61 modèle 1988 avec un kilométrage cumulé de 106 700 et était une voiture de pool entretenue et entretenue par les agents locaux. Il a constaté que les émissions de monoxyde de carbone augmentaient en moyenne de 12,9 % ; les émissions d'hydrocarbures ont augmenté en moyenne de 6,9 % mais les émissions d'oxydes d'azote ont diminué en moyenne de 18 %. Une étude plus récente, réalisée dans des conditions de laboratoire à l'aide d'un moteur diesel, a montré que l'ionisation du carburant, obtenue en utilisant un résonateur à fréquence magnétique monté sur la conduite d'alimentation en carburant, permettait une économie globale de carburant de 1. 2006).

Ainsi, les dispositifs magnétiques peuvent jouer un rôle complémentaire au pot catalytique. Les deux dispositifs réduisent différents aspects des émissions polluantes, et le dispositif magnétique peut contrer l'augmentation de la consommation de carburant causée par le convertisseur catalytique. Le dispositif magnétique est conçu pour conditionner le carburant avant la combustion, augmentant ainsi la puissance de sortie, économisant du carburant et réduisant par conséquent les émissions. L'installation de l'appareil est simple à réaliser et est conçue pour être compatible avec les tuyaux de buse, la conduite de carburant ou la conduite de carburant du carburateur de n'importe quel moteur. La mise en œuvre réussie d'un tel dispositif a le potentiel d'avantages économiques pour les automobilistes et d'améliorations significatives de la qualité de l'air à Dubaï.

Le but de cette étude est de concevoir une série de tests utilisant deux dispositifs magnétiques différents et d'évaluer leurs performances. La consommation de carburant, les émissions de monoxyde de carbone, d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote des véhicules (toutes mesurées en g/km) seront mesurées. Cette étude a été menée dans la ville de Dubaï en utilisant la flotte de taxis de Dubai Taxi Corporation et leurs installations de laboratoire de février à novembre 2010.



## Matériels et méthodes

### Traitement magnétique du carburant

Pour comprendre comment l'ionisation du carburant est réalisée à l'aide du dispositif magnétique, il est important de comprendre certains aspects chimiques de la combustion interne. La plupart des combustibles à combustion interne sont liquides et ne brûleront pas efficacement tant qu'ils ne seront pas vaporisés et mélangés à l'air. Le gaz liquide est composé de longues molécules. Chaque molécule est composée d'un ensemble d'atomes et chaque atome est composé d'électrons en orbite autour d'un noyau. Les électrons en rotation à l'intérieur de la molécule créent des charges positives (?) et négatives (-) qui confèrent intrinsèquement à la molécule un degré de moment magnétique. Les charges positives et négatives au sein de la molécule aident à la maintenir ensemble, plutôt que de se diviser en molécules plus petites, mais elles limitent également la capacité de la molécule à s'imbriquer activement avec l'oxygène pendant le processus de combustion, provoquant ainsi une combustion incomplète.

Pour améliorer le degré de combustion, les carburants doivent être décomposés et ionisés. Ceci peut être réalisé si les particules de combustible sont exposées à une force magnétique. Le carburant est principalement composé d'hydrocarbures. Lorsque des groupes d'hydrocarbures traversent un champ magnétique, ils changent leur orientation magnétique pour être opposée à celle du champ magnétique. Dans le champ magnétique, les hydrocarbures changent également de configuration, ce qui réduit considérablement les forces intermoléculaires. On pense que ces changements d'orientation et de configuration des hydrocarbures aident à diviser et à disperser finement les particules d'huile dans le carburant. On pense qu'une aide supplémentaire à l'atomisation du carburant provient des ions hydrogène magnétisés dans le carburant et des ions oxygène dans l'air ou la vapeur avoisinants. Toutes ces réactions au niveau moléculaire perpétuent l'écrasement des associés des molécules de carburant en associés plus petits, jusqu'aux monomolécules. Il en résulte un carburant composé de molécules simples et énergisées qui sont plus facilement ionisées par l'oxygène. Par conséquent, un carburant mieux oxydé brûle plus efficacement, ce qui entraîne plus de kilomètres parcourus par litre de carburant ; il s'agit essentiellement d'une augmentation de l'octane qui se traduit par moins de carburant non brûlé.

Une conséquence importante de l'augmentation de l'indice d'octane est un meilleur rendement énergétique. En effet, les carburants à indice d'octane élevé brûlent plus lentement à des pressions élevées et il y a légèrement moins d'énergie dans un gallon de carburant à indice d'octane élevé que dans un carburant à faible indice d'octane. Dans ce cas, la combustion du carburant entraîne une réduction des niveaux d'échappement de HC, CO et NOx. Un avantage supplémentaire est que les carburants chargés magnétiquement dissolvent l'accumulation de carbone dans les jets de carburateur, les injecteurs de carburant et les chambres de combustion, ce qui aide à nettoyer le moteur et à prolonger sa durée de vie.

### Sélection de véhicules

Les expériences pour cette étude ont été réalisées sur dix véhicules de taxi en installant un dispositif magnétique sur chaque véhicule.

Les véhicules étaient des modèles Toyota Camry pour 2008 et 2009. Il y avait deux raisons principales de choisir ces véhicules. Premièrement, la Camry représente plus de 56 % de la flotte de la Dubai Taxi Corporation (DTC) et deuxièmement, les modèles 2008-2009 supportent un kilométrage élevé ([400 000 km) et sont donc considérés comme des véhicules très polluants (HPV). Une autre impulsion pour leur sélection est venue de leur kilométrage moyen de 20 000 km par mois, ce qui est une base suffisamment large pour une bonne analyse des données. Tous les véhicules étaient équipés d'un système de contrôle des émissions avancé tel qu'un convertisseur catalytique.

### Montage expérimental

Les appareils magnétiques sont de différents types, variant selon le modèle, la capacité du véhicule, la taille, la méthode d'installation et le prix. Pour cette étude, deux types de dispositifs magnétiques ont été sélectionnés car ils se sont avérés économiques, flexibles et faciles à installer sur la conduite de carburant d'une voiture. Les deux types de l'étude diffèrent dans leur méthode d'installation. Le premier dispositif magnétique (MD1) est installé dans le réservoir de carburant tandis que le second dispositif (MD2) est fixé avec un raccord de tuyau sur la conduite de carburant.

Le premier dispositif magnétique est un tube plongeur en acier solide qui fonctionne depuis l'intérieur des réservoirs de carburant pour les moteurs à hydrocarbures (essence ou diesel). Il est composé d'un catalyseur en alliage d'étain qui agit comme un booster d'octane permanent, un activateur de combustion et un nettoyeur de dépôts de carbone dans la chambre de combustion. Dès que le carburant traverse l'appareil, la réaction chimique commence. La forme, la température et la vitesse d'allumage du carburant sont transformées, rendant la combustion plus complète et homogène, contribuant ainsi à une plus grande efficacité du moteur. La procédure d'installation du MD1 est plutôt simple et rapide (en 20 à 30 min). Tout d'abord, la pompe d'aspiration du réservoir de carburant est retirée du réservoir de carburant et le dispositif magnétique est installé sur le côté opposé du flotteur. Ensuite, la pompe d'aspiration et le réservoir de carburant sont repositionnés. MD1 est immergé jusqu'à ce qu'il touche le fond du réservoir, de sorte qu'il penche à un angle de 5–10°. Chiffre1, montre l'installation simple du MD1 à l'intérieur du réservoir de carburant d'un véhicule. L'appareil est placé dans le réservoir d'essence et est connecté à la pompe à carburant. L'extrémité du câble peut alors être accrochée à un point approprié sur le bouchon du réservoir de carburant.

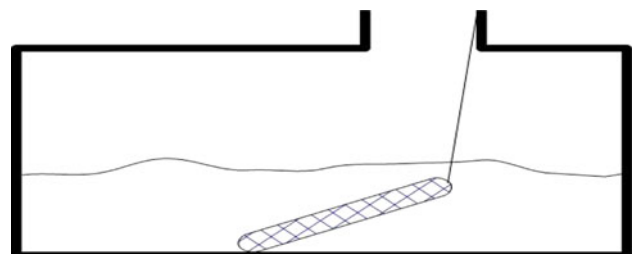


Fig. 1 Installation du dispositif magnétique MD1 à l'intérieur du combustible



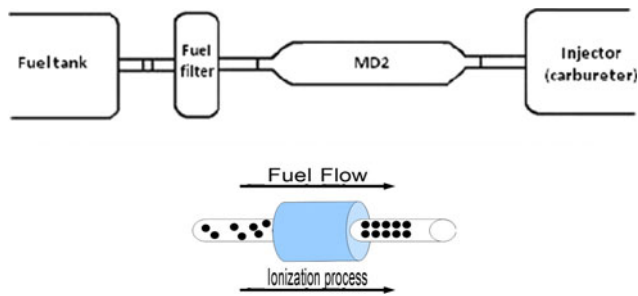


Figure 2 Installation du dispositif magnétique MD2 sur la conduite de carburant et illustration du processus d'ionisation

Le deuxième dispositif ionise le carburant en dirigeant un champ magnétique statique spécifique et puissant dans la conduite d'alimentation en carburant. Le dispositif est basé sur le processus de la magnétohydrodynamique, où les champs magnétiques affectent les fluides en mouvement. En conséquence, la capacité du carburant à se combiner avec l'oxygène est améliorée et une plus grande énergie est libérée. L'appareil est stratégiquement placé sur la conduite de carburant entrant près de la chambre de combustion afin qu'un champ magnétique puissant pénètre dans la conduite de carburant perpendiculairement à l'écoulement du carburant (Fig.2). Les molécules de carburant en circulation sont soumises à ce champ magnétique brusque juste avant la combustion, énergisant et dispersant les molécules comme décrit dans la section précédente. MD2 est maintenu en place sur la conduite de carburant à l'aide d'un raccord de tuyau sur la conduite de carburant elle-même, comme illustré à la Fig.2. L'installation ne nécessite aucune découpe de tuyau ni aucun raccordement électrique. Le corps du dispositif magnétique est un cylindre en plastique ( $\varnothing 30960$ ) avec tubulures d'entrée et de sortie ( $\varnothing 12930$ ). Le dispositif magnétique doit être placé sur la conduite de carburant aussi près que possible de l'injecteur (carburateur) avec les tubes de branchement insérés dans le tuyau de carburant et l'ensemble du dispositif maintenu en place avec des clips.

## Conditions de test

Bien que des cycles de conduite de dynamomètre de châssis aient été déployés dans des essais de véhicules dans des conditions de laboratoire (Durbin et al.2002; Kannan et Tamilporai2011), les essais sur route sont utilisés pour mesurer les émissions dans des conditions de fonctionnement réelles (Pelkmans et Debal2006; Frey et al.2007). Ici, un cycle de conduite réel est testé pour l'économie de carburant et les tests d'émissions. Dans ces tests, les véhicules sélectionnés sont d'abord exécutés sans modification pendant 5 mois pour créer des données de base. Ensuite, ils sont convertis en un nouveau dispositif d'efficacité énergétique et fonctionnent pendant 5 mois supplémentaires. Après environ 10 mois de test, les données des deux expériences sont comparées. Le problème avec l'approche des tests dans le monde réel est qu'elle manque généralement de contrôle sur quatre variables clés : les conditions de test réelles, la mesure de la consommation de carburant, le conducteur et le processus de collecte de données réel. À moins que les données ne puissent être normalisées pour des conditions, des tolérances de mesure et des habitudes de conduite qui diffèrent

entre le test de référence et le test d'essai, ils ne sont généralement pas très pertinents. Pour pallier cette anomalie, quelques précautions avaient été prises au cours de l'expérience longue de 10 mois. En plus des données de référence, des données historiques sont disponibles dans le système DTC pour chaque véhicule au cours de son cycle de vie au sein de la flotte de taxis. Les données historiques sont utilisées pour évaluer les changements saisonniers. En ce qui concerne la mesure de la consommation de carburant, le système de suivi du carburant DTC qui se connecte et génère des données à partir de la station de pompage de carburant est plus précis qu'un ordinateur de bord de tableau de bord qui serait généralement utilisé dans des tests en conditions réelles. De plus, suffisamment de miles ont été accumulés au cours de l'essai pour faire la moyenne des oscillations instantanées. De plus, le même conducteur a été chargé de conduire chaque véhicule sur un parcours fixe selon une norme de temps/point de passage étroitement contrôlée,

Pour les deux dispositifs magnétiques, les tests ont été menés sur des véhicules à deux temps (moteur à essence de 2,4 cm<sup>3</sup> et capacité de réservoir de carburant de 75 L) sur une période de 5 mois de juillet à novembre 2010 à la Dubai Taxi Corporation. Tous les tests ont été effectués avec un kilométrage minimum de 15 000 km afin d'éviter les effets de rodage des moteurs et des catalyseurs. Un échantillon de dix véhicules taxis est testé en conditions réelles de conduite pour chaque appareil. Ces véhicules taxis sont affectés aux mêmes chauffeurs de taxi dans les circonstances réelles de la vie quotidienne. Ils sont soumis à des conditions estivales réellement chaudes avec des températures supérieures à 45 °C et à une forte congestion routière. Il convient de souligner que les tests d'opacité ont été effectués tous les mois sur les dix véhicules pour chaque appareil.

Le schéma du montage expérimental pour la mesure des émissions de gaz d'échappement est illustré à la Fig.3. Pour la mesure des émissions gazeuses, un banc d'essai gaz MAHA MGT 5 a été utilisé en liaison avec un réseau MAHA Eurosystem. Une sonde connectée à l'analyseur est placée directement à l'extrémité du tuyau d'échappement et une moyenne de 1 à 2 min est nécessaire pour la phase de préchauffage. Cette phase de préchauffage extrêmement courte à la mise sous tension de l'appareil est due à la chambre de mesure très compacte équipée d'une reconnaissance active de température. Le capteur de température enregistre la température réelle de la chambre de mesure, éliminant ainsi la nécessité de la phase de préchauffage obligatoire de 10 minutes.

Un test de référence a été effectué avec chaque véhicule dans son état d'origine, puis l'appareil a été fixé et un test mensuel a été effectué. Selon une précédente étude d'ionisation du carburant (Savage1992), l'appareil gagne en efficacité au fur et à mesure que la voiture roule. À cette fin, il a été décidé de tester les véhicules sur une base mensuelle à un kilométrage d'environ 20 000 km.

Des échantillons d'échappement, prélevés à la fin de chaque mois, ainsi que les données observées lors du programme de maintenance préventive, ont été analysés pour HC, CO, NO<sub>x</sub>(g/km) ainsi que la consommation de carburant (km/L). L'analyseur mesure le CO et le HC par des capteurs infrarouges et NO<sub>x</sub> par



Figure 3 Montage expérimental

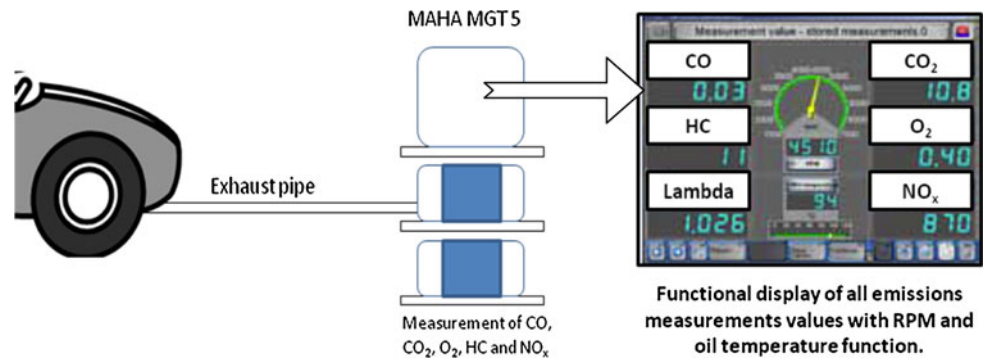


Tableau 1 Propriétés de l'analyseur de gaz d'échappement

Échappement gaz	La mesure gamme	La mesure principe	Précision
CO	0–15 vol%	Infrarouge	±0,03 vol%
SC	0 à 2 000 ppm	Infrarouge	±10 ppm vol
CO <sub>2</sub>	0–20 vol%	Infrarouge	±0,5 vol%
O <sub>2</sub>	0–25 vol%	Électrochimique	±0,1 vol%
NONx	0 à 5 000 ppm	Électrochimique	32–120 ppm vol

capteurs électrochimiques pendant que le moteur fonctionne au ralenti normal. La plage et la précision de l'analyseur 5 gaz sont indiquées dans le tableau 1.

### Résultats et discussion

Étant donné que les essais du véhicule ont été effectués sur des conditions routières plutôt qu'avec l'utilisation d'un dynamomètre dans des conditions de laboratoire, il faut accepter que les résultats varient d'une voiture à l'autre et d'un conducteur à l'autre ; et bien qu'il existe de nombreuses variables qui affectent la consommation de carburant, le facteur sous-jacent doit être que tous les véhicules équipés de dispositifs magnétiques ont bénéficié d'émissions réduites après la saturation initiale ou la période de « rodage ». Ce fait même indique que le moteur fonctionne plus efficacement et produit donc plus de puissance.

#### Réduction des émissions

Les émissions d'échappement sont les polluants émis par le système d'échappement ou le tuyau d'échappement d'un véhicule. Il existe plusieurs catégories sous la rubrique des émissions d'échappement, et celles-ci comprennent les émissions d'allumage, les émissions de fonctionnement et les émissions par évaporation. Les niveaux pour chacune de ces catégories dépendent de plusieurs facteurs, notamment l'année modèle du véhicule, la catégorie de poids, le kilométrage, le dossier d'entretien et le type de carburant. Les émissions peuvent également varier considérablement en fonction du modèle et de l'âge du véhicule, ainsi que du carburant choisi pour le fonctionnement. La température du moteur

peut également faire varier le taux d'émissions, un moteur froid produisant plus du double de pollution qu'un moteur chaud.

Une méthode d'évaluation de l'efficacité d'un dispositif magnétique consiste à mesurer sa capacité à réduire les émissions. Les résultats d'émission, lors de l'utilisation de MD1, sont affichés sur la Fig.3. Celles-ci montrent que les émissions de CO sont inférieures d'environ 70 % par rapport au véhicule de référence et de près de 68 % inférieures à la norme d'émission (5,5 g/km). Cela peut s'expliquer par l'efficacité de l'appareil à réduire les émissions élevées de monoxyde de carbone causées par une combustion incomplète du carburant. En effet, l'appareil contient des aimants qui éliminent 90 % de la flore bactérienne du réservoir de carburant, augmentant l'efficacité de la combustion dans le moteur, réduisant la consommation de carburant jusqu'à 18 % et réduisant les émissions de 70 %. Le mouvement du véhicule charge les aimants, créant un champ électromagnétique qui fournit au carburant plus d'oxygène, lui permettant de brûler plus proprement.

Dans le cas du NONx émissions indiquées sur la Fig.3, la réduction moyenne est d'environ 69 % par rapport au véhicule de référence, qui est de 45 % en dessous du NOx norme d'émission de 0,3 g/km. Cela peut s'expliquer par une amélioration de la température et du taux de combustion qui rend la combustion plus complète et homogène et contribue à une plus grande efficacité du moteur, ce qui à son tour diminue la pression et la température maximales dans le cylindre et interdit la formation de NOx.

Les émissions de HC d'un échantillon de dix véhicules HPV sont également présentées à la Fig.3. On peut voir que la réduction moyenne des émissions de HC après l'utilisation de MD1 est d'environ 70 % par rapport au véhicule de référence, soit près de 64 % en dessous de la norme d'émission de HC de 1,2 g/km. Ces émissions d'hydrocarbures plus faibles peuvent être attribuées à la capacité du dispositif magnétique à augmenter l'octane, ce qui donne plus de puissance au moteur et conduit à une réduction substantielle des émissions (carburant non brûlé), ce qui peut entraîner des émissions d'hydrocarbures extrêmement faibles.

Les taux d'émission des trois polluants (CO, NOx et HC) ont été suivis lors de la maintenance préventive programmée, après avoir parcouru 15 000 km pendant les 5 mois de



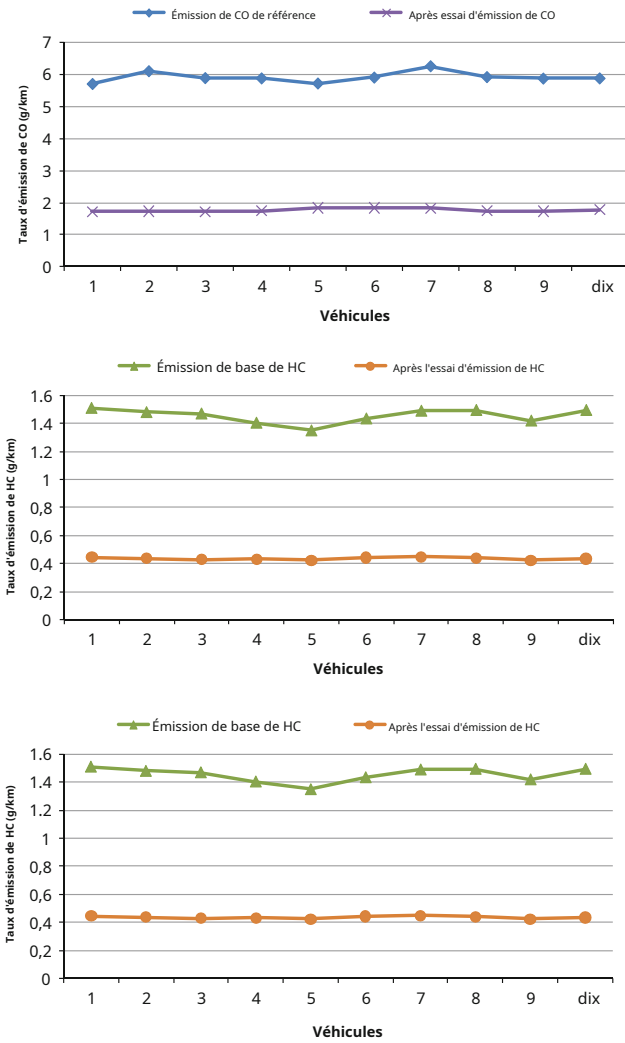


Figure 4 Taux d'émission (CO, NO<sub>x</sub>, et HC) avant et après l'utilisation de MD1

l'expérience. Comme le montre la Fig.4, le résultat était inférieur à l'objectif, ce qui signifie que ce système est recommandé pour l'application dans toutes les organisations de flotte afin de réduire les émissions.

Des avantages significatifs en matière d'émissions ont également été obtenus lors de l'utilisation du deuxième appareil, MD2, comme illustré à la Fig.5. Ce dernier montre la comparaison entre le taux d'émission avant l'essai et après l'essai, ainsi que l'objectif. Les résultats après l'essai étaient inférieurs à l'objectif Euro II. Dans le cas du CO, NO<sub>x</sub>, et les émissions de HC illustrées à la Fig.5, la réduction moyenne des émissions après l'utilisation de MD2 est d'environ 50, 55 et 86 %, respectivement, par rapport au véhicule de référence et de près de 46, 22 et 43 % en dessous des normes d'émission de 5,5, 0,3 et 1,2 g/km, respectivement.

L'économie de carburant

La réduction moyenne globale de la consommation de carburant lors de l'utilisation de MD1 était de 18 %, comme le montre la Fig.6. Dans le cas d

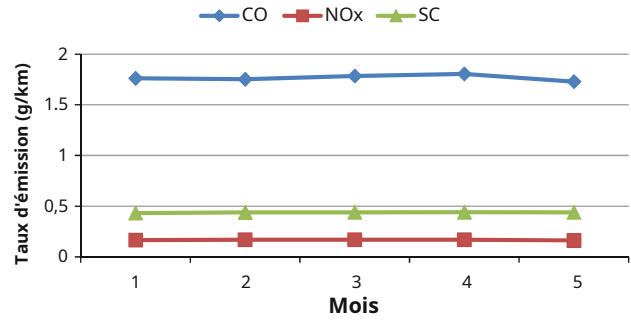


Figure 5 Taux d'émission pendant 5 mois

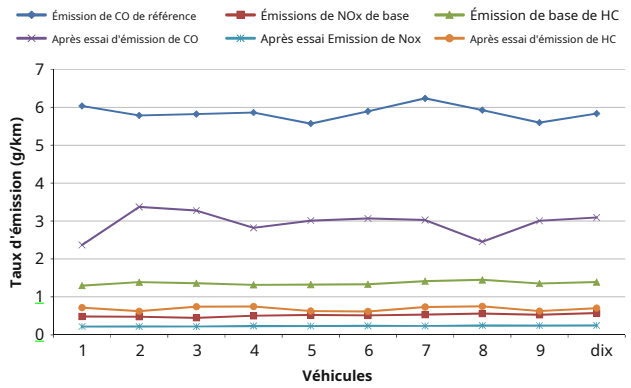


Figure 6 Taux d'émission de comparaison (CO, NO<sub>x</sub>, et HC) avant et après l'utilisation de MD2

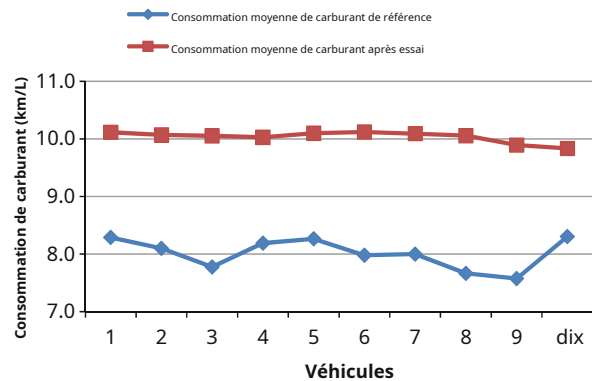


Figure 7 Consommation de carburant avant et après essai (km/L) avec MD1

MD2, la réduction moyenne globale de la consommation de carburant était de 10 %, comme le montre la Fig.7. Dans les deux figures, la consommation de carburant est considérée comme une mesure de distance par volume (km/L) et non comme une mesure de volume par distance (L/km). Par conséquent, avec la mesure (km/L), plus le nombre est élevé, plus le moteur est efficace. Cette économie de carburant est due au champ magnétique qui divise les associations chimiques naturelles (amas moléculaires ressemblant à du raisin) en molécules de carburant uniques et énergisées. Ce résultat améliore l'efficacité de la combustion et se traduit par plus de kilomètres parcourus pour moins de carburant consommé.



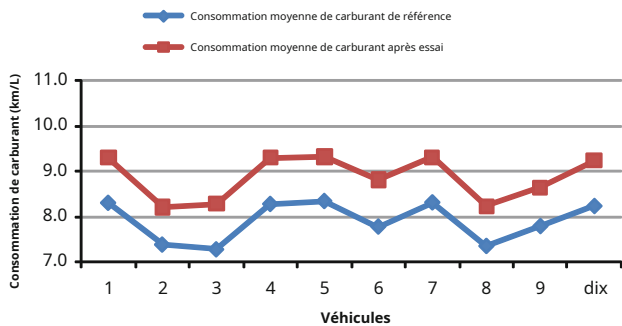


Figure 8 Consommation de carburant avant et après essai (km/L) avec MD2

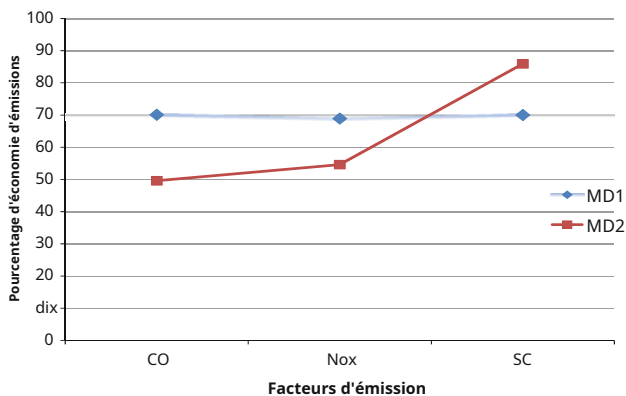


Figure 9 Économiser le taux d'émission de comparaison (CO, NO<sub>x</sub>, et HC) entre MD1 et MD2

Analyse comparative

Cette étude a révélé que l'utilisation de dispositifs magnétiques dans les taxis à essence a le potentiel de réduire à la fois les émissions des véhicules et la consommation de carburant. Cependant, des deux appareils, les résultats MD1 ont démontré une plus grande efficacité que ceux de MD2. En effet, comme le montre la Fig.8, MD1 a réduit les émissions de gaz de 29 % pour le CO et de 21 % pour les HC par rapport au MD2. En revanche, le MD2 a réduit les émissions de gaz de 22 % pour le NO<sub>x</sub> par rapport au MD1.

Chiffre 9 montre que MD1 a réalisé une réduction pertinente de la consommation de carburant de 11,60 % par rapport à MD2. Le succès supplémentaire de MD1 par rapport à MD2 est attribué à sa position d'installation différente, et ces résultats présentent un grand intérêt pour les véhicules à kilométrage élevé tels que ceux de la flotte de taxis DTC. En supposant un kilométrage annuel parcouru de 230 000 km et un prix du carburant de 0,38 US\$, Tableau 2 illustre un exemple de calcul des économies annuelles de carburant appliquées à un véhicule taxi avec un dispositif magnétique de traitement du carburant installé. Des économies de carburant de 10,9 et 20,1 % peuvent être réalisées en utilisant respectivement MD2 et MD1.

Tableau 3 fournit une comparaison générale des émissions de gaz d'échappement des véhicules à essence avec celles des véhicules au gaz naturel, au propane, à l'éthanol et aux véhicules électriques. En général, les carburants alternatifs tels que le gaz naturel, le propane, l'éthanol et le biodiesel ont considérablement réduit les émissions par rapport aux véhicules à essence et diesel. Les véhicules électriques sont des véhicules zéro émission. Ces carburants alternatifs sont considérés comme de bonnes solutions pour la réduction des émissions, mais ils ne sont pas encore prêts à être déployés sur l'ensemble d'une flotte en raison du manque d'infrastructures, des exigences technologiques et du coût élevé. Les dispositifs magnétiques évalués ici offrent une alternative à la fois facile à installer et disponible à un coût raisonnable. Comme on peut le voir dans le tableau 3, les résultats de réduction des émissions obtenus à partir du traitement magnétique de l'essence étaient comparables à ceux des véhicules au gaz naturel et meilleurs que ceux des véhicules au propane et à l'éthanol. Il convient de noter, cependant, que les résultats expérimentaux de l'étude actuelle ne sont valables que pour une période de 5 mois et une étude continue sera nécessaire pour voir si les résultats sur une période plus longue restent aussi positifs.

Conclusion

Ce présent travail a montré que la combustion complète du carburant peut être obtenue en utilisant un champ magnétique autour de la conduite de carburant d'un moteur à combustion interne. Ce champ magnétique

Tableau 2 Économies de carburant grâce aux dispositifs magnétiques

Magnétique appareil	Consommation de carburant (km/L) après installation	Consommation de carburant (km/L) avant installation	Coût annuel du carburant sans appareil (\$ US)	Carburant total annuel coût avec appareil (US\$)	Des économies % âge
MD1	10.0345	8.0145	10 791,06789	8 618,767	20.1
MD2	8.87037	7.9045	10 941,23773	9 749,877	10.9

Tableau 3 Une comparaison générale des émissions d'échappement des véhicules à carburants alternatifs

Polluant	Gaz naturel	Propane	Éthanol	Électrique	Nos résultats expérimentaux
SC	50 à 90 % de moins	50-60 % inférieur	20-25 % inférieur	Plus de 95 % de moins	70-86 % inférieur
NONx	30 à 50 % de moins	30 à 50 % de moins	25 à 32 % de moins	60 à 90 % de moins	55-69 % de moins
CO	50-75 % inférieur	40 à 50 % de moins	12-24 % de moins	98 % inférieur	50 à 70 % de moins

peut augmenter l'énergie interne du carburant et provoquer des changements spécifiques au niveau moléculaire qui ont fourni jusqu'à 70 % de réduction des émissions d'hydrocarbures, une réduction de 70 % des émissions de monoxyde de carbone, une réduction de 69 % des oxydes d'azote et une réduction de 18 % augmentation du kilométrage. Le traitement magnétique du carburant réduit la consommation de carburant dans le moteur, augmentant l'économie de carburant et réduisant le taux d'émissions de gaz dans l'environnement, le rendant ainsi moins polluant. Les deux dispositifs magnétiques testés donnent aux conducteurs la possibilité non seulement de réduire leurs coûts de conduite, mais aussi de contribuer de manière majeure à la réduction des polluants du trafic qui ont un effet néfaste sur l'environnement. Au vu de ces résultats,

Remerciements Les auteurs expriment leur gratitude pour le soutien, l'aide et la coopération de Dubai Taxi Corporation dans la réalisation de ce projet. De plus, les auteurs tiennent à remercier Mme Lynn Mason pour son aide dans l'édition de ce manuscrit.

#### Les références

- Abd-Alla GH (2002) Utilisation de la recirculation des gaz d'échappement dans la combustion interne moteurs de recherche : une revue. *Energy Convers Manag* 43(8):1027–1042
- Aksoy F (2011) The effect of opium pavot oil diesel fuel mixture on les performances et les émissions du moteur. *Int J Environ Sci Tech* 8(1):57–62
- Alkemade UG, Schumann B (2006) Moteurs et échappement après systèmes de traitement pour les futures applications automobiles. *Ion à l'état solide* 177 (26–32): 2291–2296
- Al-Zubaidi MS, Sabie KK (2004) Transport durable aux États-Unis Émirats Arabes. *Global Built Environ Rev* 5(2):63–73
- Bayraktar H, Durgun O (2005) Enquête sur les effets du GPL sur la combustion et les performances du moteur à allumage par étincelle. *Energy Convers Manager* 46(13–14):2317–2333
- Ceviz MA, Yuksel F (2006) Variations cycliques sur le GPL et l'essence moteur SI alimenté en mélange pauvre. *Renew Energy* 31(12):1950–1960
- Durbin TD, Wilson RD, Norbeck JM, Miller JW, Huai T, Rhee SH (2002) Estimations des taux d'émission d'ammoniac des véhicules utilitaires légers à l'aide de cycles d'essai de dynamomètre de châssis standard. *Atmos Environ* 36(9):1475–1482
- Frey HC, Roupail NM, Zhai H, Farias TL, Gonçalves GA (2007) Comparaison de la consommation de carburant dans le monde réel pour les autobus urbains alimentés au diesel et à l'hydrogène et implication pour les émissions. *Transp Res Partie D-Tr E* 12(4):281–291
- Genovese A, Contrisciani N, Ortenzi F, Cazzola V (2011) Sur route essais expérimentaux de mélanges hydrogène/gaz naturel sur des autobus urbains. *Int J Hydrogène Énergie* 36(2):1775–1783
- Hassan MK, Aris I, Mahmod S, Sidek R (2009) An experimental résultat de la concentration des émissions d'échappement par rapport à divers calages d'injection du moteur à injection directe alimenté au GNC. *Eur J Sci Res* 25(3):405–416
- John GR, Wilson L, Kasembe E (2006) Émissions des véhicules à moteur flacon de contrôle de l'ionisation du carburant : l'expérience Fuelmax. Dans : Actes de la première conférence internationale sur les progrès de l'ingénierie et de la technologie, Entebbe, 16-19 juillet 2006
- Kalam MA, Masjuki HH (2004) Émissions et caractéristiques des dépôts d'un petit moteur diesel lorsqu'il fonctionne avec de l'huile de palme brute préchauffée. *Biomasse Bioénergie* 27(3):289–297
- Kannan C, Tamilporai P (2011) Enhancement of emission character- Caractéristiques d'un moteur diesel à injection directe par technique de combustion en milieu poreux. *Int J Energy Environ* 2(5):871–876
- Lapuerta M, Hernández JJ, Giménez F (2000) Evaluation of exhaust la recirculation des gaz comme technique de réduction de moteur diesel NONx émissions. *PI Mech Eng DJ Aut* 214(1):85–93
- Manzie C, Palaniswami M, Watson H (2001) Réseaux gaussiens pour commande d'injection de carburant. *PI Mech Eng DJ Aut* 215(10):1053–1068
- Manzie C, Palaniswami M, Ralph D, Watson H, Yi X (2002) Modèle commande prédictive d'un système d'injection de carburant avec un observateur de réseau de fonction de base radiale. *J Dyn Syst-T ASME* 124(4):648–658
- Manzie C, Watson H, Halgamuge S (2007) Amélioration de l'économie de carburant ments pour la conduite urbaine : véhicules hybrides vs intelligents. *Transp Res C Emer* 15(1):1–16
- Mushrush GW, Quintana MA, Bauserman JW, Willauer HD (2011) Élimination post-raffinage des composés azotés organiques des carburants diesel pour améliorer la qualité de l'environnement. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 46(2):176–180
- Okoronkwo CA, Nwachukwu CC, Ngozi-Olehi LC, Igbokwe JO (2010) L'effet de la densité de flux électromagnétique sur l'ionisation et la combustion du carburant (un projet de conception économique). *Am J Sci Ind Res* 1(3):527–531
- Pelkmans L, Debal P (2006) Comparaison des émissions sur route avec émissions mesurées sur des cycles d'essais au banc dynamométrique. *Transp Res Partie D-Tr E* 11(4):233–241
- Rahman MM, Mohammed MK, Bakar RA (2009) Effets de l'air-carburant rapport et la vitesse du moteur sur les performances du moteur du moteur à injection d'orifice alimenté à l'hydrogène. *Am J Sci Res* 1: 23–33
- Rassafi AA, Vaziri M, Azadani AN (2006) Stratégies d'utilisation carburants alternatifs par les voitures particulières iraniennes. *Int J Environ Sci Tech* 3(1):59–68
- Refaat AA (2010) Différentes techniques de production de biodiesel à partir d'huile végétale usée. *Int J Environ Sci Tech* 7(1):183–213
- Road and Transportation Authority (2009) Rapport technique interne. Émirats Arabes Unis, Dubai
- Saksono N (2005) Kérosène magnétisant pour augmenter la combustion efficacité *J Teknol* 2: 155–162
- Savage CA (1992) L'efficacité d'un dispositif magnétique Ecoflow à réduire les émissions d'échappement des véhicules. Rapport interne, Warren Spring Laboratory
- Shi XY, He KB, Zhang J, Ge YS, Tan JW (2009) Effects of oxygenated carburants sur les émissions et la composition en carbone des particules fines du moteur diesel. *Huan Jing Ke Xue* 30(6):1561–1566
- Song KH, Nag P, Litzinger TA, Haworth DC (2003) Effects of oxygenated additifs sur les espèces aromatiques dans la combustion d'éthane prémélangé riche en carburant : une étude de modélisation. *Flamme de combustion* 135(3):341–349
- Walsh MP (2009) Vers des véhicules et des carburants propres : une aperçu. *EM, le magazine des managers de l'environnement*, pp 10–15
- Wang SW, Yu WL, Gomm JB, Page GF, Douglas SS (2006) Adaptatif Contrôle prédictif basé sur un modèle de réseau neuronal pour le rapport air-carburant des moteurs SI. *Eng Appl Artif Intell* 19(2):189–200
- Yavuz H, Aksoy F, Bayrakçeken H, Baydýr SA (2008) Production de divers esters méthyliques d'huiles végétales et comparaison de leurs propriétés physiques et chimiques. *Électron J Mach Tech* 5(2):23–30
- Zheng M, Reader GT, Hawley JG (2004) Gaz d'échappement des moteurs diesel recirculation - un examen des concepts avancés et nouveaux. *Energy Convers Management* 45(6):883–900
- Zhu J, Cao XL, Pigeon R, Mitchell K (2003) Comparaison de véhicule émissions de gaz d'échappement des carburants diesel modifiés. *J Air Waste Management Assoc* 53(1):67





# Potential for improving vehicle fuel efficiency and reducing the environmental pollution via fuel ionization

Y. Al Ali · M. Hrairi · I. Al Kattan

Received: 18 January 2011 / Revised: 26 July 2011 / Accepted: 10 September 2011 / Published online: 12 April 2012  
© CEERS, IAU 2012

**Abstract** In order to reduce the level of atmospheric pollution caused by vehicle engine emissions, application of a novel technique based on fuel magnetization has been tested in this study aiming at improving fuel efficiency and reducing the rate of gas emissions into the environment. Two experiments were conducted, each using a different type of magnetic device. The first type of magnetic device is installed within the fuel tank and the second is installed onto the fuel line. Each experiment was performed on ten separate vehicles from the Dubai Taxi Corporation fleet. When compared to the baseline data, reductions of 70 % for both hydrocarbon and carbon monoxide emissions, and 68 % for oxides of nitrogen were recorded. Results also demonstrated an average fuel consumption reduction of 18 %. These results clearly indicate that the introduction of magnetic field within the fuel supply of engine enhances the combustion process, thereby economizing fuel consumption and reducing the environmentally harmful emissions.

**Keywords** Exhaust emission · Fuel consumption · Ionization · Magnetic device · On road testing

## Introduction

Vehicles have brought many perceived improvements to people's lives, but they have also changed many cities into

sprawling conurbations, developed a huge thirst for oil, become a major source of air pollution, and are now the most rapidly growing contributor to climate change (Walsh 2009). The move to improve air quality in cities across the world is made even more difficult as the number of vehicles produced, owned, and operated continues to increase. The emissions from this growing number of vehicles not only contribute to climate change, but also exacerbate adverse health effects for the populace. In Dubai, motor vehicles are the largest producers of greenhouse gases and pollutants; they account for more than half of regulated emissions (Road and Transportation Authority 2009). This becomes all the more worrying as Dubai's vehicle usage (in total miles traveled) increases and even outstrips Dubai's population growth. Studies showed that private vehicles emit about 95 % more carbon monoxide, 92 % more volatile organic compounds and about twice as much carbon dioxide and nitrogen oxide than public vehicles for every passenger mile traveled (Al-Zubaidi and Sabie 2004). The oxides of nitrogen are considered to be the major cause of pollution in the emirate of Dubai (Alkemade and Schumann 2006; Manzie et al. 2007). Already, vehicle emissions are linked to degraded air quality, impaired visibility, global warming, and toxic contaminants that threaten the environment and public health. For many years, researchers have tried designing combustion systems that would allow complete combustion of the hydrocarbon to take place, in order to reduce air pollution. Although technological advancement has been made in areas such as air–fuel mixing, ignition, and temperature control of combustion chambers and catalysts, the problem of air pollution still remains unresolved.

To counter the increasing harmful emissions, new emissions control systems and advances in vehicle propulsion that improve upon the conventional internal

---

Y. Al Ali · M. Hrairi (✉)  
Department of Mechanical Engineering,  
International Islamic University Malaysia,  
P.O. Box 10, 50728 Kuala Lumpur, Malaysia  
e-mail: meftah@iium.edu.my

I. Al Kattan  
Engineering Systems Management, American University  
of Sharjah, P.O. Box 26666, Sharjah, United Arab Emirates

combustion engine need to be explored. Aksoy (2011) reported that lower emission or clean engines depend on high-quality fuels that must be treated as part of the overall vehicle system.

Fuel treatment concerns the reformulation of conventional fuels (Zhu et al. 2003; Shi et al. 2009), treatment of fuels (Mushrush et al. 2011) and choice of alternative fuels (Rassafi et al. 2006). Future improvements, though not guaranteed, will depend on advancements in both fuel and vehicle technologies such as to promote the use of alternative fuels such natural gas (Hassan et al. 2009), liquefied petroleum gas (Bayraktar and Durgun 2005; Ceviz and Yuksel 2006), hydrogen (Rahman et al. 2009; Genovese et al. 2011) and vegetable oils (Kalam and Masjuki 2004; Yavuz et al. 2008; Refaat 2010). Several research efforts have focused on controlling emissions with existing methodologies. In fact, partial recirculation of exhaust gas, which is not a new technique, has become essential, in combination with other techniques, for attaining lower emission levels (Lapuerta et al. 2000; Abd-Alla 2002; Zheng et al. 2004). Among all of the engine control variables, air–fuel ratio (AFR) is related to fuel efficiency, pollution reduction, and drivability improvement. Maintaining AFR to be the stoichiometric value (14.7) can obtain the best balance between power output and fuel consumption. AFR can also influence the effect of emission control because its stoichiometric value ensures the maximum efficiency of three-way catalysts (Wang et al. 2006). Variations of  $>1\%$  below 14.7 can result in significant increase of CO and HC emissions. An increase of more than  $1\%$  will produce more  $\text{NO}_x$  up to  $50\%$  (Manzie et al. 2001, 2002). These techniques were usually able to reduce the CO and HC outputs and to control  $\text{NO}_x$ , but did not improve the fuel consumption efficiency. Recent legislations have ensured that all new cars are fitted with catalytic converters in order to reduce emission of pollutants. Though catalytic converters do offer some improvements, they also have their failings. For example, the converters do not work when the engine is first started and the parts are cold and this happens to coincide with the engine's highest output of pollutant exhaust gases. Furthermore, catalytic converters produce more carbon dioxide, which promotes greenhouse effects and runs contrary to political promises to reduce  $\text{CO}_2$  emissions. Perhaps most problematic with catalytic converters is that they reduce the efficiency of the engine and thereby increase fuel consumption. A novel technique, based on fuel magnetization, has been used to alleviate the above problems. Magnetization of hydrocarbon fuel is able to break clusters of hydrocarbon molecules and changes the electron spin direction of para state (low energetic) into ortho state (high energetic). They become normalized and independent, distanced

from each other, having more surface available for binding (attraction) with more oxygen (better oxidation) (Saksono 2005). The concept of exposing fuel molecules to magnetic field dates back to J.D. Van der Waals and his experiments in the field (Okoronkwo et al. 2010). Fuel molecules subjected to external magnetic field will lead to more re-orientation in order to accommodate the applied external magnetic field (Song et al. 2003). To reduce global warming, it makes sense to look into the treatment of fuel prior to combustion by a short pulse magnetic field. Fuel treatment by short pulse magnetic field before combustion can affect changes in the molecular structure of crude oil and derivative fuels thereby increasing the thermal efficiency of pressurized kerosene (Saksono 2005). Savage (1992) carried out tests to determine the effect of installing a magnetic device to reduce exhaust pipe emissions. The device was fitted around the fuel line upstream of the carburetor. The vehicle used for these tests was a 1988 model Vauxhall Cavalier 1.61 naturally aspirated estate car with an accumulated mileage of 106,700 and was a pool car serviced and maintained by the local agents. He found that carbon monoxide emissions increased by an average of  $12.9\%$ ; the hydrocarbon emissions increased by an average of  $6.9\%$  but the oxides of nitrogen emissions decreased by an average of  $18\%$ . A more recent study, carried out in laboratory conditions using a diesel engine, has shown that fuel ionization, achieved by utilizing a magnetic frequency resonator fitted to the fuel supply line, achieved an overall fuel saving of  $1.61\%$  compared to test cycle that was done without ionization (John et al. 2006).

Thus, magnetic devices can play a complementary role to the catalytic converter. Both devices reduce different aspects of pollutant emissions, and the magnetic device can counter the increased fuel consumption caused by the catalytic converter. The magnetic device is designed to condition fuel prior to combustion, thereby increasing output power, saving fuel, and consequently reducing emissions. The device's installation is simple to perform and is designed to be compatible with any engine's nozzle pipes, fuel line, or carburetor fuel line. Successful implementation of such a device has the potential for economic benefits for motorists and significant improvements to air quality in Dubai.

The aim of this study is to devise a series of tests using two different magnetic devices and evaluate their performance. Fuel consumption, vehicle emissions of carbon monoxide, hydrocarbons, and oxides of nitrogen (all measured in  $\text{g/km}$ ) will be measured. This study was conducted in the city of Dubai using the Dubai Taxi Corporation taxi fleet and their laboratory facilities from February to November 2010.

## Materials and methods

### Magnetic treatment of fuel

To understand how the fuel ionization is achieved using the magnetic device, it is important to understand some chemical aspects of internal combustion. Most fuels for internal combustion are liquid and will not combust efficiently until they are vaporized and mixed with air. The liquid gas is composed of long molecules. Each molecule is composed of a set of atoms and each atom is composed of electrons orbiting a nucleus. The rotating electrons within the molecule create positive (+) and negative (−) charges which inherently give the molecule a degree of magnetic moment. The positive and negative charges within the molecule help hold it together, rather than splitting into smaller molecules, but they also limit the molecule's capacity to actively interlock with oxygen during the combustion process, thereby causing incomplete combustion.

To improve the degree of combustion, the fuels must be decomposed and ionized. This can be achieved if the fuel particles are exposed to a magnetic force. Fuel is principally composed of hydrocarbons. When groups of hydrocarbons flow through a magnetic field, they change their magnetic orientation to be opposite to that of the magnetic field. In the magnetic field, hydrocarbons also change their configuration, which considerably reduces intermolecular forces. These hydrocarbons changes in orientation and configuration are believed to help finely divide and disperse the oil particles within the fuel. Further assistance in atomizing the fuel is believed to come from magnetized hydrogen ions in the fuel and oxygen ions within neighboring air or steam. All of these reactions on the molecular level perpetrate the crushing of the associates of fuel molecules to smaller associates, up to mono molecules. This results in a fuel made up of single and energized molecules that are more readily ionized by oxygen. Consequently, better oxidized fuel combusts more efficiently, resulting in more kilometers traveled per liter of fuel; this is essentially an increase in octane that results in less unburned fuel.

An important consequence of the increased octane is better fuel efficiency. Indeed, higher-octane fuels burn more slowly at high pressures and there is slightly less energy in a gallon of high-octane fuel than low-octane. In this case, the combustion of the fuel results in reduced exhaust levels of HC, CO, and NO<sub>x</sub>. An added benefit is that magnetically charged fuels dissolve carbon build-up in carburetor jets, fuel injectors, and combustion chambers, which helps to clean up the engine and extend engine life.

### Selection of vehicles

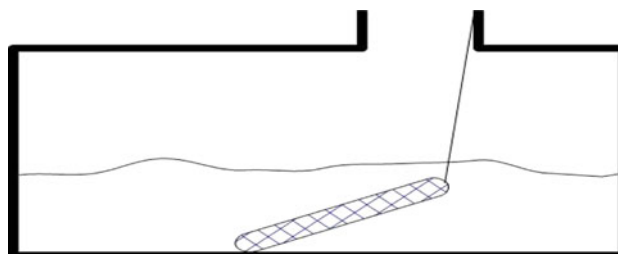
The experiments for this study were performed on ten taxi vehicles by installing a magnetic device on each vehicle.

The vehicles were **Toyota Camry models** for 2008 and 2009. There were two main reasons to choose these vehicles. First, Camry accounts for more than 56 % of the Dubai Taxi Corporation (DTC) fleet and second, the 2008–2009 models sustain high mileage (>400,000 km) and are thus considered to be high-pollution vehicles (HPV). Further impetus for their selection came from their average mileage of 20,000 km per month, which is a large enough base for good data analysis. All vehicles were fitted with an advanced emission control system such as a catalytic converter.

### Experimental setup

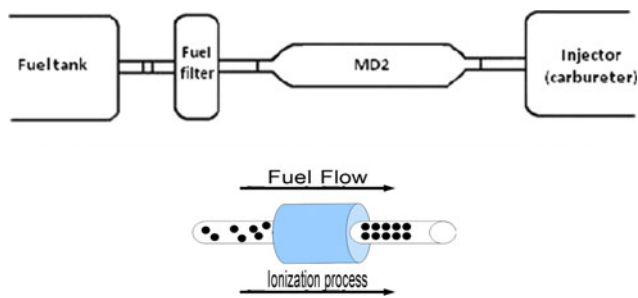
Magnetic devices come in many different types, varying in model, vehicle capacity, size, installation method, and price. For this study, two types of magnetic device were selected because they proved to be economical, flexible, and easy to be fitted to the fuel line of a car. Both types in the study differ in their installation method. The first magnetic device (MD1) is installed into the fuel tank while the second device (MD2) is fixed with a pipe connection onto the fuel line.

First magnetic device is a solid steel immersion tube that works from inside the fuel tanks for hydrocarbon-driven engines (gas or diesel). It is made of a tin alloy catalyst that acts like a permanent octane booster, combustion enhancer, and combustion chamber carbon deposit cleaner. As soon as the fuel flows through the device, the chemical reaction begins. The shape, temperature, and speed of fuel ignition are transformed, making combustion more complete and even, thereby contributing to greater engine efficiency. The MD1 installation procedure is rather simple and fast (within 20–30 min). First, the fuel tank aspiration pump is taken out of the fuel tank and the magnetic device is installed on the opposite side of the floater. Then, the aspiration pump and the fuel tank are repositioned. MD1 is submerged until it touches the bottom of the tank, such that it leans at an angle of 5°–10°. Figure 1, shows the simple installation of MD1 inside a vehicle's fuel tank. The device is placed into the gas tank and is connected to the fuel pump. The end of the cable may then be hooked to a suitable point on the fuel tank cap.



**Fig. 1** Installation of the magnetic device MD1 inside the fuel





**Fig. 2** Installation of the magnetic device MD2 onto the fuel line and illustration of ionization process

Second device ionizes fuel by directing a specific and powerful static magnetic field into the fuel supply line. The device is based on the process of magneto hydrodynamics, where magnetic fields affect fluids in motion. As a result, the fuel's ability to combine with oxygen is improved and greater energy is released. The device is strategically placed on the inbound fuel line near the combustion chamber so that a strong magnetic field penetrates the fuel line perpendicular to the flow of the fuel (Fig. 2). The flowing fuel molecules are subjected to this abrupt magnetic field just before combustion, energizing and dispersing the molecules as described in the previous section. MD2 is held into place on the fuel line using a pipe connection onto the fuel line itself, as shown in Fig. 2. The installation does not necessitate any pipe cutting or electrical connections. The body of the magnetic device is a plastic cylinder ( $\text{Ø}30 \times 60$ ) with inlet and outlet branch tubes ( $\text{Ø}12 \times 30$ ). The magnetic device should be placed onto the fuel line as close to the injector (carburetor) as possible with the branch tubes inserted into the fuel hose and the entire device held in place with clips.

### Testing conditions

Although chassis dynamometer drive cycles have been deployed in vehicle tests in laboratory conditions (Durbin et al. 2002; Kannan and Tamilporai 2011), on-road tests are used for emission measurement under real-world operating conditions (Pelkmans and Debal 2006; Frey et al. 2007). Here, a real-world driving cycle is tested for fuel economy and emission testing. In these tests, the selected vehicles are first run unmodified for 5 months to create base line data. Then, they are converted to a new fuel efficiency device and run for another 5 months. After about 10 months of testing, the data from both experiments are compared. The problem with the real-world approach to testing is that it usually lacks control over four key variables: actual testing conditions, the measurement of fuel consumption, the driver, and the actual data collection process. Unless the data can be normalized for conditions, measurement tolerances, and driver habits that differ

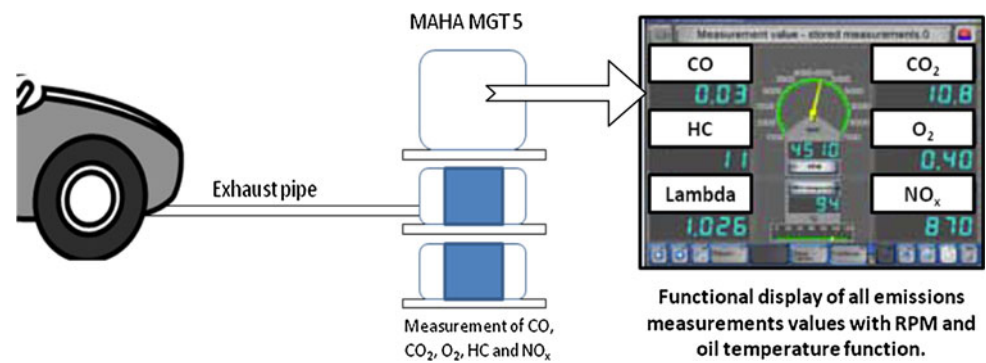
between the baseline test and the trial test, they are usually not very relevant. To alleviate this anomaly, some precautions had been taken during the 10 months long experiment. In addition to the baseline data, historical data is available in the DTC system for each vehicle during its life cycle within the taxi fleet. The historical data is used to evaluate the seasonal changes. As for the measurement of the fuel consumption, the DTC fuel tracking system that connects and generates data from the fuel pumping station is more accurate than a dashboard trip computer that would usually be used in real-world tests. Moreover, enough miles have been accumulated during the trial to average out any instantaneous swings. Furthermore, the same driver has been assigned to drive each vehicle on a fixed course to a tightly controlled time/waypoint standard, to accurately duplicate driving in the before and after trial tests.

For both magnetic devices, the tests were conducted on two stroke vehicles (petrol 2.4 cc engine and 75 L fuel tank capacity) over a period of 5 months from July to November 2010 at the Dubai Taxi Corporation. All tests were performed with a minimum mileage of 15,000 km in order to avoid running-in effects of the engines and of the catalyts. A sample of ten taxi vehicles is tested in real driving conditions for each device. These taxi vehicles are assigned to the same taxi drivers in actual daily circumstances. They are subjected to actual hot summer conditions with temperatures above  $45^\circ\text{C}$  and with heavy traffic congestion. It should be underlined that the opacity tests were taken every month on all ten vehicles for each device.

The scheme of the experimental set-up for the exhaust emissions measurement is shown in Fig. 3. For the measurement of gaseous emissions, a gas test bench MAHA MGT 5 was used in conjunction with a MAHA Eurosystem network. A probe connected to the analyzer is placed directly at the end of the exhaust pipe and an average of 1–2 min is needed for the warm-up phase. This extremely short warm-up phase at unit switch-on is due to the very compact measurement chamber equipped with active temperature recognition. The temperature sensor registers the actual measurement chamber temperature erasing the need for the obligatory 10 min warm-up phase.

One baseline test was carried out with each vehicle in its original condition, and the device was then attached and a monthly test was carried out. According to a previous fuel ionization study (Savage 1992), the device gained in effectiveness as the car was further driven. To this end, it was decided to test the vehicles on a monthly basis at a mileage of roughly 20,000 km.

Exhaust samples, taken at the end of each month, as well as the data observed during the preventive maintenance schedule, were analyzed for HC, CO,  $\text{NO}_x$  (g/km) together with the fuel consumption (km/L). The analyzer measures CO and HC by infrared sensors and  $\text{NO}_x$  by

**Fig. 3** Experimental set-up**Table 1** Exhaust gas analyzer properties

Exhaust gas	Measurement range	Measurement principle	Accuracy
CO	0–15 vol%	Infrared	±0.03 vol%
HC	0–2,000 ppm	Infrared	±10 ppm vol
CO <sub>2</sub>	0–20 vol%	Infrared	±0.5 vol%
O <sub>2</sub>	0–25 vol%	Electrochemical	±0.1 vol%
NO <sub>x</sub>	0–5,000 ppm	Electrochemical	32–120 ppm vol

electrochemical sensors while the engine operates in normal idle condition. The range and accuracy of the 5-gas analyzer is given in Table 1.

## Results and discussion

Since the vehicle tests were carried out on road conditions rather than with the use of a dynamometer under laboratory conditions, it must be accepted that results will vary from car to car and driver to driver; and although there are many variables that affect fuel consumption, the underlying factor must be that all vehicles fitted with the magnetic devices have benefited from reduced emissions after the initial saturation or ‘running in’ period. This very fact indicates that the engine runs more efficiently and therefore produces more power.

### Emission reduction

Exhaust emissions are those pollutants emitted through a vehicle’s exhaust system or tail pipe. There are multiple categories under the heading of exhaust emissions, and these include ignition emissions, running emissions, and evaporative emissions. Levels for each of these categories are dependent on several factors including the vehicle’s model year, weight class, mileage, maintenance record, and fuel type. The emissions can also vary significantly depending on the model and age of the vehicle, as well as the fuel chosen for operation. The temperature of the engine

can also cause the emissions rate to vary, with a cold engine producing more than twice the pollution of a warm engine.

One method of evaluating the effectiveness of a magnetic device is to measure its ability to reduce emissions. The emission results, when using MD1, are displayed in Fig. 3. These show that the CO emission is about 70 % less in comparison with the baseline vehicle and almost 68 % below the emission standard (5.5 g/km). This can be explained by the device’s effectiveness in reducing high carbon monoxide emissions caused by incomplete fuel combustion. Indeed, the device contains magnets that eliminate 90 % of the bacteria flora in the fuel tank, increasing effective combustion in the engine, reducing fuel consumption by as much as 18 %, and reducing emissions by 70 %. The movement of the vehicle charges the magnets, creating an electromagnetic field that provides the fuel with more oxygen, allowing it to burn cleaner.

In the case of the NO<sub>x</sub> emissions shown in Fig. 3, the average reduction is about 69 % in comparison with the baseline vehicle, which is 45 % below the NO<sub>x</sub> emission standard of 0.3 g/km. This can be explained by an improvement in the temperature and burn rate that makes combustion more complete and even and contributes to greater engine efficiency, which in turn makes the maximum in-cylinder pressure and temperature lower and prohibits the formation of NO<sub>x</sub>.

The HC emissions from a sample of ten HPV vehicles are also shown in Fig. 3. It can be seen that the average reduction of HC emissions after using MD1 is about 70 % in comparison with the baseline vehicle, which is almost 64 % below the HC emission standard of 1.2 g/km. These lower hydrocarbon emissions may be attributed to the magnetic device’s ability to increase the octane, which gives the engine more power and leads to a substantial reduction of emissions (unburned fuel), which can result in extremely low hydrocarbon emissions.

The emission rates of all three pollutants (CO, NO<sub>x</sub> and HC) were monitored at the scheduled preventive maintenance, after travelling 15,000 km during the 5 months of



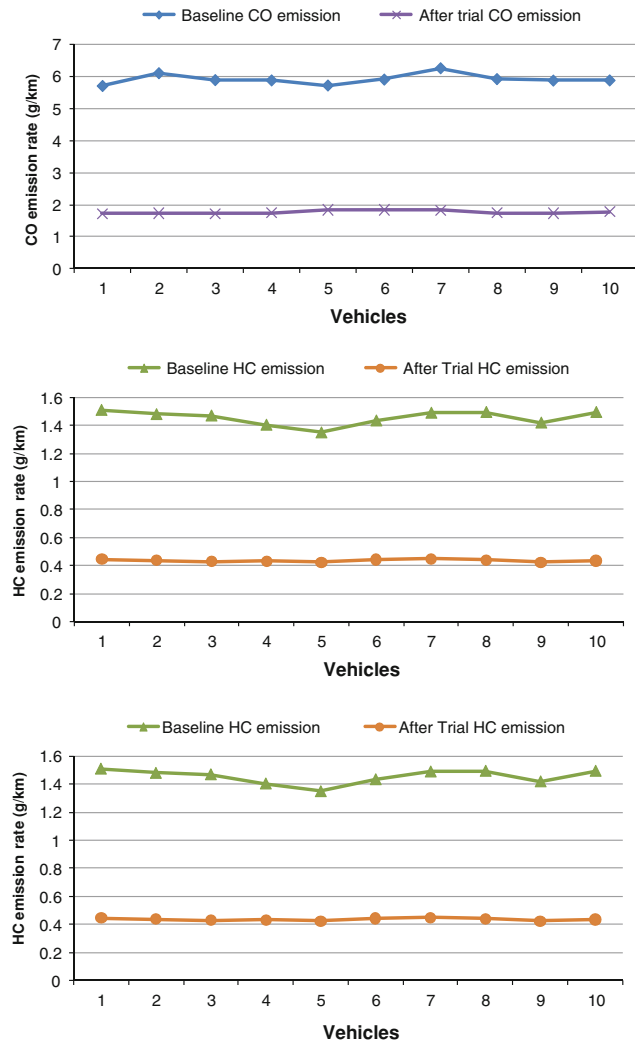


Fig. 4 Emission rate (CO, NO<sub>x</sub>, and HC) before and after using MD1

the experiment. As shown in Fig. 4, the outcome was below the target, which means this scheme is recommended for application in all fleet organizations in order to reduce emissions.

Significant emission benefits were also achieved when using the second device, MD2, as depicted in Fig. 5. The latter shows the comparison between the emissions rate before the trial and after the trial, as well as the target. The results after the trial were below the Euro II target. In the case of CO, NO<sub>x</sub>, and HC emissions shown in Fig. 5, the average emission reduction after using MD2 is about 50, 55, and 86 %, respectively, in comparison with the baseline vehicle and almost 46, 22 and 43 % below the emission standards of 5.5, 0.3, and 1.2 g/km, respectively.

Fuel economy

The overall average reduction in fuel consumption when using MD1 was 18 %, as shown in Fig. 6. In the case of

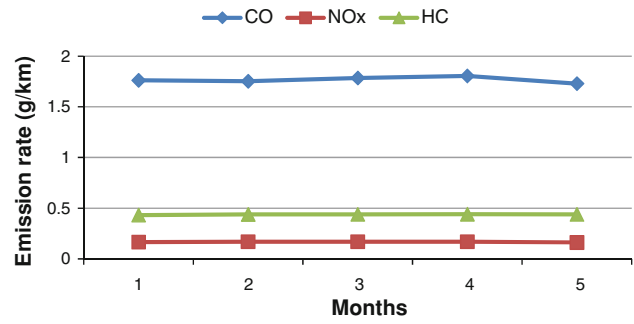


Fig. 5 Emission rates during 5 months

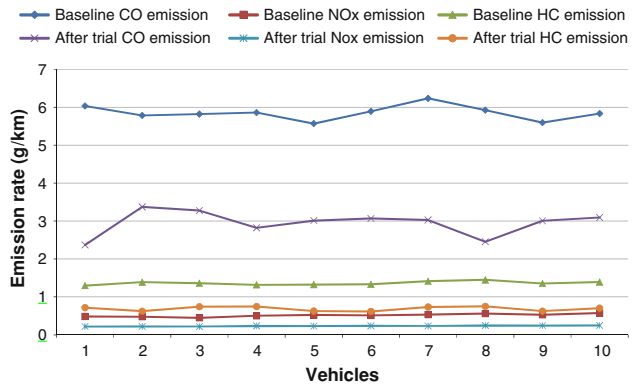


Fig. 6 Comparison emission rate (CO, NO<sub>x</sub>, and HC) before and after using MD2

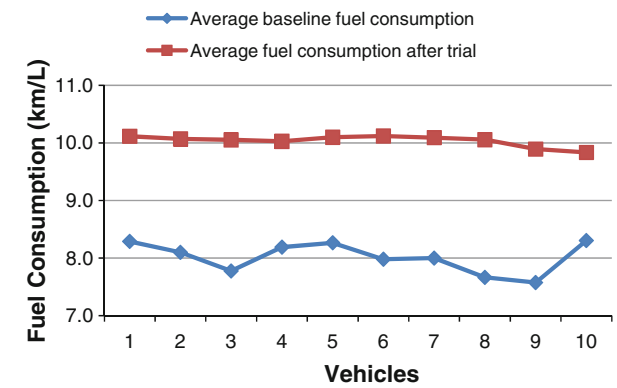


Fig. 7 Fuel consumption before and after trial (km/L) using MD1

MD2, the overall average reduction in fuel consumption was 10 %, as displayed in Fig. 7. In both figures, fuel consumption is considered as a distance per volume (km/L) measure and not a volume per distance (L/km) measure. Hence, with (km/L) measurement, the higher the number the more efficient is the engine. This fuel saving is due to the magnetic field that makes the natural chemical associations (grape-like molecular clusters) break-up into single, energized fuel molecules. This outcome improves combustion efficiency and results in more kilometers travelled for less fuel consumed.



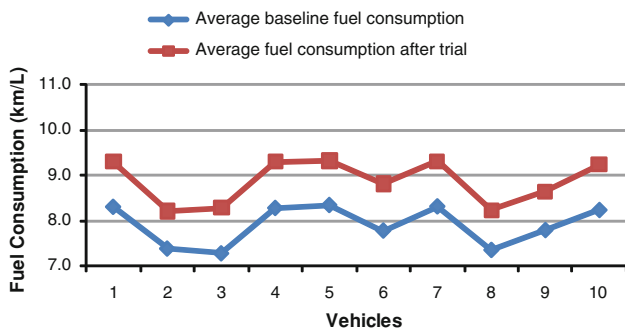


Fig. 8 Fuel consumption before and after trial (km/L) using MD2

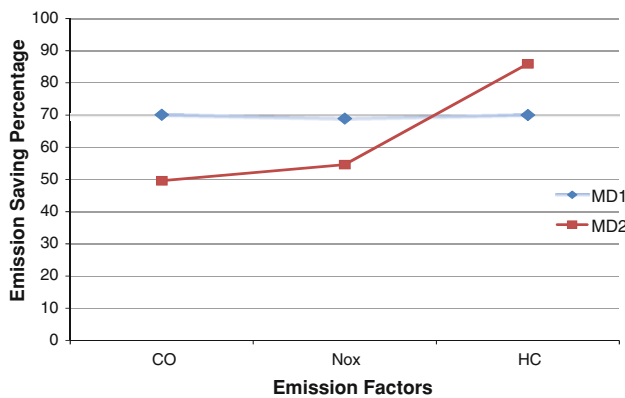


Fig. 9 Saving comparison emission rate (CO, NO<sub>x</sub>, and HC) between MD1 and MD2

Comparative analysis

This study revealed that use of magnetic devices in gasoline-powered taxis has the potential to reduce both vehicle emissions and fuel consumption. However, of the two devices, MD1 results demonstrated a greater efficiency than those for MD2. Indeed, as shown in Fig. 8, MD1 reduced gas emission by 29 % for CO and 21 % for HC in comparison with the MD2. In contrast, MD2 reduced gas emission by 22 % for NO<sub>x</sub> in comparison with the MD1.

Table 2 Fuel cost savings using magnetic devices

Magnetic device	Fuel consumption (km/L) after installation	Fuel consumption (km/L) before installation	Annual fuel cost without device (US\$)	Annual total fuel cost with device (US\$)	Savings % age
MD1	10.0345	8.0145	10,791.06789	8,618.767	20.1
MD2	8.87037	7.9045	10,941.23773	9,749.877	10.9

Table 3 A general comparison of alternative fuels vehicle exhaust emissions

Pollutant	Natural gas	Propane	Ethanol	Electric	Our experimental results
HC	50–90 % lower	50–60 % lower	20–25 % lower	Over 95 % lower	70–86 % lower
NO <sub>x</sub>	30–50 % lower	30–50 % lower	25–32 % lower	60–90 % lower	55–69 % lower
CO	50–75 % lower	40–50 % lower	12–24 % lower	98 % lower	50–70 % lower

Figure 9 shows that MD1 achieved a relevant fuel consumption reduction of 11.60 % when compared to MD2. The additional success of MD1 over MD2 is attributed to its different installation position, and such results hold great interest for high mileage vehicles such as those in the DTC taxi fleet. Assuming an annual traveled mileage of 230,000 km, and a fuel price of 0.38 US\$, Table 2 depicts a sample calculation of annual fuel cost saving applied to one taxi vehicle with a magnetic fuel treatment device installed. A fuel cost savings of 10.9 and 20.1 % can be achieved when using MD2 and MD1, respectively.

Table 3 provides a general comparison of gasoline vehicle exhaust emissions with those of natural gas, propane, ethanol, and electric vehicles. In general, alternative fuels such as natural gas, propane, ethanol, and biodiesel have significantly reduced emissions compared to gasoline and diesel vehicles. Electric vehicles are zero-emission vehicles. These alternative fuels are considered to be good solutions for emissions reduction, but they are not yet ready for deployment across an entire fleet due to lacking infrastructure, technology requirements, and high cost. The magnetic devices evaluated here provide an alternative that is both easy to install and available at a reasonable cost. As can be seen in Table 3, the emissions reduction results obtained from the magnetic treatment of gasoline were comparable to natural gas powered vehicles and better than propane and ethanol powered vehicles. It should be noted, however, that the experimental results of the current study are only valid for a period of 5 months and continued study will be necessary to see if results over a longer period of time remain as positive.

Conclusion

This present work has shown that complete combustion of fuel can be obtained using a magnetic field around the fuel line of an internal combustion engine. This magnetic field

can increase the internal energy of the fuel and cause specific changes at a molecular level that provided as much as a 70 % reduction in hydrocarbon emissions, a 70 % reduction in carbon monoxide emissions, a 69 % reduction in nitrogen oxides, and an 18 % increase in mileage. The magnetic treatment of the fuel reduces fuel intake in the engine, increasing fuel economy and reducing the rate of gas emissions into the environment, thereby making it less polluting. The two magnetic devices tested give drivers the opportunity not only to reduce their motoring costs but to make a major contribution in reducing the traffic pollutants that are having a detrimental effect on the environment. In view of these results, it can be suggested that both the inlet manifold and the top cylinder to be manufactured using magnetic material in future engine design projects.

**Acknowledgments** The authors express their gratitude to the support, help and cooperation of Dubai Taxi Corporation in carrying out this project. Moreover, the authors wish to thank Mrs. Lynn Mason for her help in editing this manuscript.

## References

- Abd-Alla GH (2002) Using exhaust gas recirculation in internal combustion engines: a review. *Energy Convers Manag* 43(8):1027–1042
- Aksoy F (2011) The effect of opium poppy oil diesel fuel mixture on engine performance and emissions. *Int J Environ Sci Tech* 8(1):57–62
- Alkemade UG, Schumann B (2006) Engines and exhaust after treatment systems for future automotive applications. *Solid State Ion* 177(26–32):2291–2296
- Al-Zubaidi MS, Sabie KK (2004) Sustainable transportation in United Arab Emirates. *Global Built Environ Rev* 5(2):63–73
- Bayraktar H, Durgun O (2005) Investigating the effects of LPG on spark ignition engine combustion and performance. *Energy Convers Manag* 46(13–14):2317–2333
- Ceviz MA, Yuksel F (2006) Cyclic variations on LPG and gasoline fuelled lean burn SI engine. *Renew Energy* 31(12):1950–1960
- Durbin TD, Wilson RD, Norbeck JM, Miller JW, Huai T, Rhee SH (2002) Estimates of the emission rates of ammonia from light-duty vehicles using standard chassis dynamometer test cycles. *Atmos Environ* 36(9):1475–1482
- Frey HC, Roupail NM, Zhai H, Farias TL, Gonçalves GA (2007) Comparing real-world fuel consumption for diesel- and hydrogen-fueled transit buses and implication for emissions. *Transp Res Part D-Tr E* 12(4):281–291
- Genovese A, Contrisciani N, Ortenzi F, Cazzola V (2011) On road experimental tests of hydrogen/natural gas blends on transit buses. *Int J Hydrogen Energy* 36(2):1775–1783
- Hassan MK, Aris I, Mahmud S, Sidek R (2009) An experimental result of exhaust emission concentration relative to various injection timing of CNG fuelled direct injection engine. *Eur J Sci Res* 25(3):405–416
- John GR, Wilson L, Kasembe E (2006) Motor vehicle emission control via fuel ionization: Fuelmax experience. In: *Proceedings of the first international conference on advances in engineering and technology*, Entebbe, 16–19 July 2006
- Kalam MA, Masjuki HH (2004) Emissions and deposit characteristics of a small diesel engine when operated on preheated crude palm oil. *Biomass Bioenergy* 27(3):289–297
- Kannan C, Tamilporai P (2011) Enhancement of emission characteristics of a direct injection diesel engine through porous medium combustion technique. *Int J Energy Environ* 2(5):871–876
- Lapuerta M, Hernández JJ, Giménez F (2000) Evaluation of exhaust gas recirculation as a technique for reducing diesel engine NO<sub>x</sub> emissions. *P I Mech Eng D-J Aut* 214(1):85–93
- Manzie C, Palaniswami M, Watson H (2001) Gaussian networks for fuel injection control. *P I Mech Eng D-J Aut* 215(10):1053–1068
- Manzie C, Palaniswami M, Ralph D, Watson H, Yi X (2002) Model predictive control of a fuel injection system with a radial basis function network observer. *J Dyn Syst-T ASME* 124(4):648–658
- Manzie C, Watson H, Halgamuge S (2007) Fuel economy improvements for urban driving: hybrid vs. intelligent vehicles. *Transp Res C Emer* 15(1):1–16
- Mushrush GW, Quintana MA, Bauserman JW, Willauer HD (2011) Post-refining removal of organic nitrogen compounds from diesel fuels to improve environmental quality. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 46(2):176–180
- Okoronkwo CA, Nwachukwu CC, Ngozi-Olehi LC, Igbokwe JO (2010) The effect of electromagnetic flux density on the ionization and the combustion of fuel (an economy design project). *Am J Sci Ind Res* 1(3):527–531
- Pelkmans L, Debal P (2006) Comparison of on-road emissions with emissions measured on chassis dynamometer test cycles. *Transp Res Part D-Tr E* 11(4):233–241
- Rahman MM, Mohammed MK, Bakar RA (2009) Effects of air fuel ratio and engine speed on engine performance of hydrogen fueled port injection engine. *Am J Sci Res* 1:23–33
- Rassafi AA, Vaziri M, Azadani AN (2006) Strategies for utilizing alternative fuels by Iranian passenger cars. *Int J Environ Sci Tech* 3(1):59–68
- Refaat AA (2010) Different techniques for the production of biodiesel from waste vegetable oil. *Int J Environ Sci Tech* 7(1):183–213
- Road and Transportation Authority (2009) Internal technical report. UAE, Dubai
- Saksono N (2005) Magnetizing kerosene for increasing combustion efficiency *J Teknol* 2:155–162
- Savage CA (1992) The efficiency of an Ecoflow magnetic device to reduce vehicle tailpipe emissions. Internal report, Warren Spring Laboratory
- Shi XY, He KB, Zhang J, Ge YS, Tan JW (2009) Effects of oxygenated fuels on emissions and carbon composition of fine particles from diesel engine. *Huan Jing Ke Xue* 30(6):1561–1566
- Song KH, Nag P, Litzinger TA, Haworth DC (2003) Effects of oxygenated additives on aromatic species in fuel-rich, premixed ethane combustion: a modeling study. *Combust Flame* 135(3):341–349
- Walsh MP (2009) Moving toward clean vehicles and fuels: a global overview. *EM, the magazine for environmental managers*, pp 10–15
- Wang SW, Yu WL, Gomm JB, Page GF, Douglas SS (2006) Adaptive neural network model based predictive control for air–fuel ratio of SI engines. *Eng Appl Artif Intell* 19(2):189–200
- Yavuz H, Aksoy F, Bayrakçeken H, Baydýr SA (2008) The Production of various vegetable oil methyl esters and comparison of their physical and chemical properties. *Electron J Mach Tech* 5(2):23–30
- Zheng M, Reader GT, Hawley JG (2004) Diesel engine exhaust gas recirculation—a review on advanced and novel concepts. *Energy Convers Manag* 45(6):883–900
- Zhu J, Cao XL, Pigeon R, Mitchell K (2003) Comparison of vehicle exhaust emissions from modified diesel fuels. *J Air Waste Manag Assoc* 53(1):67

