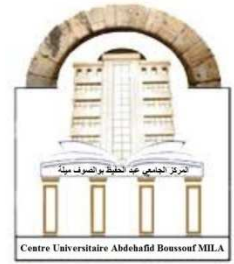




République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
Centre Universitaire Abdel Hafid Boussouf
Mila



Support de Cours

Matière : COMBUSTION

Chapitre V : EFFETS DE LA COMBUSTION SUR L'ENVIRONNEMENT

Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Energétique
Master1

Enseignante :

Dr : ZEGHBID Ilhem



Année universitaire 2019-202

CHAPITRE V

EFFETS DE LA COMBUSTION SUR L'ENVIRONNEMENT

V.1 Introduction

Le contrôle des émissions de polluants est un facteur majeur dans la conception des systèmes de combustion modernes. Les polluants en cause comprennent les particules, telles que la suie (combustion du caoutchouc riche en matière carbonés), cendres volantes (déchets issues de la combustion du charbon), les émanations de métaux (ce sont des métaux présentent un caractère toxique pour la santé et l'environnement (plomb (Pb), mercure (Hg), Zinc (Zn), nickel (Ni), divers aérosols (ensemble des particules fins solide ou liquide d'une substance chimique dans un milieu gazeux émis par les volcans, incendies des forêts), etc.

Les oxydes de soufre, SO_2 et SO_3 ; les hydrocarbures non brûlés et partiellement brûlés, tels que, oxyde d'azote, NO_x , constitués de NO et NO_2 ; et le monoxyde de carbone.

V.2 Rôle des sources de combustion des polluants dans la pollution atmosphérique

Les polluants atmosphériques primaires (émis directement par la source) et les polluants secondaires (formés lors de réactions impliquant des polluants primaires dans l'atmosphère) affectent notre environnement et la santé humaine.

Quatre principaux effets des polluants atmosphériques :

- Propriétés altérées de l'atmosphère et de précipitations
- Dommage pour la végétation
- Encrassement et détérioration des matériaux
- Augmentation potentiel de la morbidité (maladie) et de la mortalité chez l'homme.

Les propriétés altérées de l'atmosphère affectant les zones locales incluent une visibilité réduite résultant de la présence de matières particulières à base de carbone, de sulfates, de nitrates, de composés organiques et de dioxyde d'azote ; augmentation de la formation de brouillard et précipitation, résultant de fortes concentrations de SO_2 qui forment de l'acide sulfurique qui forment des gouttelettes d'acide sulfurique qui servent alors de noyaux de condensation ; réduction du rayonnement solaire ; et altération de la température et de la distribution du vent.

V.2.1 Quantification des émissions

Les niveaux d'émission sont exprimés de nombreuses manières différentes. Par exemple, les émissions des véhicules sont exprimées en gramme par kilomètre,

- **Indices d'émission**

L'indice d'émission pour l'espèce i est le rapport entre la masse de l'espèce i et la masse de combustible brûlé par le processus de combustion :

$$E I_i = \frac{m_{i,\text{émis}}}{m_{F,\text{brûlé}}} \quad \text{V.1}$$

L'indice d'émission est une quantité sans dimension, comme le nombre de Reynolds, il est particulièrement utile car il exprime la quantité de polluant formé par masse de carburant. Ainsi, l'indice d'émission peut être considéré comme une mesure de l'efficacité d'un processus de combustion.

Pour la combustion d'un hydrocarbure dans l'air, l'indice d'émission peut être déterminé à partir de mesure de la concentration (fraction molaire de l'espèce considéré et de celles de toutes les espèces contenant du carbone. En supposant que tout le carbone du combustible apparaisse sous forme de CO_2 ou de CO , l'indice d'émission est exprimé :

$$E I_i = \left(\frac{x_i}{x_{\text{CO}} + x_{\text{CO}_2}} \right) \left(\frac{x \cdot Mm_i}{Mm_F} \right) \quad \text{V.2}$$

Où,

x_i : Sont des fractions molaire de l'espèce i , x est le nombre de mole de carbone dans une mole de carburant ; C_xH_y ; et Mm_i et Mm_F sont les poids moléculaires de l'espèce i et du carburant (fuel), respectivement.

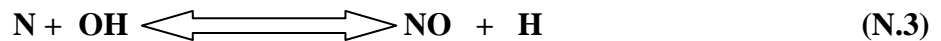
V.3 Oxyde d'Azote

L'oxyde d'azote (oxyde nitrique), est une espèce mineure importante en combustion en raison de sa contribution à la pollution atmosphérique. Dans la combustion de carburants sans azote, l'oxyde d'azote est formé par quatre mécanismes chimiques ou voies impliquant l'azote de l'air : le mécanisme thermique ou de Zeldovich, le mécanisme Fenimore (ou rapide), le mécanisme N_2O -intermédiaire et le mécanisme NNH. Le mécanisme thermique domine dans la combustion à haute température sur une gamme assez large (du taux d'équivalence, richesse), alors que le mécanisme de Fenimore est particulièrement important dans une combustion riche. Le N_2O intermédiaire, ce mécanisme joue un rôle important dans la production de NO dans des processus de combustion très maigres et à base température. Le NNH est un nouveau mécanisme dans les itinéraires de formation de NO .

- Le mécanisme thermique ou mécanisme de Zeldovich consiste en deux réactions en chaîne :



Qui peut être étendu en ajoutant la réaction :



Cet ensemble à trois réactions est appelé mécanisme de Zeldovich étendu ; le taux de production de NO s'écrit comme suit :

$$\frac{d[\text{NO}]}{dt} = 2 k_{\text{N.1f}} \cdot [\text{O}]_{\text{eq}} \cdot [\text{N}_2]_{\text{eq}} \quad \text{V.3}$$

Avec $k_{\text{N.1f}}$: coefficient de vitesse directe pour la réaction (N.1). Le mécanisme thermique est généralement sans importance aux températures inférieures à 1800K, par rapport aux échelles de temps des processus d'oxydation du carburant, NO se forme plutôt lentement par le mécanisme thermique.

V.4 Oxyde de carbone

Le CO est une espèce majeure dans les produits à forte combustion ; ainsi, une quantité substantielle de CO sera produite chaque fois que des mélanges riches sont utilisés. En fonctionnement normal de la plupart des appareils, les conditions riches sont généralement évitées ; cependant les moteurs à étincelle utilisent des mélanges riches au démarrage pour éviter le calage pour offrir la puissance maximale.

Pour les mélanges stœchiométriques est légèrement maigres, le CO se trouve en quantités substantielle à des températures de combustion typiques du fait de la dissociation du CO.

V.5 Hydrocarbures imbrûlés et suies

Dans la plupart des dispositifs utilisant des réactifs prémélangés, les hydrocarbures non brûlés sont généralement négligeables. Pour aborder brièvement certains aspects les plus saillants de ce problème, nous allons discuter le processus d'extinction de la flamme, qui consiste à éteindre une flamme à une courte distance d'une surface froide.

Le processus de trempe laisse une mince couche de mélange air-combustible non brûlé adjacente au mur, cette couche de trempe contribue ou non aux émissions d'hydrocarbures non brûlés dépend des processus ultérieurs de diffusion, de convection et d'oxydation dans un moteur à combustion interne, la plupart des hydrocarbures issus de la trempe dans les parois se mélangent finalement avec des gaz chauds et sont oxydés.

Les autres contributeurs connus aux émissions d'hydrocarbures non brûlés dans les moteurs sont l'absorption et la désorption ultérieure du carburant dans et hors des couches d'huiles sur les parois des cylindres.

D'autres mécanismes de production de CO comprennent la trempe par les surfaces froides, et l'oxydation partielle du combustible non brûlé. La suie est un dépôt carboné de couleur noir et d'apparence huileuse, elle se forme lors de la combustion incomplète de la biomasse (bois) et des hydrocarbures fossiles (charbon, pétrole). Ces particules de suie, cancérigènes, absorbent en outre d'autres composés, comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des métaux toxiques en elles-mêmes, les suies sont donc aussi un vecteur important de contamination, puisque leurs faibles dimensions leur permettent de s'introduire jusque dans les alvéoles pulmonaires.

V.6 Hydrocarbures aromatiques polycycliques

On regroupe sous le terme d'hydrocarbure aromatique, des hydrocarbures insaturés présentant au moins un cycle-appelé cycle benzénique alternant les liaisons carbone simple et doubles.

Le Toluène, Xylènes et Ethyle benzène sont principalement issus du raffinage du pétrole brut également, une partie des HAP présents dans l'environnement provient de processus naturels tels que les éruptions volcaniques.

Depuis de nombreuses années, les HAP sont très étudiés, car ce sont des composés présents dans tous les milieux environnementaux et qui montrent une forte toxicité. Selon le nombre de cycles, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont classés en HAP légers (jusqu'à trois cycles) ou lourds (au-delà de trois cycles), et ont des caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques très différentes.

Les HAP sont hydrophobes ; ils ne persistent donc pas facilement dans l'eau sauf absorbés par des particules en suspension ; ils sont surtout présents dans les sols où ils peuvent être stockés ou circuler.

V.7 Quelques méthodes de contrôle et de réduction des polluants

La surveillance de l'environnement, les industries agroalimentaires et pharmaceutiques, l'industrie automobile sont des secteurs qui nécessitent la détection et l'analyse de nombreux gaz.

La mesure consiste la méthode la plus directe pour déterminer les concentrations de polluants de l'air des espèces clos. De nombreuses études consacrées à la mesure et au contrôle des concentrations de polluants dans l'air des espèces clos portent sur la répartition de ces polluants dans certains types de locaux.

On mesure les concentrations de polluants en espèces clos de trois façons :

- Par prélèvement ponctuels ;
- Par prélèvement accumulés dans le temps ;
- Par une surveillance continue en temps réel ;

V.7.1 Prélèvement ponctuel

La façon la plus simple consiste à prélever de l'air en une fois dans une réception, ou à faire passer un volume d'air connu à travers un matériau absorbant. Les réceptions, peuvent se présenter sous forme de bouteilles en matière plastique, ou tube de verre remplie d'absorbants.

V.7.2 Prélèvement accumulés

C'est des techniques de mesure qui permettent de connaître leurs concentrations accumulées des polluants avec le temps.

V.7.3 Surveillance continue en temps réel

Les mesures en temps réel sont possibles grâce aux appareils d'analyse qui peuvent déterminer, de façon spécifique, la présence d'un ou plusieurs polluants déterminés.

V.7.4 Quelques méthodes de réduction des polluants

La réduction des émissions nous exigent de prévoir la poursuite et l'amplification des mesures des taux de polluants dans différents secteurs à travers :

- **industrie**

L'application des meilleurs techniques disponibles (cimenteries, raffineries, installation de combustion,) et renforcement des contrôles.

- **Transports**

Poursuite de la convergence essence-gazole, généralisation de l'indemnité kilométrique vélo, renouvellement des flottes par des véhicules à faibles émissions. Contrôles des émissions réelles des véhicules.

- **Agriculture**

Réduction des émissions d'ammoniac (utilisation d'engrais moins émissifs ; développement de filières alternatives au brûlage des résidus agricoles).