

TOKALO BI TOKALO ARMEL  
armel.tokalo@emines.um6p.ma  
EMINES

À  
Monsieur Johan JACQUEMIN  
Directeur MSN (Materials Science and Nanoengineering)

**Objet** : Demande d'assistance et d'autorisation pour la conception d'un prototype au sein des laboratoires de MSN (Materials Science and Nanoengineering)

Bonjour Monsieur,

Je me permets de vous écrire en ce jour afin de solliciter une assistance ainsi que votre autorisation pour mener à bien mon projet entrepreneurial dans le secteur automobile. Celui-ci s'inscrit dans une démarche visant à **réduire les émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules diesel et essence**, en s'appuyant sur les avancées des **systèmes de Direct Air Capture**, notamment les **Metal-Organic Frameworks**, ainsi que sur les propriétés des substrats filtrants utilisés dans les filtres à particules.

Étant donné votre rôle à la tête d'un département reconnu pour son expertise et son rayonnement au sein de l'Université Mohammed VI Polytechnique, je serais honoré de bénéficier de votre autorisation, d'un accompagnement dans vos laboratoires et de votre aval afin de concrétiser ce projet.

Vous trouverez ci-dessous le plan détaillé ainsi que le processus que je souhaiterais suivre, dans la mesure du possible.

## SOMMAIRE

### **I. Présentation du projet**

1. Cadre du projet
2. Objectif visé

### **II. Problématique**

1. Le diesel et l'essence
2. Problème

### **III. BUT : Conception d'un système intégrant Le ZIFs (Zeolitic Imidazolate Frameworks) + Un substrat filtrant pour améliorer l'absorption de CO<sub>2</sub>**

1. Les constituants du ZIFs
  - a. Réaction possible les constituants émises par la combustion de l'essence ou du diesel
  - b. Prototype et zone d'insertion

## I. Présentation du projet

### 1. Cadre du projet

Dans le cadre de notre cursus scolaire, l'école (EMINES) nous initie à l'acte d'entreprendre, la réflexion personnelle dans le but de donner vie à une idée avec un fort potentiel de réalisation.

### 2. Objectif visé

Il n'est pas seulement question de réaliser toute sorte d'idée farfelue qui nous viennent à l'esprit, mais mettre sur pied une idée ayant une valeur ajoutée et qui pourrait impacter l'entourage proche ou un cercle beaucoup plus élargi.

## II. Problématique

### 1. Le diesel et l'essence

- **Le diesel** est un mélange complexe d'hydrocarbures aliphatiques ( $C_nH_{2n+2}$ ,  $C_nH_{2n}$ ,  $C_nH_{2n-2}$ ), notamment de composés cycliques et paraffiniques, contenant entre 13 et 18 atomes de carbone.
  - ✓ Une teneur considérable en soufre (Elle diminue en Europe avec la norme EN 590 : Caractéristiques du Diesel)
  - ✓ Emissions potentielle de dioxyde de soufre ( $SO_2$ ) dans les pays non réglementés.
  - ✓ Emissions de dioxyde de carbone ( $CO_2$ )
  - ✓ Emissions d'oxydes d'azote ( $NO_x$ )
  - ✓ Emissions de Particules fines (PM)
- ❖ **L'essence** est composée d'un mélange d'hydrocarbures légers, majoritairement de l'heptane ( $C_7H_{16}$ ), auquel sont souvent ajoutés des additifs. Les émissions polluantes suite à sa combustion sont quasiment les mêmes que celles du diesel.

### 2. Le Problèmes

Le diesel et l'essence et le transport en générale constituent l'un des facteurs majeurs du **réchauffement climatique** et de la pollution de l'air. Malgré les avancées réglementaires comme la **norme EN 590**, les émissions de  $CO_2$  des véhicules restent une source majeure de pollution dans certaines régions, représentant **34 % de l'émission totale du  $CO_2$  mondial en 2023 d'après [le ministère territoire écologie logement français](#)**. Ainsi :

**Comment peut-on parvenir à réduire d'avantage l'émission de CO<sub>2</sub> des moteurs diesel et essence dans l'atmosphère en s'appuyant sur les technologies existantes ?**

### **III. BUT : Conception d'un système intégrant Le ZIFs (Zeolitic Imidazolate Frameworks) + Un substrat filtrant pour améliorer l'absorption de CO<sub>2</sub>**

La solution de combiner un Metal-Organic-Frameworks et un substrat filtrant repose sur leur propriété et l'avantage qu'ils donnent.

Le système de filtration utilisé dans les voitures aujourd'hui sont pour la majorité des filtres à particules. Ceux-ci permettent tantôt par plusieurs étapes intermédiaires de réduire ou transformer les monoxydes d'azote (Nox), monoxyde de carbone (CO) et hydrocarbures imbrûlés (HC imbrûlés) en eau (H<sub>2</sub>O) et en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Sans omettre la capture des particules fines par certains substrat filtrant qui y sont inclus.

Ces systèmes de filtration mettent l'accent sur la réduction de l'émission des gaz beaucoup plus nocifs en faible quantité et cela entraîne au fil du temps une émission beaucoup plus élevée de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère

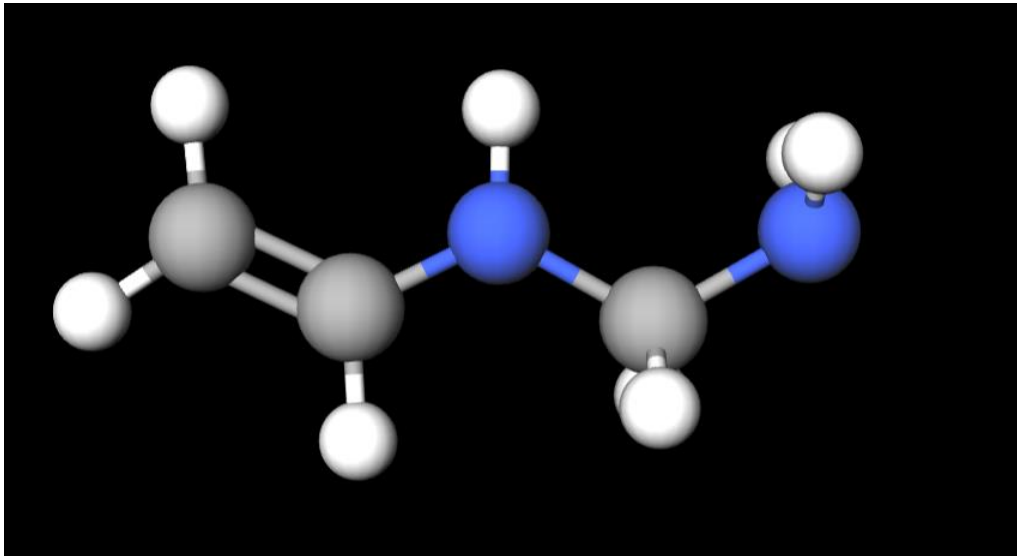
#### **1. Les constituants du ZIFs**

- **Imidazole (C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>N<sub>2</sub>)**
- **DMF (N, N-Diméthylformamide, C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>NO) :** Solvant organique solvant universel car il a un grand pouvoir de dissolution et permet des interactions dipolaires avec le CO<sub>2</sub> lorsqu'il est intégré dans les Metal-Organic-Frameworks.
- **Les cations métalliques notamment Zn<sup>2+</sup>**
  - a. **Réaction possible avec les constituants émis par la combustion de l'essence ou du diesel**

Nous nous plaçons dans le cas où il pourrait y avoir des fuites dans le moteur et provoquer des expulsions de gouttes vers le matériel à concevoir.

❖ Cas d'émission de SO<sub>2</sub> après combustion

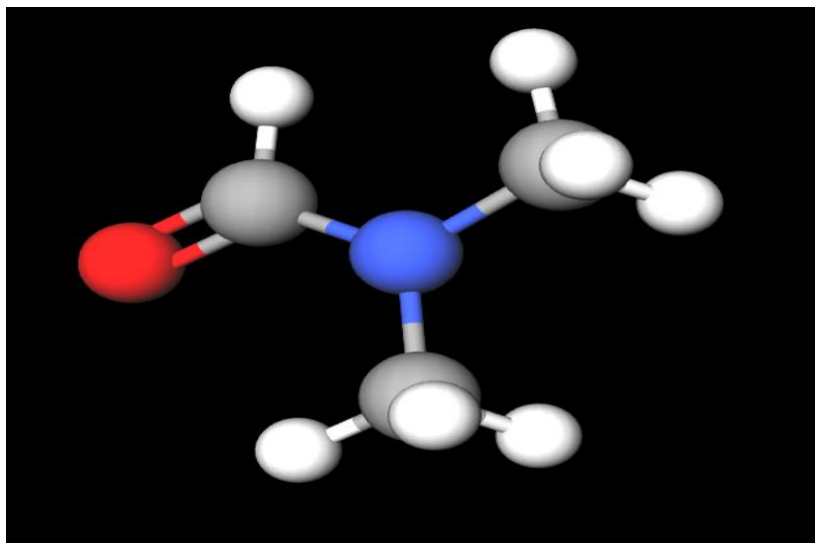
**C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>N<sub>2</sub>+SO<sub>2</sub>→ ? (Evaluation de l'impact de l'imidazole sur le SO<sub>2</sub>)**



Structure chimique  
de l'imidazole

$\text{C}_3\text{H}_7\text{NO} + \text{SO}_2 \rightarrow ?$  (Evaluation de l'interaction entre Le **DMF** et le **SO<sub>2</sub>** par des)

Structure chimique  
du DMF



$\text{Zn}^{2+} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{ZnSO}_3$  (Formation du **sulfite de zinc (ZnSO<sub>3</sub>)**, un composé impliqué dans des processus de capture et de conversion du **SO<sub>2</sub>**)

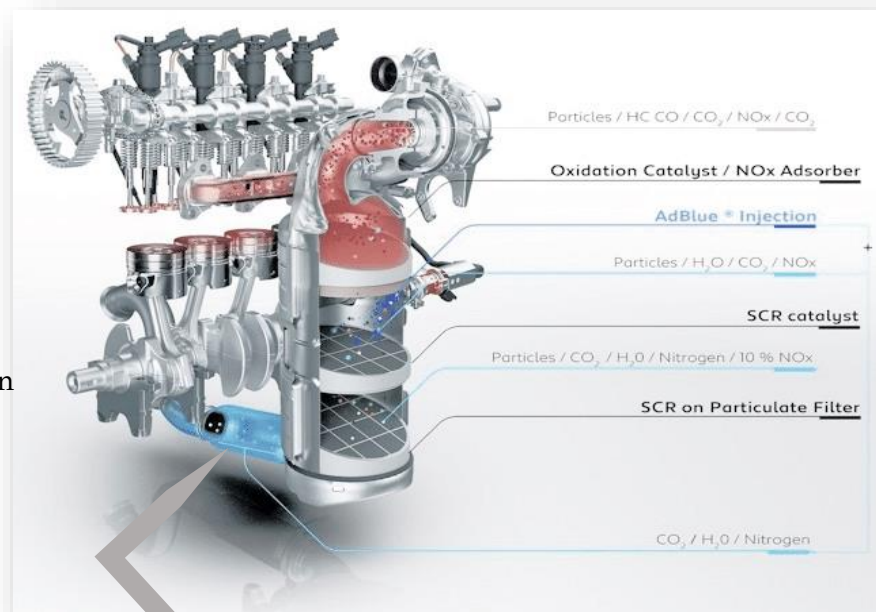
- Matériaux nécessaires
  - **DMF**
  - **Solution d'ion métallique Zn<sup>+</sup>**
  - **Substrat de recouvrement** (céramique, typiquement en cordiérite ou en **carbure de silicium (SiC)**)

***Principales Questions***

- ✓ En cas d'implémentation de la solution, Comment se fera la récupération et le stockage du CO<sub>2</sub> capté ?

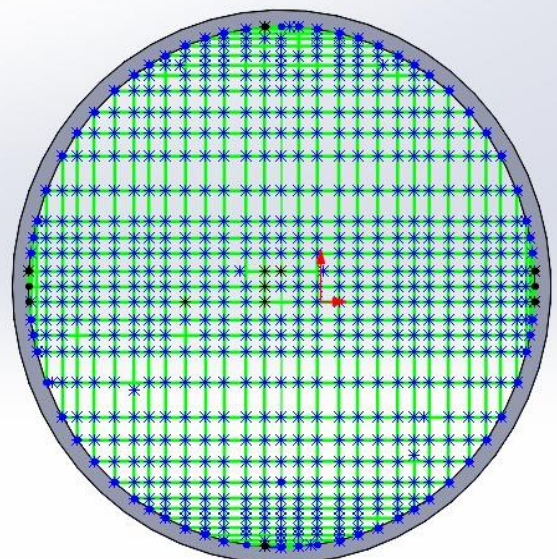
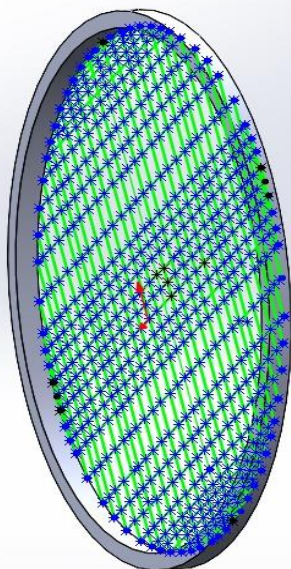
## b. Prototype et zone d'insertion

L'implémentation se fera dès la sortie du filtre à particule initial des particules résultant de la combustion soit du diesel soit de l'essence. Ci-dessous présenté le mécanisme de transfert des particules et le prototype conçu de la solution.

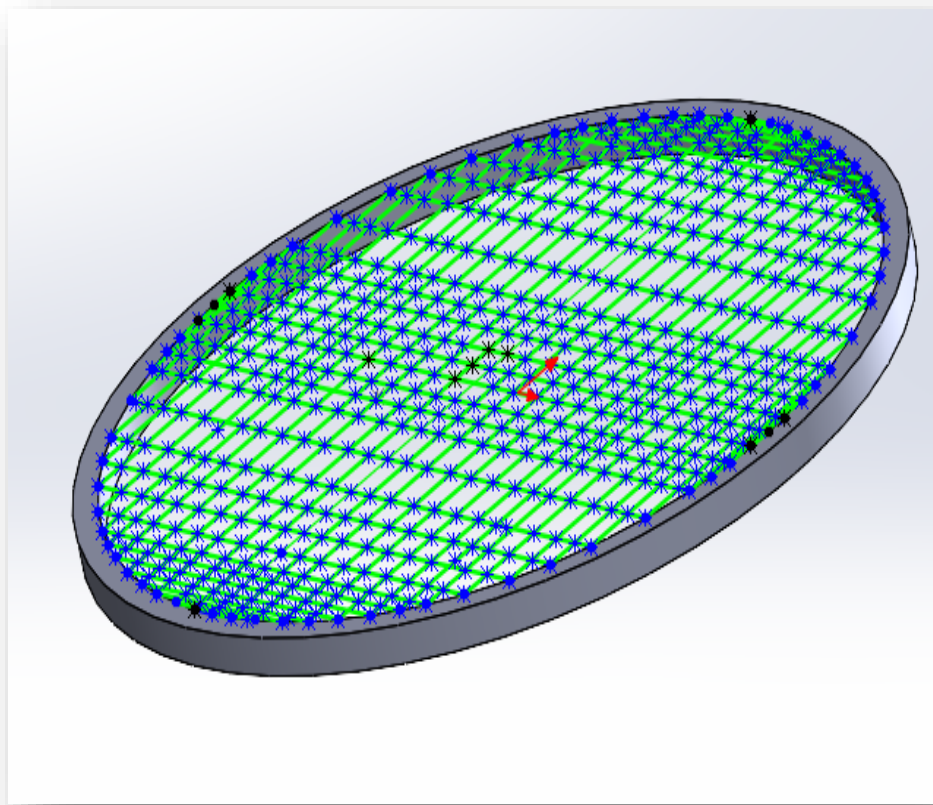


**Zone d'insertion du substrat :** Dernière filtration des particules émises par le filtre à particule

### Processus de filtration des particules émises par les moteurs (essence et diesel)



## PROTOTYPE SOLIDWORK



### Source

- [cnesst.gouv.qc.ca](http://cnesst.gouv.qc.ca)
- [demotor.net](http://demotor.net)
- [statistiques.developpement-durable.gouv.fr](http://statistiques.developpement-durable.gouv.fr)