

SESSION 2004	MAE3SCS
EXAMEN : MAVA	Durée 2h00
Epreuve : Sciences physiques	Coef : 2

**L'usage de la calculatrice est autorisé ( circulaire n°99-186 du 16/11/1999)**  
**Le sujet comporte deux parties indépendantes.**  
**Les questions 1 et 2 de la deuxième partie peuvent être traitées indépendamment l'une de l'autre.**

**PREMIERE PARTIE :** (10 points)

**VEHICULES AUTOMOBILES ET GAZ A EFFET DE SERRE**

Le parc automobile actuel est constitué essentiellement de deux types de véhicules :

- Les véhicules de type  $V_1$ , muni d'un moteur à allumage commandé, consommant de l'essence.
- Les véhicules de type  $V_2$ , muni d'un moteur à allumage par compression consommant du gazole.

Tout ces véhicules rejettent dans l'atmosphère des produits polluants et des gaz à effet de serre, malgré les dispositifs permettant de les limiter.

L'une des alternatives est le véhicule de type  $V_3$ , muni d'une pile à combustible : le combustible est du dihydrogène, le comburant étant toujours le dioxygène de l'air.

Données :

- Masse molaire : H = 1 g/mol ; O = 16 g/mol ; C = 12 g/mol ;
- Composition volumique de l'air : 80 % de diazote et 20 % de dioxygène ;
- Volume molaire des gaz dans les conditions d'utilisation :  $V_{mol} = 25 \text{ L/mol}$  ;
- Masse volumique de l'éthanol :  $800 \text{ kg/m}^3$ .

**1. Effet de serre**

- 1.1. Citer les principaux polluants rejetés par l'échappement des véhicules de type  $V_1$  et de type  $V_2$ .
- 1.2. Expliquer clairement ce qu'est l'effet de serre : mécanisme et conséquences.

**2. Véhicule de type  $V_1$**

La consommation du véhicule est de 10 L pour 100 km à la vitesse stabilisée de 110 km / h. On assimilera l'essence à de l'octane de formule moléculaire  $C_8 H_{18}$  et de densité 0,75. On veut déterminer la masse de dioxyde de carbone  $CO_2$  rejetée par le véhicule roulant à une vitesse constante de 110 km/h.

- 2.1. Ecrire l'équation bilan de la réaction de combustion de l'octane dans l'air, en supposant cette réaction complète.

2.2. Calculer la masse de carburant consommée pour un parcours de 1 km. En déduire la quantité de matière correspondante (exprimée en moles de carburant).

2.3. Calculer le nombre de moles de  $\text{CO}_2$  rejetées pour un parcours de 1 km. En déduire la masse de  $\text{CO}_2$  correspondante.

### 3. Le pot catalytique

3.1. Expliquer brièvement ce qu'est un pot catalytique.

3.2. Ecrire l'équation bilan de la réaction d'oxydation du monoxyde de carbone CO en dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$ .

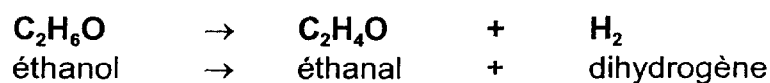
3.3. Quels sont les autres polluants traités par le pot catalytique trois voies du véhicule de type  $V_1$  ?

### 4. Véhicule de type $V_3$ .

Le dihydrogène nécessaire à la combustion peut :

- soit être disponible en station service, préparé par reformage du gaz naturel (méthane). L'impact  $\text{CO}_2$  est alors de 77g/km.
- soit être obtenu à bord du véhicule par reformage à partir de bioéthanol par exemple. L'impact  $\text{CO}_2$  est alors de 126 g/km.

Le reformage de l'éthanol conduisant à la production du dihydrogène  $\text{H}_2$  peut être représenté par l'équation bilan :



4.1. Calculer le nombre de moles de dihydrogène  $\text{H}_2$  pour 1 m<sup>3</sup> de dihydrogène ce volume étant mesuré dans les conditions normales de température et de pression.

4.2. Calculer le volume d'éthanol qu'il faut traiter pour obtenir 1 m<sup>3</sup> de dihydrogène.

### 5. Bilan comparatif des impacts $\text{CO}_2$ .

La consommation du véhicule de type  $V_2$  est de 8 L pour 100 km à la vitesse stabilisée de 110 km / h ; son impact  $\text{CO}_2$  à cette vitesse est de 209 g / km.

Comparer les impacts  $\text{CO}_2$  des véhicules de type  $V_1$ ,  $V_2$  et  $V_3$ , ce dernier s'approvisionnant en carburant à la station service.

## DEUXIEME PARTIE : (10 points)

### ETUDE DU PRINCIPE DE MESURE D'UNE PRESSION DE SURALIMENTATION

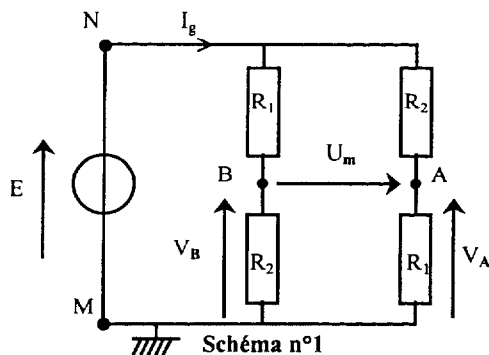
Le corps d'épreuve du capteur est constitué d'une membrane de silicium sur laquelle sont placées quatre jauges piézorésistives montées en pont.

Sous l'action de la pression de l'air :

- Les jauges de résistance  $R_1$  sont dilatées ; leur résistance peut alors s'exprimer sous la forme :  $R_1 = R + \Delta R$ .
- Les jauges de résistance  $R_2$  sont comprimées et leur résistance peut alors s'exprimer sous la forme :  $R_2 = R - \Delta R$ .

La valeur de  $R$  est de  $500 \Omega$ .

#### 1. Etude du capteur (schéma n°1)



Le pont est alimenté par une tension continue  $E = 5 \text{ V}$ .

La tension de mesure est  $U_m$ .

On donne les propriétés des jauges utilisées :

- La variation  $\Delta R$  de la résistance est proportionnelle à la déformation  $\Delta L$  selon la relation :

$$\frac{\Delta R}{R} = k \times \frac{\Delta L}{L}$$

Le facteur de jauge  $k$  égal à 100.

- La pression  $P$  est proportionnelle à la déformation  $\Delta L$  selon la relation :

$$P = k' \times \frac{\Delta L}{L}$$

Dans cette formule  $k' = 2,5 \times 10^4$  et  $P$  est exprimée en bars.

- 1.1. Calculer la résistance équivalente entre  $N$  et  $M$  du montage en pont. Dépend-elle de la pression ? Justifier la réponse.
- 1.2. Quelle est l'intensité du courant  $I_g$  débité par le générateur ?
- 1.3. Calculer la valeur de  $U_m$  quand  $\Delta R = 0$ .
- 1.4. Pour quelle valeur de la pression a-t-on  $\Delta R = 0$  ?

1.5. Pour une pression  $P$ , exprimer :

1.5.1.  $V_A$  en fonction de  $E$ ,  $R_1$  et  $R_2$ ,

1.5.2.  $V_B$  en fonction de  $E$ ,  $R_1$  et  $R_2$ ,

1.5.3.  $U_m$  en fonction de  $E$  et  $\frac{\Delta R}{R}$ .

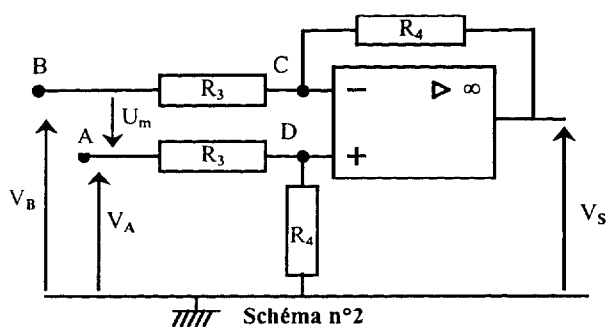
1.6. Exprimer, pour une pression  $P$ , la tension  $U_m$  en fonction de  $E$ ,  $k$ , et  $\frac{\Delta L}{L}$ .

1.7. En déduire l'expression de  $U_m$  en fonction de  $P$ . Ce capteur est-il linéaire ? Justifier la réponse.

1.8. Pour une déformation  $\frac{\Delta L}{L}$  de 0,01%, calculer la valeur de la tension  $U_m$  mesurée et en déduire la valeur de la pression  $P$  exprimée en bars.

1.9. Quelle est, en mV/bar, la sensibilité du capteur ?

## 2. Etude de l'amplificateur (schéma n° 2)



La tension de mesure  $U_m$  est appliquée au montage amplificateur représenté sur le schéma n°2. On donne les valeurs des résistances :  $R_3 = 2 \text{ k}\Omega$  et  $R_4 = 100 \text{ k}\Omega$ .

L'amplificateur opérationnel est supposé parfait ; il est alimenté entre 0 V et +12 V et ses tensions de saturation sont :  $V_{\text{sat-}} = 0 \text{ V}$  et  $V_{\text{sat+}} = +12 \text{ V}$ .

2.1. Quel est le régime de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel ? Justifier la réponse.

2.2. Exprimer le potentiel  $V_D$  en fonction de  $R_3$ ,  $R_4$  et  $V_A$ .

2.3. Exprimer le potentiel  $V_C$  en fonction de  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $V_B$  et  $V_S$ .

2.4. En utilisant la propriété de l'amplificateur en régime linéaire, exprimer  $V_S$  en fonction de  $R_3$ ,  $R_4$  et  $U_m$ .

## 3. Synthèse (schémas n°1 et n°2)

Tracer le graphe de  $V_S$  en fonction de  $P$ , pour des pressions variant de 0 à 4 bars.