

Thermochimie et électrostatique

**Problème 1 : Température de flamme**

Soit la réaction totale :  $2NH_{3(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)} + 3H_2O_{(g)}$  à 298 K sous 1 bar.

a) Calculer l'enthalpie standard de réaction à 298 K.

b) On réalise cette réaction dans une enceinte adiabatique à la pression de  $10^5$  Pa. Les gaz étant introduits en proportions stoechiométriques à 298 K. Calculer la température en fin de réaction.

c) Afin de réduire la température finale, on introduit dans la même enceinte, l'ammoniac et l'oxygène en proportions stoechiométriques et on ajoute  $x$  moles de vapeur d'eau par mol d'ammoniac. La température initiale restant de 298 K, déterminer  $x$  pour que la température finale soit de 1000 K.

A 298 K :  $\Delta_f H^0(H_2O_{(g)}) = -243 \text{ kJ.mol}^{-1}$  ;  $\Delta_f H^0(NO_{(g)}) = 87,9 \text{ kJ.mol}^{-1}$  ;  
 $\Delta_f H^0(NH_{3(g)}) = -46,5 \text{ kJ.mol}^{-1}$ .

Capacités calorifiques molaires : pour un gaz diatomique  $C_p = 29,1 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$  ;  
 pour la vapeur d'eau  $C_p = 33,6 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$  ; pour l'ammoniac  $C_p = 35,1 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ .

**Problème 2 : Combustion isobare du mélange air-carburant (Petites Mines 2006)**

Dans cette partie, on reprend l'étude du moteur à explosion et plus précisément celle de l'étape BC de combustion du mélange air-carburant

Rappel : Le mélange gazeux est constitué de  $n = 4.10^{-2}$  mol d'air et de  $n' = 2.10^{-4}$  mol d'essence et se trouve alors dans les conditions  $V_B = 0,125 \text{ L}$  ;  $T_B = 673 \text{ K}$  ;  $P_B = 18,4 \text{ bar}$

Le gaz subit alors la transformation : B → C : une étincelle provoque la combustion isobare, instantanée, de toute l'essence ; cette évolution est également adiabatique pour l'ensemble du système réactif.

Remarque : la combustion étant en réalité isochoire et non isobare, on ne s'étonnera pas de trouver une température  $T_C$  sensiblement différente de celle proposée dans le problème de physique.

Données :  $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

A 298 K	Composé	$C_8H_{18}(g)$	$CO_2(g)$	$H_2O(g)$
	$\Delta_f H^0$ (kJ. mol <sup>-1</sup> )	580	-394	-242
	$C_{p,m}$ (J.K <sup>-1</sup> .mol <sup>-1</sup> )	29	29	29

Les  $C_{p,m}$ , capacités thermiques molaires à pression constante, seront considérées indépendantes de la température.

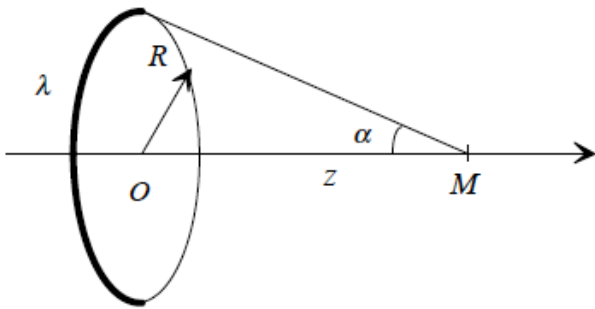
Le carburant utilisé est de l'octane  $C_8H_{18}$ .

- 1 Ecrire et équilibrer la réaction de combustion d'une mole d'octane avec le dioxygène de l'air pour former  $CO_2(g)$  et  $H_2O(g)$ .
- 2 Calculer l'enthalpie standard de cette réaction à 298K
- 3 Exprimer puis calculer l'enthalpie standard de cette réaction à  $T_B$
- 4 L'air est composé, en pourcentage molaire, de 20% de  $O_2$  et de 80% de  $N_2$ .
  - 4-a Justifier que l'énergie thermique dégagée par la combustion de l'octane sert à chauffer les gaz de combustion de  $T_B$  à  $T_C$ .
  - 4-b Faire un bilan -molaire- des espèces présentes en début puis en fin de combustion.
  - 4-c Justifier la phrase : « Dans toute l'étude de ce modèle de moteur à explosion, on suppose constant le nombre total de moles gazeuses »
  - 4-d En déduire la température  $T_C$  en fin de combustion.

### Problème 3 : Champ électrostatique (Petites Mines 2002)

#### E - Champ électrostatique créé par une spire :

##### *E-1 Champ sur l'axe :*



On donne une spire circulaire de rayon  $R$ , de centre  $O$ , d'axe  $Oz$ . Cette spire porte une charge positive  $Q$  répartie uniformément avec densité linéique de charge  $\lambda$  en  $C.m^{-1}$ .

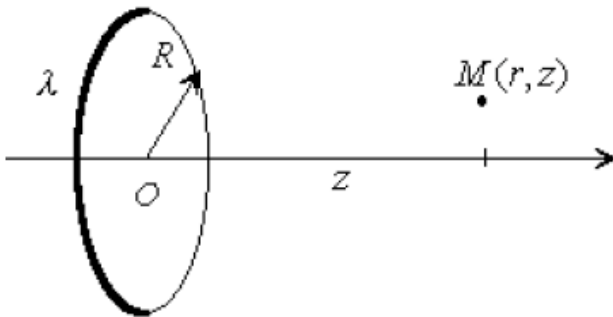
E-1-1 Montrer par des arguments de symétrie que, sur l'axe, le champ électrostatique  $\vec{E}$  est porté par l'axe et prend la forme de  $\vec{E} = E\vec{k}$  où  $\vec{k}$  est un vecteur unitaire porté par l'axe  $Oz$ .

E-1-2 Comparer  $E(-z)$  et  $E(z)$ .

E-1-3 Calculer le champ électrostatique créé en un point  $M$  de l'axe tel que  $OM = z$ . On donnera le résultat en fonction de  $Q$ , la charge totale, du rayon  $R$ , de la permittivité du vide  $\epsilon_0$  et de la distance  $z$ .

E-1-4 Tracer le graphe de la fonction  $E(z)$ .

##### *E-2 Champ au voisinage de l'axe :*

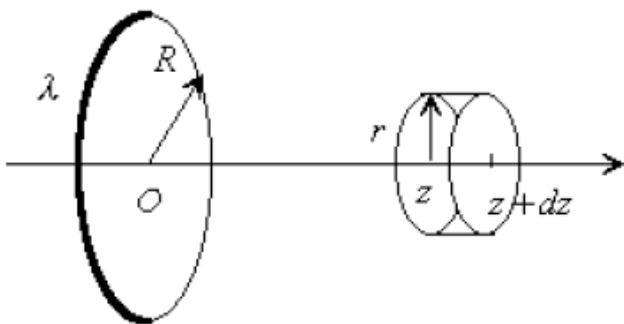


On s'intéresse maintenant au champ électrostatique au voisinage de l'axe. On calcule donc le champ en un point  $M$  défini par des coordonnées cylindriques  $(r, \theta, z)$ .

E-2-1 Montrer par des arguments de symétrie très précis, qu'en  $M$ , le champ  $\vec{E}$  n'a pas de composante orthoradiale  $E_\theta$ .

E-2-2 Montrer que la norme de  $E$  ne dépend que de  $r$  et  $z$ .

E-2-3 Montrer qu'au voisinage de l'axe, le flux du champ  $\vec{E}$  est conservatif.



E-2-4 Calculer le flux de  $\vec{E}$  à travers une surface fermée cylindrique d'axe  $Oz$  dont les bases sont des disques de rayon  $r$  petit et de cotes  $z$  et  $z+dz$ .

En déduire  $E_r(z, r) = -\frac{r}{2} \frac{dE_z(z, 0)}{dz}$ .

Calculer l'expression de  $E_r(z, r)$ .