

TD Chimie n°5 : Grandeurs de réaction

Exercice 1 : Calcul de l'enthalpie standard de combustion de l'éthanol

Données (à 298 K):

- Enthalpies standards de vaporisation : $\Delta_{\text{vap}}H^0(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})=42,6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ $\Delta_{\text{vap}}H^0(\text{H}_2\text{O})=44,0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Enthalpies standards de formation :

	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$	$\text{CO}_2(\text{g})$
$\Delta_f H^0 (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$		-285,8	-277,7	-393,5

- énergies de liaison (ou enthalpies de dissociation) :

liaison	$D_{AB} (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$
H-H	436
O-H	460
C-H	415
C-O	360
C-C	606
C=O	743
O=O	497

On s'intéresse à la réaction de combustion totale de l'éthanol (en présence de dioxygène) en dioxyde de carbone gazeux et en eau liquide à 298 K. Soit $\Delta_{\text{comb}}H^0$ l'enthalpie standard associée à cette réaction.

1. Ecrire l'équation-bilan équilibrée de cette réaction (le coefficient stoechiométrique affecté à l'éthanol étant de 1). En utilisant la loi de Hess, calculer une première valeur de $\Delta_{\text{comb}}H^0$.
2. A partir d'un cycle thermodynamique et des données sur les énergies de liaison, établir une seconde expression de $\Delta_{\text{comb}}H^0$. Conclure.

Exercice 2 : Production industrielle de bore solide

Les composés du bore sont connus depuis des milliers d'années. Dans l'Egypte antique, le procédé de momification dépendait du natron, un minéral contenant des borates ainsi que d'autres sels plus communs. Les Chinois utilisaient une glaise de borax depuis – 300 av. J.C. et les Romains utilisaient des composés de bore pour la fabrication du verre.

Une méthode possible de production du bore se déroule vers 1000°C par action du magnésium liquide sur le trioxyde de dibore B_2O_3 liquide. On obtient de l'oxyde de magnésium MgO solide et du bore solide.

1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
2. Calculer l'enthalpie standard et l'entropie standards de réaction à 25°C. Commenter les valeurs obtenues.
3. Calculer l'enthalpie libre standard de la réaction à 25°C et à 1000°C. Commenter. Calculer la température d'inversion associée à cette réaction pour laquelle cette grandeur de réaction s'annule.
4. La production de bore par ce procédé est de 10 t/an. Calculer la masse annuelle de magnésium utilisée par cette filière de production de bore.

Données :

- Les enthalpies standard de formation $\Delta_f H^0$ et les entropies standard molaires S_m^0 sont données à 25 °C.

	$\text{Mg}(\text{l})$	$\text{B}_2\text{O}_3(\text{l})$	$\text{B}(\text{s})$	$\text{MgO}(\text{g})$
$\Delta_f H^0 (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$	9	-1251	0	-602
$S_m^0 (\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1})$	42	84	6	27

Exercice 3 : Consommation d'essence

On assimile l'essence à de l'isooctane de formule brute C_8H_{18} . Pour une automobile de puissance 60 ch (1 ch = 736 W), se déplaçant à la vitesse stabilisée de 125km.h⁻¹ sur autoroute, le constructeur indique une consommation de 7,3 pour 100 km parcourus.

1. Calculer l'enthalpie standard de combustion de l'isooctane.
2. Quelle est la quantité d'isooctane (en mol) consommé sur 100 km.
3. Quelle est l'énergie thermique libérée sur cette même distance ?
4. Quel est le rendement du moteur ?

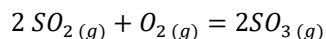
Données :

constituant	$\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
$\Delta_f H^0 (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$ à 25°C	-270	0	-394	-241,8

Masse volumique et masse molaire de l'isooctane : $\rho = 720 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ et $M = 114 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Exercice 4 : Synthèse du trioxyde de soufre

Une étape importante de synthèse industrielle de l'acide sulfurique est l'oxydation du dioxyde de soufre en trioxyde de soufre par le dioxygène de l'air. Cette réaction se fait vers 700 K sous une pression de 1 bar :



Données :

constituant	$\text{SO}_2(g)$	$\text{O}_2(g)$	$\text{SO}_3(g)$	$\text{N}_2(g)$
$\Delta_f H^0$ (kJ.mol ⁻¹) à 25°C	-297	0	-396	0
$C_{p,m}^0$ (J.K ⁻¹ .mol ⁻¹)	39,9	29,4	50,7	29,1

- Calculer à 298K, l'enthalpie standard de réaction $\Delta_r H^0(298)$.
- On donne à 700K, $\Delta_r H^0(700) = -201 \text{ kJ.mol}^{-1}$. Quelle remarque peut-on faire ?
- On part de 10 moles de dioxyde de soufre, 10 moles de dioxygène, et 40 moles de diazote. A 700K, on obtient à l'équilibre 9 moles de trioxyde de soufre.
 - Donner la composition du système à l'équilibre.
 - En supposant que la réaction se déroule dans un réacteur monobare adiabatique, déterminer la température finale du système.

Exercice 5 : Moteur de la sonde Rosetta

Données à 25°C :

Constituant	$\text{N}_2\text{O}_4(g)$	$\text{MMH}(g)$	$\text{N}_2(g)$	$\text{H}_2\text{O}(g)$	$\text{CO}_2(g)$
$\Delta_f H^0$ (kJ.mol ⁻¹)	11	95	0	-242	-394
$C_{p,m}$ (J.K ⁻¹ .mol ⁻¹)	79	71	29	34	37

La sonde Rosetta de l'Agence Spatiale européenne (ESA) s'est écrasée le vendredi 30 septembre 2016 sur la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenko (surnommée « Tchouri »), sur laquelle elle avait largué l'atterrisseur Philae en novembre 2014. La propulsion de Rosetta était assurée par 24 petits moteurs-fusées à ergols, stockés dans deux réservoirs de 1106 L, le premier contenant 660 kg de monométhylhydrazine (CH_3NHNH_2 ou MMH), le second 1060 kg de peroxyde d'azote (N_2O_4). Un des avantages du couple MMH/ N_2O_4 est son hypergolicité, c'est-à-dire que ces deux composants s'enflamment spontanément au contact l'un de l'autre. Ces espèces chimiques réagissent entre elles à l'état gazeux. Les produits de cette réaction sont du diazote, de l'eau et du dioxyde de carbone, tous à l'état gazeux.

- Ecrire l'équation de la réaction entre le MMH et le peroxyde d'azote en affectant un coefficient stoechiométrique de 1 pour le MMH.
- Indiquer dans quel rapport sont embarqués les réactifs (stoechiométrique ou excès de l'un des réactifs à préciser).

On souhaite calculer la température atteinte par les espèces gazeuses en fin de réaction. On considère que la transformation est monobare et que la réaction chimique est totale. La réaction mène des réactifs à la température initiale $T_i = 25^\circ\text{C}$ aux produits à la température finale T_f .

Exprimer puis calculer la température T_f maximale théorique des gaz issus de la réaction. Commenter la valeur obtenue sachant qu'expérimentalement la température atteinte est de 3400 K.