

TD9 : Transformation chimique

Exercice 1 : ÉQUILIBRER UNE RÉACTION CHIMIQUE

Équilibrer les réactions chimiques suivants :

- $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CO} + \text{Fe}_3\text{O}_4 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{Fe}$
- $\text{Cu}_2\text{S} + \text{Cu}_2\text{O} \longrightarrow \text{Cu} + \text{SO}_2$
- $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$
- $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{HCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$

Exercice 2 : ÉQUILIBRER UNE AUTRE RÉACTION CHIMIQUE

Équilibrer les réactions chimiques suivants :

- $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
- $\text{Fe} + \text{H}_3\text{O}^+ \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Cu}^{2+} + \text{HO}^- \longrightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$
- $\text{Ag}^+ + \text{PO}_4^{3-} \longrightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4$

Exercice 3 : CONSTANTE D’ÉQUILIBRE

Exprimer les constantes d’équilibre des réactions chimiques suivants :

- $\text{N}_{2(\text{g})} + 3 \text{H}_{2(\text{g})} \longrightarrow 2 \text{NH}_{3(\text{g})}$
- $2 \text{C}_{(\text{s})} + 3 \text{H}_{2(\text{g})} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_{6(\text{g})}$
- $\text{Cu}_{(\text{s})} + 2 \text{Ag}_{(\text{aq})}^+ \longrightarrow \text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} + 2 \text{Ag}_{(\text{s})}$
- $\text{CH}_{4(\text{g})} + 2 \text{O}_{2(\text{g})} \longrightarrow \text{CO}_{2(\text{g})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
- $2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \longrightarrow \text{H}_3\text{O}_{(\text{aq})}^+ + \text{HO}_{(\text{aq})}^-$

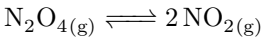
Exercice 4 : LA CONSTANTE D’ÉQUILIBRE EST-ELLE CONSTANTE ?

Montrez que, pour la réaction d’équation $\text{PCl}_{3(\text{g})} + \text{Cl}_{2(\text{g})} \longrightarrow \text{PCl}_{5(\text{g})}$ les données suivantes obtenues à l’équilibre vérifient la constance de l’expression d’un système à l’équilibre. Donner la valeur de la constante d’équilibre.

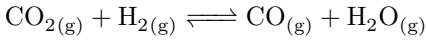
Expérience	$p(\text{PCl}_3)$ (Pa)	$p(\text{Cl}_2)$ (Pa)	$p(\text{PCl}_5)$ (Pa)
I	923.7	220.9	9.2
II	602.4	1485.9	40.2
III	3975.9	1887.6	341.4
IV	14698.8	6024.1	4016.1

Exercice 5 : DÉTERMINATION DE L’ÉQUILIBRE

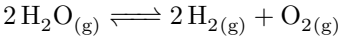
- À 440°C, la constante d’équilibre de la réaction $\text{H}_{2(\text{g})} + \text{I}_{2(\text{g})} \longrightarrow 2 \text{HI}_{(\text{g})}$ vaut 49,5. Si l’on place 0,200 mol de H_2 et 0,200 mol de I_2 dans un récipient de 1,00 ℓ et que l’on effectue la réaction à cette température, quelles seront les quantités de matière de chaque substance à l’équilibre ? On rappelle que pour un constituant i , le nombre de moles n_i et la pression partielle p_i sont reliés par la loi des gaz parfaits : $p_i V = n_i R T$
- Le gaz NO_2 est un polluant. Il existe en équilibre dans l’air avec $\text{N}_2\text{O}_{4(\text{g})}$ selon l’équation ci dessous. À température ambiante, 0,625 mol de N_2O_4 sont introduites dans un récipient de 5,00 ℓ . On attend que l’équilibre s’établisse avec NO_2 . On mesure à l’équilibre une concentration de N_2O_4 de 0.075 mol ℓ^{-1} . Que vaut la constante d’équilibre K de cette réaction ?



- On fait réagir 1,00 mol de CO_2 et 1,00 mol de H_2 dans un récipient de 5,00 ℓ selon la réaction ci-dessous. Sachant que la constante d’équilibre est $K = 0,771$ à 750 °C, quelles seront les quantités de matière à l’équilibre de chacun des gaz ?

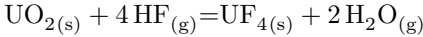


- La constante d’équilibre K , pour la décomposition de la vapeur d’eau à 500°C, a une valeur de $6,00 \times 10^{-28}$. Si l’on place 2,00 mol d’eau dans un récipient de 5,00 ℓ à 500°C, quelles seront les concentrations à l’équilibre pour les 3 gaz H_2 , O_2 et H_2O ? On résoudra la problème en faisant l’approximation que la réaction est très peu avancée, puis, en trouvant la solution exacte à l’aide de la calculatrice, on vérifiera que cette approximation est justifiée.



Exercice 6 : FLUORATION DU DIOXYDE D’URANIUM

On considère la réaction :

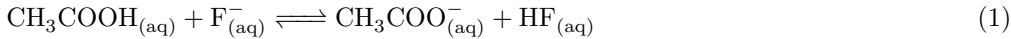


On maintient la température égale à 700 K et la pression totale à 1 bar. La constante d’équilibre à 700 K est $K = 6,8 \times 10^4$. Chaque solide constitue une phase solide pure.

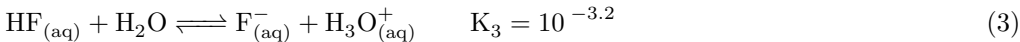
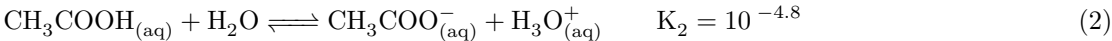
- Si on part de 1.0 mol de dioxyde d’uranium UO_2 et de 1.0 mol de fluorure d’hydrogène HF, quelle sera la composition finale du système ?
- Même question en partant de 0.10 mol de dioxyde d’uranium et de 1.0 mol de fluorure d’hydrogène.

Exercice 7 : ACIDE ÉTHANOÏQUE ET IONS FLUORURE

On s’intéresse à une solution aqueuse obtenue à 298K par mélange d’acide éthanoïque CH_3COOH (concentration après mélange $c_1 = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$) et d’ions fluorure F^- (concentration après mélange $c_2 = 0,05 \text{ mol L}^{-1}$). La réaction (1) susceptible de se produire s’écrit :



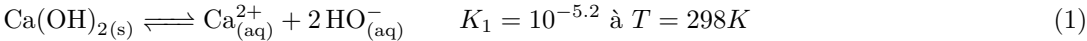
On donne les constantes d’équilibre K_2 et K_3 relatives aux équilibres (2) et (3) suivants à 298 K :



- Calculer la constante d’équilibre à 298K, notée K_1 relative à l’équilibre (1) étudié (réaction entre l’acide éthanoïque et les ions fluorure).
- Déterminer l’état d’équilibre (état final) de la solution issue du mélange de l’acide éthanoïque et des ions fluorure.

Exercice 8 : LE BÉTON

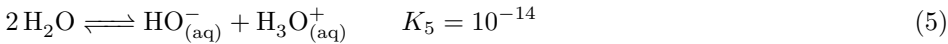
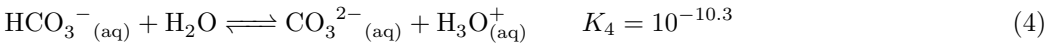
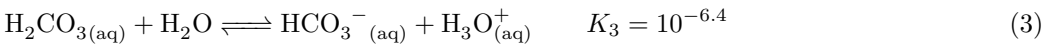
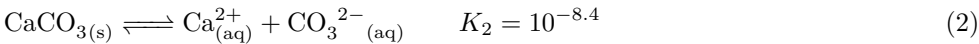
On étudie quelques constituants du béton. L’hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{s})}$ confère au béton ses propriétés basiques. Il se dissout en solution aqueuse selon la réaction (1) :



- On introduit en solution aqueuse un net excès d’hydroxyde de calcium (la phase solide est présente en fin d’évolution). Calculer les concentrations de chacun des ions présents à l’équilibre.

Dans certains cas, la pollution urbaine liée à l’humidité entraîne la dissolution du dioxyde de carbone atmosphérique dans l’eau à l’intérieur du béton (sous forme H_2CO_3), provoquant la carbonatation du béton (formation de carbonate de calcium $\text{CaCO}_{3(\text{s})}$ par réaction de l’hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{s})}$ avec la forme H_2CO_3).

- Écrire la réaction (6) mise en jeu dans la carbonatation du béton et calculer sa constante d’équilibre K_5 à 298K. On donne à 298K les constantes d’équilibre des réactions suivantes :



En présence de H_2CO_3^- , le carbonate de calcium évolue par formation d’ions Ca^{2+} et d’ions hydrogénocarbonate HCO_3^- . Cette évolution n’est pas étudiée ici.