

# TD CH1– Équilibres et réactions chimiques

D.Malka – MPSI 2021-2022 – Lycée Jeanne d'Albret

## CH1.1– Le Russe blanc App Re

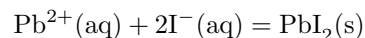
La vodka est un mélange eau-éthanol à 44, 7° c'est-à-dire qu'un litre de vodka renferme 447 mL d'alcool.

- Calculer la composition massique de la vodka.
- Le *Russe blanc* se prépare par mélange de 4 cl de vodka, 2 cl de liqueur de café et 4 cl de lait. 1,0 L de liqueur de café contient 0,2 L d'éthanol. Calculer la concentration massique en éthanol de ce cocktail.

Données : densité de l'éthanol  $d = 0,79$ , densité de la liqueur de café  $d = 0,95$ .

## CH1.2– Relations entre quantités de matière App

On considère la réaction de précipitation de l'iodure de plomb II :

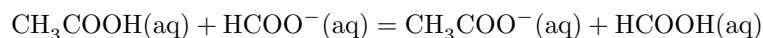


Sachant qu'à l'état final, il a disparu  $9,8 \times 10^{-4}$  mol d'ions iodure  $\text{I}^{-}$ , sans poser aucun calcul, ni dresser de tableau d'avancement, déterminer :

- la quantité d'ions plomb II  $\text{Pb}^{2+}$  qui a disparu,
- la quantité de d'iodure de plomb  $\text{PbI}_2$  qui s'est formée,
- la quantité finale d'ions plomb II sachant qu'initialement il y en avait  $1,0 \times 10^{-3}$  mol.

## CH1.3– Prévion du sens d'une réaction Re

On considère l'équilibre en phase aqueuse suivant :



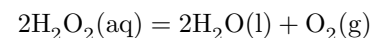
La constante de cet équilibre vaut  $K = 1,0 \times 10^{-1}$ .

Prédire le sens d'évolution de l'équilibre pour chacun des états initiaux suivants :

- $[\text{CH}_3\text{COOH}]_0 = [\text{HCOO}^{-}]_0 = [\text{CH}_3\text{COO}^{-}]_0 = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
et  $[\text{HCOOH}]_0 = 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .
- $[\text{CH}_3\text{COOH}]_0 = [\text{HCOO}^{-}]_0 = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
et  $[\text{CH}_3\text{COO}^{-}]_0 = [\text{HCOOH}]_0 = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .
- $[\text{CH}_3\text{COO}^{-}]_0 = [\text{HCOOH}]_0 = 0,010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $[\text{HCOO}^{-}]_0 = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
et  $[\text{CH}_3\text{COOH}]_0 = x_0$ .

## CH1.4– Décomposition de l'eau oxygénée App Com Re

L'eau oxygénée est une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Cette dernière se décompose très lentement suivant la réaction chimique, supposée totale, d'équation :



On appelle eau oxygénée à  $z$  volumes, une eau oxygénée qui fournit, en se décomposant,  $z$  fois son volume en dioxygène à la température ambiante et sous la pression atmosphérique. Par exemple, 1 L d'eau oxygénée à 30 volumes produit, après décomposition totale, 30 L de dioxygène gazeux.

Volume molaire à  $T = 298 \text{ K}$  et  $p = 1 \text{ bar}$  :  $24,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

- Déterminer la quantité de matière de dioxygène dégagée par décomposition de 1 L d'une solution d'eau oxygénée à 20 volumes.
- En déduire la concentration molaire en peroxyde d'hydrogène de cette solution.

## CH1.5– Décomposition du pentachlorure de phosphore

App Re

On introduit  $n_0 = 0,50$  mol de pentachlorure de phosphore  $\text{PCl}_5$  dans un réacteur fermé et indéformable de volume  $V_0 = 2,05 \text{ L}$  maintenu à la température

$T_0 = 455 \text{ K}$ . On obtient l'équilibre homogène en phase gazeuse :



de constante d'équilibre  $K = 8$ .

On cherche la valeur à l'équilibre du coefficient de dissociation  $\alpha$  défini par :

$$\alpha = \frac{n_{\text{PCl}_5, \text{consommée}}}{n_{\text{PCl}_5, \text{initiale}}}$$

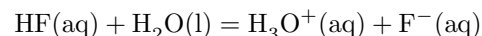
Données :

- constante du gaz parfait  $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,
  - tous les gaz sont supposés satisfaire le modèle du gaz parfait.
1. Exprimer puis calculer la pression initiale  $p_i$  au sein du système.
  2. Exprimer la pression partielle à l'équilibre de chaque constituant du mélange gazeux en fonction du taux de dissociation  $\alpha_{\text{eq}}$  à l'équilibre et de la pression initiale  $p_i$ .
  3. Écrire l'équation que doit vérifier  $\alpha_{\text{eq}}$  sous la forme  $f(\alpha_{\text{eq}}) = 0$  où  $f$  est une fonction à expliciter.
- Déterminer  $\alpha_{\text{eq}}$  revient donc à rechercher le zéro de la fonction  $f$ . On choisit de procéder par dichotomie. Le graphe de la fonction  $f$  est fournie fig.1.
4. Comprendre et compléter le programme Python fig.2 de recherche du taux de dissociation final  $\alpha_{\text{eq}}$ .
  5. Déterminer la valeur numérique de  $\alpha_{\text{eq}}$ . Commenter.

## CH1.6 – Constante d'acidité de l'acide fluorhydrique

App Re

On dissout une quantité  $n_0 = 0,010 \text{ mol}$  d'acide fluorhydrique HF dans un volume  $V = 1,00 \text{ L}$  d'eau distillée. L'acide fluorhydrique réagit avec l'eau selon la réaction d'équation :



La mesure du pH de la solution à l'équilibre donne  $\text{pH} = 2,65$

Déterminer la constante d'équilibre  $K_a$  de la réaction puis le  $\text{p}K_a$  du couple HF/F<sup>-</sup>. Commenter.

On rappelle que  $\text{pH} = -\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c^\circ}\right)$ ,  $\text{p}K_a = -\log K_a$ .

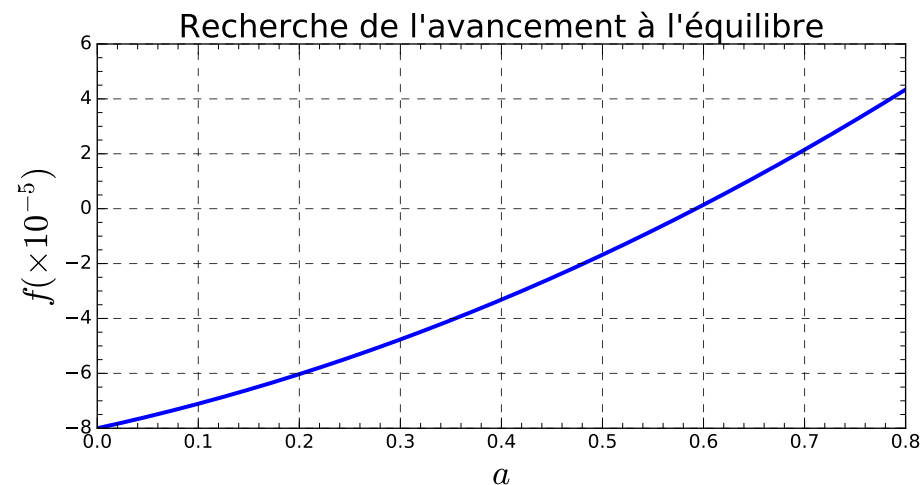
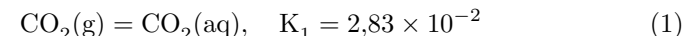


FIGURE 1 – Graphe de la fonction  $f$  dont le zéro est l'avancement de réaction à l'équilibre

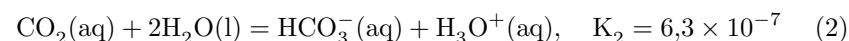
## CH1.7 – Acidification des eaux océaniques An App Com Re

Dans cet exercice on cherche à comprendre l'effet de l'augmentation de la concentration en  $\text{CO}_2$  atmosphérique (voir fig.3) sur l'acidité des océans via un modèle très simple.

1. L'équation de l'équilibre d'absorption du dioxyde de carbone dans l'eau s'écrit :



- 1.1 Calculer la pression partielle en  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère. *Dans la suite, on suppose que la pression partielle en  $\text{CO}_2$  à l'équilibre est égale à cette valeur en toute circonstance.*
  - 1.2 En déduire la concentration océanique en  $\text{CO}_2$  dissous à l'équilibre en assimilant les océans à de l'eau pure.
2. Le dioxyde de carbone est un acide et réagit à ce titre avec l'eau suivant la réaction :



```

1 #Parametres
2 PO=#pression standard en Pa
3 Pi=#Pression initiale en Pa
4 K=#Constante d'equilibre
5
6 #Loi d'action de masse ecrite comme la recherche d'un zero de la
  fonction f
7 def f(a):
8     return #entrer l'expression du quotient reactionnel
9
10 #A l'aide du graphe de f, choisir un intervalle [a_m,a_M] de
  recherche du zero de f par la recherche dichotomique. Cet
  intervalle doit etre tel que :
11 #-la fonction f change de signe sur l'intervalle (Theoreme des
  valeurs intermediaires applicable)
12 #-la fonction est est monotonne (un seul zero sur l'intervalle de
  recherche)
13
14 #Intervalle de recherche [a_m,a_M]
15 a_m=
16 a_M=
17 a_eq=bisect(f,a_m,a_M,xtol=1e-3)#bisect execute la recherche
  dichotomique
18 print('Avancement final a_eq={}'.format(a_eq))

```

FIGURE 2 – Recherche du taux de dissociation de  $\text{PCl}_5$  par application de la recherche dichotomique

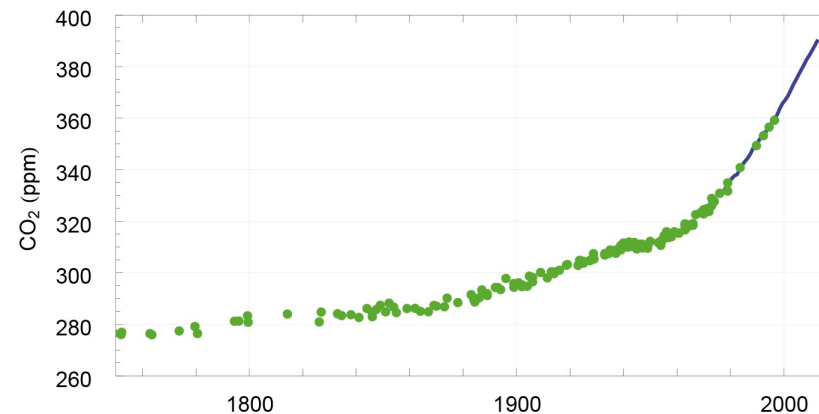
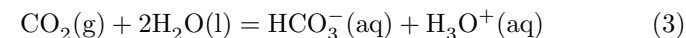


FIGURE 3 – Évolution de la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone depuis la révolution industrielle. 1 ppm correspond à une molécule sur un million.

2.1 En considérant la réaction :



Déterminer le pH à l'équilibre d'une eau initialement pure (et donc de pH = 7) après mise en contact avec l'atmosphère ambiante.

2.2 Expliquer pourquoi l'augmentation de la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone entraîne une acidification des eaux océaniques.