Colles de Chimie
Semaine 4 : du 07 au 11 octobre

Jeremy Luccioni

1 Liste des questions de cours

1.1 Étude d'une réaction chimique

Question 1 : Définir l'activité chimique d'une espèce gazeuse, d'un solvant, d'un soluté et d'un solide. Donner les expressions correspondantes.

Question 2 : Qu'est-ce que l'avancement molaire d'une réaction ? Définir le taux d'avancement. Comment construit-on un tableau d'avancement ?

Question 3 : Énoncer le critère d'évolution d'un système chimique. Comment prévoir le sens d'évolution à partir du quotient réactionnel initial Q_r et de la constante d'équilibre K^o ?

Question 4 : Définir les types de réactions (quantitative, équilibrée, peu avancée, totale) selon la valeur de K^o. Donner les critères numériques.

Question 5 : Expliquer ce qu'est un équilibre chimique dynamique. Que se passe-t-il au niveau microscopique ? Que se passe-t-il si $Q_r = K^o$?

Question 6 : Énoncer la loi d'action des masses. Comment s'exprime le quotient de réaction pour une réaction générale ?

1.2 Atomistique

Question 7 : Définir un isotope. Qu'est-ce que l'abondance isotopique naturelle ? Comment calcule-t-on la masse molaire d'un élément à partir des masses et abondances de ses isotopes ?

Question 8 : Quels sont les quatre nombres quantiques ? Donner leurs contraintes mathématiques et leur signification physique.

Question 9 : Définir les termes : couche électronique, sous-couche, orbitale atomique. Combien y a-t-il d'orbitales dans une sous-couche de type s, p, d ?

Question 10 : Donner la configuration électronique de Fe ($Z = 26$) et de Fe^{3+}. Justifier.

Question 11 (cours uniquement) : Énoncer la relation de Planck reliant l'énergie d'un photon à sa fréquence et à sa longueur d'onde. Donner les constantes nécessaires.

Question 12 (cours uniquement) : Qu'est-ce qu'une transition électronique ? Expliquer la différence entre absorption et émission de photon. Comment calcule-t-on la longueur d'onde associée à une transition ?

Planche 1

Questions de cours

Question 1 : Définir l'activité chimique d'une espèce gazeuse, d'un solvant, d'un soluté et d'un solide. Donner les expressions correspondantes.

Question 2 : Qu'est-ce que l'avancement molaire d'une réaction ? Définir le taux d'avancement. Comment construit-on un tableau d'avancement ?

Exercice : Équilibre gazeux et analyse d'un mélange

On étudie l'équilibre de dissociation du tétraoxyde de diazote selon la réaction :

$$\mathrm{N_2O_4(g) = 2\,NO_2(g)}$$

Partie 1 : État initial

On introduit initialement 15,0 mmol de $\mathrm{N_2O_4}$ pur dans un récipient de volume $V = 1{,}50$ L maintenu à la température $T = 298$ K.

1. Dresser le tableau d'avancement de la réaction.
2. Calculer la pression initiale P_i dans le récipient en supposant qu'aucune dissociation n'a encore eu lieu.
3. Exprimer la quantité totale de matière de gaz n_{tot} en fonction de l'avancement ξ et de la quantité initiale n_0 de $\mathrm{N_2O_4}$.

Partie 2 : État d'équilibre

À l'équilibre, la pression dans le récipient vaut $P_f = 0{,}28$ bar.

4. Calculer l'avancement ξ_{eq} de la réaction à l'équilibre.
5. En déduire les quantités de matière de chaque gaz à l'équilibre.
6. Calculer les fractions molaires de chaque gaz.
7. En déduire les pressions partielles de $\mathrm{N_2O_4}$ et $\mathrm{NO_2}$ à l'équilibre.
8. Calculer la constante d'équilibre $K^o(298\text{ K})$.
9. Calculer le taux d'avancement final τ. Quel est le type de cette réaction ?

Partie 3 : Perturbation de l'équilibre

10. On ajoute maintenant 6,0 mmol de $\mathrm{NO_2}$ supplémentaire dans le récipient à volume et température constants. Calculer le nouveau quotient réactionnel Q_r juste après l'ajout. Dans quel sens évolue le système ?
11. On revient à l'état d'équilibre initial. Si on comprime le système pour réduire le volume de moitié à température constante, dans quel sens l'équilibre se déplace-t-il ? Justifier qualitativement.

Données : $R = 8{,}314\ \mathrm{J{\cdot}K^{-1}{\cdot}mol^{-1}}$; $P^o = 1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa}$

Planche 2

Questions de cours

Question 1 : Énoncer le critère d'évolution d'un système chimique. Comment prévoir le sens d'évolution à partir du quotient réactionnel initial Q_r et de la constante d'équilibre K^o ?

Question 2 : Énoncer la relation de Planck reliant l'énergie d'un photon à sa fréquence et à sa longueur d'onde. Qu'est-ce qu'une transition électronique ? Comment calcule-t-on la longueur d'onde associée ?

Exercice : Test d'alcoolémie

Un automobiliste est soumis à un test d'alcoolémie. En le faisant souffler dans un éthylotest, l'agent de police constate une concentration en masse de 0,20 mg d'éthanol par litre d'air expiré.

L'automobiliste contrôlé peut-il reprendre le volant ?

Données

- Les vapeurs d'éthanol dans les alvéoles pulmonaires sont en équilibre avec l'éthanol dissous dans le sang selon : $\mathrm{EtOH(aq)} = \mathrm{EtOH(g)}$
- La constante d'équilibre vérifie : $\ln K^o = -\dfrac{6629}{T} + 17{,}0$ (température T en K)
- La limite autorisée du taux d'éthanol dans le sang est de 0,50 $\mathrm{g{\cdot}L^{-1}}$
- Masse molaire de l'éthanol : $M_{\mathrm{EtOH}} = 46\ \mathrm{g{\cdot}mol^{-1}}$
- Constante des gaz parfaits : $R = 8{,}31\ \mathrm{J{\cdot}K^{-1}{\cdot}mol^{-1}}$
- Température du corps humain : $T = 37°\mathrm{C} = 310\ \mathrm{K}$
- On considère un volume de 1,0 L d'air expiré
- $P^o = 1\ \mathrm{bar}$; $C^o = 1\ \mathrm{mol{\cdot}L^{-1}}$

Questions suggérées :

1. Rappeler l'expression de l'activité d'une espèce gazeuse et d'une espèce en solution aqueuse.
2. Écrire l'expression de la constante d'équilibre K^o pour l'équilibre $\mathrm{EtOH(aq)} = \mathrm{EtOH(g)}$.
3. Calculer la valeur numérique de K^o à 37°C.
4. Dans 1 L d'air expiré, il y a une masse $m_{\mathrm{EtOH}} = 0{,}20$ mg d'éthanol gazeux. Calculer la quantité de matière correspondante n_{EtOH}.
5. En déduire la pression partielle P_{EtOH} de l'éthanol dans l'air expiré (utiliser la loi des gaz parfaits).
6. À partir de la constante d'équilibre, calculer la concentration molaire d'éthanol dans le sang.
7. Calculer numériquement la concentration en masse d'éthanol dans le sang de l'automobiliste.
8. L'automobiliste peut-il reprendre le volant ? Justifier votre réponse.

Planche 3

Questions de cours

Question 1 : Définir les types de réactions (quantitative, équilibrée, peu avancée, totale) selon la valeur de K^o. Donner les critères numériques.

Question 2 : Énoncer la loi d'action des masses. Comment s'exprime le quotient de réaction pour une réaction générale ?

Exercice : Équilibres simultanés dans le système GeO/CO

On considère les deux équilibres suivants à $T = 950$ K :

$$\begin{array}{lll} (1) & \mathrm{GeO(s) + CO(g) = Ge(s) + CO_2(g)} & K_1^o(950\text{ K}) = 0{,}8 \\ (2) & \mathrm{2\,CO(g) = C(s) + CO_2(g)} & K_2^o(950\text{ K}) = 2{,}0 \end{array}$$

Partie 1 : Étude de l'équilibre (2) seul

Dans une enceinte fermée de volume $V = 30$ L maintenue à 950 K, on introduit 10 moles de CO (g). L'équilibre (2) s'établit.

1. Dresser le tableau d'avancement de la réaction (2).
2. Écrire l'expression de la constante d'équilibre K_2^o en fonction des pressions partielles.
3. Calculer les quantités de matière de chaque espèce et les pressions partielles à l'équilibre.

Partie 2 : Introduction de GeO

On ajoute maintenant 5 moles de monoxyde de germanium GeO(s) au système précédent à l'équilibre (à T et V constants).

4. Écrire l'expression de K_1^o en fonction des pressions partielles.
5. Montrer que le germanium Ge(s) n'apparaît pas. (On pourra calculer le quotient réactionnel de la réaction (1) et le comparer à K_1^o).

Partie 3 : Variation du volume

On revient au système de la partie 2 (avec GeO(s) présent). Le volume de l'enceinte varie maintenant à 950 K.

6. À partir de quel volume l'équilibre (1) sera-t-il établi ? (On cherche le volume pour lequel $Q_{r,1} = K_1^o$).
7. Si on continue d'augmenter le volume, à partir de quel volume le carbone solide C(s) disparaît-il ?
8. En déduire les quantités de Ge(s) et GeO(s) présentes dans ce cas.

Partie 4 : Conditions pour équilibres simultanés

9. Un récipient de 30 L, à 950 K, contient x mol de GeO(s) et y moles de CO(g). Déterminer les conditions sur x et y pour que les deux équilibres (1) et (2) aient lieu simultanément.

Données : $R = 8{,}314$ J·mol^{-1}·K^{-1} ; $P^o = 1$ bar

Exercice Bonus : Atomistique et spectroscopie

Partie A : Isotopes et configuration électronique du chlore

Le chlore (masse molaire $M = 35{,}453$ g·mol^{-1}) possède deux isotopes naturels ^{35}Cl (masse $M_{35} = 34{,}969$ g·mol^{-1}) et ^{37}Cl (masse $M_{37} = 36{,}966$ g·mol^{-1}).

1. Calculer l'abondance relative de ces deux isotopes.
2. Donner la configuration électronique de l'atome de chlore ($Z = 17$) dans son état fondamental en rappelant les règles de remplissage.
3. Quelles sont les orbitales atomiques de valence du chlore ?
4. Donner les nombres d'oxydation possibles du chlore.

Partie B : Spectroscopie de l'atome d'hydrogène

On donne pour l'atome d'hydrogène l'énergie des niveaux accessibles :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \text{ avec } E_0 = 13{,}6 \text{ eV}$$

On étudie la série de Balmer qui regroupe les longueurs d'onde émises vers le niveau $n = 2$.

λ (nm)	656,279	486,139	434,147	410,174

5. Rappeler la signification des 4 nombres quantiques.
6. Représenter sur un axe les quatre premiers niveaux d'énergie de l'hydrogène.
7. Montrer que pour une transition $m \to n$, la longueur d'onde émise s'écrit :

$$\frac{1}{\lambda} = R_y \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

   On exprimera R_y en fonction de E_0.
8. En utilisant les données expérimentales de la série de Balmer, calculer R_y avec 5 chiffres significatifs.
9. Combien de raies les séries de Paschen (vers $n = 3$) et de Brackett (vers $n = 4$) ont-elles en commun ?

Données :
— Constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J·s
— Vitesse de la lumière : $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m·s^{-1}
— 1 eV $= 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

2 Corrections

2.1 Correction Planche 1

[Reprendre la correction déjà fournie dans le template]

2.2 Correction Planche 2

[Reprendre la correction déjà fournie dans le template]

2.3 Correction Planche 3

[À compléter selon l'exercice 41]

2.4 Correction Exercice Bonus

[À compléter selon les exercices 33 et 34]