Semaine 8 : du 23 au 27 novembre

La colle commence par une application de cours extraite de la liste ci-dessous et se poursuit par un exercice.

Je rappelle que vous trouverez sur mon site la version complétée du poly de cours,
ainsi que les corrigés des TD et des DM. N'hésitez surtout pas à me signaler tout lien manquant ou défectueux.

Au programme

Chapitre O2 : Réflexion, réfraction

- Source primaire, source secondaire, spectre d'émission, domaine visible ;
- Modèle des rayons lumineux, limitation par les interférences et la diffraction ;
- Principe de Fermat (version simplifiée) ;
- Lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction ;
- Image par un miroir plan ;
- Angle maximal de réfraction, réflexion totale ;
- Modèle de la fibre optique à saut d'indice ;
- Cône d'acceptance, ouverture numérique ($ON = \sin\theta$ où θ est l'angle d'ouverture du cône d'acceptance) ;
- Notion (simplifiée) de mode de propagation, dispersion intermodale, conséquence sur le débit d'information transmissible.

✖ Aucune connaissance n'est attendue sur les différents types de spectres d'émission ;
✖ Le principe de Fermat a été présenté de manière « qualitative » et utilisé pour démontrer les lois de Descartes, mais il s'agit d'un complément hors-programme non-exigible des étudiants ;
✖ Un mode de la fibre optique a été défini par une valeur d'angle permettant le guidage, mais la quantification des modes n'a pas du tout été abordée (effet ondulatoire).

Chapitre C2 : Équilibre chimique

- Notion d'équilibre dynamique en lien avec la cinétique ;
- Activité chimique, expressions en fonction de l'état physique ; pression partielle et fraction molaire ;
- Quotient réactionnel ;
- Loi d'action des masses $Q_r(\xi_{éq}) = K^\circ$; interprétation qualitative de la valeur de K° ;
- Sens d'évolution du système pour $Q_r \gtrless K^\circ$;
- Transformation équilibrée ou totale $\xi_F = \min(\xi_{éq}, \xi_{max})$; seul l'épuisement d'un réactif limitant solide peut conduire à une transformation totale ;
- Résolution de la LAM par approximation de transformation quasi-totale ou peu déplacée, importance de vérifier a posteriori la validité de l'approximation proposée ;
- Résolution numérique de la LAM par dichotomie.

✖ De nombreux exemples sont des transformations acido-basiques ou de précipitation, j'ai alors utilisé le vocabulaire et les notations usuelles (constante d'acidité K_a, produit de solubilité K_s) mais ces termes et ces notations n'ont pas à être connus des étudiants pour le moment.
✖ Les constantes d'équilibre doivent être systématiquement fournies. Je n'ai pas traité d'exemple où une constante inconnue s'obtient par produit ou quotient de deux autres constantes données.
✖ Les approximations de transformation quasi-totale et peu déplacée ont été introduites en cours, mais nous avons peu travaillé avec pour le moment. Ne pas hésiter à guider leur utilisation dans les exercices lorsqu'elles sont nécessaires.

BY-NC-SA

© Étienne Thibierge, www.etienne-thibierge.fr

Applications de cours

Ces applications de cours sont des « briques élémentaires » des raisonnements à mener dans les exercices : les maîtriser est incontournable. Elles sont toutes traitées de manière exhaustive dans le cours.

Le travail demandé consiste à se les approprier, afin d'être capable de les réinvestir dans un sujet d'écrit ou d'oral. Je n'attends pas des étudiants un apprentissage par cœur, mais j'attends qu'ils les aient travaillées suffisamment pour les mener à bien en autonomie, c'est-à-dire savoir refaire seul les raisonnements, sans aide de l'interrogateur.

O2.1 - Construire graphiquement l'image d'un point objet par un miroir plan, et montrer qu'il s'agit du symétrique de l'objet en utilisant les lois de la réflexion.

O2.2 - Considérons un rayon lumineux se propageant d'un milieu d'indice n_1 vers un milieu d'indice $n_2 > n_1$. Montrer que le rayon réfracté existe toujours, et déterminer l'angle maximal de réfraction.

O2.3 - Établir la condition de réflexion totale.

> *Attention, « la » condition est double : elle concerne à la fois les indices et l'angle d'incidence. La démonstration attendue est celle avec les inégalités, et non pas la détermination rapide de l'angle limite en se plaçant en émergence rasante.*

O2.4 - Définir le cône d'acceptance d'une fibre optique à saut d'indice, et déterminer l'expression de l'ouverture numérique en fonction des indices optiques.

O2.5 - Déterminer le débit maximal d'information que peut transmettre une fibre optique à saut d'indice de longueur L.

C2.1 - On réunit dans un même bécher une masse m de chlorure de plomb $PbCl_{2(s)}$, un volume V d'une solution contenant des ions chlorure Cl^- à la concentration c et le même volume V d'une seconde solution contenant des ions plomb Pb^{2+} à la même concentration c. La réaction de dissolution, de constante d'équilibre K_s, est la suivante :

$$PbCl_{2(s)} = Pb^{2+}_{(aq)} + 2\,Cl^-_{(aq)}\,.$$

Montrer que le solide ne peut se dissoudre (au moins partiellement) que si la concentration c est inférieure à une valeur seuil à exprimer en fonction de K_s.

C2.2 - Considérons la réaction de dissolution de la chaux :

$$Ca(OH)_{2\,(s)} = Ca^{2+}_{(aq)} + 2\,HO^-_{(aq)} \qquad (K_s = 10^{-5,2})$$

Une quantité de matière initiale n de chaux est placée dans un volume $V = 100\,mL$ d'eau pure.

(a) Déterminer littéralement l'avancement maximal ξ_{max} et l'avancement à l'équilibre $\xi_{éq}$.
(b) On trouve numériquement $\xi_{éq} = 11\,mmol$. Déterminer les quantités de matière finales pour $n = 50\,mmol$.
(c) Même question pour $n = 5\,mmol$.

C2.3 - Considérons la réaction de calcinatation du carbonate de calcium, réalisée à 1100 K,

$$CaCO_{3(s)} = CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \qquad (K^\circ = 0{,}20)$$

Dans un récipient indéformable de volume V, vidé au préalable de son air et maintenu à température constante, on introduit $n = 0{,}10\,mol$ de carbonate de calcium.

(a) Déterminer la composition du système à l'état final et la pression régnant dans le réacteur pour $V = 10\,L$.
(b) Même question pour $V = 100\,L$.
(c) Représenter l'allure de la courbe donnant la pression P dans le réacteur en fonction de son volume. Déterminer le volume limite $V^\star$ séparant les deux régimes.

C2.4 - Considérons la réaction acido-basique en solution

$$CH_3COOH + NH_3 = CH_3COO^- + NH_4^+ \qquad (K^\circ = 10^{4,4})$$

Les concentrations initiales valent respectivement $C_1 = 1{,}5 \cdot 10^{-3}\,mol \cdot L^{-1}$ et $C_2 = 1{,}0 \cdot 10^{-3}\,mol \cdot L^{-1}$. Déterminer les concentrations finales en faisant les approximations qui s'imposent.

BY-NC-SA

© Étienne Thibierge, www.etienne-thibierge.fr

C2.5 - Considérons la réaction des ions ammonium avec l'eau,

$$NH_{4(aq)}^{+} + H_2O \;=\; NH_3 + H_3O^{+} \qquad (K_a = 10^{-9,2})$$

On apporte en solution des cations ammonium NH_4^+ à la concentration $C_0 = 1{,}0 \cdot 10^{-2}\,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Calculer le pH de la solution à l'équilibre en faisant les approximations qui s'imposent.

C2.6 - Écrire le code Python permettant de déterminer par dichotomie le zéro de la fonction $f(x) = e^{-x} - x$ dans l'intervalle $[0; 1]$ avec une précision de 10^{-8}. L'algorithme sera expliqué en s'appuyant un schéma (la fonction est décroissante et s'annule en $x \simeq 0{,}57$).

À quoi s'attendre pour les programmes suivants ?

- Chapitre M3 : Mouvements circulaires ;
- Chapitre C3 : Transformations acido-basiques.

BY-NC-SA

© Étienne Thibierge, www.etienne-thibierge.fr