Chimie - TD - Extraits concours

Exercice 1 - Centrale TSI 2024

1 - Donner le nom de l'espèce solide Na(OH). Préciser sa nature du point de vue acido-basique (acide ou base, fort ou faible).
2 - Calculer la valeur du pH d'une solution obtenue par dissolution totale d'une masse $m = 2,0$ g de Na(OH) dans un volume $V = 3,0$ L d'eau.
3 - L'acide sulfurique H_2SO_4 est un diacide. On donne le diagramme de prédominance de ses différentes formes acido-basiques sur la figure ci-dessous. Interpréter le fait que la forme H_2SO_4 ne figure pas sur ce diagramme.
4 - Déduire de ce diagramme le pKa du couple HSO_4^- / SO_4^{2-}. Justifier clairement le raisonnement en écrivant notamment l'équation de la réaction associée à la constante d'acidité de ce couple.
5 - Comment se nomme la base conjuguée de l'ion NH_4^+. Écrire l'équation de la réaction qui modélise l'action de l'ion NH_4^+ sur l'eau. Calculer la valeur de la constante d'équilibre de cette réaction.
6 - Calculer la valeur de la constante d'équilibre de la réaction de NH_4^+ avec HO^-. Proposer un adjectif pour qualifier la transformation chimique correspondante.

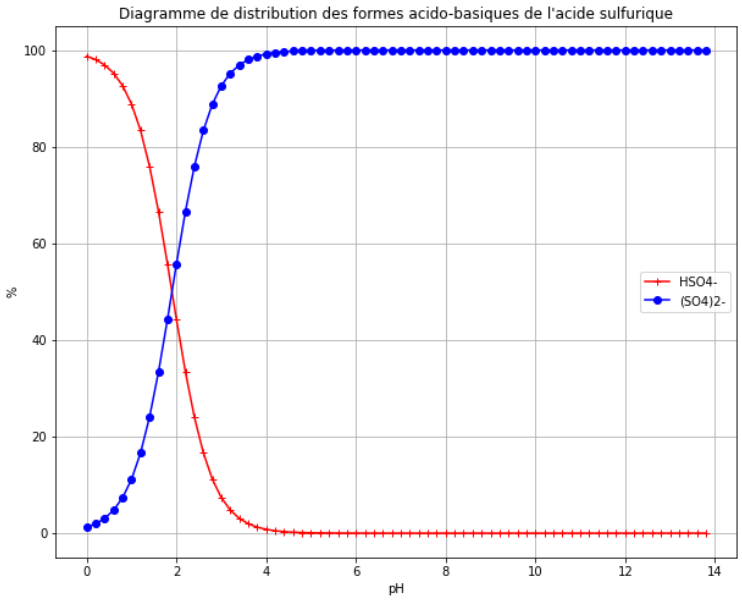


Figure 14 Diagramme de prédominance des différentes formes acido-basiques de l'acide sulfurique.

Données :
- Masse molaire de Na(OH) : $M = 40 \text{g.mol}^{-1}$.
- pK_a du couple NH_4^+/NH_3 : $pK_a = 9,2$.

Exercice 2 - Centrale MPi 2026

L'électrolyse est une méthode expérimentale moderne utilisée pour désinfecter l'eau d'une piscine. Ce système utilise le sel (du chlorure de sodium) et de l'électricité pour produire du dichlore lors d'une étape 1.
Dans une étape 2, le dichlore est converti en ions hypochlorite (ClO^-) qui ont la propriété de tuer les bactéries, virus et autres microorganismes. Il s'agit par ailleurs des ions contenus dans l'eau de javel.
La cellule qui permet l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium est composée de deux électrodes reliées chacune à l'une des bornes d'un générateur (noté G sur la figure 8), de tension continue d'environ 10 V. On relève une intensité de 20 A.

Au niveau de l'électrode (A), on forme du dihydrogène gazeux et des ions hydroxyde HO^- ; au niveau de l'autre électrode (B), on observe un dégagement de dichlore gazeux (gaz extrêmement toxique).

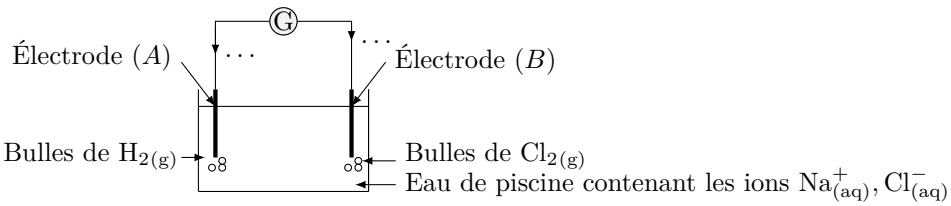


Figure 8 – Électrolyse d'une solution de chlorure de sodium.

1 - Identifier les deux couples oxydant/réducteur qui interviennent lors de cette étape afin d'en déduire l'équation-bilan de la réaction correspondante.
2 - Indiquer l'espèce chimique réduite et l'espèce chimique oxydée.
3 - Reproduire la figure 8 en indiquant le sens de déplacement des électrons, le sens positif du courant i et si les électrodes (A) et (B) sont le siège d'une oxydation ou d'une réduction.
4 - Justifier qualitativement si la réaction bilan qui a lieu à l'étape 1 est thermodynamiquement favorisée.
5 - Les ions hydroxydes et le dichlore formés sont ensuite consommés lors d'une nouvelle transformation chimique dont l'équation bilan est la suivante :

$$Cl_{2(g)} + 2HO^-_{(aq)} \;=\; Cl^-_{(aq)} + ClO^-_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

Déterminer l'expression puis la valeur numérique de la constante d'équilibre associée à cette équation bilan.
6 - Indiquer la quantité de matière d'électrons échangés lors de l'étape 1 au cours d'une heure de traitement et en déduire la quantité de matière d'ions hypochlorite formés.
7 - Déterminer d'autre part la masse de chlorure de sodium que l'on devrait dissoudre pour assurer une heure de traitement au cours de l'étape 1.

- Masses molaires : sodium $M_{Na} = 23{,}0\ g\cdot mol^{-1}$ et chlore $M_{Cl} = 35{,}5\ g\cdot mol^{-1}$.
- Constante de Faraday : $F = e\mathcal{N}_A = 96\,485\ C\cdot mol^{-1}$, e étant la charge d'un électron et $\mathcal{N}_A$ le nombre d'Avogadro.
- Potentiel standard du couple de l'eau $H_2O/H_{2(g)}$ en milieu basique : $E_1^\circ = -0{,}83$ V.
- Potentiel standard du couple de l'eau $H^+_{(aq)}/H_{2(g)}$: $E_2^\circ = 0{,}0$ V.
- Potentiel standard du couple $Cl_{2(g)}/Cl^-_{(aq)}$: $E_3^\circ = 1{,}36$ V.
- Potentiel standard du couple $ClO^-_{(g)}/Cl_{2(g)}$: $E_4^\circ = 0{,}42$ V.
- Couples acide/base :
  - $pK_a(H_3O^+_{(aq)}\,/\,H_2O) = 0$ et $pK_a(H_2O\,/\,HO^-_{(aq)}) = 14$;
  - acide hypochloreux/ion hypochlorite : $pK_a(HClO_{(aq)}\,/ClO^-_{(aq)}) = 7{,}5$.

Exercice 3 - e3a MPi 2026

On propose un protocole expérimental permettant de faire s'envoler un ballon de baudruche sans hélium.
On verse dans le ballon un détergent à base d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)}, HO^-_{(aq)}$) et un peu d'eau, puis on y ajoute quelques boulettes de papier d'aluminium $Al_{(s)}$.
Une réaction chimique produit alors des ions aluminate $Al(OH)^-_{4(aq)}$ et du dihydrogène gazeux $H_{2(g)}$ provoquant l'envol du ballon.

1 - Justifier qualitativement que cette réaction permet effectivement un envol du ballon.
2 - L'hydroxyde de sodium est une base forte. Définir ce terme, puis calculer le pH d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $c = 0,1 \text{mol.L}^{-1}$.
3 - Calculer le nombre d'oxydation de l'élément Al dans $Al(OH)^-_{4(aq)}$ et $Al_{(s)}$. Préciser quelle espèce est l'oxydant / le réducteur du couple faisant intervenir ces deux espèces.
4 - On s'intéresse à la réaction se produisant dans le ballon. On donne les demi-équations électroniques mises en jeu en milieu basique, ainsi que les potentiels standard associés :

$$Al(OH)^-_{4(aq)} + \alpha_1 e^- = \beta_1 Al_{(s)} + \gamma_1 HO^-_{(aq)} \ ; \ E^o_1 = -2,33\text{V}$$

$$\alpha_2 H_2O_{(\ell)} + \beta_2 e^- = H_{2(g)} + \gamma_2 HO^-_{(aq)} \ ; \ E^o_2 = -0,83\text{V}$$

Déterminer les coefficients stœchiométriques $\alpha_1,\ \alpha_2,\ \beta_1,\ \beta_2,\ \gamma_1,\ \gamma_2$ puis en déduire l'équation bilan de la réaction.
5 - À la lecture des potentiels standard, quelle hypothèse peut-on faire sur cette réaction ? Une justification est attendue.
6 - On suppose que le dihydrogène formé est à la pression $P = 1,0$ bar et à la température $T = 298$ K. En considérant l'hydroxyde de sodium en excès, calculer la masse d'aluminium m nécessaire à la formation d'un volume $V = 5{,}0$ L de dihydrogène.

Données :
- Constante des gaz parfaits : $R = 8,3 \text{J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.
- Masse molaire de l'aluminium : $M(\text{Al}) = 27 \text{g.mol}^{-1}$

Exercice 4 - e3a MPi 2024

Le trioxyde de soufre est produit comme intermédiaire de la production industrielle d'acide sulfurique. On s'intéresse à la synthèse du trioxyde de soufre $SO_{3(g)}$ en phase gazeuse à partir du dioxyde de soufre $SO_{2(g)}$ et du dioxygène $O_{2(g)}$.
1 - Écrire l'équation de réaction correspondante en prenant un coefficient stœchiométrique égal à 2 pour $SO_{3(g)}$.
2 - Calculer le nombre d'oxydation de l'élément soufre dans les molécules $SO_{3(g)}$ et $SO_{2(g)}$.
Lors de la réaction précédente, le dioxyde de soufre est-il oxydé ou réduit ? Justifier.

On part d'un mélange contenant une quantité $n_o = 1,0$ mol de $O_{2(g)}$ et $2n_o$ de $SO_{2(g)}$.
On suppose que la pression P est maintenue constante et égale à la pression standard $P_o = 1$ bar et que les gaz sont assimilables à des gaz parfaits.
Sous ces hypothèses, on admet que l'activité d'un gaz s'écrit $a_i = \frac{n_i}{n_{tot}}$, où n_i est le nombre de moles du gaz considéré et n_{tot} le nombre total de moles de gaz.
3 - On note ξ l'avancement de la réaction, exprimé en mol. Dresser le tableau d'avancement de la réaction. On ajoutera une colonne donnant le nombre total de moles de gaz. Exprimer alors le quotient de réaction Q en fonction de ξ/n_o uniquement.

4 - À une température T_o donnée, le système évolue jusqu'à atteindre un équilibre chimique. On mesure l'avancement à l'équilibre : $\xi_{(eq)} = 0,9\text{mol}$. Calculer numériquement la valeur de la constante d'équilibre $K^o(T_o)$ ainsi que les fractions molaires des différents gaz à l'équilibre.

On étudie à présent l'influence de la température sur l'avancement à l'équilibre de cette réaction, en partant du même mélange de réactifs à la pression P_o.
On donne la relation entre la constante d'équilibre $K^o(T)$ et la température T :

$$K^o(T) = \exp\left(\frac{198.10^3 - 188.T}{8,31.T}\right)$$

Pour déterminer ξ_{eq} à une température donnée, on propose d'utiliser une méthode dichotomique. On définit pour cela la fonction $f(\xi) = Q(\xi) - K^o$.
5 - Que vaut $f(\xi_{eq})$? Tracer qualitativement l'allure de la fonction $f(\xi)$ (une étude de fonction n'est pas attendue) et rappeler, en 5 lignes maximum, le principe de la méthode dichotomique en vous appuyant sur cette représentation graphique.