Prétest

Programme de la formation de base diversifiée

Chimie

Partie théorique : Évaluation des compétences

Version A/CSC

Cinétique et équilibre chimique (CHI-5062-2)

CONSIGNES

- L'utilisation de notes de cours est fortement déconseillée, puisqu'elle ne vous fournira pas un portrait réaliste de votre préparation en vue de l'examen.

- Une liste des formules et de données ainsi qu'un tableau périodique sont fournis à la fin de ce document.

- Lorsque des calculs sont nécessaires, laissez toutes les traces de votre démarche. Identifiez les variables, indiquez les formules utilisées et donnez votre réponse avec les unités pertinentes. Une réponse sans démarche, même exacte, ne donne aucun point.

- N'oubliez pas de tenir compte des normes et conventions d'écriture (chiffres significatifs, notation scientifique, etc.). Ces notions sont sujettes à évaluation. Une bonne réponse sans unités appropriées ou avec un mauvais nombre de chiffres significatifs est considérée comme inexacte.

- Quand une explication est demandée, votre réponse doit aborder **tous les concepts pertinents** vus lors de votre apprentissage.

LA NOTE DE PASSAGE EST DE 70 %

Note : Ce document est basé sur du matériel produit par l'équipe du Centre l'Accore, C.S. des Grandes-Seigneuries (Prétest A).

Adaptation : Christian Lamoureux, Centres Saint-Louis & Louis-Jolliet, C.S. de la Capitale (Juin 2018)

Dernière modification : 14 juin 2019

Évaluation des compétences (70 points)

Tâche 1 (15 points)

Le dioxyde de soufre est un des polluants atmosphériques les plus importants. Il est rejeté par l'industrie métallurgique et les émanations des automobiles et se combine au dioxygène de l'air selon l'équation suivante :

$$2\ SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftarrows 2\ SO_{3(g)} + 193\ kJ$$

En considérant l'équation comme réversible et la planète comme un système isolé, votre collègue affirme que la formation du trioxyde de soufre sera augmentée par une **journée froide d'hiver** caractérisée par une **pression atmosphérique élevée**.

Croyez-vous que votre collègue a raison ? Expliquez clairement votre raisonnement.

Tâche 2 (15 points)

Le méthylamine (CH_3NH_2), une substance gazeuse utilisée notamment dans la fabrication de plusieurs médicaments, s'ionise dans l'eau selon l'équation suivante :

$$CH_3NH_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows CH_3NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

Initialement, la concentration de méthylamine est de 0,150 mol/L. Si la constante de basicité (K_b) de la méthylamine est de $4{,}60 \times 10^{-4}$, quelle est la valeur du pH de la solution ?

Tâche 3 (19 points)

L'iodure d'hydrogène (HI), une substance entrant dans la fabrication de produits iodés, se décompose selon l'équation suivante :

$$2\ HI_{(g)} \rightleftarrows H_{2(g)} + I_{2(g)}$$

Une certaine quantité d'iodure d'hydrogène est placée dans un récipient de 1,25 L. À l'équilibre, la substance contient 0,240 mol de dihydrogène (H_2) et de diiode (I_2) ainsi que 2,11 mol d'iodure d'hydrogène (HI).

À cet équilibre, on introduit 79,9 g d'iodure d'hydrogène dans le récipient en maintenant la température constante. Quelles sont les nouvelles concentrations des substances une fois l'équilibre final atteint ?

Tâche 4 (21 points)

Le chlorure de nitrosyle, dont la formule chimique est NOCl, est un gaz très toxique utilisé comme précurseur dans la fabrication du nylon. En effet, il est converti industriellement en caprolacatame, donc la formule est $(CH_2)_5C(O)NH$ qui, lui, sert directement à la fabrication de fibres de nylon, un plastique très utilisé dans la vie quotidienne.

Le chlorure de nitrosyle peut être produit en faisant réagir du monoxyde d'azote et du dichlore par la réaction exothermique suivante :

$$2\ NO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2\ NOCl_{(g)}$$

Une compagnie voulant se lancer dans la production de nylon vous a mandaté d'étudier des méthodes d'optimiser la production de chlorure de nitrosyle. Avant de vous lancer dans quelconque expérimentation, vous avez pris la peine de chercher de l'information sur la réaction en consultant divers articles scientifiques. Vous avez découvert, notamment, que la réaction devient réversible au-delà d'une température de 100°C. Notamment, vous avez trouvé un article rapportant que dépasser une vitesse de réaction de $9{,}18 \times 10^{-5}$ mol/L•s permet d'atteindre cette température. À ce moment, la réaction se caractérise alors par l'équilibre suivant :

$$2\ NO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftarrows 2\ NOCl_{(g)}$$

Une fois au boulot, vous obtenez les résultats suivants après quelques essais :

Essai	$[NO_{(g)}]$ (mol/L)	$[Cl_{2(g)}]$ (mol/L)	Vitesse de réaction (mol/L•s)
1	0,10	0,10	$2{,}53 \times 10^{-6}$
2	0,10	0,20	$5{,}06 \times 10^{-6}$
3	0,20	0,10	$10{,}1 \times 10^{-6}$
4	0,30	0,10	$22{,}8 \times 10^{-6}$

Votre mandat est de déterminer les concentrations optimales de réactifs à utiliser pour produire le chlorure de nitrosyle, en considérant que votre recommandation doit tenir compte de l'efficacité et de la rentabilité.

Évaluation explicite des connaissances (30 points)

1. Parmi les énoncés suivants, un seul est vrai. Identifiez les énoncés faux et expliquez pourquoi. **(6 points)**

A) L'ajout d'un catalyseur augmente la vitesse de la réaction en déplaçant l'équilibre vers la droite.

B) L'augmentation de la concentration des réactifs diminue la vitesse de la réaction car les molécules des substances qui réagissent deviennent moins mobiles.

C) Une diminution de la température entraîne une augmentation de la vitesse de la réaction.

D) Une augmentation de la surface de contact des réactifs diminue le temps de réaction.

Énoncé faux _____ Justification _____

Énoncé faux _____ Justification _____

Énoncé faux _____ Justification _____

2. L'essence, le carburant utilisé dans le moteur automobile, est un mélange de différents hydrocarbures. L'octane est un des constituants de ce mélange. Sa réaction de combustion est élémentaire et peut s'exprimer selon :

$$2\ C_8H_{18(l)} + 25\ O_{2(g)} \longrightarrow 16\ CO_{2(g)} + 18\ H_2O_{(g)}$$

Quelle serait l'expression mathématique de la loi de vitesse de réaction de cette combustion ? **(2 points)**

3. Soit l'équilibre suivant :

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 4\ NH_{3(g)} \rightleftarrows Cu(NH_3)_4{}^{2+}_{(aq)}$$

On y ajoute du $Cu(NO_3)_{2(s)}$, un sel très soluble dans l'eau. Déterminez l'effet de cet ajout sur la concentration de chaque espèce une fois l'équilibre rétabli. **(3 points)**

4. La colonne gauche du tableau ci-dessous présente quatre systèmes en équilibre. La colonne de droite présente une modification apportée au système correspondant.

Système à l'équilibre	Modification
1) $CCl_{4(l)} + 2\ HF_{(g)} \rightleftarrows CCl_2F_{2(g)} + 2\ HCl_{(g)}$	Diminution de la pression
2) $3\ NO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows 2\ HNO_{3(aq)} + NO_{(g)}$	Augmentation du volume
3) $CH_3COOH_{(aq)} \rightleftarrows H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$	Augmentation du pH
4) $2\ SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftarrows 2\ SO_{3(g)}$ + Énergie	Augmentation de la température

Pour lequel ou lesquels des systèmes la modification apportée favorisera-t-elle la réaction directe ? **(2 points)**

5. Le dihydrogénophosphate de sodium, NaH_2PO_4, est un sel acide. En solution dans l'eau, il se dissocie complètement et un équilibre s'établit progressivement selon l'équation suivante :

$$H_2PO_4^-{}_{(l)} \rightleftarrows H^+_{(aq)} + HPO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

À l'équilibre, le pH de la solution est de 5,0. Quelle est alors la valeur de la constante d'acidité ? **(3 points)**

6. L'équation suivante représente un système en équilibre à une température donnée.

$$Pb(NO_3)_{2(aq)} + 2\ NaI_{(aq)} \rightleftarrows PbI_{2(s)} + 2\ NaNO_{3(aq)}$$

Que serait l'expression de la constante d'équilibre, K_c, de ce système ? **(2 points)**

7. Soit le système à l'équilibre ci-dessous dont la solution est de couleur jaune orange.

$$\underset{\text{Orange}}{Cr_2O^{2-}_{7(aq)}} + 2\ OH^-_{(aq)} \rightleftarrows 2\ \underset{\text{Jaune}}{CrO^{2-}_{4(aq)}} + H_2O_{(l)}$$

Vous ajoutez, à ce système, une solution acide. Comparativement à l'équilibre initial, que devient la coloration de la solution une fois l'équilibre final atteint ? **(2 points)**

A) Elle devient plus orange.
B) Elle devient incolore.
C) Elle devient plus jaune.
D) Elle ne change pas.

8. Soit la réaction hypothétique suivante :

$$A_{(aq)} + B_{(s)} \rightleftarrows C_{(aq)}$$

L'analyse de 250 ml de la solution à l'équilibre montre la présence de 0,350 mol de A, de 0,125 mol de B et de 0,625 mol de C. Quelle est la valeur de la constante d'équilibre de la réaction dans ces conditions ? **(4 points)**

9. À une température donnée, laquelle des propriétés suivantes permet de classer les acides selon leur force ? **(2 points)**

A) Le pH de l'acide.
B) La concentration de l'acide.
C) La constante d'acidité (K_a) de l'acide.
D) Ces trois propriétés.

10. Parmi les énoncés suivants, deux sont faux. Identifiez-les et corrigez-les de manière à les rendre vrais. Ne pas corriger à la négative. **(4 points)**

A) Un système doit être isolé pour qu'un équilibre puisse s'y établir.

B) Dans un système réactionnel à l'équilibre, une petite valeur de la constante d'équilibre K_C indique que la réaction inverse est favorisée par rapport à la réaction directe.

C) Dans le calcul de la constante d'équilibre, on ne considère que les substances gazeuses ou aqueuses.

D) Il est possible de connaître la solubilité d'un sel si nous ne disposons que de la valeur de sa constante du produit de solubilité et de l'équation balancée de sa dissociation.

E) Puisque, à l'équilibre, les vitesses des réactions directe et inverse sont égales, leurs constantes d'équilibre sont donc aussi égales.

Énoncé faux _____ Correction _____

Énoncé faux _____ Correction _____

TOTAL : /100

ANNEXE

Formules

$C = \frac{n}{V}$	C : concentration (mol/L) n : quantité de matière (mol) V : volume (L)
$PV = nRT$	P : pression (kPa) V : volume (L) n : nombre de moles (mol) R : constante des gaz parfaits T : température (K)
$v = \frac{q}{\Delta t}$ $v = \frac{-q}{\Delta t}$	v : vitesse de réaction q : quantité de produits formés Δt : intervalle de temps (s) $-q$: quantité de réactifs transformés
Soit la réaction : $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ $v_g = \frac{v_A}{a} = \frac{v_B}{b} = \frac{v_C}{c} = \frac{v_D}{d}$	v_g : vitesse générale de la réaction (mol/(L • s) ou mol/s) v_A : v_B : vitesse de transformation de chacune v_C : des substances (mol/L • s ou mol/s) v_D : a, b, c et d : coefficients de chaque substance
Soit la réaction : $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ $v = k \bullet [A]^m \bullet [B]^n$	v : vitesse de réaction (mol/(L • s)) k : constante de vitesse $[A]$ et $[B]$: concentration des réactifs (mol/L) a et b : coefficients des réactifs m et n : ordre selon chacun des réactifs
Soit la réaction : $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ $K_c = \frac{[C]^c \bullet [D]^d}{[A]^a \bullet [B]^b}$	K_c : constante d'équilibre a, b, c et d : coefficients de chaque substance $[A]$: $[B]$: concentrations de chacune des substances $[C]$: (mol/L) $[D]$:
Soit la réaction : $X_aY_{b(s)} \rightleftharpoons aX^+_{(aq)} + bY^-_{(aq)}$ $K_{ps} = [X^+]^a \bullet [Y^-]^b$	K_{ps} : constante du produit de solubilité

Formules *(suite)*

Soit la réaction : $HA_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$ $K_a = \frac{[H^+] \bullet [A^-]}{[HA]}$	K_a : constante d'acidité
Soit la réaction : $BOH_{(aq)} \rightleftharpoons B^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ $K_b = \frac{[B^+] \bullet [OH^-]}{[BOH]}$	K_b : constante de basicité
$K_a \bullet K_b = 10^{-14}$	K_a : constante d'acidité K_b : constante de basicité
Soit la réaction : $H_2O_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ $K_{H_2O} = [H^+] \cdot [OH^-]$	K_{H_2O} : constante d'ionisation de l'eau
$pH = -\log [H^+]$	pH : potentiel hydrogène
$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	x : solution de l'équation du second degré $ax^2 + bx + c = 0$

Grandeurs

Température normale :	0 °C ou 273 K
Pression normale :	101,3 kPa ou 1 atm
Température ambiante :	25,0 °C ou 298 K
Masse volumique de l'eau : ρ_{H_2O}	1,00 g/ml
Constante des gaz parfaits (R)	8,31 kPa • L/(mol • K)
Constante d'ionisation de l'eau (K_{H_2O})	1×10^{-14} (à 25 °C)
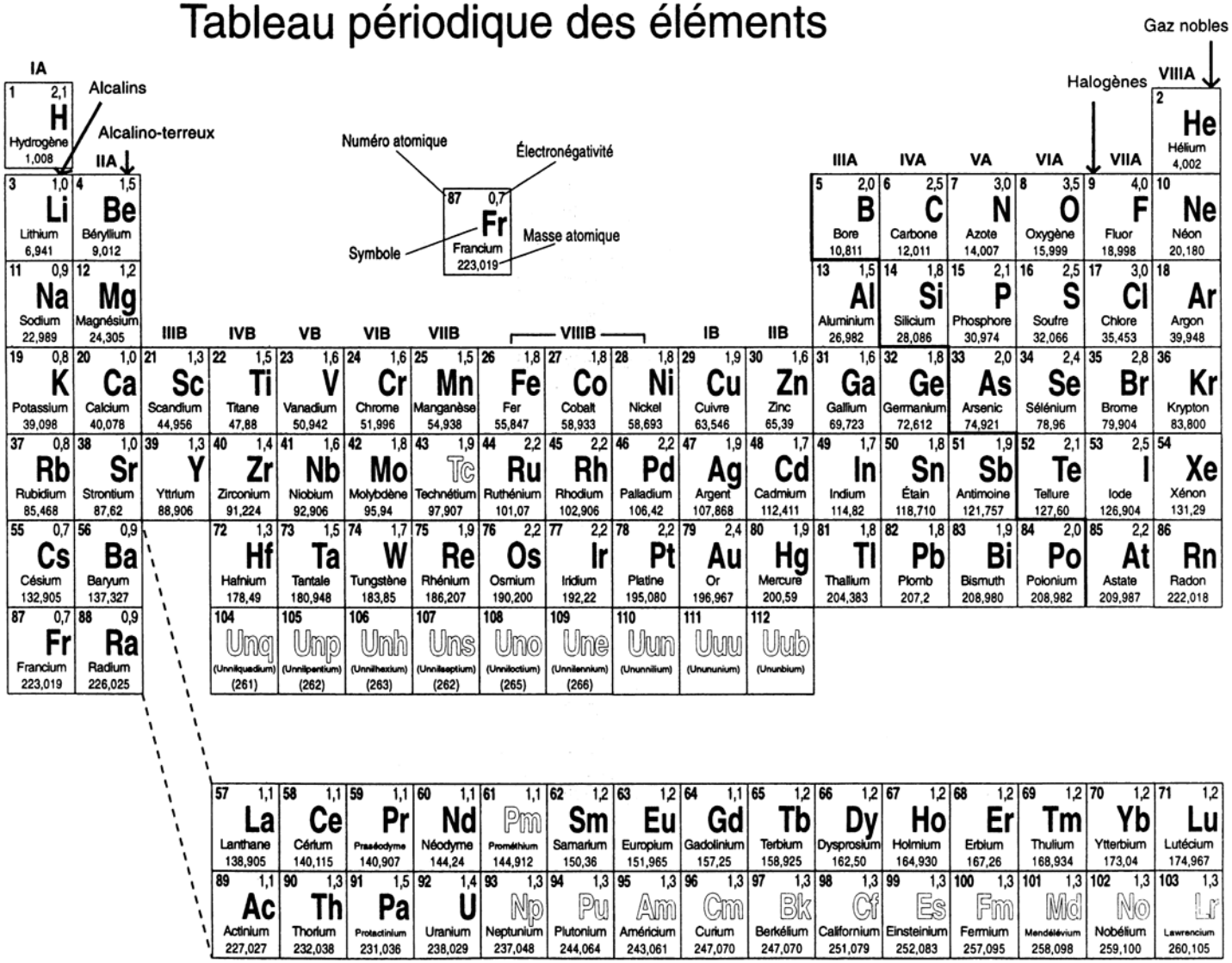
Tableau périodique des éléments