


Introduction

Cet ouvrage est un recueil d'énoncés de travaux pratiques de chimie. Ces énoncés sont directement utilisables par un enseignant pour organiser une séance de TP ou par un étudiant qui souhaite s'entraîner à une épreuve pratique.



Chaque sujet contient :




- des manipulations de chimie adaptées et testées, couvrant des domaines variés de la discipline (thermodynamique chimique, chimie des solutions, électrochimie, chimie organique, etc.) ;
- des questions qui permettent de comprendre les expériences réalisées et de mettre l'accent sur des difficultés pratiques ou théoriques ;
- un corrigé entièrement rédigé avec interprétations détaillées, courbes expérimentales, applications numériques et calculs d'incertitudes (méthode présentée page 249) ;
- tous les éléments nécessaires à la réalisation pratique : liste des produits chimiques utilisés, montages utilisés, matériel nécessaire et bibliographie. Une description des montages « classiques » et du matériel utilisé, ainsi que des tables de données IR et RMN sont regroupées en annexe pages 245 à 248.


De nombreuses techniques sont abordées, tant en chimie générale (pH-métrie, conductimétrie, spectrophotométrie, électrolyse, calorimétrie, etc.) qu'en chimie organique (distillation, extraction, recristallisation, CCM, etc.).

Dans chaque corrigé, des paragraphes en italique signalés par le symbole  permettent d'approfondir une notion ou de mettre en évidence un aspect pratique délicat ou culturel.

Les énoncés proposés s'appuient sur une approche expérimentale mettant l'accent sur la sécurité. Les dangers inhérents aux produits chimiques utilisés sont signalés au début de chaque énoncé dans une FICHE DE SÉCURITÉ. Les mentions de danger (H) et conseils de prudence (P) figurent en annexe page 253. Les pictogrammes de danger sont explicités page 258. L'expérimentateur s'y reportera avant toute manipulation des produits chimiques concernés.

L'obligation de porter une blouse et des lunettes de protection pendant toute la durée d'une séance de travaux pratiques est rappelée à chacune des pages des énoncés par les symboles  et .

Ponctuellement au fil du texte, les symboles  et  précisent que certaines manipulations doivent être réalisées avec une vigilance particulière et parfois en portant des gants. La plupart des manipulations proposées peuvent être menées entièrement à la paillasse. Cependant, il est parfois nécessaire de se placer sous hotte aspirante, ce qui est signalé par le symbole .

Chacun des énoncés proposés dans cet ouvrage a été élaboré à partir de sujets de travaux pratiques de chimie posés aux concours d'entrée aux Écoles normales supérieures (filières PC et BCPST). Ils correspondent donc à une séance de travaux pratiques d'une durée de quatre heures et s'appuient sur les programmes de chimie des classes préparatoires aux grandes écoles des filières PC et BCPST. Le symbole  renseigne sur la difficulté de chaque énoncé (sur une échelle à trois niveaux).

Les professeurs des classes préparatoires aux grandes écoles et de licence universitaire, mais aussi ceux des classes de BTS, d'IUT et des écoles d'ingénieurs, trouveront matière à de nouveaux travaux pratiques. Certaines manipulations peuvent être réalisées par des élèves de terminale scientifique.

Des manipulations originales pourront aussi être exploitées par les étudiants préparant les concours de recrutement de l'éducation nationale (CAPES et agrégations de physique-chimie).

Quel que soit leur niveau, les élèves pourront confronter fondements théoriques et mise en œuvre expérimentale, et ainsi aborder plus sereinement une épreuve pratique souvent redoutée.

Nous souhaitons dédier ce livre aux enseignants qui nous ont donné l'envie de devenir chimistes.

Nous tenons aussi à remercier l'ensemble de nos collègues et amis qui ont accepté de relire notre manuscrit et en particulier Antoine Éloi, Ludovic Fournier et Rémi Le Roux.

Merci aussi à Jean-Bernard Baudin et Ludovic Jullien pour leurs bienveillants conseils.

Sujet 1



Variations autour du zinc

INTRODUCTION

La production de zinc à partir du sulfure de zinc est effectuée par hydrométallurgie ou pyrométallurgie. La moitié de la production de zinc sert à la galvanisation et à l'électrozingage des aciers : le dépôt d'une mince couche de zinc en surface de l'acier le protège de la corrosion. Le zinc est utilisé par ailleurs pour la fabrication d'alliages tels que le laiton (alliage de cuivre et de zinc). Il entre dans la composition de la majorité des piles domestiques.

Le sujet se compose de trois parties indépendantes : le titrage d'un laiton, l'étude d'une pile à base de zinc et enfin l'étude d'un électrozingage.

Avant de commencer à manipuler, consulter la fiche de sécurité, lire les mentions de danger (H) et les conseils de prudence (P).

FICHE DE SÉCURITÉ

Réactifs	Pictogrammes	Mentions H	Conseils P
Acide nitrique 70 %		272-314	220-280 305/351/338 310
Sulfate de zinc (II) heptahydraté		302-318-410	273-280 305/351/338 501
Dioxyde d'azote (gaz)		270-314-330	220-260-280-284 305/351/338 310 280
Soude $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$		314	305/351/338 310
Hexaméthylènetétramine		228-317	210-280
Acide borique		360	210-308/313



DONNÉES NUMÉRIQUES

Constantes fondamentales ^[1]

$$\mathcal{N}_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$\mathcal{F} = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Masses molaires atomiques

Élément	M (g · mol ⁻¹)
H	1,0
C	12,0
N	14,0
O	16,0
Cu	63,5
Zn	65,4

pK_A de quelques couples acide/base en solution aqueuse (valeurs à 298 K)

Couple	pK_A
<i>Hexaméthylènetétrammonium (HA⁺)</i>	
HA _(aq) ⁺ /A _(aq)	5,1
<i>EDTA (Y⁴⁻)</i>	
H ₆ Y _(aq) ²⁺ /H ₅ Y _(aq) ⁺	1,0
H ₅ Y _(aq) ⁺ /H ₄ Y _(aq)	1,5
H ₄ Y _(aq) /H ₃ Y _(aq) ⁻	2,0
H ₃ Y _(aq) ⁻ /H ₂ Y _(aq) ²⁻	2,7
H ₂ Y _(aq) ²⁻ /HY _(aq) ³⁻	6,2
HY _(aq) ³⁻ /Y _(aq) ⁴⁻	10,3

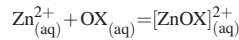
Potentiels standard d'oxydoréduction en solution aqueuse (valeurs à 298 K)

Couple	E° (V)
O _{2(g)} /H ₂ O _(l)	1,23
NO _{2(g)} /HNO _{2(aq)}	1,07
NO _{3(aq)} ⁻ /NO _(g)	0,96
Cu _(aq) ²⁺ /CuI _(s)	0,89
NO _{3(aq)} ⁻ /NO _{2(g)}	0,80
I _{3(aq)} ⁻ /I _(aq) ⁻	0,55
[Fe(CN) ₆] _(aq) ³⁻ /[Fe(CN) ₆] _(aq) ⁴⁻	0,36
Cu _(aq) ²⁺ /Cu _(s)	0,34
S ₄ O _{6(aq)} ²⁻ /S ₂ O _{3(aq)} ²⁻	0,08
H _(aq) ⁺ /H _{2(g)}	0
Zn _(aq) ²⁺ /Zn _(s)	-0,76

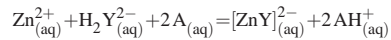
Divers (valeurs à 298 K) ^[2]

$$pK_{S_{CuI(s)}} = 12,0$$

$$\rho_{Zn(s)} = 7,14 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$



$$\log(\beta) = 6,2$$



$$\log(K^\circ) = 10,2$$

1. On prendra $\frac{RT}{\mathcal{F}} \ln(10) \approx 0,06 \text{ V}$ lorsque l'on travaillera à 298 K.
 2. OX symbolise l'orangé de xylénol.



ÉNONCÉ

1.1 Étude d'un laiton

Les laitons sont des alliages de cuivre et de zinc, contenant éventuellement d'autres métaux à l'état de traces ; ils renferment entre 5 et 45 % (en masse) de zinc. On se propose dans cette partie de déterminer la teneur en cuivre et en zinc d'un laiton commercial par une méthode de titrage volumétrique.

1.1.1 Oxydation d'un morceau de laiton

L'oxydation d'une masse m_0 de laiton par une solution concentrée d'acide nitrique est une réaction violente qui provoque un fort dégagement de vapeurs rousses hautement toxiques.

Question 1

Montrer que l'acide nitrique peut oxyder le cuivre et le zinc.

Écrire les équations associées.

Quel gaz incolore est formé au cours de ces réactions ?

Pourquoi observe-t-on alors l'apparition de vapeurs rousses ?

Dans un ballon bicol de 150 mL, introduire environ 1,2 g de laiton (deux morceaux de fil), pesés préalablement avec précision. Réaliser le montage schématisé sur la figure 1.1. Placer une ampoule d'addition isobare non bouchée sur le ballon bicol. Introduire une olive aimantée dans le ballon bicol. Placer en série deux flacons laveurs bien fixés. Introduire dans le premier une solution de thiosulfate de sodium de concentration $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et dans le second de la soude de concentration $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Relier le second flacon laveur à la trompe à eau.

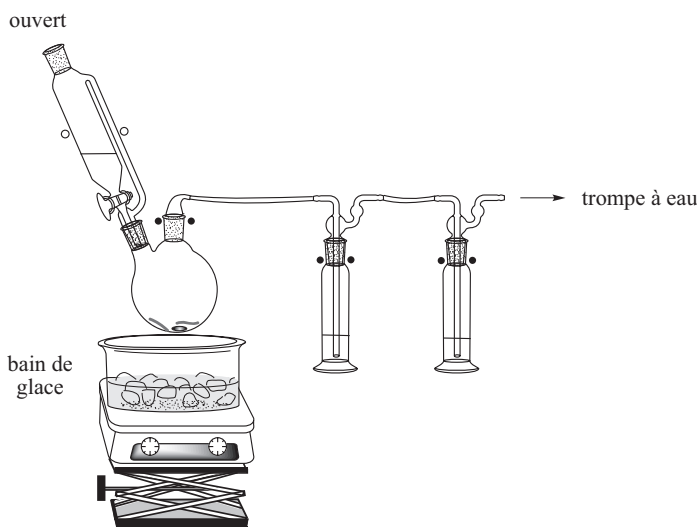


Fig. 1.1 – Schéma du montage (• et ◦ représentent respectivement des fixations fermes et lâches).

**Question 2**

Pourquoi prévoir un bain de glace ?
Pourquoi ne pas boucher l'ampoule d'addition isobare ?
Quel est le rôle des flacons laveurs ?



Introduire avec précaution 8 mL d'une solution concentrée d'acide nitrique (70 % en masse) dans l'ampoule d'addition isobare. Mettre en marche la trompe à eau (contrôler le barbotage) et placer le milieu réactionnel sous agitation. Ajouter avec précaution, en trois fois, l'acide sur le laiton. Se tenir prêt à remonter le bain de glace au cas où la réaction s'emballerait. Mesurer le pH de la solution en fin de réaction.

**Question 3**

Comment identifier simplement la fin de la réaction ?
Quelles sont les espèces chimiques présentes en solution en fin de réaction ?
Justifier le pH de la solution obtenue.
À quelle espèce chimique est due la coloration de la solution ?

1.1.2 Titrage des ions cuivre (II) $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+}$ par iodométrie

Introduire le contenu du ballon bicol^[3] dans une fiole jaugée de 100 mL. Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. On appelle S la solution diluée ainsi préparée. Introduire 10 mL de solution S dans un bécher de 50 mL. À température ambiante et sous agitation, y ajouter petit à petit 10 g d'iodure de potassium. Observer le contenu du bécher au cours de l'addition.

Question 4

Interpréter les observations, identifier les espèces formées et écrire les équations des réactions qui ont eu lieu.



Titre les ions triiodure $\text{I}_{3(\text{aq})}^-$ formés par une solution de thiosulfate de sodium de concentration $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Utiliser du thiodène comme indicateur de fin de réaction. Noter le volume équivalent. **Ne pas jeter le contenu du bécher à la fin du titrage.**

Question 5

Écrire l'équation de la réaction de titrage et calculer sa constante d'équilibre à 298 K.

Question 6

Donner la relation entre la quantité d'ions $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+}$ présents dans 100 mL de S et le volume équivalent du titrage puis faire l'application numérique.
Calculer le pourcentage massique de cuivre dans le laiton.

3. Il est indispensable de rincer le ballon bicol pour transférer quantitativement les ions cuivre (II) et les ions zinc (II) avant le titrage.

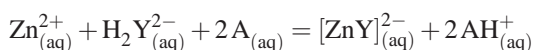


1.1.3 Titration des ions zinc (II) $Zn_{(aq)}^{2+}$ par complexométrie

Prendre le bécher précédent pour procéder au titrage des ions $Zn_{(aq)}^{2+}$ par l'EDTA.

Mesurer le pH de la solution. Dissoudre environ 1 g d'hexaméthylènetétramine, notée A, pour fixer le pH de la solution au voisinage de 5,5 (reprendre la mesure du pH), puis ajouter quelques gouttes d'orangé de xylénol, noté OX (formule donnée page 17), qui est un indicateur de complexométrie. Dans ces conditions, la solution prend une couleur rouge violacé caractéristique du complexe $[ZnOX]_{(aq)}^{2+}$.

Effectuer le titrage des ions $Zn_{(aq)}^{2+}$ avec une solution d'EDTA à $5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Noter le volume équivalent. L'équation de la réaction de titrage est, au pH considéré :



Question 7

Interpréter le changement de couleur à l'équivalence (on indique que le complexe $[ZnY]_{(aq)}^{2-}$ est incolore).

Donner la relation entre la quantité d'ions $Zn_{(aq)}^{2+}$ présents dans 100 mL de S et le volume équivalent puis faire l'application numérique.

Calculer le pourcentage massique de zinc dans le lait.

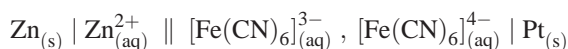
Question 8

Conclure quant à la composition du lait étudié.

1.2 Grandeurs thermodynamiques d'une pile

De nombreuses piles commerciales renferment du zinc (pile saline, pile alcaline, pile au mercure par exemple). On se propose dans cette partie d'étudier une pile à base de zinc et plus précisément l'influence de la température sur sa force électromotrice (f.e.m.).

La pile considérée est :



Dans un bain thermostaté à 20 °C, fixer deux béchers de 100 mL assez proches l'un de l'autre pour les relier par un pont salin. Dans le premier bécher, introduire 50 mL d'une solution de nitrate de zinc (II) de concentration $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Y plonger la plaque de zinc. Dans le second bécher, introduire 25 mL d'une solution de ferricyanure de potassium (hexacyanoferrate (III) de potassium, $K_3Fe(CN)_6$) de concentration $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et 25 mL d'une solution de ferrocyanure de potassium (hexacyanoferrate (II) de potassium, $K_4Fe(CN)_6$) de concentration $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Y plonger le fil de platine. Relier les deux béchers par un pont salin.

Question 9

Faire un schéma de la pile.

Indiquer l'anode et la cathode, le sens de circulation des électrons dans les fils et celui des ions dans le pont salin.

Indiquer les demi-équations électroniques aux électrodes ainsi que l'équation globale de fonctionnement de la pile.





Mesurer la température dans les deux béchers ainsi que la f.e.m. de la pile. Augmenter progressivement la température du bain. Quand la température est stabilisée, mesurer à nouveau la f.e.m. Effectuer le même relevé sur une plage de température allant de 20 °C à 50 °C. **Attention, il ne faut pas laisser débiter la pile en permanence.**

Question 10

Porter sur un graphe la f.e.m. (en volt) en fonction de la température (en kelvin). Effectuer un ajustement linéaire.
Donner le coefficient de corrélation au carré.

Question 11

Donner la relation entre $\Delta_r G$ (enthalpie libre de la réaction de fonctionnement de la pile) et la force électromotrice de la pile.
Comment varie $\Delta_r G$ avec la température ?
Déterminer numériquement l'enthalpie et l'entropie de la réaction de fonctionnement de la pile, $\Delta_r H$ et $\Delta_r S$.
Quelle approximation est ici réalisée ?

1.3 Electrozingage

Le coût annuel de la corrosion de l'acier est estimé à une valeur comprise entre 2,5 et 4 % du produit national brut. La protection de l'acier par galvanisation ou électrozingage est la principale utilisation du zinc. En France, chaque année, environ 3,5 millions de tonnes d'acier sont protégées contre la corrosion par plus de 170 000 tonnes de zinc.

On se propose ici de réaliser l'électrozingage d'une plaque de fer.

Dans un bécher de 250 mL, introduire 100 mL d'un électrolyte contenant 30 g de sulfate de zinc (II) heptahydraté, 10 g de chlorure de potassium, 3 g d'acide borique, 0,3 g de dextrine ainsi que quelques grains d'alcool polyvinylique dans 100 mL d'eau distillée. Vérifier que le pH est compris entre 4 et 6. Décaper une plaque de fer et une plaque de zinc à l'aide d'une toile émeri. Relier la plaque de fer au pôle négatif de l'alimentation continue et la plaque de zinc au pôle positif. Plonger les deux plaques dans la solution électrolytique.

Chronométrer l'électrolyse (30 minutes environ). Relever la tension imposée et l'intensité qui circule dans le circuit lors de l'électrolyse.

Question 12

Faire un schéma de l'électrolyse.
Identifier la cathode et l'anode.
Indiquer les demi-équations électroniques ainsi que l'équation globale de fonctionnement de l'électrolyse.
Expliquer de façon concise pourquoi une électrolyse est nécessaire pour effectuer cette réaction.

Question 13

Calculer l'épaisseur maximale de la couche de zinc déposable.



LISTE DES PRODUITS CHIMIQUES UTILISÉS

- Fil de laiton
 - 2 plaques de zinc
 - Plaque de fer
 - Fil de platine
 - Hexacyanoferrate (II) de potassium $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 - Hexacyanoferrate (III) de potassium $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 - Nitrate de zinc (II) $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 - Thiosulfate de sodium $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 - Sulfate de zinc (II) heptahydraté
- Iodure de potassium
 - Chlorure de potassium
 - Soude $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 - EDTA $c_{\text{H}_2\text{Y}^{2-}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 - Acide nitrique 70 %
 - Acide borique
 - Hexaméthylènetétramine
 - Dextrine
 - Alcool polyvinylique
 - Thiodène
 - Orangé de xylénol dans l'eau

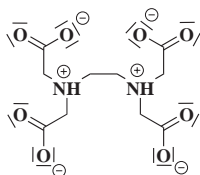
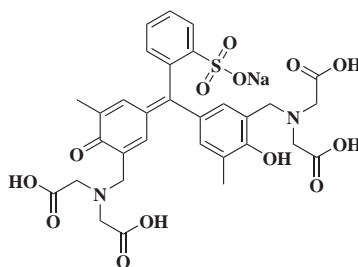
Fig. 1.2 – Structure de $\text{H}_2\text{Y}^{2-}_{(\text{aq})}$.

Fig. 1.3 – Structure de l'orangé de xylénol.

MONTAGES UTILISÉS

- Montage schématisé sur la figure 1.1

MATÉRIEL NÉCESSAIRE

- Bain thermostaté
- Matériel de titrage
- Matériel pour l'étude d'une pile
- Matériel pour électrolyse

BIBLIOGRAPHIE

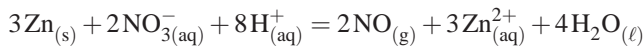
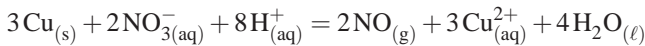
- L'élément zinc en questions (seconde partie), *Concours externe de recrutement de professeurs certifiés (CAPES)*, 2001.
- F. Brénon-Audat, F. Rafflebeau et D. PrévotEAU, *Chimie inorganique et générale*, Paris, Dunod, 1999.
- J.-L. Vignes, M. Abdrabah, P. Piessen et M. Babbit, *Bull. Un. Phys.*, vol. 91, n° 790, janvier 1997.
- M. Bernard et F. Busnot, *Usuel de chimie générale et minérale*, Paris, Dunod, 1996.


Corrigé 1

1.1 Étude d'un laiton

Réponse 1

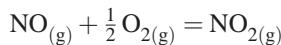
Puisque $E_{\text{NO}_3^-(\text{aq})/\text{NO}(\text{g})}^{\circ} > E_{\text{Cu}^{2+}(\text{aq})/\text{Cu}(\text{s})}^{\circ}$ et $E_{\text{NO}_3^-(\text{aq})/\text{NO}(\text{g})}^{\circ} > E_{\text{Zn}^{2+}(\text{aq})/\text{Zn}(\text{s})}^{\circ}$ les réactions d'oxydation du cuivre et du zinc par les ions nitrate sont thermodynamiquement favorisées :




 On notera que l'excès d'acide nitrique doit être déterminé en considérant la quantité d'ions oxonium introduits et non celle d'ions nitrate.

D'après ces équations, on doit observer un dégagement gazeux de monoxyde d'azote, gaz toxique et incolore.

Le gaz roux observé est du dioxyde d'azote, produit de l'oxydation spontanée du monoxyde d'azote au contact du dioxygène de l'air :



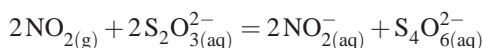
 Les ions oxonium peuvent aussi oxyder le zinc mais cette réaction est thermodynamiquement moins favorisée que l'oxydation par les ions nitrate.

Réponse 2

La réaction d'oxydation effectuée peut être violente, il faut prévoir un bain de glace pour la ralentir.

La trompe à eau permet d'aspirer les vapeurs toxiques. Pour que le montage ne soit pas sous vide (risque de dégagement gazeux excessif), il faut que l'ampoule d'addition isobare reste ouverte.

Les solutions contenues dans les flacons laveurs permettent de neutraliser le dioxyde d'azote dégagé lors de la réaction. Les ions thiosulfate réduisent le dioxyde d'azote en ions nitrite selon :



Tout le dioxyde d'azote n'ayant potentiellement pas été neutralisé à la sortie du premier flacon laveur, la soude contenue dans le second permet la dismutation du dioxyde d'azote restant selon la réaction :



Réponse 3

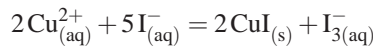
La fin de réaction s'identifie facilement : le laiton a été entièrement consommé.

On trouve en solution les ions cuivre (II) et zinc (II) produits lors de la réaction. Il reste aussi les ions nitrate et oxonium introduits en excès. La solution est donc acide.

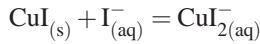
La couleur bleue de la solution s'explique par la présence du complexe hexaaquacuire (II) $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}_{(\text{aq})}$.

Réponse 4

L'ajout d'iodure de potassium permet la précipitation d'iodure de cuivre (I). Cette première réaction est une réaction d'oxydoréduction.



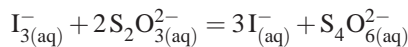
On observe ensuite la redissolution du précipité selon :



La couleur brune de la solution en fin d'addition est due à la présence des ions triiodure $\text{I}^{-}_{3(\text{aq})}$, seuls ions colorés en solution.

Réponse 5

La réaction de titrage est :



$$K = 10^{2 \times \frac{\Delta E^{\circ}}{0,06}} \quad \text{avec} \quad \Delta E^{\circ} = E^{\circ}_{\text{I}^{-}_{3(\text{aq})}/\text{I}^{-}_{(\text{aq})}} - E^{\circ}_{\text{S}_4\text{O}_6^{2-}_{(\text{aq})}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}}$$

A.N.

$$K = 10^{2 \times \frac{0,55 - 0,08}{0,06}} = 10^{15,7}$$

La constante d'équilibre de cette réaction vaut $10^{15,7}$ à 298 K. La réaction est quantitative.

Réponse 6

Une expérience a permis d'obtenir un volume équivalent $V_{\text{éq1}}$ de 11,5 mL pour une masse de laiton de 1,18 g. On a, en tenant compte de la dilution au dixième $\frac{V_p}{V_f}$, la relation suivante :

$$n_{\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}} = \frac{V_f}{V_p} c_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}} V_{\text{éq1}}$$

A.N.

$$n_{\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}} = \frac{100,0}{10,00} \times 10^{-1} \times 11,5 \cdot 10^{-3} = 1,15 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Le pourcentage massique de cuivre $\%_{\text{Cu}}$ contenu dans le laiton étudié est alors :

$$\%_{\text{Cu}} = \frac{M_{\text{Cu(s)}} n_{\text{Cu(aq)}^{2+}}}{m_0}$$

A.N.

$$\%_{\text{Cu}} = \frac{63,5 \times 1,15 \cdot 10^{-2}}{1,18} = 61,8856 \%$$

$$\Delta\%_{\text{Cu}} = \%_{\text{Cu}} \sqrt{\left(\frac{\Delta M_{\text{Cu(s)}}}{M_{\text{Cu(s)}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_f}{V_f}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_p}{V_p}\right)^2 + \left(\frac{\Delta c_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})}}{c_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{\text{éq1}}}{V_{\text{éq1}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta m_0}{m_0}\right)^2}$$

A.N.

$$\Delta\%_{\text{Cu}} = 0,618856 \sqrt{\left(\frac{0,1}{63,5}\right)^2 + 0,001^2 + 0,002^2 + 0 + \left(\frac{0,1}{11,5}\right)^2 + \left(\frac{0,01}{1,18}\right)^2} \approx 0,770 \%$$

$$\%_{\text{Cu}} = 61,9 \pm 0,8 \%$$

Réponse 7

La couleur initiale de la solution est rouge violacé caractéristique du complexe $[\text{ZnOX}]_{(\text{aq})}^{2+}$. Ce complexe coloré est moins stable que le complexe $[\text{ZnY}]_{(\text{aq})}^{2-}$ incolore. On dit qu'il est déplacé par l'EDTA à l'équivalence du titrage. La couleur jaune de la solution en fin de titrage est due à l'orangé de xylénol (OX) qui se retrouve libre en solution après l'équivalence.

Une expérience a permis d'obtenir un volume équivalent $V_{\text{éq2}}$ de 13,6 mL pour une masse de laiton de 1,18 g. On a, en tenant compte de la dilution au dixième $\frac{V_p}{V_f}$, la relation suivante :

$$n_{\text{Zn(aq)}^{2+}} = \frac{V_f}{V_p} c_{[\text{H}_2\text{Y}]_{(\text{aq})}^{2-}} V_{\text{éq2}}$$

A.N.

$$n_{\text{Zn(aq)}^{2+}} = \frac{100,0}{10,00} \times 5 \cdot 10^{-2} \times 13,6 \cdot 10^{-3} = 6,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Le pourcentage massique de zinc $\%_{\text{Zn}}$ contenu dans le laiton étudié est alors :

$$\%_{\text{Zn}} = \frac{M_{\text{Zn}} n_{\text{Zn(aq)}^{2+}}}{m_0}$$

A.N.

$$\%_{\text{Zn}} = \frac{65,4 \times 6,8 \cdot 10^{-3}}{1,18} = 37,6881 \%$$

$$\Delta\%_{\text{Zn}} = \%_{\text{Zn}} \sqrt{\left(\frac{\Delta M_{\text{Zn(s)}}}{M_{\text{Zn(s)}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_f}{V_f}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_p}{V_p}\right)^2 + \left(\frac{\Delta c_{[\text{H}_2\text{Y}]_{(\text{aq})}^{2-}}}{c_{[\text{H}_2\text{Y}]_{(\text{aq})}^{2-}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{\text{éq2}}}{V_{\text{éq2}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta m_0}{m_0}\right)^2}$$

A.N.

$$\Delta\%_{\text{Zn}} = 0,376881 \sqrt{\left(\frac{0,1}{65,4}\right)^2 + 0,001^2 + 0,002^2 + 0 + \left(\frac{0,1}{13,6}\right)^2 + \left(\frac{0,01}{1,18}\right)^2} \approx 0,435 \%$$

$$\%_{\text{Zn}} = 37,7 \pm 0,5 \%$$

Réponse 8

Le laiton étudié est composé de $61,9 \pm 0,8 \%$ de cuivre et de $37,7 \pm 0,5 \%$ de zinc, ce qui correspond aux teneurs des laitons commerciaux.