Exercices

« Dosages colorimétriques »

21 Titrage direct de la vitamine C

Une ampoule pour bébé de volume $V = 10$ mL contient de la vitamine C, de formule brute $C_6H_8O_6$. Le nom de la vitamine C en chimie est « acide ascorbique ». L'étiquette de l'ampoule indique que cette dernière contient 5,0 mg de vitamine C.

Pour vérifier cette indication, on effectue le titrage du contenu d'une ampoule selon le protocole suivant :

- *dans un erlenmeyer, verser le contenu de l'ampoule, ainsi que l'eau de rinçage de l'ampoule. Ajouter à cette solution une pointe de spatule d'empois d'amidon ;*
- *remplir une burette avec une solution de diiode de concentration en quantité de matière $c' = 2{,}0 \times 10^{-3}$ mol · L^{-1} ;*
- *réaliser le montage, puis le titrage.*

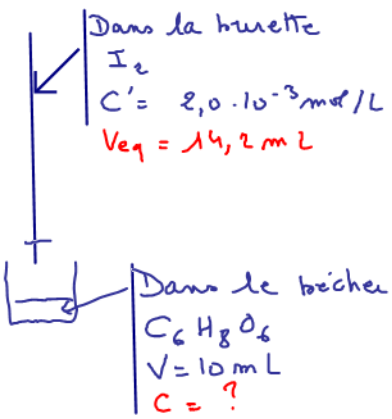
L'équation de la réaction de titrage est :

$$C_6H_8O_6(aq) + I_2(aq) \rightarrow C_6H_6O_6(aq) + 2\,H^+(aq) + 2\,I^-(aq).$$

Le changement de couleur est observé quand on a versé un volume $V_{éq} = 14{,}2$ mL.

Données : *l'empois d'amidon est un indicateur d'oxydoréduction : il donne une coloration bleu-violet à une solution en présence de diiode. Masses molaires atomiques : $M_C = 12$ g · mol^{-1} ; $M_O = 16$ g · mol^{-1} ; $M_H = 1{,}0$ g · mol^{-1}.*

1. Quelle est la couleur de la solution à l'équivalence ?
2. Exprimer la concentration en quantité de matière d'acide ascorbique en fonction de c', V et $V_{éq}$, puis calculer sa valeur.
3. Les résultats expérimentaux sont-ils en accord avec l'indication apposée sur l'ampoule ? Justifier.



1) Avant l'équivalence le diiode versé est le réactif limitant $n(I_2) = 0$ mol dans le bécher. La solution est limpide.

Après l'équivalence : Le diiode I_2 est en excès $n(I_2) \neq 0$ et $n(C_6H_8O_6) = n_{ac} = 0$ La solution est brune

Donc à l'équivalence : la solution passe de limpide à jaune-brune.

2) A l'équivalence : les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques

$$\begin{cases} n^f_{I_2} = n^i_{I_2} - x_{eq} = 0 \\ \text{et} \quad n^f_{ac} = n^i_{ac} - x_{eq} = 0 \end{cases} \Rightarrow x_{eq} = \boxed{n^i_{I_2} = n^i_{ac}}$$

or $n^i_{I_2} = C' \times V_{eq}$ et $n^i_{ac} = C \times V$

$\Rightarrow C' \times V_{eq} = C \times V$

$\Rightarrow C = C' \times \frac{V_{eq}}{V} = 2{,}0 \cdot 10^{-3} \times \frac{14{,}2 \cdot \cancel{10^{-3}}}{10{,}0 \cdot \cancel{10^{-3}}}$

$\Rightarrow C = 2{,}84 \cdot 10^{-3}$ mol/L

3- Calcul de la masse d'acide ascorbique contenue dans le volume V

on a $C = \frac{m_{ac}}{V} \Rightarrow m_{ac} = C \times V$

mais aussi $m_{ac} = \frac{m_{ac}}{M_{ac}} \Rightarrow m_{ac} = m_{ac} \times M_{ac}$

donc $m_{ac} = C \times V \times M_{ac}$

$= C \times V \times (6M_C + M_H + 2M_O)$

$= 2{,}48 \cdot 10^{-3} \times 10 \cdot 10^{-3} \times (6 \times 12{,}0 + 8 \times 1{,}00 + 6 \times 16{,}0)$

$= 5{,}0 \cdot 10^{-3}$ g

$= 5{,}0$ mg

22 Titrage d'une solution d'acide méthanoïque

On réalise le titrage de 20,0 mL d'une solution d'acide méthanoïque H_2CO_2 (aq) de concentration en quantité de matière c_1 inconnue par une solution de diiode I_2 (aq) de concentration en quantité de matière $c_2 = 8{,}0 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1}.

L'équation de la réaction de titrage est :

$I_2(aq) + H_2CO_2(aq) \rightarrow 2\,I^-(aq) + CO_2(g) + 2\,H^+(aq)$.

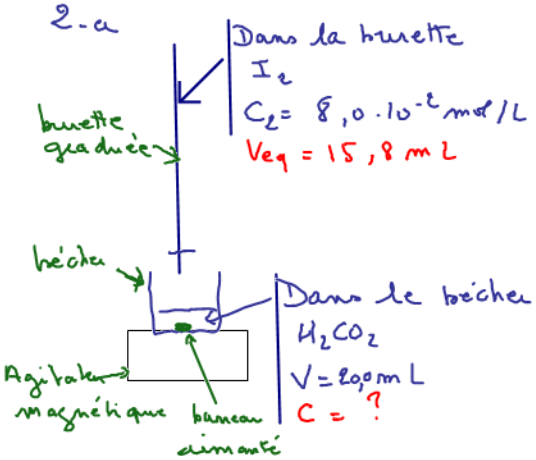
Le changement de couleur de la solution titrée est observé quand on a versé un volume $V_{éq} = 15{,}8$ mL de solution de diiode.

Données : *couples oxydant/réducteur et leurs couleurs :*
- I_2(aq) (jaune orangé)/I^- (aq) (incolore) ;
- CO_2(g) (incolore)/H_2CO_2 (aq) (incolore).

1. Avec quelle verrerie mesurer 20,0 mL de la solution à titrer ? Pourquoi ?
2. a. Schématiser le montage du titrage.
b. Légender les éléments du montage, ainsi que les solutions en utilisant les termes « solution titrée » et « solution titrante ».
3. Quel est le changement de couleur observé à l'équivalence ? Justifier.
4. Établir un tableau d'avancement présentant les états du système initial, avant l'équivalence et à l'équivalence.
5. Définir l'avancement à l'équivalence $x_{éq}$.
6. Définir alors la concentration en quantité de matière de l'acide méthanoïque, puis la calculer.

1- Avec une pipette jaugée de 20,0 mL

2-a



3- La solution passe d'une coloration incolore ($n_{I_2} = 0$ dans le bécher) à une coloration jaune ($n_{I_2} \neq 0$ dans le bécher)

4- $x_{éq}$ est l'avancement de la réaction à l'équivalence

5)

Équation de la transformation		I_2 +	H_2CO_2 →	$2I^-$ +	CO_2 +	$2H^+$
Etat Initial (mol)	x = 0	$n^i_{I_2}$ (versée)	$n^i_{H_2CO_2}$	—	—	—
en cours	x					
Etat Final (mol)	$x_f = x_{éq}$	$n^f_{I_2} = n^i_{I_2} - x_{éq} = 0$	$n^f_{H_2CO_2} = n^i_{H_2CO_2} - x_{éq} = 0$	$n^f_{I^-} = 2x_{éq}$	$n^f_{CO_2} = x_{éq}$	$n^f_{H^+} = 2x_{éq}$

6) A l'équivalence : les réactifs ont été introduits dans les proportions stoechiométriques

et $\begin{cases} n^f_{I_2} = n^i_{I_2} - x_{éq} = 0 \\ n^f_{am} = n^i_{am} - x_{éq} = 0 \end{cases} \Rightarrow x_{éq} = \boxed{n^i_{I_2} = n^i_{am}}$

$\Rightarrow C_2 \times V_{éq} = C_1 \times V_1$ (2 cs) (3 cs)

$C_1 = \dfrac{C_2 V_{éq}}{V_1} = \dfrac{8{,}0 \cdot 10^{-2} \times 15{,}8}{20} = 6{,}3 \cdot 10^{-2}$ mol/L (2 cs)

24 Titrage des ions bromure

On réalise le titrage de 10,0 mL d'une solution contenant des ions bromure Br^-(aq) de concentration en quantité de matière d'ions bromure c_1 inconnue par une solution de dichromate de potassium (2 K^+(aq) + $Cr_2O_7^{2-}$(aq)) de concentration en quantité de matière d'ions dichromate $c_2 = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1}.

L'équation de la réaction de titrage est :

$6\,Br^-(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14\,H^+(aq)$
$\rightarrow 3\,Br_2(aq) + 2\,Cr^{3+}(aq) + 7\,H_2O(\ell)$.

Le changement de couleur est observé quand on a versé un volume $V_{éq} = 9{,}6$ mL de solution de dichromate de potassium.

1. Établir un tableau d'avancement présentant les états du système initial, avant l'équivalence et à l'équivalence.
2. Déterminer la concentration en quantité de matière d'ions bromure.

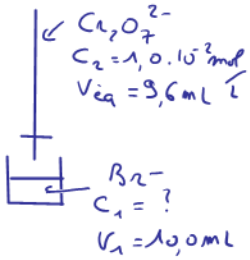
1-2

A l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stoechiométriques

$\dfrac{n^{éq}_{Br^-}}{6} = \dfrac{n^{versée}_{Cr_2O_7^{2-}}}{1}$

$\Rightarrow \dfrac{C_1 V_1}{6} = \dfrac{C_2 V_{éq}}{1} \Rightarrow C_1 = \dfrac{6 C_2 V_{éq}}{V_1} = \dfrac{6 \times 1{,}0 \cdot 10^{-2} \times 9{,}6}{10}$

$\Rightarrow C_1 = 5{,}76 \cdot 10^{-2}$ mol/L



Exercice résolu EN AUTONOMIE

27 Un produit anti-mousse

L'étiquette d'un produit anti-mousse pour le jardin indique une concentration en quantité de matière d'ions fer (II) Fe^{2+} (aq) de $3{,}0 \times 10^{-1}$ mol · L^{-1}. On souhaite vérifier cette information. Pour cela, on réalise le titrage d'un échantillon de 20,0 mL de produit anti-mousse préalablement **dilué dix fois** par une solution violette de permanganate de potassium (K^+ (aq) + MnO_4^- (aq)) de concentration en quantité de matière $c_1 = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1} en **milieu acide**. L'équivalence est obtenue après avoir versé un volume $V_{éq} = 13{,}1$ mL de solution de permanganate de potassium.

Données : *MnO_4^- (aq)/Mn^{2+} (aq) ; Fe^{3+} (aq)/Fe^{2+} (aq). Toutes les espèces chimiques en solution sont **incolores**, à part les ions permanganate.*

1. **Déterminer** les demi-équations électronique d'oxydoréduction, et l'équation modélisant la transformation.
2. **En déduire** le changement de couleur observé à l'équivalence. Justifier.
3. **Réaliser** un tableau d'avancement pour déterminer l'état du système à l'équivalence.
4. **Déterminer** la concentration en ion fer (II) de la solution étudiée puis celle de la solution du commerce. Cette concentration est-elle conforme à la valeur de l'étiquette ?

LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- La solution commerciale a été **diluée**.
- Le milieu a été **acidifié** par l'apport d'ions H^+ (aq).
- L'énoncé précise la **couleur** de chaque espèce chimique en solution.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

- **Déterminer** : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- **En déduire** : intégrer le résultat précédent pour répondre.
- **Réaliser** : mettre en œuvre les étapes d'une démarche.

Exemple de correction

1. Les demi-équations électroniques d'oxydoréduction sont :
MnO_4^- (aq) + 8 H^+ (aq) + 5 e^- = Mn^{2+} (aq) + 4 H_2O (ℓ) et Fe^{2+} (aq) = Fe^{3+} (aq) + e^-.
L'équation de la réaction est donc :
MnO_4^- (aq) + 8 H^+ (aq) + 5 Fe^{2+} (aq) → 5 Fe^{3+} (aq) + Mn^{2+} (aq) + 4 H_2O (ℓ).

2. Avant l'équivalence, les ions permanganate sont entièrement consommées, donc la solution est incolore. À l'équivalence, il reste des ions permanganate qui n'ont pas réagi, donc **la solution devient violette**.

3. Le tableau d'avancement est le suivant :

Équation de la réaction		5 Fe^{2+} (aq)	+ MnO_4^- (aq)	+ 8 H^+ (aq)	→ 5 Fe^{3+} (aq)	+ Mn^{2+} (aq)	+ 4 H_2O (ℓ)
État du système	**Avancement x** (en mol)	**Quantités de matière présentes dans le système** (en mol)					
initial	$x = 0$	$n_i(Fe^{2+}(aq)) = c \cdot V$	$n_i(MnO_4^-(aq)) = c_1 \cdot V_1$	excès	0	0	excès
Si $V_1 < V_{éq}$	x	$c \cdot V - 5x$	$c_1 \cdot V_1 - x = 0$		$5x$	x	
À l'équivalence $V_1 = V_{éq}$	x_f	$c \cdot V - 5x_{éq} = 0$	$c_1 \cdot V_{éq} - x_{éq} = 0$		$5x_{éq}$	$x_{éq}$	

4. À l'équivalence : $x_{éq} = \frac{c \times V}{5} = c_1 \times V_{éq}$; donc : $c = \frac{5 \times c_1 \times V_{éq}}{V} = \frac{5 \times 1{,}0 \times 10^{-2} \times 13{,}1 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-3}}$ soit $\mathbf{c = 0{,}033}$ **mol · L^{-1}**.
La concentration de la solution commerciale est $c_{com} = 10 \times c$ soit $\mathbf{c_{com} = 0{,}33}$ **mol · L^{-1}**.
Le résultat obtenu est très proche de l'indication donnée par l'étiquette.

QUELQUES CONSEILS

1. La demi-équation avec les ions permanganate MnO_4^- (aq) contient des ions H^+ (aq).
2. Distinguer, à chaque étape, les espèces se trouvant en solution pour déterminer la couleur de celle-ci.