

Chapitre 4

Titration avec suivi colorimétrique

1. Titration

1.1 - Définition et mise en œuvre

Un titrage est une technique d'analyse fondée sur une transformation chimique et utilisant un dispositif simple à mettre en œuvre. Un titrage permet de déterminer la quantité d'un soluté contenu dans un échantillon de solution.

L'espèce chimique dont on détermine expérimentalement la quantité de matière est appelée réactif titré. Elle réagit avec une espèce chimique appelée réactif titrant, introduite progressivement et en quantité de matière connue.

La transformation chimique support de titrage doit être considérée comme totale et rapide. Son équation de réaction est exploitée lors de l'interprétation du résultat expérimental.

Lors de certains titrages, un changement de couleur de la solution contenue dans l'erlenmeyer est observé. Il s'agit d'un titrage avec suivi colorimétrique. Ce changement de couleur doit être facilement repérable.

L'expérimentateur relève la valeur du volume de solution titrante versée dès que le changement de couleur est effectif.

Vocabulaire

Par abus de langage, on utilise souvent l'expression « titrage d'une solution 1 par une solution 2 ». En fait, l'expression correcte est : « titrage du réactif A contenu dans une solution 1 par un réactif B contenu dans une solution 2 ».

1.2 - Incertitudes de mesure

La mise en œuvre d'un titrage est empreinte d'incertitudes de mesure liées :

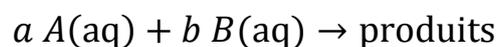
- au matériel utilisé, ici la verrerie de précision ;
- à la méthode, ici l'appréciation de la lecture des volumes et du changement de couleurs.

Afin de diminuer les incertitudes de mesure, le prélèvement d'un échantillon de solution titrée s'effectue avec une pipette jaugée à un ou deux traits. La burette graduée de 25 mL utilisée est le plus souvent graduée tous les 0,1 mL ou 0,05 mL.

1.3 - Évolution des quantités de réactifs et de produits

On s'intéresse au titrage du réactif $A(aq)$ par le réactif titrant $B(aq)$.

L'équation de réaction support de ce titrage est :



Avant le changement de couleur, le réactif $B(aq)$ réagit avec le réactif $A(aq)$ dès qu'il est ajouté. Par conséquent, $n_B = 0$, n_A diminue et n_{produits} augmente.

Après le changement de couleur, il n'y a plus de réactif $A(aq)$ donc plus de transformation chimique. Alors : $n_A = 0$, n_{produits} ne varie plus et n_B augmente si l'ajout de solution titrante est poursuivi.

2. Exploitation du titrage

2.1 - Définition et repérage de l'équivalence

Avant le changement de couleur, le réactif titrant est limitant ; après le changement de couleur le réactif titre est limitant.

Au changement de couleur, les deux réactifs sont limitants.

L'équivalence d'un titrage correspond à l'état du système chimique pour lequel il y a changement de réactif limitant. Le réactif titré et le réactif titrant ont alors été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction support de titrage.

Lorsque l'une des espèces titrée ou titrante est colorée, l'équivalence est repérée par le changement de couleur de la solution. Le volume de solution titrante ajoutée à l'équivalence s'appelle le volume à l'équivalence.

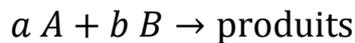
Exemple

L'équivalence du titrage du diiode par l'ion thiosulfate est repérée par le changement de couleur jaune à incolore.

2.2 - Relation entre les quantités de réactifs

L'équation de réaction support de titrage du réactif titré A par le réactif titrant B

s'écrit :



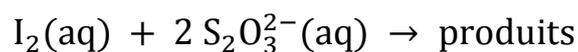
Les quantités du réactif titré A et du réactif titrant B vérifient la relation :

$$\frac{n_{A,\text{début}}}{a} = \frac{n_{B,\text{é}}}{b}$$

avec : $n_{A,\text{début}}$ la quantité du réactif A initialement présent, avant le premier ajout de réactif B ; $n_{B,\text{é}}$ la quantité du réactif B ajouté à l'équivalence.

Exemple 1

Le titrage du diiode contenu dans un échantillon de Bétadine® par l'ion thiosulfate a pour équation de réaction support de titrage :



Un échantillon de volume $V_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-},\text{é}} = 16,6 \text{ mL}$ de solution titrante ($c_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} = 50,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) est versé pour atteindre l'équivalence, soit la quantité :

$$n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-},\text{é}} = 50,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \times 16,6 \times 10^{-3} \text{ L} = 0,830 \text{ mmol}.$$

La relation entre les quantités des réactifs est :

$$\frac{n_{\text{I}_2,\text{début}}}{1} = \frac{n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-},\text{é}}}{2}, \text{ donc } n_{\text{I}_2,\text{début}} = \frac{0,830 \text{ mmol}}{2} = 0,415 \text{ mmol}.$$

À partir de cette relation, on peut déterminer la valeur de la concentration ou de la masse de l'espèce A dans l'échantillon titré selon l'objectif du titrage.

Exemple 2

La concentration en quantité de diiode $c_{\text{I}_2, \text{début}}$ dans l'échantillon titré de volume

$$V_{\text{échantillon}} = 10,0 \text{ mL est : } c_{\text{I}_2, \text{début}} = \frac{0,415 \text{ mmol}}{10,0 \text{ mL}} = 4,15 \times 10^{-2} \text{ mmol} \cdot \text{mL}^{-1}$$
$$= 4,15 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La masse $m_{\text{I}_2, \text{début}}$ de diiode contenu dans l'échantillon titré de 10,0 mL est :

$$m_{\text{I}_2, \text{début}} = 4,15 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 10,0 \times 10^{-3} \text{ L} \times (2 \times 126,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 0,105 \text{ g}$$
$$= 105 \text{ mg.}$$

Remarque

On peut comparer qualitativement ce résultat avec une valeur de référence en suggérant des sources d'erreur.