Titrage avec suivi colorimétrique

1. Titrage

a. *Définitions*

Un titrage est une technique permettant de déterminer la concentration ou la quantité d'une espèce chimique dans une solution en se basant sur une transformation chimique utilisant un dispositif tel celui indiqué sur la figure 1 ci-dessous.

On appelle ***réactif titré***, une espèce chimique dont on souhaite déterminer expérimentalement la quantité de matière.
On appelle ***réactif titrant***, une espèce chimique dont on connaît la quantité de matière et qui réagit avec le réactif titré.

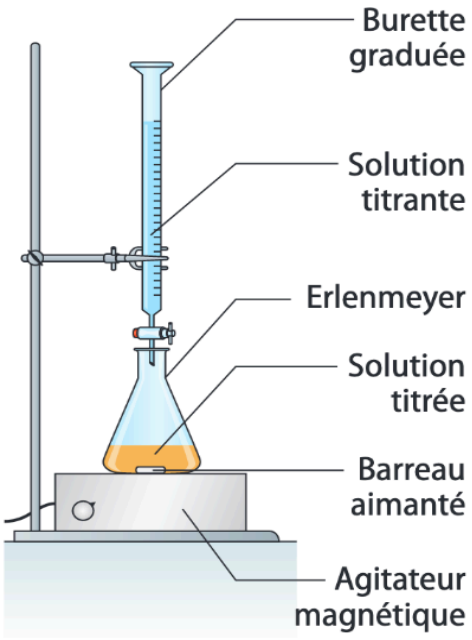

Figure 1 : dispositif du titrage avec suivi colorimétrique

b. *Principe*

Il consiste à réaliser une réaction d'oxydoréduction entre la solution qui contient l'espèce chimique A (ou titrée) et la solution qui contient l'espèce titrante B (dans la burette).
L'équation support de la réaction du dosage est du type :

$$aA(aq) + bB(aq) \rightarrow produits$$

Cette réaction doit être rapide et totale.
Un changement de couleur de la solution contenue dans l'erlenmeyer est observé, d'où le terme de titrage colorimétrique.

c. *Évolution des quantités de matière des réactifs et des produits.*

En considérant l'équation support : $aA(aq) + bB(aq) \rightarrow produits$, les quantités de matière des réactifs et des produits évoluent suivant le schéma ci-contre.

- Avant le changement de couleur, le réactif B(aq) réagi 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 on continue d'ajouter la solution titrante.

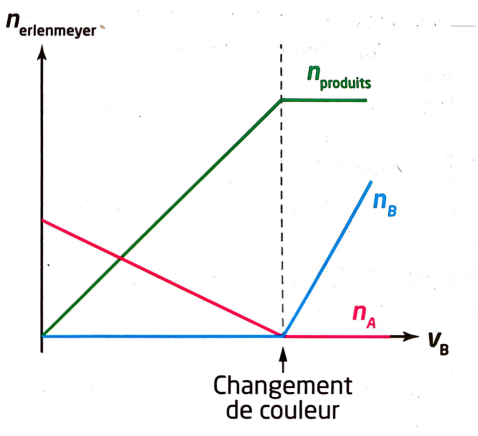

Figure 2 : Diagramme d'évolution des quantités de matières

2. Exploitation des résultats d'un titrage

a. *Définition et repérage de l'équivalence*

L'équivalence d'un titrage correspond à l'état du système chimique pour lequel les réactifs ont été introduits en proportions stœchiométriques.
Lors du titrage colorimétrique, on repère l'équivalence par un changement brusque de la couleur du milieu réactionnel.
Le volume de la solution titrante ajoutée à l'équivalence s'appelle ***volume à l'équivalence***.

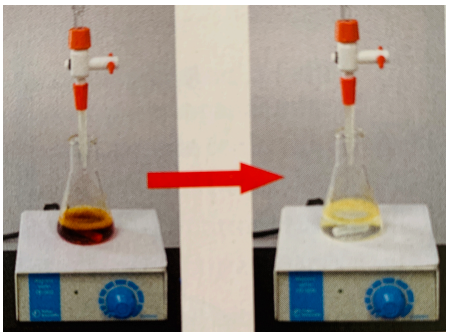

Figure 3 : changement de couleur du milieu réactionnel à l'équivalence

Exemple : L'équivalence du titrage du diiode par l'ion thiosuslfate (figure 3) est repérée par le changement de couleur du milieu réactionnel qui passe du jaune à l'incolore.

b. *Relation entre les quantités de réactifs*

Considérons l'équation chimique ci-dessous comme le support de titrage du réactif titré (A) par le réactif titrant (B).

$$aA + bB \rightarrow produits$$

À l'équivalence, les quantités du réactif titré et du réactif titrant vérifient la relation suivante :

$$\frac{n_{A,début}}{a} = \frac{n_{B,éq}}{b} \text{ ou } n_{A,début} = \frac{n_{B,éq} \times a}{b}$$

$n_{A,début}$ = quantité du réactif A avant ajout du réactif B
$n_{B,éq}$ = quantité du réactif B ajoutée à l'équivalence.
a et b = coefficients stœchiométriques

Exemple :

Le titrage d'un volume $V_{échantillon} = 10\ mL$ d'un échantillon de diiode contenu dans la Bétadine par l'ion thiosulfate à pour équation de réaction chimique support du titrage :

$$I_2 + 2S_2O_3^{2-} \rightarrow produits$$

Un échantillon de volume $V_{S_2O_3^{2-},éq} = 16{,}6\ mL$ de solution titrante de concentration $C_{S_2O_3^{2-}} = 50{,}0\ mL$ est versée pour atteindre l'équivalence.

La coloration jaune de l'échantillon de Bétadine est due à la présence du diiode qu'elle contient.

Équation de la réaction		$I_{2(aq)}$ + $2S_2O_{3(aq)}^{2-}$ → $2I_{(aq)}^-$ + $S_4O_{6(aq)}^{2-}$			
État du système	Avancement (en mol)	Quantités de matière présentes dans le système (en mol)			
initial	$x = 0$	$n_i\left(I_{2(aq)}\right) = C.V$	$n_i\left(S_2O_{3(aq)}^{2-}\right) = C'.V'$	0	0
Si $V' < V_{éq}$	x	$C.V - x$	$C'.V' - 2x$	$2x$	x
Si $V' = V_{éq}$	$x = x_{éq}$	$C.V - x_{éq} = 0$	$C'.V'_{éq} - 2x_{éq} = 0$	$2x_{éq}$	$x_{éq}$

À l'équivalence, on a versé à la goutte près la quantité nécessaire pour consommer entièrement tout le diiode présent dans la Bétadine. La consommation totale du diiode conduit à la décoloration du milieu réactionnel qui devient incolore à l'équivalence. On peut donc écrire :

$$x_{éq} = n_i(I_{2(aq)}) = \frac{n_i\left(S_2O_{3(aq)}^{2-}\right)}{2} \text{ d'où } n_i\left(I_{2(aq)}\right) = \frac{50{,}0.10^{-3} \times 16{,}6.10^{-3}}{2} = 0{,}415\ mmol.$$

La connaissance de la quantité de matière du diiode permet de calculer la masse du diiode contenu dans la Bétadine et de la comparer avec la référence afin d'aborder les éventuelles sources d'erreurs pour expliquer l'écart.

c. Sources d'erreurs

Les sources d'erreurs lors d'un titrage peuvent avoir pour origine :

- le matériel utilisé lors de l'expérimentation, notamment la verrerie ;
- la méthode d'appréciation de la lecture des volumes et du changement de couleurs.